



# Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione

## **Progettazione di un'applicazione innovativa in realtà aumentata per la fruizione del patrimonio culturale del Museo Egizio di Torino**

### **Relatori**

Prof. Fabrizio Lamberti

Prof.ssa Roberta Spallone

### **Candidata**

Roberta Filippini

Sessione di Ottobre 2022

# Indice

Sommario .....	3
1. Introduzione.....	4
1.1 Realtà aumentata .....	5
1.2 Realtà museale .....	8
1.2.1 Experience economy .....	13
1.2.2 Edutainment, serious game e gamification .....	19
2. Stato dell'arte .....	24
2.1 Conciergerie di Parigi.....	24
2.2 Smithsonian Institution di Washington D.C. ....	24
2.3 MUSE di Trento.....	25
2.4 Museo del Patrimonio Celtico di Salisburgo.....	26
2.5 Precettoria di Sant'Antonio di Ranverso.....	27
2.6 Sherlock Holmes e la realtà aumentata .....	27
2.7 The Augmented Gallery .....	28
2.8 MAUA.....	28
2.9 Museo Egizio di Torino.....	29
3. Obiettivi e target del progetto .....	30
4. Tecnologie utilizzate.....	34
4.1 Blender.....	34
4.2 Mixamo .....	35
4.3 Substance 3D Painter .....	35
4.4 After Effects.....	36
4.5 Photoshop.....	37
4.6 Premiere Pro .....	37
4.7 Unity.....	38
4.8 Visual Studio .....	39
4.9 SALSA .....	39

4.10 Vuforia Engine.....	40
5. Ideazione del progetto.....	41
5.1 Storytelling e design dei personaggi.....	43
5.2 Design delle esperienze.....	48
5.3.1 Senet.....	49
5.3.2 Libro dei Morti.....	50
5.3.1 Toeletta di Merit.....	51
5.3.1 Raggi X.....	52
6. Modellazione e texturing.....	55
7. Animazione.....	59
7.1 I dodici principi dell'animazione.....	59
7.2 Animazioni in Blender.....	62
7.3 Animazioni in Unity.....	64
8. Interfaccia utente.....	67
9. Sound design.....	80
10. Valutazione.....	82
11. Conclusioni e sviluppi futuri.....	86
Appendice.....	88
A. Testi per l'esperienza della senet.....	88
B. Testi per l'esperienza del Libro dei Morti.....	89
C. Testi per l'esperienza della toeletta di Merit.....	90
Bibliografia e sitografia.....	92
Ringraziamenti.....	96

# Sommario

Negli ultimi anni le istituzioni culturali, sempre alla ricerca di nuovi modi per coinvolgere il proprio pubblico, hanno iniziato a considerare la realtà aumentata, o *augmented reality* (AR), come un valido strumento con cui interfacciarsi con i visitatori. Questa tecnologia permette di visualizzare elementi sintetici sovrapposti al mondo reale, fornendo così ulteriori informazioni a coloro che la utilizzano. In tale contesto, i concetti di *edutainment* e di *gamification* diventano fondamentali nell'economia dell'esperienza dell'utente, per fornire un servizio allo stesso tempo educativo e ludico.

In questo scenario si sviluppa il progetto descritto nel presente documento e realizzato in due lavori di tesi complementari in collaborazione con il Museo Egizio di Torino, il cui obiettivo è quello di favorire l'attrazione di un numero sempre maggiore di visitatori. Partendo dall'identificazione del target, la soluzione progettata mette l'utente al centro dell'esperienza e lo accompagna per le vie della città di Torino. Il risultato della progettazione è un'applicazione in realtà aumentata, pensata per essere utilizzata dagli utenti attraverso i propri dispositivi mobili, che introduce il visitatore alla cultura egizia attraverso una serie di esperienze a tema, ognuna con il focus su un determinato oggetto della collezione del Museo. In particolare, sono stati considerati gli oggetti facenti parte del corredo funerario di Kha e Merit. Ogni esperienza fornisce una spiegazione dell'oggetto al centro del tema proposto, in modo da unire la componente educativa a una parte più giocosa ed interattiva. Le scene sono collocate in diversi punti strategici di Torino e, sebbene non ci sia un ordine definito in cui devono essere affrontate, si suggerisce all'utente di tenere il Museo come ultima tappa, così da avere tutte le nozioni per affrontare la sfida finale e poter entrare immediatamente al Museo per ottenere ulteriori informazioni.

## Capitolo 1

# Introduzione

La crisi pandemica da Covid-19 ha portato diversi musei, così come altri ambienti, a rivalutare l'ambito della digitalizzazione per creare connessioni virtuali tra persone, luoghi e oggetti. In questo contesto i musei si sono avvalsi di strumenti digitali per consentire al proprio pubblico di vivere l'esperienza museale e mantenere vivo l'interesse, in modo da trasmettere i messaggi insiti nella propria istituzione.

Dagli anni Novanta ad oggi si è fatto sempre più uso di tecnologie digitali applicate al patrimonio culturale, aprendo una discontinuità con le pratiche tradizionali ed evolvendo insieme al proprio pubblico. Infatti, nel settore museale è importante la valorizzazione, intesa come relazione col pubblico, che deve essere alimentata mediante l'intreccio di cultura, ricerca, economia e territorio: il museo diventa luogo di produzione ed elaborazione di conoscenza.

La digitalizzazione un tempo era vista solamente come un modo per facilitare e ampliare l'esperienza, mentre ora è una possibile alternativa all'esperienza museale in sé, soprattutto per quanto riguarda il raggiungimento di nuovi pubblici mediante piattaforme digitali e nuove forme di fruizione. Ha il potenziale per rafforzare le attività dei musei gestendo in maniera trasversale la conoscenza in essi esposta; gli usi della tecnologia in questo ambito sono molteplici e permettono di migliorare l'esperienza sia dell'utente sia del museo, che può individuare così problemi e risolverli più facilmente. Infatti, la rivoluzione digitale sta cambiando sia l'approccio cognitivo sia i metodi di lavoro, dato il sempre maggior numero di dati e informazioni da gestire [1].

## 1.1 Realtà aumentata

L'essere umano è abituato a confrontarsi con due tipi di mondi separati: il mondo fisico, più concreto, e quello dell'informazione, più astratto. Ricadono nel secondo gruppo i prodotti culturali grazie cui l'individuo riesce ad astrarsi dal mondo reale. Con l'avvento delle nuove tecnologie il divario tra questi due mondi si riduce sempre di più permettendo di mescolare elementi provenienti dall'uno e dall'altro.

Paul Milgram e Fumio Kishino, nella loro "Una tassonomia dei display visivi di realtà mista" pubblicata nel 1994, introducono il concetto di *Reality-Virtuality Continuum*, mostrato in Figura 1.1. Da un lato si trova il mondo completamente reale (*Real Environment*), mentre dall'altro quello completamente virtuale (*Virtual Environment*): i mondi che si trovano tra questi due estremi vengono definiti come realtà mista (*Mixed Reality*) e sono una combinazione di oggetti reali e oggetti virtuali. In particolare, nel caso in cui il mondo reale viene aumentato con contenuti virtuali si tratta di realtà aumentata (*Augmented Reality*), invece si parla di virtualità aumentata (*Augmented Virtuality*) se la maggior parte dei contenuti sono virtuali e solamente pochi elementi appartengono al mondo reale.

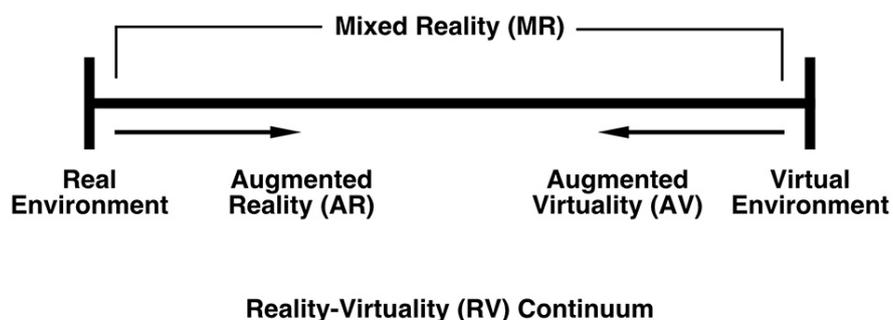


Figura 1.1. Reality-Virtuality Continuum secondo Milgram e Kishino

In un recente studio [2] si discute sul fatto che il mondo puramente virtuale non sia effettivamente raggiungibile: anche utilizzando le più sofisticate tecnologie, si possono controllare i sensi esterocezionali (sensi preposti a sensazioni esterne come gusto, olfatto, tatto, udito, vista) di un utente, ma non quelli interocezionali (sensi che si riferiscono a sensazioni dello stato interno del corpo come i sensi vestibolari e propriocettivi). Per questa ragione, come si può notare nella Figura

1.2, il mondo completamente virtuale dovrebbe dividersi in mondo virtuale esterno (*External Virtual Environment*) e mondo virtuale “alla Matrix” (“*Matrix-like Virtual Environment*”): il primo si riferisce ai sistemi di realtà virtuale, o *virtual reality* (VR), convenzionali che non sono in grado di manipolare i sensi interocettivi, mentre il secondo a una VR ottenuta mediante stimolazione cerebrale diretta, come avviene nell’omonima serie di film da cui trae il nome, in cui la tecnologia è in grado di stimolare sia i sensi esteroceettivi sia quelli interocettivi [2].

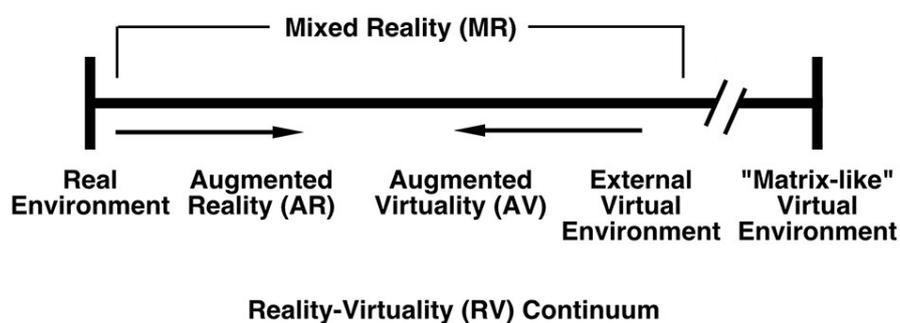


Figura 1.2. Reality-Virtuality Continuum revisionato

La VR viene definita come una simulazione di situazioni reali tramite l’utilizzo di tecnologie e interfacce sviluppate appositamente [3]: l’utente è completamente immerso in un ambiente sintetico e non può vedere il mondo reale che lo circonda [4].

La realtà aumentata, o *augmented reality* (AR), invece, è definita come “un sistema informatico interattivo che sovrappone oggetti virtuali a una visione del mondo reale, vista attraverso un display head-up o un dispositivo mobile, in tempo reale”.

Per fare questo, le applicazioni in AR devono eseguire ininterrottamente il rendering degli oggetti virtuali in modo che questi siano sovrapposti alla realtà in maniera organica, indipendentemente dal movimento della camera del dispositivo utilizzato [5].

La AR potenzia l’ambiente circostante percepito dall’utente e riesce a collegare i diversi tipi di contenuti con cui l’utente si interfaccia, di qualsiasi formato si tratti

(ad esempio testo, audio e video), portando così a un maggior coinvolgimento [6]. Le immagini del mondo reale vengono catturate dalla fotocamera presente sul dispositivo e inviate all'elaboratore che controlla la posizione dell'utente e degli elementi, nonché la rotazione della fotocamera; tenendo conto di queste informazioni, gli oggetti artificiali vengono aggiunti allo schermo di visualizzazione, dando l'illusione di vedere il contenuto aumentato nel mondo reale. Questi oggetti aumentati possono essere sia a due dimensioni (immagini e video) sia tridimensionali (oggetti statici o animati), uniti all'audio [7].

Si distinguono due tipi di applicazioni AR: quelle indipendenti dalla posizione e quelle consapevoli della posizione. Le prime possono essere utilizzate ovunque e il loro contenuto non dipende dal luogo in cui ci si trova; per le seconde, invece, la posizione dell'utente è essenziale nello svolgimento dell'esperienza (un esempio di questa categoria è il famoso gioco per mobile Pokémon GO!).

Un'altra distinzione che si può fare è tra applicazioni AR basate su *marker* (*marker-based*) o prive di marker (*marker-less*). In un'applicazione AR basata su marker, l'utente deve visualizzare con il proprio dispositivo un particolare elemento visivo (detto marker, appunto), ad esempio un'immagine o un QR code: gli oggetti aumentati vengono ancorati al marker e in quel punto si svolge l'esperienza. Nel caso marker-less, invece, le posizioni degli oggetti aumentati sono definite mediante un sistema di localizzazione globale, ad esempio il GPS [5].

Con il progresso della tecnologia e il diffondersi dell'uso quotidiano degli smartphone a sempre più alte prestazioni e dispositivi intelligenti indossabili come gli *smart glass*, ogni anno cresce il numero di applicazioni in AR: si tratta di applicazioni industriali, di apprendimento e di intrattenimento. In campo educativo, ad esempio, gli studenti possono mettere in relazione materiali presi dal mondo reale con informazioni presenti nel mondo virtuale in modo da approfondire e rendere più interessante l'apprendimento, mentre per quanto riguarda il campo ludico, i giochi basati sulla AR hanno riscosso un enorme successo dopo il rilascio di giochi come il già citato Pokémon GO! [5], il quale ha

introdotto la tecnologia AR a un pubblico di massa (il gioco è al primo posto tra le parole più cercate su Google nel 2016) [8].

## 1.2 Realtà museale

Il patrimonio culturale esiste per comunicare efficacemente la conoscenza acquisita ed elaborata nel tempo, così da contribuire allo sviluppo culturale della società; la comunicazione si pone, quindi, come uno strumento per generare e diffondere conoscenza [9]. Il compito di un museo è aiutare tutti i visitatori, anche coloro che non hanno delle conoscenze specifiche, a comprendere le informazioni che vuole trasmettere in un lasso di tempo molto breve; idealmente dovrebbe anche approfondire l'interesse dei propri visitatori per i temi esposti nella mostra. È necessario, quindi, riuscire a trasmettere anche i temi più complessi in maniera semplice e divertente per rendere l'accesso disponibile a un pubblico sempre più ampio [10]. Al giorno d'oggi, infatti, i potenziali visitatori hanno meno tempo rispetto al passato, ma più strumenti a loro disposizione; questo comporta anche aspettative più elevate riguardo le proprie esperienze, non volendo impiegare il proprio tempo e soldi in attività che potrebbero dimostrarsi deludenti [7].

Un altro punto fondamentale con cui i musei si sono confrontati è il fatto che i reperti non sono completamente accessibili ai visitatori, in quanto la maggior parte dei manufatti esposti non può essere toccata poiché si tratta di oggetti fragili, unici e preziosi [4]; infatti alcuni beni culturali non possono essere raggiunti per motivi di sicurezza o a causa della loro distruzione o danneggiamento causati da eventi naturali o artificiali come le guerre [11]. Tutto questo, con l'avvento delle nuove tecnologie, ha portato alla nascita e alla necessità di digitalizzare i contenuti museali: una copia digitale di un reperto archeologico è un'immagine replicabile, navigabile e scomponibile di un oggetto che può essere utilizzata in diversi modi per studiare il reperto stesso e per condividere i risultati con il pubblico e la comunità scientifica [1]. Tuttavia, negli ultimi anni la quantità di reperti museali digitalizzati disponibili è aumentata notevolmente e, di conseguenza, questo ha creato la necessità di trovare nuove modalità di accesso

ed esplorazione di questa vasta collezione, al di là dei servizi tradizionalmente offerti tramite siti web e database esposti. Parallelamente, anche la tecnologia utilizzata si è aggiornata ed evoluta insieme ai framework disponibili, offrendo un'immersione digitale sempre più realistica [12].

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione permettono di incrementare il numero di utenti affiancando alle istituzioni culturali tradizionali nuove forme di apprendimento attivo, mantenendo il loro ruolo educativo e aumentando il livello di partecipazione da parte del pubblico. L'utilizzo delle tecnologie, infatti, può essere uno degli elementi con cui differenziarsi rispetto agli altri competitor; migliorando la *User eXperience* (UX) dei visitatori, si migliora anche la propria reputazione e si consolida la relazione con i propri stakeholder. Inoltre, utenti soddisfatti sono più inclini a condividere la loro esperienza andando così ad aumentare la visibilità del museo e possono stabilire una relazione con esso continuando la visita online. La lealtà dei propri consumatori, infatti, è uno dei requisiti alla base della strategia di marketing del museo.

La comunicazione digitale permette alle istituzioni culturali di veicolare più informazioni, potenzialmente in maniera illimitata e in diversi formati (testo, immagini, audio e video); alcune delle quali potrebbero non essere disponibili in altra maniera o difficili da visualizzare. Inoltre, è possibile per l'utente personalizzare la propria esperienza secondo le sue preferenze (livello di dettaglio, formato, tempo a disposizione, formazione del personale, ecc.) e accedere alle collezioni del museo in qualsiasi momento, prima, dopo o durante la visita.

Gli effetti positivi di cui beneficiano le istituzioni culturali sono molteplici: un miglioramento della visita e dell'esperienza complessiva da parte dell'utente, ottenendo una raccolta di dati sul comportamento del consumatore e permettendo la visita anche a determinate categorie di utenti. Inoltre, i giovani vengono maggiormente attratti grazie al fattore tecnologico e si possono presentare occasioni per partnership con imprese private. Ci sono vantaggi anche per i visitatori che in questo modo hanno accesso automaticamente ad ulteriori informazioni in un nuovo contesto di apprendimento, in cui si integrano il

mondo reale con quello digitale; in questo contesto il visitatore non è più un utente passivo come nel modello di visita tradizionale, ma si trova attivamente coinvolto, aumentando anche il divertimento grazie a una visita più dinamica. In questo modo il visitatore può gestire in autonomia il proprio tempo, decidendo cosa vedere e dove andare in completa libertà. Come scrive Filomena Izzo nel suo studio [9], “gli artisti creano le storie, le istituzioni culturali le raccontano e la tecnologia le rende accessibili.”

Come verrà trattato in maniera più approfondita nelle prossime sezioni, è importante creare un corredo museale in grado di intrattenere ed educare allo stesso tempo, in modo da evolvere lo spazio espositivo da mero contenitore di oggetti a luogo in cui oltre agli oggetti esposti sia possibile ottenere anche dell'intrattenimento, dove il settore culturale e quello commerciale vengono a contaminarsi a vicenda, grazie alle diverse competenze di vari esperti del settore come, ad esempio, storici e designer multimediali, oltre che specialisti del marketing. In questo panorama, l'ascolto del pubblico, sempre più eterogeneo e in continua evoluzione, diventa essenziale per cercare le giuste modalità di dialogo, con gli opportuni linguaggi e strumenti in grado di trasmettere coerentemente i propri obiettivi [9].

Uno studio del 2020 [13] ha raccolto il punto di vista dei professionisti del settore museale, osservando così l'utilizzo di una tecnologia come la VR da un'altra prospettiva. In quest'ottica, opere d'arte rese attraverso l'utilizzo di tecnologie VR e applicazioni educative in VR sono diverse, sebbene l'effetto didattico sia connesso al tipo di tecnologia utilizzata. Inoltre, per alcuni è preferibile utilizzare la VR come parte degli strumenti online del museo, anche scaricabili, piuttosto che all'interno della mostra.

La VR può diventare uno strumento di interpretazione per il visitatore coinvolgendolo a livello personale e promuovendo così diverse tematiche che possono essere di suo interesse. Il ruolo di questo tipo di tecnologie, infatti, è soddisfare le esigenze del pubblico: non devono sostituire la visita al museo, ma offrire un'esperienza che il visitatore non avrebbe potuto esperire in altro modo. I musei, quindi, vogliono poter fornire una tecnologia che permetta ai loro visitatori

di avere più interazioni sociali e imparare allo stesso tempo. Per essere efficace, la VR deve avere un legame con la comunicazione e la condivisione, bisogni fondamentali dell'essere umano, così da creare empatia nei visitatori, ad esempio attraverso narrazioni immersive in prima persona.

I vantaggi percepiti dai professionisti utilizzando la VR all'interno dell'ambiente museale sono molteplici (Figura 1.3). Vi è un miglioramento del coinvolgimento degli utenti con le collezioni grazie anche all'utilizzo di *storytelling* convincenti ed esperienze altrimenti non sperimentabili; questo comporta una maggiore attrazione dei visitatori, ponendosi come potente strumento di marketing, soprattutto tra i più giovani. Tale tecnologia permette l'accesso a persone con disabilità, a coloro che vogliono sperimentare il museo da casa, a chi non ha mai avuto la possibilità di provare in prima persona la VR. Quest'ultima diventa uno strumento educativo che permette di approfondire diverse tematiche in maniera efficace, grazie all'immersione che facilita il coinvolgimento e l'apprendimento. L'esperienza diventa personalizzata, soprattutto se la VR, che si dimostra essere una tecnologia affidabile ormai in circolazione da anni, è combinata ad altri tipi di tecnologie (ad esempio la AR); tuttavia alcuni pensano che nel contesto museale questa capacità immersiva possa offrire anche degli inconvenienti.



Figura 1.3. Vantaggi riportati della VR come percepiti dai professionisti del settore

Non mancano, infatti, sfide e limiti (Figura 1.4), prima tra tutti la mancanza di interazione sociale, in quanto nella maggior parte dei casi la VR è progettata per essere utilizzata da un singolo utente alla volta; l'immersione, sotto questo punto di vista, passa dall'essere un vantaggio a diventare una limitazione. Sono inoltre

presenti esigenze di formazione per il personale che deve essere in grado di aiutare anche i visitatori meno esperti e costi non indifferenti. Bisogna tenere conto del fatto che potrebbe essere un ostacolo all'accesso di persone con determinate disabilità, ad esempio i non udenti o non vedenti, e per i bambini sotto una determinata fascia d'età; non meno importanti sono i problemi pratici e tecnici legati all'igiene e a limitazioni mediche come le vertigini causate dall'esperienza. La qualità grafica e la resa del realismo sono importanti, così come il flusso espositivo e la possibile distrazione dalla mostra dovuta all'uso di queste tecnologie, non ancora accettate dai più scettici.



Figura 1.4. Sfide e limitazioni riportati della VR come percepiti dai professionisti del settore

Nonostante i vantaggi elencati, quindi, le sfide da affrontare non sono poche e le installazioni per postazioni dotate di VR che offrono esperienze immersive non trovano particolare spazio nei musei, se non temporaneamente. Questo uso temporaneo è dovuto sia alla mancanza di un quadro strategico per quanto riguarda l'uso di nuove tecnologie, sia ai vincoli finanziari ad esse correlate.

La VR deve coinvolgere maggiormente il visitatore, ma non sovraccaricarlo precludendo parte dell'esperienza museale. Bisognerebbe abbinare alla VR intesa come stimolazione visiva e uditiva altri stimoli sensoriali, ad esempio tattili e olfattivi, o sociali, permettendo al visitatore di condividere la propria esperienza e di non isolarsi dall'ambiente. La AR potrebbe rivelarsi uno strumento per risolvere il problema dell'isolamento sociale, andando incontro alle necessità soprattutto dei giovani e delle famiglie [13].

Infatti, grazie alla diffusione di smartphone e tablet, che sono entrati a far parte della vita quotidiana, la AR ha avuto a disposizione sempre più stimoli per il suo sviluppo. I vantaggi dell'utilizzo della AR sono molteplici: gli oggetti virtuali sovrapposti alla realtà non hanno limitazioni fisiche o finanziarie. I musei possono usufruirne senza costi aggiuntivi, in quanto non è richiesto l'acquisto di costosi sistemi hardware e sono disponibili software AR utilizzabili anche da professionisti del settore museale senza particolari esperienze informatiche. Anche dal punto di vista dei visitatori, la tecnologia sarebbe più familiare, poiché dovrebbero utilizzare gli stessi dispositivi mobili che vengono già utilizzati tipicamente per scattare fotografie: scansionare un marker e visualizzare il contenuto aumentato diventa un gesto naturale, diventando parte organica dell'esperienza museale. Il patrimonio culturale, quindi, può beneficiare dall'utilizzo della AR in parchi e musei archeologici o storici, offrendo vantaggi a tutti, dallo specialista al visitatore per la prima volta che non ha idea di come si presentasse inizialmente un sito [4].

### 1.2.1 Experience economy

Il termine "economia dell'esperienza", o *experience economy*, viene utilizzato per la prima volta nel 1998 da Pine e Gilmore in relazione ai cambiamenti delle economie, più nello specifico al processo di terziarizzazione dell'economia, in cui con l'avanzare del tempo vi è un approccio sempre più orientato ai servizi. Il modello è stato preso in considerazione in diversi campi, in maniera particolare in ambito turistico in cui il fattore "esperienza" ha acquisito sempre più rilevanza. In questo contesto, la tecnologia si è dimostrata uno strumento efficace per offrire ai turisti esperienze uniche e personalizzate, educative e allo stesso tempo piacevoli [14][7]. Il turismo culturale e di conseguenza quello museale, infatti, è "una delle forme più importanti di traffico turistico", in quanto le istituzioni culturali sono attrazioni che i turisti visitano indipendentemente dalla destinazione in cui esse si trovano.

Un fattore chiave per il visitatore è il valore esperienziale percepito, il quale si basa "sulla transazione o sulla co-creazione dell'esperienza tra il fornitore di

servizi (cioè il museo) e il cliente (cioè il visitatore)” [8]. Due concetti importanti con cui si ha a che fare quando si parla di esperienza, intesa come “evento che coinvolge gli individui in modo personale”, sono *assorbimento* e *immersione*. L’assorbimento riguarda esperienze in cui c’è una certa distanza con l’individuo (questa distanza non influenza in maniera diretta l’esperienza), mentre l’immersione prende in esame il coinvolgimento della persona.

I due autori, inoltre, individuano quattro campi in cui catalogare le esperienze (Figura 1.5):

- *Educazione*, che comporta l’interiorizzazione degli eventi attraverso una partecipazione attiva e richiede assorbimento.
- *Estetica*, ossia la bellezza che può essere resa dalla grafica e dallo stile utilizzato. Il livello di immersione è alto, ma l’individuo non modifica il mondo in cui si trova; quello dell’estetica è il regno più multisensoriale dei quattro in quanto tutti e cinque i sensi vengono interessati.
- *Evasione*, che consiste nella fuga da determinati ambienti per non essere più soggetti alle regole della vita ordinaria oppure per riflettere sulla situazione in cui ci si trova da un’altra prospettiva. In questo caso vi è totale immersione nell’esperienza e partecipazione attiva, che permette all’individuo di estraniarsi dalla propria quotidianità per trovarsi in uno spazio immaginativo diverso.
- *Intrattenimento*, cioè un’attività il cui scopo è offrire divertimento e piacere. Implica sia l’assorbimento sia il coinvolgimento passivo; può consistere in ascoltare musica o guardare un film.



Figura 1.5. Tabella riassuntiva dei quattro regni dell'economia in relazione al livello di partecipazione e assorbimento/immersione

I quattro regni dell'economia appena enunciati esercitano una grande influenza sull'esperienza turistica, essendo fondamentali per la promozione della fedeltà del consumatore e per la sua soddisfazione. In questo contesto, la tecnologia può avere un ruolo centrale, in quanto coinvolge tutti i sensi dei turisti e può essere d'aiuto nel creare l'esperienza perfetta in cui vi è un equilibrio tra assorbimento ed immersione, tra partecipazione attiva e passiva. Il focus da parte dei musei, infatti, non deve essere la campagna marketing, bensì il visitatore e la sua esperienza, la quale racchiude non solamente la visita in sé, ma anche momenti antecedenti e successivi, dal momento in cui il consumatore viene a conoscenza del museo fino al momento in cui ripenserà alla visita che ha fatto tempo prima [14][7]. Nel campo del marketing, in questi casi si parla di *customer journey*, in cui si tiene conto del percorso fatto dal consumatore a partire dalla consapevolezza (*awareness*) dell'esistenza del prodotto, passando per la considerazione (*consideration*) e la scelta tra le diverse opzioni che portano all'acquisto (*purchase*), mantenendo una relazione (*retention*) fino ad arrivare a promuovere il prodotto con altri (*advocacy*). Tutto questo percorso, come si può vedere in Figura 1.6, è distribuito su diversi canali con cui il consumatore si interfaccia o viene in qualche modo in contatto [15].

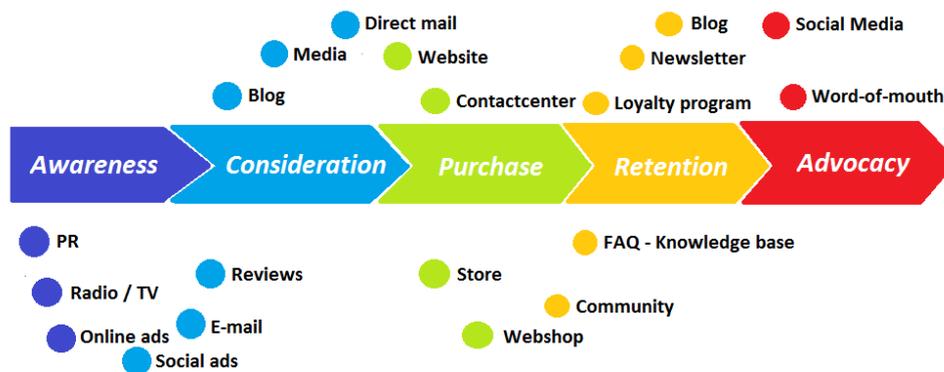


Figura 1.6. Customer journey

Anche nel contesto museale è importante tenere conto del fatto che il visitatore è al centro di tutto e il contesto personale (esperienze pregresse, interessi, motivazioni e preoccupazioni, ecc.), sociale (interazione con gli altri visitatori) e fisico (l'ambiente del museo) in cui è inserito influenza la valutazione dell'esperienza nel suo complesso: il background e le aspettative del visitatore si intrecciano al suo modo di relazionarsi con l'ambiente e alla dimensione spaziale in cui è posto, la quale influisce il suo comportamento a livello conscio e inconscio, condizionando la durata della visita e un possibile ritorno [7].

In quest'ottica, VR e AR diventano potenti strumenti dei musei, in quanto i turisti, secondo alcuni studi, sono più inclini a tornare dopo aver sperimentato tecnologie immersive. La VR si configura anche come uno strumento di marketing attraverso la quale il turista può raccogliere informazioni ricche e coinvolgenti che portano a una visita effettiva in loco; ciò nonostante, fino ad oggi non è stata utilizzata con questo scopo in negozi come agenzie di viaggio a causa degli elevati costi, ma solamente come strumento promozionale per attirare un maggior numero di consumatori.

Riprendendo in considerazione i quattro regni dell'economia, la misura in cui i visitatori si impegnano nelle attività dipende dal livello di assorbimento e immersione: il primo comporta la ricezione di solo alcune informazioni da parte del visitatore, mentre la seconda denota un coinvolgimento totale nell'esperienza. Dato che l'immersione (estetica ed evasione) prende in considerazione il lato

psicologico dei fattori che portano a pensare che l'esperienza migliorerà nel tempo, mentre l'assorbimento (educazione ed intrattenimento) si concentra sul comportamento dei visitatori che influenza l'esperienza psicologica attraverso l'utilizzo di dispositivi per la VR, si può estendere il vecchio modello di Pine e Gilmore a un nuovo modello causale. In questo modello, partendo dalla teoria comportamentale-attitudinale, l'assorbimento è l'antecedente dell'immersione e durante questa fase l'esperienza riempie la mente della persona, l'immersione influenza l'esperienza museale nel suo complesso e richiede che il visitatore faccia parte di quest'ultima. Dunque, l'assorbimento dovrebbe precedere l'immersione generalmente; in un ambiente virtuale gli utenti sperimentano entrambi contemporaneamente, ma i quattro regni dell'economia rimangono dimensioni differenti e per questo l'assorbimento avviene prima dell'immersione. Questo accade perché i consumatori si trovano maggiormente coinvolti quando sono interessati al contesto in cui si trovano o hanno già delle conoscenze pregresse.

In un contesto turistico, l'educazione si riferisce al desiderio di imparare e conoscere qualcosa di nuovo durante il viaggio e la tecnologia può migliorare questo processo; molto importante, al giorno d'oggi forse il concetto più importante, è l'intrattenimento, visto come la capacità dei turisti di divertirsi e assaporare l'esperienza. Se l'esperienza è stata piacevole, il consumatore è invogliato a ritornare.

Alla luce di quanto appena illustrato, si consideri il modello proposto per la VR in uno studio del 2020 [14] in cui vengono prese in considerazione le seguenti ipotesi (Figura 1.7):

- H1. L'esperienza educativa attraverso la VR ha un effetto positivo sull'esperienza di evasione.
- H2. L'esperienza educativa attraverso la VR ha un effetto positivo sull'esperienza estetica.
- H3. L'esperienza di intrattenimento attraverso la VR ha un effetto positivo sull'esperienza di evasione.

- H4. L'esperienza di intrattenimento attraverso la VR ha un effetto positivo sull'esperienza estetica.
- H5. L'esperienza di evasione attraverso la VR ha un effetto positivo sull'esperienza complessiva del museo in VR.
- H6. L'esperienza estetica attraverso la VR ha un effetto positivo sull'esperienza complessiva del museo in VR.
- H7. L'esperienza museale VR complessiva ha un effetto positivo sull'intenzione di visita al museo.

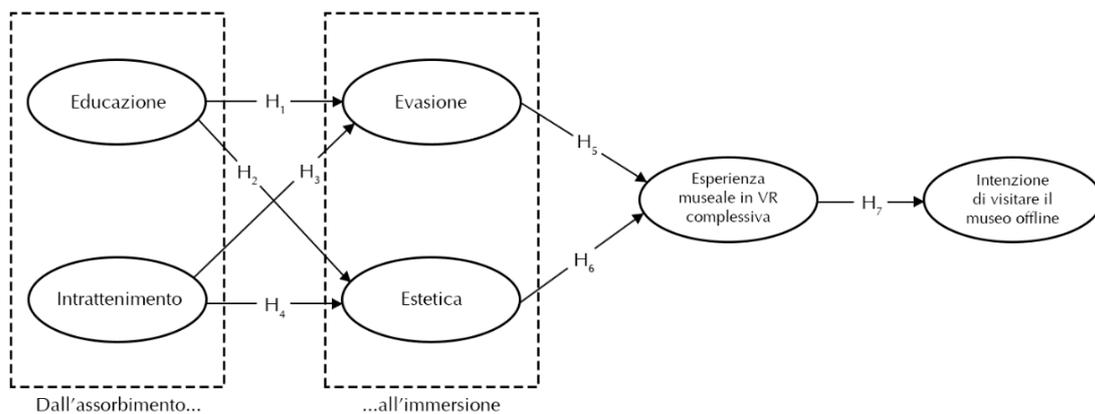


Figura 1.7. Modello proposto per la VR in ambito museale in relazione ai quattro regni dell'economia

In questo studio è stato dimostrato che tutte le ipotesi sono supportate: le prime quattro riguardano le esperienze di assorbimento e quelle immersive, in cui le prime influenzano positivamente le seconde. La quinta e la sesta trattano il rapporto tra l'immersione e l'esperienza museale complessiva, evidenziando come sia l'evasione sia l'estetica (in maniera particolare) impattino sull'esperienza museale. L'ultima ipotesi considera la relazione tra l'esperienza museale e l'intenzione di visita museale, in cui la prima influenza significativamente la seconda [14].

Questo modello non si applica solamente alla VR, ma anche alla AR, che permette di rimodellare il design delle mostre e degli ambienti in cui queste sono tenute. Nella progettazione di applicazioni in AR all'interno di un museo bisogna

tenere conto delle risorse digitali necessarie e la presenza di scene immersive: le prime possono essere di varia natura, descrizioni verbali, immagini 2D e oggetti 3D più o meno animate, mentre le seconde offrono un livello di presenza virtuale [8].

### 1.2.2 Edutainment, serious game e gamification

La VR e la AR vengono utilizzate nel turismo culturale per creare esperienze uniche e autentiche per il proprio pubblico, facilitando così le interazioni dei turisti con le loro destinazioni; anche dal punto di vista museale si cerca di creare un'esperienza caratterizzata da quello che gli studiosi chiamano *edutainment* [14].

Il termine deriva dall'unione di *education* (educazione) ed *entertainment* (intrattenimento): le moderne tecnologie possono combinare la componente ludica con la capacità di coinvolgere emotivamente i visitatori. Già negli anni Ottanta del secolo scorso i ricercatori hanno iniziato a studiare questo approccio ludico-educativo: il movimento della *New Museology* pone il passaggio dagli schemi classici e tradizionali della museologia a una nuova ed evoluta concezione di museo grazie all'utilizzo delle tecnologie moderne, partendo dai siti web fino ad arrivare ad utilizzare nuovi linguaggi di comunicazione, come la VR e la AR [16]. Ciò avviene in risposta all'evoluzione del consumatore ora non più passivo, che cerca nuovi stimoli ed esperienze emotive personalizzate: è richiesta una combinazione di design innovativo e stimolazione multisensoriale, in modo da facilitare la partecipazione attiva e le interazioni fornendo al tempo stesso sia informazioni sia intrattenimento all'individuo.

Uno studio [7], per cui è stato creato un prototipo in AR che fornisce ulteriori informazioni su un oggetto selezionato, mostra come i visitatori che hanno esplorato la mostra usufruendo dell'applicazione AR abbiano avuto un'esperienza migliore di coloro che hanno visitato il museo in modo tradizionale utilizzando solamente un'audioguida o nessun tipo di supporto informativo. La mole di informazioni e contenuti espositivi (non sempre di facile comprensione) con cui i visitatori si devono confrontare, infatti, può essere un ostacolo

all'apprezzamento della visita: una possibile soluzione per migliorare l'esperienza complessiva è cercare di fornire tutto ciò in maniera giocosa, così che i visitatori possano imparare divertendosi e ricordino queste nozioni anche in seguito la fine della visita. In questo contesto la AR può essere uno strumento molto utile, in quanto permette di riassumere i contenuti sotto forma di contenuti multimediali mostrandoli in modo interattivo: offre ulteriori stimoli al visitatore senza interferire sulla mostra presente nel mondo reale.

Una delle sfide che i musei devono affrontare è trovare il giusto equilibrio tra contenuto e forma, al fine di creare una mostra esteticamente accattivante che riesca a trasmettere tutte le informazioni presenti in essa. Con la AR è possibile intervenire fornendo informazioni aggiuntive sui manufatti o mostrare questi ultimi secondo un altro punto di vista; il mondo virtuale, che viene così sovrapposto a quello reale, permette di non far perdere il collegamento dell'individuo con la realtà, immergendolo così nell'esposizione museale con la possibilità di evadere dalla propria quotidianità (si ricordi il concetto di evasione dell'economia dell'esperienza) [7]. Nel caso in cui vengano fatte delle ricostruzioni di ambienti, monumenti o oggetti attualmente non più esistenti, bisogna fare attenzione all'autenticità della riproduzione; le informazioni mancanti comportano un certo livello di soggettività, nonostante siano affiancate da approfondimenti sia in campo storico sia scientifico. È importante tenere conto di ciò per non compromettere l'autenticità di questi oggetti e rischiare una loro svalutazione agli occhi dei visitatori [11].

Una delle soluzioni adottate, non solamente in campo culturale, ma in ambiti che vanno dall'istruzione alla medicina, è l'utilizzo dei cosiddetti *serious game*. Si tratta di giochi digitali con obiettivi caratterizzanti, che dipendono dall'area di applicazione in cui sono inseriti: vogliono portare l'utente al raggiungimento di un determinato risultato senza, però, limitarne il divertimento. Per fare questo devono fare attenzione sia alla componente "seria" del gioco, sia al suo aspetto ludico, offrendo al giocatore un'esperienza completa: le due parti devono interagire e non essere progettate singolarmente, rimanendo in equilibrio. Come è riassunto in Figura 1.8, la parte seria si occupa:

- dell'obiettivo caratterizzante, che deve essere chiaro e indispensabile durante l'utilizzo dell'applicazione: impegnarsi nel suo raggiungimento diventa obbligatorio;
- dello sviluppo di metodi per raggiungere l'obiettivo caratterizzante: bisogna evitare errori, impiegando un linguaggio tecnico corretto e rimanendo neutrali; è indispensabile fornire sempre un *feedback* alle diverse interazioni dell'utente, grazie all'uso di diversi canali (visivo, uditivo, tattile, ecc.), e appropriati premi al conseguimento dell'obiettivo proposto;
- della qualità dell'applicazione nel complesso.

La parte di gioco, invece, si concentra:

- sul divertimento, assicurando il coinvolgimento dell'utente durante l'esperienza e mantenendolo nel *flow*, ossia in quello stato in cui le capacità del giocatore e le sfide che deve affrontare sono in equilibrio: se l'abilità del giocatore sono grandi, ma il livello di difficoltà della sfida è basso, il giocatore si annoierà, mentre nel caso contrario in cui non possiede particolari capacità utili allo svolgimento del gioco che mostra un alto livello di difficoltà, il giocatore comincerà a provare ansia; bisogna, inoltre, creare una connessione emotiva con l'utente, lasciandogli provare un senso di controllo sulle proprie azioni.
- sulla presentazione dei contenuti, prestando attenzione sia all'aspetto grafico sia a quello sonoro [17].



Figura 1.8. Serious game, schema riassuntivo

La componente ludica può influenzare l'umore dell'utente: si cerca, quindi, di creare un'atmosfera positiva che permetta al giocatore di continuare nelle sue attività. È stato confermato che l'utilità percepita, la facilità d'uso e la chiarezza degli obiettivi sono indicatori della soddisfazione ed efficacia di questo tipo di applicazioni; inoltre, coloro che hanno imparato giocando hanno meglio interiorizzato le informazioni fornite rispetto a chi ha ottenuto le stesse informazioni senza la componente ludica [18].

Considerando quanto appena esposto, bisogna introdurre il concetto di *gamification*, che viene definita come l'utilizzo di espedienti e meccanismi tipici del linguaggio ludico e videoludico come punti, livelli, premi, beni virtuali, classifiche con lo scopo di rendere gli utenti più partecipi o interessati a un particolare servizio [3]. Nel 2019 è stato fatto uno studio [5] sui suoi effetti in ambito museale testando l'utilizzo di un quiz in AR: è stato trovato un legame tra gioco e intrattenimento, soprattutto nei soggetti più giovani, e si è notato che la ricerca dei marker per attivare l'applicazione ha incentivato i visitatori all'esplorazione dell'esposizione. L'apprezzamento della mostra in generale è altamente correlato alla soddisfazione raggiunta giocando al quiz e all'utilità e piacevolezza dell'applicazione secondo gli utenti; è degno di nota il fatto che chi ha apprezzato l'applicazione l'abbia anche trovata utile. Gli intervistati, inoltre, hanno reputato la visita diversa rispetto a quella riscontrata nelle mostre convenzionali, dimostrando come un gioco in AR possa migliorare l'esperienza complessiva dei visitatori in qualità di strumento divertente per l'apprendimento.

Le applicazioni in AR con una componente ludica sono, quindi, un valido strumento per aumentare la soddisfazione nei confronti della mostra, oltre che incrementare le loro interazioni e il loro livello di coinvolgimento [5].

In questo contesto lo storytelling diventa uno strumento per coinvolgere maggiormente l'utente; se unito a mezzi tecnologici si evolve introducendo nuovi modi di comunicare e narrare, così da relazionare maggiormente utente, narrazione e contesto. Durante la progettazione dell'esperienza è importante tenere conto sia della componente cognitiva sia di quella emotiva dell'utente, quindi fornire maggiori informazioni, ma anche narrazioni coinvolgenti che

tocchino l'animo del visitatore, ad esempio attraverso registrazioni audio storiche, animazioni e così via. Vi è una relazione reciproca tra i nuovi media e il contesto ambientale, oltre al fatto che un mix di coinvolgimento emotivo e coinvolgimento cognitivo è ben recepito anche dalle persone meno giovani [6]. Il design delle interfacce utente, infatti, è essenziale perché il sistema deve essere in grado di comunicare chiaramente anche con i visitatori meno tecnologici [16] e ai bambini più piccoli che potrebbero trovare nella combinazione interattività-AR un motivo di interesse per i beni culturali [4].

Una problematica rilevata è la possibile distrazione dal mondo reale durante l'esperienza in AR in quanto si potrebbe finire col prestare attenzione esclusivamente al dispositivo che si sta utilizzando e non alla mostra. Quindi è importante associare gli elementi all'interno dell'applicazione con ciò che può essere visto e trovato solo nel mondo reale; per cercare di ridurre il tempo speso esclusivamente con la AR, è molto importante progettare un'applicazione che colleghi efficacemente i due mondi [5].

## Capitolo 2

# Stato dell'arte

Per tutte le ragioni esposte nel capitolo precedente, l'utilizzo della AR nel contesto museale è sempre più diffuso. Di seguito verranno illustrati alcuni esempi significativi che sono stati fonte di ispirazione per l'ideazione del progetto alla base di questa tesi.

### 2.1 Conciergerie di Parigi

Dal 2021 alla Conciergerie di Parigi, l'utente ha la possibilità di usufruire dell'HistoPad (Figura 2.1), uno strumento di mediazione digitale fornito in loco dal palazzo reale. Mediante questo dispositivo che utilizza la AR, il visitatore ha a disposizione dieci scene immersive in cui può osservare le ricostruzioni 3D di diverse stanze medievali e ambienti non più esistenti, leggendo descrizioni e approfondimenti. L'applicazione, validata scientificamente, offre anche una mappa interattiva e la possibilità di giocare ad una caccia al tesoro [19].



Figura 2.1. HistoPad alla Conciergerie di Parigi

### 2.2 Smithsonian Institution di Washington D.C.

Allo Smithsonian Institution di Washington D.C. la mostra permanente "Bone Hall" espone scheletri facenti parte della collezione sin dal 1881; grazie

all'applicazione "Skin and Bones" (Figura 2.2), si può osservare la ricostruzione degli animali a cui appartenevano queste ossa. Sono disponibili dieci esperienze in AR dotate di *tracking* 3D per "dare vita" agli scheletri presenti nelle teche, due giochi interattivi, diversi video da tutto il mondo e suoni da ascoltare per immergersi negli ambienti in cui gli animali visualizzati vivevano. L'applicazione può essere utilizzata anche al di fuori del museo inquadrando determinati contenuti al monitor del computer o su fogli stampati [20].



Figura 2.2. Applicazione "Skin & Bones"

### 2.3 MUSE di Trento

Un esempio italiano nello stesso campo è fornito dal MUSE, il Museo delle Scienze di Trento. Nel 2018 è stata lanciata l'app *GO!Muse* (Figura 2.3) che permette di ammirare l'aspetto di alcuni animali preistorici quando erano ancora vivi, a partire dai fossili presenti al museo: i loro movimenti e gli ambienti in cui abitavano vengono mostrati all'utente mediante la AR. Gli elementi presentati in questo modo sono accompagnati da schede di approfondimento testuali o in forma di immagini e l'utente può intraprendere dei percorsi tematici utilizzando il dispositivo, fornito direttamente dal Muse, come "navigatore GPS per interni" [21].

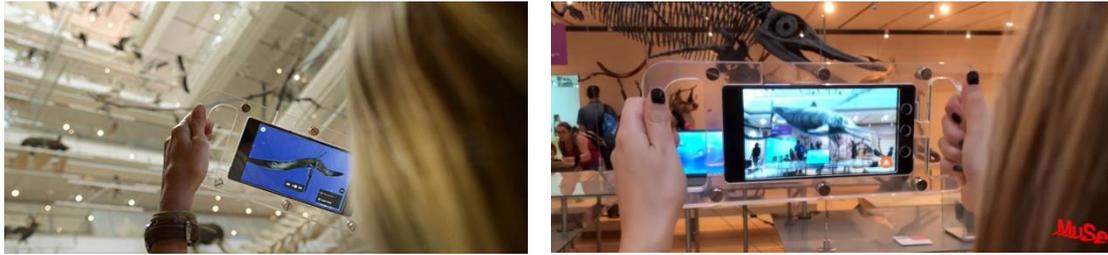


Figura 2.3. Go!Muse all'interno del Museo delle Scienze di Trento

## 2.4 Museo del Patrimonio Celtico di Salisburgo

Al Museo del Patrimonio Celtico di Salisburgo i visitatori possono essere guidati tra i vari reperti esposti mediante l'app per mobile "The Speaking Celt" (Figura 2.4). Scansionando i target presenti nel museo, compare in AR l'*avatar* di Tabico, un guerriero celtico che spiega gli oggetti presenti nel mondo reale, arricchendo il proprio discorso con aneddoti sul suo stile di vita, così da stimolare l'interazione degli utenti. Il personaggio, infatti, ha una storia definita e il ruolo di guardia del museo per proteggerlo giorno e notte. È possibile utilizzare l'applicazione anche al di fuori dell'edificio tramite i target forniti online, di cui è fornito un esempio in Figura 2.5 [22].

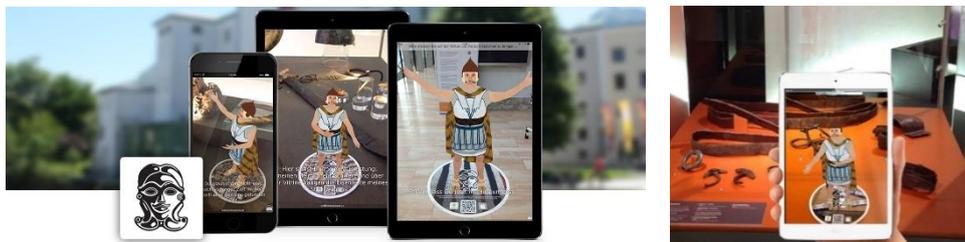


Figura 2.4. App "The Speaking Celt"



Figura 2.5. Il target dell'app "The Speaking Celt"

## 2.5 Precettoria di Sant'Antonio di Ranverso

La Precettoria, ossia l'abbazia, di Sant'Antonio di Ranverso in provincia di Torino offre un'esperienza pensata soprattutto per famiglie con bambini. Nel momento in cui acquista il biglietto all'ingresso, viene fornita al visitatore una mappa illustrata con QR code (Figura 2.6) che, una volta inquadrati, permettono di accedere all'audioguida dei luoghi visitati; la mappa è pratica da utilizzare e può essere portata a casa, permettendo all'utente di riascoltare i file audio quando e come vuole. L'uso dei QR code per attivare l'esperienza si è dimostrato vincente, in quanto riduce i costi per il museo ed è gratuito per i visitatori, accessibile anche ai bambini e utilizzabile senza la necessità di alcuna installazione sul proprio telefono. Stampati esclusivamente sulla mappa illustrata, i QR code non richiedono pilastri informativi o totem aggiuntivi, dimostrandosi uno strumento familiare e facile da utilizzare da un pubblico vasto e diversificato. [23]



Figura 2.6. A sinistra il sito visto da Via Francigena; a destra la mappa con i QR code

## 2.6 Sherlock Holmes e la realtà aumentata

Nel 2017 è stata lanciata l'app “Sherlock Holmes e la realtà aumentata” (Figura 2.7) all'interno del contesto “Notte di Fiaba”, un evento annuale tenuto a Riva del Garda in cui il fulcro di tutto è, appunto, la fiaba. Inquadrando la mappa della città, ritirabile al centro informazioni, è possibile visualizzare la posizione del primo dei sei indizi di una caccia al tesoro per ricostruire la macchina del tempo che ha portato Sherlock Holmes nel 2017. Giochi ed enigmi devono essere risolti di volta in volta per passare alla tappa successiva, la cui posizione è rivelata inquadrando nuovamente la mappa [24].



Figura 2.7. “Sherlock Holmes e la realtà aumentata”

## 2.7 The Augmented Gallery

National Gallery, National Portrait Gallery e Royal Academy of Arts, in collaborazione con Sky Arts e Heart of London Business Alliance, hanno deciso di mostrare le diverse opere delle loro collezioni mediante la AR in un percorso artistico che prende il nome di “The Augmented Gallery”. All'interno della città di Londra, come mostrato in Figura 2.8, sono presenti venti cornici colorate a grandezza naturale dotate di targhe e QR code da inquadrare per visualizzare le opere in 3D; vengono, inoltre, forniti commenti audio dei curatori e del comico James Acaster per aumentare le interazioni degli utenti [25].

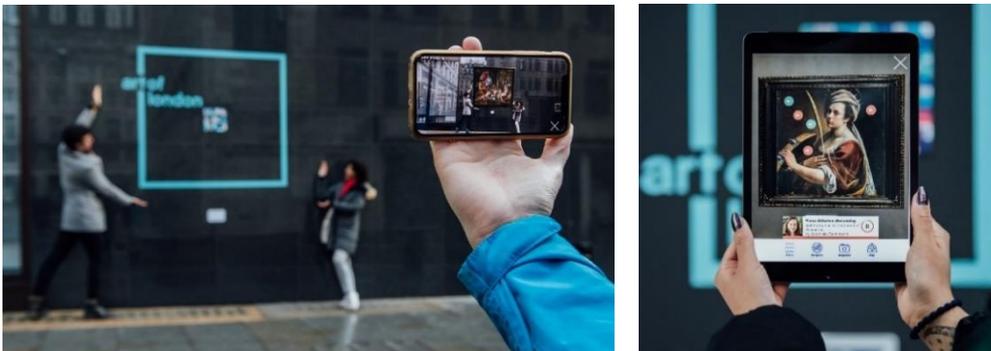


Figura 2.8. The Augmented Gallery per le strade di Londra

## 2.8 MAUA

Il MAUA (Museo di Arte Urbana Aumentata) è un museo a cielo aperto presente nelle città di Milano, Torino, Palermo e Waterford (Irlanda). Dopo aver installato sul proprio smartphone o tablet l'app “Bepart” (Figura 2.9), si possono inquadrare

le opere di *street art* presenti nelle città indicate (Figura 2.10) e queste vengono animate in AR, trasformandosi in un lavoro di *digital art* [26].



Figura 2.9. Funzionamento dell'app "Bepart"



Figura 2.10. In ordine: Fawn's curiosity di Andrew Law-Braney (Waterford), Ephemera di Lisa Kearney (Waterford) e dO noT disturB di Arezio Basteris (Torino)

## 2.9 Museo Egizio di Torino

Tra il 2019 e il 2022 il Museo Egizio di Torino ha ospitato la mostra temporanea "Archeologia invisibile" in cui veniva illustrato il processo di ricomposizione delle informazioni mediante lo studio dei reperti. Utilizzando l'app omonima, era possibile osservare alcuni oggetti in maniera più approfondita di quanto non si potesse fare esclusivamente ad occhio nudo, come si può vedere in Figura 2.11 [27].

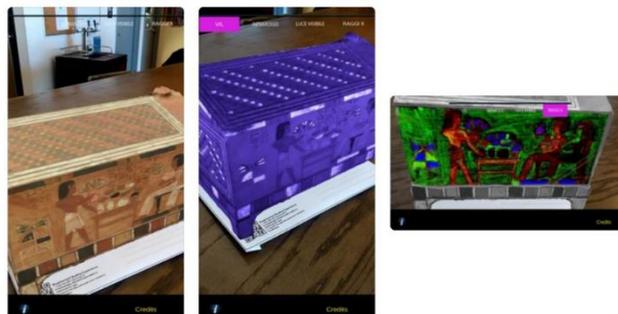


Figura 2.11. Diverse visualizzazioni di uno stesso cofanetto

## Capitolo 3

# Obiettivi e target del progetto

Il progetto è nato ed è stato portato avanti in collaborazione con il Museo Egizio di Torino che, fondato nel 1824, è il più antico museo del mondo dedicato interamente alla cultura egizia. Con i suoi dodicimila reperti esposti, solo una parte dei quarantamila complessivi presenti, e 2,5 km di percorso espositivo al suo interno, rimane un'istituzione conosciuta e apprezzata da molti. Nel 2020 il numero delle visite ha subito un calo a causa della crisi pandemica da Covid-19 e della conseguente chiusura del museo per un totale di centottanta giorni tra il periodo primaverile e quello invernale [28], ma le statistiche dell'anno precedente mostrano un quadro positivo e in continua crescita. Tra il 2016 e il 2017 è stata condotta un'indagine sul pubblico del Museo Egizio rivelando una prevalenza femminile con il 55,3% e una ripartizione delle fasce d'età dei partecipanti, presi a campione, abbastanza omogenea, eccezion fatta per la fascia over 65 che non risulta essere numerosa quanto le altre. Per quanto riguarda la provenienza dei visitatori, il 10,8% è residente nella città di Torino, mentre il 76% vive al di fuori della regione Piemonte [29].

Considerando i dati appena esposti e l'aspetto tecnologico del progetto, il target è composto da un pubblico giovane, compreso nella fascia 15-35 anni; data la loro presenza massiccia, ci si rivolge in modo particolare ai turisti, ma questo non esclude gli abitanti di Torino che possono cogliere l'occasione di conoscere meglio la propria città.

A tal proposito, è possibile creare delle cosiddette "personas" per meglio analizzare il target di riferimento. La creazione di personas, dal latino maschere, è una tecnica che viene utilizzata in fase di design di un'esperienza per capire i bisogni e i desideri dell'utente, il quale viene messo al centro di tutte le fasi di progettazione; si costruisce il profilo di un personaggio, dalle informazioni di base

### 3. Obiettivi e target del progetto

al profilo psicologico. Infine, la persona può essere inserita all'interno di uno scenario, in cui viene descritta l'interazione del soggetto con il sistema, che permette di comprendere quali siano le esigenze reali dell'utente. Per capire in maniera più approfondita il comportamento dell'utente, si può utilizzare il metodo BOA2RD, il quale prende il suo nome dai parametri che chiede di considerare: bisogni (B), obiettivi (O), ansie (A), aspettative (A), resistenze (R) e desideri (D).

A seguire la descrizione di Simone (Figura 3.1) e Lara (Figura 3.2).



Figura 3.1. Immagine di Simone

**Persona:** Simone ha 23 anni ed è uno studente all'università di medicina di Padova. Intelligente e sicuro di sé, è sempre pronto all'avventura. I suoi hobby comprendono leggere, viaggiare e passare del tempo con gli amici; almeno una volta all'anno è solito organizzare una vacanza con loro, che negli ultimi anni riesce a vedere meno frequentemente poiché frequentano tutti facoltà diverse.

**Scenario:** Quest'anno la meta scelta per la vacanza annuale è Torino. Il gruppo di cinque amici rimarrà nella città piemontese per quattro giorni e vuole alternare esperienze culturali a momenti di svago.

- Bisogni: mantenere le proprie amicizie e soddisfare la propria curiosità.
- Obiettivi: divertirsi e rilassarsi con gli amici imparando anche qualcosa di nuovo e interessante.

### 3. Obiettivi e target del progetto

- **Ansie:** timore di non gestire il tempo in maniera appropriata e FoMO (*Fear of Missing Out*), cioè paura di perdersi eventi o esperienze altrui, rimanendo isolati socialmente.
- **Aspettative:** passare più tempo in attività di svago piuttosto che in contesti culturali.
- **Resistenze:** necessità di essere tutti d'accordo sul programma di viaggio, permanenza di breve durata, budget limitato.
- **Desideri:** visitare la città, fare molte foto per aggiornare il proprio profilo social e creare bei ricordi con gli amici.



Figura 3.2. Immagine di Lara

**Persona:** Lara ha 34 anni, è sposata e ha un figlio, Mirco, un vivace bambino di sette anni. Lavora come insegnante di Storia in una scuola superiore di Asti, città in cui vive, e nel tempo libero segue un corso di decoupage. Ha un carattere mite e gioioso che l'ha sempre aiutata a relazionarsi con gli altri, in particolare con i suoi studenti e con suo figlio: con il suo approccio creativo offre loro nuove ed interessanti attività ad ogni occasione.

**Scenario:** Una domenica la famiglia di Lara decide di fare una gita a Torino, non troppo distante dalla loro città di residenza. Mirco non sa cosa aspettarsi, ma è entusiasta di visitare una città che non ha mai visto.

### 3. Obiettivi e target del progetto

- Bisogni: avere un buon rapporto con la sua famiglia.
- Obiettivi: passare del tempo di qualità con la sua famiglia, introducendo il figlio a quello che per lei è il magico mondo della Storia.
- Ansie: rovinare il rapporto con suo figlio e fare annoiare la famiglia.
- Aspettative: passare una giornata che, con i suoi alti e bassi, ricorderà con un sorriso per molto tempo.
- Resistenze: imprevisti come mal tempo o grandi code per entrare nei musei.
- Desideri: rendere felice suo figlio.

Partendo da questa base, si è pensato a un'applicazione che permettesse all'utente di visitare Torino in maniera divertente, per condurlo al Museo Egizio, punto finale dell'esperienza; il contesto in cui questa si inserisce è, infatti, un momento antecedente alla visita e, tenendo conto del fattore turistico di cui si accennava all'inizio di questo capitolo, il tutto si svolge in diversi punti strategici della città. L'obiettivo del progetto, quindi, è portare il target di riferimento al Museo, stimolando il coinvolgimento e l'interazione, nonché la curiosità verso l'istituzione culturale.

Grazie all'utilizzo della gamification, la cui base teorica è stata descritta nel Capitolo 2, l'esperienza coniuga lo svago e i contenuti culturali, fornendo informazioni sul Museo e sui reperti in esso contenuti in maniera piacevole; tutti gli elementi all'interno dell'applicativo sono stati concordati direttamente con la Dott.ssa Martina Terzoli, egittologa dell'ufficio "Curatori Area Ricerca, Collezione e Didattica", in modo da rimanere sempre coerenti dal punto di vista storico e culturale. Per quanto riguarda la sfera emotiva dell'utente, componente da non sottovalutare se si vuole ottenere un certo livello di coinvolgimento e spingerlo a interagire, si mira a costruire una *storyline* suggestiva che possa toccare il cuore dei visitatori.

Infine, l'applicazione in AR, utilizzabile direttamente dal proprio smartphone, può essere sperimentata anche in gruppo e dalle famiglie, andando incontro ai bisogni legati alla socialità dei singoli.

## Capitolo 4

# Tecnologie utilizzate

Per la realizzazione di questo progetto sono stati utilizzati diversi software e servizi, ognuno con precise funzioni e caratteristiche.

### 4.1 Blender

Per la modellazione degli asset utilizzati e la loro animazione è stata impiegata la versione 3.0 di Blender (Figura 4.1), un programma gratuito e open source, concesso in licenza come GNU GPL (GNU General Public Licence, licenza copyleft per software liberi). Il software permette di lavorare sull'intera pipeline 3D: modellazione 3D, *UV mapping* e *texturing*, *rigging* e conseguente animazione dei personaggi, simulazione di fisica e liquidi, rendering finale ed eventuali compositing e editing video. Per gli utenti più esperti offre anche la possibilità di personalizzare l'applicazione tramite codice scritto in Python.

Blender funziona su tutti i principali sistemi operativi, tra cui Windows, macOS e Linux. L'interfaccia utilizzata è OpenGL in modo da fornire un'esperienza coerente.



Figura 4.1. Blender 3.0

## 4.2 Mixamo

Il rigging dei due avatar al centro dell'esperienza di questo progetto è stato realizzato con Mixamo (Figura 4.2), acquistato da Adobe, un servizio online gratuito per l'animazione di personaggi 3D. Vi è una vasta gamma di animazioni preimpostate tra cui scegliere, avendo la possibilità di personalizzare determinati parametri, ad esempio l'apertura delle braccia o l'enfasi del movimento; sono disponibili anche alcuni personaggi direttamente scaricabili. Queste animazioni possono essere testate anche sui propri modelli, caricandoli in formato .fbx, .obj o .zip: tramite una breve procedura guidata è il sistema stesso a fare un *autorig* dell'avatar fornito.

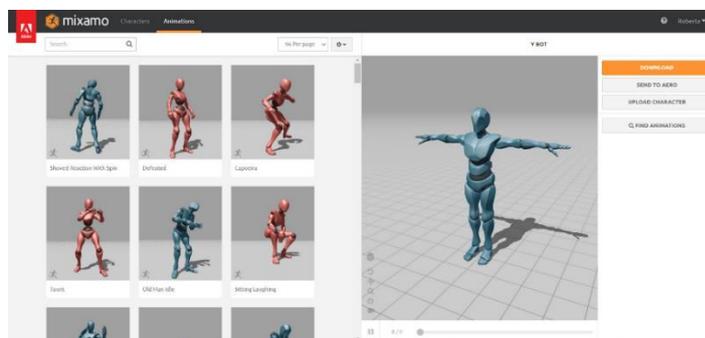


Figura 4.2. Mixamo

## 4.3 Substance 3D Painter

Per quanto riguarda il texturing, lo strumento principale utilizzato è stato Substance 3D Painter (versione 8.1.0) (Figura 4.3). Il software, facente ormai parte della suite Adobe, permette di applicare *texture* a modelli 3D grazie a una vasta gamma di strumenti, da pennelli avanzati a materiali intelligenti che, adattandosi automaticamente all'asset, offrono un elevato livello di realismo. È possibile controllare il risultato finale in tempo reale, impostando anche i parametri riguardanti luci e ombre; attraverso il *bake* delle texture si lavora anche sull'*ambient occlusion* degli oggetti importati.

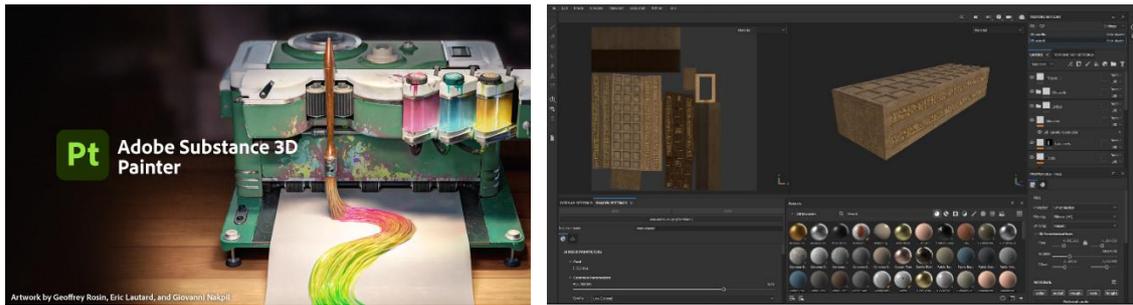


Figura 4.3. Adobe Substance 3D Painter 8.1.0

### 4.4 After Effects

La realizzazione dei tutorial precedenti le singole esperienze è stata portata a termine mediante After Effects 2020 (Figura 4.4). Il software della suite Adobe viene utilizzato nel campo della *motion graphics*, del *compositing* e degli effetti visivi (VFX) aggiunti in post-produzione. Nel primo caso viene adoperato in particolare modo per animare testi e forme, mentre negli altri due il suo impiego riguarda rimozione e sostituzione di oggetti o fondali, ad esempio tramite la tecnica del *chroma key*, il posizionamento di determinati elementi nello spazio mediante il *camera tracking* e l'aggiunta di effetti speciali di varia natura come esplosioni o disgregazioni. After Effects offre anche la possibilità di utilizzare le *expression*, linee di codice in JavaScript, che permettono di personalizzare gli elementi a cui sono applicate.

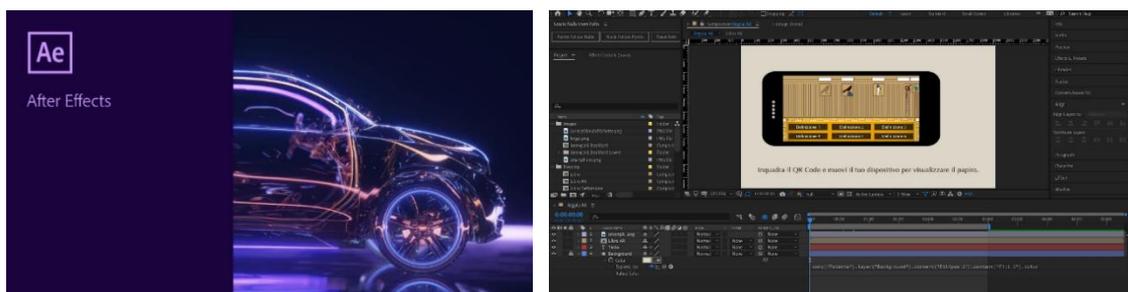


Figura 4.4. Adobe After Effects 2020

### 4.5 Photoshop

La maggior parte degli elementi alla base delle animazioni create con After Effects e alcune texture utilizzate all'interno di Substance Painter, sono state create o modificate grazie al contributo di Photoshop 2021 (Figura 4.5), un altro prodotto della suite Adobe. Il celebre programma, noto soprattutto per il ritocco fotografico, permette la creazione e la manipolazione di immagini *raster*. Attraverso l'utilizzo di un sistema a livelli, è possibile lavorare per moduli influenzando esclusivamente gli elementi desiderati e lasciando inalterati gli altri, così da poter comporre immagini multiple con l'aggiunta anche di contenuti testuali o grafiche vettoriali.



Figura 4.5. Adobe Photoshop 2021

### 4.6 Premiere Pro

I video che introducono e concludono l'esperienza sono stati assemblati grazie a Premiere Pro 2021 (Figura 4.6). Sempre parte della suite Adobe, il software permette il montaggio e l'*editing* dei video, consentendo completa libertà per quanto riguarda la sequenza di immagini e la gestione dell'audio. Effetti applicabili alla componente visiva così come a quella sonora, possono essere animati per personalizzare sempre più il proprio progetto.

## 4. Tecnologie utilizzate

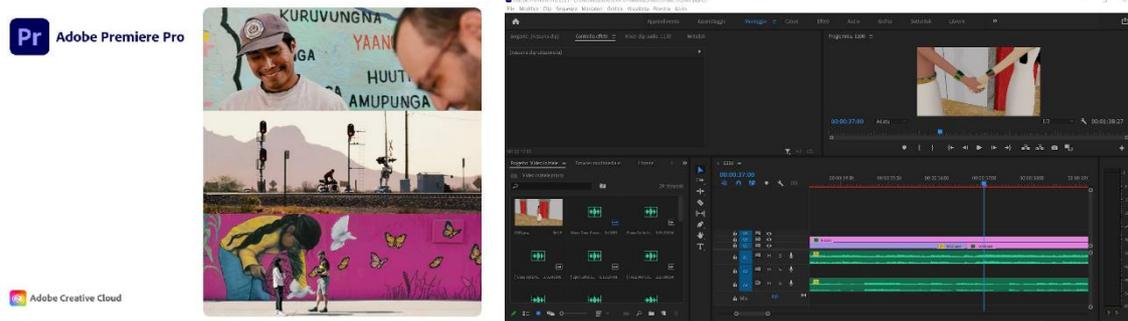


Figura 4.6. Adobe Premiere Pro 2021

## 4.7 Unity

L'assemblaggio dei vari asset, realizzati con i programmi fin qui elencati, nelle diverse scene che vanno a creare l'applicazione finale è stato portato a termine in Unity (versione 2020.3.28), un motore grafico multiplatforma, mostrato in Figura 4.7. Il software, utilizzato soprattutto in campo videoludico, permette la realizzazione di applicazioni grafiche 2D o 3D in tempo reale, gestendo diversi elementi come lo *scripting*, la fisica, le intelligenze artificiali e le animazioni. I diversi asset, da modelli e texture ad animazioni e suoni, possono essere importati ed utilizzati al suo interno per creare scene, il cui funzionamento viene gestito a livello di codice (mediante *script* realizzati in linguaggio C#).

Le applicazioni implementate con Unity sono compatibili con diversi sistemi operativi come Windows, Mac, Linux, Android, iOS e usufruibili con dispositivi come PlayStation, Xbox, Nintendo e Oculus.

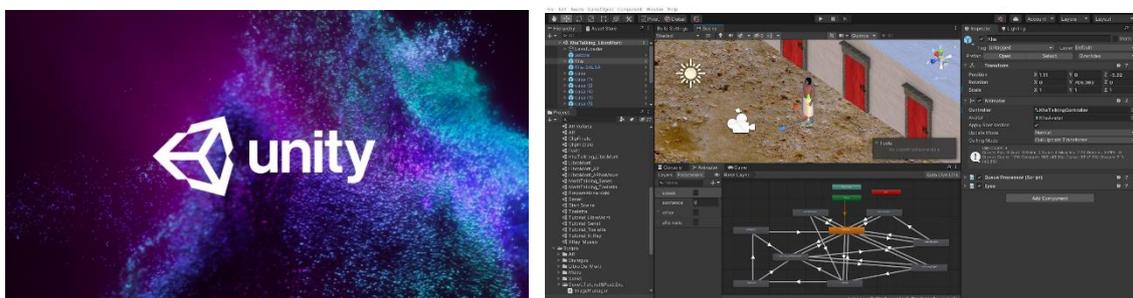


Figura 4.7. Unity (2020.3.28)

### 4.8 Visual Studio

I diversi script alla base del funzionamento dell'applicazione realizzata sono stati implementati all'interno di Visual Studio 2019 (Figura 4.8), un ambiente di sviluppo integrato sviluppato da Microsoft che supporta una serie di linguaggi di programmazione, tra cui C#, C++, Java, Javascript e .NET. Grazie alla tecnologia IntelliSense di cui è fornito è possibile trovare e correggere eventuali errori sintattici senza la necessità di compilare; il *debugger* interno, inoltre, può rilevare e correggere errori di logica a *runtime*.

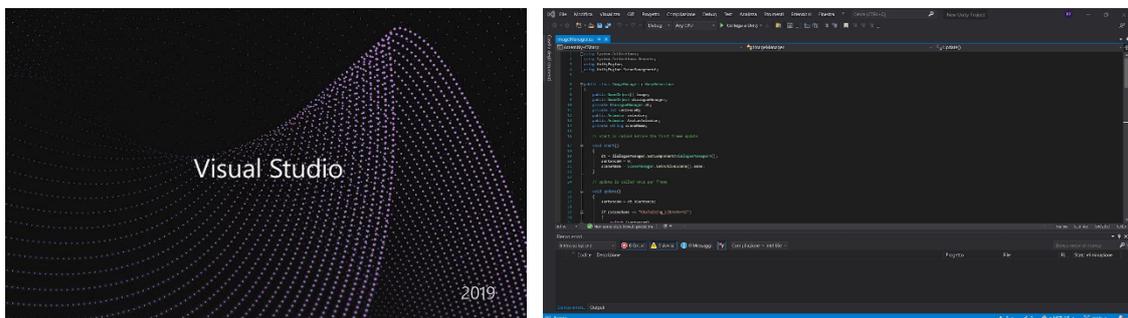


Figura 4.8. Visual Studio 2019

### 4.9 SALSA

In merito all'animazione degli avatar durante determinati momenti, si è ricorso all'impiego di SALSA (Simple Automated Lip Sync Approximation) (Figura 4.9), un sistema per la sincronizzazione in tempo reale del labiale a partire dall'audio fornito, senza alcuna particolare mappatura dei fonemi nei modelli dei personaggi utilizzati. Alla base di tutto vi è l'analisi della forma d'onda del file sonoro fornito, che può anche derivare da una registrazione diretta con microfono o tramite applicazioni che traducono il testo scritto in discorso parlato.

Sono compresi nel pacchetto EmoteR ed Eyes, che permettono rispettivamente di gestire le espressioni facciali e il tracciamento degli occhi.

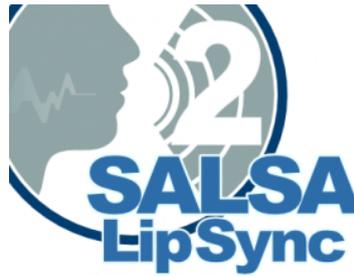


Figura 4.9. Salsa LipSync

## 4.10 Vuforia Engine

La parte relativa alla AR è stata affrontata con Vuforia Engine (Figura 4.10), un Software Development Kit (SDK) per lo sviluppo di applicazioni in AR: grazie a tecniche di computer vision è in grado di riconoscere e tracciare immagini bidimensionali o oggetti tridimensionali in tempo reale.

Vuforia Engine supporta lo sviluppo di applicazioni in AR per dispositivi Android, iOS, Lumin e UWP ed è, inoltre, possibile adoperarlo insieme a Unity, aggiungendo l'apposito pacchetto nel progetto locale tramite il Package Manager del suddetto motore grafico.



Figura 4.10. Vuforia

## Capitolo 5

# Ideazione del progetto

Come già introdotto nel Capitolo 4, questo progetto nasce in collaborazione con il Museo Egizio di Torino con lo scopo di attrarre più visitatori verso questa istituzione culturale. L'idea nasce e si sviluppa tenendo sempre al centro l'utente finale, di cui sono stati già elencati i tratti in precedenza: i giovani si trovano a proprio agio con l'utilizzo dello smartphone e i turisti possono cogliere l'occasione di visitare la città di Torino in modo divertente e allo stesso tempo istruttivo, finalizzando la loro esplorazione con la visita al Museo. L'applicazione in AR, infatti, è pensata per essere utilizzata direttamente dal proprio smartphone o tablet in un momento antecedente alla visita al Museo, così da introdurre il visitatore alla cultura egizia e incuriosirlo a saperne di più.

Uno dei punti di partenza nel definire le caratteristiche principali dell'applicazione è stata l'idea di "portare il museo fuori dal museo", creando così un legame tra il Museo Egizio e la città di Torino. Le diverse tappe in cui sono state distribuite le esperienze, visibili nella cartina mostrata in Figura 5.1, sono state scelte cercando un collegamento tra l'oggetto e il luogo in cui viene visualizzato:

- all'interno del Giardino Sambuy nei pressi della stazione ferroviaria di Porta Nuova, luogo di passaggio per chi arriva in treno, è possibile giocare al gioco della senet, il cui significato è "attraversare"; questo oggetto è stato rappresentato in diverse scene funerarie, ad indicare il passaggio tra la vita e la morte.
- sulla parete esterna della Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino compare il Libro dei Morti di Kha; sebbene questo non sia un libro nel senso moderno del termine, contiene una serie di formule religiose per sopravvivere al viaggio nell'Aldilà e quindi è stato posto in questo luogo in qualità di raccoglitore di conoscenza.

## 5. Ideazione del progetto

- la Mole Antonelliana ospita il Museo Nazionale del Cinema e dato che “trucco e parrucco” è un dipartimento del mondo dello spettacolo, questa tappa ospita la toeletta di Merit.
- il Museo Egizio, come già più volte accennato, è stato pensato come tappa finale in cui l’utente può avere un’anteprima di quanto disponibile al suo interno tramite una vista “radiografica” della facciata dell’edificio dal lato di Piazza Carignano. In questa esperienza vengono, infatti, mostrati tutti gli oggetti precedentemente incontrati.

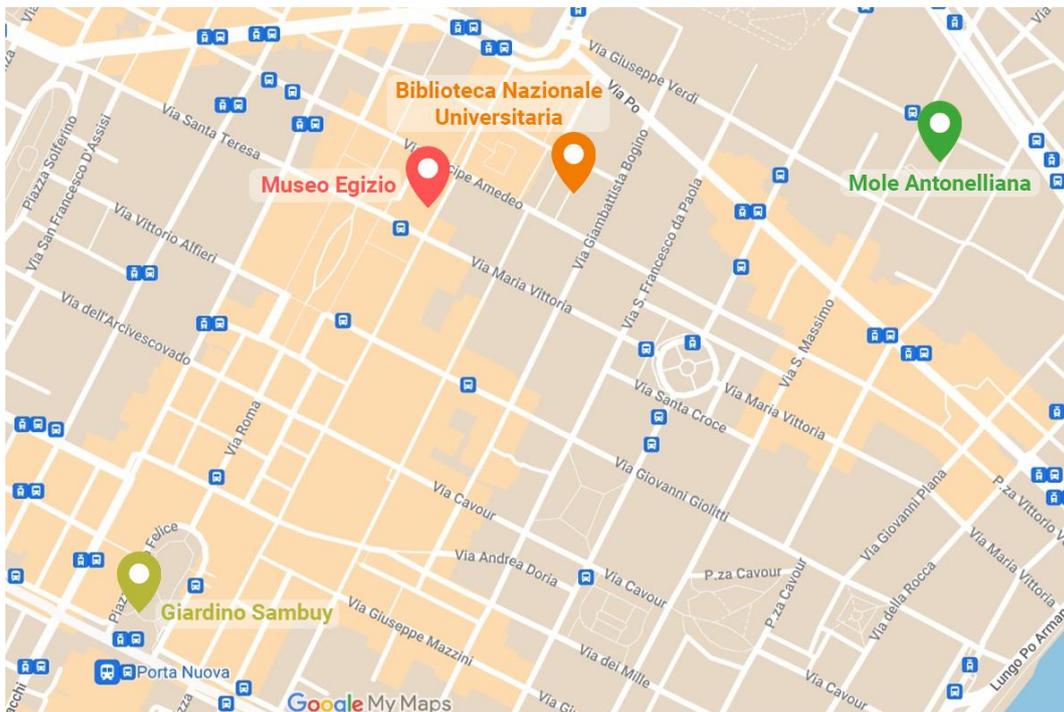


Figura 5.1. Cartina di Torino che evidenzia le tappe dell’esperienza (Google My Maps)

In questi quattro luoghi designati, l’utente deve individuare e inquadrare un marker (Figura 5.2) per visualizzare la scena legata a quello specifico oggetto in AR sul proprio dispositivo. L’ordine in cui provare le esperienze è a completa discrezione dell’utente, lasciando la libertà di scegliere il percorso più comodo e in accordo con il suo programma di viaggio; il suggerimento di lasciare la tappa al Museo come ultima viene segnalato direttamente sulla mappa presente nell’applicazione (come verrà illustrato nel Capitolo 8 dedicato all’interfaccia utente).

Ogni esperienza è suddivisibile in tre parti:

- nella prima parte vengono visualizzati gli avatar in AR mentre sono intenti nelle loro attività, da soli o in coppia;
- il momento centrale è la parte più interattiva, in cui l'utente deve mettersi in gioco in prima persona in una serie di sfide a tema, alcune in AR, altre no;
- alla fine di ogni esperienza, eccezion fatta per la tappa del Museo Egizio, è presente una parte esplicativa, in cui uno dei due avatar spiega in maniera dettagliata la storia e l'utilizzo dei diversi oggetti, anche tramite l'utilizzo di immagini; al Museo non è presentata una spiegazione in quanto non vi è un solo oggetto al centro dell'esperienza: in essa, infatti, è presente tutto ciò che si è potuto osservare fino a quel momento e una volta conclusasi appare il video finale in cui l'utente viene invitato ad entrare per avere maggiori informazioni.



Figura 5.2. Marker

### 5.1 Storytelling e design dei personaggi

Come anticipato, l'idea alla base di questo progetto nasce dalla storia di Kha e Merit, vissuti durante il Nuovo Regno, il cui corredo funerario è interamente presente al Museo Egizio, unico caso insieme a quello di Tutankhamon a Il Cairo

## 5. Ideazione del progetto

in cui non è stato spartito in diverse collezioni. Kha era un architetto del villaggio di Deir el-Medina, un ruolo importante in quanto dirigente dei lavori, mentre Merit era sua moglie. Nella stanza a loro dedicata è possibile ammirare i tre sarcofagi di Kha (esterno, intermedio ed interno), mentre ne sono presenti solamente due per Merit: la parte inferiore e quella superiore del suo sarcofago interno hanno uno stile completamente diverso e la sua mummia all'interno è più piccola del sarcofago in cui è contenuta, per questo sono state aggiunte delle bende di lino per non farla muovere. I titoli sulla cassa, inoltre, si rivolgono a Kha: per questo si pensa che Merit sia morta prematuramente e il marito le abbia donato un sarcofago per assicurarle la sopravvivenza nell'aldilà.

Una prima fase di ricerca di *reference* ha portato alla creazione della *moodboard* mostrata in Figura 5.3 che, a sua volta, è confluita nello sviluppo di un primo design dell'aspetto dei personaggi di Kha e Merit, rispettivamente presentati a destra e sinistra in Figura 5.4.



Figura 5.3. Moodboard [30]

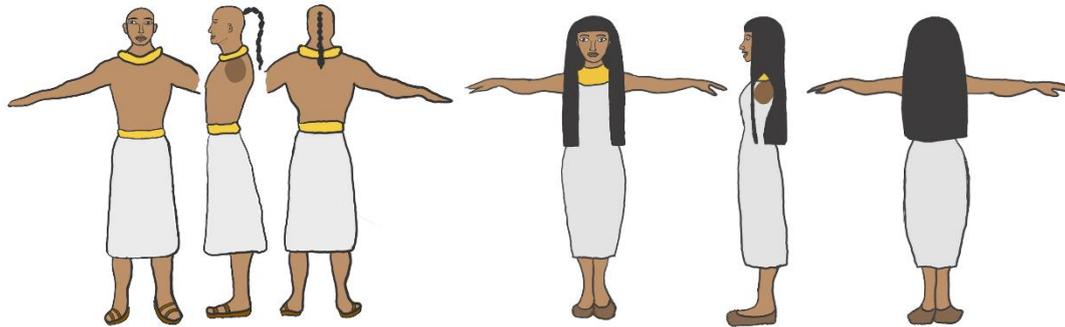


Figura 5.4. Design base dei personaggi di Kha e Merit

Il Museo Egizio ha fornito in questa fase un'immagine presa dal Libro dei Morti di Kha (Figura 5.5), uno degli oggetti al centro delle diverse esperienze dell'applicazione. In questa rappresentazione dei defunti raffigurata all'inizio del lungo papiro, Kha e Merit mostrano una diversa colorazione della pelle: generalmente, infatti, gli uomini venivano rappresentati con la pelle più tendente al rossiccio, mentre le donne con la pelle più chiara. L'immagine è stata fonte di ispirazione anche per la realizzazione degli ornamenti e delle parrucche di entrambi.



5.5. Adorazione di Osiride rappresentata all'inizio del Libro dei Morti di Kha

Tutto ciò è confluito nella creazione finale dei modelli di Kha e Merit, mostrati in Figura 5.6, che vengono utilizzati nell'applicazione per interfacciarsi con l'utente e sono protagonisti del video iniziale e di quello finale che pone il contesto dell'intera vicenda in cui si svolge il gioco.

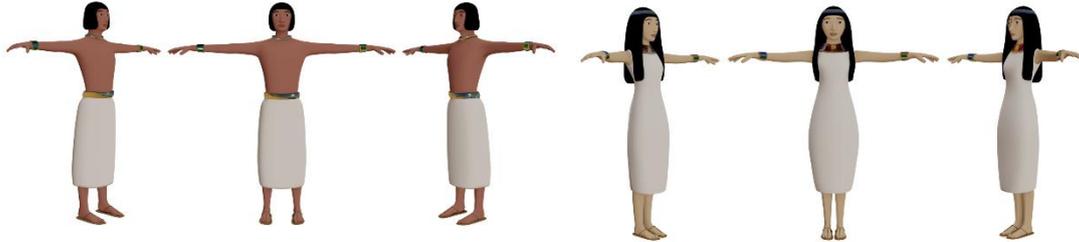


Figura 5.6. Modelli di Kha e Merit

Ispirandosi all'affetto che univa i due coniugi quando erano ancora in vita, il video introduttivo (Figura 5.7) presenta un estratto della loro quotidianità. Kha sta tornando a casa, scuro in volto; improvvisamente si sente un flebile scricchiolio e la porta di una delle case poste una accanto all'altra si apre, rivelando allo spettatore solamente una mano. Kha si dimostra sorpreso, per scoprire poi che ad aspettarlo all'uscio di casa c'è Merit, che lo saluta tranquilla; l'umore del marito migliora improvvisamente vedendola mentre va verso di lei e quando i due finalmente sono vicini, si prendono per mano. La scena si conclude così, lasciando lo spazio allo schermo nero su cui viene notificato lo scorrere del tempo. Infatti, sono passati solo pochi anni da quel momento felice, quando Kha si ritrova a piangere al capezzale della mummia di Merit, munita di maschera funeraria e posta all'interno di un sarcofago. Dopo il triste addio il sarcofago viene chiuso e sullo schermo ormai oscurato vengono mostrate le parole di Kha che dichiara il suo amore eterno per Merit ed invita l'utente ad andare a trovare i due sposi nei luoghi indicati sulla mappa presente nell'applicazione. In ogni tappa, infatti, è presente almeno uno dei personaggi, o entrambi, intento ad utilizzare uno degli oggetti presenti nel loro corredo funerario.



Figura 5.7. Video iniziale

Al termine dell'esperienza situata nei pressi del Museo Egizio, viene mostrato il video conclusivo (Figura 5.8) che segna il finale delle vicende dei due coniugi. Trent'anni dopo la dipartita prematura di Merit, a fianco del suo sarcofago viene posto anche quello di Kha, che viene chiuso definitivamente (è mostrata la chiusura del sarcofago intermedio che contiene quello interno): finalmente ricongiunti, i due sono rimasti insieme fino al ritrovamento della loro tomba intatta. Il video si conclude con la call to action finale ad entrare al museo per saperne di più.



Figura 5.8. Video finale

## 5.2 Design delle esperienze

Come detto, ogni esperienza pone il focus su un particolare oggetto presente nel corredo funerario di Kha e Merit. Nello specifico, gli oggetti in questione sono:

- il gioco della senet, un gioco di strategia in cui i giocatori devono muovere le proprie pedine nelle trenta caselle del campo di gioco dopo il lancio di due astragali, piccole ossa del piede utilizzate come dadi;
- il Libro dei Morti di Kha, un papiro lungo più di 13 metri che racchiude una selezione di formule necessarie per sopravvivere durante il viaggio nell'Aldilà;
- la toeletta di Merit, contenente una serie di oggetti utilizzati quotidianamente dalla donna, tra cui un tubetto contenente il kohl, una sostanza adoperata per il trucco, e un applicatore per stenderlo sul bordo degli occhi.

Ogni scena mostra la medesima struttura: una prima parte in AR in cui Kha e Merit vengono sovrapposti alla città e chiedono all'utente di interagire, lo svolgimento dell'esperienza vera e propria dalle meccaniche ogni volta diverse a seconda dell'oggetto su cui si basa e, infine, una spiegazione a riguardo data da uno dei due avatar. Quest'ultima può essere letta dalle finestre di dialogo presenti e ascoltata tramite la voce del personaggio in questione che parla di fronte alla propria casa. Nell'appendice sono disponibili i testi delle diverse spiegazioni.

Alla fine del discorso le esperienze si concludono: per visualizzare nuovamente Kha e/o Merit è di nuovo necessario inquadrare il marker nel mondo reale.

Nelle seguenti sezioni viene analizzata nel dettaglio ciascuna esperienza.

### 5.3.1 Senet

La scena iniziale in AR, visualizzabile all'interno del Giardino Sambahy in Piazza Carlo Felice, mostra Kha e Merit intenti a giocare al gioco della senet. L'uomo sta valutando la mossa da fare, con una mano si massaggia il mento pensieroso per poi spostarla come se avesse deciso il da farsi, ma poi non convinto torna sui suoi passi protraendo l'attesa dell'avversaria; la donna aspetta impazientemente il suo turno a braccia conserte, picchiettando il proprio braccio con un dito.

L'interfaccia presenta un pulsante con scritto "Parla con Kha": dopo averlo premuto compare una finestra di dialogo che, accompagnata da una voce maschile e dal gesto della mano di Kha, chiede all'utente se vuole giocare con lui, mentre Merit si alza dalla sua sedia per lasciare metaforicamente il posto al nuovo giocatore. Premendo il pulsante "Gioca con Kha", si passa prima al tutorial in cui vengono spiegate le meccaniche del gioco di strategia, in cui lo scopo è portare le proprie pedine alla fine della scacchiera, attraverso alcune immagini con animazioni (l'argomento verrà meglio indagato nel Capitolo 8) e poi all'esperienza vera e propria. Quest'ultima si gioca sullo schermo del proprio dispositivo mobile, non in AR, in modo da garantire una maggiore usabilità all'utente che non è limitato dalla sua posizione nello spazio e può muoversi più liberamente.

Il gioco implementato segue le regole della senet moderna (cui le regole del tutorial fanno riferimento). È presente un'interfaccia utente semplice e intuitiva, in cui viene segnalato a chi tocca lanciare gli astragali, il punteggio ottenuto dal lancio e il pulsante per lanciarli, in aggiunta ai classici pulsanti presenti anche nelle altre esperienze e presentati nel capitolo delle interfacce utente; all'inizio del gioco e ogni volta che ci si imbatte in una nuova regola, compaiono delle finestre di dialogo che ricordano quanto già visto nel tutorial.

L'utente, in questo modo, deve solamente premere il pulsante per lanciare gli astragali e decidere in seguito quale delle sue pedine muovere; i pezzi che è possibile fare avanzare sono evidenziati in giallo, in modo da semplificare l'esperienza dell'utente che ha letto tutta una serie di regole per la prima volta e si trova a dover affrontare un gioco di strategia.

## 5. Ideazione del progetto

Terminata la partita, Merit fornisce ulteriori dettagli sul gioco della senet, specificando che le regole utilizzate fino a quel momento sono quelle della senet moderna, in quanto non è ancora del tutto chiaro come funzionasse nell'antichità; racconta delle sue origini e della sua evoluzione nel tempo, soffermandosi sull'aspetto storico, socioeconomico e soprattutto religioso.

In Figura 5.9 sono mostrate le diverse parti dell'esperienza della senet.



Figura 5.9. Esperienza della senet

### 5.3.2 Libro dei Morti

La scena iniziale che viene visualizzata in AR presenta già il Libro dei Morti sovrapposto alle mura della Biblioteca Nazionale Universitaria. Kha e Merit si trovano di fronte al lungo papiro e sono intenti a leggerlo: Merit ha le mani giunte dietro la schiena, mentre Kha segue con il dito le colonne di geroglifici. Quando l'utente inquadra Merit, compare il pulsante per interagire con lei, la quale si gira in direzione del suo interlocutore e lo invita a leggere insieme a lei e al marito.

Dopo un breve tutorial, parte l'esperienza vera e propria, anch'essa svolta, diversamente dalla precedente, in AR. Inquadrando nuovamente il marker è possibile osservare il Libro dei Morti nella sua interezza, spostando il dispositivo lungo le pareti dell'edificio. L'interfaccia utente presenta sei diverse formule da associare alle raffigurazioni del papiro: toccando prima il nome e poi l'immagine

## 5. Ideazione del progetto

a cui è riferito, è possibile posizionarlo sulla giusta etichetta. Nel momento in cui l'utente si trova in prossimità di una delle immagini a cui è possibile associare una formula, questa viene evidenziata staccandosi dallo sfondo (senza coprire, però, i geroglifici circostanti).

Una volta associate tutte le formule alle relative raffigurazioni, l'esperienza si conclude e parte la spiegazione di Kha sul significato, la storia e l'utilizzo del Libro dei Morti, soffermandosi in particolare sul contenuto delle formule.

In Figura 5.10 sono mostrate le diverse parti dell'esperienza del Libro dei Morti.



Figura 5.10. Esperienza del Libro dei Morti

### 5.3.1 Toeletta di Merit

Nella parte in AR, Merit è seduta davanti a un tavolino in cui sono appoggiati diversi oggetti presenti nella sua toeletta ed è intenta a scegliere quale utilizzare per la sua quotidiana routine di bellezza. Quando viene inquadrata, compare il pulsante per parlare con lei, la quale chiede aiuto per il trucco. Dopo il tutorial in cui vengono introdotti i diversi oggetti che verranno utilizzati, parte l'esperienza. Questa consiste di due parti:

- nella prima vengono fornite passo per passo le istruzioni per la preparazione del kohl, una sostanza utilizzata per il trucco degli occhi; all'utente viene richiesto, tramite una finestra di dialogo, di colpire più volte

## 5. Ideazione del progetto

o trascinare alcuni degli elementi presenti nella scena, fino all'ottenimento del risultato finale;

- nella seconda viene richiesto all'utente di aiutare nella stesura intorno agli occhi di Merit della sostanza appena preparata, tracciando col dito il contorno occhi del personaggio.

Al termine dell'esperienza Merit spiega all'utente cosa sia il kohl, ponendo particolare attenzione alla sua doppia valenza estetica e antibatterica, nonché di aiuto contro il riverbero del sole nel deserto.

In Figura 5.11 sono mostrate le diverse parti dell'esperienza della toeletta di Merit.

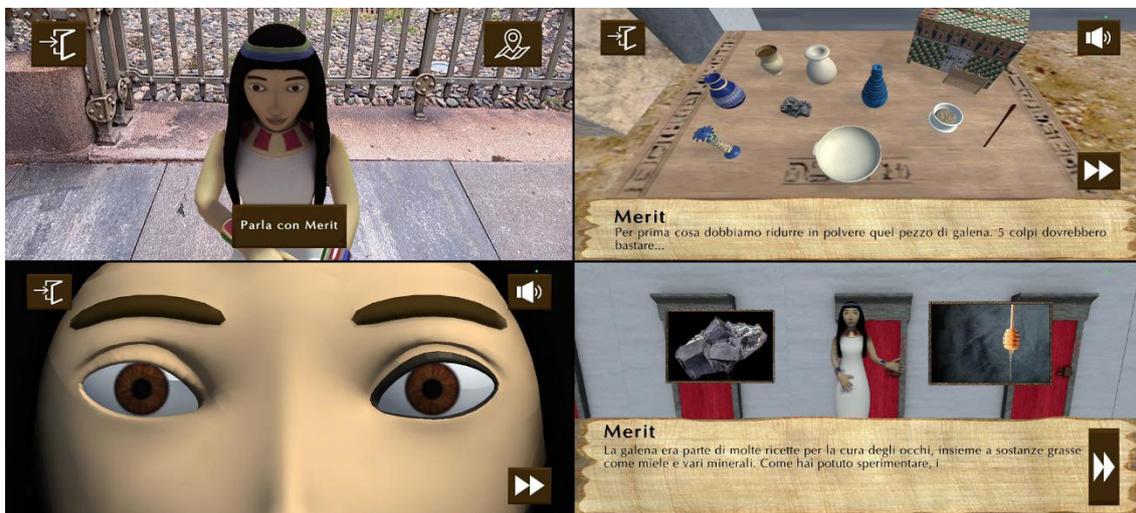


Figura 5.11. Esperienza della toeletta di Merit

### 5.3.1 Raggi X

La tappa nei pressi del Museo Egizio permette di visualizzare alcuni reperti presenti al suo interno in AR, come se si stesse facendo una radiografia inquadrando una facciata dell'edificio.

Vista la complessità della stanza in cui è esposto il corredo funerario di Kha e Merit, data dalla presenza di numerosi reperti, si è deciso di mostrare solamente un gruppo ristretto di oggetti raggruppato in tre teche:

- una teca legata all'aspetto funerario, con al suo interno il sarcofago intermedio ed interno di Kha, quello interno di Merit e la maschera funeraria di quest'ultima;
- una teca con gli oggetti della casa: letto e poggiatesta, tavolino, sedia;
- una teca con gli oggetti della vita quotidiana di Kha (cubito, senet e tavolozza per scrivere) e Merit (toiletta).

La stanza con le relative teche poste una accanto all'altra è collocata perpendicolarmente a Piazza Carignano.

L'esperienza consiste in un quiz in AR in cui vengono posti otto quesiti, scelti in maniera randomica da un set di diciotto: per rispondere in maniera corretta a tutte le domande è necessario aver visitato le altre tre tappe del percorso e ascoltato la relativa spiegazione dai due personaggi. Le domande possono essere di due tipologie:

- domande a risposta multipla riguardanti il contenuto delle spiegazioni date in merito a senet, Libro dei Morti e toilette;
- domande in cui l'utente deve selezionare uno degli oggetti esposti nelle teche. In questo caso, per meglio osservare gli oggetti selezionabili, è possibile toccare le teche a una a una per farle avvicinare a una distanza fissa dalla camera virtuale del dispositivo che si sta utilizzando: la teca, così, risulta essere in primo piano di fronte all'utente in modo da permettere una più semplice visualizzazione e selezione degli oggetti al suo interno.

Alla fine del quiz parte il video finale che conclude la storia di Kha e Merit, con la call to action ad entrare nel Museo per avere maggiori informazioni.

In Figura 5.12 sono mostrate le diverse parti dell'esperienza dei Raggi X.

## 5. Ideazione del progetto

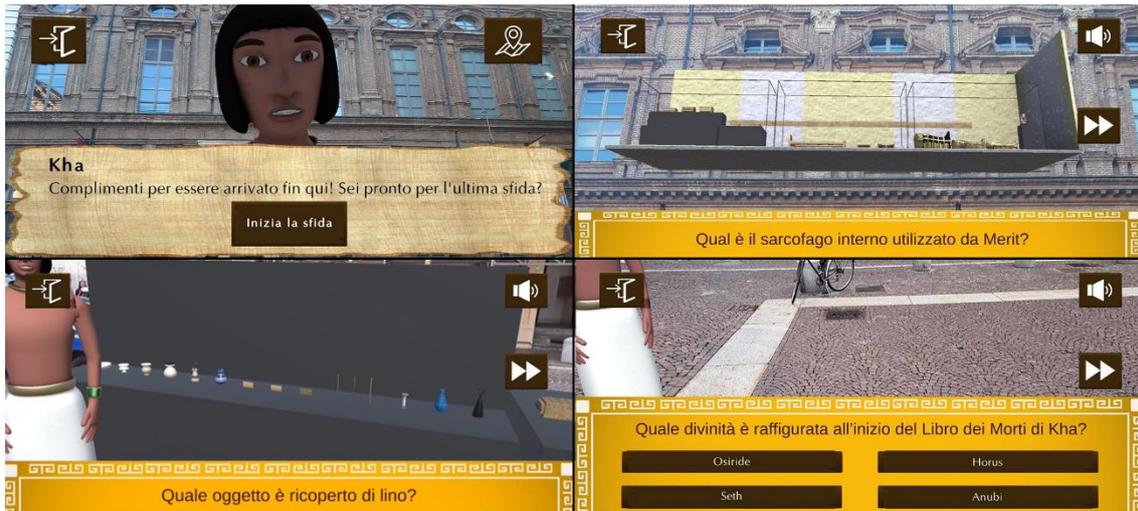


Figura 5.12. Esperienza dei Raggi X

## Capitolo 6

# Modellazione e texturing

Tutti gli oggetti visualizzati in AR sono stati modellati in Blender, come è già stato illustrato nel Capitolo 4. Un punto chiave riguardo alla modellazione in contesti come questo è la minimizzazione del numero di facce dei modelli: si dovrebbe partire da una base semplice, come una forma primitiva, per aggiungere a mano a mano, e solo se è veramente necessario, più dettaglio fino al raggiungimento del proprio obiettivo. In generale, serve un diverso livello di attenzione a seconda della posizione del modello in questione nello spazio di gioco: se l'oggetto è vicino ed è più probabile che l'utente ci si possa soffermare, è necessaria una maggiore quantità di particolari, mentre se rimane sullo sfondo senza attirare lo sguardo di chi gioca può essere meno definito.

Un modo per diminuire la complessità degli oggetti modellati è sfruttare al meglio la fase di texturing: grazie all'utilizzo di texture create ed applicate ad hoc, è possibile fare in modo che oggetti semplici sembrino, di fatto, molto dettagliati. La gestione indipendente dei diversi canali (colore, normali, componente metallica, altezza, ecc.) permette una maggiore rifinitura, in particolare l'utilizzo delle *normal map*.

Ad eccezione della texture del Libro dei Morti, creata mediante Photoshop ed applicata direttamente in Blender, tutte le texture sono state realizzate con Substance 3D Painter. Prima di essere esportati da Blender in formato .fbx per poterli poi importare su Substance, tutti i modelli sono stati sottoposti all'UV mapping, in modo da gestire dettagliatamente la posizione delle texture sulla loro superficie.

Alla base della ricerca dei giusti materiali da utilizzare, il software Adobe permette l'uso anche di materiali intelligenti che si adattano automaticamente all'oggetto, c'è la loro coerenza filologica e l'attenzione verso le reference: per fare un

esempio pratico, per quanto riguarda il legno è stata fatta una ricerca sulle tipologie di alberi presenti nell'antico Egitto e si è prestata particolare attenzione alla giacitura delle fibre nelle immagini di riferimento. I geroglifici presenti in diversi oggetti, in particolar modo nei sarcofagi, sono stati ottenuti partendo sempre dalle reference grazie a diverse funzionalità di Photoshop e all'utilizzo di una tavoletta grafica che ha permesso una maggiore precisione.

Per l'intera esperienza sono stati modellati circa 40 asset (Figura 6.1): oltre ai modelli e le texture dei due avatar, infatti, ogni scena presenta diversi oggetti facenti parte del corredo funerario di Kha e Merit. Tutti i modelli e le relative texture riguardanti l'oggettistica sono stati creati a partire dalle reference presenti nell'inventario del Museo Egizio [31] in cui sono disponibili quasi 3,000 dei circa 40,000 oggetti della sua collezione. Le teche sono state modellate riferendosi proprio a quelle presenti all'interno del Museo.



Figura 6.1. Oggetti modellati per l'applicazione

Inoltre, sono stati forniti direttamente dal Museo i modelli di due cofanetti ottenuti tramite la fotogrammetria, i quali presentavano un elevato numero di vertici: sono

stati, quindi, rimodellati a partire dall'originale riducendo il numero di vertici a un millesimo del numero di partenza. Utilizzando la medesima texture, il risultato finale visivamente non si mostra diverso da quello iniziale, come mostrato in Figura 6.2.



Figura 6.2. Confronto tra i modelli forniti dal Museo (a destra) e la loro ottimizzazione (a sinistra)

Per quanto riguarda, invece, la modellazione della casa dei due sposi, è stato fonte di ispirazione un video (da cui è tratta la Figura 6.3) pubblicato sul profilo Facebook del Museo Egizio in cui il curatore Cédric Gobeil, egittologo specializzato in archeologia della vita quotidiana e cultura materiale del Nuovo Regno con un focus sul sito di Deir el-Medina, parla proprio delle abitazioni. Queste, che mediamente contenevano quattro stanze (l'ingresso, il soggiorno, il ripostiglio e la cucina), erano fatte principalmente di mattoni di fango, con le pareti ricoperte d'argilla e poi, generalmente, dipinte di bianco; il tetto era composto da palme e foglie di palma, anch'esse ricoperte con la stessa argilla usata per i muri. La facciata, comunemente, presentava solo la porta di ingresso e nessun altro elemento: la porta era di legno, così come la serratura, e veniva dipinta di rosso per il potere magico/apotropaico di protezione che veniva attribuito a questo colore, mentre lo stipite e l'architrave erano generalmente fatti in pietra. Sugli stipiti potevano essere presenti alcuni geroglifici, in rosso, che riportavano il nome del primo proprietario.

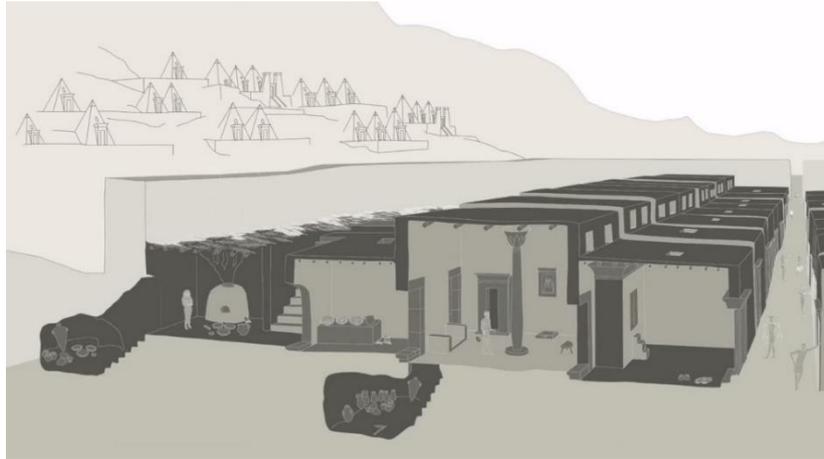


Figura 6.3. Struttura di un'abitazione dell'antico Egitto

Il modello della casa di Kha e Merit (Figura 6.4) tiene conto per lo più delle indicazioni sulla facciata, in quanto non viene mostrato in alcun modo l'interno dell'abitazione, che per non appesantire la scena non è stato quindi modellato. Una serie di queste strutture è stata utilizzata nel video iniziale durante l'incontro dei due sposi e nella parte di spiegazione al termine delle diverse esperienze, in modo da contestualizzare la presenza dei due personaggi.



Figura 6.4. Ingresso della casa modellato per l'applicazione

## Capitolo 7

# Animazione

Le animazioni, in 2D o in 3D, sono presenti in diverse parti dell'applicazione: le prime verranno analizzate nel Capitolo 8 e sono state create in After Effects, mentre le seconde, realizzate in Blender e Unity, vengono descritte in questo capitolo. In entrambi i casi, il punto di partenza è dato dai dodici principi dell'animazione.

### 7.1 I dodici principi dell'animazione

Ollie Johnston e Frank Thomas nel loro libro "The Illusion of Life" [32] descrivono i dodici principi dell'animazione; sono stati pensati sull'animazione tradizionale, ma si applicano anche all'animazione 3D. Tutti i principi riportano al mondo della fisica, quindi alla realtà: l'animazione riprende il mondo reale aggiungendo un aspetto più caricaturale, di esagerazione.

I dodici principi dell'animazione sono stati considerati sia nelle animazioni di Kha e Merit durante tutta l'esperienza, sia nella realizzazione dei tutorial. Segue una breve descrizione di ognuno.

1. *Squash & Stretch* (schiacciare ed estendere): gli oggetti vengono allungati e schiacciati in modo da enfatizzare caratteristiche come velocità, peso e materiale. Durante questa trasformazione dell'oggetto è importante che non venga modificato il suo volume: di conseguenza, se l'oggetto si allunga allora si stringe anche, se invece si schiaccia allora si allarga. Bisogna, quindi, dare sempre visibilità della fisicità dell'oggetto animato, per mostrare la sua elasticità o rigidità.

2. *Anticipation* (anticipazione): l'azione che si vuole sottolineare viene preparata da un'altra azione che la rende più visibile. Per rendere più realistico un determinato movimento e predisporre il pubblico a quanto sta per accadere, è possibile giocare con gli opposti: ad esempio, prima di spalancare gli occhi a un personaggio bisogna chiuderli oppure prendere la rincorsa dalla direzione opposta rispetto a quella in cui si inizia a correre.

3. *Staging* (messa in scena): guidare l'occhio di chi guarda su ciò che si vuole mostrare, in modo che il protagonista della scena venga presentato in maniera corretta. Per fare ciò si utilizza l'inquadratura, il colore, luci e ombre, effetti visivi e così via, cercando di non sovrapporre le interazioni dei personaggi creando caos.

4. *Straight ahead and pose to pose* (azione diretta e posa): metodi di animazione derivanti dall'animazione tradizionale frame by frame. Si tratta di due approcci diversi che portano a risultati differenti e che quindi vanno utilizzati a seconda del contesto in cui ci si trova. Nel primo caso si realizzano frame by frame tutti i passaggi dalla posa iniziale a quella finale, senza passaggi intermedi; in questo modo le proporzioni tendono a distorcersi andando avanti, ma l'animazione è più continua, anche se così si possono ottenere dei risultati inaspettati. Nel secondo caso vengono fissate le pose principali del personaggio e lasciate a un secondo momento quelle intermedie; in questo caso si mantengono meglio le proporzioni perché rispetto alla prima e all'ultima posa vengono inseriti dei prodotti intermedi, ma è più difficile avere un movimento continuo.

5. *Follow through and overlapping* (azioni a seguire e sovrapposte): se l'oggetto animato è composto, ogni elemento ha una tempistica di movimento leggermente diversa a seconda della massa dell'oggetto e di quello che si vuole comunicare. Nella realtà esistono leggi della fisica come il principio di inerzia per cui non succede tutto allo stesso tempo: animando con tempistiche diverse le varie parti di un oggetto, quindi, si ottengono movimenti più realistici.

6. *Slow in and slow out* (accelerazione e rallentamento): nella vita reale un corpo non inizia a muoversi immediatamente con una velocità già definita, c'è un'accelerazione iniziale e, analogamente, una decelerazione finale quando

questo si ferma. Lo stesso deve succedere nelle animazioni, in quanto ci deve essere una correlazione con quello che accade nel mondo reale. Da notare che esistono, però, casi specifici in cui questo non si applica, ad esempio con le lancette di un orologio che hanno un movimento lineare.

7. *Arc* (archi): nella realtà la maggior parte dei movimenti hanno un andamento parabolico (dato dalla forza di gravità). Anche nel corpo umano tutti i movimenti sono rotazioni di segmenti rigidi attorno a dei punti di giunzione, di conseguenza gli estremi non si muovono secondo una traiettoria rettilinea, bensì lungo archi di circonferenza. Questo permette di realizzare movimenti più fluidi e realistici.

8. *Secondary action* (azioni secondarie): aggiungere un'azione secondaria, quindi non fondamentale, all'animazione principale permette una maggiore organicità, arricchendo la scena in maniera naturale. L'azione secondaria potrebbe non essere colta dall'occhio, ma viene percepita inconsciamente, il che a volte ha un peso maggiore di ciò che si può vedere direttamente.

9. *Timing* (tempistica): il tempo che impiega l'animazione stessa, si riferisce alla velocità di un'azione: se sono presenti molti frame l'azione è lenta, con pochi è, invece, veloce. Può essere percepito in maniera diversa a seconda che l'animazione abbia un andamento più lineare o invece più accelerato all'inizio e alla fine: ha un ruolo fondamentale nell'animazione, infatti, per dare il carattere desiderato al prodotto finale, in quanto un timing più serrato dà un senso di urgenza, mentre un timing più allentato dà un'idea più rilassata. È importante gestire le tempistiche tra anticipazione, azione e reazione: se passa troppo tempo si perdono i rapporti di causa-effetto, se il tutto è troppo veloce l'azione potrebbe diventare confusa o non essere notata.

10. *Exaggeration* (esagerazione): accentuare certe caratteristiche date dalla fisica e dal mondo reale, movimenti ed emozioni, per far meglio percepire il concetto dell'animazione: ci deve essere una parte caricaturale nell'animazione, la cui dose dipende dallo stile dell'animazione stessa. Bisogna comunque utilizzare questo principio con moderazione, equilibrando i diversi elementi esagerati.

11. *Solid drawing* (volume dei corpi): ogni oggetto o personaggio ha un proprio volume, sia esso rappresentato in 2D o 3D. Bisogna, quindi, tenere conto della fisicità dell'oggetto nelle tre dimensioni anche in campo bidimensionale, per dare l'idea di peso, solidità e profondità.

12. *Appeal* (attraente): i personaggi devono risultare attraenti da diversi punti di vista, dall'aspetto estetico al carisma interiore. Insomma, tutto dà un carattere particolare all'animazione, una sua unicità e vita.

## 7.2 Animazioni in Blender

Il rigging dei modelli di Kha e Merit è stato fatto tramite Mixamo, il quale offre la possibilità di caricare il proprio personaggio: indicandone mento, polsi, gomiti, ginocchia e inguine, il rigging dell'avatar avviene in modo automatico (Figura 7.1). Una volta finita questa procedura è possibile scaricare il modello munito di scheletro in *T-pose* oppure applicargli una serie di animazioni disponibili e scaricare in seguito lo scheletro animato con o senza *mesh* annessa.

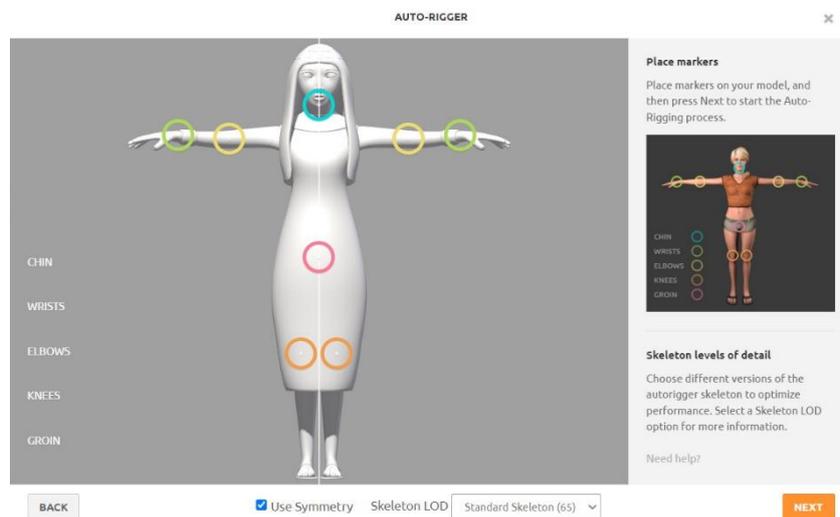


Figura 7.1. Mixamo *auto-rigger*

Nel caso di Kha e Merit, i modelli riggati sono stati scaricati subito dopo l'autorigg e importati nuovamente in Blender, dove attraverso il *weight painting* si è definito con maggior precisione il peso con cui ogni determinato osso influenza le mesh

ad esso associate. Visivamente questo viene reso attraverso una scala di colori in cui il blu indica nessun peso e il rosso la massima influenza, come mostrato in Figura 7.2.

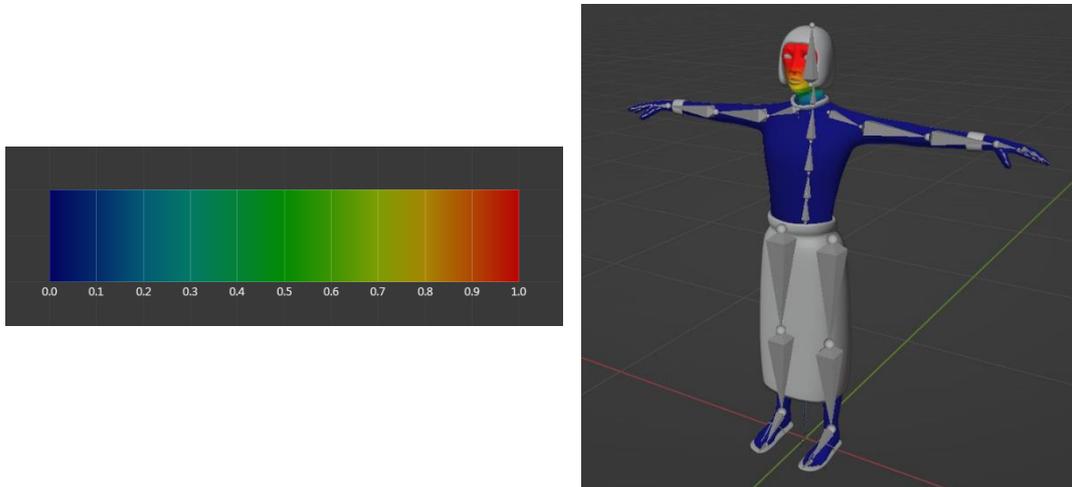


Figura 7.2. Weight painting in Blender: a destra lo spettro dei colori con il loro rispettivo peso e a sinistra l'esempio di Kha

Le singole ossa sono state poi animate per imitare i diversi movimenti della vita reale, grazie all'utilizzo dei *keyframe*. L'*easing*, che permette di modificare l'accelerazione e la decelerazione della transizione delle varie animazioni, è stato gestito tramite il *Graph Editor*, in modo da rendere alcuni passaggi più fluidi.

Per quanto riguarda le espressioni facciali sono state create delle *shape key* (Figura 7.3): a partire dalla forma base, le mesh del viso sono state modificate in modo da gestire il movimento della bocca, delle sopracciglia e dell'apertura/chiusura degli occhi. Sempre grazie a questo meccanismo è stata animata la lacrima che scende sul viso di Kha mentre saluta per l'ultima volta Merit, passando da una forma sferica a una più allungata; anche lo spostamento della sabbia sotto i passi di Kha sono stati coordinati in questa maniera.

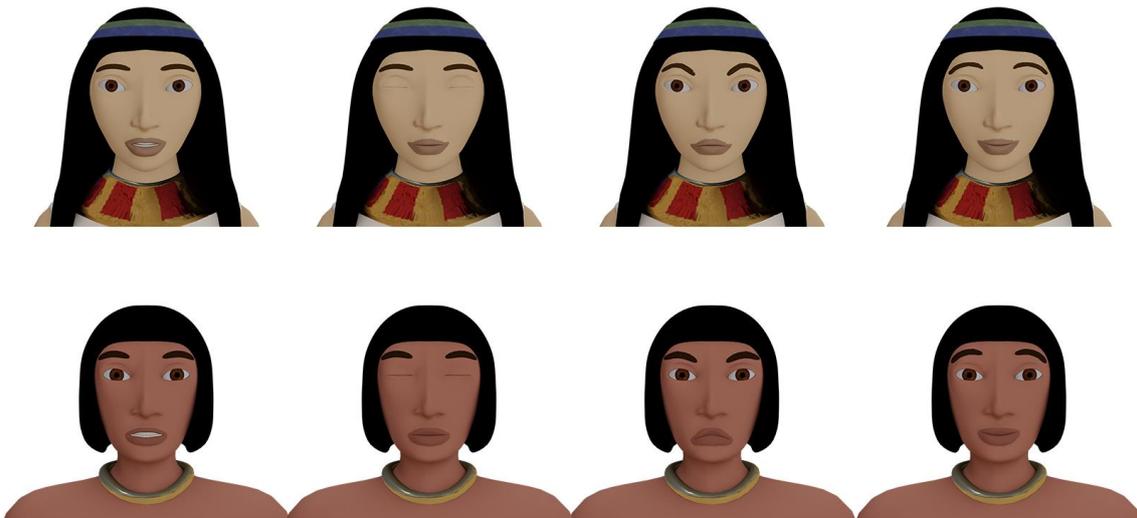


Figura 7.3. Shape key

### 7.3 Animazioni in Unity

Le animazioni realizzate in Blender sono state esportate ed importate in Unity. Il punto di partenza è stato creare un avatar dall'aspetto umanoide per ciascun personaggio: questo rimane sempre lo stesso in ogni scena sia nel caso di Kha sia in quello di Merit. Il passo successivo è stato creare un *Animator Controller* di Unity diverso per ogni scena anche se applicato allo stesso avatar: un *Animator* è una macchina a stati nel quale si controllano i passaggi tra una e più animazioni. Dallo stato di default si passa agli altri stati tramite delle transizioni che si attivano alla modifica di determinati parametri impostati. Queste transizioni possono avvenire immediatamente al cambio dello specifico parametro o solo dopo la fine dello stato corrente, tramite l'abilitazione di "Has exit time".

L'*Animator Controller*, quindi, può essere più o meno complesso a seconda della quantità di stati presenti e delle loro relazioni. In linea generale, la scena iniziale in AR per ogni esperienza utilizza Animator molto semplici con un singolo comando dopo aver premuto il pulsante per interagire con il personaggio di turno, mentre la spiegazione finale si basa su Animator decisamente più complessi, come si può vedere in Figura 7.4, che devono gestire le diverse animazioni personalizzate per ogni parte di discorso.

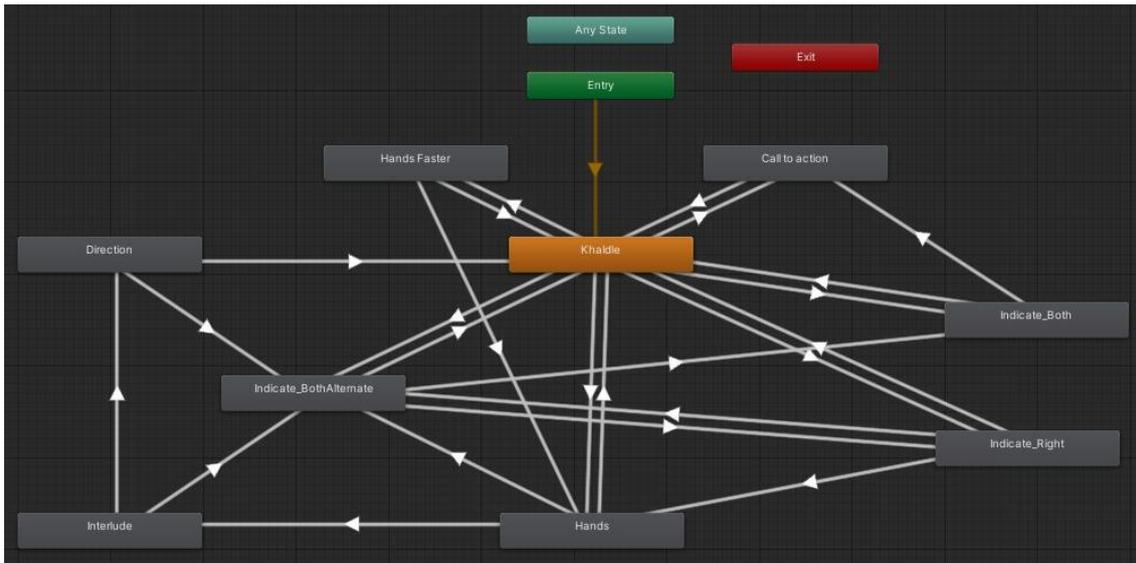


Figura 7.4. Animator Controller di Kha nella scena di spiegazione del Libro dei Morti

La sincronizzazione del labiale dei personaggi in tempo reale è stata realizzata mediante l'utilizzo di SALSA. La componente (Figura 7.5) applicata ai modelli di Kha e Merit ha permesso la configurazione dei diversi visemi (movimenti espressivi del viso). Nello specifico sono stati creati tre diversi set, ciascuno con un determinato trigger ad attivarli: a seconda del valore del trigger dato dalla componente audio, la bocca del personaggio si muove in un determinato modo. Ogni set può avere più componenti: in questo modo vengono gestite le quantità minime e massime dei valori delle shape key di labbra, lingua e denti, nonché l'apertura e chiusura delle palpebre.

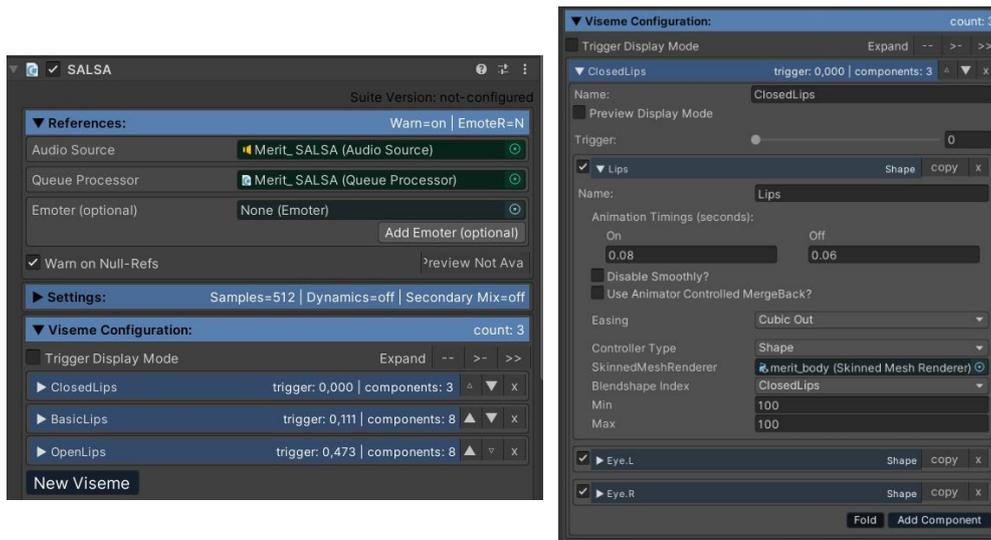


Figura 7.5. SALSA

In maniera analoga viene gestito il movimento degli occhi tramite il modulo Eyes (Figura 7.6). Le diverse direzioni in cui può vagare lo sguardo del personaggio sono state rese tramite shape key realizzate in Blender per poi impostare un valore minimo e massimo del loro valore per una determinata direzione nella componente in Unity.

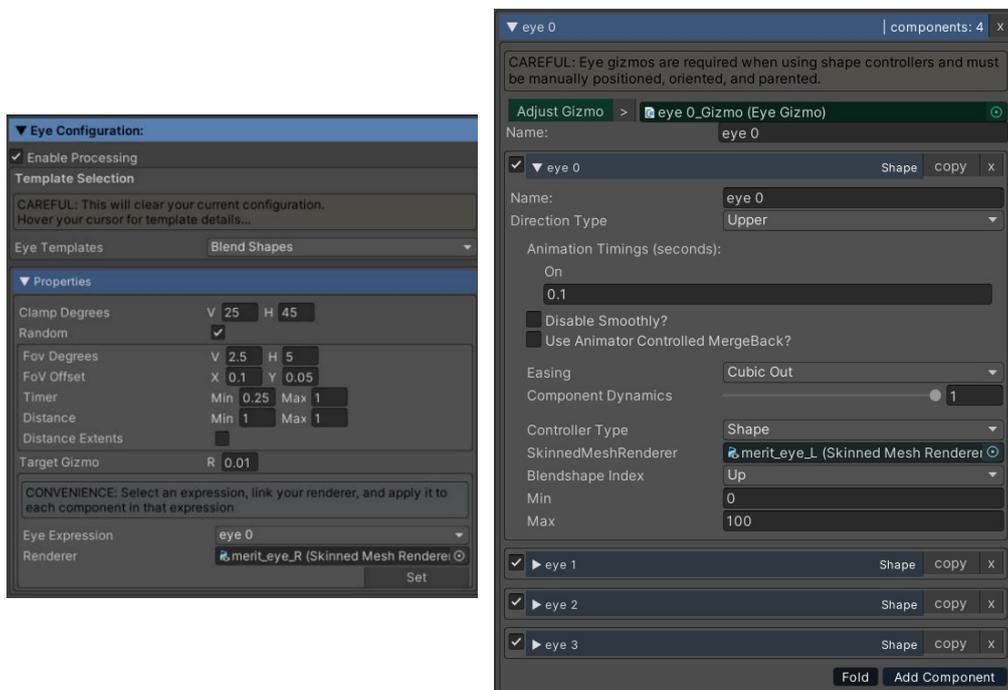


Figura 7.6. Eyes

## Capitolo 8

# Interfaccia utente

L'interfaccia utente è il mezzo attraverso cui una persona interagisce con un sistema automatico; nel caso dell'applicazione fin qui descritta, si tratta di un'interfaccia non diegetica, in cui gli elementi vengono posti in sovrimpressione sullo schermo del dispositivo utilizzato.

A questo riguardo, è stata prestata particolare attenzione all'aspetto tipografico dei contenuti testuali, in modo da facilitarne la lettura.

Si distinguono due macrocategorie di caratteri tipografici (Figura 8.1):

- *Serif*, con le grazie: i caratteri presentano piccole appendici al termine del corpo della lettera (Figura 8.2), permettendo di riconoscere e differenziare maggiormente alcuni glifi (ad esempio la lettera “l” maiuscola e la lettera “L” minuscola); questo tipo di carattere facilita, quindi, la lettura e la comprensione dei caratteri nella carta stampata, ma non ottiene lo stesso effetto nei video;
- *Sans Serif*, senza grazie: i caratteri sono generalmente più leggibili in tempi rapidi, grazie allo spessore delle aste uniformi, e per questo è preferibile utilizzare questo tipo di caratteri in ambito video.



Figura 8.1. Differenza tra caratteri serif e sans serif

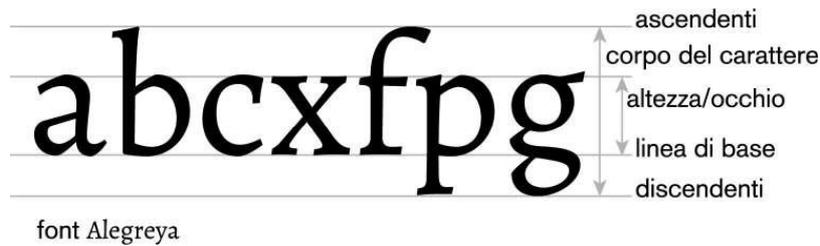


Figura 8.2. Corpo di un carattere

La leggibilità deve essere alla base della scelta del font: tra quelli suggeriti nella guida “Migliorare il racconto museale. Approfondimenti per la redazione di didascalie e pannelli” [33], si è optato per l'utilizzo di *Optima* nei testi di questo progetto, in quanto un carattere professionale che bene si accosta al concept dell'applicazione.

La grandezza dei font deve essere abbastanza grande da poter leggere il testo da dispositivo mobile e la proporzione tra titolo e testo (in questo progetto possiamo applicare questa regola al nome dell'interlocutore e a quello che essa/esso sta dicendo nelle finestre di dialogo) deve riprendere la sezione aurea (Figura 8.3) per cui il rapporto dei due valori è 1,618.

Quindi: font size dell'interlocutore = font size del dialogo \* 1,618.

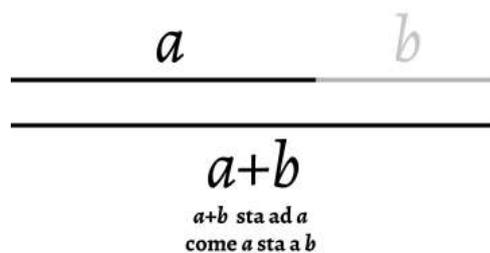


Figura 8.3. Sezione aurea

Gli elementi del testo devono essere allineati con attenzione, conseguentemente alla composizione della scena. Importante, infine, è l'uso del colore, mentre devono essere evitati l'uso delle ombre o di altri filtri ed effetti grafici, come sovrapposizioni, deformazioni, *outline*, ecc. La leggibilità del testo passa attraverso il contrasto del colore, non solo nella differenza di luminosità e

saturazione, ma anche di tonalità. Nella ruota dei colori (Figura 8.4) è evidente come sulla circonferenza si trovi il contrasto di tonalità: il giallo, ad esempio, è in contrasto con il blu, posizionato a 180° di distanza, ossia alla sua massima distanza radiale, mentre non vi è contrasto tra colori adiacenti. Per un testo leggibile è necessario utilizzare entrambi i tipi di contrasto.

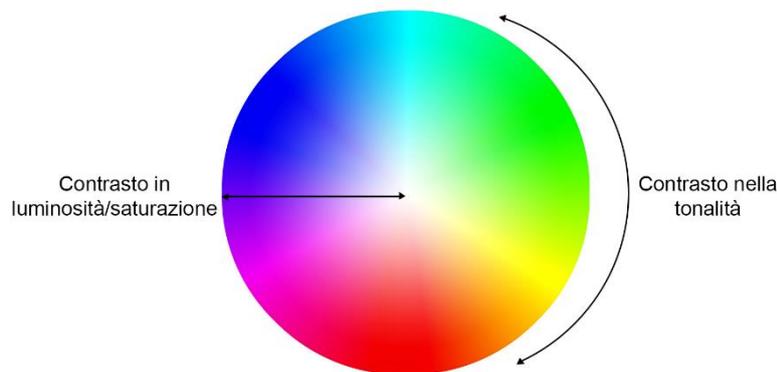


Figura 8.4. Ruota dei colori

Tramite il Color Contrast Checker di WebAIM (Web Accessibility In Mind) [34], un sito che fornisce gli strumenti per migliorare l'accessibilità web a persone con diverse disabilità, è stato controllato che i colori utilizzati per le scritte passassero tutti i livelli delle linee guida per l'accessibilità dei contenuti Web (WCAG), le quali spiegano come rendere i contenuti Web più accessibili alle persone con disabilità. WCAG è uno standard internazionale e presenta tre livelli di conformità: A (livello minimo), AA e AAA (che include tutti i requisiti di livello inferiore).

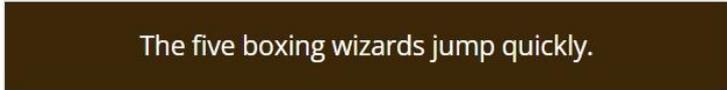
I pulsanti utilizzati nell'applicazione dallo sfondo marrone e la scritta/icona bianca passano tutti i livelli WCAG con un Contrast Ratio pari a 14.12:1 (Figura 8.5).



8.5. WebAIM: Contrast Checker - Pulsanti dell'applicazione

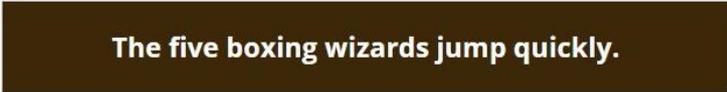
### Normal Text

WCAG AA: **Pass**  
 WCAG AAA: **Pass**



### Large Text

WCAG AA: **Pass**  
 WCAG AAA: **Pass**



### Graphical Objects and User Interface Components

WCAG AA: **Pass**



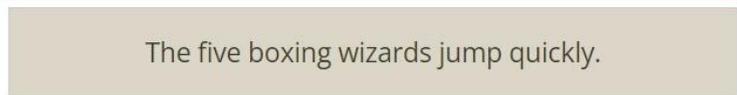
8.5. WebAIM: Contrast Checker - Pulsanti dell'applicazione

Analogamente superano i controlli le diverse schermate dei tutorial precedenti le diverse esperienze, con un Constant Ratio di 7.41:1 (Figura 8.6).



### Normal Text

WCAG AA: **Pass**  
 WCAG AAA: **Pass**



### Large Text

WCAG AA: **Pass**  
 WCAG AAA: **Pass**



### Graphical Objects and User Interface Components

WCAG AA: **Pass**



8.6. WebAIM: Contrast Checker - Tutorial delle esperienze

La scelta della *palette* è, quindi, importante ed è meglio che non sia troppo ampia. Sono possibili diversi schemi di colori:

- Analoghi: colori vicini in tonalità, ma con differenza a livello di contrasto di luminosità e saturazione;
- Monocromatico: colori sulla stessa tonalità, quindi sulla stessa linea della ruota dei colori; le variazioni sono solo di luminosità e saturazione;
- Triade: tre colori equidistanti tra loro nella ruota dei colori;
- Complementari: colori distanti esattamente 180° l'uno dall'altro in tonalità, quindi colori opposti;
- Sfumature: stessa tonalità, ma con luminosità diversa.

Per il progetto è stata utilizzata una palette di colori analoghi, dalle tonalità calde, in modo da richiamare le tinte del deserto e delle piramidi egizie, così come i papiri imitati nei colori e nelle texture (Figura 8.7).



Figura 8.7. Palette

Le finestre di dialogo (Figura 8.8) con cui interfacciarsi con Kha e Merit sono rese da una texture di papiro in cui le scritte compaiono in contemporanea alla voce dei due personaggi e in cui viene sempre notificato il nome dell'interlocutore. Vengono utilizzate anche durante le esperienze di gioco per ricordare di volta in volta quanto già spiegato nel dettaglio nei tutorial iniziali, mentre gli attacchi e le caselle speciali nel gioco della senet, insieme al punteggio ottenuto dal lancio

degli astragali e l'indicazione del turno, vengono sempre notificate con l'apparizione di un piccolo *banner* dalla texture di papiro.



Figura 8.8. Finestra di dialogo (sopra) e banner (sotto)

Un tutorial, infatti, è presentato prima di ogni esperienza e spiega nel dettaglio cosa l'utente si appresta a fare; inizia dopo che l'utente tocca lo schermo iniziale dallo sfondo a tema papiro, uguale in tutti e quattro i casi. È possibile andare avanti e indietro tra le diverse schermate mediante i pulsanti con frecce posizionati ai lati. La prima immagine introduce sempre gli oggetti in scena: nel caso della senet (Figura 8.9) e della toeletta di Merit (Figura 8.10) ne viene mostrato l'aspetto oltre al nome, mentre per il Libro dei Morti (Figura 8.11) e la scena al Museo (Figura 8.12) vengono solamente presentate le esperienze in

generale. Dopodiché cominciano una serie di schermate animate per aiutare la comprensione delle singole esperienze. Queste animazioni sono state fatte tramite After Effect tenendo conto dei principi dell'animazione presentati precedentemente: grazie all'utilizzo dei keyframe è stato possibile gestire lo spostamento dei diversi elementi grafici e la percentuale del *trim path* (utilizzato per indicare il movimento a zeta delle pedine nel gioco della senet), resi poi fluidi mediante l'easing delle animazioni. Per meglio coordinare determinate componenti, ad esempio il colore con cui porre il focus su un determinato punto, sono state utilizzate le expression, piccole porzioni di codice JavaScript che si possono inserire nelle proprietà animate.

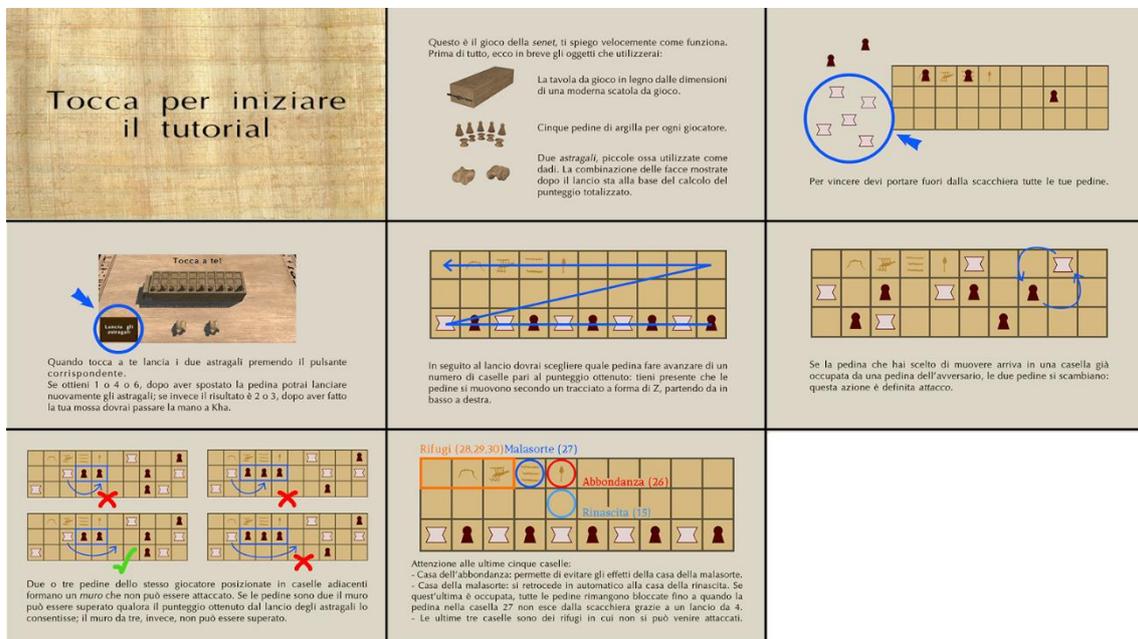


Figura 8.9. Tutorial della senet

## 8. Interfaccia utente

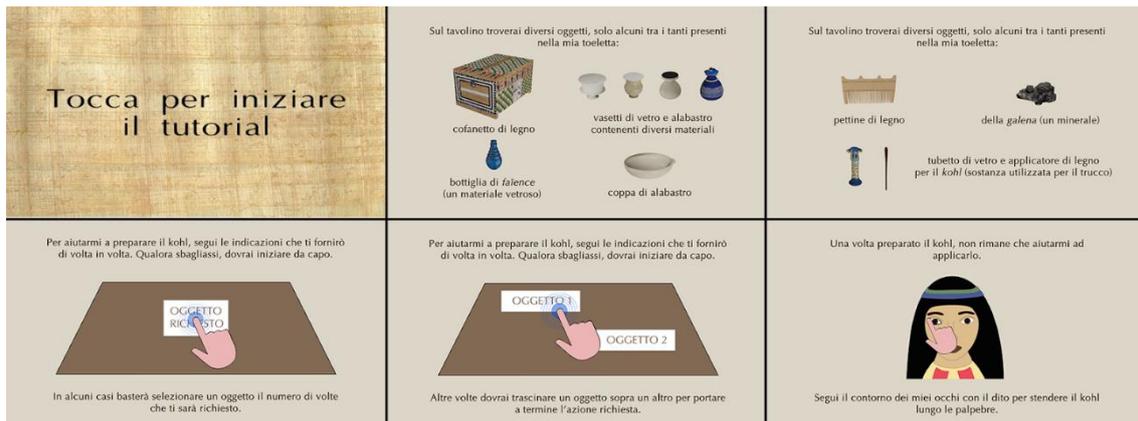


Figura 8.10. Tutorial della toeletta di Merit

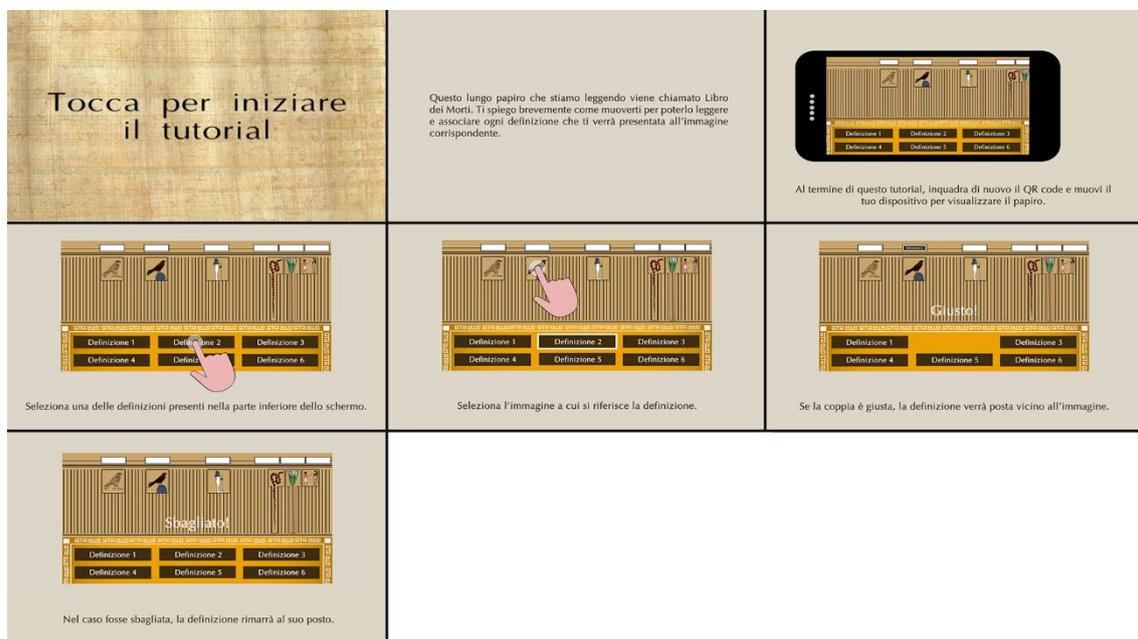


Figura 8.11. Tutorial del Libro dei Morti

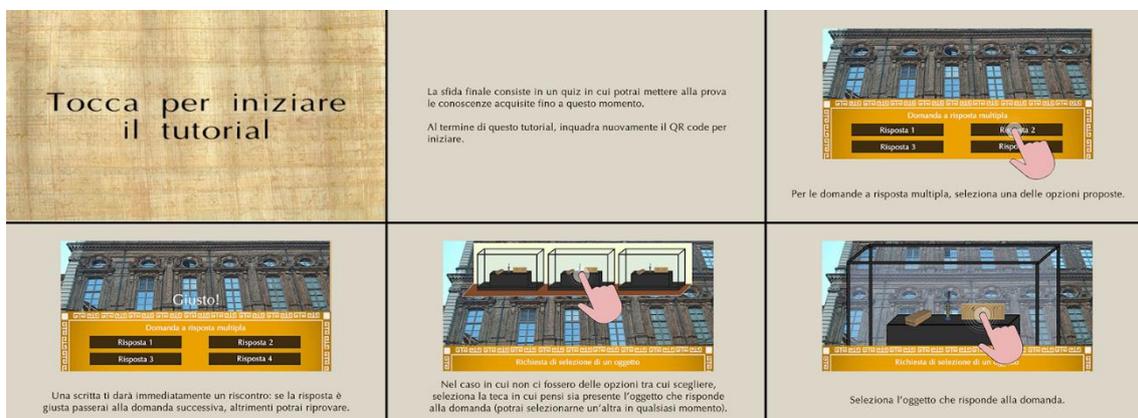


Figura 8.12. Tutorial dei Raggi X

Durante l'esperienza vengono dati diversi tipi di feedback all'utente. Grazie all'utilizzo di scritte bianche (Figura 8.13) viene ricordato all'utente di inquadrare nuovamente il marker nelle scene del Libro dei Morti e dei Raggi X; in queste due scene sempre grazie a questo tipo di feedback viene, inoltre, notificata la correttezza dell'azione fatta, mostrando la scritta "Giusto!" o "Sbagliato!" nel momento in cui si cerca di associare un'etichetta alle immagini del Libro dei Morti o di rispondere a una delle domande del quiz intrapreso davanti al Museo Egizio.

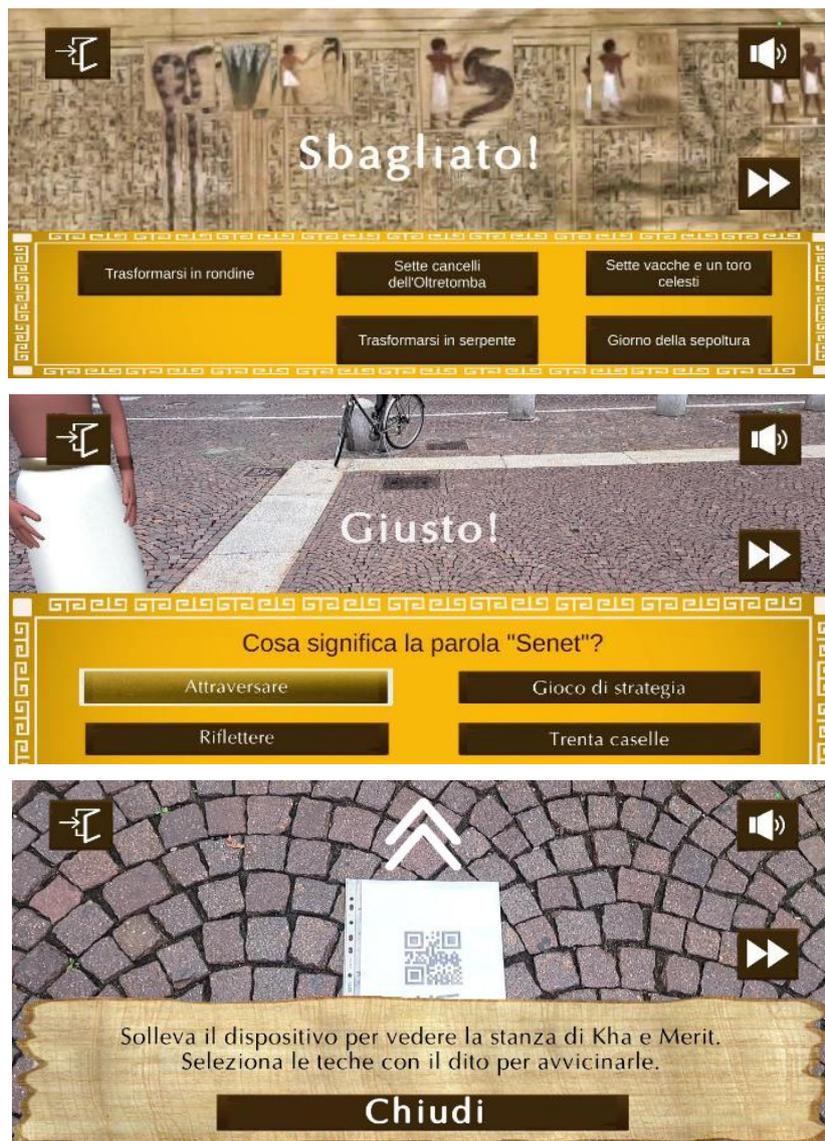


Figura 8.13. Feedback mediante testo in bianco

Dato che l'obiettivo è portare l'utente a leggere la parte finale in maniera divertente e interattiva, bisogna tenere conto anche dei suoi gusti e delle sue necessità. Per questo, all'interno di ogni esperienza sono sempre presenti tre pulsanti (Figura 8.14): in alto a sinistra si trova il pulsante per uscire dal gioco, in alto a destra quello per attivare e disattivare la musica di sottofondo e in basso a destra quello per terminare l'esperienza e passare direttamente alla spiegazione di Kha o Merit. In questo modo l'utente può decidere se e fino a dove portare avanti le attività proposte, senza il rischio di annoiarsi.



Figura 8.14. Pulsanti standard in ogni esperienza

Ovunque siano e qualsiasi sia la loro funzione, ogni pulsante cambia colore da marrone ad oro quando viene premuto (Figura 8.15), in maniera analoga a quanto succede con le definizioni del Libro dei Morti e le risposte delle domande a scelta multipla del quiz al Museo quando vengono selezionate.

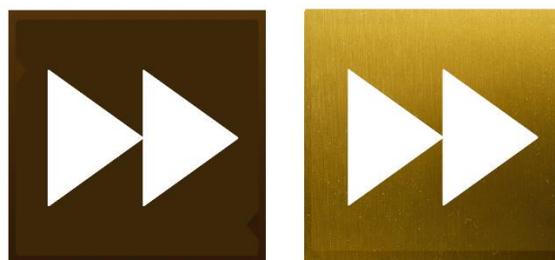


Figura 8.15. Feedback dell'utilizzo dei pulsanti

Per quanto riguarda la tipologia di domande di quest'ultimo in cui bisogna selezionare un determinato oggetto tra quelli presenti nella teca, la correttezza della scelta viene data, oltre che dalla consueta scritta bianca e dal feedback sonoro, dal colore dell'oggetto: se la risposta è giusta esso verrà colorato di verde (Figura 8.16), se è sbagliata di rosso (Figura 8.17), in conformità alla tradizionale psicologia dei colori.



Figura 8.16. Feedback positivo nella scelta degli oggetti nella scena degli X-Ray



Figura 8.17. Feedback negativo nella scelta degli oggetti nella scena degli X-Ray

Infine, all'apertura dell'applicazione, così come ogni volta che si finisce un'esperienza, si viene riportati alla mappa che è possibile consultare premendo il pulsante apposito in alto a destra (Figura 8.18): i diversi luoghi presenti vengono

indicati con l'oggetto posto al centro della determinata esperienza e accompagnati da una scritta che descrive la loro posizione (Figura 8.19).



Figura 8.18. Pulsanti per uscire dal gioco e aprire la mappa



Figura 8.19. Mappa delle diverse tappe

Mediante l'utilizzo del pulsante posto, invece, in alto a sinistra è possibile uscire dall'applicazione dopo aver dato il proprio consenso nell'apposita finestra di dialogo (Figura 8.20).



Figura 8.20. Uscire dall'applicazione

## Capitolo 9

# Sound design

I tutorial e le esperienze interattive delle singole tappe sono tutti accompagnati da musiche: queste, insieme a quelle utilizzate per i video legati allo storytelling, sono state trovate tramite YouTube e sono tutte *copyright free*. Il tema principale di ognuna di esse è, chiaramente, l'Egitto: si tratta di melodie dall'aria egiziana che riprendono a tratti la sontuosità delle antiche piramidi.

Durante l'esperienza è possibile abilitare o disabilitare la colonna sonora in sottofondo mediante l'apposito pulsante (Figura 9.1) posizionato in alto a destra.



Figura 9.1. Pulsante per abilitare/disabilitare la musica (in alto a destra)

Sono stati aggiunti anche dei feedback sonori per aiutare la comprensione dell'utente di quanto accade in scena. Nell'esperienza della senet il suono degli astragali che cadono segue il lancio delle due ossa, così come viene imitato il rumore delle pedine in movimento. Per le altre tre scene sono stati scelti due effetti sonori, uno per notificare la scelta giusta e uno per la scelta sbagliata dell'attività di turno: si è optato per il suono dolce di un flauto in caso di azione corretta e di quello più secco dato da uno strumento a corde in caso di azione errata.

Infine, le voci utilizzate durante le spiegazioni successive alle esperienze vere e proprie, così come le domande poste dopo la prima interazione nella prima parte in AR, sono state realizzate mediante il sito [TTSFree.com](https://ttsfree.com) [35], che permette di convertire un testo in parlato. Dato l'utilizzo di SALSA per sincronizzare il labiale, come si è visto nel Capitolo 3, è possibile modificare questi audio in ogni momento, utilizzando registrazioni con vere voci umane.

## Capitolo 10

# Valutazione

Alla fine della fase di prototipazione sono stati condotti alcuni test per valutare l'applicazione AR realizzata durante lo sviluppo del progetto. A coloro che si sono prestati per questa esperienza è stato chiesto di provare ad utilizzare l'applicazione e, in seguito, di rispondere a un breve questionario. Le domande di quest'ultimo si possono dividere in tre macrocategorie:

- domande demografiche e personali;
- domande sull'usabilità dell'applicazione;
- domande riguardanti l'user experience.

Le prime riguardano età, provenienza (Torino, Piemonte, altra regione italiana, estero) e un'eventuale visita al Museo Egizio effettuata in precedenza.

Le domande che mirano all'analisi dell'usabilità sono state create a partire dalle dieci domande del System Usability Scale (SUS), un questionario standardizzato pensato per valutare l'usabilità percepita [36]. Le affermazioni su cui il *tester* ha dovuto esprimere un parere dando un voto in una scala da 1 (completamente in disaccordo) a 5 (completamente d'accordo), adattate al caso in analisi, sono state tradotte in questo modo:

1. Mi piacerebbe usare spesso l'applicazione.
2. Ho trovato l'applicazione complessa da usare.
3. Ho trovato l'applicazione intuitiva da usare.
4. Penso di avere bisogno del supporto di un tecnico per poter utilizzare l'applicazione.
5. Ho riscontrato che le varie funzioni di questa applicazione sono ben integrate.
6. Ho trovato l'applicazione incoerente.

7. Immagino che la maggior parte delle persone imparerebbe a usare questa applicazione molto rapidamente.
8. Ho trovato l'applicazione molto macchinosa da usare.
9. Mi sentivo molto sicura/o nell'usare l'applicazione.
10. Avevo bisogno di imparare molte cose prima di utilizzare l'applicazione.

Per quanto riguarda, invece, le domande sulla user experience, sono state ideate partendo dal Game Experience Questionnaire (GEQ), una serie di domande standard per valutare l'esperienza di gioco. Anche in questo caso viene chiesto all'utente quanto sia d'accordo con le affermazioni proposte:

1. Sento di aver fatto del mio meglio durante l'esperienza di gioco.
2. Ho perso traccia del tempo trascorso.
3. Mi sono divertita/o ad utilizzare l'applicazione.
4. Ho trovato interessanti i contenuti culturali descritti all'interno dell'applicazione.
5. Ho trovato il gioco stimolante.
6. Penso di aver avuto una buona performance durante l'esperienza di gioco.
7. Il gioco mi ha coinvolto dal punto di vista emozionale.
8. Ho apprezzato la grafica e la storia del gioco.
9. Mi piacerebbe giocare ancora.
10. Dopo aver giocato entrerei al Museo Egizio.

Le persone che si sono prestate a testare l'applicazione sono 13; sebbene il numero non sia elevato, permette di fare delle prime speculazioni riguardo l'utilizzo dell'applicazione.

Il punteggio SUS di ogni tester, per quanto riguarda le domande del secondo gruppo, è stato calcolato sommando il punteggio delle domande dispari diminuito di uno e la differenza tra cinque e il punteggio delle domande pari; il risultato di queste operazioni è stato poi moltiplicato per 2,5.

Come si può evincere dal grafico in Figura 10.1, la percentuale media dei risultati pari a 81,15 è superiore al limite di accettabilità, il quale è 68 [36].

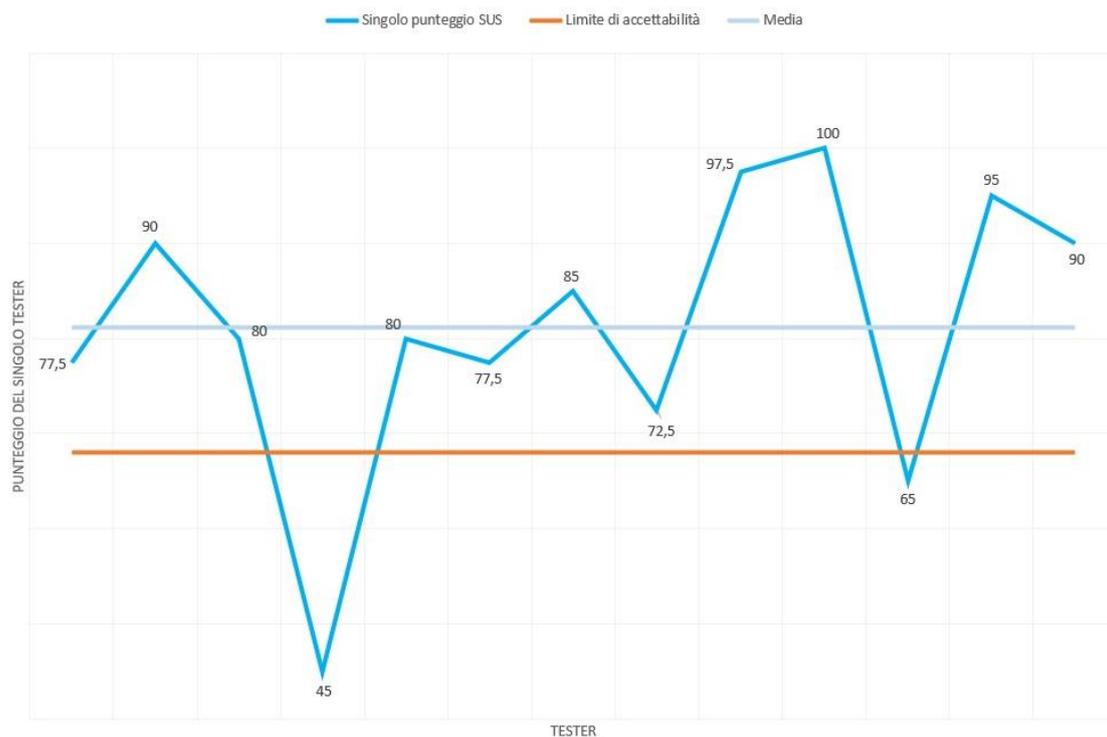


Figura 10.1. Punteggi SUS

Il grafico è altalenante in quanto alcuni punteggi calcolati discostano molto tra di loro; questa non linearità è marcata maggiormente a causa del numero limitato di tester.

Il tester che ha conseguito il punteggio minore, pari a 45, ha trovato l'applicazione complessa e le sue diverse funzioni non ben integrate. La stessa persona, nella sezione successiva, ha dichiarato di non essersi divertito, non trovando l'applicazione stimolante ed emozionante. Questo si discosta da quanto rilevato nei questionari degli altri tester.

Per quanto riguarda, infatti, la parte di user experience, i risultati sono abbastanza positivi, in quanto la maggior parte dei tester ha trovato l'applicazione appagante, come si può notare dai grafici riportati in Figura 10.2.

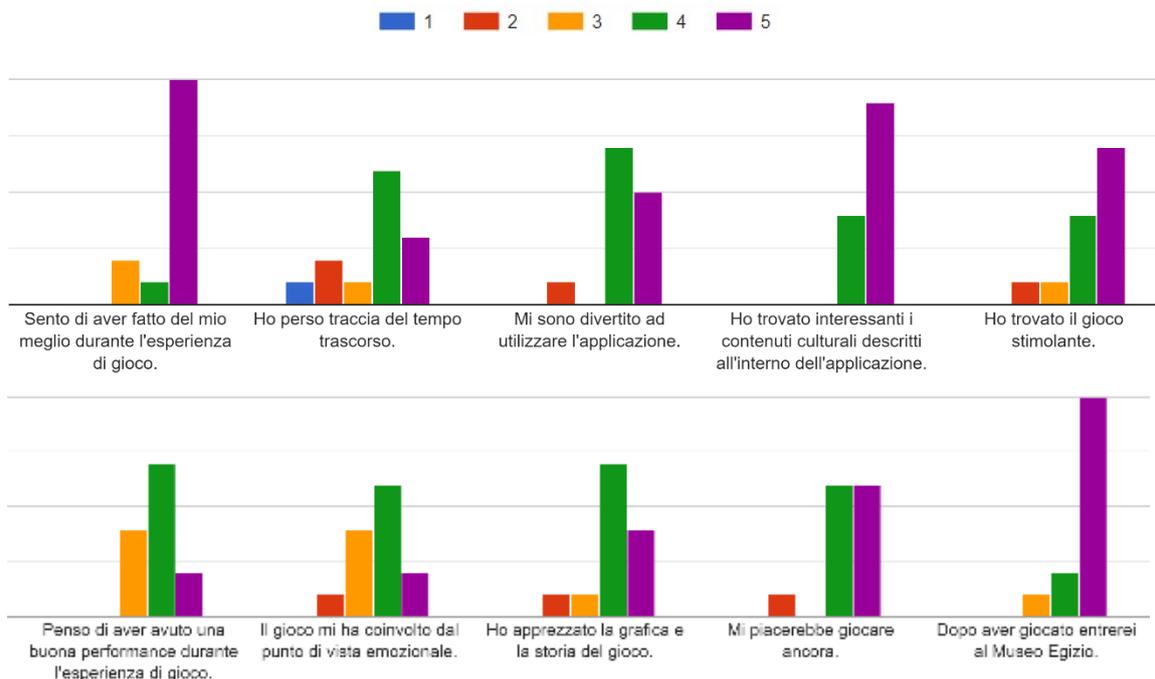


Figura 10.2. Grafici che mostrano le risposte alle domande sulla user experience

Da evidenziare sono i risultati ottenuti dall'ultima domanda: il 76,9% dei tester (ossia 10 persone su 13) ha risposto con il massimo del punteggio all'affermazione riguardo una possibile entrata al Museo successiva all'utilizzo dell'applicazione, andando incontro agli obiettivi del progetto stesso.

Come ultima domanda è stata data la possibilità di dare suggerimenti per migliorare l'applicazione: le caratteristiche maggiormente sottolineate nelle risposte fornite sono state la modifica della posizione dei modelli degli avatar rispetto ai marker e l'utilizzo di voci umane da sostituire a quelle sintetiche, in modo da rendere l'esperienza più immersiva.

## Capitolo 11

# Conclusioni e sviluppi futuri

La realtà aumentata può dimostrarsi un valido strumento da adoperare in campo museale e si trova alla base del progetto illustrato in questo documento. L'utente è stato posto al centro di ognuna delle fasi di progettazione, con l'auspicio di rendere la sua esperienza soddisfacente e memorabile; per fare ciò, sono stati utilizzati elementi di gamification ed è stato creato uno storytelling che potesse coinvolgere l'utente anche dal punto di vista emotivo. Un altro punto fondamentale è stata la coerenza storica dei modelli e delle spiegazioni presenti, resa grazie alla stretta collaborazione con il Museo Egizio.

Quanto realizzato è un prototipo di quella che potrebbe essere un'applicazione molto più ampia: la sua struttura modulare permette l'aggiunta di altre esperienze a tema, dislocate in altrettanti punti strategici di Torino. Gli oggetti facenti parte del corredo funerario di Kha e Merit da cui trarre ispirazione in questo senso sono molteplici; qualora non bastassero si potrebbero utilizzare anche i reperti presenti nelle altre stanze ed eventualmente aggiungere altri personaggi e conseguentemente nuove storie.

Inoltre, si potrebbe introdurre un sistema per collezionare i diversi oggetti al centro delle varie tappe, in modo da permettere all'utente di avere un riscontro di quanti e quali luoghi ha già visitato. Unitamente ad una mappa più interattiva in grado di indicare anche la posizione attuale dell'utente, ciò renderebbe l'applicazione più ricca e allo stesso tempo intuitiva; in aggiunta, la possibilità di condividere i propri progressi con altri giocatori permetterebbe una maggiore diffusione dell'applicazione e terrebbe conto della componente sociale, non sempre considerata in maniera approfondita quando si cerca di coniugare tecnologia e realtà museale.

Infine, il prototipo realizzato è compatibile solamente con il sistema Android, ma si potrebbe creare anche una versione per iOS, così da rendere l'applicazione disponibile a un pubblico sempre più ampio. Per le stesse ragioni, si può pensare di introdurre la possibilità di scegliere la lingua con cui usufruire dell'esperienza, soprattutto considerando che parte dei turisti, a cui è rivolta l'applicazione, potrebbe non parlare l'italiano.

# Appendice

## A. Testi per l'esperienza della senet

Ciao! Hai appena giocato al gioco della senet. Anche se la partita non è finita, spero sia stato divertente. Le regole che hai utilizzato sono quelle della senet moderna, in quanto non è ancora del tutto chiaro come funzionasse nell'antichità.

La parola senet significa "passaggio/attraversare" ed è infatti rappresentata in diverse scene funerarie, ad indicare il passaggio simbolico tra la vita e la morte.

Le origini del gioco non sono del tutto note, dato che non sono state ritrovate tavole da gioco intatte antecedenti la V Dinastia, ma solo frammenti di tavole e parti di gioco. Tuttavia, elementi simili alla senet, non del tutto identificati, sono stati ritrovati anche in sepolture predinastiche, suggerendo un'origine molto antica.

La senet era un gioco per tutti, non solo per i faraoni. Infatti, alcuni reperti a Deir el-Medina testimoniano come il gioco fosse accessibile a più classi della scala socioeconomica; la differenza era data dalla preziosità dei materiali della tavola da gioco e delle pedine.

Come hai potuto sperimentare, si tratta di un gioco di strategia in cui lo scopo è portare le proprie pedine alla fine della scacchiera. Quest'ultima, composta da trenta caselle, è rimasta per lo più invariata nel tempo, mentre il numero di pedine è passato da sette a cinque durante il Nuovo Regno. Vi è anche una componente di fortuna, data dal lancio di astragali, ovvero le ossa che hai utilizzato anche tu, oppure di bastoncini.

La senet nasce come un passatempo senza uno specifico significato religioso, ma prima della fine della XVIII Dinastia si trasforma in una sorta di simulazione

dell'oltretomba, in cui le diverse caselle rappresentano divinità importanti e la vita nell'aldilà. Ad esempio, la prima casella è la “Casa di Thot”, poiché è lui ad annunciare l'arrivo del defunto al tribunale del giudizio, mentre l'ultima è quella di Ra-Horakhty, il nome del dio del sole all'alba, e attraversandola i giocatori si riuniscono ritualmente a lui.

Continua a cercare i nostri ricordi sparsi per Torino e se vuoi saperne di più, su di noi e sulla senet, vieni al Museo Egizio.

## B. Testi per l'esperienza del Libro dei Morti

“Libro dei Morti” è il nome convenzionale utilizzato oggi dalla comunità scientifica e più in generale dal pubblico. In antichità veniva indicato come “Formule per uscire di giorno”, ossia allontanarsi dall'oscurità della morte e ritornare nel luminoso mondo dei viventi.

Non si tratta di un testo unico, ma di una selezione di formule magico-religiose, che varia da papiro a papiro. Si pensava che questa raccolta potesse fornire il potere magico e le conoscenze necessarie per sopravvivere durante il viaggio nell'Aldilà, in modo da poter infine diventare spiriti eccelsi glorificati. Per questo motivo veniva posto vicino al corpo mummificato del proprietario come parte del corredo funerario all'interno della tomba.

Il Libro dei Morti che hai potuto osservare fino ad ora è il mio e contiene trentatré formule, mentre in quello di Merit ne sono conservate solamente tredici. Entrambi i papiri sono scritti in geroglifico corsivo, una grafia standard nella redazione dei Libri dei Morti, sin dal regno di Tutmosi III. Da notare l'andamento della scrittura definito “retrogrado”: la direzione di lettura dei geroglifici, va da destra verso sinistra ed è opposta alla lettura delle colonne all'interno del testo, che va da sinistra verso destra.

Il papiro inizia con l'adorazione a Osiride, assiso sotto un baldacchino ricoperto da fiori di papiro, loto e grappoli d'uva, di fronte a una tavola imbandita: il viaggio che il defunto si appresta a compiere inizia il giorno del suo funerale, prima

ancora di accedere all'Aldilà. In seguito, una processione conduce il defunto alla propria tomba.

Sono presenti formule che hanno un utilizzo pratico durante il viaggio ultraterreno. Viene indicata la cerimonia dell'Apertura della bocca grazie alla quale il defunto può tornare a parlare, bere, mangiare, udire e vedere nell'aldilà, in quanto il suo spirito ha le stesse necessità e vulnerabilità che aveva il defunto quando era ancora in vita. Incantesimi veri e propri permettono, invece, di attivare la magia di alcuni oggetti, tra cui gli amuleti.

Una serie di formule consente al defunto di trasformarsi in creature solari, assorbendone le caratteristiche e testimoniando il desiderio di unirsi al dio Ra. L'individuo può quindi prendere le sembianze dell'uccello-benu, dell'airone-shenti, dell'uccello-ba, di un falco dorato o, ancora, di un fiore di loto che si apre al mattino e si chiude la sera.

Infine, vi sono delle formule per conoscere i nomi degli abitanti dell'Aldilà e delle regioni che abitano. Sono fondamentali da conoscere, ad esempio, i nomi dei sette cancelli e delle ventuno porte dell'Aldilà, nonché quelli dei loro guardiani.

Continua a cercare i nostri ricordi sparsi per Torino e se vuoi saperne di più, su di noi e sul Libro dei Morti, vieni al Museo Egizio.

## C. Testi per l'esperienza della toeletta di Merit

Grazie per avermi aiutato a preparare e applicare il kohl. Durante il Nuovo Regno, era una specie di collirio a base di galena, un minerale del piombo di colore nero, usato anche come protezione da sole, sabbia e vento, o come cura per le oftalmie.

La galena era parte di molte ricette per la cura degli occhi, insieme a sostanze grasse come miele e vari minerali. Come hai potuto sperimentare, i materiali erano ridotti in polvere, mescolati ad acqua e grasso o resina, per poterli applicare sugli occhi mediante dei bastoncini realizzati in materiali diversi.

La linea di kohl era applicata ai bordi delle palpebre e lungo il prolungamento dell'occhio.

Continua a cercare i nostri ricordi sparsi per Torino e se vuoi saperne di più, su di noi e sul kohl, vieni al Museo Egizio.

## Bibliografia e sitografia

1. C. Greco, C. Rossi, S. Della Torre, "Digitalizzazione e patrimonio culturale tra crisi e opportunità: l'esperienza del Museo Egizio di Torino", *Il capitale culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, 2020.
2. R. Skarbez, M. Smith, M. C. Whitton, "Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum", *Frontiers in Virtual Reality*, Volume 2, 2021.
3. Treccani, Enciclopedia on line, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, <https://www.treccani.it/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
4. P. Kyriakou, S. Hermon, "Can I touch this? Using Natural Interaction in a Museum Augmented Reality System", *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, Volume 12, 2019.
5. M. Noreikis, N. Savela, M. Kaakinen, Y. Xiao, A. Oksanen, "Effects of Gamified Augmented Reality in Public Spaces", *IEEE Access*, Volume 7, pp. 148108-148118, 2019.
6. C. Fenu, F. Pittarello, "Svevo tour: The design and the experimentation of an augmented reality application for engaging visitors of a literary museum", *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 114, pp. 20-35, 2018
7. L. Neuburger, R. Egger, "An Afternoon at the Museum: Through the Lens of Augmented Reality", *Information and Communication Technologies in Tourism 2017*, 2017.
8. Z. He, L. Wu, X. R. Li, "When art meets tech: The role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions", *Tourism Management*, Volume 68, pp. 127-139, 2018.
9. F. Izzo, "Museum Customer Experience and Virtual Reality: H. BOSCH Exhibition Case Study", *Modern Economy*, Volume 8, pp. 531-536, 2017.

10. T. P. Kersten, F. Tschirschwitz, S. Deggim, "Development of a virtual museum including a 4D presentation of building history in virtual reality", *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp. 361-367, 2017.
11. M. Ferrari, L. Valetti, "Virtual Tours and Representations of Cultural Heritage: Ethical Issues", *REAACH-ID 2020 - Representation for Enhancement and management through Augmented reality and Artificial intelligence: Cultural Heritage and Innovative Design*, pp. 35-39, 2021
12. I. Giangreco, L. Sauter, M. A. Parian, R. Gasser, S. Heller, L. Rossetto, H. Schuldt, "VIRTUE - A virtual reality museum Experience", *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces: Companion*, pp. 119-120, 2019.
13. M. Shehade, T. Stylianou-Lambert, "Virtual Reality in Museums: Exploring the Experiences of Museum Professionals", *Applied Sciences*, 2020.
14. H. Leea, T. Jung, M. C. tom Dieck, N. Chung, "Experiencing immersive virtual reality in museums", *Information & Management*, Volume 57, Issue 5, 2020.
15. N. Gay, slide del corso "Digital Strategy", a.a. 2020/2021.
16. L. Barbieri, F. Bruno, M. Muzzupappa, "Virtual museum system evaluation through user studies", *Journal of Cultural Heritage*, Volume 26, pp. 101-108, 2017.
17. P. Caserman, K. Hoffmann, P. Müller, M. Schaub, K. Straßburg, J. Wiemeyer, R. Bruder, S. Göbel, "Quality Criteria for Serious Games: Serious Part, Game Part, and Balance", *JMIR Serious Games*, Volume 8, 2020.
18. Y. Zhonggen, "A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade", *International Journal of Computer Games Technology*, 2019.
19. Conciergerie di Parigi, <http://www.paris-conciergerie.fr/en/News/Discover-the-Conciergerie-with-Histopad#>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
20. Smithsonian National Museum of Natural History, Bone Hall: <https://naturalhistory.si.edu/exhibits/bone-hall>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.

21. Muse, GO!Muse: <https://www.muse.it/it/visita/servizi-museo/GOMuse/Pagine/GOMuse.aspx>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
22. Wikitude: <https://www.wikitude.com/showcase/speaking-celt-museum-experience/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
23. S. Fumero, B. Frezzotti, "The Use of AR Illustration in the Promotion of Heritage Sites", *REACH-ID 2020 - Representation for Enhancement and management through Augmented reality and Artificial intelligence: Cultural Heritage and Innovative Design*, pp. 129-133, 2021.
24. Comune di Riva del Garda, Sherlock Holmes a Riva del Garda: <https://www.comune.rivadelgarda.tn.it/Notizie-ed-eventi/Archivio-delle-notizie/Sherlock-Holmes-a-Riva-del-Garda>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
25. Museam + Heritage: <https://advisor.museumsandheritage.com/news/london-museums-join-augmented-reality-art-trail-to-tempt-visitors-back-after-reopening/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
26. MAUA: <https://mauamuseum.com/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
27. Museo Egizio di Torino, Archeologia Invisibile: <https://museoegizio.it/esplora/mostre/archeologia-invisibile/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
28. S. Cendron, F. Guercilena, M. Drocco, A. Dinegro, E. Fanetti, Accurat, P. Bersani, "Museo Egizio Report Integrato 2020", materiale fornito dal Museo Egizio.
29. S. Cendron, F. Guercilena, A. Dinegro, M. Pennati, E. Fanetti, "Bilancio Sociale 2019", materiale fornito dal Museo Egizio.
30. Freepik, [https://www.freepik.com/free-vector/ancient-egyptian-god-amun-osiris-pharaoh-cleopatra-vector-cartoon-characters-egypt-mythology-king-queen-god-with-falcon-head-horus-amon-ra\\_9465961.htm#query=cleopatra%20egypt&position=3&from\\_view=search](https://www.freepik.com/free-vector/ancient-egyptian-god-amun-osiris-pharaoh-cleopatra-vector-cartoon-characters-egypt-mythology-king-queen-god-with-falcon-head-horus-amon-ra_9465961.htm#query=cleopatra%20egypt&position=3&from_view=search), [https://www.freepik.com/free-vector/giza-plateau-landscape-with-egyptian-pharaohs-pyramids-complex-illuminated\\_4394149.htm#query=egypt&position=7&from\\_view=search](https://www.freepik.com/free-vector/giza-plateau-landscape-with-egyptian-pharaohs-pyramids-complex-illuminated_4394149.htm#query=egypt&position=7&from_view=search),

[https://www.freepik.com/free-vector/egyptian-gods-thoth-hathor-ancient-attributes-culture-religion-set\\_4997406.htm#query=cleopatra%20egypt&position=2&from\\_view=search](https://www.freepik.com/free-vector/egyptian-gods-thoth-hathor-ancient-attributes-culture-religion-set_4997406.htm#query=cleopatra%20egypt&position=2&from_view=search), sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.

31. Museo Egizio di Torino, Collezione: <https://collezioni.museoegizio.it/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
32. O. Johnston, F. Thomas, "The Illusion of Life: Disney Animation", 1988.
33. G. Calandra, F. Condò, T. Morana, R. Serangeli, "Migliorare il racconto museale. Approfondimenti per la redazione di didascalie e pannelli", *Museinforma*.
34. WebAIM: <https://webaim.org/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
35. TTSFree.com: <https://ttsfree.com/>, sito consultato l'ultima volta il 05/10/2022.
36. J. Lewis, J. Sauro, "Item Benchmarks for the System Usability Scale", *Journal of Usability Studies*, Volume 13, Issue 3, pp. 158-167, 2018.

## Ringraziamenti

Con la fine di questo percorso, sono tante le persone a cui sono grata. Prima di tutto vorrei ringraziare il Prof. Lamberti e la Prof.ssa Spallone per la disponibilità e la guida offerta durante la realizzazione di questa tesi, così come il Museo Egizio, in particolare l'Arch. Davide Mezzino e la Dott.ssa Martina Terzoli, sempre gentili e ricchi di consigli preziosi.

Il Politecnico mi ha permesso di crescere come essere umano, di capire cosa voglio nella vita e di conoscere parecchie persone speciali. Grazie ad Irene e Alessandro, il cui conforto mi ha permesso di andare avanti nei tempi bui, a Chiara, Mara, Valeria, Fabio, Samuele e Santi con cui è sempre un piacere parlare, ad Elisa, Federica, Francesca, Carlo, Cesare, Edoardo, Erich e Jacopo, senza la quale le pause dalle lezioni non sarebbero state le stesse, a Simona, che mi ha insegnato la bellezza del condividere. In particolare devo ringraziare Gaia, senza la quale probabilmente non sarei arrivata dove sono ora: grazie di avermi sopportato e aiutato dentro e fuori il poli.

Lo stesso vale per Valeria che è stata la mia roccia sin dal primo giorno: grazie per le mille esplorazioni, ovunque esse fossero, la tanta pazienza e il sostegno che mi ha sempre dato negli anni.

Grazie anche all'Istituto Flora e a tutte le Educatrici Apostole al suo interno, per avere sempre un sorriso ad accogliermi e aver reso per me Torino una seconda casa.

Pure in questo caso sono tante le ragazze che nel corso degli anni ho avuto il piacere di conoscere e passare del tempo, prime tra tutte vorrei ringraziare le Moppardi, che ormai definire "amiche" mi sembra riduttivo: grazie di essere diventate una seconda famiglia, per il tempo passato insieme in saletta a ridere

e studiare, insomma, per esserci sempre. Grazie a Beatrice per supportarmi e soprattutto sopportarmi in ogni momento, per il disagio condiviso e le trasferte dell'ultimo momento, con o senza palazzetto. Grazie a Claudia per i nostri discorsi filosofici davanti a una buona tisana e per tutti i momenti *esilaranti*: sono riuscita ad aprirmi più al mondo grazie a questi pomeriggi.

Un ringraziamento speciale anche a Raffaella: ormai non siamo più due persone distinte, ma un'unica entità (e un unico neurone). Grazie per aver aperto i miei orizzonti e di capirmi come nessuno mai prima (nel disagio e non).

Allo stesso modo voglio ringraziare Arianna: anche se non siamo quasi mai d'accordo su nulla, è sempre bello confrontarsi con lei sugli argomenti più disparati. Sono veramente grata per la sua fiducia incrollabile in me, anche se a volte mi sopravvaluta è sempre bello sentirsi apprezzata.

Vorrei veramente ringraziare tante altre compagne di viaggio, probabilmente non basterebbero dieci pagine: Chiara, che mi ha sopportato durante racconti interminabili e sveglie ad alto volume, Giada, che è stata la mia guida e la mia certezza durante i primi anni sola a Torino, Rosa, con cui è sempre un piacere parlare degli argomenti più disparati, Martina, che porta sempre il sole ogni volta che entra nella stanza, Elena, pronta ogni volta a regalarmi un sorriso e a parlare di libri, Teresa, che mi ha permesso di recuperare tutti i classici Disney non visti quando ero piccola, Johana e Sara, a cui se anche ho conosciuto da poco, già mi sento affezionata. Grazie pure a tutte le altre ragazze, che se anche non ho nominato (ormai lo sanno tutti che ho ben poca memoria), porto sempre nel cuore.

Sono infinitamente grata ai miei amici di casa, a coloro che ci sono sempre stati e sento che ci saranno sempre. Grazie a Giulia, che ascolta i miei audio e risponde ad ogni singola cosa, anche quando parlo per venti minuti non stop: grazie per il disagio e il commento tecnico, è sempre bello farsi bannare insieme. Grazie a Francesco, che è sempre il mio salvatore: grazie per i commenti alle serie tv e ai libri, le chiacchierate in macchina e la tanta pazienza. Grazie a Matteo, che riesce a tirare fuori il meglio di me, volente o nolente: grazie per la buona musica e la pazienza che ha nello spiegarmi tutto rendendomi un poco più

saggia. Ringrazio Camilla, perché anche se siamo lontane e ci siamo un po' perse, è anche grazie a lei che sono quella che sono.

Infine, sono grata alla mia famiglia che mi ha sostenuto lungo tutta la via. A nonna che si prende cura di me, a zio Lorenzo che mi regala il mondo, a mio papà che cerca sempre di passare del tempo insieme. Grazie a zia Luisa, zio Gabriele e Luca, a nonna, zio Marco, zio Sandro, Cassandra, Matilde e Costanza: anche se non ci vediamo mai sono sempre nei miei pensieri.

Grazie al nonno che mi ha insegnato a scrivere e la bellezza di un quaderno ordinato, spero questa tesi abbia la sua approvazione.

E soprattutto, grazie a mia mamma: quel giorno mi ha detto di andare a fare il test di ingresso che da lassù sarebbe stata con me e sono sicura che sia con me ancora ora. Spero sia orgogliosa della persona che sono diventata come io lo sono di essere sua figlia: questa tesi la dedico a lei, la mamma migliore del mondo.