



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Informatica

Corso di Laurea Triennale in Informatica

TESI DI LAUREA

# **Il Metaverso applicato alla didattica: analisi, sfide e possibili limitazioni**

RELATORE

Prof. Fabio Palomba

Dott. Valeria Pontillo

Dott. Dario di Dario

Università degli Studi di Salerno

CANDIDATO

**Valentina Annunziata**

Matricola: 0512108693

Anno Accademico 2021-2022

*Questa tesi è stata realizzata nel*

sesa<sup>lab</sup>  
SOFTWARE ENGINEERING  
SALERNO

*Come definire la realtà? Se ti riferisci a quello che percepiamo, a quello che possiamo odorare, toccare e vedere, quella realtà sono semplici segnali elettrici interpretati dal cervello.*

*Morpheus (Matrix)*

## **Abstract**

I dispositivi mobile come smartphone e tablet sono sempre più presenti nella vita di tutti i giorni e, insieme a loro, sono stati generati sempre di più software e applicazioni dedicati all'apprendimento.

La pandemia ha sicuramente accelerato l'evoluzione digitale e l'uso in contesti lavorativi e scolastici di tecnologie basate sull'e-learning con servizi di streaming e videoconferenza. Il primo ha permesso la distribuzione di video-lezioni verso un numero elevato di utenti, la seconda ha permesso invece l'interazione real-time. Si unisce alle tecnologie sviluppate per l'apprendimento anche il concetto di Metaverso, uno spazio digitale 3D che unisce il mondo reale con quello virtuale. Il Metaverso si propone come un'ottima tecnologia da implementare nel campo dell'istruzione. Questa ricerca ha come obiettivo esaminare la correlazione tra educazione e Metaverso: in primis si introduce il concetto di questo spazio digitale, si descrivono le origini, la sua definizione e le tecnologie che comprende. Sarà poi definito nel campo dell'istruzione, presentando gli aspetti che dovrebbe approfondire e descrivendo i prodotti immersivi di tre aziende, con vantaggi e svantaggi. Nell'ultima parte sono esposte le sfide e le problematiche del Metaverso e vi è una sezione che viene proposta per ricerche future.

---

## Indice

---

<b>Elenco delle Figure</b>	<b>iii</b>
<b>1 Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1 Motivazioni e obiettivi . . . . .	1
1.2 Risultati ottenuti . . . . .	3
1.3 Struttura della tesi . . . . .	3
<b>2 Tassonomia, storia e componenti del Metaverso</b>	<b>4</b>
2.1 Origine letteraria . . . . .	4
2.2 Evoluzione di internet . . . . .	6
2.2.1 WEB 1.0: Il Web delle Informazioni . . . . .	6
2.2.2 WEB 2.0: Il Social Web . . . . .	7
2.2.3 WEB 3.0: Il Web Personalizzato . . . . .	7
2.2.4 Il Futuro del Web 4.0: Il Web Intelligente . . . . .	8
2.3 Approcci al Metaverso . . . . .	8
2.3.1 Multi-User Dungeon . . . . .	9
2.3.2 Second Life . . . . .	12
2.3.3 META . . . . .	14
2.4 Tecnologie utilizzate . . . . .	16
2.4.1 Componenti hardware (dispositivi fisici e sensori) . . . . .	16

---

2.4.2	Componenti software (riconoscimento e rendering) . . . . .	18
2.5	Definizione e applicazioni del Metaverso . . . . .	21
2.5.1	Multiverso . . . . .	21
2.5.2	Extended Reality . . . . .	22
2.5.3	Virtual Reality . . . . .	22
2.5.4	Augmented Reality . . . . .	22
2.5.5	Mixed Reality . . . . .	23
<b>3</b>	<b>Analisi della letteratura per gli ambienti immersivi in contesti didattici</b>	<b>24</b>
3.1	Metodologia . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Analisi dei risultati</b>	<b>27</b>
4.1	Caratteristiche di una tecnologia immersiva . . . . .	27
4.2	Prodotti immersivi per la didattica . . . . .	41
4.2.1	zSpace . . . . .	42
4.2.2	ENGAGE XR . . . . .	52
4.2.3	Labster . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Conclusioni e Sviluppi Futuri</b>	<b>87</b>
5.1	Conclusioni . . . . .	87
	<b>Bibliografia</b>	<b>92</b>

---

## Elenco delle figure

---

2.1	Schermata di gioco Second Life. . . . .	13
2.2	Horizon Workrooms di Meta per la collaborazione remota. . . . .	15
2.3	Suddivisione delle tecnologie immersive. . . . .	21
4.1	Risultati dei ranghi con segno di Wilcoxon per le valutazioni pre e post (N=28). . . . .	31
4.2	Risultati combinati della pre-valutazione e post-valutazione per tutte e tre le domande. La linea continua rappresenta la regressione lineare dei dati. . . . .	32
4.3	Question 1 (rotazione/rivoluzione) pre-valutazione vs. post-valutazione	32
4.4	Question 2 (equinozio/solstizio) pre-valutazione vs. post-valutazione.	32
4.5	Question 3 (variazione stagionale) prima e dopo la valutazione. . . .	33
4.6	Avatar virtuali dal vivo in un'interfaccia AR collaborativa remota. . .	37
4.7	Dispositivo AIO di zSpace, vista frontale. . . . .	43
4.8	Stilo di zSpace. . . . .	43
4.9	Tracked Glasses di zSpace. . . . .	44
4.10	Dispositivo OE di zSpace, vista frontale. . . . .	45
4.11	Dispositivo Inspire di zSpace, vista frontale. . . . .	47
4.12	Scena del videogioco in cui gli astronauti raggiungono la superficie lunare. . . . .	53

4.13	Scena del videogioco in cui l'utente si trova all'interno della cabina di pilotaggio. . . . .	54
4.14	Prima scena del relitto immerso. . . . .	58
4.15	Scena del videogioco, presenta l'interno del laboratorio. . . . .	58
4.16	Scena dell'esperienza VR, ingegnere del suono che riproduce la trasmissione. . . . .	62
4.17	Scena dell'esperienza VR, all'interno del Lancaster l'utente assiste al bombardamento. . . . .	64
4.18	Piazza di EngageLink, sono presenti i portali per spostarsi in altri luoghi.	69
4.19	ENGAGE LINK mappa. . . . .	70
4.20	Esperimento nel VirtualLab: come l'azoto si modella durante le fasi del ciclo. . . . .	76
4.21	Gioco nel VirtualLab: distinguere le diverse forze intermolecolari. . .	77
4.22	Esperimento nel VirtualLab: sperimentare la frequenza e l'ampiezza di un'onda sonora. . . . .	78
4.23	Esperimento nel VirtualLab: modellino di impianto di trattamento delle acque. . . . .	80
4.24	Risultati del sondaggio dei 149 studenti che hanno utilizzato il laboratorio di simulazione della scena del crimine. . . . .	84
4.25	Esito del test dei gruppi A e B che ricevono la simulazione di laboratorio (Labster) e la lezione comprensiva dell'esercitazione di gruppo (Lecture) nell'ordine inverso. . . . .	85
4.26	Aumento dei risultati dell'apprendimento osservato dopo che gli studenti hanno partecipato a una sessione con una lezione che includeva esercizi di gruppo (Lezione), simulazione di laboratorio (Labster) ed entrambi i metodi combinati. * Studenti t -test, $t(89) = 4.37$ , $P < 0.0005$ ; ** $t(90) = 7.49$ , $P < 0.0005$ . . . . .	85



# CAPITOLO 1

---

## Introduzione

---

### 1.1 Motivazioni e obiettivi

Il Metaverso indica una realtà digitale che unisce una moltitudine di aspetti: i social media, il gioco online, la realtà aumentata e la realtà virtuale. Pone le sue basi su dati e informazioni e la sua è una struttura spazio-temporale, paragonabile all'universo fisico.

I progressi tecnologici dell'istruzione e della formazione che stanno avvenendo di recente, offrono un numero sempre più crescente di ambienti di apprendimento innovativi. Attualmente si contano una moltitudine di mondi virtuali tridimensionali e simulazioni al computer che aiutano ad acquisire concetti, procedure, competenze di base e specifiche in svariati settori. In particolare, gli ambienti virtuali in contesti come l'apprendimento e la formazione, risultano essere un utile strumento per esperienze in prima persona. Affinché tale strumento sia ottimo è necessario che l'ambiente immersivo appaia reale e che ogni utente si senta coinvolto emotivamente e cognitivamente.

In letteratura sono state individuate alcune applicazioni di realtà immersive in contesti educativi, le quali sono state suddivise in tre categorie.

In questo studio, sono descritti in un primo momento strumenti immersivi. Gli stu-

denti che utilizzano queste piattaforme di apprendimento, hanno la possibilità di osservare e manipolare oggetti olografici e rendering 3D. I prodotti finali si presentano come dei semplici computer e tablet, ai quali però sono state integrate le recenti tecnologie AR. Essi offrono un'incredibile esperienza immersiva in quanto combinano tre caratteristiche sensoriali: realismo cinestetico, percezione della profondità e capacità di guardarsi intorno.

Sono mostrati esempi di videogiochi interattivi e video non-interattivi che raccontano fatti di cronaca e avvenimenti storici. L'utente intraprende un'esperienza VR e vive gli avvenimenti dal punto di vista dei protagonisti che li hanno vissuti. Tale tecnologia prevede l'utilizzo di HMD, di piattaforme e console abbastanza potenti da poter supportare le applicazioni.

Segue poi un esempio di piattaforma di comunicazione il cui obiettivo è semplificare l'apprendimento e la collaborazione. Gli utenti accendono sui propri dispositivi inserendo i propri dati, hanno la possibilità di creare contenuti 3D e diagrammi, scrivere sulla lavagna e trasmettere diapositive o video. È una buona esperienza che facilita l'immersione dell'utente e si propone principalmente come un'alternativa alle riunioni e alle videoconferenze tradizionali.

Infine è presentato un software di formazione in laboratorio 3D che offre una vasta gamma di simulazioni interattive e corsi in STEM. Gli insegnanti hanno la possibilità di adottare il pacchetto specifico per la propria disciplina o fare affidamento ai corsi singoli che meglio si adattano al loro curriculum. Gli studenti hanno l'opportunità di esplorare scenari del mondo reale e acquisire dimestichezza con attrezzature e macchinari scientifici. I corsi aggregano elementi di generazione algoritmica, ludicizzazione, valutazione e simulazione.

In questa tesi l'obiettivo principale è stato mostrare il potenziale educativo del Metaverso. Sono stati ricercati paper e documenti che hanno affrontato precedentemente tale correlazione e sono state fatte ricerche sulle tecnologie attualmente disponibili in commercio che permettono un tipo di apprendimento immersivo. Sono stati ricavati vantaggi e svantaggi, e proprio per questo ultimo aspetto è stato affrontato il discorso delle problematiche che il Metaverso deve affrontare affinché sia completamente inglobato all'interno del sistema educativo.

## 1.2 Risultati ottenuti

Durante questa ricerca è stato esteso lo stato dell'arte: sono state aggiunte connotazioni alla definizione di Metaverso, affrontando il tema nel campo educativo. Precisamente sono state definite le metriche che rendono il Metaverso un ottimo strumento per l'istruzione. Infatti, una buona tecnologia immersiva deve:

- coinvolgere e stimolare gli studenti;
- essere d'aiuto nell'insegnamento di argomenti che gli studenti non potrebbero acquisire facendo esperienza nel mondo reale;
- far progredire la cooperazione e le interazioni tra studenti e istruttori;
- permettere l'incremento della creatività e dell'immaginazione degli studenti.

## 1.3 Struttura della tesi

I capitoli sviluppati in questa tesi sono:

- **Capitolo 2: Tassonomia, storia e componenti del Metaverso.** In questo capitolo si analizza il concetto di Metaverso, la nascita e l'etimologia del termine; si affronta l'evoluzione di internet e si mostrano i primi approcci al AR/VR; infine sono esposte le tecnologie che accompagnano l'esperienza immersiva.
- **Capitolo 3: Analisi della letteratura per gli ambienti immersivi in contesti didattici.** Questa sezione illustra la metodologia adoperata per ultimare la ricerca. Si parte con la raccolta dei paper dove si mostrano i motori e la query di ricerca utilizzati; si procede con la fase di filtraggio che comprende i filtri applicati e i criteri di inclusione ed esclusione; l'ultima parte riguarda i risultati finali ottenuti.
- **Capitolo 4: Analisi dei risultati.** In questo capitolo sono esposti tutti i risultati ottenuti dalle ricerche.
- **Capitolo 5: Conclusioni e Sviluppi Futuri.** Il termine della ricerca comprende l'estrapolazione dei contenuti di quello che è stato analizzato precedentemente.

---

### Tassonomia, storia e componenti del Metaverso

---

Il Metaverso non rappresenta solo un mondo virtuale, bensì è una nuova dimensione di Internet in cui gli utenti sono impegnati in attività sociali, politiche, economiche e culturali, posseggono i propri dati e si godono la propria vita online.

#### 2.1 Origine letteraria

Per quanto recente possa sembrare il "Metaverso" - considerando la velocità di diffusione del termine dovuta all'attuale pandemia da COVID-19 - in realtà, la sua concezione ha origini che risalgono allo scorso millennio. Il primo - se non il vero padre del metaverso - è Neal Stephenson, con il suo romanzo "Snow Crash". Infatti il termine "Metaverso" è stato coniato e utilizzato per la prima volta nel romanzo di fantascienza, pubblicato nel 1992[1]. La storia si ambienta in un mondo parallelo generato dalla computer grafica, in cui gli individui di tutto il mondo possono connettersi utilizzando occhiali e auricolari. Il corridoio principale del Metaverso è la "Street", costituito da una monorotaia che le persone percorrono per visitare diversi contesti. Le persone in questione sono definite "avatar", ovvero corpi digitali personalizzabili.

Nel 1984 Gibson pubblica “Neuromante” [2], un altro precursore letterario del Metaverso. Racconta di un hacker esperto, capace di navigare in Matrix, un Metaverso di realtà virtuale, ricercando varchi nei quali insidiarsi per i peggiori scopi; ma un colpo andato fin troppo male gli è costato l’intera carriera. Ha infatti subito una menomazione, che gli impedisce di connettersi di nuovo alla Rete informatica globale.

OASIS, descritta nel libro di fantascienza di Ernest Cline “Ready Player One” del 2011[3], è una contemporanea reincarnazione letteraria del Metaverso. Un gioco Virtual Reality online multiutente, chiamato OASIS, è il luogo ideale per il lavoro, l’istruzione e l’intrattenimento; costituito da una costellazione di pianeti virtuali a cui gli utenti possono accedere usufruendo di cuffie, guanti aptici e tute. Da considerare in questo romanzo è il contesto educativo: OASIS è molto più di una biblioteca pubblica provvista di tutti i libri del mondo che i cittadini possono consultare liberamente e apertamente. Esiste un pianeta dedicato esclusivamente all’istruzione primaria e secondaria, popolato completamente da campus e scuole pubbliche. Rispetto alle tradizionali scuole di mattoni e malta, i corsi di formazione online sono superiori in quanto fanno uso degli ologrammi: gli insegnanti accompagnano gli studenti in gite virtuali in città antiche, paesi stranieri, pianeti e all’interno del corpo umano[4].

Poiché il Metaverso è ampio e in continua espansione, il termine è spesso utilizzato per riferirsi a un ambiente virtuale basato su situazioni di vita quotidiana in cui il reale e il fantastico si mescolano. In ricerche precedenti, il concetto di Metaverso veniva utilizzato per analizzare la struttura del mondo virtuale (come un gioco), ma in tempi più recenti è diventato una piattaforma per lo scambio di interessi e l’impegno nell’interazione sociale, con un dettaglio maggiore sui contenuti.

Prima di analizzare nello specifico il contenuto della tesi, è opportuno ripercorrere la storia e l’evoluzione dell’internet in modo da poter avere un quadro generale del contesto che verrà trattato in seguito.

## 2.2 Evoluzione di internet

Le innovazioni nell'informatica hanno un impatto significativo sulla vita quotidiana delle persone perché alterano e migliorano le interazioni, la comunicazione e le transazioni sociali. Dal punto di vista degli utenti finali, sono state annotate tre significative ondate[5] di innovazione tecnologica:

- WEB 1.0
- WEB 2.0
- WEB 3.0
- WEB 4.0

### 2.2.1 WEB 1.0: Il Web delle Informazioni

L'introduzione dei primi browser ha portato alla creazione del Web, successivamente noto come Web 1.0. Tutto ebbe inizio nel 1990 quando Tim Berners-Lee utilizzò un computer Next per creare il primo browser World Wide Web. A seguire, nel 1992, è stato implementato il browser Mosaic dal National Center for Supercomputer Applications (NCSA). Con il Web 1.0, detto "Web dei biglietti da visita", molte persone e istituzioni hanno iniziato a trasferire le proprie informazioni sul Web ampliando l'utenza; in particolare il numero di utilizzatori è aumentato notevolmente con la creazione di e-commerce da parte di grandi aziende, le quali inizialmente effettuavano le vendite a distanza, tramite telefono. Altro sinonimo utilizzato per questo Web primordiale è "Web di sola lettura" in quanto le pagine che lo componevano erano statiche, appunto di sola lettura condivise da individui o aziende. Tali pagine erano memorizzate sui server, di conseguenza utenti e siti Web aziendali interagivano in maniera asincrona con l'utilizzo di posta elettronica; completamente differente dalla comunicazione sincrona offerta dai dispositivi telefonici.

In questa particolare ondata, l'e-learning è stato realizzato e concepito come un processo a senso unico. Gli insegnanti mettono a disposizione dispense, libri di testo, video, animazioni e siti web che possono essere reperiti dai propri studenti.

### **2.2.2 WEB 2.0: Il Social Web**

Il Web 2.0 è stato introdotto nel 2004 in una conferenza organizzata da Dale Dougherty, Tim O'Reilly e MediaLive International, a cui hanno partecipato le principali società Web come Google, Yahoo, MSN, Amazon e eBay. Lo sviluppo delle metodologie utilizzate nel campo dell'educazione e la velocità della tecnologia, che è diventata indispensabile nella nostra epoca, hanno contribuito alla costituzione del Web 2.0, dove il contenuto può essere modificato e sviluppato; ha quindi preso il posto del Web 1.0 (un processo di comunicazione unidirezionale). Sono emersi molti siti di social network e l'uso di questi ha iniziato ad aumentare rapidamente, soprattutto tra i giovani utenti; per questo motivo il Web 2.0 viene definito "un social network partecipativo". Le applicazioni Web 2.0 possono trasportare tutti i tipi di informazioni e contenuti didattici su una piattaforma accessibile facilmente e rapidamente. I dispositivi mobili e i social media sono stati i componenti più significativi nell'esplosione del Web 2.0; l'insieme di risorse e le piattaforme online prendono il nome di "Social Web" e grazie a questi strumenti, l'utenza ha l'opportunità di condividere le proprie opinioni, idee ed esperienze. Lo scopo su cui si basa lo sviluppo di un'applicazione Web 2.0 è una possibilità maggiore di interazione con l'utente finale, che proprio per questo motivo è anche un partecipante. Le tecnologie Web 2.0 più popolari sono raggruppate in: podcasting, blogging, tagging, RSS curation, social bookmarking, social networking, social media e votazione dei contenuti Web.

Milioni di studenti sperimentano cambiamenti significativi nella loro vita grazie alla tecnologia Web 2.0, in particolare ai siti di social networking come MySpace e Facebook. La portata di questa influenza è stata esaminata dai ricercatori in diversi studi e concordano sul fatto che i social network dovrebbero essere incorporati nell'istruzione se si vuole avere un impatto sostanziale. Il New Media Consortium e l'Horizon Report 2008 di EDUCAUSE evidenziano la necessità di creare piani per l'utilizzo dei social media per scopi educativi.

### **2.2.3 WEB 3.0: Il Web Personalizzato**

Il Web 3.0 è indicato come l'internet del futuro, ed è definito anche come il web di lettura, scrittura ed esecuzione. Tim Berners-Lee si riferiva anche al Web 3.0 come al

Semantic Web, ed è stato creato per essere un Internet più indipendente, intelligente e aperto. Si prevede però una nuova definizione necessaria a causa del continuo progredire delle tecnologie di comunicazione 5G, dei dispositivi indossabili, dell' IoT (Internet of Things) e dell'intelligenza artificiale (AI). Inoltre la recente comparsa di nuove tecnologie come blockchain decentralizzata, NFT (Non-Fungible Tokens), AR (Augmented Reality) e Cloud segnala anche uno spostamento verso il decentramento dei dati e un Internet trasparente e sicuro.

Con le reti semantiche sociali, l'apertura e i processi di interoperabilità, la diversità delle informazioni si espanderà, quindi l'apprendimento avverrà a un livello più efficace, secondo i risultati dello studio Hussain sulle implicazioni delle tecnologie Web 3.0 sull'istruzione. Anche i collegamenti nel campo dell'apprendimento in questione miglioreranno grazie alle connessioni rese possibili da tecnologie come big data, linked data, cloud computing e mobile computing. L'apprendimento durerà più a lungo grazie all'intelligenza artificiale, all'apprendimento automatico e alle impostazioni 3D.

### **2.2.4 Il Futuro del Web 4.0: Il Web Intelligente**

Recentemente si inizia a sentir parlare anche di web 4.0, con relative previsioni future. Sicuramente in questo stadio successivo del web avranno un ruolo fondamentale le tecnologie di realtà aumentata e i Big Data. Si prospetta un'era in cui ogni individuo avrà un vero e proprio alter ego digitale e dialogherà sempre di più con le nuove interfacce, come la domotica o le macchine intelligenti. Fa parte del quadro generale anche una visione piuttosto distopica del web, con un controllo sempre maggiore delle informazioni che andrà ad influenzare in modo significativo non solo il mondo digitale ma anche la realtà che ci circonda.

## **2.3 Approcci al Metaverso**

Poiché il networking computing era ancora nelle sue fasi iniziali, la tecnologia VR inizialmente forniva esperienze per un singolo utente. I mondi virtuali<sup>1</sup> sono

---

<sup>1</sup>spazi VR collettivi, collaborativi e non immersivi



cresciuti in popolarità grazie alle reti di computer. Un ambiente di rete persistente, generato dal computer, noto come "mondo virtuale", è il luogo in cui gli utenti possono interagire tra loro come farebbero in un ambiente pubblico[6].

La prima generazione di sistemi di realtà virtuale sociale era basata sul testo e si diffuse durante i primi anni dei computer in rete, alla fine degli anni '70. I Multi-User Dungeon (MUD) sono giochi di ruolo fantasy in cui i giocatori sceglievano il proprio avatar, che apparteneva ad una determinata classe, con il quale potevano acquisire abilità speciali, intraprendere avventure o svolgere compiti.

Negli anni '90 e 2000 è emersa una seconda ondata di sistemi di realtà virtuale sociale, utilizzando l'architettura client-server, un'interfaccia utente grafica e la comunicazione multimodale su piattaforme tra cui Traveller, ActiveWorlds, Second Life e Open Simulator.

VRChat, Virbela, Sinespace, Somnium Space, Mozilla Hubs, Spatial e Meta (precedentemente noto come Facebook) sono esempi di una nuova, terza generazione di impostazioni social VR che consentire un'immersione sensoriale. Queste piattaforme forniscono rappresentazioni incarnate degli utenti, nonché una serie di strumenti per l'apprendimento online e conferenze a distanza.

### **2.3.1 Multi-User Dungeon**

Per riferirsi ai mondi virtuali spesso si utilizza il termine MUD, poiché MUD è stato il primo tra tutti a prosperare. MUD è stato programmato in MACRO-10 assembly su DecSystem-10 mainframe; la creazione, nel 1978, si deve a Roy Trubshaw, laureato in informatica presso la Essex University in Inghilterra.

La prima versione era semplicemente un programma di test per determinare le linee guida di un mondo condiviso. Una volta stabilite le basi, Trubshaw ha iniziato subito a lavorare alla seconda versione: un mondo virtuale basato su testo, purtroppo il fatto che fosse scritto in MACRO-10 ha aggravato sulle sue dimensioni diventando sempre più ingombrante all'aggiunta di nuove funzionalità. Quindi nel 1979 Trubshaw decise di implementare una terza versione. Questa volta però è stata scissa in: (i) motore di gioco, scritto in BCPL (Basic Combined Programming Language); (ii) game world, scritto in MUDDL (Multi-User Dungeon Definition Language) un

linguaggio di sua invenzione. L'idea era che uno stesso motore, che fungeva da interprete, riuscisse a gestire e far funzionare più mondi. Trubshaw fu l'inventore di MUD, ma vi collaborarono anche i suoi colleghi Richard Bartle (lo scrittore del libro) e Nigel Roberts. Quello che ha spinto Trubshaw a ideare MUD riguardava la sua passione per i giochi di avventura single player: aveva intenzione di idearne uno multiplayer. Inoltre, da un punto di vista accademico, era interessato al parsing e agli interpreti di linguaggi di programmazione.

La "D" in MUD sta per "Dungeon", ma non si riferisce al gioco di ruolo Dungeons & Dragons. La "D" allude a una versione del gioco Zork denominata DUNGEN, Trubshaw aveva intenzione di implementare un gioco che fosse come un DUNGE(o)N multiutente.

Molti, partendo dal motore MUD, hanno iniziato a scrivere i propri giochi, utilizzando proprio MUDDL. Uno di questi è AberMUD, programmato da Alan Cox nel 1987, scritto in B (precursore di C) per un mainframe Honeywell L66 sotto GCOS3/TSS. Il gioco non era particolarmente all'avanguardia in termini di tecnologia o contenuti, era principalmente incentrato sui combattimenti. Un anno dopo fu riscritto in C e questo rappresentò un enorme progresso nello sviluppo del mondo virtuale: poteva essere eseguito in Unix. Come un virus, AberMUD ha infettato i dipartimenti accademici di informatica, migliaia di macchine Unix avevano sue copie identiche (o incarnazioni). Sono state create varie versioni, le più importanti sono tre: TinyMUD, LPMUD e DikuMUD[7].

In particolare consideriamo TinyMUD di Jim Aspnes, sviluppato alla Carnegie Mellon University, che ha debuttato nel 1989. Fu implementato ispirandosi sia ad AberMUD e sia a Monster, un gioco VAX VMS (Virtual Address eXtension) che era stato rilasciato l'anno prima. Monster, sviluppato da Rich Skrenta della Northwestern University rappresentava un'innovazione in quanto fu scritto al di fuori della struttura standard del MUD1 e in più il gioco consisteva nel costruire componenti del mondo virtuale dall'interno del mondo reale. I giocatori avevano completa libertà di progettare nuovi ambienti e oggetti. In realtà in TinyMUD non c'era alcuna sensazione di gioco, ma rappresentava solo un ambiente virtuale: gli utenti tendevano a trascorrere la maggior parte del loro tempo producendo e discutendo delle loro creazioni. TinyMUD rappresenta il primo ambiente virtuale principalmente "sociale", da cui sono nati tutti

i successivi mondi simili.

Nel 1990, un giocatore, Stephen White, prese la decisione di espandere le capacità di TinyMUD e creò TinyMUCK; poi, usando questo come modello, ha creato MOO (MUD Object Oriented). MOO ha introdotto un linguaggio di scripting e ha portato capacità simili a LPC nei mondi virtuali social-oriented. Da MOO sono state create altre implementazioni le quali hanno trovato posto nell'istruzione in quanto erano semplici da utilizzare. Sempre nel 1990, Larry Foard pubblicò TinyMUSH. In origine, la parola "MUSH" non aveva un significato specifico, ma è stata successivamente adattata in "Multi-User Shared Hallucination". La base di codice TinyMUSH ha aggiunto diverse funzionalità avanzate, come l'attivazione di eventi e gli automi software (noti come pupazzi), che hanno reso più semplice il gioco di ruolo. Per questo motivo, la maggior parte dei derivati TinyMUSH, o MUSHes, sono giochi di ruolo in cui ciò che fai determina chi sei e non il contrario.

I MUD e i MUSH hanno subito un bivio nella loro evoluzione. In generale, in un MUD, un gruppo di sviluppatori costruiva con cura intere città e dungeon pieni di mostri inserendo manualmente righe di testo nel database di rete; ciò ha portato a un mondo che era in gran parte statico. Sebbene alcuni giocatori avessero le risorse per aggiungere i propri castelli e città, la maggior parte di loro era lì solo per combattere ed esplorare. Al contrario, in un MUSH, i giocatori si concentravano maggiormente sulle loro case e sulla città che stavano costruendo, insieme a molti altri utenti. Per questo motivo, MUSH ha rappresentato il banco di prova per gli educatori che sperimentavano l'idea della creatività collaborativa online, concentrandosi sulla costruzione e sull'interazione interpersonale.

Quindi gli strumenti di realtà virtuale analizzati fin ora erano per la maggior parte creazioni di studenti universitari, programmatori e utenti di computer creativi, e potevano essere utilizzati solamente in accademie in quanto possedevano i mezzi adeguati per accedervi. Con l'avvenimento del WWW, molti sviluppatori hanno iniziato a lavorare per garantire a decine di milioni di persone di avanzare gradualmente nella prima generazione dell'Internet commerciale.

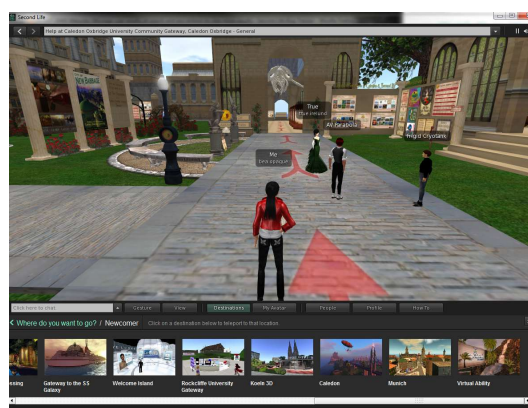
### 2.3.2 Second Life

Creatore di Second Life è Philip Rosedale. Egli aveva già una sua idea di mondo virtuale, che arricchì leggendo il libro “Snowcrash” di Stephenson (un regalo dalla sua ragazza Yvette). Rosedale racconta del suo pensiero di genesi digitale: fluttuare nell’oscurità come un avatar, avere a disposizione mezzi e strumenti all’interno di questo mondo e poter interagire con altri; l’interfaccia quindi che puntava a realizzare era un corpo umano.

Un’altra influenza esterna, che ha portato ad una maturazione del suo pensiero, fu la visione del film Matrix (1999). Rosedale afferma che il film rappresentava esattamente l’immaginario collettivo della società riguardo Internet: un’autostrada dell’informazione in 3D percorribile da chiunque. Peccato che ai tempi la tecnologia non era abbastanza all’avanguardia per poter permettere la creazione di tale infrastruttura. L’ultimo input che ricevette Rosedale fu sempre nel 1999 quando partecipò, insieme alla moglie Yvette, al Burning Man, nel Black Rock Desert in Nevada. L’ambiente circostante non era altro che sabbia, vento e sole implacabile. Ma questa landa desolata fu improvvisamente popolata da una comunità dove milionari high-tech si sono mescolati con bohémien impoveriti. La nuova società che si stava creando era completamente incentrata sul baratto, disprezzando qualsiasi forma di commercio e i marchi del mondo reale. Ancora la città stava prendendo forma grazie alla partecipazioni di tutti, che si impegnavano nella costruzione di torri, guglie e cupole ispirandosi all’architettura di tutto il pianeta.

Philip Rosedale fondò Linden Lab nel 1999. Il primo discorso che Rosedale e il suo piccolo gruppo hanno avuto, dopo che Linden Lab si è ufficialmente affermata come un’azienda, premeva sullo scopo del mondo e sul perché le persone pagherebbero per parteciparvi. Fu ideato Linden World: un mondo post-apocalittico pieno di ponti e città incomplete attorniate da un modesto ecosistema, serpenti e uccelli primordiali. Gli avatar all’interno possedevano armi e potevano volare; quest’ultima era un’abilità insolita da fornire a un utente di MMO. Un altro aspetto significativo che distingueva Linden World dagli altri MMO era il servizio di streaming: la trasmissione just-in-time di contenuti tramite ingenti quantità di dati su Internet. Dal momento che tutti gli elementi in Linden World vengono trasmessi dai loro server al computer

di ciascun “residente”, tale mondo virtuale non richiede agli utenti di caricare una libreria di audio e grafici sui dischi rigidi. Fin dall’inizio il team di sviluppo concepiva il progetto come un’unica realtà contigua, condivisa da tutti i suoi utenti. Questa è un’altra particolarità: i giocatori di MMO non condividono lo stesso mondo, bensì giocano su migliaia di sue copie distinte, separate da server specifici che spesso ospitano solo poche migliaia di giocatori ciascuno. Questo tipo di mondo online è noto nell’industria dei giochi come “sharded”. Linden World, al contrario, era una singola rete di server tutti collegati geograficamente per consentire agli avatar di muoversi liberamente tra le diverse regioni. Si aggiungevano nuovi server man mano che la popolazione cresceva. Un’ulteriore caratteristica resa possibile dall’architettura di streaming di Linden fu l’editing dinamico e collaborativo. L’avatar, allungando una mano, riusciva a far comparire un blocco di base chiamato “prim” (per “primitivo”). Questo cubo poteva essere rimodellato, dandogli diverse trame superficiali (metallo, pietra o altro) e abilitare la sua “fisica” (renderlo soggetto alla gravità e all’inerzia). Si potevano unire due o più prim generando così oggetti complessi. Inoltre era anche possibile incontrare altri avatar e concedere loro i permessi di costruzione in modo che potessero aggiungere qualcosa. Questo era ciò che rendeva unico il loro mondo online: in nessun altro luogo è stato possibile costruire, vedere istantaneamente i risultati e condividerli con gli altri.



**Figura 2.1:** Schermata di gioco Second Life.

Affinché Linden World diventasse un prodotto commerciale fattibile era necessario trovare un nome avvincente che potesse distinguerlo dalla concorrenza. Tale missione fu affidata ad Hunter Walk che, ispirandosi al gioco *Game of Life* (di Milton Bradley) pensò al concetto di 'Life Two' che poi sarebbe diventato l'attuale "Second Life"[8].

Second Life è un mondo virtuale che consente ai membri di creare i propri ambienti, generare social network e impegnarsi in un'economia virtuale utilizzando una valuta sintetica ma convertibile: "Linden Dollars". I membri possono creare oggetti e quindi venderli. Di particolare interesse, tuttavia, è il rapido movimento di molte principali aziende, ad esempio IBM, ad aprire un negozio all'interno di Second Life allo scopo di collegare l'economia virtuale "in-world" con l'economia "reale": un utente può "acquistare" i prodotti nel negozio virtuale, quando viene scelto un prodotto, viene indirizzato al sito di e-commerce "reale" per l'effettivo acquisto. I mondi virtuali offrono anche opportunità di istruzione e formazione. Il centro Berkman di Harvard Law ha creato un ampio ambiente collaborativo in Second Life e vi tiene seminari regolari. Ancora IBM e altri hanno costruito grandi strutture progettate per ospitare riunioni scientifiche e di lavoro che coinvolgono centinaia di avatar.

### **2.3.3 META**

L'adozione della realtà virtuale offre un potenziale nuovo e altamente adattabile per ambienti ed esperienze di apprendimento che riflettono i cambiamenti nelle interazioni sociali e professionali[9].

Chi sta investendo maggiormente è Meta (inizialmente conosciuta come Facebook, fino al 2021), la compagnia di Mark Zuckerberg che controlla i servizi di rete sociale Facebook e Instagram, i servizi di messaggistica WhatsApp e Messenger e sviluppa i visori di realtà virtuale Oculus Rift. Il cambiamento del nome riflette proprio l'intenzione della società sulla costruzione del Metaverso. Zuckerberg afferma che la scelta del nome Meta racchiude l'impegno della sua azienda nel costruire tecnologie social che portano un utente oltre ciò che la connessione digitale rende possibile oggi.

Sebbene il cambio di nome di Facebook in Meta possa ricordare proprio il termine Metaverso, ancora Zuckerberg afferma che nessuna azienda possiederà e gestirà il

Metaverso; quest'ultimo, al contrario, deve essere percepito come uno spazio collettivo, come Internet. L'obiettivo è quello di creare un Metaverso di proprietà della comunità, governato dalla comunità e una versione liberamente interoperabile che garantisce la privacy di base.

Il prodotto, secondo la lettera del fondatore Mark Zuckerberg, ci consentirebbe di "essere in ufficio senza spostamenti, a un concerto con gli amici o nel soggiorno dei tuoi genitori per recuperare il ritardo"[10].

In riferimento a Oculus Quest, un visore per realtà virtuale creato da Oculus Rift,



**Figura 2.2:** Horizon Workrooms di Meta per la collaborazione remota.

Damian Kim[11], amministratore delegato di Meta Singapore, afferma che l'utilizzo del gadget è in realtà il modo migliore per un'esperienza VR; dà un'anteprima di com'è un ambiente immersivo, non ha nulla a che vedere con la visione di uno schermo. Kim ha commentato l'apertura del primo negozio fisico di Meta (9 maggio 2022, in California), durante una sessione Ask-Me-Anything (AMA) ospitata dallo SMU Institute of Innovation and Entrepreneurship (IIE). Il visore Quest e altri dispositivi di realtà aumentata e virtuale, come il sistema di videochiamata Portals e gli occhiali intelligenti AR realizzati da Ray-Ban, sono stati messi in mostra nel "Meta Store". Il lancio del Meta Store è una componente del passaggio di Meta al Metaverso, iniziato con lo sviluppo di strumenti per il commercio di beni digitali sulla sua piattaforma Horizon Worlds VR.

Kim riconosce le sfide tecniche che devono essere risolte prima che tale ambizione possa essere realizzata, nonostante questo, Meta sta scommettendo molto sul Metaverso. Zuckerberg dichiara che la sua azienda cambierà nei prossimi cinque anni "da persone che ci vedono principalmente come un'azienda di social media ad essere un'azienda del Metaverso". I problemi tecnici comprendono: aumentare la potenza

di calcolo, velocizzare la rete e ridurre la latenza; l'hardware deve essere reso più conveniente e allo stesso tempo performante, nonché una distribuzione del peso più equilibrata e una maggiore durata della batteria.

## **2.4 Tecnologie utilizzate**

### **2.4.1 Componenti hardware (dispositivi fisici e sensori)**

L'hardware contribuisce in modo significativo all'esperienza immersiva, tuttavia risulta essere una sfida tecnologica. Gli impatti della tecnologia sull'hardware nel Metaverso sono rapidi, ma lasciano ancora margini di miglioramento rispetto all'utilizzo nel mondo reale. Un HMD (Head-Mounted Displays), l'hardware essenziale del Metaverso, blocca la visione per consentire un coinvolgimento immersivo. Il metodo di rendering Foveated è una tecnica di rendering che utilizza un eye-tracker integrato con un visore per realtà virtuale: mantiene la porzione centrale ad alta risoluzione simile alla vista umana per un'esperienza visiva più efficace e riduce notevolmente la qualità dell'immagine nella visione periferica. Risoluzione, campo visivo e latenza sono elementi cardine per dispositivi fisici e sensori. Il più cruciale di questi è la latenza, in particolare nelle interazioni multimodali e dovrebbe essere sviluppata tenendo conto del rischio di effetti negativi e di lacune temporali.

#### **Head-Mounted Displays (HMD)**

Gli Head Mounted Displays, anche detti Head Mounted Tablets, sono dei dispositivi di visualizzazione regolati, utilizzando un supporto per la testa, direttamente davanti a uno o entrambi gli occhi di chi li indossa. Sul campo visivo di chi li indossa saranno sovrapposti contenuti digitali.

L'HMD svolge il ruolo di riprodurre suono attraverso un altoparlante e visualizza un'immagine attraverso il display[12], esistono tre tipologie di HMD: (i)Non-see-through HMD, (ii)Optical-see-through HMD, (iii)video-see-through HMD. Uno dei metodi consiste nel coprire lo schermo creando così l'illusione di essere completamente immersi in un ambiente virtuale. Sono necessari requisiti hardware elevati per sovrapporre l'ambiente virtuale utilizzando la tecnica Optical-see-through HMD, che



viene utilizzata principalmente nella realtà aumentata; l'utilizzo di video-see-through HMD, completa questa tecnica. I problemi che riguardano gli HMD si riscontrano nelle cuffie troppo ingombranti, nel costo eccessivo e nella scarsa durata della batteria. Tuttavia gli HMD sono stati progettati e sviluppati così che possano tener traccia della posizione e dell'orientamento in risposta al movimento della testa, in questo modo lo schermo cambia per fornire la stessa prospettiva del mondo virtuale. A causa di problemi di precisione e tempo di ritardo, è meno accurato del metodo di stima del movimento mediante misurazione esterna, ma è il più utilizzato perché può far risparmiare costi e spazio.

### **Hand-Based Input Device**

Per gli Hand-Based Input Device (letteralmente: dispositivi di input basati sulla mano), l'obiettivo principale è offrire un'impressione tattile del materiale, per questo è fondamentale una modellazione precisa dei dati dell'utente. La percezione aptica offre il contributo maggiore per lo sviluppo di tali dispositivi. Essa può essere definita come la capacità di riconoscere o afferrare qualcosa. Esistono due tipi di aptica: aptica passiva che imita la trama di oggetti reali, si limita alla percezione tattile, e aptica attiva che simula la pressione, riguarda l'esplorazione attiva delle superfici. L'aptico attivo viene utilizzato per un coinvolgimento più efficace, si basa principalmente sul feedback degli utenti; mentre l'aptico passivo viene utilizzato per comprendere la situazione circostante. L'utilizzo di un'interfaccia robotizzata consente interazioni più varie, invece l'utilizzo di oggetti di scena reali (come il grado fisico e il grado operativo) in un ambiente virtuale aiuta l'esperienza dell'utente[13].

### **Non-Hand-Based Input Device**

Sono: eye-tracking, head tracking, voice input device (rispettivamente: il tracciamento oculare, il tracciamento della testa, i dispositivi di input vocale) e altri metodi di input ausiliari. Anticipando il movimento degli occhi quando un utente muove lo sguardo senza ruotare la testa, l'eye-tracking è una tecnica in grado di regolare il punto di vista; consente all'utente di determinare il tipo di oggetto su cui si sta concentrando. Produce foto ad alta risoluzione nell'area in cui l'utente presta attenzione, in

questo modo ha il vantaggio di ridurre al minimo il carico di lavoro sull'elaborazione delle immagini. Il metodo di sovrapposizione del display sul braccio è più stabile del metodo in aria fornendo ripetutamente il display in una posizione prevedibile dall'utente. Quando si utilizza una tastiera virtuale o ci si trova in un ambiente con input limitato, l'input vocale risulta vantaggioso per l'elaborazione di messaggi e lunghe discussioni[14].

### **Motion Input Device**

Il tracciamento del corpo e i tapis roulant vengono utilizzati per fornire informazioni accurate sul movimento con dispositivi ausiliari. In questo modo il senso fisico dello spazio o della gravità sono impiegati in maniera più efficiente. Anche i dispositivi di input di movimento sono classificabili nei due metodi attivo e passivo. Il primo è un mezzo per dare un feedback adeguato basato sull'azione dell'utente, mentre il secondo offre all'utente una sensazione particolare utilizzando un unico scenario fisso. Il Motion Input Device può essere applicato in molti modi, da una normale camminata a una rotazione di 360 gradi. L'utilizzo di un tapis roulant comporta il rischio di lesione per l'utente, proprio per questo motivo è fondamentale la presenza di un metodo che permette di bloccare la vita dell'utente stesso.

### **2.4.2 Componenti software (riconoscimento e rendering)**

Affinché gli utenti possano sperimentare pienamente sia la realtà soggettiva che la realtà oggettiva del luogo fisico, è fondamentale un'illusione cognitiva. La cognizione può essere statica o dinamica. La propriocezione (il senso di posizione e di movimento degli arti e del corpo) è un esempio di cognizione statica, mentre l'equilibrio sensoriale e il movimento fisico sono esempi di cognizione dinamica; in particolare i componenti chiave di quest'ultima categoria sono: l'adattamento, l'attenzione e il comportamento. Per quanto riguarda l'oggetto di cognizione invece, si hanno due categorie: la cognizione dell'ambiente e la cognizione di un oggetto. L'operazione più importante da svolgere è far in modo che si riduca la distorsione del rilevamento e del riconoscimento; per farlo si può modificare la forma del kernel, modificare l'espressione e aumentare l'input. Volti, posizioni del corpo, gesti e sguardi sono

esempi di elementi di riconoscimento dell'oggetto; per identificarli sono necessari quattro passaggi: il rilevamento, la registrazione, il riconoscimento e il tracciamento. La stimolazione invece si differenzia in stimolazione remota e di prossimità. Esistono rispettivamente metodi top-down e bottom-up per interpretare gli input. È anche necessario avere un concetto di percezione che sia separato dal senso intuitivo. La presenza o l'assenza di una variazione nel movimento distingue l'approccio inconscio da quello cosciente, in base al riconoscimento ricorrente. Esistono modi per elaborare le informazioni istintivamente, consapevolmente ed emotivamente[14].

### **Scene and Object Recognition**

Il riconoscimento dell'oggetto è quel processo di identificazione a distanza di tutte le sue caratteristiche: dimensioni, forma, posizione, luminosità e colori. Il riconoscimento della scena è un modo efficace per identificare lo stato attuale della scena stessa, nonché i suoi numerosi elementi e combinazioni. I grafici delle scene sono un modo utile per integrare le caratteristiche che sono state viste come vincoli del modello di rete neurale. I corpi vengono analizzati in diverse situazioni e con l'aiuto di metodi generativi e grafici di scena. Bisogna anche concentrarsi sull'analisi della scena incentrata sull'uomo e sull'interazione senza contatto (ad esempio, sguardo, gesto, posa). Chiaramente se più oggetti vengono rilevati maggiore sarà il numero di calcoli; per farlo si utilizza il rilevamento di singoli oggetti e, per ridurre il carico computazionale, si applica l'astrazione. Per un rapido rilevamento degli oggetti e una formazione efficace, alcune ricerche (come MONET) astraggono in modo specifico più elementi in rappresentazioni.

### **Sound and Speech Recognition**

L'elaborazione del parlato e il riconoscimento del suono aiutano a comprendere l'ambiente e ad interagire con altri avatar. Il dialogo funge da canale diretto per interagire con altri avatar e istruire gli NPC nel Metaverso. È essenziale disporre di una tecnologia in grado di isolare il proprio discorso dal rumore di fondo poiché la connessione viene creata in una varietà di ambienti. Un'altra variabile è il volume del suono in relazione alla distanza. Affinché ci sia un'atmosfera realistica nel Metaverso

è necessaria una tecnologia di riconoscimento vocale che tenga conto dell'ambiente circostante mentre altera il volume in base alla distanza.

### **Scene and Object Generation**

Per generare l'ambiente e gli oggetti nel Metaverso, l'utente si ispira decisamente al mondo reale ma allo stesso tempo utilizza molto la propria creatività. Replicare luoghi noti (come musei) e luoghi familiari alle persone (come case e scuole) rappresenta un modo realistico per riflettere l'ambiente del mondo reale; in alternativa, si fornisce un'ambientazione difficile da raggiungere per offrire un'esperienza onirica (come sott'acqua o su Marte). Le componenti fondamentali per la "object generation" sono le persone e le cose; la creazione di un avatar o di un NPC viene eseguita proprio da moduli di object generation. Per facilitare una conversazione multimodale fluida, è necessario focalizzarsi sull'uso delle emozioni facciali e dei movimenti articolari naturali.

### **Sound and Speech Synthesis**

La sintesi sonora fornisce un senso di immersione per l'utente, ma la ricerca in quest'area è carente. Per stabilire una sensazione di presenza nell'ambiente e per aumentare l'immersione, si produce suono nell'ambiente. Associare una voce che sia appropriata ad un personaggio è uno strumento cruciale per trasmettere le caratteristiche del personaggio stesso. La prosodia, che gli utenti possono utilizzare per enfatizzare parole o trasmettere incertezza, è la variazione del segnale vocale che rimane dopo che la variazione (come la fonetica e gli effetti del canale) è stata presa in considerazione. Essa cattura e trasmette enunciati significativi usando tecniche sottrattive.

### **Motion Rendering**

Nell'acquisizione del movimento 3D multi-party in real-time, le CNN (Convolutional Neural Networks) e la codifica del contesto globale vengono utilizzate per catturare le dipendenze asimmetriche e i modelli di contesto tra gli oggetti. Quando un corpo umano è posizionato sul grafico, le caratteristiche strutturali del corpo ci

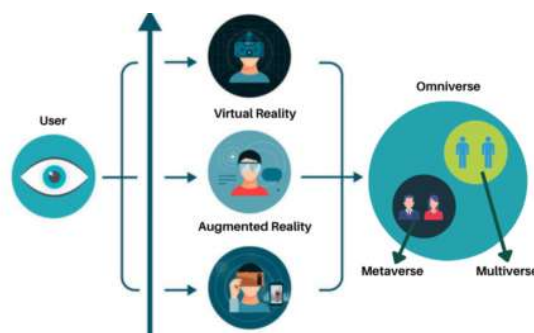
aiutano a interpretare il significato del movimento in modo più preciso. Con una fotocamera monocromatica, è possibile isolare parti del corpo umano (come le strette di mano) e catturare il movimento 3D in tempo reale di scenari difficili, ma è ancora limitata nella sua capacità di catturare interazioni strette (ad esempio gli abbracci).

## 2.5 Definizione e applicazioni del Metaverso

Il Metaverso può essere completamente o parzialmente virtuale[15]. Quando si tratta di un mondo completamente virtuale ci si riferisce ad un sistema di realtà virtuale (VR), il termine parzialmente virtuale indica, invece, l'uso della realtà aumentata (AR) in contesti del mondo reale.

Spesso si considera il Metaverso come un altro appellativo per riferirsi alle tecnologie VR o AR, ma non è così. In realtà, un sistema AR o VR potrebbe essere compreso nella struttura del Metaverso, applicato per presentare contenuto immersivo; oppure che il Metaverso contenga elementi AR e VR, oltre ad altre componenti richieste.

Nel corso di questa tesi si parlerà molto di queste tecnologie immersive, dunque è fondamentale riportare una distinzione dei concetti affinché non ci siano delle incomprensioni.



**Figura 2.3:** Suddivisione delle tecnologie immersive.

### 2.5.1 Multiverso

In un primo momento bisogna definire il concetto di Multiverso. Attualmente c'è molta confusione, infatti lo si paragona al termine Metaverso. Il Multiverso nell'ultimo periodo ha guadagnato una forte popolarità nella cultura popolare grazie

alla sua presentazione nei film della Marvel Entertainment. Il concetto che esprime questo termine è molto semplice: esistono un numero infinito di universi. Parlando in termini di realtà immersiva, il Multiverso rappresenta una realtà virtuale stratificata su un numero illimitato di sistemi. L'idea è che ci sono mondi virtuali separati, ma che coesistono e in cui abitano gruppi di utenti distinti.

Quindi, il Metaverso rappresenta un solo sistema che ospita una moltitudine di mondi virtuali, il Multiverso è un ecosistema costituito da tanti sistemi interconnessi.

### **2.5.2 Extended Reality**

Extended Reality o Cross Reality (XR) è un termine generico che comprende tutte le tecnologie che aumentano i nostri sensi, ovvero che forniscono informazioni extra sul mondo reale o che creano spazi simulati e virtuali. Il concetto di XR racchiude in sé tutti gli altri concetti di realtà virtuale, realtà aumentata e realtà mista. La "X" nel termine XR infatti rappresenta una variabile, quindi può essere sostituita da qualsiasi lettera. In questo particolare tipo di realtà, gli utenti si trovano e interagiscono in uno spazio completamente digitale o parzialmente virtuale[4].

### **2.5.3 Virtual Reality**

La realtà virtuale (VR) è un ambiente completamente artificiale, creato digitalmente e separato dalla realtà. Gli utenti sono immersi in questa realtà e per farlo hanno bisogno di dispositivi multisensoriali, come caschi immersivi, visori VR o tapis roulant omnidirezionali. All'interno possono muoversi e operare come se fossero in un ambiente fisico, il senso di immersione è garantito grazie alle modalità di visione, suono, tatto, movimento e l'interazione naturale con gli oggetti virtuali[4].

### **2.5.4 Augmented Reality**

La realtà aumentata (AR) ha un approccio differente nei confronti degli spazi fisici: utilizza una tecnologia di realtà per "aumentare" un'ambientazione del mondo reale. Questa tipologia adotta input digitali e elementi virtuali nello spazio fisico per migliorare sia il mondo virtuale che quello reale; è come se unisse spazialmente i

due mondi. Ne risulta uno strato costituito da artefatti digitali mediati da dispositivi, come smartphone, tablet o occhiali. Gli utenti che utilizzano questo tipo di realtà riescono a controllare la loro presenza sia nel mondo reale che in quello virtuale[4].

### **2.5.5 Mixed Reality**

La realtà mista (MR) è un concetto più complesso, indica un'interazione AR avanzata, ovvero il caso in cui l'ambiente fisico interagisce con i dati digitali in tempo reale. Quindi mette in combinazione gli elementi delle tecnologie AR e VR per unire mondo reale e mondo virtuale[4].

Pertanto AR e VR rappresentano le realtà fondamentali, MR è la loro combinazione.

---

# **Analisi della letteratura per gli ambienti immersivi in contesti didattici**

---

## **3.1 Metodologia**

Per affrontare lo studio sull'applicazione del Metaverso nell'istruzione sono state condotte due tipologie di ricerca: white literature e gray literature. Per la white literature sono stati presi in considerazione documenti scientifici pubblicati e materiale accademico che tratta l'argomento di tale studio, sono stati considerati anche i paper pubblicati dalle conferenze o da riviste principali. È stato comunque fondamentale arricchire determinati aspetti usufruendo della gray literature: sono stati consultati blog, forum e community il cui si discuteva prettamente delle tecnologie immersive che sono state sviluppate fino ad oggi. L'approccio che è stato utilizzato permette di fondere le due tipologie di letteratura ed è composto da quattro fasi.

### **Raccolta**

Tale fase ha lo scopo di racimolare più informazioni possibili e attinenti al tema che si sta trattando.

Per la white literature è stato utilizzato principalmente il motore di ricerca Google



Scholar. Le ricerche sono state condotte utilizzando query e keyword e gli output hanno fornito articoli accademici provenienti da database come Springer Link, ACM digital library e IEEEExplore. La query utilizzata per la raccolta dei paper è caratterizzata da parole chiavi e si presenta in questa forma:

('metaverse' OR 'virtual reality' OR 'augmented reality' OR 'immersive environment')  
AND ('education' OR 'school')

Per la gray literature le ricerche sono state condotte utilizzando principalmente Google, tuttavia sono stati considerati anche blog e community per approfondire lo studio. In particolare sono stati consultati i siti web ufficiali delle aziende che offrono prodotti immersivi a scopi didattici, si parla in questo caso di compagnie come zSpace o Labster. Tuttavia è stato necessario approfondire ulteriormente prendendo sotto esame il punto di vista degli utenti che hanno effettivamente testato tali prodotti: blog e forum, in cui si raccontava dell'esperienza, sono stati fondamentali per ottenere un quadro completo. Nel caso specifico di questa letteratura, la query di ricerca è stata sostituita da frasi per migliorare la ricerca, ad esempio:

Positive and negative aspects of zSpace System

## Filtraggio

Alla documentazione ottenuta, sono stati applicati dei criteri di inclusione ed esclusione per poter scegliere in maniera opportuna le fonti che più potessero essere attinenti con il tema preso in considerazione. Chiaramente la tipologia di filtri applicata varia a seconda se si tratta della white literature o gray literature. Per la white literature, i criteri inclusivi riguardavano:

- Articoli che nell'abstract riportavano una descrizione del problema molto simile a quella che si stava effettuando;
- Articoli la cui data di pubblicazione precede il 1969.

I criteri esclusivi adottati sono stati:

- Articoli che nell'abstract informavano di riportare solo qualche citazione dell'argomento trattato;
- Articoli il cui abstract non era per niente coerente con lo studio effettuato.

Per quanto riguarda la gray literature, il focus della ricerca è stato quello di individuare fonti che fossero più attendibili possibile.

### **Analisi**

Ogni documento è stato esaminato in maniera completa per poter comprendere l'argomento che stava trattando. Durante l'analisi, se qualche concetto risultava interessante veniva segnato per poi essere ripreso in un momento successivo. In particolare, per la white literature, grande attenzione è stata data alle citazioni all'interno dei paper, nel caso si trattasse di un documento attinente veniva inserito nella fase di "Raccolta". Sono stati considerati anche gli autori dei vari documenti, poiché avrebbero potuto scrivere altro sullo studio che avevano svolto.

### **Risultati**

L'ultimo step della ricerca ha come obiettivo elencare gli articoli accademici che sono stati più utili al fine di rendere lo studio completo. Tali fonti sono state inserite tutte all'interno della bibliografia.

## CAPITOLO 4

---

### Analisi dei risultati

---

Il presente studio ha come obiettivo l'identificazione delle caratteristiche chiave che deve offrire una buona tecnologia immersiva. Nell'ultima parte sono stati presi in considerazione tre prodotti presenti sul mercato il cui scopo primario è fornire, nel settore dell'educazione, strumenti e attività che impiegano l'implementazione dell'AR e dell'VR.

#### 4.1 Caratteristiche di una tecnologia immersiva

Il metaverso, la realtà aumentata e virtuale risultano ben inserite[16] nell'ambiente educativo, portando numerosi vantaggi per l'apprendimento e l'insegnamento. In ambienti scolastici, gli studenti riescono a concentrarsi meglio se lavorano insieme in uno spazio comune; se si utilizza un computer come strumento educativo, tale tipologia di insegnamento risulta essere molto difficile. Infatti nel caso in cui ogni studente ha un proprio computer, riescono a collaborare, in maniera spontanea, dividendosi in gruppi di due o tre componenti. Nel caso in cui ci sono più alunni che condividono lo stesso computer, cambia il modo di comunicazione del gruppo: lo spazio che li separa viene utilizzato per scambiarsi informazioni come sguardi o gesti. In questo caso si parla di spazio di comunicazione, il quale ha come sottoinsieme lo spazio delle attività. Se gli utenti lavorano davanti ad uno schermo di un PC, per

quanto possano essere seduti vicini, la loro attenzione si focalizza sul desktop. In questo caso lo spazio delle attività è parte dello spazio dello schermo ed è separato da quello di comunicazione. Prendendo come ultimo caso la realtà aumentata, gli studenti si trovano attorno ad un tavolo con la possibilità di comunicare simultaneamente. Quest'ultima tipologia di comportamento conversazionale trova più similitudini con la collaborazione faccia a faccia piuttosto che con quella basata sullo schermo. L'AR, se utilizzato in maniera corretta, riesce a:

- Coinvolgere e stimolare gli studenti

In questo studio[17] sono stati esaminati gli insegnanti e le proprie classi (costituite da bambini di dieci anni) mentre utilizzavano una rappresentazione, in realtà virtuale, della rotazione terrestre e solare con lo scopo di insegnare loro come cambia la luce solare, la notte e il giorno. La ricerca utilizza l'interfaccia "virtual-mirror" che comprende lo schermo di un computer o una lavagna. Si è preferita tale scelta in quanto il materiale è visibile contemporaneamente a più persone, è ideale nel caso in cui bisogna osservare un gruppo ampio di persone in un contesto collaborativo. Se si fosse utilizzato un HMD sarebbe risultato scomodo e anche troppo costoso. Durante il test, gli insegnanti potevano scegliere tra due tipologie di lezione da offrire ai loro alunni: (i) guardare un'animazione 3D e poi descriverla; (ii) partecipare ad un gioco di ruolo. Nel complesso lo studio ha avuto successo nel sostenere il potenziale dell'AR nell'istruzione. Inoltre è stato anche evidenziato che i bambini che hanno appreso tramite il software erano meno coinvolti rispetto a chi ha imparato con il gioco di ruolo. Sono stati anche intervistati gli insegnanti che hanno partecipato all'esperienza. Il loro feedback suggerisce che la tecnologia AR dovrebbe essere più flessibile e controllabile; tale caratteristica infatti potrebbe consentire un maggior coinvolgimento degli utenti. Se l'AR e VR fornissero agli utilizzatori la possibilità di manipolare gli oggetti (tipo tempo, posizione, angoli e rotazione), ciò potrebbe incoraggiarli a riflettere sulle conseguenze delle loro azioni; questo è fondamentale per l'apprendimento basato su indagine. La ricerca si è conclusa

con l'estrapolazione dei requisiti essenziali per lo sviluppo di applicazioni AR in contesti educativi:

- I contenuti che offre una tecnologia AR devono essere flessibili. Gli insegnanti, in questo modo, riescono a modellarli in base alle loro lezioni o ai loro studenti. Con flessibilità si intende la possibilità di aggiungere, modificare o rimuovere elementi.
- È necessario che un sistema AR sia coordinato nel fornire materiale didattico con i metodi di insegnamento tradizionali.
- Gli utenti devono avere la possibilità di esplorare i contenuti, l'esplorazione deve essere strutturata così da massimizzare le opportunità di apprendimento.
- Un'applicazione educativa basata su AR deve essere sviluppata tenendo conto dei vincoli del dominio istituzionale in cui deve essere introdotta. Si tratta di applicare un approccio di progettazione che mira all'utente finale.

Dunque se si ha intenzione di utilizzare l'AR come strumento di apprendimento, il compito dei progettisti e degli insegnanti è di organizzare esplorazioni per gli studenti all'interno di parametri ben definiti affinché l'apprendimento di determinati argomenti sia raggiunto in un breve periodo di tempo. Gli insegnanti dovranno focalizzarsi non su quello che gli studenti possono vedere, ma sugli effetti dell'immersione e quello che hanno imparato dalle loro azioni.

- Essere d'ausilio nell'insegnamento di argomenti che gli studenti non potrebbero acquisire facendo esperienza nel mondo reale

Gli studenti si trovano in difficoltà ad apprendere concetti e fenomeni spaziali più complessi. A questo proposito gli insegnanti hanno il compito di trovare nuovi modi di rappresentare i sistemi spaziali affinché i propri ascoltatori apprendano gli argomenti che si stanno affrontando. Questo risulta essere un problema ben radicato nell'istruzione; per affrontarlo sono stati scelti inizialmente strumenti in 2D di tipo testuale o illustrativo, media digitali e animazione,

recentemente è stata introdotta la modellazione 3D attraverso interfacce desktop. Un esempio di scarso apprendimento spaziale è la concezione di alcuni studenti riguardo la posizione e la rotazione di terra, sole e luna. Tale ricerca, tratta in esame, ha lo scopo di esaminare i vantaggi dell'interfaccia AR per visualizzare e manipolare rendering 3D.

Lo studio[18] è stato condotto presso l'Università di Washington, durante i corsi di Geografia 205. Questa disciplina fornisce una conoscenza pratica del paesaggio fisico e dei processi ambientali naturali, essi sono dei fenomeni completamente spaziali e richiedono anche una comprensione temporale del loro sviluppo. Per gli istruttori è difficile rappresentare i fenomeni spaziali usando i mezzi 2D ordinari.

Una parte del curriculum tratta delle relazioni spaziali e temporali tra la terra e il sole, della variazione delle stagioni e dell'alternarsi delle ore di luce e buio. È necessario che tali aspetti siano assimilati e compresi nel miglior modo possibile, così che gli studenti non avranno nessun problema quando si affronteranno concetti fisici e ambientali più sofisticati e complessi. Sono stati studiati trentaquattro studenti iscritti al corso Geografia 205, sono stati sottoposti all'utilizzo di modelli 3D del sole e della terra che utilizzano la tecnologia AR. Il sistema è stato posizionato in un angolo di una stanza, gli utenti hanno dovuto indossare un HMD, più precisamente il Cy-Visor™ DH-440 collegato ad una videocamera, Logitech QuickCam Pro 3000. Questi due strumenti sono stati collegati ad un laptop con Pentium 4, con 1,6 GHz, con Windows XP e software ARToolkit versione 2.52. Sono stati utilizzati molteplici strategie per la raccolta dei dati. In un primo momento, agli utenti è stato somministrato un quiz di pre-valutazione. Lo scopo è stato capire il loro livello di comprensione dell'argomento trattato e spiegare loro la natura dell'esercizio che avrebbero poi sperimentato. Ogni soggetto esaminato è stato istruito sull'interfaccia e sulla visualizzazione dei modelli della terra e del sole e ha avuto la possibilità di chiedere informazioni a riguardo. Ogni sessione è stata registrata per tener traccia delle azioni dell'utente con gli oggetti virtuali e la loro manipolazione fisica; in particolare sono stati annotati due punti di vista: quello in prima persona e quello in terza persona. Il tracciamento è stato utile per identificare

i dati riguardanti i comportamenti di apprendimento iterativo dei soggetti. Tuttavia per tracciare un quadro completo per la valutazione preliminare sono state utilizzate altre due risorse. La prima era un vecchio esame di Geografia 205 che trattava degli argomenti messi in atto nell'esercizio AR. La seconda risorsa è stata tratta da una ricerca presso l'Università dell'Indiana guidata da Sasha Barab, in cui gli studenti hanno utilizzato strumenti di modellazione tridimensionale per modellare il sistema solare e sviluppare una comprensione dei fenomeni astronomici. Infine ai soggetti è stato somministrato un test di post-valutazione che conteneva le stesse domande di quello di pre-valutazione; con il fine di confrontare le domande dei due test di ogni studente. Le domande erano a risposta aperta e potevano essere valutate da 0 a 5; lo 0 indicava una comprensione del materiale di livello principiante, il 5 invece era una comprensione esperta. La valutazione è stata compiuta da un esperto che ha esaminato sia il foglio di pre che di post-valutazione ed è stato utilizzato un test statistico Wilcoxon per ranghi con segno che individua le differenze nelle distribuzioni di due variabili correlate per misurare le prestazioni totali degli studenti e il loro miglioramento. Sono state proposte tre domande per misurare l'effetto che ha ottenuto l'AR: (i) in base ai pre-test e post-test, in che modo sono cambiate le prestazioni degli studenti? (ii) quali studenti sono migliorati e quali no? (iii) il rendimento degli studenti per quali argomenti è stato influenzato?

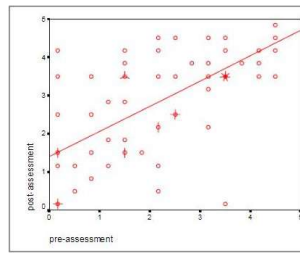
Test Statistics	Combined Pre-assessment and post-assessment	Question 1: Pre-assessment vs. post-assessment	Question 2: Pre-assessment vs. post-assessment	Question 3: Pre-assessment vs. post-assessment
Z	-4.028	-2.908	-2.145	-1.917
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.004	.032	.055

**Figura 4.1:** Risultati dei ranghi con segno di Wilcoxon per le valutazioni pre e post (N=28).

Osservando la tabella si può notare che le colonne "Combined", "Question 1" e "Question 2", per i valori di significatività a 2-tailed, differenziano molto da pre e post valutazione.

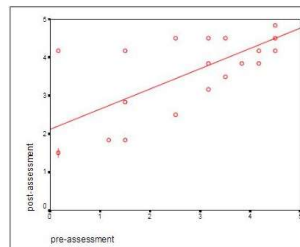
Nella prossima figura si può notare un grafico a dispersione che mostra i punteggi degli studenti: vi è una linea continua che collega i punti (0,0) a

(5,5) che rappresenta il limite per “nessun cambiamento” nel punteggio dello studente.

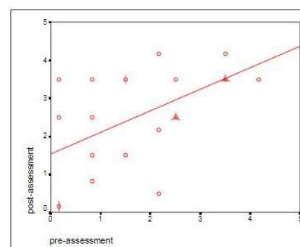


**Figura 4.2:** Risultati combinati della pre-valutazione e post-valutazione per tutte e tre le domande. La linea continua rappresenta la regressione lineare dei dati.

Le successive figure mostrano i grafici per le prestazioni degli studenti, prima e dopo la valutazione per ogni singola domanda. Le linee fanno notare un netto miglioramento da parte di quelli che hanno ottenuto risultati minimi nella pre-valutazione. La “Question 3” rappresenta la variazione stagionale ed è la più difficile da comprendere per gli studenti.

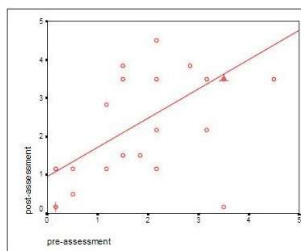


**Figura 4.3:** Question 1 (rotazione/rivoluzione) pre-valutazione vs. post-valutazione



**Figura 4.4:** Question 2 (equinozio/solstizio) pre-valutazione vs. post-valutazione.





**Figura 4.5:** Question 3 (variazione stagionale) prima e dopo la valutazione.

A conclusione dello studio i ricercatori hanno potuto affermare che l'AR ha il potenziale per poter essere utilizzato in ambienti educativi, in particolare per l'istruzione di concetti spaziali complessi. Le interfacce AR non solo cambiano il metodo per offrire il contenuto didattico, ma cambiano anche il modo in cui questo viene appreso. L'AR risulta uno strumento potente che gli studenti possono utilizzare per l'esplorazione di componenti come il tempo, la posizione, gli angoli e la rotazione. Inoltre consente di visualizzare qualsiasi fenomeno tridimensionale, con la possibilità di ridimensionarlo in base alle esigenze e poterlo manipolare per una comprensione più profonda. Con l'utilizzo di tale tecnologia si possono sfruttare al meglio gli oggetti virtuali e riuscire a rappresentare tutto quello che si desidera. Quindi non sarà necessario immaginare che una mela sulla cattedra rappresenti la terra poiché in uno spazio AR hai a disposizione proprio la terra davanti a te. Inoltre sono disponibili anche etichette che segnano le dimensioni e altre informazioni ed è possibile manipolare gli oggetti 3D per una comprensione più profonda degli argomenti di Geografia 205. Di conseguenza il team che ha condotto questo esperimento può affermare che l'inserimento di interfacce AR in ambienti scolastici può essere un passo assai vantaggioso per l'istruzione di questa materia in particolare.

- Far progredire la cooperazione e le interazioni tra studenti e istruttori

Per quanto le applicazioni AR offrano un'ottima esperienza per singolo utente, i ricercatori[19] hanno approfondito il tema concentrandosi sull'AR utilizzato nella comunicazione remota. In questo paper sono analizzati alcuni prototipi di interfacce AR collaborative, le loro caratteristiche e le sfide che dovranno affrontare.

Una normale comunicazione faccia a faccia è costituita dall'uso non solo di parole ma anche di gesti, sguardi e segnali non verbali. Inoltre nella collaborazione spaziale e nelle attività progettuali, anche gli oggetti e lo spazio circostante svolgono un ruolo cardine; infatti gli oggetti riescono a fornire supporto collaborativo grazie alle loro caratteristiche fisiche, come il peso, la dimensione o i colori oppure spesso solo utilizzati come riferimento per spiegare altri concetti. Le interfacce informatiche purtroppo non riescono ad offrire tutti questi supporti che aiutano la collaborazione e dunque gli utenti risentono di una mancanza di comprensione durante questa tipologia di comunicazione. La causa della scarsa interazione è dovuta alla mancanza di supporto software e di dispositivi di input per la collaborazione simultanea. La tecnologia AR si pone come uno strumento per garantire una comunicazione faccia a faccia.

È possibile utilizzare l'AR per migliorare lo spazio di lavoro condiviso, viene in aiuto il CSCW<sup>1</sup>. La prima interfaccia con tecnologia AR per la collaborazione faccia a faccia, fu progettata nel 1996 presso l'Università di tecnologia di Vienna con il nome di "Studierstube". Il progetto prevedeva HMD trasparenti, questo permetteva agli utenti la visualizzazione di rendering virtuali 3D sovrapposti allo spazio reale. L'interfaccia risultava più intuitiva e facilitava la collaborazione, questo grazie al supporto del groupware<sup>2</sup> che può essere mantenuto standard o lasciato ai protocolli social. Durante la progettazione di "Studierstube", i ricercatori sono riusciti ad individuare cinque attributi chiave per ambienti AR collaborativi:

- Virtualità. Possono essere visualizzati e analizzati oggetti che non fanno parte del mondo reale.
- Aumento. Possono essere aumentati con annotazioni virtuali oggetti che fanno parte del mondo reale.

---

<sup>1</sup>acronimo di Computer Supported Cooperative Work, è una branca di ricerca il cui obiettivo è studiare i modi di lavoro dei team, della cooperazione tra esseri umani e come gli strumenti informatici possano rendere la collaborazione più efficace ed efficiente

<sup>2</sup>detto anche software collaborativo, ovvero un software applicativo che favorisce il lavoro cooperativo quando si tratta di gruppi o team

- Cooperazione. Due o più utenti possono vedersi e collaborare in maniera naturale.
- Indipendenza. Ogni utente può controllare i propri punti di vista in modo completamente indipendente.
- Individualità. Ogni spettatore può avere una forma diversa dei dati visualizzati, questo in base alle loro esigenze o ai loro interessi.

Le interfacce AR co-localizzate, a differenza dei altre tecnologie CSCW, uniscono lo spazio di comunicazione con quello delle attività; in questo modo gli utenti riescono ad interagire con i contenuti virtuali utilizzando oggetti appartenenti allo spazio reale. La continuità è una caratteristica importante delle interfacce AR collaborative, gli utenti riescono a vedersi e nello stesso momento riescono a lavorare tra di loro. I ricercatori che hanno realizzato tale documento hanno effettuato un esperimento per confrontare i comportamenti comunicativi di due utenti durante lo svolgimento di un puzzle logico. Sono state testate le condizioni di: (i) collaborazione faccia a faccia con oggetti reali; (ii) collaborazione AR co-localizzata con oggetti virtuali; (iii) collaborazione con oggetti virtuali basata su schermi di proiezione. Gli oggetti virtuali erano rendering esatti degli oggetti reali, nella seconda condizione questi erano aggregati agli oggetti reali in modo da rendere possibile la manipolazione tangibile. È stato registrato il comportamento dei soggetti ed è stato trascritto e analizzato il discorso e i gesti compiuti. Nella comunicazione faccia a faccia e in quella AR non sono disponibili le stesse condizioni, tuttavia è stato notato che i comportamenti e il linguaggio erano molto simili rispetto a quelle osservate nella comunicazione con schermo. Inoltre gli utenti hanno percepito più semplice l'attività nella condizione AR e in quella faccia a faccia piuttosto che nella condizione di proiezione. Tale studio si è concentrato prettamente sulla collaborazione con presenza di oggetti, in cui gli utenti sono stati invitati a collaborare. Per quanto i risultati ottenuti da tale esperimento siano incoraggianti, si tratta comunque solo di uno studio superficiale del fenomeno; infatti le situazioni lavorative che includono attività di negoziazione e conservazione risultano essere molto più

delicate e sensibili alle differenze tra i mezzi di comunicazione. Ciò vuol dire che gli esperimenti futuri dovranno incentrarsi su altri aspetti piuttosto che sulla manipolazione degli oggetti.

Un altro utilizzo efficace dove può collocarsi l'AR è la collaborazione remota. Sempre Billinghurst e Kato, nel 1998 hanno sviluppato un'interfaccia di conferenza AR: un utente indossava un HMD leggero provvisto di fotocamera e riusciva a vedere un'immagine virtuale di un collaboratore remoto, quest'ultimo era collegato dal vivo a una finestra video virtuale a grandezza naturale. Per realizzarlo, sono state implementate tecniche di visione artificiale per tracciare i quadrati neri sulla carta, in questo modo il video appariva completamente allineato con l'oggetto reale. Difatti il collaboratore remoto era come se apparisse proiettato nello spazio di lavoro reale dell'utente locale. Questa tipologia di interfaccia è come se liberasse gli utenti dal desktop, consentendo loro di condurre la conferenza in qualsiasi luogo. Inoltre i collaboratori remoti diventavano parte del mondo reale, apparivano come immagini a grandezza naturale e potevano esserci un numero arbitrario di partecipanti, questo non ha fatto altro che aumentare il senso di presenza sociale. Infine è stato possibile posizionare una telecamera reale all'altezza degli occhi del soggetto, ciò rappresentava un supporto per i naturali segnali di sguardo. Nel 1999 i due ricercatori hanno condotto uno studio sugli utenti, confrontando la conferenza AR con la tradizionale audio e videoconferenza. Al termine dell'esperimento è stato dimostrato che gli utenti, in una conferenza AR, hanno avuto un senso di presenza molto più forte per le loro controparti remote e che è stato più semplice captare i segnali di comunicazione non verbale reciproci. Di recente invece, i ricercatori hanno implementato un'interfaccia che supporta più utenti remoti, utilizzando una mappatura alfa che estende video di utenti dallo sfondo (vedi figura 4.6). Gli utenti del test hanno affermato che la condizione AR ha fornito una co-presenza molto più sentita che ha migliorato la comunicazione tra i partecipanti.

Ancora, le tecniche AR si possono collocare anche come supporto per la collaborazione multiscala: gli utenti osservano da più punti di vista un set di dati in maniera collaborativa. Questo aspetto è stato approfondito con un esperimento dove l'oggetto di interfaccia AR era un vero e proprio libro. I lettori guardavano

lo stesso libro; nel momento in cui utilizzavano i display AR, riuscivano a vedere i rendering virtuali sovrapposti alle pagine del libro. In questo caso ogni utente riusciva a vedere in maniera simultanea gli altri e lo spazio reale, quindi poteva gesticolare e collaborare come in una semplice comunicazione faccia a faccia.



**Figura 4.6:** Avatar virtuali dal vivo in un'interfaccia AR collaborativa remota.

Prima che la tecnologia AR sia completamente utilizzata per la collaborazione, bisogna superare una serie di problemi. In primo luogo vi è la sfida del display: una delle componenti più importanti della comunicazione è lo sguardo, tuttavia gli HMD attualmente in commercio coprono gli occhi dell'utente impedendo dunque la visione di tale segnale non verbale. Nell'interfaccia di conferenza AR (figura 4.6), gli utenti AR vedono gli occhi dei loro collaboratori remoti utilizzando il desktop del computer e in contemporanea gli utenti desktop vedono gli utenti AR con gli occhi coperti. Una soluzione a tale problematica è lavorare allo sviluppo di display palmari meno ingombrati rispetto agli HMD; ad esempio un display a cristalli liquidi a schermo piatto, esso può essere utilizzato come una finestra, in questo modo gli utenti riescono a vedere sia i contenuti AR che le espressioni facciali degli altri utenti. In alternativa, molti produttori di HMD commerciali stanno sviluppando visori paragonabili ad un paio di normali occhiali da vista. Altra problematica è che i display attuali mostrano all'utente una visione distorta del mondo: gli HMD correnti non permettono un campo visivo completo e comportano dei limiti nella risoluzione e nella profondità del colore. Gli HMD ottici trasparenti riescono a risolvere le ultime due difficoltà, ma il campo visivo rimane comunque molto limitato. Il tracciamento e la registrazione rappresentano le altre due sfide. Bisogna tener traccia dei punti di vista degli utenti, in modo da poter sovrapporre

nella maniera più precisa possibile i rendering virtuali. Si opta di solito per l'utilizzo di tecniche di tracciamento basate sulla visione artificiale per l'AR video trasparente; queste funzionano solo quando sono visibili dei marcatori di tracciamento fisico e comunque possono introdurre molti ritardi nel sistema rispetto alle tecnologie di tracciamento magnetico, ultrasonico e inerziale. Le tecnologie di tracciamento più appropriate per le interfacce AR collaborative risultano essere quelle ibride, cioè che combinano più tecnologie. L'ultimo aspetto da non trascurare è lo studio sugli utenti per valutare la collaborazione utilizzando tecnologie AR e per esplorare tecniche di interazione intuitive. In conclusione si può affermare che, per quanto siano promettenti le tecniche AR per la collaborazione faccia a faccia, c'è ancora bisogno di molto lavoro e di molta ricerca per raffinare questi ambienti collaborativi.

- Permettere l'incremento della creatività e dell'immaginazione degli studenti

Un'ambiente di lavoro basato sulla conoscenza richiede agli studenti di acquisire determinate abilità per conformarsi con la situazione: lavorare con scarse e inconcluse informazioni, adattarsi a condizioni volubili, gestire situazioni difficili, collaborare e condividere conoscenza. Tuttavia i curricula attuali risultano essere non idonei per educare gli studenti ad acquisire tali competenze, sono necessarie invece nuove esperienze istruttive per colmare queste lacune. A quanto pare[20] la tecnologia è stata la causa di questa mancanza di requisiti, ma rappresenta anche la soluzione, o comunque parte di essa, in quanto può fornire ambienti di apprendimento coinvolgenti e nuove opportunità educative. Il focus sull'educazione degli studenti in una società basata sulla conoscenza, ha comportato semplicemente un perfezionamento delle competenze informatiche, ad esempio imparare ad utilizzare Internet. In questo caso, si dice che gli studenti devono essere "tecnologicamente fluenti" per poter affrontare il mondo e un futuro posto di lavoro. Questa fluidità si può definire in tre categorie di "FITness": abilità contemporanee, concetti fondamentali e capacità intellettuali. I programmi odierni affrontano prettamente la prima delle tre abilità, trascurando le ultime due e in special modo quella intellettuale che comprende: costruire

un ragionamento stabile e sostenuto; gestire le difficoltà; provare le soluzioni; organizzare, ricercare e valutare le informazioni; cooperare e comunicare ad altri pubblici.

Da ciò si deduce che la capacità di comprensione, che si vuole instaurare nei giovani, richiede di creare una cultura dove è possibile ricercare problematiche in spazi non comuni, raccogliere informazione e applicare soluzione cercando di collaborare il più possibile. Fattori fondamentali, che non possono essere trascurati, per il progresso e l'innovazione sono la creatività e l'immaginazione. Bisogna fare in modo che le abitudini mentali sostengano tali caratteristiche. Per far ciò, è importante che gli studenti utilizzino gli strumenti tecnologici per manifestare le proprie idee, per testarle e per trasmetterle ad altri. Elaborando queste idee e le abilità "FITness" è possibile rivedere le competenze che si cercano di promuovere negli studenti, creando così ponti tra l'apprendimento scolastico e la preparazione per un futuro posto di lavoro. Le competenze in questione sono:

- Collaborazione. Lavorare e cooperare con colleghi in locale o da remoto con lo scopo di risolvere problemi.
- Navigazione dei dati. Riconoscere le fonti e dati pertinenti per poi raccogliarli, analizzarli e applicarli.
- Sistemi complessi. Incrementare la comprensione e la gestione di soluzioni in contesti complessi.
- Innovazione. Uso della creatività e dell'immaginazione con lo scopo di offrire idee innovative, nuove tecnologie e soluzioni.
- Costruzione. Costruire e testare idee e tecnologie.
- Comunicazione. Comunicare soluzioni e innovazioni a un pubblico eterogeneo.

Tali competenze non sono altro che gli scopi per l'implementazione di tecnologie innovative, tuttavia queste sono guidate da determinati principi di progettazione affinché gli obiettivi siano raggiunti. Tali principi rappresentano i ponti che collegano:

- L'istruzione scolastica e la vita extrascolastica degli studenti;
- Gli interessi degli studenti e gli obiettivi degli educatori;
- Le esperienze degli studenti (i media) e le culture accademiche e scientifiche;
- Gli attuali studenti e i professionisti che potrebbero diventare;
- Dove si trovano ora le scuole e guidarne verso nuove direzioni.

Il TEP<sup>3</sup> afferma che ci sono state tre innovazioni tecnologiche che hanno completamente stravolto la vita di tutti i giorni degli studenti: il social computing, il mobile/wireless computing e i videogiochi.

I primi comprendono la IM (messaggistica istantanea) attraverso un computer o un dispositivo mobile e può includere la condivisione di dati utilizzando reti Peer-to-Peer. Gli studenti usano tale strumento poiché risulta essere assai vantaggioso per collaborare in tempo reale e per condividere informazione.

L'informatica mobile e wireless è come se inglobasse il social computing in quanto uno dei suoi innumerevoli usi è proprio la messaggistica istantanea. Gli studenti fanno uso di questa tecnologia per organizzarsi, per incontrarsi, ma anche per scambiarsi le risposte di nascosto durante i test o gli esami.

Anche i videogiochi fanno parte delle due innovazioni precedenti, infatti molti studenti hanno installato su i loro dispositivi giochi oppure posseggono console distinte. In realtà i videogiochi sono da sempre visti più che come una distrazione che fa perdere la concentrazione, gli studenti infatti preferiscono giocare piuttosto che studiare. Tuttavia di recente è nato un interesse per il valore educativo che i videogiochi riescono ad offrire, i giocatori riescono a sviluppare abilità che con i tradizionali strumenti educativi non sarebbero possibili. I videogiochi hanno assunto la concezione di buon design didattico; riescono a mantenere l'interesse dell'utente, insegnano abilità inusuali e mettono a disposizione una serie di problemi che devono essere risolti per continuare la storia.

---

<sup>3</sup>Teacher Education Program del MIT, programma che si concentra sulla ricerca e sullo sviluppo di simulazioni e giochi educativi basati su computer per formare studenti e insegnanti della scuola primaria e secondaria



La tecnologia continua a crescere e a essere sempre più sofisticata, introducendo nuove scoperte anche nel campo dell'apprendimento. La tecnologia AR permette lo studio in situazioni complesse realistiche e ciò permette allo studente di immergersi e percepire il problema come se fosse vero. L'AR definito in questo modo, spesso comprende un ampio spettro di tecnologie: si parte dalle versioni "leggere", ovvero quelle che fanno più uso del contesto reale e optano per un semplice display che rappresenta la controparte virtuale; le versioni "pesanti", hanno una percentuale maggiore di informazioni virtuali e fanno uso di HDM. Tale tecnologia può anche fornire agli studenti l'opportunità di sviluppare competenze informatiche: collaborazione tramite computer, condivisione di informazioni e l'analisi di sistemi complessi.

I focus sull'educazione scientifica sono: richiesta di apprendimento basata sull'indagine, sviluppo di abilità per il pensiero sistemico, utilizzo degli strumenti e delle tecnologie e creazione di indagini scientifiche che riflettano la comprensione attuale. Gli attuali studi in scienze cognitive sostengono che gli studenti riescono ad essere concentrati e apprendo meglio in contesti costruttivi, collaborativi, interattivi e cercando di contestualizzare il più possibile rispetto a una classe tradizionale.

Il passaggio da un'economia con focus industriale ad una basata sulla conoscenza ha comportato la formazione di studenti con competenze differenti. Per valutare l'efficacia delle nuove tecnologia, bisogna in primis valutare la preparazione che riescono ad offrire. Bisogna controllare se tali strumenti migliorino le capacità aritmetiche e se aiutano al raggiungimento degli obiettivi, ovvero promuovere: la cooperazione, l'innovazione, la costruzione, la comunicazione, la capacità di navigare nei dati e la comprensione di sistemi complessi. Se la tecnologia implementata riesce a raggiungere tali obiettivi il divario tra l'esperienza in classe e il mondo esterno potrebbe assottigliarsi sempre di più.

## **4.2 Prodotti immersivi per la didattica**

In base a quello che è stato appena affrontato, sono riportate di seguito tre tecnologie immersive che hanno scopi prettamente didattici ed educativi. Per ognuna sono

state riportate delle recensioni di determinati utenti per evidenziare i vantaggi e gli svantaggi.

### 4.2.1 zSpace

Fin dal suo inizio, zSpace, Inc[21]. si è concentrata su esperienze coinvolgenti ed è uno dei principali fornitori di servizi educativi nel Metaverso; i loro prodotti permettono alle persone di interagire con oggetti simulati in un ambiente virtuale come se fosse reale. La piattaforma di realtà aumentata offre esperienze di apprendimento pratico e all'avanguardia per migliorare le prestazioni in discipline come la scienze e la matematica oppure per supportare l'istruzione professionale e tecnica. Oltre 3.000 distretti scolastici, centri tecnici e college utilizzano zSpace per fornire un accesso equo all'istruzione a milioni di studenti che si preparano all'università e alla carriera. zSpace, fondata nel 2007, ha più di 70 brevetti e ha sede a San Jose, in California. L'azienda è stata riconosciuta come "Cool Vendor" da Gartner, Inc., "Best in Show at ISTE" per tre anni consecutivi da Tech & Learning Magazine e si è classificata per due anni consecutivi nell'elenco Inc. 500 delle aziende in più rapida crescita. Il 29 Novembre 2011, zSpace annunciò il lancio del suo prodotto di punta presso l'Autodesk University.

#### All-In-One

Il primario dispositivo messo sul mercato è costituito da un monitor LCD da 24" 1920x1080 funzionante a 120Hz; è necessario che funzioni a quella velocità in modo che ogni occhio veda un movimento regolare, 60Hz ciascuno. Il nome scelto dall'azienda è AIO, ovvero All-In-One[22].

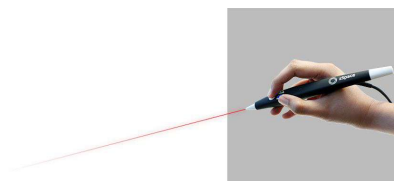
Il monitor è montato su un supporto, inclinato verso l'alto di 30 gradi circa. Inoltre è costituito da tre parti: (i) uno speciale LCD da 24 pollici; (ii) una scheda di sistema interna che gestisce il tracciamento e l'interazione; (iii) un software che effettua un numero limitato di chiamate all'applicazione.



**Figura 4.7:** Dispositivo AIO di zSpace, vista frontale.

Guardando il monitor, si può vedere il modello come se fosse un'immagine 3D; l'utente ha la possibilità di lavorare all'interno o sull'immagine stessa. L'azienda, con i beta tester, ha scoperto che chi utilizza software come Maya<sup>4</sup> tende a lavorare più vicino allo schermo; invece, quelli che usano il CAD (computer-aided drafting) tendono a lavorare più lontano da esso. Basandosi sui risultati di tale ricerca è stato ideato uno stilo ad hoc. Per determinare la sua posizione rispetto allo schermo, lo stilo dispone di sensori ottici e inerziali, come un accelerometro e un giroscopio, che consentono di tracciarne il movimento in tre dimensioni.

L'utente<sup>5</sup> si serve dello stilo per "afferrare" parti dell'immagine virtuale di fronte a se e spostarle nello spazio 3D. Gli stili hanno tre pulsanti: quello principale seleziona gli oggetti, gli altri due sono definibili dall'utente. Per lo spostamento degli oggetti, il primo modello non ha feedback tattili, piuttosto lo stilo emette un raggio che può afferrare oggetti 3D e trascinarli in giro. In realtà, non vi è alcun laser all'interno della penna, è il display LCD a creare l'illusione del raggio ai fini dell'interfaccia utente.



**Figura 4.8:** Stilo di zSpace.

<sup>4</sup>software di computer grafica 3D, originariamente sviluppata dalla software house Alias, il prodotto è stato acquistato da Autodesk nel 2006

<sup>5</sup>[www.fastcompany.com/1670251/zspace-a-real-holographic-display-worthy-of-iron-man](http://www.fastcompany.com/1670251/zspace-a-real-holographic-display-worthy-of-iron-man)

L'immagine 3D è visibile attraverso un paio di occhiali polarizzati passivi (ogni occhio vede 60 fotogrammi di contenuti leggermente diversi al secondo, creando l'illusione di tre dimensioni). Questi non sono occhiali LCD con otturatore e quindi non necessitano di cavi o batterie. Ma gli occhiali hanno anche un altro scopo. Oltre a mostrare immagini diverse per ogni occhio, creando così l'illusione della percezione della profondità; dispongono di marcatori che riflettono la luce infrarossa. L'innovazione sta proprio nella presenza di punti di tracciamento incorporati nelle montature degli occhiali. Ciò consente alle telecamere integrate nel display di tracciare il movimento della testa dell'utente<sup>6</sup>, in modo particolare degli occhi, mentre cambia il suo punto di vista. In questo modo l'immagine è modificata dinamicamente in relazione alla vista dell'utente.



**Figura 4.9:** Tracked Glasses di zSpace.

Il tablet ha una coppia di sensori ampiamente distanziati che tracciano gli occhiali, cioè riproducono la geometria 3D in tempo reale mentre l'utente guarda intorno al modello. In questo modo i modelli 3D risultano fluttuare sullo schermo o fuoriuscire dallo schermo stesso. La tecnica che permette questa tipologia di "illusione" è stata definita dall'azienda con il termine "Virtual Holographic 3-D".

Questo primo kit per sviluppatori lanciato sul mercato costava 6.000 dollari. Si collegava a un PC utilizzando il connettore DVI o HDMI su una scheda grafica con capacità stereo di nVidia o AMD/ATI, ma funzionava anche su una nVidia Quadra 1800. L'attenzione iniziale era sui mercati del design del prodotto e dell'animazione, tuttavia c'era l'intenzione di estenderlo anche nel GIS e nella medicina.

---

<sup>6</sup>[www.technologyreview.com/2012/12/18/181087/a-display-that-makes-interactive-3-d-seem-mind-bogglingly-real/](http://www.technologyreview.com/2012/12/18/181087/a-display-that-makes-interactive-3-d-seem-mind-bogglingly-real/)

### Original Edition Laptop

Nel 2018, l'azienda presentò il suo nuovo prodotto combinando elementi di realtà aumentata e realtà virtuale in un'unica piattaforma, si trattava di un laptop: "Original Edition (OE) Laptop". Il mercato questa volta era rivolto a studenti, educatori e fornitori di servizi sanitari[23].

Il laptop ZSpace infatti fu progettato per essere una soluzione all-in-one per le scuole e le aziende di formazione, l'obiettivo principale era offrire un accesso completo e facile a contenuti di realtà mista. È stato combinato un laptop ragionevolmente potente con una tecnologia dello schermo specializzata, occhiali per il tracking della testa e un software su misura.

Il laptop ZSpace offre un'APU AMD dual-core A9-9420, con prestazioni decisamente più scarse rispetto all' APU Ryzen, ma si tratta comunque di una macchina incentrata sull'educazione, quindi la scelta è stata più che ponderata. È combinato con 8 GB di memoria DDR4 e SSD da 256 GB per operazioni veloci. Il chip grafico è quello integrato nell'APU ed è basato sulla tecnologia Radeon R5 di AMD.

Lo schermo specializzato è un display da 15,6 pollici con una risoluzione 1080p. Se abbinato agli occhiali polarizzati circolari offre funzionalità di visualizzazione tridimensionale senza requisiti hardware aggiuntivi. Il sistema operativo è Windows 10 e ha una varietà di connettori, tra cui un paio di porte USB-A 3.0, un'uscita HDMI, una singola porta USB-C per la ricarica, una porta di input dello stilo e uno slot di sicurezza Kensington[24].



**Figura 4.10:** Dispositivo OE di zSpace, vista frontale.

Il dispositivo per poter garantire all'utente la percezione della profondità è accompagnato dai Tracked Glasses, costituiti da una montatura in metallo. Oltre a questi, l'azienda ha messo a disposizione un'altra tipologia di occhiali, i Follower Glasses, con l'intento di consentire a un'altra persona di partecipare all'esperienza.

Lo stilo zSpace è tenuto come una penna. Con 6 gradi di libertà, gli utenti possono ruotare il polso in modo naturale quando raccolgono ed esaminano oggetti. I pulsanti della penna eseguono azioni diverse a seconda dell'applicazione aperta. Gli utenti tuttavia possono utilizzare il mouse per altre applicazioni Windows<sup>7</sup>.

Per massimizzare l'esperienza in aula, zSpace ha ideato anche articoli aggiuntivi da abbinare ai laptop. È fondamentale, durante una lezione o corso che i computer portatili siano più attivi possibili, tuttavia l'alimentazione a batteria risulta essere un limite. Per questo motivo l'azienda ha presentato un carrello di ricarica a 24 o 36 slot. Tali carrelli includono uno storage chiudibile per le periferiche del laptop, slot orizzontali per un accesso semplificato e una riduzione dell'usura, grandi ruote industriali da 6 pollici e un sistema di ricarica intelligente. Sempre per il medesimo scopo di prolungare l'autonomia dei laptop, zSpace fornisce batterie esterne e stazioni di ricarica.

### **Inspire Augmented/Virtual Reality Laptop**

Il 25 gennaio 2022 gli esperti e gli ingegneri di zSpace hanno annunciato il lancio del laptop - Inspire Augmented/Virtual Reality (AR/VR)<sup>8</sup>.

Su Inspire è disponibile un'ampia gamma di corsi STEM, di biologia, di chimica e di CTE (Career and Technical Education), tra cui agroscienza, edilizia, scienze della salute, informatica, produzione, trasporti/carburanti alternativi, nonché applicazioni per eSport (competizioni di videogiochi di livello agonistico e professionistico), modellazione, e simulazione. L'apprendimento di queste abilità con la potenza della realtà aumentata e virtuale di zSpace Inspire dà vita all'istruzione, consentendo agli studenti di comprendere meglio concetti difficili da visualizzare e di esercitarsi a

---

<sup>7</sup><https://cornershop-immersion.com/en/3d-glasses/58-zspace-original-edition-pc-portable-laptop.html>

<sup>8</sup><https://www.prnewswire.com/news-releases/zspace-launches-new-inspire-editions-to-the-zspace-learning-station-family-301467524.html>

navigare in situazioni che sarebbero troppo difficili, impossibili, controproducenti o troppo costose nel mondo reale.

Gli ultimi laptop Inspire si basano su Windows e includono un display ad alta fedeltà, una funzionalità Pantone 4K, una CPU per il design e gli eSport, uno stilo di feedback tattile e sensori di tracciamento ottici. Inspire LS è stato concepito per essere utilizzato sempre e ovunque, ciò vuol dire che gli studenti possono lavorare in sede, a distanza o in un ambiente di apprendimento ibrido.



**Figura 4.11:** Dispositivo Inspire di zSpace, vista frontale.

L'innovazione maggiore che l'azienda ha apportato al suo dispositivo è l'assenza dell'HDM. Eliminando la necessità di occhiali, gli studenti possono interagire più facilmente con i contenuti 3D. L'assenza dei Tracked Glasses è stata possibile grazie alla tecnologia 3D stereoscopica, che utilizza una lente ottica speciale integrata nello schermo, insieme alla tecnologia di tracciamento oculare. Questo crea una serie di immagini per ciascun occhio che vengono proiettate direttamente attraverso lo schermo. Nessuno dei dati dei movimenti di tracciamento oculare viene conservato e viene utilizzato solo al momento per creare un rendering accurato del contenuto 3D.

La recensione del prodotto "All-In-One" è stata tratta dalla testata statunitense Tom's Hardware<sup>9</sup>. Nel 2013, il giornalista che ha curato l'articolo, Kevin Parrish, ha partecipato al GTC a San Jose ed ha avuto la possibilità di utilizzare il monitor che zSpace Inc ha messo in esposizione. Ha provato una demo particolare che presentava un cuore umano in 3D, si trattava dell'applicazione "Anatomy". Infatti l'organo era poggiato su un piatto bianco, sullo schermo dunque, battendo come se fosse vivo e

---

<sup>9</sup><https://www.tomshardware.com/news/zSpace-zStation-Polarized-Passive-3D,21684.html>

pompando sangue attraverso le arterie. L'utente ha potuto afferrarlo con lo stilo e posizionarlo fuori nello spazio virtuale, come se fluttuasse a mezz'aria. La percezione della vitalità dell'immagine 3D non era data solo dalla visione attraverso gli occhiali polarizzati, ma anche dal feedback dello stilo. Inoltre con l'utilizzo di quest'ultimo, se si cliccava su una texture che copriva la parte anteriore di una camera, c'era la possibilità di visitare l'organo internamente. Oltre alla visualizzazione interna, era possibile la visuale completa di tutti i lati del cuore e si poteva vedere più da vicino le valvole dall'interno e dall'esterno. Il giornalista apre una parentesi per quanto riguarda l'innovazione tecnologia e quanto sarebbero utili tali strumenti negli studi medici. Infatti potrebbe risultare molto più facile capire qual è il problema di un paziente così da poterlo risolvere in tempi più veloci. Inoltre le informazioni possono viaggiare da un ospedale ad un altro e visualizzate contemporaneamente da più esperti in modo da risolvere il problema anche se la distanza non lo permette. Oltre al cuore, sono state testate altre demo: impilare una serie di blocchi, progettare una casa e visualizzare ogni stanza, apportare modifiche a un'auto. Tuttavia la grafica non è stata valutata con il massimo dei voti, in quanto non era del tutto realistica, il giornalista l'ha definita "credibile" tanto che il 3D si è portato in primo piano facendo dimenticare la presenza di texture semplicistiche. Appunto l'effetto 3D ha offerto un livello di immersione che resta fedele al campo visivo di chi utilizza il dispositivo, si adatta perfettamente alla postazione dell'utente, se è seduto o in piedi. Riprendendo la demo del cuore, era possibile tener fermo l'organo utilizzando la penna e spostarsi per orbitare intorno ad esso; dunque anche la tecnologia di tracciamento della testa è stata implementata al meglio così da poter mantenere l'oggetto 3D nello spazio. Come ultimo punto della recensione, si riflette sull'utilizzo del prodotto anche in altri campi oltre quello medico, ad esempio nella branca dell'animazioni, della modellazione 3D o per l'istruzione.

Per la recensione del modello "Original Edition Laptop" è stato nuovamente preso in considerazione il punto di vista della testata Tom's Hardware <sup>10</sup>. Il giornalista Scharon Harding avverte i lettori che il laptop è stato implementato con lo scopo di ampliare le modalità di istruzione attraverso l'uso di AR e 3D. Tuttavia è stato fatto

---

<sup>10</sup><https://www.tomshardware.com/reviews/zspace-vr-laptop-education,6129.html>



notare che l'implementazione VR è molto scarsa: infatti l'utente non si immerge in un mondo virtuale, piuttosto interagisce con gli oggetti 3D che si trovano all'interno del proprio spazio reale. Quindi l'utente che utilizza il laptop continua a vedere il mondo reale, ma si sente troppo preso dall'esperienza AR e dagli oggetti 3D che potrebbe dimenticarsi il luogo in cui si trova. Il giornalista ha sperimentato un paio di programmi come "Human Anatomy Atlas" e "GTAFE Virtual Auto Mechanic". La prima applicazione mette a disposizione la visualizzazione di diverse parti del sistema scheletrico, nervoso, circolatorio e muscolare e altri apparati, tutti rigorosamente in 3D. Ruotare diverse parti del corpo e ingrandire determinati punti per poter osservare al meglio i dettagli è una possibilità unica e interessante, i libri di testo o i documentari infatti non riescono a fornire la stessa impressione. Continuando sempre la discussione prendendo sotto esame "Human Anatomy", è stato affermato che gli oggetti, per quanto sembrassero 3D, non tutti potevano essere trascinati fuori dallo schermo. Ad esempio il giornalista racconta di aver avvicinato molto determinati oggetti alla sua faccia, ma gli occhiali hanno portato problemi rivelando una visione doppia, tanto da dover chiudere un occhio per poter vedere in maniera corretta. A quanto pare però questo bug può essere facilmente risolto, cercando di trascinare nella maniera più lenta possibile gli oggetti così che la messa a fuoco sia graduale. Il monitoraggio non ha alcuna pecca, lo schermo risponde bene ai movimenti e alle inclinazioni della testa così da mostrare all'utente la prospettiva giusta. L'altro software che è stato testato è "GTAFE Canine Anatomy VR Training", il task consiste nel sezionare un cane in modo PETA-friendly (questa attività non è mai stata sperimentata). Tale programma è risultato più impressionante del primo in quanto gli organi sembravano davvero trovarsi dinanzi all'utente, ad ogni modo anche qui è stato riscontrato il bug della visione doppia. Ancora è stato testato "GTAFE Virtual Auto Mechanic", che permette di compiere riparazioni auto usando lo stilo. Per quanto riguarda il display, riesce ad adattarsi alla modalità 3D a quella normale, passando da una all'altra senza alcun problema; questo viene compiuto nel momento in cui gli occhiali sono spostati fuori dalla portata dei sensori. Ciononostante la transizione dell'utente non è stata molto piacevole, ha percepito un senso di nausea dopo aver provato le varie demo e aver guardato lo schermo del laptop. Il senso di disgusto potrebbe durare pochi minuti o potrebbe perdurare, non è un aspetto da trascurare.

La recensione procede prendendo sotto esame i vari aspetti del prodotto nel caso in cui venga utilizzato come un semplice PC regolare. In particolare è stato analizzato lo schermo, la tastiera, touchpad e lo stilo AR, le prestazioni, l'audio, la batteria e la webcam. Per quanto riguarda le considerazioni finali, il laptop compie effettivamente il suo obiettivo, ovvero portare AR e 3D nel campo dell'istruzione. La presenza del tracciamento integrato sta ad indicare che risulta facile l'interazione con gli oggetti, ed è questo a rendere l'apprendimento più divertente e coinvolgente. Tale tecnologia potrebbe facilitare le lezioni pratiche delle discipline all'interno degli istituti scolastici, ma il giornalista afferma che non vede come possa essere più educativo rispetto ad altri software che non utilizzano AR. Il rischio di nausea e la visione doppia indicano che i metodi tradizionali di apprendimento sono più semplici e sicuri da utilizzare rispetto a questa nuova tecnologia. In ogni caso, sicuramente i software 3D su zSpace sono uno strumento educativo decisamente più divertente rispetto ad una lettura o ad una visione di immagini.

### **Relazione tra percezione e sviluppo cognitivo**

La ricerca presente nel Journal of Science Education and Technology[25], che ha utilizzato proprio le tecnologie offerte dall'azienda zSpace, è stata condotta per esplorare qualsiasi potenziale relazione tra la percezione della presenza degli studenti e il loro livello di sviluppo cognitivo, durante l'utilizzo di tecnologie VR emergenti nell'aula di scienze K-12<sup>11</sup>.

Con percezione della presenza si fa riferimento alle percezioni di controllo, distrazioni e realismo; mentre lo sviluppo cognitivo, in particolar modo quello piagetiano, prevede la classificazione, la conservazione, le immagini, le relazioni e le leggi. Per campionare gli studenti, sono stati selezionati due livelli scolastici in base ai livelli di sviluppo cognitivo di Piaget [26]: (i) 6a classe, bambini probabilmente nella fase operativa concreta; (ii) 9a classe, adolescenti probabilmente nella fase operativa formale. Ad ogni partecipante sono state assegnate quattro sessioni di 30 minuti per utilizzare il sistema zSpace. Durante ogni sessione, gli studenti sono stati in grado di ascoltare i

---

<sup>11</sup>K-12 è un termine utilizzato nell'istruzione negli Stati Uniti, in Canada e in altri paesi. È una forma abbreviata per i voti scolastici sostenuti pubblicamente prima del college: K rappresenta la scuola materna e 12 vuol dire che va dal primo al dodicesimo grado.

suoni del VRE, visualizzare oggetti 3D completamente renderizzati e controllare il VRE muovendo la testa per manipolare la prospettiva, nonché trascinare, ingrandire e ruotare gli oggetti 3D utilizzando il loro stilo in tempo reale.

L'obiettivo di questa ricerca è esaminare in che modo lo sviluppo cognitivo influenzi le percezioni di presenza degli studenti per le esperienze nella tecnologia 3D, HE, VR per la scienza. Dall'analisi si deduce che i bambini possono sperimentare una presenza virtuale differente rispetto agli adulti e alle loro controparti adolescenti, ciò è dovuto all'incapacità cognitive di autovalutare l'ambiente stimolato rispetto alla realtà fisica. Lo studio ha anche rilevato che le sensazioni ridotte della presenza virtuale sono correlate ai livelli di sviluppo cognitivo dei partecipanti, in particolare nei domini del pensiero spaziale, del ragionamento e della comprensione. Ciò dimostra che è necessaria un'ulteriore ricerca che colleghi le abilità spaziali alle percezioni di presenza in una gamma di età e gruppi demografici. Ancora, se gli studenti che non sono capaci, dal punto di vista cognitivo, di valutare la realtà, possono sperimentare un profondo senso di presenza immersiva. I ricercatori che hanno lavorato a tale studio hanno dimostrato quindi che la presenza segnalata dagli utenti può variare in base al livello di sviluppo cognitivo degli utenti (dal 6° al 9° grado) e dalle misure dello sviluppo cognitivo piagetiano.

La tecnologia di zSpace<sup>12</sup> è adatta a studenti di tutte le età, dai bambini dell'asilo a studenti di medicina. Tutti i dispositivi dell'azienda sono costituiti dalla caratteristica base delle tecnologie AR: gli utenti possono manipolare gli oggetti lontano dallo schermo. Questo fa in modo che l'utente abbia la sensazione di avere un rendering 3D dinanzi a se creando così una nuova esperienza di apprendimento e incoraggia gli studenti a pensare ed esplorare. Il VR, invece, permette che un oggetto possa essere visualizzato da qualsiasi angolazione con il semplice movimento della testa. In questo modo uno studente riesce a vedere più nel dettaglio ogni lato dell'oggetto. zSpace offre anche la simulazione della percezione della profondità, combinando AR e VR, e questo aiuta a stimolare l'illusione e coinvolge ulteriormente lo studente. Gli HDM non sono ingombranti, anzi lo stilo è stato progettato proprio per offrire la massima intuitività e risulta essere parte della mano dell'utente. L'azienda offre una varietà di

---

<sup>12</sup>[www.dataprojections.com/products/augmented\\_reality\\_versus\\_virtual\\_reality/zspace](http://www.dataprojections.com/products/augmented_reality_versus_virtual_reality/zspace)

contenuti interessanti per la didattica. Mette a disposizione materiale per gli studenti K-12, che vanno dalla formazione artistica alle lezioni scientifiche e più tecniche. Non è da sottovalutare la presenza di lezioni di medicina che supportano notevolmente la preparazione degli studenti di questa branca; l'Atlante di anatomia umana è un'immagine perfetta dove è possibile esplorare più di 4.600 strutture atomiche in ogni angolazione. zSpace offre supporto anche per il miglioramento delle competenze professionali. Grazie alla moltitudine di contenuti, zSpace è stato adottato in molti distretti scolastici che hanno notato un coinvolgimento maggiore degli studenti. La tecnologia tuttavia trova un grande limite nell'elenco dei software che riesce a supportare. Le migliori schede grafiche, come Nvidia e ATI sono fondamentali perché sono loro ad occuparsi del rendering, mentre i dispositivi di zSpace hanno il compito principale di tracciare testa e stilo.

### **4.2.2 ENGAGE XR**

David e Sandra Whelan nel 2014 hanno avviato ENGAGE XR Holdings[27]. Ai tempi la società era conosciuta con il nome "Immersive VR Education" e si incentrava prettamente sui casi d'uso educativi della VR usufruendo di una piattaforma di comunicazione virtuale per l'istruzione denominata "ENGAGE". Durante i primi anni l'azienda ha riscosso molto successo dovuto al rilascio di vari titoli popolari come Apollo 11 VR, Titanic VR e BBC Berlin Blitz. Nel 2019 è stata rilasciata la versione 1.0 di ENGAGE e dopo questo aggiornamento la società irlandese ha iniziato ad aprirsi una porta nel campo dell'istruzione, inserendo gli studenti nella loro lista di clienti. ENGAGE è stato utilizzato nell'Università di Oxford e nella Stanford University, e ciò gli ha permesso un certo slancio sul mercato delle tecnologie immersive nel settore educativo. Nel 2020, l'azienda è stata contattata dall'HTC, quest'ultima avrebbe dovuto tenere una conferenza fisica in Cina ma a causa della chiusura globale dovuta al virus COVID ciò non è stato possibile. ENGAGE gli ha permesso di poter organizzare un evento immersivo: sono riusciti a connettersi, grazie all'utilizzo di hardware VR, circa 2000 utenti provenienti sia all'interno che all'esterno della Cina; oltre i partecipanti immersi nel mondo virtuale vi erano 1 milione di spettatori che assistevano in streaming all'evento. Sono presentati di seguito alcuni giochi di

simulazione che ENGAGE ha sviluppato durante gli anni, grazie a questi prodotti l'azienda ha riscontrato un enorme successo.

### **Apollo 11 VR**

Il videogioco di simulazione Apollo 11 VR narra la storia del più grande viaggio che l'umanità abbia mai compiuto; gli eventi in questione hanno avuto luogo tra il 16 luglio e il 24 luglio 1969. Può essere considerato come un particolare tipo di documentario dove l'utente, immerso nella realtà virtuale, può pilotare il modulo di comando, far atterrare il lander lunare e esplorare la superficie della Luna.



**Figura 4.12:** Scena del videogioco in cui gli astronauti raggiungono la superficie lunare.

Il senso di presenza che l'utente sperimenta all'interno di questo viaggio è dovuto specialmente all'enorme cura dei dettagli a cui hanno lavorato i progettisti di Apollo 11 VR. Suggestive sono le voci delle persone nella stazione spaziale e dei famosi astronauti protagonisti di questo importante evento storico. Il team di sviluppo ha lavorato alla creazione di un mix di audio e video d'archivio originali, chiaramente con un lavoro preliminare di restauro e pulizia, accompagnati da colonne sonore, in sottofondo, suggestive ed emozionanti. L'esperienza immersiva contribuisce ad istruire lo studente arricchendo la sua conoscenza con dettagli che saranno a lungo ricordati proprio perché sono stati visti con gli occhi di chi effettivamente ha vissuto quella situazione. Contribuirà inoltre a coltivare l'empatia e l'umanità dello studente, educandolo a rispettare gli uomini e le donne che hanno lavorato duramente al programma Apollo nell'era d'oro della NASA.

Il documentario ha inizio con un retroscena: si presentano nomi, motivi e date relative al viaggio dell'Apollo 11 sulla luna. L'ambientazione dove si svolge è una stanza

moderna dove i muri sono arricchiti con poster spaziali e sul tavolino vi è un giornale con l’etichetta “viaggio nello spazio”. Dinanzi l’utente vi è un televisore che proietta un discorso di John F. Kennedy che annuncia le intenzioni dell’America di mandare un uomo sulla luna. Al termine del discorso del presidente, inizia a tutti gli effetti il viaggio virtuale sulla luna. L’utente è teletrasportato all’interno della stazione spaziale, precisamente nel momento in cui il razzo veniva preparato per il decollo. Una volta terminate tutte le procedure, è il momento della partenza: l’utente si trova ora in un ascensore per arrivare alla cabina di comando insieme al comandante Neil Armstrong. All’interno del razzo, una volta posizionati i viaggiatori, inizia un conto alla rovescia che partiva da due minuti; il tutto accompagnato da una voce radiofonica che comunica i dettagli della partenza e quanto manca. Tale voce sarà presente tutto il periodo del viaggio, dando l’impressione di essere connessi ancora alla Terra che è stata appena lasciata.



**Figura 4.13:** Scena del videogioco in cui l’utente si trova all’interno della cabina di pilotaggio.

La cabina è tappezzata di pulsanti di controllo e vi sono soltanto tre piccole finestre. Mentre continua il conto alla rovescia, il razzo inizia ad accendersi e, nel momento in cui mancano esattamente 10 secondi, inizia il decollo. Le piccole finestre mostrano inizialmente le nuvole che vengono oltrepassate, poi i cieli limpidi di un azzurro chiaro, poi di un blu reale ed infine un cielo completamente nero. Se l’utente si affaccia è in grado di veder ancora la silhouette della Terra, ma oltre quella il razzo si trova da solo immerso in mezzo alle stelle. All’interno dell’ambiente vi è anche una penna da scrittura che ha iniziato a fluttuare, con questo piccolo dettaglio il team di sviluppo ha dimostrato che la gravità era cambiata e che quindi l’utente si trovava effettivamente nello spazio. Passano intanto quattro giorni virtuali e si inizia a vedere

la luna da lontano. Vi è un cambio di visuale in cui si vede il lancio del razzo per l'atterraggio dopodiché il punto di vista dell'utente ritorna all'interno della cabina. C'è un ennesimo conto alla rovescia che indica ai viaggiatori che si è atterrati sulla luna, l'utente ha la possibilità di osservare dal finestrino il paesaggio, settare i controlli e stabilizzare il razzo; ciò ha reso la sensazione di presenza ancora più realistica. Il punto di vista passa di nuovo all'esterno del razzo dove si è spettatori dell'uscita di Neil Armstrong che inizia a fare i suoi primi passi sulla superficie lunare. Si ascolta poi la conversazione del comandante con la stazione in cui racconta di quanto sia meravigliato di trovarsi sulla luna e di quanto sia bella l'atmosfera. L'ultima scena prima della conclusione dell'esperienza è Neil Armstrong che posiziona la bandiera americana sulla superficie lunare.

Passiamo alla recensione del prodotto offerto da ENGAGE. Le valutazioni sono state prese da Precious Hinton che ha scritto sul portale VR Voice<sup>13</sup> e da Common Sense Education<sup>14</sup>, sito che fornisce a educatori e studenti linee guida sulle tecnologie per l'apprendimento. La storia è molto emozionante e travolgente, tuttavia per passare da una scena ad un'altra è necessaria una fase di loading che risulta essere molto lunga. Questo quindi potrebbe scocciare l'utente e provocargli un senso di noia che porterebbe a compromettere l'esperienza di coinvolgimento.

La grafica ha riscosso un punteggio eccellente, l'utente percepisce davvero di trovarsi in un viaggio spaziale; ovunque giri la testa non ci sono bug o scene incomplete. Apollo 11 VR è concepito come un gioco di simulazione, tuttavia vi è molto poco di "giocabile", nella maggior parte del tempo bisogna solo guardare quello che accade. Le componenti interattive del gioco riguardano l'attracco del modulo di controllo e l'atterraggio del modulo lunare; queste parti risultano essere molto impegnative da completare, d'altronde si tratta pur sempre dell'atterraggio sulla luna, renderlo facile poteva compromettere la realtà dell'esperienza. Anche l'interfaccia utente non è eccellente: il sistema interagisce con l'utente ponendogli domande tipo "sei pronto partner?", ma non consente di utilizzare controller per interagire e quasi tutte le conversazioni erano verso Neil Armstrong. Non c'è la possibilità di poter riprodurre

---

<sup>13</sup><https://vrvoice.co/apollo-11-vr-review/>

<sup>14</sup><https://www.common Sense.org/education/reviews/apollo-11-vr>

la scena a partire da un check point, l'utente dovrebbe iniziare il gioco completamente da capo.

Complessivamente Apollo 11 VR è un prodotto ottimo e, nei 30/40 minuti di gioco, offre un'esperienza impressionante in stile cinematografico. Il gioco è stato progettato prettamente per connettersi con la parte emotiva dei giocatori, per questo motivo non ci si sofferma su aspetti fisici, non fornisce formule e non spiega aspetti ingegneristici dei razzi spaziali. Tuttavia la connessione emotiva, che è l'effettivo scopo del prodotto, è così ben fatta che ha un enorme potenziale per creare un terreno fertile per l'apprendimento.

Utilizzato come strumento educativo, gli insegnanti possono scegliere una delle scene come parte iniziale di una lezione e utilizzare Apollo 11 VR come supporto per suscitare curiosità nei loro studenti. Oppure si potrebbe lasciare che gli studenti giocassero in maniera autonoma e dopo accompagnare l'esperienza con insegnamenti di fisica che spieghino tutte le interazioni e le forze in gioco. Se la materia dell'insegnante è storia, invece, il documentario immersivo può essere utilizzato per rafforzare la comprensione degli studenti della corsa allo spazio ed esaminare estratti del potente discorso del presidente Kennedy. All'interno ci sono registrazioni reali e trasmissioni radio che potrebbero essere utilizzate come fonti primarie in altri lavori. Se gli studenti sono più giovani, l'insegnante può utilizzare alcuni dettagli di gioco per iniziare una conversazione, come: il motivo per cui vengono utilizzati i paracadute durante il rientro o perché è necessaria la tuta spaziale. In generale qualsiasi appassionato di spazio può utilizzare l'Apollo 11 VR e scoprirà che avrà un impatto sostanziale sulla loro cultura.

Sono disponibili tre versioni del gioco, tutti offrono la stessa esperienza: Apollo 11 VR, Apollo 11 VR HD e Apollo 11 VR Mobile Experience. La versione HD ha una grafica aggiornata, mentre la versione mobile è la meno impressionante visivamente, inoltre sui dispositivi su cui è stato testato il gioco mobile, la fase di rientro ha bloccato il gioco ogni volta. Sistemare la versione mobile è fondamentale in quanto è quella utilizzata dalla maggior parte delle scuole. Gli studenti che si immergono in questo gioco saranno in grado di apprendere nuove conoscenze e riusciranno ad immedesimarsi con gli ingegneri che hanno affrontato tale viaggio. Però spetta all'insegnante supportare questa opportunità didattiche affinché porti una comprensione



più profonda e un apprendimento di grande impatto. In sostanza tale tecnologia è un ottimo supporto per l'insegnamento, ma non offre alcuna unità o lezioni ufficiali per aiutare gli insegnanti; sarà compito di questi ultimi creare lezioni specifiche basandosi sul videogioco.

## **TITANIC VR**

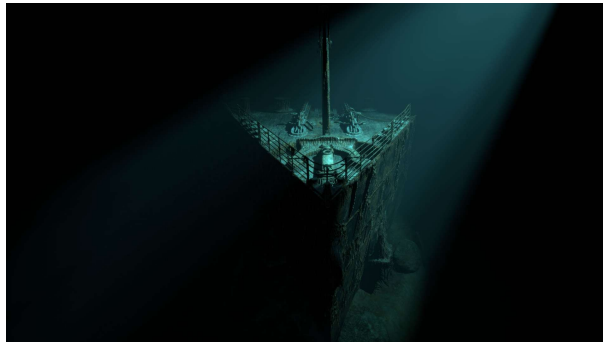
Il secondo progetto di ENGAGE, Titanic VR, è una simulazione dell'affondamento del Titanic<sup>15</sup>; l'esperienza è composta da due grandi sezioni: nella prima parte l'utente si ritrova a vivere la tragedia in prima persona, nella seconda l'utente ha il compito di esplorare il naufragio con nuovissime tecnologie. Sono circa sei ore di gioco, tale simulazione permette di immergersi sul fondo del Nord Atlantico in cui l'utente veste i panni del Dr. Ethan Lynch, professore associato di archeologia marittima presso l'immaginaria Università della Nuova Scozia. Titanic VR, ha come obiettivo far rivivere all'utente la tragedia del Titanic e coinvolgerlo in un'esperienza adrenalinica e straziante. Tale progetto è uno dei migliori esempi di edutainment (intrattenimento educativo) VR, l'azienda è riuscita a rendere, una comune lezione di storia, una coinvolgente ed emotiva sessione VR. Il gioco immersivo è davvero pensato fuori dagli schemi: piuttosto che il solito tour virtuale di un naufragio, gli sviluppatori si sono concentrati prettamente sulla trama. Dopo l'uscita di Apollo 11 VR, ENGAGE è arrivato alla conclusione che i suoi clienti vogliono effettivamente giocare con i suoi prodotti. Di conseguenza è stato sperimentato questo nuovo approccio assai ingegnoso che suscita l'attenzione e la curiosità dell'utente, egli sarà completamente coinvolto durante tutto il gioco.

Il fulcro della storia è la sezione dedicata all'immersione marina per visitare il relitto della nave. Si parte con le missioni subacquee all'interno di un mini-sottomarino. L'osservare per la prima volta il naufragio è uno dei momenti più sorprendenti ed emozionanti. Le missioni che riguardano la parte di ricerca comportano solitamente l'avvicinamento preciso a una certa parte del relitto, quindi è necessario l'utilizzo di un ROV (sottomarino a comando remoto) che è abbastanza piccolo da poter passare in varchi troppo stretti. Tramite tale robot l'utente riesce ad ispezionare aree nel det-

---

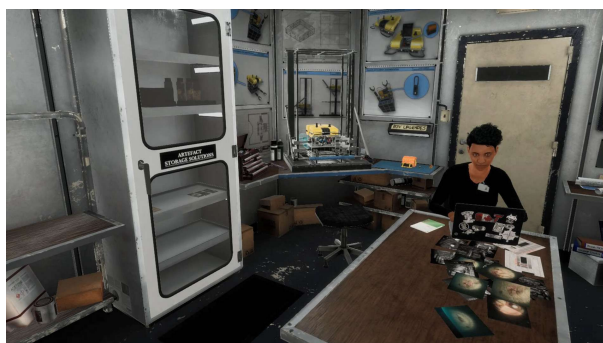
<sup>15</sup><https://uploadvr.com/titanic-vr-review-a-promising-start-for-vr-edutainment/>

taglio e a recuperare oggetti. Una volta completata la missione, si ritorna nel proprio laboratorio di ricerca per analizzare le scoperte. Le missioni durano dai cinque ai dieci minuti, vi è la possibilità di esplorare qualsiasi punto della nave alla ricerca di indizi che mettono insieme gli eventi accaduti quel giorno, una di queste missioni, ad esempio, è decifrare la richiesta di una donna che scrive una biografia per i suoi parenti morti durante il disastro.



**Figura 4.14:** Prima scena del relitto immerso.

Le mansioni all'interno del laboratorio sono semplici e riguardano prettamente l'aggiornamento del ROV per continuare le perlustrazioni o la restaurazione dei reperti, ovvero lavare e liofilizzare gli oggetti trovati, come diari e orologi da tasca. I ritrovamenti svolgono un ruolo importante anche dal punto di vista storico: l'utente "toccando con mano" gli oggetti è come se desse uno sguardo alla vita quotidiana di un tempo, imparando gli usi e i costumi delle persone che erano proprietarie proprio di quei reperti.



**Figura 4.15:** Scena del videogioco, presenta l'interno del laboratorio.

Tuttavia vi sono alcune parti che fanno dimenticare per un po' l'elemento educativo: compiti come fornire l'illuminazione al proprio partner di ricerca oppure seguire

un raro tipo di pesce; potrebbero anche essere state inserite per non rendere troppo pesante la vicenda, il problema è che durano troppo. L'immersione sottomarina del relitto è mescolata con racconti avvincenti di sopravvissuti, presi da interviste reali. Suggestive sono le ambientazioni delle stanze all'interno della nave accasciata sul fondo del mare, tutte ricche di dettagli che riescono a farti perdere completamente nel momento, inoltre divertenti aggiunte visive come meduse pulsanti e piccoli granchi rallegrano volentieri la vista del giocatore.

Altro momento saliente è una parte in cui si viaggia indietro nel tempo fino al giorno stesso della tragedia, per quanto sia priva di interattività è il segmento più potente di Titanic VR. In particolare nella scena l'utente si ritrova seduto su una delle scialuppe di salvataggio per lasciare la nave mentre affonda. Guardando in alto si possono osservare i razzi di emergenza illuminare il cielo; gli NPC nella scena sono nel panico, l'equipaggio, una volta fiducioso dell'affidabilità della nave inaffondabile, ora inizia ad evacuare donne e bambini nelle poche scialuppe di salvataggio rimaste. Il giocatore è invitato a salire su Lifeboat 6 e intanto intorno a se percepisce un'aria di panico generale che provoca sensazioni assai inquietanti, una volta calata in acqua la scialuppa riesce ad allontanarsi abbastanza così da poter far assistere all'utente l'immagine della nave che affonda lentamente. L'interattività difatti non risulta essere una componente così necessaria in quanto solo il semplice fatto di trovarsi in questa scialuppa, circondato da donne e bambini separati dai loro mariti, figli e fratelli, risulta essere già abbastanza angosciante e straziante. L'esperienza colpisce davvero l'animo umano, è un qualcosa di distintamente personale che porta la sofferenza più vicina possibile all'utente, sebbene sono stati risparmiati alcuni dei dettagli veramente raccapriccianti.

Passiamo ora a trattare gli aspetti di Titanic VR più nello specifico, in particolare ci serviamo della recensione di VR Player.fr<sup>16</sup>. Il gioco di simulazione offre un gameplay assai sorprendente: l'utente potrà provare a pilotare un sottomarino dotato di pinze per poter interagire con l'ambiente circostante. Inoltre dal sottomarino la vista esterna è scarsa poiché è presente soltanto un piccolo oblò, tuttavia, come detto in precedenza, c'è la possibilità di utilizzare un ROV per esplorazioni più da vicino. Inoltre il gioco dà la possibilità anche di cambiare vista, da esterno a interno, in modo

---

<sup>16</sup><https://uploadvr.com/titanic-vr-review-a-promising-start-for-vr-edutainment/>

che l'utente possa godersi meglio l'esperienza. Il sottomarino si controlla tramite il DualShock o con il PS Move per una migliore immersione. Il gioco non mostra chissà che difficoltà: se il sottomarino entra in contatto con un pezzo di relitto non ci saranno intrusioni d'acqua nella cabina di pilotaggio, non ci si preoccupa del realismo puramente tecnico in quanto il focus è sull'esplorazione. L'illuminazione gioca un ruolo fondamentale, l'esplorazione è a quasi 4000 metri di profondità e possono accadere vari bug di illuminazione se ci si avvicina troppo a un elemento dello scenario.

Prendendo sotto esame l'esperienza di gioco, in particolare la scena sulla nave che affonda, si può dire che svolgendosi di notte non si vede proprio benissimo dove ci si trova e questo risulta essere molto frustrante. ENGAGE afferma che i character designer hanno modellato oltre 800 personaggi, e la nave è stata ricostruita nei minimi dettagli. Ma nell'esperienza VR non sono mostrati a fondo ne tutti questi personaggi né la nave prima del suo affondamento. Questa situazione invece cambia nella sezione interattiva, la ricostruzione è molto accurata, le trame sono molto precise e la vista subacquea sembra essere abbastanza realistica. Sotto i 4000 metri di profondità non c'è luce e c'è poca vita, tutto quello che si riesce a vedere è solo grazie alla luce delle torce. Ci sono alcune parti grafiche che sembrano essere state inserite per colmare i vuoti, ad esempio vi è la stessa sedia distrutta che si ripresenta in diverse stante, comunque non risulta essere un dettaglio importante per il fine del gioco. L'esplorazione subacquea attira molto l'attenzione, appena entrati all'interno del transatlantico si percepisce una sensazione claustrofobica.

Un grande contributo all'esperienza si deve alla colonna sonora: si capisce che è stato fatto un lavoro accurato sulla scelta musicale e fin dall'inizio riesce a far percepire al giocatore cosa sta per affrontare. Le esplorazioni sono accompagnate da una leggera colonna musicale che rende la situazione meno opprimente. ENGAGE aveva il compito di creare un mix di suoni provenienti dal fondo marino, dal contatto con il metallo, dai tonfi e altri suoni interni del sottomarino. Ancora durante l'esplorazione, se ci si avvicina al pianoforte sembra quasi di poter udire alcune note del passato. Questa piccola cura ai dettagli rende il gioco un'esperienza emozionante, gran parte del lavoro è resa grazie alla scelta musicale che riesce a coinvolgere completamente il giocatore.

L'affondamento del 14 aprile 1912 è deludente. I personaggi sono sproporzionati, così da farti sentire più piccolo di un bambino di 7 anni. Anche il suono della voce è mal impostato, in particolare nel momento in cui la scialuppa scende. Sembra che la scelta di oscurare la scena sia stata fatta con lo scopo di nascondere la grafica datata. Il Titanic non dà l'impressione di essere imponente, questo perché le inquadrature sono o troppo vicine o troppo lontane. Inoltre la scena dell'affondamento dura davvero molto poco (nella realtà ci ha messo circa 2:30 ore), non è un difetto farla durare così poco, ma sarebbe stato opportuno e interessante inserire vari flashback della tragedia, ad esempio il contatto con l'iceberg, l'allagamento nella parte inferiore o la caduta delle ciminiere.

Il gioco intrattiene per qualche ora, ma le missioni risultano ripetitivi quindi non creano alcuna dipendenza. C'è poca possibilità che un giocatori rivisiti il titolo in un secondo momento; per quanto sia un buon gioco educativo e costruttivo, è rivolto prettamente a un pubblico specifico. Le recensioni su Steam accolgono il gioco in maniera positiva. Ma esso non dispone di una traduzione e nemmeno di sottotitoli in inglese o altre lingue. Titanic VR pecca proprio in questo punto, se non si padroneggia la lingua inglese o si conosce davvero poco, l'esperienza dell'utente potrebbe risentirne in quanto perderebbe molte parti salienti. ENGAGE presenta il titolo come un'esperienza formativa, ma non c'è alcun aiuto per persone non udenti o ipoudenti, nemmeno in lingua originale. Ci sono molti giochi che non hanno traduzioni ma il loro Gameplay è universale, purtroppo Titanic VR è pieno di contenuti e di informazioni che restano però inaccessibili a molte persone.

Tutto sommato gli sviluppatori hanno fatto il possibile per rendere il gioco storicamente accurato grazie a testimonianze di sopravvissuti e a un mucchio di ricerche. Titanic VR alla fine riesce a raggiungere il suo obiettivo, ovvero offrire una miglior comprensione della tragedia storica; è un prodotto di edutainment VR ponderato e coinvolgente con alcune idee intelligenti e momenti forti dal punto di vista emotivo.

### BBC Berlin Blitz

Fino ad adesso sono stati presentati due giochi immersivi che ENGAGE ha sviluppato, ora invece è mostrato un esempio di - animazione VR<sup>17</sup> che l'azienda ha creato in collaborazione con la BBC. Nel settembre del 1943, Wynford Vaughan-Thomas, corrispondente di guerra della BBC, salì a bordo di un bombardiere Lancaster insieme a Reg Pidsley, ingegnere del suono per catturare quella che è diventata una trasmissione storicamente importante in tempo di guerra. L'impresa di Wynford è stata una delle più ambiziose e pericolose della seconda guerra mondiale: ha rivelato al mondo il vero orrore di un raid notturno sulla Germania nazista. La trasmissione radiofonica originale uscì in onda il 4 settembre 1943, dopo poche ore atterrò l'aereo alla RAF Langar nel Nottinghamshire. Berlin Blitz è un film rilasciato nel 2018, tratto dall'archivio della BBC, e invita gli spettatori ad immergersi in una missione al termine della seconda guerra mondiale. 1943 Berlin Blitz è stata rilasciata inizialmente in VR sugli store Oculus e Steam, utilizzando i visori Oculus Rift e HTC Vive; successivamente, nel 75° anniversario dello sbarco del D-Day è stata resa disponibile la versione 360 su Oculus Go, Samsung Gear VR e Google Daydream. L'Imperial War Museums ha aggiunto il film ai suoi musei di Duxford e North ed è esposto in determinate date.



**Figura 4.16:** Scena dell'esperienza VR, ingegnere del suono che riproduce la trasmissione.

1943: Berlin Blitz lanciato da ENGAGE è un'esperienza VR che dura 15 minuti in cui gli utenti siedono sul "F for Freddie" mentre viene riprodotta la registrazione di Vaughan-Thomas che descrive gli eventi che si verificano intorno a lui in tempo reale e sono spettatori di eventi accaduti nel 1943 che il pubblico britannico dell'epoca

<sup>17</sup><https://www.ign.com/articles/2018/10/05/1943-berlin-blitz-is-a-15-minute-vr-experience-that-left-me-with-tears>

non si sarebbero mai immaginati. La BBC si è rivolta a Whelan, C.E.O di ENGAGE, esponendogli la registrazione originale con lo scopo di elaborare qualcosa di emozionante, avvincente ma soprattutto informativo. Whelan ha pensato subito ad Apollo 11 VR, anche questo gioco infatti ha utilizzato audio d'archivio originale. La differenza tra i due prodotti riguarda la presenza di più personaggi in quest'ultimo. Inoltre le problematiche sono sorte nella realizzazione del paesaggio di Berlino, in quanto era fondamentale riempirlo di dettagli: effetti particellari, esplosioni, cielo cupo e ricoperto di fumo, il tutto completamente cronometrato per renderlo più realistico possibile. Grazie ai contatti che la BBC ha con la RAF (Royal Air Force, l'aeronautica militare del Regno Unito) è stato possibile ottenere una fotografia a 360° degli interni degli aerei. Per quanto l'abitacolo sia stato curato nei minimi dettagli, comunque lo spettatore non sarà in grado di vederli tutti poiché l'interno è oscurato in quasi tutte le scene, dovuto chiaramente alle situazioni esterne. L'esperienza VR è uno scorcio sugli orrori della guerra, è un film che tocca notevolmente l'animo umano. L'audio di Vaughan-Thomas, la sua presentazione dell'equipaggio, la vivida descrizione del paesaggio con un minimo tremito di voce, le conversazioni radiofoniche che avvengono tra l'equipaggio e la loro esultazione dopo aver abbattuto un caccia notturno tedesco, tutte queste situazioni toccanti ed emozionanti rendono il film un'efficace macchina del tempo.

Lo scopo di Whelan è infatti far scaturire negli spettatori proprio queste emozioni e crede che proprio queste, combinate alla realtà virtuale, risultano essere un potente strumento educativo. Difatti il CEO afferma che da bambini siamo stati cresciuti ed educati attraverso l'esperienza: sperimentare effettivamente le cose e le situazioni, ad esempio andare in bicicletta o imparare nuove lingue. L'apprendimento risulta essere più efficace se si lavora in prima persona piuttosto che stare seduti ad ascoltare e ripetere parole.

L'assenza di interattività è stata voluta proprio dalla BBC poiché tale strumento era indirizzato per le scuole o nell'istruzione in generale.

La questione etica è stata uno dei problemi che gli sviluppatori hanno dovuto affrontare mentre lavoravano al progetto Berlin Blitz. Inserire nel gioco una missione che richiedesse lo sgancio di bombe sulle zone civili e industriali delle città di Berlino e di Dresda, non sarebbe stato per niente etico e decisamente non adatto all'educazione.

La scelta è ricaduta quindi sul creare un'esperienza emozionante ed adrenalinica, omettendo scene e situazione troppo crude, non adatte ad un pubblico sensibile e in particolar modo ai bambini. Tuttavia ENGAGE ha comunque deciso di inserire a fine filmato delle didascalie che raccontano, con una sintesi a scopo informativo, degli altri avvenimenti accaduto nel 1943. Infatti l'ultimo minuto del filmato è dedicato ad una serie di statistiche che mostrano che molte persone che sono morte erano effettivamente civili sul terreno e non solo militari. Quindi per quanto l'esperienza VR racconta di una delle vittorie del popolo britannico durante la guerra, tuttavia questa ha comportato l'uccisione di innocenti tedeschi che non avevano nessun coinvolgimento. Ancora si racconta che questa vittoria ha anche comportato enormi perdite, infatti dei 22 Lancasters a cui è stata affidata la missione, solo la metà è riuscita a ritornare alla base.



**Figura 4.17:** Scena dell'esperienza VR, all'interno del Lancaster l'utente assiste al bombardamento.

Whelan riconosce che per una persona risulta difficile empatizzare gli orrori della guerra e immedesimarsi in un militare in missione; infatti il suo scopo<sup>18</sup> è offrire prodotti basati sulla realtà virtuale che aiutino la comprensione collettiva. Tutti i prodotti citati fin ora si riconducono sempre a sensazioni ed emozioni forti che potrebbero scaturire dall'animo umano, questo è la caratteristica che accomuna tutti quanti. Il solo vivere la tensione su un Lancaster porterebbe la persona a pensare che tutto quello che è successo ha portato l'uccisione di migliaia di persone.

---

<sup>18</sup><https://www.provideocoalition.com/1943-berlin-blitz-relive-an-allied-bombing-raid-in-vr/>



Le considerazioni su questo prodotto di ENGAGE sono state riportate consultando il sito Meta<sup>19</sup>, nella sezione dedicata alle recensioni degli utenti che hanno raccontato della loro esperienza. Vi è una forte scissione tra gli utenti: c'è chi ha decisamente apprezzato la scena prima della partenza, con il Lancaster sull'asfalto e il lavoro svolto dai character designer per la modellazione dei personaggi; altri invece dichiarano che l'interno della cabina di pilotaggio era troppo scuro e il paesaggio non sembrava realistico del tutto, dovuto prettamente agli effetti scenici scadenti. Inoltre l'interno del bombardiere presentava dei quadranti non funzionanti, l'indicatore di livello su un banco era fermo a 10 o 15%, dai motori non fuoriusciva nessun gas di scarico, non c'era la presenza di nessuna contraerea e davvero pochi cannoni sparavano da terra.

Il livello tecnico ha subito molte critiche: sono state rilevate molte problematiche con la posizione della telecamera. Ciò che invece avrebbe contribuito ulteriormente a rendere l'esperienza più realistica possibile sarebbe stato aggiungere un'opzione per cambiare telecamera in ogni scena oppure consentire all'utente di sedere nelle diverse postazioni dell'aereo durante ogni sequenza, aggiungere più dettagli al comportamento dell'aereo, dell'equipaggio o di piccole cose, ad esempio il tremolio delle telecamere per le onde d'urto. Anche i punti di osservazione sono stati presi in considerazione: all'inizio del decollo è come se la testa dell'utente fosse leggermente troppo indietro, nella cabina di pilotaggio invece sarebbe stato ideale posizionarsi un po' più in alto per garantire una visuale migliore, nella sezione che si guarda indietro al mitragliere posteriore la testa è troppo indietro e fuori centro tagliando la geometria della cupola, inoltre se ci si gira in determinate situazioni si taglia completamente la geometria, c'erano situazioni in cui ci si sedeva troppo vicino al membro dell'equipaggio, quasi ad intersecarlo; un difetto cruciale che potrebbe compromettere l'intera esperienza. Tali posizioni hanno comportato l'interruzione dell'immersione a molti utenti, tanto da farli sentire fuori posto.

Le valutazioni alte riguardano prettamente l'aggiuntiva della registrazione originale, una componente che contribuisce a scaturire forti emozioni; tuttavia ci sono state molte recensioni in cui si deduce che la presenza dell'audio è come se avesse interrotto l'immersione, e questo è stato contribuito anche dal clipping dell'aereo.

---

<sup>19</sup>[https://www.oculus.com/experiences/rift/2178820058825941/?locale=it\\_IT](https://www.oculus.com/experiences/rift/2178820058825941/?locale=it_IT)

Il film ha ottenuto il 74% dei voti positivi, il restante dei voti negativi accusano della pessima scelta di raccontare gli avvenimenti. Molti utenti infatti si sono lamentati proprio dell'attenzione unilaterale che è stata fatta per la narrazione: le scene trattano della tensione dei bombardieri che stanno affrontando la missione e dell'importanza del loro ritorno alla base per poter documentare gli orrori della guerra. La scelta di non rendere troppo cruento il filmato, perché concepito per l'educazione, ha portato invece all'effetto opposto: il raccontare solo alcuni degli aspetti della guerra potrebbe portare ad una concezione sbagliata dei fatti realmente accaduti, specialmente ad un pubblico di minori facilmente influenzabile. La BBC ha lanciato un prodotto raccontato dal punto di vista dei vincitori e accenna solo alla fine dell'esperienza quello che la parte nemica ha dovuto subire, certamente leggere a schermo una frase sintetica non dà nemmeno l'idea di quello che effettivamente hanno dovuto subire i civili bombardati: tali attacchi hanno ucciso migliaia di bambini, donne e anziani, molti altri sono rimasti gravemente feriti e milioni sono diventati profughi senza casa. È come se il documentario si incentrasse prettamente sul punto di vista dei bombardieri, che per quanto abbiano attraversato una situazione pericolosa, sono stati comunque i colpevoli di un bombardamento che ha ucciso non pochi innocenti. Con questa cattiva informazione le nuove generazioni possono avere un concetto totalmente sbagliato della seconda guerra mondiale, sarebbe stato ideale eliminare la parte patriottica e utilizzare un approccio molto più coerente con la realtà dei fatti. Non c'è stato alcun punto di vista realista o oggettivo, si è glorificata la missione pericolosa dei bombardieri, eppure il loro scopo è stato quello di sganciare bombe su civili che non avevano nulla a che fare con la guerra in atto. Appunto molti utenti hanno criticato le scelte della BBC, valutando il lavoro come un prodotto propagandistico. ENGAGE però ha affermato che il loro documentario aveva solo un semplice scopo, ovvero far percepire all'utente l'esperienza di un bombardamento. Tuttavia il 1943 Berlin Blitz ha ricevuto comunque un ottimo punteggio e molti utenti sperano che questo sia uno dei primi esempi per i futuri documentari.

## ENGAGE LINK

In data 11 novembre 2022 ENGAGE ha lanciato ufficialmente LINK [28] (precedentemente denominato ENGAGE Oasis). Tale progetto rappresenta lo stanziarsi dell'azienda nel metaverso, è una piattaforma incentrata sul business progettata per imprese, professionisti, istruzione e organizzatori di eventi. ENGAGE ha curato il progetto con lo scopo di offrire agli utenti una propria area personale in cui poter a loro volta offrire i propri servizi, potersi incontrare con i clienti, stipulare contratti o organizzare incontri. Rappresenta a tutti gli effetti una città digitale basata su Cloud, inoltre ogni utente ha la possibilità di poter personalizzare il proprio avatar come più gli aggrada. Oltre alle aziende, il mondo è stato anche pensato per gli artisti digitali che possono vendere i loro prodotti o fornire i loro servizi utilizzando come moneta di scambio token non fungibili e criptovalute. Il lancio di ENGAGE LINK ha reso l'azienda uno dei leader nel metaverso. Inoltre altri metaversi hanno come obiettivo l'interazione sociale o un fine pubblicitario e di intrattenimento, LINK invece è una piattaforma che consente alle aziende di interagire con i propri dipendenti, clienti e fornitori; mentre alle istruzioni offre una nuova modalità educativa per gli studenti. Da la possibilità di ospitare riunioni dal vivo, mette a disposizione una svariata collezione di ambienti virtuali, ogni utente proveniente da qualsiasi parte del mondo può godersi tale esperienza utilizzando sessioni CPD<sup>20</sup>. Le schermate di presentazione virtuale riescono a supportare streaming di documenti e contenuti multimediali, come OneDrive, Google Docs e Dropbox, PowerPoint, siti Web, video, audio e riproduzione di video di YouTube nei formati 2D, 3D e 360.

ENGAGE è prettamente un supporto all'insegnamento, offre, agli studenti che si connettono a distanza, lezioni VR di gruppo ed esperienze immersive con viaggi virtuali su Marte, fondali marini e da anche la possibilità di creare i propri contenuti grazie all'utilizzo di oggetti e ambienti fittizi. Con ENGAGE è anche possibile registrare le lezioni per poi rivederle, condividerle privatamente con altri utenti o caricarle sulla piattaforma così che possano essere disponibili a chiunque. Le discipline formative che ENGAGE mette a disposizione nel settore dell'istruzione sono davvero

---

<sup>20</sup>Continuing Professional Development- è una combinazione di approcci, idee e tecniche che aiutano a gestire l'apprendimento

molte e possiamo elencarle di seguito: Inglese, Francese, Matematica, Chimica Fisica, Informatica e Tecnologia, Storia e geografia, Spagnolo, Educazione morale e civica, Educazione musicale e artistica, Educazione fisica e sport. Inoltre le lingue che sono attualmente disponibili sono, oltre all'inglese, anche cinese, coreano, francese, spagnolo, giapponese e tedesco. Prestiamo molta più attenzione ai requisiti del sistema<sup>21</sup>: innanzitutto è richiesto un processore e un sistema operativo a 64 bit, si richiede Windows 10 come sistema operativo (o almeno Windows 8), con processore Intel i7 e 16 GB di RAM (si potrebbe anche procedere con processore i5 e 4 GB di RAM, ma le prestazioni potrebbero risentirne), scheda grafica GTX 1080 e DirectX di versione 11; inoltre la piattaforma è compatibile con i dispositivi Smartphone e Tablet Android. Per usufruire al meglio dei contenuti in realtà virtuale, ENGAGE è accompagnato da STRAM VR, uno strumento ideale per sperimentare contenuti VR sull'hardware, esso supporta i visori Valve Index, HTC Vive, Windows Mixed Reality e può essere associato ai visori Oculus Quest e Oculus Rift<sup>22</sup> di Meta.

Il mondo virtuale si presenta come un insieme di piazze, ognuna di esse rappresenta una componente di una grande città interconnessa. Ognuna è un metamondo differente e ha una propria finalità: imprenditoriale, educativa e creativa. Tra le piazze più famose si cita l'Enterprise Plaza, un'area dedicata alle aziende e ai professionisti, qui risiedono imprese come HTC, KIA, KPMG US e Lenovo. Education Plaza è dedicato interamente all'istruzione e alle organizzazioni educative, in questa piazza si trovano: Optima Ed, Adtalem, the University of Miami Patti e Allan Herbert Business School, Stanford University e Victory XR. Inoltre LINK è utilizzato come location per 10 "Metaversità", finanziate da Meta, che forniscono istruzione a migliaia di studenti negli Stati Uniti che lavorano con altre scuole virtuali in tutto il mondo. La Creative Plaza invece è uno spazio dedicato interamente ai marchi, artisti e content studios. In questa precisa piazza ogni utente può mettere in mostra le sue idee più creative e rivoluzionarie. Apartment Plaza è la zona residenziale, a cui possono accedere solo gli abbonati Plus; questi infatti hanno la possibilità di avere un proprio spazio personale e domestico dove ospitare e invitare amici e parenti con cui socializzare, guardare film e divertirsi. La Central Plaza è la piazza principale, il punto di partenza

---

<sup>21</sup>[www.oculus.com/experiences/quest/3092079454190601/](https://www.oculus.com/experiences/quest/3092079454190601/)

<sup>22</sup>quest'ultimo non più disponibile

per i visitatori che arrivano nel metaverso. Rappresenta a tutti gli effetti un centro di raccolta e di incontro dove c'è la possibilità di organizzare eventi. Si può dedurre che ognuno di questi luoghi ha un proprio scopo e un set di attività che si possono svolgere all'interno. Il distretto educativo, ad esempio, rappresenta un'enorme Università dove si può assistere ai vari corsi; il quartiere degli affari si può assistere a live in streaming che trattano di compravendite di azioni. Appena un utente accede a LINK si ritrova in Central Plaza, un parco modernissimo curato con fontane, alberi e postazioni per sedersi. Il paesaggio che si riesce a vedere in lontananza è costituito da grandi isole galleggianti, ognuna di loro è una delle piazze descritte in precedenza, collegate da lunghi ponti. Se si inizia ad esplorare il parco si possono trovare dei portali, accedendo ad essi ci si può trasportare in tutte le altre isole. Tutti gli utenti hanno la possibilità di spostarsi da un luogo ad un altro. Ogni utente ha a disposizione un tablet tramite il quale si possono configurare varie impostazioni, ad esempio disabilitare il microfono o impostare la velocità di camminata per raggiungere più in fretta la location desiderata.



**Figura 4.18:** Piazza di EngageLink, sono presenti i portali per spostarsi in altri luoghi.

Le impressioni sul metaverso di ENGAGE sono state ricavate dal blog The Ghost Howls<sup>23</sup>, incentrato sulla realtà virtuale e aumentata. La recensione si sofferma sui particolari strumenti per la progettazione creativa, integrati all'interno della piattaforma, che danno la possibilità agli utenti meno esperti di poter creare presentazioni ed eventi utilizzando risorse 3D in tempo reale (RT3D, Real-time 3D) usufruendo della libreria dei contenuti immersivi. Inoltre, gli utenti possono importare vari tipi di file

<sup>23</sup><https://skarredghost.com/2022/11/09/engage-link-hands-on/>

personalizzati per soddisfare le loro esigenze. I clienti aziendali, in particolare, hanno la possibilità di creare Metaworld personalizzati, gli sviluppatori possono creare nel mondo RT3D collaborando con il team ENGAGE.

Gli eventi sono una delle possibilità più interessanti a cui partecipare, specialmente perché si possono incontrare le persone della comunità XR, poter stringere le amicizie e stabilire particolari connessioni. L'idea di creare una città virtuale interconnessa è stata assai apprezzata in quanto dà l'impressione all'utente di trovarsi effettivamente in una città, composta da distretti e quartieri; questa è un'implementazione insolita per un mondo social VR, la maggior parte delle piattaforme offrono degli spazi frammentati senza nessuna connessione tra di loro. Per quanto riguarda la grafica, lo stile è tipico di ENGAGE, serio ed elegante ma non troppo elaborato; è come se fosse diventato un marchio che distingue questo metaverso da tutti gli altri. L'ambiente generale è un mix tra natura ed edifici all'avanguardia, molto verde con tanto di rumori naturali in sottofondo, come il cinguettio degli uccelli. I grattacieli invece danno l'impressione di trovarsi in una grande città tecnologica, anche se ogni isola ha una propria caratteristica che la rende univoca. Il distretto artistico appunto presenta alcuni edifici ispirati a Escher e alcuni assets 3D che ricordano vagamente le opere di Dali.



**Figura 4.19:** ENGAGE LINK mappa.

Tuttavia sono stati riscontrati degli anelli deboli che rendono non del tutto perfetto questo particolare metaverso. Appena ci si immerge in questo mondo si nota che LINK è una piattaforma ancora nelle sue fasi iniziali, molti dei portali sono “coming soon” e le persone che si trovano in giro sono davvero poche, facendo risultare il luogo deserto. Anche la rifinitura di alcuni elementi rende ancora più evidente questo aspetto incompleto, ad esempio, quando si entra nei portali spesso si ha un rapido cambio di immagine che potrebbe disorientare abbastanza l’utente. Ancora le immagini a 360 sullo sfondo sembra che abbiamo una qualità assai bassa sui dispositivi mobili, forse perché hanno dovuto ridurre la risoluzione per Android, ma questo dà l’impressione che si tratta di immagini economiche. I riflessi sulle superfici lucide non sono molto realistiche e non reagiscono coerentemente con i movimenti degli utenti, questo però risulta essere un problema solo delle build Android in Unity. Nel distretto artistico, il frame rate (frequenza dei fotogrammi) è molto scarso e sarebbe stato conveniente ottimizzare meglio lo spazio, tipo suddividerlo in mondi più piccoli.

Le critiche riguardano anche la gestione dell’ambiente: per quanto gli spazi possono essere eleganti, risultano troppo grandi e semplici, senza lasciare all’utente alcuna meraviglia o stupore. Questo aspetto è aggravato anche dal problema che attualmente le applicazioni VR possono ospitare un numero limitato di persone simultanee nello stesso spazio, l’ambiente dunque sembra ancora più deserto. Trovarsi in un grande ambiente compromette anche il raggiungimento dei luoghi precisi, facendo compiere lunghi cammini ai vari utenti. LINK è stata concepita effettivamente come una grande città e ENGAGE è riuscito nel suo intento, tuttavia questa scelta progettuale stanca molto velocemente le persone che la visitano.

Tralasciando piccoli bug differenti, ci sono anche alcuni problemi di UX visibili, quando si vuole accedere ad un altro distretto, viene mostrato un pop-up che chiede all’utente se ha intenzione di scaricare il mondo, ma se non si preme il pulsante di download non si può accedere effettivamente. Una volta terminato il download, un’altra finestra chiede di confermare per poter andare sull’isola; questi step devono essere svolti ogni volta che ci si vuole spostare tra i vari distretti, chiaramente risulta essere assai seccante attendere e potrebbe far perdere la pazienza a molti utenti. Infatti, se qualcuno è intenzionato ad entrare in un mondo, l’applicazione dovrebbe

compiere tutte le operazioni necessarie affinché il trasposto dell'utente avvenga senza troppi intoppi e troppe attese.

Altri problemi sono stati riscontrati con gli NPC: questi ultimi sono stati aggiunti per colmare l'ambiente, ma il risultato è stato creare situazioni imbarazzanti. Mentre cammini per il mondo potresti trovare vari NPC fermi in posti del tutto randomici, potrebbe accadere che se ti trovi sulla stessa strada, possano intersecarti. Gli NPC sono facilmente distinguibili dai giocatori classici, in quanto questi ultimi hanno una targhetta sull'avatar con il loro nome.

L'ultima parte della recensione si sofferma su una riflessione, si cerca di trovare dei parallelismi tra realtà virtuale e vita quotidiana. Ci si pone il dubbio se, visitando ad esempio il distretto dedicato ad HTC, si iniziasse a parlare con persone che si incontrano online in maniera del tutto casuale; nel quotidiano, durante il tragitto, questo non accade. I social media hanno avuto un grande successo poiché offrono una comunicazione asincrona tramite messaggi, le persone non si sentono inibite nel momento in cui hanno bisogno di parlare utilizzando applicazioni del genere. La possibilità di poter partecipare ad eventi professionali che offre LINK è un'attività interessante e coinvolgente, una delle più utili che è stata concepita per i giorni d'oggi. Tuttavia un mondo virtuale che si autodefinisce "uno spazio dove poter fare dei veri e propri incontri", potrebbe non riscuotere il successo che potrebbe credere: se le persone volessero conversare così tanto, ci troveremmo tutti fuori a parlare piuttosto che utilizzare i social.

Tirando un po' le somme, la piattaforma è stato un progetto più che gradito, anche se risulta essere ancora incompleto e grezzo, si capisce qual è l'obiettivo finale dell'azienda. Ci sono tanti punti ancora da dover ridefinire: il software, la grafica dell'ambiente e il coinvolgimento delle persone. Il problema di tutti i mondi social VR è proprio la necessità di avere persone all'interno per creare una comunità, ma per poterle attirare devono offrire determinati servizi. Si parla in questi casi di "Catch-22". Lo sviluppo di un mondo virtuale completo non è un lavoro di poco conto, richiede sforzo e dedizione quindi è più che comprensibile il bisogno di tempo per poterlo ultimare.



### 4.2.3 Labster

Lanciata nel 2013, Labster è una piattaforma per laboratori virtuali e simulazioni in ambiti scientifici. È la piattaforma leader mondiale, utilizzata da alcune delle più rinomate università: California State University, Harvard, Gwinnett Technical College, MIT, Exeter University, University of New Haven, Stanford, University of New England, Trinity College, University of Hong Kong e Berkeley. La creazione dell'applicazione si deve a Michael Bodekaer Jensen e Mads Tvillinggaard Bonde. I due fondatori danesi, grazie alla loro esperienza nell'ambiente universitario (sia come studenti che come professori) hanno notato che il livello di concentrazione degli studenti era spesso difficile da mantenere e spesso questi non arrivavano preparati per una lezione pratica in laboratorio. Da questa osservazione, hanno deciso di fondare Labster, un software di formazione scientifica scalabile, con lo scopo di cambiare completamente la modalità d'insegnamento delle materie scientifiche. Labster offre un laboratorio virtuale simulato in cui sarà insegnata la scienza agli studenti di tutto il mondo. La società si pone come obiettivo quello di rendere l'educazione scientifica accessibile a qualsiasi studente, tramite l'utilizzo di una connessione Internet e un PC. L'intenzione è di creare un'esperienza di apprendimento STEM rivoluzionaria, l'azienda ritiene che un ambiente di lavoro collaborativo e motivante sia la chiave per l'innovazione educativa. L'insegnamento risulta essere più efficace in quanto Labster si basa su algoritmi matematici che supportano indagini aperte, queste ultime sono combinate con elementi di gioco, ovvero un universo 3D immersivo, una narrazione che accompagna la storia e un sistema che tiene conto di un certo punteggio. Questa particolare tecnica riesce a coinvolgere molto di più gli studenti e incrementa la loro ispirazione. Contiene molte tipologie di argomenti scientifici e offre oltre 300 simulazioni per ogni specifica esigenza degli educatori. La rete di laboratori non è altro che uno strumento elettronico basato sul curriculum di supporto ed è totalmente interattivo, in particolare ogni studente che utilizza tale piattaforma immersiva, applica tutte le sue conoscenze per risolvere un determinato problema, utilizza complesse apparecchiature e apprende nuove tecniche.

Labster non è solo un supporto per chi impara, ma anche per chi insegna; risulta essere un ottimo alleato per un educatore: l'applicazione è compatibile con le piatta-

forme LMS (learning management system) ed è dotata di un tool che riesce a fornire una valutazione automatica dei vari utenti somministrando loro un quiz, dopodiché fornirà un dashboard dei dati sulle prestazioni agli insegnanti. L'azienda, oltre ad offrire corsi e lezioni, mette a disposizione per i docenti molte risorse come: webinar, ricerche, blog e white paper. Grazie a tali supporti, un insegnante esamina e decide quale simulazione risulta essere più adatta ai suoi studenti o all'argomento che si sta trattando. Con i webinar da vivo e registrati, Labster informa gli educatori su come funzionano i laboratori virtuali, come possono essere usati e riceve feedback sull'esperienza degli studenti e degli insegnanti stessi. I laboratori Labster sono utilizzati dalla maggior parte dei professori per motivare e coinvolgere gli studenti, rafforzare i concetti appresi durante le lezioni tradizionali e prepararli ai wet-lab. Gli ambienti di simulazione aiutano gli educatori a esercitarsi sulle procedure di laboratorio, in questo modo gli studenti possono prepararsi per le situazioni nella vita reale e mettere in pratica le tecniche che hanno raffinato durante le lezioni simulate, saranno molto più preparati ad affrontare i wet-lab. Gli argomenti studiati durante le lezioni spesso non sono coinvolgenti, gli studenti si sentono quasi sempre obbligati a dover apprendere; i Virtual Labs di Labster sono stati elaborati in modo che la scienza sia studiata in uno scenario divertente e appassionante[29]. La piattaforma cerca di essere raggiungibile a qualsiasi tipo di utente, infatti offre simulazioni in più lingue e si riesce ad adattare alle disabilità uditive e visive[30].

Ogni utente può partecipare ad un "Labster sim lab", un corso all'intero di un laboratorio virtuale, e ognuno ha l'opportunità di apprendere e sperimentare esperienze di laboratorio realistiche. Labster offre un catalogo molto ampio di laboratori e ogni simulazione è costituita da una storia di un caso reale, sono presenti macchinari di laboratorio (specifici a seconda della materia trattata) e ogni studente può eseguire esperimenti oppure apprendere con domande teoriche o quiz. Ogni laboratorio ha un numero differente di domande del quiz, di solito variano tra i 15 e i 40, quindi i punteggi massimi vanno da 150 a 400. I laboratori virtuali, inoltre, non hanno alcun limite di tempo e di costo come accade con i laboratori reali, quindi uno studente può utilizzare apparecchiature all'avanguardia in un ambiente del tutto sicuro ed effettuare esperimenti che nel quotidiano non sarebbero possibili. Labster offre un catalogo di oltre 300 laboratori e corsi, che possono essere utilizzati come supporto

per l'insegnamento di molte materie scientifiche. Oltre a suddividersi in base alla disciplina che viene tratta, le esperienze immersive sono divise in altre due categorie in base al livello d'istruzione, universitario o liceale. Di seguito sono riportati degli esempi di lezioni virtuali, suddivise per ogni materia.

## **BIOLOGIA PER IL LICEO**

Il pacchetto per il corso liceale di biologia, permette agli studenti di apprendere le basi della vita e degli organismi viventi, lo studio delle cellule, dei geni e dell'evoluzione. Portiamo come esempio uno dei tantissimi argomenti sviluppati dall'azienda per questa particolare disciplina.

- Il ciclo dell'azoto: bilanciare le esigenze alimentari e le preoccupazioni ambientali. Il ciclo dell'azoto è fondamentale per la vita non solo per la produzione alimentare ma anche per la costituzione del DNA. In questa simulazione lo studente apprende come l'azoto si modella durante le fasi del ciclo, dopodiché aiuterà un proprietario di un ristorante a comprendere il motivo per cui i fornitori di alimenti non possono aumentare la produzione senza avere un impatto negativo sull'ambiente. Più nello specifico, gli alunni comprenderanno le fasi di fissazione, nitrificazione, ammonificazione, assimilazione e denitrificazione del ciclo dell'azoto; il laboratorio virtuale dà la possibilità di poter passare da qualsiasi fase e modellarne il flusso. Sarà appreso il ruolo di diversi organismi e fattori abiotici che svolgono in ogni fase. Ancora gli studenti saranno informati su come l'uso di fertilizzanti sintetici o la combustione di combustibili fossili, possono influire sull'azoto nell'ambiente. La simulazione pratica consente ad un utente di poter sbagliare senza nessuna conseguenza irrisolvibile, saranno facilitati da un feedback istantaneo che li aiuterà a capire come lavorare. Nella seconda parte, invece, lo studente si impersonifica in un produttore alimentare intento a stipulare un contratto con un ristorante locale, il suo compito è quello di fornire cibo sufficiente cercando di ridurre al minimo l'impatto ambientale. Lo strumento utilizzato è un modello 3D interattivo a pavimento olografico per controllare i parametri della produzione degli alimenti in un ciclo condensato di quattro anni. Il produttore dovrà scegliere anche la tipologia di rotazione delle

colture e i fertilizzanti da utilizzare, elementi che influiscono molto sull'ambiente. Lo studente apprenderà anche che l'inquinamento può spostarsi da un'area ad un'altra e condizionare anche la qualità dell'acqua delle riserve nei dintorni. Una volta terminato il ciclo quadriennale, si sapranno gli esiti del lavoro e quindi se è stato mantenuto l'equilibrio; se lo studente crede di poter fare di meglio, gli si dà la possibilità di riprovare utilizzando un approccio diverso. L'ultima fase consiste nell'informare il proprietario del ristorante sull'esistenza di soluzioni troppo complesse per aumentare la produzione di cibo e allo stesso tempo ridurre l'impatto ambientale.



**Figura 4.20:** Esperimento nel VirtualLab: come l'azoto si modella durante le fasi del ciclo.

## CHIMICA PER IL LICEO

Con questo pacchetto offerto da Labster uno studente può scoprire gli elementi che compongono l'universo, la struttura degli atomi, delle molecole, le diverse tecniche usate nei laboratori chimici e come interagiscono gli atomi tra di loro tramite i legami chimici per formare composti.

- **Forze intermolecolari.** In questo corso si studieranno appunto le forze intermolecolari, forze che si esercitano fra molecole e/o ioni, sono causate da dipoli molecolari temporanei, dipoli molecolari permanenti e legame idrogeno. L'utente imparerà a distinguere le diverse forze intermolecolari, a identificare le sostanze in cui potrebbero verificarsi, a dare una stima della loro forza relativa e a metterle in relazione con le proprietà di massa della materia. L'esperienza immersiva continua con una strana situazione che non si verificherebbe mai

nel quotidiano: dopo un incidente avvenuto in laboratorio, tutte le forze intermolecolari del mondo sono state disattivate. L'utente dovrà riportare alla normalità la fisica usufruendo della conoscenza assimilata. Con l'utilizzo della tavola periodica si potrà capire se si tratta di un legame polare, controllando l'elettronegatività dei suoi atomi. Usufruendo invece di modelli 3D, si potrà determinare la presenza di dipoli permanenti in composti, ad esempio si analizzeranno i fluorometani. Ancora, si avrà la capacità di dedurre come queste particolare forze possono influenzare lo stato della materia di una molecola e si apprenderanno i dipoli temporanei e le forze di dispersione di Van der Waals per spiegare lo stato della materia dell'alogeno. Gli obiettivi formativi di questa simulazione comprendono: riconoscere tre tipi di forze intermolecolari (dipoli temporanei, dipoli permanenti e legame idrogeno); illustrare e prevedere come queste influenzano le proprietà di massa di una molecola, lo stato della materia e il punto di ebollizione; prevedere quali sono i tipi di forze intermolecolari presenti tra diverse molecole.

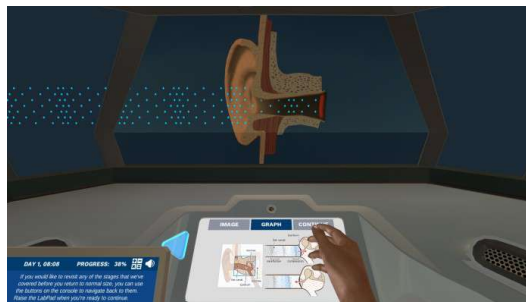


**Figura 4.21:** Gioco nel VirtualLab: distinguere le diverse forze intermolecolari.

## FISICA PER IL LICEO

Labster mette a disposizione anche una sezione di corsi e laboratori dedicati agli argomenti fisici, lo studente potrà dunque apprendere la materia, il suo movimento e comportamento immergendosi in simulazioni che vanno oltre il tempo e lo spazio.

- Propagazione del suono. In questa esperienza l'utente verrà rimpicciolito fino al cinquantesimo delle dimensioni normali per poter vedere più da vicino la propagazione di un'onda sonora. Sarà possibile osservare una corda di chitarra vibrare, creando così un'onda sonora nelle particelle d'aria circostanti; poi poterla seguire finché non attraversa un mezzo solido cambiando così la sua velocità e la lunghezza d'onda. L'utente potrà sperimentare la frequenza e l'ampiezza di un'onda sonora e ascoltare in tempo reale come influisce sul tono e sul volume del suono. L'ultima scena prevede di dover aiutare una rockstar ad accordare la chitarra, questo è possibile solo mettendo in pratica le conoscenze acquisite. Tale mansione prevede di ascoltare il tono, il volume e la forma d'onda del suono prodotto da ogni corda e confrontarlo con quello della nota di riferimento; quindi bisognerà regolare la frequenza e l'ampiezza per arrivare alla sintonia.



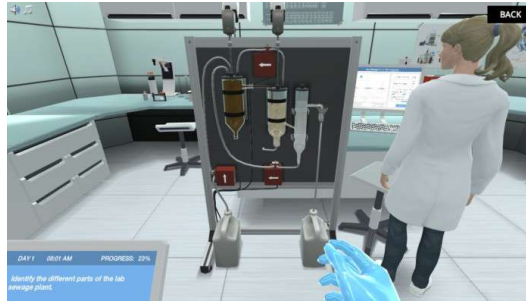
**Figura 4.22:** Esperimento nel VirtualLab: sperimentare la frequenza e l'ampiezza di un'onda sonora.

## INGEGNERIA

Labster mette a disposizione non solo pacchetti contenente corsi per materie scientifiche destinate a studenti liceali, ma arricchisce il suo catalogo con innumerevoli laboratori che sono destinati ad un'utenza più istruita come quella degli atenei. I corsi destinati al pacchetto ingegneristico sono un esempio di contenuti più elaborati e complessi; in particolare in questo corso saranno fornite conoscenze matematiche, economiche, scientifiche e pratiche con lo scopo di creare o migliorare determinate macchine e sistemi.

- **Trattamento delle acque reflue.** La missione che l'utente deve completare in questa esperienza immersiva è garantire che il microinquinante bisfenolo A venga rimosso in maniera efficace durante il processo di trattamento delle acque reflue. La maggior parte delle materie plastiche contengono questo materiale, il bisfenolo A, che anche in piccole quantità risulta essere assai dannoso per la vita acquatica. Lo studente con questo corso apprenderà le fasi del trattamento e analizzerà se il microinquinante è stato sufficientemente rimosso. La prima scena è ambientata in un impianto di depurazione, dopodiché si sposta nel laboratorio virtuale dove lo studente dovrà lavorare su un modellino di impianto di trattamento e assicurarsi che tutto funzioni al meglio. Per analizzare i campioni di acqua, prima e dopo in trattamento, saranno utilizzate tecniche specifiche come la gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa. Scopo dell'esperienza è quindi far apprendere: le fasi del processo di trattamento delle acque reflue e l'influenza del ricircolo interno, del ricircolo dei fanghi e dell'aerazione; in che modo i microrganismi possono influenzare gli organismi acquatici e come degradano i composti organici nei processi di denitrificazione e nitrificazione; come preparare campioni per GC-MS.

Labster ha un catalogo ricchissimo di pacchetti, oltre a quelli appena descritti si possono trovare anche corsi dedicati a materie come: biologia avanzata, anatomia e fisiologia, fisiologia animale, scienze biomediche, bioscienza per l'infermieristica, biotecnologia, biologia cellulare e molecolare, ecologia, scienze ambientali, scienze dell'alimentazione e nutrizione, genetica e microbiologia. Ci sono pacchetti invece



**Figura 4.23:** Esperimento nel VirtualLab: modellino di impianto di trattamento delle acque.

che sono stati sviluppati per formare gli studenti in modo che possono riuscire a lavorare all'interno di un laboratorio. I corsi virtuali permettono ad un utente di imparare l'utilizzo di macchinari complessi e all'avanguardia, di non avere alcun limite di tempo per l'accesso alla struttura, di non dover attendere troppo a lungo per i risultati di un esperimento e di fare pratica in maniera del tutto sicura. Questa tipologia di pacchetto prende il nome "Competenze di laboratorio", l'azienda ne offre diverse in base alla disciplina trattata: bioscienza, chimica e medicina.

Labster si pone come strumento ausiliario per l'istruzione di argomenti scientifici e in particolare per la formazione di figure professionali in ambienti come laboratori e cantieri. In questi luoghi è necessario lavorare in completa sicurezza, sia a causa dei macchinari utilizzati sia per la pericolosità delle sostanze da dover testare. L'azienda quindi offre due pacchetti di corsi che hanno come obiettivo quello di addestrare i dipendenti a padroneggiare le tecniche di laboratorio e i protocolli di sicurezza. Si tratta di "Sicurezza in laboratorio" e "Formazione professionale" in cui gli utenti devono completare le attività nell'ambiente 3D, utilizzare le apparecchiature, visualizzare le animazioni, leggere il materiale di base e rispondere alle domande dei test.

L'azienda per anni ha condotto ricerche in modo da combinare conoscenze in psicologia dell'educazione, scienze cognitive e apprendimento automatico per progettare una tecnologia all'avanguardia per l'apprendimento e la formazione. Inoltre Labster mette a disposizione una serie di pubblicazioni dove le ricerche condotte mostrano effettivamente i benefici motivazionali e cognitivi che una formazione nella realtà virtuale immersiva offre. Ancora i white paper di Labster presentano informazioni sulle numerose possibilità di insegnamento con i laboratori virtuali e forniscono gli



ultimi aggiornamenti di ricerca e tendenza su Ed Tech.

Le valutazioni degli utenti sono state ricavate dai portali “Common Sense Education”<sup>24</sup> e di “Edtech Impact”<sup>25</sup>. Molti utenti si sono rivelati soddisfatti del prodotto che hanno utilizzato per ampliare le proprie lezioni. Quasi tutti gli utenti hanno dichiarato di averlo usato come strumento per le lezioni online, specialmente durante il periodo di pandemia dovuto al COVID-19. Infatti i Virtual Lab hanno permesso a molti professori di svolgere i corsi pratici da remoto. Indipendentemente dalla tipologia di didattica adottata, Labster ha permesso agli istruttori di far compiere simulazione ed esperimenti ai propri studenti che non sarebbero state possibili a causa della mancanza di risorse. Molti educatori hanno affermato che l’esperienza immersiva ha portato un coinvolgimento maggiore dei loro alunni in quanto avevano a disposizione una grande varietà di corsi tra cui scegliere e nel complesso la piattaforma è risultata molto stabile e quasi senza “tempi morti”. Un’ultima cosa che è stata molto gradita dagli insegnanti è l’assistenza clienti che l’azienda mette a disposizione. Tuttavia vi è anche una discreta controparte che non è stata del tutto convinta del prodotto messo sul mercato da Labster. Infatti questa particolare categoria di utenti ha affermato che i Virtual Lab sono stati concepiti come sostituti dei wet-lab, ma non sono stati affatto adeguati; le simulazioni sono state definite datate e scadenti. Le delusioni sono causate principalmente dal prezzo troppo elevato, se tale modalità venisse applicata in un intero distretto scolastico si arriverebbe a spendere cifre davvero esorbitanti. Si spera tuttavia nell’implementazione di nuove funzionalità oltre alle simulazioni.

Per approfondire l’innovazione che Labster ha intenzione di portare nell’ambito educativo, è stato analizzato un paper che affronta il tema delle simulazioni di laboratorio, in particolare nel ramo delle biotecnologie, e come queste migliorano le prestazioni degli studenti[31].

Gli studi condotti dai ricercatori hanno riportato lo scarso interesse per la scienza da parte degli studenti e molti hanno affermato di essersi laureati con competenze abbastanza marginali. Si suppone che la causa del problema sia l’impostazione dello

---

<sup>24</sup><https://www.commonsense.org/education/reviews/labster>

<sup>25</sup><https://edtechimpact.com/products/online-science-high-school-biology-chemistry-physics>

studio: l'esagerata memorizzazione dei contenuti, l'ascolto passivo delle lezioni e l'esecuzione di esercizi in laboratorio senza alcuna integrazione con le difficoltà del mondo reale. Tali metodi continuano ad dominare l'educazione scientifica e rappresentano una sfida attuale.

Gli esperimenti in laboratorio possono essere costosi in termini di budget e di tempo oppure non possono essere condotti perché poco sicuri, inoltre spesso accade che le lezioni pratiche, che dovrebbero accompagnare quelle teoriche, vengono rimosse da un curriculum. Ciò risulta essere un problema prettamente per i corsi scientifici che hanno molto bisogno di una componente sperimentale. L'ambito delle biotecnologie è in costante aggiornamento per quanto riguarda sia le tecniche che i metodi, ma i macchinari e gli strumenti più recenti spesso sono inaccessibili per le università e le scuole. Per tale esigenza sono state implementati laboratori simulati che offrono non pochi vantaggi, tra cui: (i) permettere agli studenti di indagare fenomeni non osservabili, (ii) consentire una serie di esperimenti in un breve periodo di tempo e fornire una guida adattativa.

Lo scopo della ricerca è combinare la gamification (metodologia di insegnamento che usa il gioco per favorire il coinvolgimento emotivo) con le simulazioni per testare il grado di apprendimento e di motivazione degli studenti nel campo delle biotecnologie. La piattaforma utilizzata è una simulazione di laboratorio avanzata basata su algoritmi matematici che supportano indagini a tempo indeterminato. È stata poi affiancata a contesti di ludicizzazione: un universo 3D immersivo, un racconto, conversazioni con NPC e un sistema di punteggio.

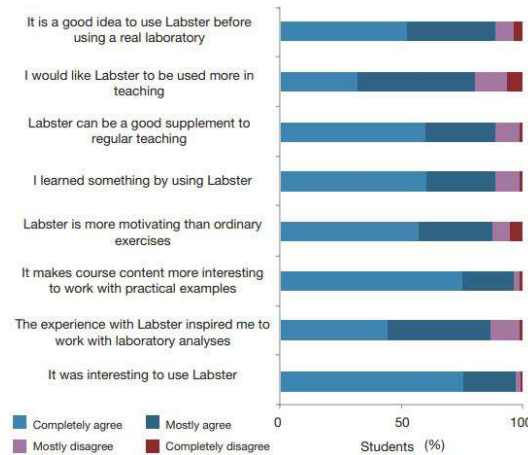
Con Labster sono stati implementati dieci Virtual Labs, due dei quali sono stati testati: il laboratorio sulla scena del crimine e il laboratorio di ingegneria genetica. Per quanto riguarda la prima simulazione gli studenti si trovano su una scena del crimine, vengono avvisati dei fatti accaduti dopodiché hanno il compito di analizzare i campioni di sangue con l'uso della PCR e dell'elettroforesi su gel. Con l'indagine scientifica si è potuto arrivare a prove conclusive per incastrare l'artefice del delitto. Nel caso in cui uno studente condannasse un sospettato innocente, dovrà subire le conseguenze del mancato rispetto dei metodi scientifici: verrà rilasciato un articolo su un giornale virtuale che racconterà dell'accaduto. Nella simulazione che riguarda l'ingegneria genetica, invece gli studenti hanno il compito di produrre medicine

che verranno poi testate su un topo virtuale attraverso la clonazione molecolare, la fermentazione e gli esperimenti sugli animali.

La scelta di testare prettamente queste due simulazioni è dovuta alla maggior efficacia di apprendimento che riescono a offrire animazioni molto realistiche, inoltre il loro utilizzo è supportato dalle teorie cognitive dell'apprendimento multimediale e della comprensione delle immagini 18 , 19 , 20 . Le simulazioni sono state progettate per un approccio basato sull'indagine: gli studenti devono dedurre e applicare le giuste azioni acquisendo conoscenza. È stata integrata nella simulazioni, la combinazione dei metodi di apprendimento e di valutazione, ovvero la presenza di test a scelta multipla. Ogni studente che ha partecipato al quiz doveva selezionare la risposta che più considerasse corretta, una volta scelta veniva offerto un feedback che spiegava la correttezza della risposta. Tale feedback aiuta lo studente a riflettere sulle loro scelte durante i corsi di laboratorio e migliora la loro comprensione durante le lezioni teoriche. La presenza di animazioni 3D di dettagli molecolari invisibili ad occhio umano è un'altra tecnica che è stata utilizzata per coinvolgere ulteriormente l'utente. La ricerca è stata condotta con lo scopo di indagare quanto la gamification potesse stimolare il grado di motivazione degli studenti di biotecnologie. Per farlo, è stato implementato un laboratorio di ingegneria genetica in un corso di biologia AP online alla Stanford University. Il corso immersivo è stato completato con un questionario online riguardo interesse che ha suscitato: 40 studenti su 41 hanno risposto che la simulazione trattava argomenti interessanti e pertinenti; 23 di 41 studenti hanno affermato che è stata più motivante delle lezioni in aula o dei wet-lab.

L'altra ricerca invece analizzava il laboratorio sulla scena del crimine e sono stati osservati 149 studenti, provenienti da classi di biologia presso la Archbishop Williams High School e da classi di scienze della vita presso la Technical University of Denmark. Il 97% dei partecipanti ha dichiarato di essersi interessato notevolmente alla simulazione; l'86% ha affermato che l'ambiente immersivo è più interessante di una normale esercitazione; ancora il 97% ha ritenuto che il contenuto fosse più interessante in una modalità di gamification; l'89% ha dichiarato di aver appreso molto durante la simulazione.

È stato condotto un ennesimo studio su 57 studenti provenienti da quattro scuole superiori danesi. Il 44% dei partecipanti ha dichiarato di voler continuare, parzial-

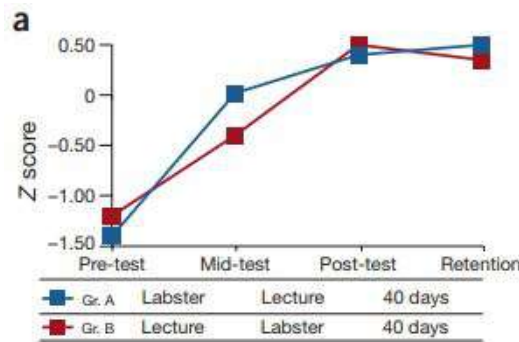


**Figura 4.24:** Risultati del sondaggio dei 149 studenti che hanno utilizzato il laboratorio di simulazione della scena del crimine.

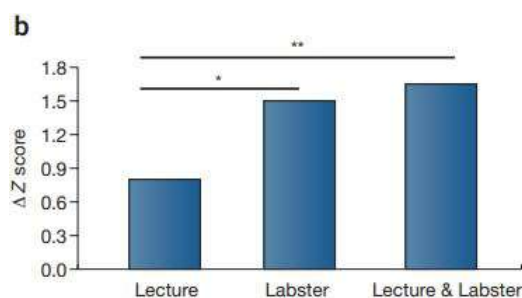
mente o totalmente, lo studio della biotecnologia o di altri argomenti della biologia utilizzando un'ambiente immersivo ludicizzato. Da questa analisi si può dedurre che i laboratorio con gamification aiutano il coinvolgimento e la motivazione di classi intere di studenti.

Bisognava anche valutare l'efficacia di apprendimento di una simulazione rispetto ad una lezione tradizionale, quindi è stata pilotata un'ulteriore ricerca utilizzando sempre il caso della scena del crimine, sottoposto a 91 studenti del DTU (Università tecnica della Danimarca). Prima dell'esperienza immersiva, gli studenti hanno dovuto rispondere a 40 domande a scelta multipla, sono state scelte per potersi adattare a un modello di misurazione educativo della teoria della risposta agli elementi 29 , 30. Poi sono stati divisi in due gruppi: il gruppo A ha partecipato ad una lezione tradizionale e in particolare ad un esercizio di gruppo; il gruppo B invece ha utilizzato il Virtual Lab. Dopodiché ad ogni studente sono state somministrate le stesse domande. Nella seconda lezione invece i gruppi si sono invertiti: il gruppo A ha provato il laboratorio, il B invece la lezione. Alla fine di queste attività, ancora una volta gli studenti hanno dovuto rispondere ad altre domande. Dopo 40 giorni, gli stessi studenti hanno sostenuto nuovamente il test come test di ritenzione. Infine sono stati analizzati i test, adattando i dati al modello di teoria della risposta agli elementi della logistica a due parametri (2PL) che descrive, in termini probabilistici, la relazione tra un individuo 31 , 32 . Delle 40 domande utilizzante nel test, 38 corrispondevano al modello 2PL quindi il test era adatto alla misurazione delle abilità. Sono stati confrontati i risultati

di pre-test, mid-test, post-test e di ritenzione per ogni studente sui 38 quesiti. Dopo la simulazione di laboratorio i punteggi degli studenti sono aumentati di 1,48 unità di deviazione standard (s. d. , standard deviation) partendo da un punteggio medio Z di -1,37 a 0,11; dopo l'insegnamento tradizionale, prendendo come campione il mid-test, il punteggio è passato da -1,20 a -0,36, quindi è migliorato di 0,84 s.d. . Da tali dimostrazioni si comprende che l'utilizzo di un Virtual Lab ha comportato dei risultati di apprendimento decisamente migliori, con un punteggio superiore del 76% rispetto all'insegnamento tradizionale (  $t(89) = -4,37$ ,  $P < 0,0005$ ). Combinando lezioni normali con simulazioni ludicizzate, controllo che è stato valutato prendendo i campioni del post-test, i risultati sono stati decisamente maggiori rispetto a uno dei due metodi presi singolarmente.



**Figura 4.25:** Esito del test dei gruppi A e B che ricevono la simulazione di laboratorio (Labster) e la lezione comprensiva dell'esercitazione di gruppo (Lecture) nell'ordine inverso.



**Figura 4.26:** Aumento dei risultati dell'apprendimento osservato dopo che gli studenti hanno partecipato a una sessione con una lezione che includeva esercizi di gruppo (Lezione), simulazione di laboratorio (Labster) ed entrambi i metodi combinati.

\* Studenti t -test,  $t(89) = 4.37$ ,  $P < 0.0005$ ; \*\*  $t(90) = 7.49$ ,  $P < 0.0005$ .

Ciò che è stato detto dalla ricerca è anche altro. Infatti gli studenti del gruppo A, quelli che hanno provato per primi il laboratorio virtuale hanno avuto dei risultati maggiori per quanto riguarda l'apprendimento dell'argomento: circa 4,2% in più rispetto al gruppo B. Questa differenza però non era statisticamente significativa (confronto dei post-test,  $t(89) = -0,383$ ,  $P = 0,702$ ). Sarebbe interessante utilizzare le simulazioni come compiti da svolgere a casa o come attività pre o post-laboratorio, affiancate chiaramente da una lezione frontale. L'insegnamento tradizionale infatti ha aumentato i risultati dell'apprendimento del 14% dopo che gli studenti avevano utilizzato la simulazione: la lezione risultava dunque ridondante dopo l'esperienza immersiva. In ogni caso la combinazione di entrambi i metodi ha un forte impatto specialmente per quanto riguarda la memorizzazione degli argomenti a lungo termine, questo perché praticare nuove abilità una sola volta può portare ad un deterioramento immediato delle competenze acquisite. È stata testata anche la durabilità grazie al test di ritenzione e l'apprendimento risulta ben mantenuto, non è stata trovata alcuna differenza significativa tra i punteggi del post-test e quelli del test di ritenzione ( $t(87) = 0,641$ ,  $P = 0,523$ ).

La ricerca generale si conclude con l'osservazione che attualmente le simulazioni ludicizzate e la gamification sono utilizzate sporadicamente nell'educazione biotecnologica, probabilmente la causa è la focalizzazione da parte delle istituzioni sull'erogazione di istruzione piuttosto che sulla produzione di risultati di apprendimento. Molti settori invece hanno integrato con successo le simulazioni nei loro corsi di formazione: basti pensare ai simulatori di volo per addestrare gli aspiranti piloti, inoltre la combinazione di questa modalità con esperienze reali si è rivelata del tutto efficace per quanto riguarda il tempo e le risorse. Nel ramo delle biotecnologie è necessario che responsabili politici, distretti scolastici, università, ricercatori e aziende collaborino per lo sviluppo, la ricerca e la valutazione di nuovi sistemi virtuali per l'educazione; solo in questo modo si potranno percepire i benefici della tecnologia moderna e un grande miglioramento dell'educazione scientifica.

---

### Conclusioni e Sviluppi Futuri

---

#### 5.1 Conclusioni

Il termine ultimo di tale ricerca è stato individuare i punti di debolezza delle esperienze immersive, delle tecnologie AR e VR e in generale del Metaverso nell'ambito della formazione scolastica. Le sfide del metaverso si possono classificare in diverse categorie.

La prima è la categoria tecnologica. In essa rientra il problema del traffico di rete: è importante che i sistemi offrano una comunicazione fluida e senza rumore in modo che la comunicazione non sia un problema. Grandi perdite di informazioni potrebbero compromettere l'intera esperienza immersiva.

Altro problema riguarda l'interfaccia: gli studenti si ritrovano a dover installare risorse digitali per poter procedere con le loro lezioni. Quindi bisogna sommare anche il tempo necessario per l'apprendimento dei nuovi strumenti e per la progettazione delle tecnologie. Ciò comporta tempi molto lunghi di apprendimento, specialmente per gli utenti principianti. Infatti nel Metaverso la gestione del tempo è molto più complessa per la presenza di tanti ostacoli e barriere tecniche.

La seconda è la categoria pedagogica e una delle sfide che la comprende riguarda la formazione degli insegnanti. Nella maggior parte dei casi gli strumenti immersivi

utilizzati per la didattica non sono per niente utilizzati o non sono utilizzati al meglio a causa della mancanza di competenze da parte degli educatori.

Potrebbe accrescere la minaccia del cyberbullismo, l'esposizione a contenuti vietati ai minori o l'intrusione di utenti in ambienti che hanno solo uno scopo didattico. È necessario quindi che le esperienze didattiche siano supervisionate da insegnanti competenti.

L'ultimo punto di questa sfera da non tralasciare assolutamente è l'approccio al Metaverso. Il focus dovrebbe essere sui modelli, le metodologie di insegnamento che devono essere stimulate piuttosto che sulle tecnologie e sugli strumenti innovativi. È importante che un educatore non si schieri o prenda posizioni, considerandosi "pro" o "contro" il progresso; se fosse così, porterebbe a una forte limitazione intellettuale a danno della formazione dei propri studenti.

Altre categorie riguardano sfera personale e psicologica. È necessario capire quali possono essere gli effetti cognitivi e neurologici che scaturiscono dopo l'uso delle tecnologie immersive; se possono alterare o modificare il senso di presenza, di identità e di memoria.

Il Metaverso potrebbe anche portare ad una sensazione di isolamento e di solitudine per gli studenti. Abusare delle tecnologie immersive comporta una riduzione del tempo per le esperienze e le relazioni sociali nel mondo reale. Ciò causerebbe un calo del coinvolgimento sociale e un'alienazione dalla vita reale. La conseguenza ultima sarebbe che gli studenti potrebbero sviluppare una dipendenza dalla vita fittizia.

Da un punto di vista salutare, l'utilizzo di HMD potrebbe causare nausea, problemi visivi e vertigini. Effettivamente il corpo umano non è abituato a questo tipo di esperienza e questi effetti collaterali potrebbero incidere sul proseguimento delle attività educative.

Anche la perdita di privacy è un aspetto molto importante. Molti software con tecnologie AR o VR comprendono la geolocalizzazione, quindi gli utenti danno il consenso alle applicazioni di poterli localizzare. Se tanti utenti accettano tale condizione, saranno raccolte molte informazioni. Ma non è solo la geolocalizzazione a contribuire alla raccolta dati, ci sono anche i siti Web che lasciano i cookie sui vari dispositivi degli utenti. Il rischio quindi implica il furto di identità e il rilascio di informazioni (metadati).



Per concludere, va affrontato l'ultimo problema: il Metaverso potrebbe aumentare ancora di più il divario tra ricchi e poveri. Non solo gli utenti devono avvalersi di dispositivi mobile per poter usufruire delle esperienze immersive, dovranno anche acquistare applicazioni e software che offrono tale possibilità. Ma non termina qui, non sempre i dispositivi mobile supportano il carico delle applicazioni, sono necessari dispositivi e console più potenti. Ancora, ci sono tantissimi dispositivi aggiuntivi per garantire un'immersione completa. Non tutti gli utenti possono supportare le spese che implica il Metaverso e nemmeno tutte le scuole sono in grado di gestire i costi. Tutto questo non fa altro che aumentare il digital divide.

Gli studi sostenuti in questa ricerca mostrano il potenziale educativo del Metaverso, che stimola la collaborazione, la comunicazione, la memoria e l'interesse degli studenti. Tuttavia non bisogna assolutamente trascurare che l'istruzione è un diritto umano. Le barriere economiche, sociali e di salute che sono già abbastanza diffuse nella società odierna, non devono diventare ancora più proibitive durante l'evoluzione digitale. Quindi se lo scopo è l'abolizione dei confini tra le persone, la vera sfida è mettere a disposizione le nuove tecnologie per tutti i cittadini.

### **Sviluppi futuri**

Il Metaverso è impiegato principalmente per l'apprendimento di materie scientifiche, segue poi l'area dell'istruzione generale e all'ultimo posto si collocano le materie umanistiche, come le arti e le scienze umane.

Nelle scienze naturali, nella matematica e nell'ingegneria il Metaverso è un ottimo alleato in quanto fornisce supporto tecnico per le varie discipline; ad esempio fornisce programmi per la modellazione 3D, stabilisce connessioni tra esperimenti e rendering virtuali. Nel corso di questa ricerca sono state mostrate prevalentemente applicazioni di realtà immersive in discipline prettamente scientifiche, effettivamente una piccola parte degli utilizzi del Metaverso risulta essere applicata per le materie umanistiche. Infatti, in questo settore, il Metaverso trova una mediocre sistemazione nell'apprendimento delle lingue; infatti permette la comunicazione con altri utenti situati nelle diverse parti del mondo, parlando diverse lingue. Ancora il Metaverso

può rappresentare per gli studenti di facoltà artistiche, una finestra temporale in luoghi artistici o reperti archeologici. Quindi le ricerche future potrebbero concentrarsi sullo sviluppo di questa branca dell'istruzione e diminuire il divario tra materie scientifiche e umanistiche.

Durante tale studio sono stati presi in considerazione esempi e implementazioni del Metaverso prettamente per gli istituti liceali, per i college e per le Università. È stata omessa una possibile applicazione nell'istruzione di studenti affetti da disabilità, i quali richiedono particolari esigenze e maggiore attenzione. È fondamentale quindi la presenza di ulteriori ricerche di questo aspetto, con l'obiettivo finale di implementare un Metaverso che sia accessibile e inclusivo a tutti. L'inclusione e la partecipazione degli studenti con bisogni speciali potrebbe aumentare la libertà virtuale, sia dal punto di vista spaziale che temporale.

Ancora, l'integrazione dell'intelligenza artificiale (IA) è stata presa in considerazione in minima parte, ma non è stata approfondita, eppure molte applicazioni e software immersivi la comprendono già. L'IA neurosimbolica, la tecnologia del database semantico, l'apprendimento automatico e la rete neurale convoluzionale faciliterebbero l'elaborazione dei dati per quanto riguarda l'apprendimento. Infatti l'analisi dei dati è alla base del Metaverso e comprende attività di comprensione, monitoraggio, regolamentazione e pianificazione; la presenza di un IA non farebbe altro che aiutare in questo scopo.

L'intelligenza artificiale neurosimbolica può fornire feedback riguardante le informazioni degli utenti, per farlo combina reti neurali e ragionamento simbolico tradizionale. Essa è spesso implementata nei corsi di addestramento e di manutenzione degli aeromobili; infatti l'IA neurosimbolica svolge il ruolo degli esperti del settore: fornisce indicazioni e risorse per la formazione degli utenti.

Le reti neurali convoluzionali (CNN) sono implementate per elaborare l'audio, le componenti di apprendimento e classificazione che riguardano il riconoscimento del linguaggio.

Infine per l'apprendimento automatico e la modellazione di database semantici, ci si riferisce spesso alla possibilità di accesso degli utenti ai mondi virtuali e sono combinati con il Web 3.0. Architetture collegate al web permettono all'apprendimento automatico e alla modellazione di database semantici di connettersi a dati esterni

scientifici, con lo scopo di cercare informazioni e risolvere problemi.

L'IA trova un'ulteriore collocazione nella creazione di personaggi non giocanti (NPC) i quali assumono il ruolo di tutor o colleghi intelligenti.

Dunque ci sono molte opportunità di ricerca che si servono delle tecnologie di IA i cui obiettivi riguardano l'analisi del comportamento e dell'interazione degli studenti e la loro possibilità di trovare ruoli nuovi.

Il Metaverso può essere inglobato all'interno del sistema educativo in quanto ha tutte le potenzialità per diventare uno strumento utile per l'istruzione, da quella primaria a quella universitaria. L'impiego di tecnologie immersive porterebbe ad un'evoluzione del sistema scolastico, passando da un metodo passivo di semplice ascolto ad una modalità più attiva e partecipativa. Questo fenomeno è definito con il termine "Augmented Learning" (apprendimento aumentato), non solo gli studenti ma anche gli insegnanti si impegnano a partecipare attivamente alle lezioni, comunicando e stimolando il loro interesse.

L'impiego di tecnologie immersive in ambito educativo è ancora in una fase embrionale, il che vuol dire che ancora non si può definire l'impatto che potrà avere sulle vite degli utenti. Bisogna quindi appoggiare le ricerche e gli esperti che si impegnano ad osservare e valutare il fenomeno sugli studenti.

---

## Bibliografia

---

- [1] N. Stephenson, *Snow Crash*, 1992. (Citato a pagina 4)
- [2] W. Gibson, *Neuromante*, 1984. (Citato a pagina 5)
- [3] E. Cline, *Ready Player One*, 2011. (Citato a pagina 5)
- [4] S. Mystakidis, "Metaverse," *Encyclopedia*, vol. 2, no. 31, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031> (Citato alle pagine 5, 22 e 23)
- [5] M. M. Inceoglu and B. Ciloglugil, "Use of metaverse in education," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 13377, p. 171–184, 2019. [Online]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-10536-4\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-10536-4_12) (Citato a pagina 6)
- [6] C. Girvan, "What is a virtual world? definition and classification," *Educational Technology Research and Development*, vol. 66, p. 1087–1100, 2018. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-018-9577-y> (Citato a pagina 9)
- [7] R. Bartle, *Designing Virtual Worlds*, 2003. (Citato a pagina 10)
- [8] W. J. Au, *The Making of Second Life: Notes from the New World*, 2008. (Citato a pagina 14)

- [9] P. 'asher' Rospigliosi, "Metaverse or simulacra? roblox, minecraft, meta and the turn to virtual reality for education, socialisation and work," *Interactive Learning Environments*, vol. 30, no. 1, pp. 1–3, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2022899> (Citato a pagina 14)
- [10] M. Zuckerberg, "Founder's letter," 2021. [Online]. Available: <https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/> (Citato a pagina 15)
- [11] D. Kim, "Meta and the metaverse," *Perspectives@SMU*, 2022. [Online]. Available: <https://ink.library.smu.edu.sg/cgi/viewcontent.cgi?article=1632&context=pers> (Citato a pagina 15)
- [12] H. soo Choi and S. heon Kim, "A content service deployment plan for metaverse museum exhibitions—centering on the combination of beacons and hmd," *International Journal of Information Management, Elsevier*, vol. 37, no. 1, pp. 1519–1527, 2017. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/ininma/v37y2017i1p1519-1527.html> (Citato a pagina 16)
- [13] S. H. Elodie Bouzbib, Gilles Bailly and P. Frey, ""can i touch this?": Survey of virtual reality interactions via haptic solutions," 2021. [Online]. Available: <https://hal.science/hal-03122267/document> (Citato a pagina 17)
- [14] S.-M. Park and Y.-G. Kim, "A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209–4251, 2022. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9667507> (Citato alle pagine 18 e 19)
- [15] G.-J. H. e Shu-Yun Chien, "Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 3, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082> (Citato a pagina 21)
- [16] H. S. H. R. M. G. K. C. C. D. Kathy Hirsh-Pasek, Jennifer M. Zosh and E. Wartella, "A whole new world: Education meets the metaverse," 2022. [Online]. Available: <https://www.brookings.edu/research/a-whole-new-world-education-meets-the-metaverse/> (Citato a pagina 27)

- [17] S. S. e. A. W. Lucinda Kerawalla, Rosemary Luckin, "Making it real: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science," vol. 10, no. 3, pp. 163–174, 2006. [Online]. Available: [http://www.solomonalexis.com/downloads/ar\\_edu.pdf](http://www.solomonalexis.com/downloads/ar_edu.pdf) (Citato a pagina 28)
- [18] B. E. S. e Nick Hedley, "Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students," *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop*, 2002. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/3980439\\_Using\\_augmented\\_reality\\_for\\_teaching\\_Earth-Sun\\_relationships\\_to\\_undergraduate\\_geography\\_students](https://www.researchgate.net/publication/3980439_Using_augmented_reality_for_teaching_Earth-Sun_relationships_to_undergraduate_geography_students) (Citato a pagina 30)
- [19] M. B. e Hirokazu Kato, "Collaborative augmented reality," *Communications of the ACM*, vol. 45, no. 7, p. 64–70, 2002. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/514236.514265> (Citato a pagina 33)
- [20] E. K. e Susan Yoon, "Developing games and simulations for today and tomorrow's tech savvy youth," *TechTrends*, vol. 49, p. 33–41, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/BF02763645> (Citato a pagina 38)
- [21] "zspace," <https://zspace.com/>. (Citato a pagina 42)
- [22] "upfront . ezine," <https://web.archive.org/web/20130802015733/http://www.upfrontezine.com/2011/upf-714.htm>. (Citato a pagina 42)
- [23] "zspace laptop," <https://zspace.com/technology/laptop>. (Citato a pagina 45)
- [24] "zspace laptop tech specs," [https://cdn.zspace.com/collateral/zSpaceLaptopTechSpecs\\_060419.pdf](https://cdn.zspace.com/collateral/zSpaceLaptopTechSpecs_060419.pdf). (Citato a pagina 45)
- [25] J. M. C. G. e. a. Hite, R.L., "Investigating potential relationships between adolescents' cognitive development and perceptions of presence in 3-d, haptic-enabled, virtual reality science instruction," *J Sci Educ Technol*, vol. 28, p. 265–284, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/17482798.2018.1450086> (Citato a pagina 50)

- [26] J. J. Piaget, "The stages of the intellectual development of the child." *Bulletin of the Menninger Clinic*, vol. 26, p. 120, 1969. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/17482798.2018.1450086> (Citato a pagina 50)
- [27] "Engage xr holdings plc," <https://engagevr.io/>. (Citato a pagina 52)
- [28] "Engage link - the next-level of business communication," [https://engagevr.io/engage\\_oasis/](https://engagevr.io/engage_oasis/). (Citato a pagina 67)
- [29] "The complete guide to virtual labs," <https://www.labster.com/how-it-works>. (Citato a pagina 74)
- [30] "Reimagining the future of education," <https://www.labster.com/about#:~:text=Labster%20is%20the%20world's%20leading,the%20context%20of%20a%20story>. (Citato a pagina 74)
- [31] M. G. W. J. e. a. Bonde, M., "Improving biotech education through gamified laboratory simulations," *Nature Biotechnology*, vol. 32, p. 694–697, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/nbt.2955> (Citato a pagina 81)

---

## Ringraziamenti

---

Ringrazio il Professore Fabio Palomba, garante di questa tesi, per aver suscitato in me interesse e simpatia fin dalla prima lezione. Reputo che sia stato estremamente stimolante collaborare con lui, il quale mi ha permesso di approfondire l'argomento da me scelto e del quale sono molto appassionata. Ho apprezzato inoltre l'estrema organizzazione e disponibilità dei Dottori Valeria Pontillo e Dario di Dario. Vorrei ringraziarli in quanto mi hanno guidato passo passo nella stesura dell'elaborato facendomi raggiungere questo traguardo nella maniera migliore possibile.

Ringrazio i miei genitori per avermi dato l'opportunità di intraprendere questo percorso di studi. Vi ringrazio per i sacrifici che avete fatto e che continuate a fare affinché io e mio fratello possiamo vivere una vita agiata. Non vi sarò mai grata abbastanza per tutto quello che avete fatto e sono più che consapevole di quanto avete sofferto per arrivare a condurre questa vita. Vi ringrazio per aver creato questa famiglia e per essermi d'ispirazione.

A papà, a te che sei più simile a me. Sei la persona più umile che conosca, da te ho imparato a non dover ostentare i propri averi e le proprie potenzialità perché una persona si dimostra per quello che è e non per quello che dice. Ti ringrazio per avermi donato questa dannata sensibilità, che per quanto ci fa star male emotivamente ci rende più umani di tutti. Ringrazio di aver un padre come te, anche se ti reputo più



---

un fratello maggiore. Rallegrì le mie giornate con le tue battute e mi diverto quando ci coalizziamo per prendere in giro mamma. Sei il migliore.

A mamma, la mia miglior nemica. Sono fiera di essere figlia di una grande donna come te e spero un giorno di essere indipendente e di trovare un lavoro che mi gratifichi e che mi porti tante soddisfazioni. Spero di riuscire in questo traguardo come ci sei riuscita tu. Ti ringrazio che ti sei sempre preoccupata per me e per il mio futuro, spinta dalla paura che io potessi trovarmi in difficoltà come è accaduto a te. Nonostante le nostre continue faide, sappi che ti ammiro molto e ho sempre fatto tesoro dei tuoi insegnamenti. Ti ringrazio per essere una mamma dolce e amorevole.

Ad Armando. La tua nascita è stato il giorno più bello di tutta la mia vita, non desideravo altro che un fratellino maschio. Ti ringrazio per essere mio complice nella battaglia con i nostri genitori e di essere il giullare della famiglia. Apprezzo tutte le volte che hai notato i giorni in cui ero ansiosa per gli esami e hai cercato di consolarmi con le tue battute e i tuoi scherzi. Sono orgogliosa dell'uomo che stai diventando e della maturità che stai acquisendo. Spero di essere di grande esempio per te e ti auguro di diventare tutto quello che tu desideri di essere.

Ai nonni. Gli unici che sapevano quando avevo gli esami e i primi che avvisavo dopo averli svolti. Vi ringrazio per esservi presi cura di me e mio fratello quando eravamo tanto piccoli. Ci avete accudito nel momento in cui ne avevamo più bisogno, quando mamma e papà erano impegnati con il lavoro voi non ci avete mai lasciato soli. Mi avete insegnato che niente si ottiene facilmente, anzi che bisogna "faticare" per poter arrivare ai propri obiettivi e di quanto sia bello vedere i frutti del proprio impegno. Con questo ho anche capito il valore delle cose e che ottenere qualcosa dopo il duro lavoro, suscita una sensazione più che gratificante. Mi reputo così fortunata ad avervi ancora accanto a me.

A nonno Giuseppe. Le tue esperienze e gli anni che hai vissuto ti hanno reso l'uomo saggio che sei attualmente. Ascolto sempre con attenzione tutte le tue massime di vita e cerco di seguire i tuoi consigli per essere una persona migliore per me e per le

---

persone che mi circondano. Ammiro ogni tuo singolo momento di vita, dagli anni a Genova dove hai imparato il tuo mestiere, che ti ha reso uno dei sarti migliori del paese, agli anni in pensione, in cui non ti fermi mai e continui a dar fastidio a Franchetella.

A nonna Franca, il tesoriere della famiglia. Se nonno è la parte sentimentale della coppia, tu sei la componente terrena. Rappresenti il concetto di mamma giusta, hai accolto tutti in famiglia e li hai trattati come tuoi figli; ti sei sempre battuta per l'equilibrio familiare, che tutti devono essere trattati nello stesso modo e che non si devono fare preferenze. Mi hai insegnato quanto sia importante l'indipendenza dalla propria famiglia e dal proprio partner, ammiro il tuo essere donna lavoratrice e mamma.

A nonno Armando, che te ne sei andato troppo presto. Te ne sei andato prima che io avessi la maturità di capire quanto fosse importante creare dei ricordi. Mi hai insegnato l'amore per il prossimo, la volontà di stare sempre insieme in famiglia e di creare un posto caldo ed accogliente che tutti possono chiamare casa. Tu e nonna Speranza mi avete insegnato cosa vuol dire l'amore e il rispetto reciproco.

A Salvatore. Grazie per avermi fatto scoprire l'amore. Non ti ringrazierò mai abbastanza per la tua pazienza; non ti stanchi mai di me, dei miei silenzi, dei miei sbalzi d'umore, della mia estrema gelosia. Ti ringrazio che non perdi mai la speranza nei miei confronti. Amo la nostra relazione e amo te come fidanzato, mi rendi felice e speciale. Sono contenta di star creando con te una relazione stabile e sicura, basata sul rispetto reciproco e sulla fiducia. Anche se abbiamo affrontato non poche incomprensioni e tante difficoltà non credo di voler nessuno se non te al mio fianco.

Amo te come persona. Apprezzo il tuo voler sempre migliorare per diventare una persona migliore, ti metti in gioco ogni giorno. Hai non pochi problemi di autostima eppure tutti ti reputano una bravissima persona, capace di affascinare con i suoi racconti assurdi e farsi rispettare con i propri modi gentili e parole ponderate. Ammiro la tua forte ambizione e la tua grande forza di volontà, sono sicura che sarai in grado di trovare il tuo posto nel mondo. Sei appassionato a tantissime cose e sei sempre così entusiasta quando inizi un nuovo percorso, sono tue qualità che ammiro e che ti

---

chiedo di non cambiare mai. Poni il bene degli altri prima del tuo e questo ti rende la persona più buona che io conosca.

Ti amo.

Ringrazio la tua famiglia che mi ha accolta in casa e che mi fa sentire sempre parte di essa. Apprezzo le lunghe discussioni affrontate a tavola, dalle battute più divertenti agli argomenti più seri e difficili.

Ai miei amici, i tre sbirulini. Grazie per aver capito il mio carattere e per non aver mai perso la speranza nei miei confronti. Vi ringrazio perché con voi sperimento un senso di amicizia sano e maturo, ci supportiamo a vicenda, ci diciamo sempre la verità anche se fa troppo male dirla o sentirla. Anche se non dimostro spesso la mia presenza, vi ringrazio di essere sempre al mio fianco e di includermi in tante cose.

A Rossi, la più spietata tra le sincere. Ti sei presentata come una ragazza semplice e frivola, ma ti sei rivelata completamente l'opposto. Posso constatare quanto tu sia molto profonda, con i tuoi forti ideali e le tue grandi convinzioni. Ti reputo una grande amica, perché hai sempre dimostrato che posso contare su di te e sulla tua presenza. Sei una persona molto altruista e inclusiva.

A Anto, il ragazzo meraviglia. La nostra amicizia è iniziata tra i banchi di scuola, nei momenti in cui un mio starnuto ti è costato una settimana di febbre. Hai l'ironia più simile alla mia e questo ti rende uno dei pochi che mi fa piangere dalle risate. Ringrazio l'enorme pazienza che hai nei confronti di tutti quanti, quanto tu ti dedichi molto all'amicizia e quanto tu sia sempre disponibile per qualsiasi cosa.

A Fede, il più sbirulino di tutti. Ringrazio la tua presenza, con le tue battute e le tue azioni riesci a rendere una semplice uscita al bar uno spettacolo di cabaret. Mi fa ridere che incrociamo i nostri guardi se succede qualcosa di imbarazzante, è come se ci capissimo al volo. Ammiro molto la tua solarità e il tuo riuscire a nascondere il tuo stato d'animo affinché tutti quanti possiamo passare una serata divertente.

A Carletto, Ale e Ago, gli amici di una vita. Mi accompagnate dai tempi delle ele-

---

mentari/medie, e per quanto ci siamo persi spesso durante il corso degli anni, sono contenta di raggiungere questo traguardo importante e di festeggiarlo con voi.

A Lu, la piccola artista. Anche a te conosco da molto tempo eppure non abbiamo mai legato come stiamo facendo ultimamente. Spero che il nostro rapporto si intensifichi perché so che posso imparare molto da te e dalla tua persona.

A Sabrina, \_na.am\_. Non ci vediamo spesso eppure è come se ci vedessimo sempre. Non voglio parlare della tua simpatia poiché tutti ne siamo a conoscenza. Voglio spendere delle parole più profonde nei tuoi confronti. Sei una delle poche persone con cui sono riuscita ad aprirmi e ho trovato conforto nelle tue parole. Mi piace la tua spontaneità e il parlare dei tuoi problemi con un tono molto ironico, sei una bella persona e un'ottima amica.

A Felicia, la mia blinks preferita. Abbiamo iniziato la nostra amicizia tramite una passione in comune eppure continuando a frequentarci abbiamo trovato molto più di questo. Concordiamo quanto sia bello passare una serata a casa piuttosto che andare in discoteca e abbiamo molti punti di vista in comune per quanto riguarda il futuro. Spero di approfondire sempre di più la tua conoscenza.

A Fabiana. Abbiamo iniziato a conversare partendo da un argomento molto futile, otto ragazzi asiatici che si dimenano sul palco; siamo arrivate ad affrontare conversazioni profonde e importanti. Spero che questa amicizia possa continuare, ti reputo una ragazza intraprendente, molto sicura e ambiziosa. Capisco che posso imparare tanto da te.

A Liliana, quella di sempre. Ripercorro con gioia e nostalgia i ricordi di Santa Maria, siamo riuscite a legare molto in quel periodo e portiamo avanti questa amicizia che dura da anni. Ultimamente ci siamo perse molto di vista, sia per la distanza che per gli impegni personali, ma l'affetto perdura. Ho sempre ammirato la tua innata maturità, sin da quando eravamo ragazzine ti sei sempre dimostrata ferma nelle tue posizioni e nei tuoi ideali. Sei stata una forte ispirazione per la mia crescita.

---

A Tonia. Sono felice di aver legato ultimamente con una persona bella come te. Riesco a percepire l'interesse che provi nella facoltà che hai scelto e sono contenta di intraprendere conversazioni che trattano di quello che studiamo entrambe. Sei la mia spalla in palestra, e mi dai man forte quando litigo con Luigi. Spero che la nostra conoscenza possa sbocciare e crescere sempre di più.

Ai miei colleghi. Non potevo chiedere compagni migliori per affrontare questo percorso universitario. Siete stati fondamentali nei momenti in cui mi sentivo stupida o inadatta. Ringrazio i giorni passati insieme a studiare e tutti i momenti pre esame, dove si percepiva l'ansia di qualcuno e il menefreghismo di qualcun altro.

Ringrazio Damiana e Martina e tutti i momenti che abbiamo passato insieme a parlare di noi stesse e aggiornarci sui pettegolezzi. Quelli sono stati i migliori.

A Damiana e alla sua ironia, sei una ragazza così capace e intelligente, hai bisogno di self confidence per dimostrare al mondo quanto vali.

A Martina e alla sua insistenza, ammiro il tuo carattere menefreghista e contemporaneamente molto pensato. Hai dimostrato più volte di riuscirti a farti rispettare come donna informatica.

A Severino. Ti ringrazio per avermi aiutata nel mio percorso universitario, con la tua capacità di motivare sei riuscito a farmi preparare e superare tanti esami. Hai creduto in me anche quando non ci credevo io.

A Fabio. Abbiamo avuto i nostri litigi e i nostri diverbi, ma ci siamo ritrovati spesso a parlare di noi stessi e delle nostre paure. Apprezzo di aver fatto la tua conoscenza e sono molto felice che tu ti sia aperto con me su argomenti molto delicati. Ringrazio di averti come amico.

Ad Alfredo. Ringrazio di aver fatto la tua conoscenza e rivivo dei bei ricordi nei tuoi confronti. Spero che il nostro rapporto si possa intensificare, ti reputo un ragazzo assai capace. Ps. ti devo un caffè.

---

A Christian, Emmanuele ed Emanuele, con i quali ho affrontato i miei progetti universitari. Ammiro la vostra preparazione e la vostra conoscenza. Siete stati le componenti cardine per la riuscita dei lavori. Vi ringrazio di aver avuto nei miei gruppi persone preparate come voi.

A Marco, Gennaro, Pasquale, Daniele, Sabatino Alessandro e a quel gruppo con un nome che è tutto dire. Siete stati i primi con cui sono riuscita a legare, ringrazio i momenti passati insieme a scherzare e prettamente a sfottermi.

Per concludere, ringrazio tutte le persone che mi sono state meno vicine ma che comunque hanno rappresentato delle influenze positive per la mia crescita personale.