



Virtual Reality e Beni Culturali

Ricostruzione di una collezione del passato fruibile da Remoto

Enrico Picchio

◀ In copertina: illustrazione a cura di Picchio Enrico

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design

Tesi di Laurea Magistrale

Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città

A.A. 2019 - 2020

Virtual Reality e Beni Culturali

Ricostruzione di una collezione del passato fruibile da Remoto

Candidato

Picchio Enrico _____
(s245855)

Relatore

Prof. Massimiliano Lo Turco _____
(Politecnico di Torino)

Correlatore

Elisabetta Caterina Giovannini _____
(Politecnico di Torino)

In collaborazione con il Museo Egizio di Torino e l'ISPC - CNR



Sommario

Abstract [ita]

Abstract [eng]

1 Introduzione

2 Museo e Realtà Virtuale

2.1 Cos'è la realtà virtuale	25
2.1.1 Teorie a confronto	25
2.1.2 La Realtà artificiale come nuovo mezzo estetico	27
2.1.3 Realtà Virtuale e Realtà Aumentata	29
2.1.4 Strumentazioni	33
2.1.5 Interazione fra essere umano e tecnologia	40
2.1.6 Applicazioni	41
2.1.7 L'esperienza Perpetuity	46
2.1.8 L'esperienza Hello, we're from the internet	48
2.2 Museo Virtuale	50
2.2.1 Quando se ne parla	50
2.2.2 Un museo "contenitore" e un museo "Virtuale"	55
2.2.3 Fruizione di un'opera virtuale.. Net.Art ?	57
2.2.4 Sito Museale e The WebMuseum	59
2.2.5 Artechouse	61

3 AR, VR e Beni Culturali

3.1	La tecnologia virtuale e i beni culturali	65
3.2	Navigazione, Interazione e Immersività	68
3.3	L'archeologia e le nuove tecnologie	72
3.3.1	Ricostruzioni virtuali ed il loro rapporto con l'archeologia	72
3.3.2	La tomba di Nefertari	72
3.3.3	Museo virtuale archeologico Via Flaminia	74
3.4	Dal <i>Museo fisico</i> al <i>Museo digitale</i>	76
3.4.1	Valorizzazione e Comunicazione	76
3.4.2	Archeologia Invisibile	78
3.4.3	L'Ara Pacis	79
3.4.4	I Musei Virtuali come misure antipandemiche	82

4 Progetto di Realtà Virtuale per il Museo Egizio

4.1	L'esperienza VR: B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.	87
4.2	Modelli di viaggio di architetture egizie	90
4.3	Dal modello fisico al modello digitale	92
4.4	Web <i>App</i> per il Patrimonio Culturale	96
4.5	Ricostruzione virtuale di una collezione del passato	100
4.5.1	Modello 3D	100
4.5.2	Affinamento dell'elaborato	109
4.5.3	Il Modello finale	113

5 Conclusioni

6 Bibliografia e Sitografia

7 Indice delle Figure

Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia gratitudine al Prof. Massimiliano Lo Turco e alla Prof.ssa Elisabetta Caterina Giovannini per la guida paziente, l'incoraggiamento e i consigli che hanno fornito nel corso di questa tesi. Devo ringraziare la mia famiglia e i miei amici per avermi dato sostegno e incoraggiamento costanti durante i miei anni di studio. Questo risultato non sarebbe stato possibile senza di loro. Grazie.

Abstract [ita]

La presente tesi di laurea indaga sull'utilizzo della Realtà Virtuale, partendo da una visione più ampia e generalista per poi scendere alla sua applicazione in un contesto museale.

La Tesi, in collaborazione con il Museo delle Antichità Egizie di Torino e l'ISPC CNR, è nata da una problematica dettata da condizioni logistiche ed organizzative, dove solo una parte della raccolta dei “Modellini di viaggio di architetture Egizie” era esposta al pubblico.

Tale tematica ha condotto il progetto verso riflessioni legate all'impiego delle *Information and Communication Technologies* (ICT) al settore museale, senza distogliersi dalla condizione che i beni culturali frammentari, dispersi e decontestualizzati tendono a perdere il loro significato intrinseco.

Il progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E., portato avanti dal Politecnico di Torino ed al quale è legata la tesi, si è proposto creare un ecosistema digitale, costituito da elementi

ad alto contenuto di informazioni finalizzati ad output differenti.

Per fare ciò sono stati messi in atto vari metodi di rilievo, indispensabili per l'ottenimento di modelli precisi e completi, successivamente elaborati in base allo scopo prefissato.

In questo modo, la mia tesi mira a dimostrare che attraverso un corretto impiego delle ICT e mediante lo sfruttamento delle potenzialità offerte dalle nuove tecnologie di comunicazione, è possibile incrementare il coefficiente d'interazione dell'utenza, rendendo la fruizione del visitatore maggiormente immersiva.

Abstract [eng]

The present dissertation deals with the use of virtual reality starting from a wide and general perspective and then moving to its application to a museum context.

The dissertation, in collaboration with the Egyptian Museum Turin and ISPC CNR, was born from logistical and managing difficulties, as a consequence of which only a part of “Modellini di viaggio di architetture egizie” were exhibited to the public. This situation led to a reflection on the function of Information and Communication Technologies (ICT) applied to the museum setting, without forgetting that fragmented, scattered and decontextualized museum’s objects tend to lose their intrinsic meaning.

The research project B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E, carried out by the Politecnico of Turin, to which this dissertation is linked, intends to create a digital ecosystem made up of elements with a high content of information and aiming at different

outputs. To reach this goal, different survey methods have been used, in order to obtain accurate and complete models, later elaborated for the intended purpose.

In this way, my dissertation aims at demonstrating that by properly using ICT and the opportunities offered by new communication technologies, it is possible to increase the interaction level of the audience, making the visitor's experience more immersive.

1 Introduzione

All'interno del Museo delle Antichità Egizie, più precisamente nella sala di Ellesija / Sala Nubiana, oltre alla ricostruzione dell'ingresso del tempio di Ellesija sono esposti in una teca tre modellini lignei appartenenti ad una collezione di 14 maquettes. Tali manufatti erano delle ricostruzioni in scala di templi Nubiani, realizzati in legno e cera, il cui autore si presume fosse Jean Jacques Rifaud.

La collezione durante il progetto di ricerca è stata rinominata come “Modellini di viaggio di architetture Egizie”. Dal momento che dei 14 modellini solo tre sono fruibili, per questioni di spazio ed organizzazione, la raccolta risulta “monca” del suo significato.

La soluzione che la Tesi propone, per ridare completezza alla collezione oggetto di studio, consiste nel impiegare in maniera mirata le ICT mediante l'ausilio della realtà virtuale.

Inizialmente sono stati attuati scrupolosi metodi di rilievo scanner per l'ottenimento di riproduzioni virtuali dei singoli modellini, per poi passare alla modellazione della sala basandosi



“VR is a way to escape the real world into something more fantastic. It has the potential to be the most social technology of all time”

Palmer Luckey

Founder of Oculus Rift

sul rilievo effettuato in loco e sulle fonti fotografiche storiche. La piattaforma utilizzata per la creazione dell'ambiente immersivo è stata Unreal Engine e per la pubblicazione Web 3D HOP.

Il risultato finale è quindi un accurato ecosistema digitale, dotato di tre elementi corrispondenti a: un Virtual Tour relativo alla sala II dell'attuale "Galleria dei Re" nelle condizioni non più visibili di una collezione del passato, un approfondimento puntuale delle singole maquettes esposte virtualmente mediante piattaforma 3D HOP ed infine una Web app 3D legata al modellino ligneo del tempio di Beit El Wali, modello pilota di un applicativo volto ad incrementare l'interazione Bene Culturale - visitatore virtuale indirizzato al settore dell'*edutainment*.

Prima ancora di giungere alle fasi operative di progetto, sono state analizzate le potenzialità offerte dalla tecnologia odierna, cercando di capire quale fosse l'approccio più corretto da applicare e la tecnica più affine alle nuove generazioni.

Le riflessioni e gli approfondimenti fatti, sono partiti da una visione ampia e generale della tematica, passando per scenari di cooperazione tra Virtual Reality e Beni Culturali, fino ad arrivare ad un'applicazione pratica di quanto analizzato.

2 Museo e Realtà Virtuale

2.1 Cos'è la realtà virtuale

2.1.1 Teorie a confronto

Il concetto di realtà virtuale¹ risulta molto ampio e complesso ed il suo fine consiste nel simulare un ambiente reale attraverso l'utilizzo delle tecnologie elettroniche, fino a tal punto da far sembrare al fruitore di essere immerso in quell'ambiente nella sua totalità.

La realtà virtuale e la realtà aumentata tra i vari mezzi tecnologici multimediali a disposizione oggi giorno, risultano gli espedienti che si avvicinano maggiormente a forme d'arte e di creatività.

Myron Krueger, è considerato uno dei ricercatori di *Virtual Reality* e *Augmented Reality* di prima generazione a causa delle sue prime opere interattive. Di particolare interesse è la visione del artista sulla realtà artificiale, sia legato alle sue implicazioni tecnologiche sia per le molteplici modalità di fruizione. Ciò sul quale Krueger poneva un'attenzione particolare era l'*immer-*

1. Termine coniato da Jaron Lanier nel 1989, per raggruppare sotto un'unica voce tutti i progetti virtuali. Con il termine Realtà Virtuale si fa riferimento alle realtà tridimensionali, sviluppate tramite gli occhiali stereoscopici ed i guanti.

sione che consisteva nel coinvolgimento del corpo in ambienti, ove sulle pareti venivano proiettate immagini prodotte da un computer, mentre la mimica e la gestualità erano gestite da telecamere e o sensori posti sugli indumenti del utente.

Ad incrementare la sensazione di immersione, oltre a queste metodologie di proiezione su pareti ed ai vari sensori posti sulle tute degli utenti, vi si aggiungono i *wired glove* anche chiamati *data glove*, creati nel 1977 dal Electronic Visualization Laboratory², si trattava di guanti cablati che risultavano sensibili alla curvatura delle dita e dotati al loro interno, di sensori e tecnologie di tracciamento della posizione delle mani.

Per Krueger, l'elemento artistico partecipativo reso possibile dalle molteplici realtà artificiali assumeva un ruolo fondamentale per mezzo del suo sistema di *videoplace*³.

Intorno alla metà degli anni Settanta, venne coniato il termine *realtà artificiale*, con il fine di comprendere sia la tecnologia di Krueger, sia la tecnologia sviluppata da Ivan Sutherland per la visione tridimensionale gli HMD ovvero gli *headmounted display*. Due tecnologie differenti ma con un medesimo fine ovvero il coinvolgimento di tutto il corpo con effetti generati da una computer, talmente realistici da essere accolti come una esperienza reale. La volontà di Krueger era quella di creare una realtà artificiale che non fosse ingombrante, nel senso che fosse possibile sperimentarla senza indossare strumenti particolari. Il videoplace è considerato ambientale siccome il sistema computerizzato percepisce le azioni degli utenti ed il tutto è

2. L' Electronic Visualization Laboratory (EVL) è un laboratorio di ricerca interdisciplinare dell'Università dell'Illinois (Chicago, USA). L' EVL rappresenta una delle più vecchie collaborazioni fra arte ed ingegneria degli Stati Uniti.

3. Quando viene impiegato un dispositivo di visualizzazione a due ingressi si genera un ambiente visivo condiviso da più persone definito VIDEOPLACE. Le possibilità di fruizione possono avvenire sia con più persone che singolarmente.

distribuito nell'ambiente senza essere indossato. L'alternativa al videoplace secondo l'artista consiste nell'indossare sensori e visori considerati ingombranti.

Tra arte e realtà virtuale pare esserci un profondo legame. Le ragioni di questo legame sono da ricercarsi nella natura delle tecnologie applicate per la simulazione virtuale, in particolare bisogna precisare che la simulazione della realtà virtuale, che opera in ambienti tridimensionali, non è altro che un'evoluzione della computer graphics, la quale opera principalmente in ambiente bidimensionale.

È possibile sostenere che il fil rouge di entrambe le tecnologie sono le immagini che rappresentano la materia prima dell'arte.

2.1.2 La Realtà artificiale come nuovo mezzo estetico

La realtà artificiale e gli ambienti virtuali sempre più spesso vengono visti e considerati come un mezzo estetico, una sorta di via alternativa alla comune immagine statica, da molti considerata morta, non tanto come forma di comunicazione ma come mezzo di comunicazione. Un'alternativa appunto viene fornita dalla realtà virtuale, che permette all'arte di avere più soluzioni per essere comunicata e condivisa.

La contrapposizione di queste due forme d'immagine: una più classica con l'immagine statica ed una più recente con la rappresentazione di un ambiente che possiamo definire "dinamico", per via del coinvolgimento del corpo. Di conseguenza emerge anche una doppia tipologia di arte e di spettatore, vi sarà un'arte passiva ed un arte attiva, come allo stesso modo si declina la tipologia dello spettatore.

Ciò che rende l'arte attiva è legato all'immersione del utente, attraverso il mezzo estetico della realtà artificiale e/o ambienti

virtuali, esso è dinamico siccome vi sono sistemi di percezione, visualizzazione e di controllo che ricevono informazioni dai partecipanti o su di loro e risponde in modo che i fruitori vi possano riconoscere delle reazioni al proprio comportamento. Il rapporto tra output e input, ovvero causa ed effetto legato alle azioni degli utenti è variabile. Tutto ciò significa che l'artista può intervenire tra input e risposta. Per esempio un movimento di un individuo può generare dei suoni o è la stessa voce del utente ad essere utilizzata per navigare all'interno del ambiente virtuale.

La realtà artificiale è interessante in quanto rappresenta un'entità che implica ai partecipanti un dialogo, è un amplificatore personale ed uno spazio ove il partecipante ha la possibilità di esplorare ed interagire con quanto generato dal computer.

Questi ambienti virtuali a differenza dell'immagine statica perdono un po' il concetto di *opera d'arte* ma risulta più esatto definirla come arte digitale, ovvero quella forma di arte sperimentale che fa uso di tecnologia. L'ascesa e l'utilizzo di questa tipologia di forma d'arte ha visto la perdita di consistenza materica dell'esposizione, caratteristica che rimane salda nelle opere classiche (immagini statiche).

La mancanza di consistenza materica non risulta affatto un problema, poiché la realtà virtuale può essere esplorata e decodificata proprio come se fosse l'originale, considerando che l'ambiente simulato è in grado di ingannare la nostra percezione.

2.1.3 Realtà Virtuale e Realtà Aumentata

L'*Augmented Reality (AR)* o Realtà Aumentata risulta come una variazione del cosiddetto *virtual environment (VE)*, comunemente noto come realtà virtuale, consiste in un ambiente fittizio nel quale il soggetto umano ha la possibilità di interagire. La simulazione non risulterebbe quasi mai totale in quanto verrebbero coinvolti solo alcuni sensi.

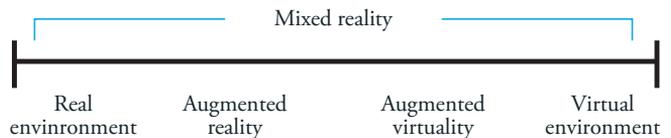
Una prima differenza tangibile tra la virtual reality e l'ambiente di realtà aumentata è la possibilità di fruire dell'ambiente circostante, più precisamente, nel primo caso il soggetto che sta sfruttando la VR non ha la possibilità di vedere ciò che lo circonda nel mondo reale, mentre l'AR risulta come una tecnica di realtà virtuale, attraverso la quale si aggiungono informazioni alla scena reale. L'AR amplifica la realtà arricchendola di dati, senza mai sostituirla completamente.

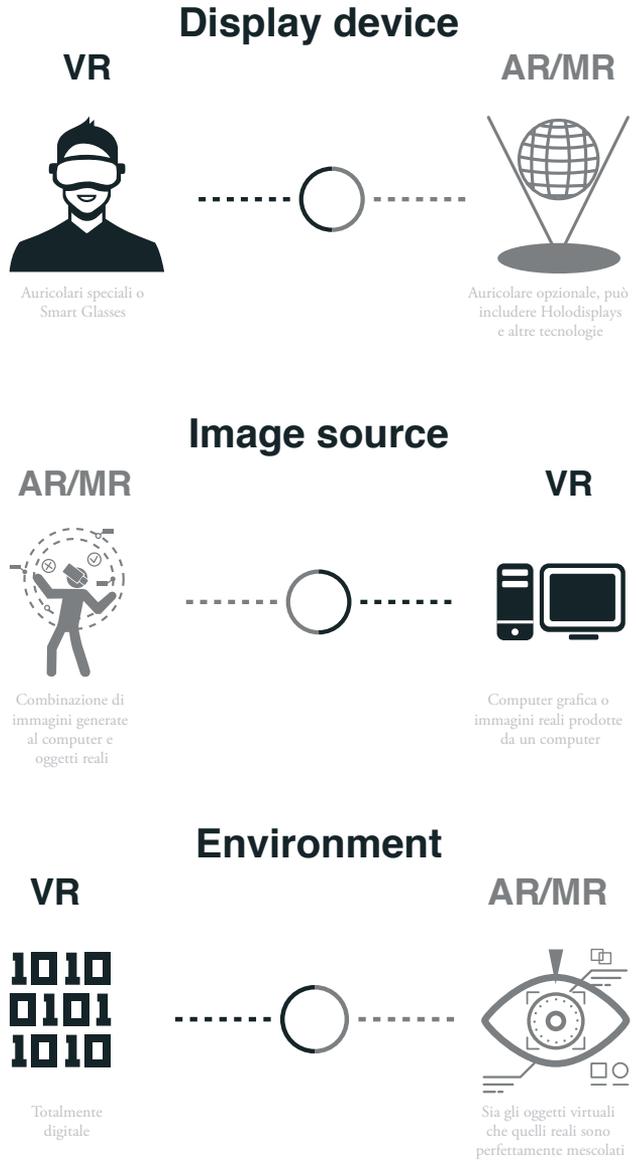
Oggetti virtuali e oggetti reali coesistono nello stesso momento e nel medesimo luogo.

Nella figura sottostante è riportato la reality - virtuality continuum di Milgram e Kishino (1994) (Fig.1), l'AR risulta una delle parti che compone la *mixed reality*. La porzione di grafico compresa tra virtual environments (realtà virtuale) e augmented virtuality, consiste in un'area della figura dove oggetti reali vengono associati ad oggetti virtuali, sostituendo completamente l'ambiente circostante (reale) con uno fittizio.

In Basso

Fig.1 Reality-virtuality continuum, (Azuma ,2001).





A Destra e a Sinistra

Fig.2 Schema esplicativo delle
principali differenze tra VR e AR/MR.

Perspective

AR/MR



Gli oggetti virtuali si comportano in base alla prospettiva dell'utente nel mondo reale

VR



Gli oggetti virtuali cambieranno la loro posizione e dimensione in base alla prospettiva dell'utente nel mondo virtuale

Presence

VR



Sensazione di essere trasportati da qualche altra parte senza senso del mondo reale

AR/MR



Essere ancora nel mondo reale, ma con nuovi elementi e oggetti sovrapposti

Awareness

AR



Gli oggetti virtuali possono essere identificati in base alla loro natura e comportamento, come il testo fluttuante che

VR/MR



L'oggetto virtuale perfettamente renderizzato non può essere distinto dal reale

Le tre caratteristiche principali della realtà aumentata sono le seguenti:

- Combinare oggetti reali con oggetti virtuali in un ambiente reale;
- Interattività in tempo reale;
- Registrazione in 3D;

Tre aspetti di questa definizione sono importanti da menzionare.

In primo luogo, la realtà aumentata non è né limitata a particolari tecnologie di visualizzazione come un headmounted display (HMD), né ad un unico senso come la vista, l'AR può essere potenzialmente applicata a tutti i sensi, compreso l'udito, tatto, e l'olfatto.

Infine, la rimozione di oggetti reali sovrapponendo quelli virtuali, approcci noti come *mediated* o *diminished reality*, sono pur sempre considerati AR.

A questo punto è chiaro che ci si possa chiedere: “Ma perché si vuole puntare così tanto sulla Realtà Aumentata? Perché risulta così interessante?”.

La realtà aumentata migliora la percezione di un utente e interazione con il mondo reale. La visualizzazione di oggetti virtuali e di informazioni che l'utente non può rilevare direttamente con i propri sensi, sono solo due delle molteplici possibilità che l'AR ci offre.

L'Augmented Reality può essere considerata come ciò che Fred Brooks, chiama *intelligence amplification* (IA): utilizzare il computer come uno strumento che semplifichi la vita e renda un compito più facile per l'essere umano (Brooks, 1996).

2.1.4 Strumentazioni

Tipologie e funzionamento

Il primo prototipo di tecnologia a realtà aumentata è stato portato avanti da un pioniere della computer grafica come Ivan Sutherland e dai suoi studenti dell'Università di Harvard e dell'Università dello Utah, presentato nel 1968 la prima forma di HMD.

Gli studi e le ricerche continuarono ancora successivamente negli anni Settanta e Ottanta, fino ad arrivare agli inizi del 1990 quando Caudell e Mizell⁴ coniarono il termine Realtà Aumentata.

Una principale differenza la si può trovare nella tipologia di tecnologie, più nello specifico si parla di *optical technologies* e di *video technologies*.

Un *see - through* HMD, che letteralmente significa che lascia intravedere, è un device che combina il reale con il virtuale. Al contrario un classico *closed - view* HMD non permette nessuna visione diretta dell'ambiente reale, cosa che la tipologia *see - through* permette.

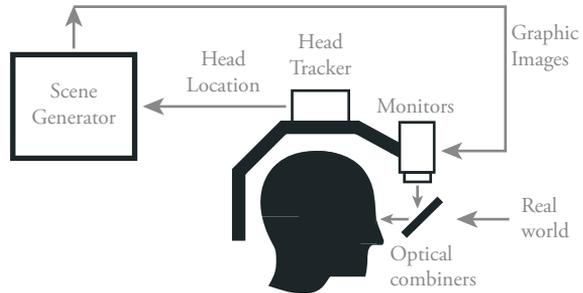
Gli *optical see - through* HMD, lavorano attraverso un *optical combiners* posto in corrispondenza degli occhi dell'utente, che essendo trasparenti questi *combiners* consentono allo user di vederci attraverso. Allo stesso tempo i *combiners* hanno un'ulteriore caratteristica, oltre ad essere trasparenti sono anche in buona parte riflettenti e ciò rende possibile la visione da parte del fruitore di immagini virtuali emesse dagli *head - mounted*

4. Ricercatori della Boeing Corporation Thomas Caudell e David Mizell pensarono di sostituire le ingombranti piante di montaggio con un wearable computer, un casco in grado di proiettare i diagrammi di cablaggio e gli schemi elettrici, attraverso degli speciali visori, sovrapponendoli su quanto gli operai realmente vedevano.

monitors. Questa tipologia di visore è molto simile agli *head-up display* (HUDs), utilizzati in ambito militare.

Optical see-through HMD

(Conceptual diagram)



Gli optical combiners di cui sono costituiti, tendono a ridurre ed attenuare la luce proveniente dall'ambiente reale, lavorando come veri e propri occhiali da sole, consentendo però la riflessione delle immagini emesse dai monitor sopra posizionati.

Al contrario i video see-through HMDs (Fig.4) lavorano combinando un closed-view HMD con una head-mounted video camera. Quest'ultima permette all'utente di poter vedere l'ambiente circostante, ciò che viene emesso da queste camere non è la perfetta trasposizione dell'ambiente reale ma è una combinazione tra ciò che circonda l'utente e le immagini virtuali generate dallo *scene generator*. Il tutto è inviato al monitor video posto di fronte agli occhi del utente.

Risulta omogeneo ma rispetto ad un optical see-through non si ha la visione diretta del mondo reale essendo un closed-view HMD.

Un ulteriore modalità per la generazione di realtà aumentata è la *monitor-based configurations* come indicato nello schema

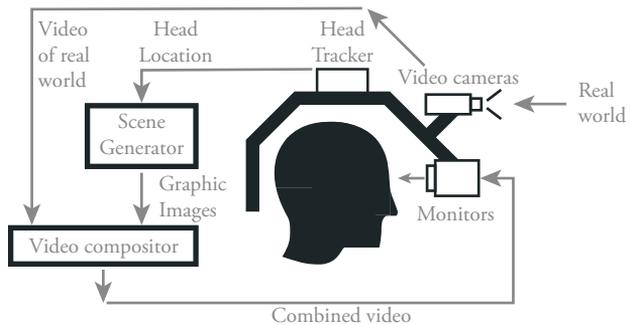
In Alto

Fig.3 Optical see-through HMD diagramma concettuale.

concettuale della Figura 5. In questa casistica vi sono una o due video camere che hanno il compito di registrare l'ambiente esterno, esse sono dotate di tracker di localizzazione ed inviano quanto acquisito sia allo scene generator, fase del processo dove vengono generate le immagini virtuali, sia al combiner dove invece le acquisizioni del reale e le immagini virtuali vengono combinate per poi essere trasmesse al monitor posto di fronte allo user. A differenza dei precedenti questa tecnologia di generazione di realtà virtuale non è indossabile.

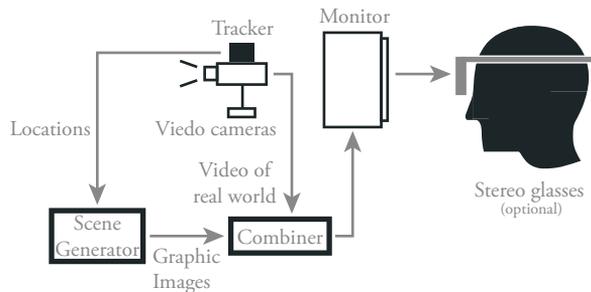
Video see-through HMD

(Conceptual diagram)



Monitor-based AR

(Conceptual diagram)



In Alto

Fig.4 Video see-through HMD diagramma concettuale.

In Basso

Fig.5 Monitor-based AR diagramma concettuale.

Strumentazioni Oggi

Facendo riferimento al mercato attuale è stato previsto che realtà virtuale e realtà aumentata insieme riescano a generare un profitto di circa \$150 miliardi entro il 2020.

Enorme cifra che secondo Digi - Capital si ripartisce in \$ 120 miliardi provenienti dalle vendite di giochi e hardware di realtà aumentata ed i restanti \$ 30 miliardi da realtà virtuale. Relativamente al report in questione le principali aree che generano maggiori introiti sono distinguibili in tre macro categorie: Content, Hardware & Distribution e Software, Platforms & Delivery Services.

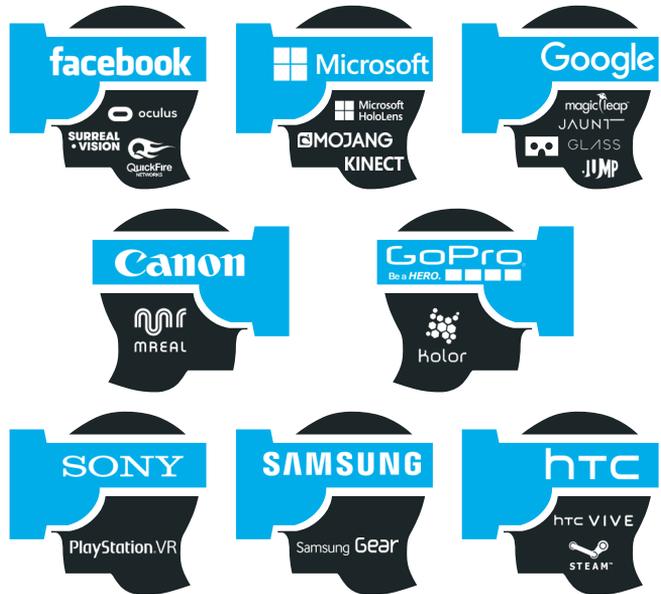
Nel 2014 Facebook ha acquistato Oculus e questo sembra che abbia spinto imprenditori e aziende a produrre e sviluppare AR/VR in una fase considerata 1.0. Nel 2018 in ambito di smartglasses, Microsoft con le HoloLens AR ha vinto un contratto di circa \$ 480 milioni per equipaggiare i soldati con la sua tecnologia AR. Secondo i dati della piattaforma di analisi Digi - Capital nel 2018 si è confermato leader del mercato Sony con il Playstation VR (PSVR), superando i diretti concorrenti come HTC Vive, Oculus Rift e Samsung's Gear VR.

In alternativa ai dispositivi AR/VR citati in precedenza, una piattaforma che ha avuto parecchio successo è la mobile AR. In questo campo Apple e Facebook sono sbarcate con applicativi proprietari, rispettivamente ARKit e Spark AR mentre Google ha fatto affidamento a sviluppatori esterni debuttando con la piattaforma ARCore.

Da qualche anno a questa parte molti marchi si stanno riversando nei mercati VR e AR. Nomi noti come Ferrari, Ford, Marvel, NBC, Paramount, HBO, Red Bull e molti altri stanno cercando di trovare un pubblico attraverso “esperienze” di AR

e VR.

L'AR (mobile AR, smartglasses) potrebbe raggiungere i due miliardi e mezzo di basi installate ed entrate da 70 a 75 miliardi di dollari entro il 2023, questo potrebbe segnare una fase 2.0 di queste tecnologie.



In Alto

Fig.6 Schema concettuale dei principali competitors nel settore Virtual Reality.



“The incredible thing about the technology is that you feel like you’re actually present in another place with other people. People who try it say it’s different from anything they’ve ever experienced in their lives.”

Mark Zuckerberg

Founder and CEO of Facebook



2.1.5 *Interazione fra essere umano e tecnologia*

Quando si parla di Virtual Reality, non bisogna mai dimenticare dell'interazione tra noi e questa tecnologia, a testimonianza di ciò, sappiamo che l'azione delle dita può essere impiegata per manipolare ed interagire con un programma. Tale interazione potrebbe avvenire attraverso l'utilizzo di schermi touch in maniera tale da sostituire gli elementi fisici come mouse e joystick, anche se la direzione è sicuramente quella di arrivare a far uso di guanti aptici dotati di sensori di movimento. Tutto questo definisce un "controllo", esso può consistere nel premere bottoni di un menu virtuale oppure, magari, nel afferrare un oggetto poterlo manipolare con le mani.

Come accennato in precedenza, la corretta posizione delle mani, il loro orientamento ed il movimento delle dita verrebbe individuato da guanti speciali, dotati di sensori di posizione in grado di captare l'angolazione delle giunture delle dita (dispositivi di input).

Invece per permettere di poter toccare oggetti virtuali, ruotarli ed interagire con loro è necessario poter utilizzare *Haptic Devices*, ovvero dispositivi che, attraverso il senso del tatto, permettono una sorta di "reazione" del dispositivo VR ad un evento, solitamente definito come *feedback aptico* (dispositivo di output).

2.1.6 Applicazioni

Le realtà artificiali come definiva Krueger, ma in generale realtà virtuale e realtà aumentata troveranno applicazione in molteplici campi dell'attività umana sotto svariate tipologie di tecnologie da indossare e non, ma anche sistemi che non implicino obbligatoriamente un movimento da parte del fruitore.

Applicazioni Militari

Inevitabilmente questo è stato uno dei primi campi sui quali si è investito molto a livello di realtà aumentata, si parla di realtà aumentata e non di realtà virtuale per una questione di sicurezza, è fondamentale che lo user abbia una visione diretta del mondo reale e che le informazioni vengano viste sovrapposte alla realtà attraverso dei glasses. Quanto detto prima ha a che fare con il campo dell'aeronautica militare, siccome ciò che utilizzano i piloti sono degli head - up display (HUD) molto vicini agli optical see - through (HMD) di cui abbiamo parlato in precedenza. Le previsioni future riguardano le nuove generazioni di piloti che con alta probabilità utilizzeranno dei caschi con HMD integrato.

Le sperimentazioni in campo militare non si sono limitate solamente alla flotta aerea ma anche alle compagnie di terra, tanto che il DARPA⁵ ha portato avanti delle ricerche relative ad una tuta ermetica dotata di un'alimentazione a pile a combustibile⁶

5. La Defense Advanced Research Projects Agency, più conosciuto con la sigla "DARPA", è un'agenzia governativa del Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti incaricata dello sviluppo di nuove tecnologie per uso militare.

6. Una pila a combustibile detta anche cella a combustibile è un dispositivo elettrochimico che permette di ottenere energia elettrica direttamente da certe sostanze, tipicamente da idrogeno ed ossigeno, senza che avvenga alcun processo di combustione termica. L'efficienza o rendimento delle pile a combustibile può essere molto alta.

con il fine di produrre forza idraulica. Anche questo ipotetico “super soldato” sarà dotato anche di occhiali stereo visualizzatori per arricchire di informazioni il mondo reale del soldato. Lo studio portato avanti nei confronti dell’AR applicato al campo militare riguarda sicuramente anche l’addestramento dei soldati e quindi la preparazione oltre che i vari tipi di equipaggiamenti.

Applicazioni Mediche

Il settore della medicina nell’attualità ma ancora di più in prospettive future farà uso della realtà aumentata. I dottori attraverso l’AR potranno vedere e prepararsi per interventi, simulando ciò che poi dovranno effettivamente fare. Questo sarà sicuramente possibile collezionando tutta una serie di 3D datasets dei vari pazienti in tempo reale facendo uso di sensori non invasivi simili alle risonanze magnetiche. Il risultato sarà una combinazione in real time dei datasets acquisiti con il paziente reale, facendo in modo che il dottore possegga una vista a raggi x.

Tale procedimento sarà molto utile per forme di interventi chirurgici minimamente invasivi riducendo il trauma di un operazione a piccole incisioni o addirittura a nessuna incisione. Precedentemente l’avvento delle tecnologie di realtà aumentata, gli interventi richiedevano un’abilità nel dottore non indifferente, al contrario oggi in maniera sperimentale ma più diffuso in un futuro prossimo, la tecnologia AR permetterà ai dottori di vedere all’interno del paziente proprio grazie a quei datasets di cui parlavamo prima, riducendo anche ulteriormente le difficoltà durante l’operazione e post operazione.

Le possibilità di utilizzo di questi mezzi, possono essere utili an-

che a livello di visualizzazioni di informazioni, più in particolare per i giovani dottori ed i giovani infermieri, ricordando loro informazioni, passaggi e procedimenti senza dover distogliere lo sguardo dal paziente di conseguenza evitando quindi distrazioni dovute ad un eventuale consultazione di un manuale.

Applicazione nella fabbricazione e manutenzione dei veicoli

Un'altra categoria di applicazioni dell'Augmented Reality è il montaggio, la manutenzione e la riparazione di complessi macchinari. Le istruzioni potrebbero essere più facili da capire se disponibili, non come manuali con testo e immagini, ma piuttosto come disegni 3D sovrapposti all'apparecchiatura reale, mostrando gradualmente i compiti che devono essere fatti e come farli.

Per esempio l'azienda statunitense Boeing, tra le più grandi costruttrici di aeromobili ha sviluppato e testato una tecnologia di realtà aumentata volta ad accompagnare e guidare un tecnico nella realizzazione di un cablaggio che costituisce una parte del sistema elettrico di un aereo.

Questa sperimentazione secondo Boeing servirebbe sia a ridurre di parecchio i costi che gli spazi, con possibilità di essere impiegati per usi differenti.

Applicazioni nell'apprendimento

La simulazione con la realtà artificiale trasforma l'esperienza in uno strumento assai versatile con considerevoli implicazioni anche nel campo dell'apprendimento. Krueger a riguardo fa un interessante riflessione sulla presenza in età scolare di due tipologie di bambini di cui l'educatore è ben conscio; il bambino considerato iperattivo che ha bisogno di dar sfogo a tutta la sua

vitalità in modo costruttivo e il bambino passivo che necessita di essere coinvolto attivamente nel processo di apprendimento. La realtà artificiale in questo caso non servirebbe a spiegare fatti o concetti, quanto più a dare un pacchetto di esperienze utili ai bambini, in maniera tale che il bambino scopra delle regole, ma che queste non siano certe ma mutevoli in maniera tale che un momento prima siano giuste ma che un attimo dopo potrebbero non esserlo più. Tutto questo improntato all'insegnamento del fatto che l'apprendimento è un processo continuo.

Certo è che anche i concetti e le nozioni teoriche, avrebbero una più facile trasmissione tra educatore e bambino attraverso la realtà simulata.

L'obiettivo è quello di contribuire significativamente a migliorare i processi di insegnamento-apprendimento rendendoli maggiormente connessi con l'ambiente, più coinvolgenti e più collaborativi attraverso la realizzazione di spazi interattivi più verosimili in grado di favorire una maggior immersione da parte degli studenti e quindi un apprendimento più efficace.

Applicazioni Museali

Viviamo oggi in un'epoca dove la tecnologia ha trasformato molte attività umane. Ciò potrebbe presupporre che anche l'arte possa aver subito dei mutamenti, invece no, l'arte continua a rimanere l'unico capo saldo contro le innovazioni. Nonostante questo, l'arte non ha subito variazioni ma sfrutta la tecnologia a suo favore sotto l'aspetto della fruizione.

L'AR può essere considerata come una lente di ingrandimento digitale che permette ai propri utenti di beneficiare in modo diverso delle opere esposte, molto spesso utilizzando un dispositivo come lo smartphone o il tablet. Includere nel percorso di

visita strumenti già quotidianamente adottati fa sì che il visitatore sia più propenso ad impiegarli.

2.1.7 *L'esperienza Perpetuity*

Perpetuity corrisponde ad un'esperienza VR con l'intenzione di preservare e ricostruire il sito archeologico siriano di Palmyra, distrutto dall'ISIS. Nel 2015, l'antica città di Palmyra venne occupata e furono distrutti siti archeologici secolari.

Ad intervenire in favore della città siriana è Arc/k Project, un'associazione no - profit che ha lanciato una campagna kickstarter e che punta a ricreare la città di Palmyra nella sua interezza in una esperienza immersiva di realtà virtuale.

Il messaggio che si vuole trasmettere è che gli sforzi messi in atto da questi gruppi terroristici falliscono di fronte alla tecnologia, ma anche far conoscere questi luoghi agli individui di tutto il mondo rendendo fruibile e visitabile la ricostruzione virtuale direttamente da casa propria.

Gli ideatori di Arc/k Project hanno passato gli ultimi anni alla ricostruzione digitale di tre siti di Palmyra: il Teatro Romano, il Tempio di Bell e l'Arco di Trionfo. Per realizzare ciò, è stato impiegato un sistema di fotogrammetria, per ricostruire le rovine in un'esperienza interattiva di crowdsourcing⁷. Ciò significa aver raccolto migliaia di immagini della città realizzate prima della sua distruzione, grazie ai siti di Creative Commons, per poter ricreare oggetti ed edifici attraverso la scansione 3D. I primi tre siti sono già stati realizzati ma l'obiettivo sarebbe quello di espandere la ricostruzione 3D all'intera città, per creare un'unica esperienza VR.

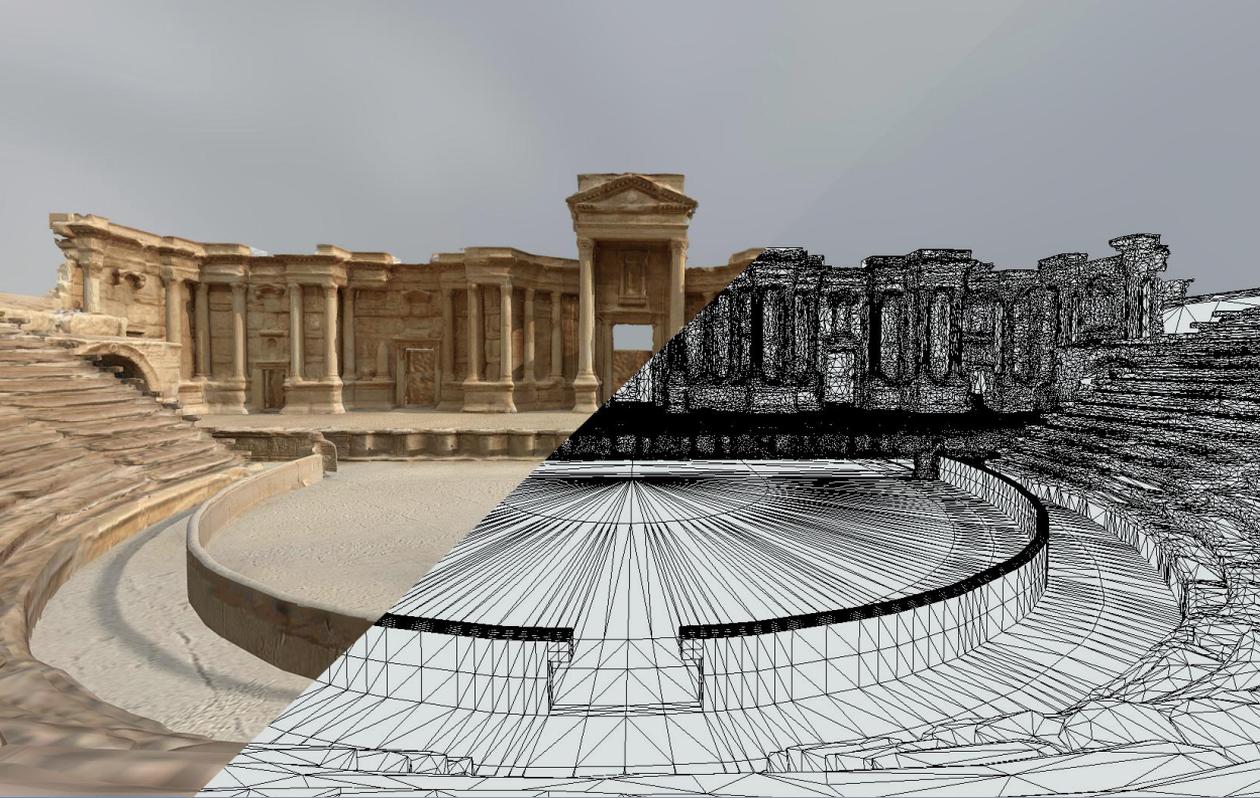
In Alto a Destra

Fig.7 Ricostruzione del Teatro Romano a Palmira di Arc/k Project.

In Basso a Destra

Fig.8 Ricostruzione del Tempio di Bel a Palmira di Arc/k Project.

7. Il crowdsourcing è lo sviluppo collettivo di un progetto. Consiste in una richiesta di idee, suggerimenti, opinioni, rivolta agli utenti di Internet da un'azienda o da un privato in vista della realizzazione di un progetto o della soluzione di un problema.



2.1.8 *L'esperienza Hello, we're from the internet*

Il tentativo di Hello, we're from the internet, è un esempio interessante di applicazione della realtà aumentata. Questo progetto portato avanti da un ristretto collettivo, circa otto artisti, definito come MoMAR, ha “occupato abusivamente” la sala con le esposizioni di Pollock del MoMA di New York sostituendola con la loro mostra di realtà aumentata.

Il gruppo di artisti attraverso l'augmented reality ha sovrapposto le loro immagini virtuali ai dipinti di Jackson Pollock e successivamente scaricando gratuitamente la loro app MoMAR, chiunque aveva la possibilità di ammirare il loro lavoro.

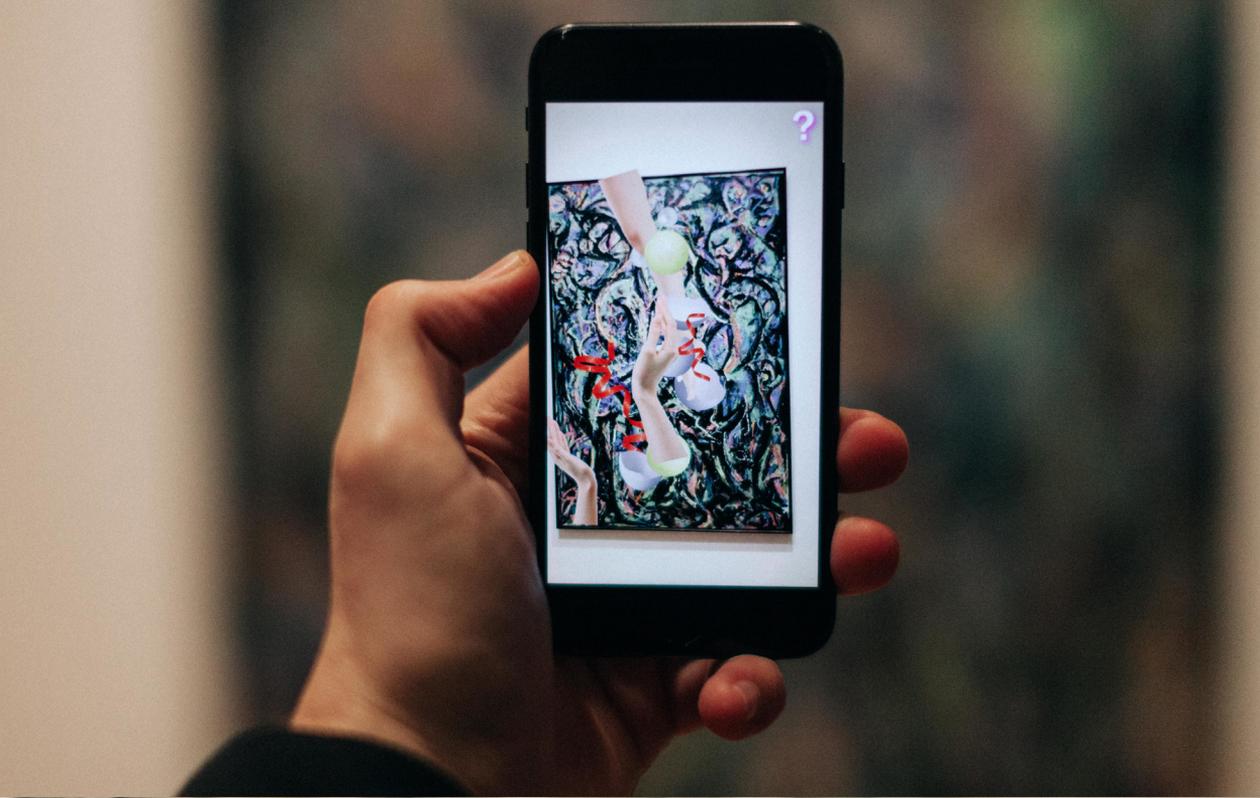
Le operazioni in realtà aumentata sovrapposte ai dipinti sono le più disparate. Per esempio l'installazione dell'artista Gabriel Barcia Colombo ha trasformato il dipinto “White Light” di Pollock in un gioco interattivo, in cui piccoli scheletri si arrampicano velocemente su lati del dipinto, come fossero ragni. Il lavoro fatto dal MoMAR ha aggiunto un qualcosa in più all'opera esistente dandogli anche una sfumatura digitale, considerata una nuova forma d'arte basata anche sull'interazione del utente con l'opera, senza che il coinvolgimento sia solamente emotivo e personale.

In Alto a Destra

Fig.9 Esperienza AR al MoMA, (MoMAR).

In Basso a Destra

Fig.10 Esperienza AR al MoMA, (MoMAR).



2.2 Museo Virtuale

2.2.1 *Quando se ne parla*

La società contemporanea in cui viviamo, ha fatto sì che il museo, inteso come mezzo di conservazione e di diffusione della cultura nelle sue varie forme, potesse subire una notevole fase di trasformazione. Alcuni fattori che sicuramente hanno contribuito ad un principio di cambiamento da parte dei musei sono: le pressioni da parte della pubblica amministrazione ed il numero crescente di visitatori.

Secondo Paolo Galluzi⁸, la finalità principale del museo coincide con la funzione educativa e nello specifico definisce i musei come strutture atte a garantire la conservazione del patrimonio collettivo ma anche a contribuire alla crescita culturale dei cittadini.

In tutto questo i musei faticano a cogliere quello che risulta l'enorme potenziale che le nuove tecnologie sono in grado di fornire. Oggi vi sono strumentazioni che permettono di collegare ed integrare documenti, immagini e dati fisicamente sparsi in "contenitori" differenti ed in luoghi geograficamente opposti, in modo tale da poter ricreare il reticolo di relazioni che questi oggetti hanno tra di loro.

Quando si parla di museo, si parla di un insieme di elementi che coesistono tra di loro, e vanno distinti in una istituzione, delle collezioni, un contenitore ed infine un apparato.

Parti di un sistema, quello museale, che solitamente vengono solamente ricondotte alla considerazione del museo come una

8. Direttore dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze e Coordinatore del Sottoprogetto "Museologia e Museografia" del Progetto Finalizzato "Beni Culturali" del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

raccolta di manufatti. Oggi questa visione inevitabilmente ha la possibilità di cambiare, grazie alle strumentazioni che la tecnologia ci fornisce. In altre parole i reperti possono rimanere nei loro “contesti” ma essere ammirati attraverso un luogo virtuale: il museo virtuale.

Inevitabilmente si verrebbero a generare due tipologie di realtà per il museo; una prima in cui la struttura risulta una raccolta di oggetti (ed assenza di informazioni) e una seconda dove appare come una raccolta di informazioni (ed assenza di oggetti). Entrambe le situazioni sono sicuramente estreme, anche perché non vi sarà quasi mai un museo senza oggetti o senza informazioni, quindi le due realtà possono essere riformulate in questo modo:

- Raccolta di oggetti e di informazioni dove i primi prevalgono sulle seconde;
- Raccolta di oggetti e di informazioni dove le seconde prevalgono sui primi.

Molto spesso, quando si ha a che fare con il museo inteso come contenitore, entra in gioco la problematica dello *sradicamento*, secondo cui l’oggetto viene rimosso dal luogo in cui è “nato” e catapultato insieme ad altri manufatti in un nuovo contesto. Di fronte a questa problematica le tecnologie sarebbero in grado di risolvere la questione all’origine, considerato che lo “sradicamento” viene reputato come inopportuno, la soluzione risiederebbe nel dotare il sistema museale di dosi di virtualità. Alla società di oggi vengono spesso attribuiti diversi caratteri, quello che più emerge è l’informazione, ovvero la definizione della società come *società dell’informazione*. Una società che va

di pari passo con le nuove tecnologie della comunicazione e dell'informazione, le quali segnano il mutamento in atto del sistema museale. Questo comporta che vengano esposti manufatti "reali" e manufatti "virtuali", da cui si ricorre sempre più spesso all'espressione museo "virtuale".

virtuale agg. [dal lat. mediev. (dei filosofi scolastici) *virtualis*, der. di *virtus* «virtù; facoltà; potenza»: v. virtù]. – Sinon. di *potenziale*, cioè «esistente in potenza» (contrapp. a *attuale, reale, effettivo*).

L'introduzione della parola *virtuale* all'interno del museo oltre che dividerlo in due tipologie distinte, ha fatto sì che vi fosse una scissione anche per quanto riguarda le tipologie di visitatori. La tripartizione in tali categorie vede: (i) visitatori solo tradizionali (fisici), (ii) visitatori solo virtuali e (iii) visitatori sia tradizionali che virtuali. Sicuramente un quesito che può sorgere spontaneo riguarda la possibile direzione che questa situazione possa prendere.

Si pensa che in un primo momento la prima componente di visitatori citati in precedenza, i cosiddetti visitatori fisici possano diminuire e di conseguenza vedremo incrementare la tipologia di utenti virtuali. In un secondo momento invece saranno i visitatori sia tradizionali che virtuali a crescere rapidamente diventando una componente considerevole definibile quasi dominante.

Come l'introduzione del termine virtuale ha contribuito a far tutta una serie di precisazioni sia sulla tipologia di museo che sull'utenza, anche per quanto riguarda le visite vi è stata una bipartizione tra visita reale e visita virtuale. La prima intesa come fruizione classica del percorso museale, la seconda inve-

ce colta come una integrazione di quella reale, pensata come preparazione alla visita reale o addirittura rielaborazione della visita reale.

È corretto sottolineare il termine integrazione quando si parla di virtuale nel contesto museale, in quanto un riproposizione di una visita reale sicuramente sarebbe carente dal punto di vista di forza evocativa del reperto, è chiaro che un quadro, un manufatto o una statua possano suscitare emozioni, dovute alla loro espressività. Queste opere fanno capire molto ma allo stesso tempo non spiegano tutto, per questo sottolineavo il termine integrazione precedentemente.

Il museo reale, attraverso i suoi manufatti, le sue pareti e le sue sale di esposizione, risulta come il prodotto di un percorso storico pieno di intrecci, tale visione del museo reale spesso è stata interpretata come chiusura al mondo, alla contaminazione del esterno.

Il museo virtuale al contrario non ha vincoli murari, non possiede sale espositive, tale tipologia museale ha l'obiettivo di massimizzare le immagini e le informazioni, è quasi considerata come una enciclopedia mobile.

Prima ancora di trovare una definizione appropriata al concetto di museo virtuale, è possibile iniziare con il dire ciò che il museo virtuale *non è*.

Innanzitutto *il museo virtuale non è il museo reale trasposto sul web*. Non lo sarebbe né se fosse una trasposizione parziale, né se fosse una replica totale. Tutto questo perché non ne conferisce nessun valore aggiunto, renderebbe solamente possibile la fruizione visiva dei manufatti a distanza, il che è da ritenersi marginale come caratteristica.

Il museo virtuale non è neanche l'archivio - database - complemen-

to elettronico del museo reale. Nella casistica appena accennata il valore aggiunto esiste ma è il fine che risulta labile. È un sistema che verrebbe in contro ai bisogni di un target di visitatori specializzato, ma non di un visitatore comune.

Il visitatore comune dinnanzi a questa vasta scelta sarebbe disorientato sia per il gran numero di opere messe a sua disposizione sia per la complessità nel comprendere le informazioni fornitigli, le quali presuppongono quasi sempre delle conoscenze pregresse.

Sebbene la ricchezza di contenuto sia un vantaggio e conceda una maggiore scelta da parte dell'utenza, questa categoria risulta poco sfruttata e sfruttabile dalla "massa".

Infine, *il museo virtuale non è neanche ciò che manca del museo reale.* Come afferma Antinucci in "Musei Virtuali", "il museo è caratterizzato proprio dal fatto di avere una *certa* collezione, e cioè una *limitatezza* relativamente alle opere" (Antinucci, 2007). Questo contribuisce sicuramente a delineare con chiarezza la storia, l'identità, il ruolo ed il suo essere "quello" specifico museo. Di conseguenza la "mostra" virtuale non è un museo virtuale, così come la mostra non è il museo.

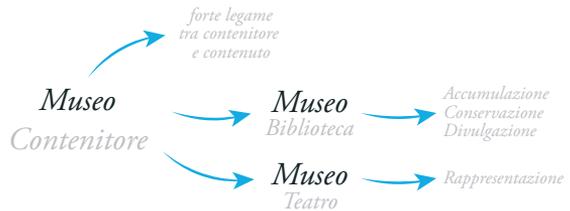
A questo punto ci si potrebbe chiedere: ma cos'è il museo virtuale? Secondo Antinucci è possibile definirlo come *la proiezione a tutto campo del museo reale*, dove "a tutto campo" è da intendersi come la possibilità da parte del museo virtuale di poter far uso di tutte le tipologie di mezzi fisici e concettuali, senza nessun tipo di *limitazione* fisiche e concettuali del museo reale, con il fine di tornare a far parlare le opere che il museo possiede e mostra.

2.2.2 Un museo “contenitore” e un museo “Virtuale”

Il rapporto che si instaura tra il “contenitore” ed il “contenuto” ha una valenza notevole e si declina nel legame tra architettura dei musei e le collezioni ospitate.

Questo rende il museo *contenitore* tendente ad altre forme di raccoglitori di oggetti, proprio come la biblioteca ed il teatro.

Il *museo biblioteca* risulta quella tipologia museale che pone l’attenzione sull’*accumulazione*, la *conservazione* e la *divulgazione* ai propri fruitori delle singole opere. Al contrario il *museo teatro* ha un riguardo particolare alla presentazione combinata (la rappresentazione) della collezione, non focalizzandosi sulla singola opera ma sul collettivo.



In contrapposizione alle visioni precedenti, la discussione che ruota attorno al concetto di Museo Virtuale ci porta ad un’ulteriore bipartizione del museo. Una prima casistica, legata ai *musei senza pareti*, da intendersi come una mutazione in atto, siccome si tratta di strutture museali reali che cercano di ripensare il loro concetto di contenitore attraverso nuove forme di allestimento fondate sulla ricostruzione 3d e sull’impiego di internet come tramite per arrivare a più persone possibili.

La seconda casistica invece comprende quella tipologia museale definita quasi *museo immaginario* citando André Malraux⁹,

In Centro

Fig.11 Schema esplicativo del concetto di Museo Contenitore.

9. André Malraux (Parigi 1901 – Créteil 1976) è stato uno scrittore e politico francese. su “Wikipedia, L’enciclopedia libera”. https://it.wikipedia.org/wiki/André_Malraux

dove la mutazione che precedentemente era in atto in questo è già avvenuta.

L'ambiente fisico e concreto sparisce totalmente, il tutto si sposta su di una piattaforma immateriale, essi non fanno riferimento a specifiche istituzioni e spesso sono gruppi di utenti appassionati o associazioni culturali.

Il museo virtuale visto come “senza pareti” è considerabile come il connettore tra ciò che era e ciò che sarà. Tale sistema è inizialmente un modo per simulare la fruizione di un contesto reale, ma di lasciare all'utente un qualcosa in più della semplice visione del manufatto.

Esso permette di sperimentare e di testare nuovi percorsi di lettura delle esposizioni, in questo modo esso risulta ancora come un contenitore.

Al contrario il museo virtuale concepito come “immaginario”, è una fitta rete di connessioni tra concetti ed immagini. Non si parlerà allora più di contenitore di oggetti ma di contenitore di esperienze.

È opportuno precisare che suddetti musei vivono in ambienti informatici dove l'utente ha la possibilità di interfacciarsi con



In Basso

Fig.12 Schema esplicativo del concetto di Museo Virtuale.

una struttura video dotata di interattività. Il contatto tra lo user e il manufatto avviene virtualmente.

Parliamo continuamente di virtuale ma: Cos'è virtuale? Secondo Pierre Lévy il virtuale è “Trasformazione da una modalità

dell'essere a un'altra". Solitamente la parola virtuale la utilizziamo quando siamo di fronte ad una situazione di assenza di esistenza, dato che il "reale" implicherebbe una presenza materiale e tangibile. Di conseguenza questo spiega come il museo virtuale sia una trasformazione del museo stesso una sorta di "cambio di stato", passando da una forma fisica ad una astratta. Il discorso legato al virtuale ha molteplici ricadute sia nel campo filosofico che in quello etico, il che risulta molto complesso da trattare e rischierei di perdere il fulcro del mio studio visto che il tema meriterebbe un'analisi ed una decodifica più approfondita.

2.2.3 Fruizione di un'opera virtuale.. Net.Art ?

L'arte intesa come specchio della società che la produce, assorbe tutte le sue novità e fa uso dei nuovi mezzi di comunicazione. In tal senso la Rete ha avuto uno sviluppo davvero notevole, su questa piattaforma si sono riversati moltissimi artisti che producono e pubblicano la propria arte digitale, conosciuta anche come Net.Art .

Una forma d'arte nata nella metà degli anni Novanta, in Europa ed in Russia, che ha rotto la prassi di poter fruire di un'opera solamente in Gallerie e Musei ma affidando totalmente il ruolo di contenitore esclusivo delle opere alla Rete.

Una prima distinzione che è possibile fare è tra una semplice digitalizzazione di un'opera esistente e vere opere di Net.Art. I caratteri generali propri di questi prodotti artistici sono:

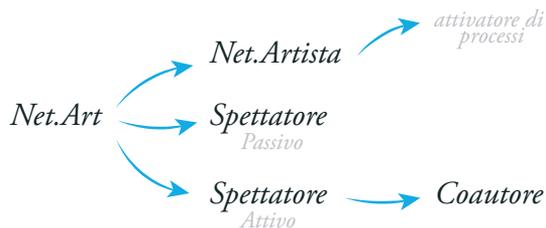
- Sono creati attraverso linguaggi di programmazione e attraverso software;
- Il fine ultimo è la connessione fra più contenuti multime-

diali differenti;

- L'*interattività* intesa come elemento cardine ma non necessario;
- La *fruibilità globale*, l'accesso ad un'opera di Net.Art deve essere possibile tramite qualsiasi connessione internet;
- *Open source*, possibilità di essere modificato da chiunque.

Parlando di Net.Art è inevitabile che non venga declinata sotto questa corrente la figura dell'artista, che assumerebbe il nome di Net.Artista che però non risulta solo una sorta di operatore culturale, ma un vero e proprio attivatore di processi per via della carattere open source e quindi coinvolgendo anche modifiche da parte di terzi. In tal senso lo spettatore classico ha la possibilità di essere tale o di intervenire ed interagire con l'opera diventando una sorta di "coautore", un collaboratore del Net.Artista .

Questa modalità di operare è molto simile all'artista Marcel Duchamp¹⁰ per la sua volontà di non generare oggetti estetici ma di innescare tutta una serie di processi culturali volti a far interagire e per sollevare polemiche che coinvolgano le masse.



In Basso

Fig.13 Schema esplicativo del concetto di Net.Art.

10. Marcel Duchamp, è considerato fra i più importanti e influenti artisti del XX secolo, fu tra i più noti esponenti del dadaismo e del surrealismo.

2.2.4 Sito Museale e The WebMuseum

Senza dubbio uno dei cambiamenti più importanti introdotti nella società odierna da parte delle “nuove” tecnologie consiste nella possibilità di consumare l’arte a domicilio. Questo processo permette al fruitore di:

- Scegliere il momento del consumo;
- Scegliere la durata del consumo;
- Scegliere l’opera da consumare;
- Riduzione del tempo per accedere al consumo (soprattutto in una società dove “il tempo è denaro” e risulta sempre come una risorsa scarsa);
- Riduzione del costo per il singolo atto di consumo.

Allo stesso tempo però questa tipologia di fruizione dell’arte a domicilio ha condotto alla sostituzione del consumo di un servizio ad un consumo di un bene “digitale”, il che dal punto di vista sociale è protagonista di un impoverimento quantitativo delle relazioni tra fruitori.

Negli ultimi anni, sempre più frequentemente i musei hanno deciso di aprire siti o spazi su internet con il fine di farsi conoscere il più possibile. Il museo nella rete è sicuramente molto diverso dalla tipologia a cui siamo abituati, ma questo è inevitabile, è un processo in continua evoluzione. Il fatto che il museo stia subendo tutte queste mutazioni non è una novità assoluta perché nella storia la natura della tipologia museale ha subito molteplici variazioni.

I musei che sono presenti nella rete, all’interno dei principali motori di ricerca come Google, sono a centinaia e tutti denominati come musei virtuali.

Un museo tradizionale virtuale è considerabile come un museo fisico che sfrutta le potenzialità archivistiche della rete per condividere con la propria utenza file multimediali come testi, immagini e file audio/video, non per forza legati ad una esposizione reale ma per diffondere e rendere consultabile tale materiale da parte di università e gallerie.

The Webmuseum è un vero e proprio esempio di museo tradizionale virtuale. Originariamente era denominato come “Le WebLouvre”, fondato da Nicolas Pioch nel 1994, è un museo virtuale inteso come un grande archivio di immagini e di informazioni artistiche.

Con l’ascesa di “The WebMuseum” le cosiddette Web Gallery of Art si sono moltiplicate a dismisura.

2.2.5 Artechouse

“Every city has a destination for fine arts, theater, music, and film. Our goal is to be the home in those cities for an innovative, 21st-century art that is created at the intersection of art, science, and technology. A place where one can always get inspired, educated, and empowered by exploring the latest and the best works of art and tech..”

Sandro Kereselidze, fondatore e art director di Artechouse.

Queste le parole di uno dei due fondatori di questo progetto che ha visto la luce nel 2015, definendosi come una destinazione per l'arte new age, con l'obiettivo di ospitare le opere di artisti innovativi che lavorano con le nuove tecnologie.

Ciò che Artechouse si propone è di ispirare, educare e potenziare la creazione di nuove forme d'arte, il tutto collegando un pubblico vasto e variegato.

Artechouse oggi conta già tre sedi presenti rispettivamente a New York, Washington e Miami. Dall'apertura della prima sede a Washington sono stati registrati circa 400'000 visitatori e quello che ha destato maggiore interesse e soddisfazione da parte dell'utenza sono stati i caratteri immersivi e di interazione presentati con le installazioni.

Le tecnologie adottate fanno uso di proiezioni laser ad una risoluzione 16K a 150 megapixel. Il concetto è molto simile a ciò che sosteneva Krueger con il videoplacé e le proiezioni di immagini sulle pareti per una maggiore immersione del utente nell'ambiente di destinazione.

L'immersione all'interno delle sale del Artechouse è permesso grazie alla tecnologia ISA Immersive Hyperreal Sound che permette agli artisti di avvolgere i visitatori con esperienze sonore uniche nel loro genere.

Nelle pagine seguenti:

In Alto a Sinistra

Fig.14 Collezione in VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

In Basso a Sinistra

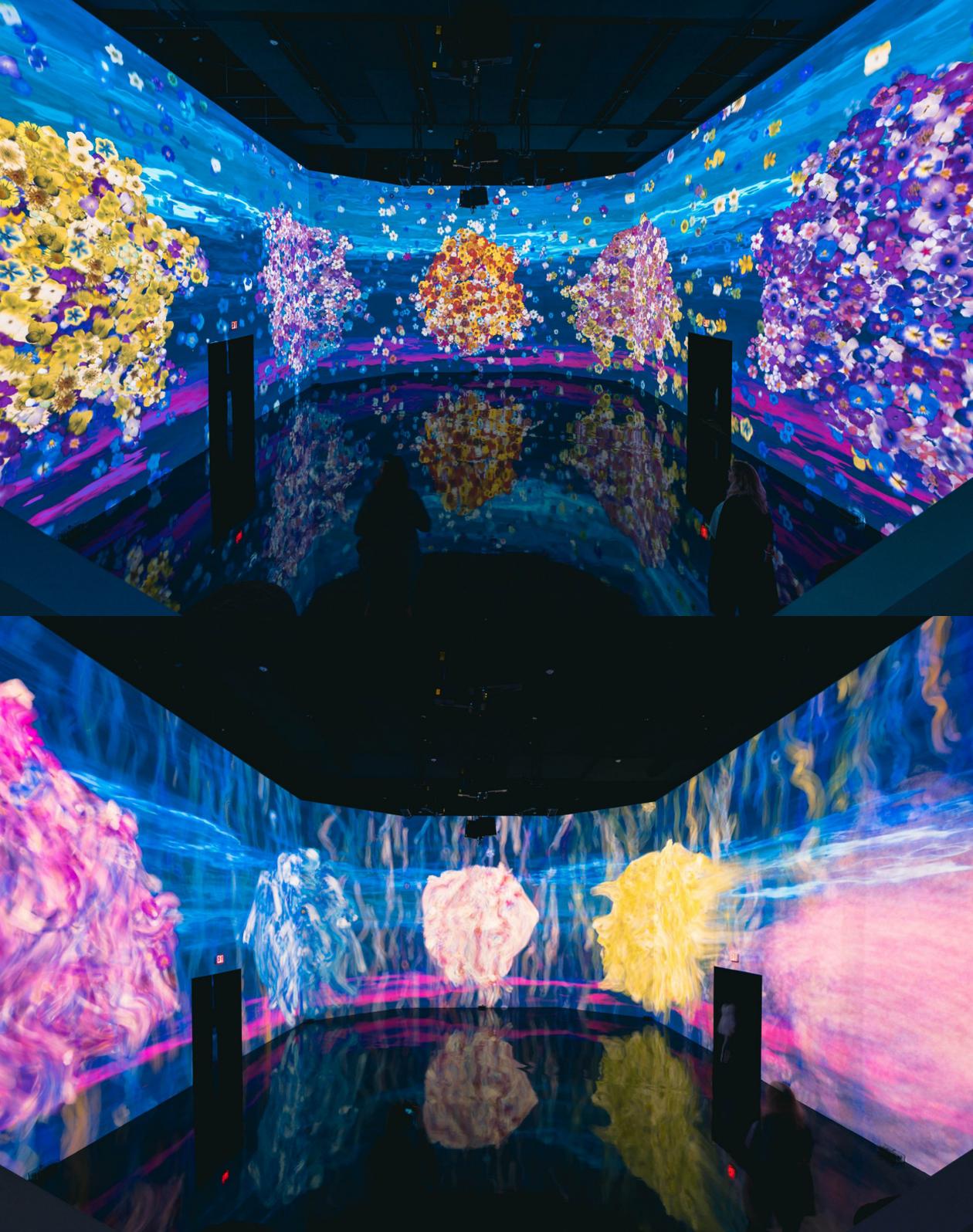
Fig.15 Collezione in VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

In Alto a Destra

Fig.16 Collezione in VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

In Basso a Destra

Fig.17 Collezione in VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.





3 AR, VR e Beni Culturali

3.1 La tecnologia virtuale e i beni culturali

Tutti i musei hanno l'opportunità di essere considerati "virtuali", tale etichetta rappresenta una potenzialità in più nelle mani delle strutture museali ed è legata alle tecnologie messe in gioco. I musei, come già trattato nel primo capitolo per il fenomeno dello "sradicamento", trasferiscono i manufatti da ambienti, che come il loro sito di origine, vengono ricreati e riproposti all'interno delle sale. In tal senso i musei sono virtuali perché in grado di connettere e di collegare i manufatti con un "qualcos'altro", non necessariamente un qualcosa di tangibile e concreto.

Nella maggior parte dei casi questa volontà di collocare il pezzo soggetto a "sradicamento" in un ambiente il più simile al suo dal punto di vista concettuale non è possibile. Più precisamente i beni che possiamo osservare nei musei sono in gran parte frammentari, dispersi e decontestualizzati, di conseguenza viene meno il loro significato intrinseco.

Il dialogo tra le tecnologie multimediali di comunicazione ed i beni culturali è possibile viste anche ragioni di corrispondenza

di forme comunicative, essendo entrambe a base figurativa. La ricerca di questa dualità è possibile da momento in cui vengono integrate strumentazioni digitali di comunicazione visuale, indifferentemente dal fatto che siano multimediali o di realtà virtuale, a tipologie sonore di vario genere con il fine di completare l'esperienza.

Le tecnologie informatiche di comunicazione rendono possibile una migliore fruizione di un'opera, ricreando legami contestuali che prima non erano possibili per questioni logistiche, vengono perciò eliminate o per lo meno accantonate tutte una serie di limitazioni come quelle sopra citate.

Molteplici sono i vantaggi che queste strumentazioni permettono, tra cui: le forme di comunicazione e di comprensione che avvengono in maniera esperienziale, attraverso linguaggi fatti di suoni, animazioni, ricostruzioni grafiche, il tutto risultando indubbiamente più immediato che con i classici e tradizionali supporti testuali. Inoltre la presenza di virtualità fa sì che i manufatti possano essere maneggiati con una maggiore flessibilità se così si può definire, reintegrandoli e ricontestualizzandoli a proprio piacimento, andando oltre i vincoli imposti dalle strutture espositive ma anche dalle necessità di preservazione ed di conservazione.

La scelta successiva legata alla tipologia di forma comunicativa, delle modalità di interazione, delle strumentazioni da utilizzare e di conseguenza le tecnologie da impiegare, si diversificano in base alla locazione delle postazioni multimediali presenti durante il percorso di visita internamente agli spazi museali. Idealmente questo sistema comunicativo può essere articolato in due livelli: il primo legato alla comunicazione cosiddetta "breve" in presenza delle opere e il secondo livello legato ad approfondi-

menti dei contenuti relativi a quanto osservato lungo il percorso di visita.

Le posizioni multimediali a cui si fa riferimento in precedenza, vengono collocate solitamente lungo il percorso di visita, una o più di una, nelle immediate vicinanze dell'opera di interesse. Alcune caratteristiche proprie di queste postazioni, legate ad un migliore scorrimento del flusso dei visitatori, sono la scarsa interattività e la presenza di frammenti di breve comunicazione. A parer mio due limitazioni, sia relativo alla fruizione di un bene che ad una seguente "immersione" *utente - opera* che in tal modo risulterebbe carente. Una strategia, volta ad ovviare questi limiti imposti, è quella di moltiplicare il numero di postazioni presenti, in maniera tale da permettere una omogenea dispersione dell'utenza simultaneamente, in diversi luoghi della stessa sala.

Il secondo livello del sistema comunicativo a cui si faceva riferimento in precedenza, corrisponde ad una forma di possibili postazioni con livello di interattività medio alta destinata solitamente a sale didattiche.

Questa tipologia di postazioni sono funzionali ad un approfondimento delle tematiche affrontate nel corso della visita delle sale museali. Di solito in questi casi possono essere previste: un'applicazione di virtual reality che ricostruisce il manufatto; una postazione multimediale basata su tecnologia video, caratterizzata da un'interattività medio alta; una postazione di approfondimento dei contenuti, dotata da una complessa interattività; infine postazioni connesse ad internet per le consultazioni Web.

3.2 Navigazione, Interazione e Immersività

In un ambiente di Virtual Reality (VR) è possibile venire a contatto con alcune caratteristiche fondamentali proprie della realtà virtuale, che sono: Navigazione, Interazione ed Immersività. Per *navigazione* si intende la possibilità di poter esplorare la scena 3D messa a disposizione effettuando una vera e propria navigazione personale senza che sia un percorso prestabilito ed uguale per tutti, in questo modo ogni utente godrà di un'esperienza unica. Ciò che veramente porta un applicativo di VR a distinguersi è la quantità di *interazione* presente nel video game. Fino a poco tempo fa, le applicazioni della tecnologia VR consentivano di avere un'esperienza relativamente passiva. Gli utenti si sentivano immersi nell'ambiente, ma l'interattività era limitata. L'unica interazione risiedeva nello spostare il punto di vista guardandosi intorno e di conseguenza rendendo il percorso predeterminato e inalterabile.

L'*interattività* dipende da molti fattori. Secondo la visione di Steuer¹ questi tre fattori sono: la velocità, l'intervallo e la mappatura.

Egli definisce con *speed*, la velocità con cui le azioni dell'utente vengono incorporate nel modello del computer e riflesse in maniera che l'utente possa percepire. Con *range* si riferisce al numero di possibili risultati che potrebbero derivare da una determinata azione dell'utente. Infine con *mapping*, invece la capacità del sistema di produrre risultati naturali in risposta alle azioni dell'utente. La navigazione di cui abbiamo parlato in precedenza è considerabile come una forma d'interattività,

1. Jonathan Steuer, nato nel 1965 è considerato uno dei pionieri dell'editoria online.

di conseguenza la possibilità di esplorare la scena 3D fa sì che si goda a 360° di un'esperienza interattiva.

La caratteristica fondamentale secondo cui gli esperti definiscono ambienti virtuali è l'*immersione*.

In una scena di realtà virtuale, un ipotetico fruitore sperimenta l'immersione attraverso la sensazione di essere dentro e parte di quel mondo. La combinazione di due tipologie di sensazioni, più precisamente quella di immersione e quella relativa all'interattività è indicata in italiano con il termine "*telepresenza*", che sottolinea come un'esperienza VR effettiva possa privare l'utente della capacità di monitorare l'ambiente reale che ci circonda, dato che la Virtual Reality sostituisce totalmente il "reale" con una scena "fittizia". Jonathan Steuer, scienziato informatico che ha coniato questa definizione di *telepresence*, ha inoltre approfondito il tema dell'immersione affermando che affinché si raggiunga l'immersione è necessaria la coesistenza di due fattori, ovvero: profondità dell'informazione e ampiezza dell'informazione.

Con la prima, egli si riferisce alla quantità e alla qualità dei dati nei segnali che un ipotetico utente riceve quando interagisce in un ambiente virtuale. Per intenderci la profondità d'informazione per il fruitore potrebbe riferirsi alla risoluzione di un display come alla complessità del livello di dettaglio della grafica dell'ambiente oppure alla sofisticazione dell'output audio del sistema.

Steuer definisce invece l'ampiezza delle informazioni come il "numero di dimensioni sensoriali presentate simultaneamente". Un'esperienza di ambiente virtuale ha perciò un ampio quantitativo di informazioni nel caso venissero stimolati tutti i sensi. Oggi nella maggior parte dei casi, le esperienze VR, tendono a

privilegiare componenti visivi e audio rispetto ad altri fattori di stimolazione sensoriale, anche se un numero crescente di studiosi e ingegneri stanno portando avanti studi sul come poter incorporare anche il senso del tatto in tali simulazione di realtà aumentata, mediante i “sistemi aptici²”.

Oltre a queste implementazioni tecnologiche volte a fornire una migliore esperienza utente, vi sono forme di simulazione molto coinvolgenti, legate al cosiddetto *libero movimento in ambiente ricostruito*. Tali forme di simulazione sono rese possibili attraverso la combinazione della *motion capture*, anche detta *mocap*, e della tecnologia del *virtual set*.

Entrambe queste due tecniche derivano dal mondo dei videogiochi e del cinema. La prima è una forma di animazione digitale utilizzata per trasferire i movimenti di una persona reale ad un personaggio virtuale. La seconda invece fa uso di tecnologie che permettono di estrapolare degli attori ed oggetti per trasferirli da una scena reale per inserirli in una scena, solitamente virtuale. Nell’ultima casistica l’utente mantiene le sue fattezze, immergendosi in scenari virtuali, mentre nella prima casistica lo user si muove nei panni del suo *avatar*.

Affinché l’immersione sia efficace dal punto di vista visivo, i display messi a disposizione dovrebbero garantire un *frame rate* (la frequenza dei fotogrammi, è infatti nient’altro che una sequenza di immagini riprodotte ad una velocità sufficientemente alta da fornire, all’occhio umano, l’illusione del movimento) compreso in un range di 20-30 fps (frame per secondo), anche se il valore ottimale per ottenere una massima fluidità all’inter-

2. Sistemi volti alla ricezione di sensazioni tattili in risposta (retroazione o feedback). Un esempio potrebbe essere un joystick con ritorno di forza (force feedback). Il termine *aptico*, di derivazione dal greco, significa *tocco* e con questo attributo si intende quindi qualcosa che ha a che fare con il tatto.

no della scena è di 60fps.

Oltre al frame rate è importante il tempo di attesa presente tra quando un utente agisce e quando l'ambiente virtuale riflette l'azione. In gergo tecnico tale operazione, di azione e risposta, assume il termine di *latenza* (*Lag*, in inglese). Studi di settore hanno reso noto che il valore di latenza oltre il quale un essere umano è in grado di cogliere questo "ritardo" è di 50 millisecondi. Di conseguenza il fatto che un utente rilevi la presenza di lag fa sì che venga rovinata la *user experience*, poiché il fruitore risulta cosciente di essere in un ambiente virtuale.

3.3 L'archeologia e le nuove tecnologie

3.3.1 Ricostruzioni virtuali ed il loro rapporto con l'archeologia

Nell'archeologia attuale, prendendo come riferimento un settore specifico nel vasto insieme dei Beni Culturali, le ricostruzioni virtuali stanno acquisendo un'importanza sempre maggiore. La possibilità di poter restituire a ciò che è in rovina la sua integrità, attraverso volumi e colori originali, senza intervenire realmente e fisicamente sui reperti è sicuramente molto interessante. Soprattutto dal momento che tali ricostruzioni, non sono solamente tridimensionali, ma sono in grado di essere vissute proprio come se davanti si avesse un'architettura reale.

3.3.2 La tomba di Nefertari

Una delle prime sperimentazioni finalizzate in Italia ad offrire al visitatore un'esperienza simile all'esperienza della visita fisica, riguarda la tomba di Nefertari in Egitto, più in particolare la tomba della regina moglie di Ramses II, il cui originale è situato nella Valle delle Regine in Egitto. Due sono le restituzioni della tomba, considerata uno dei più importanti monumenti dell'antico Egitto per le sue decorazioni pittoriche. La prima è meno recente ed opera del Getty Conservation Institute³, le cui analisi conservative avevano messo in luce l'impossibilità di mantenere aperta la tomba ai visitatori. Di conseguenza si decise di intervenire attraverso l'utilizzo della realtà virtuale, in maniera tale da permettere la visita come se fosse nella realtà. Una volta ottenuto il modello, è stato texturizzato, riportando così le pitture al loro stato originario. Tutto questo è stato reso

3. Il Getty Conservation Institute, con sede a Los Angeles, California, è un istituto per la preservazione della cultura e dell'arte fondato nel 1985.

possibile attraverso l'utilizzazione della documentazione originaria dell'archeologo Schiapparelli⁴ che scoprì la tomba agli inizi del Novecento. In aggiunta alla prima ricostruzione virtuale era stata associata una documentazione multimediale, quelli che oggi chiameremmo *hotspot*, punti "fisici" nella tomba ove sono attivabili collegamenti ipertestuali che spiegano il significato delle pitture o permettono di visualizzare i vari interventi di restauro.

Il secondo invece è più recente, inaugurato nel 2015, ad opera del ITLab IBAM CNR⁵, coordinato da Francesco Gabellone, con Ivan Ferrari, Francesco Giuri e Maria Chiffi, hanno restituito in forma tridimensionale la tomba di Nefertari, il tutto volto alla realizzazione di un video in Computer Grafica esposto nella sala dedicata alla regina, basato sullo studio e analisi della tomba e sulla descrizione degli affreschi presenti al suo interno, elementi base della narrazione.

L'ambiente originario è stato ricostruito in una stanza, attraverso la proiezioni del modello virtuale, da osservarsi con appositi visori. Il visitatore poteva muoversi all'interno dell'ambiente, rendendo possibile una fruizione nettamente maggiore di una visita tradizionale.

4. Ernesto Schiapparelli studioso di solida formazione egittologa, organizzò campagne di scavi in Egitto. Nel 1894 fu il direttore del Museo Egizio di Torino e del museo archeologico di Firenze.

5. Information Technologies Lab con sede a Lecce, i suoi ambiti di applicazione sono la valorizzazione e fruizione dei Beni Culturali e metodologie innovative per la comunicazione museale.

3.3.3 Museo virtuale archeologico Via Flaminia

Il primo museo virtuale archeologico multiutente in Europa è stato quello dedicato alla via Flaminia⁶. Si tratta di quattro postazioni interattive, che consentono agli *utenti - avatar* di entrare contemporaneamente in questo ambiente di realtà virtuale. Sullo schermo allestito nella sala, l'esplorazione/visita si modifica e si aggiorna in tempo reale in base a ciò che i quattro utenti attuano in una duplice prospettiva, singola e collettiva, con effetti di coinvolgimento generale. Quattro sono le tappe previste nel "viaggio virtuale": Ponte Milvio, l'area archeologica di Grottarossa, la Villa di Livia e Malborghetto, un casale fortificato in epoca medievale.

Invece, per quanto riguarda l'arteria: il sistema propone la ricostruzione in 3D del paesaggio antico relativo al tratto romano, con un collegamento alla sede museale, nella cui sezione epigrafica sono esposti i materiali provenienti dal sepolcreto presso Ponte Milvio e dal Santuario di Anna Perenna.

L'intero asse viario moderno è stato mappato e rielaborato con foto satellitari ed aeree, carte storiche e topografiche.

In Alto a Destra

Fig.18 Riproduzione in scala della Tomba di Nefertari a cura del CNR.

In Basso a Destra

Fig.19 Top view della Tomba di Nefertari a cura del CNR.

6. Realizzato nel 2008 dall'ITABC del CNR

La tomba di Nefertari riprodotta in scala
The tomb of Nefertari reproduced in scale



3.4 Dal *Museo fisico* al *Museo digitale*

3.4.1 *Valorizzazione e Comunicazione*

Negli ultimi tempi le istituzioni museali hanno subito un profondo mutamento, ampliando le proprie funzioni dalla conservazione alla valorizzazione e promozione della cultura. Esse non devo limitarsi ad un ruolo di meri “contenitori”, ma risultare come la commistione di una serie di rapporti tra soggetti, beni culturali e tecnologie digitali.

Detto questo, assumono maggiore valore gli interventi legati alla *valorizzazione* ed alla *comunicazione*.

Secondo quanto riportato dall’art. 6 del Codice dei Beni culturali e del paesaggio, la valorizzazione “consiste nell’esercizio delle funzioni e nella disciplina delle attività dirette a promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e ad assicurare le migliori condizioni di utilizzazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso”.

Valorizzare e comunicare sono oramai elementi fondamentali all’interno di una corretta strategia museale, la quale dovrebbe avere come obiettivo fondamentale sia quello di preservare la materialità del bene come allo stesso tempo quello di attirare l’attenzione dei visitatori reali e dei potenziali visitatori virtuali, rafforzando il proprio compito educativo e culturale.

Le nuove tecnologie, impiegate sia online che on-site, hanno permesso che i musei fossero maggiormente accessibili rivoluzionando in positivo i processi di distribuzione, comunicazione e fruizione. In particolare la digitalizzazione dei beni culturali, l’allestimento di piattaforme di dati, animazioni e ricostruzioni tridimensionali hanno ridefinito gli spazi i tempi ed i rapporti con la conoscenza.

I contenuti digitali più diffusi dalle strutture museali possono essere suddivisi in due principali categorie:

- Contenuti digitali fruibili in presenza *on-site*, durante la mostra o il percorso di visita;
- Contenuti digitali fruibili da remoto *online*;

Questa prima classificazione permette da subito di poter distinguere le due modalità principali di godimento di contenuti digitalizzati da parte dei visitatori.

La prima consente *in loco* di arricchire ed integrare con maggiori informazioni la mostra oggetto di visita. Nella maggior parte dei casi questo metodo di utilizzo assume una funzione di elemento complementare ovvero che serve come completamento della visita stessa.

La seconda invece, legata ai contenuti digitali fruibili *online*, è in grado di assumere un duplice scopo: essere una raccolta di contenuti fini a se stessi oppure essere pur sempre un contenuto godibile da remoto ma funzionale ed integrativo per un evento museale.

Sebbene la funzione integrativa per i contenuti digitali prodotti dai musei sia più utile che una semplice riproposizione del percorso di visita, come proposto nella grande maggioranza dei Virtual Tour, è la seconda opzione a prevalere.

Le ICT (Information and Communication Technologies), impiegate in questi progetti di digitalizzazione dei contenuti, sia online che on-site, hanno permesso alle istituzioni museali di avere un maggiore livello di accessibilità e di comprensione del patrimonio culturale.

3.4.2 *Archeologia Invisibile*

Archeologia Invisibile, è stata una mostra temporanea, condotta e promossa dal Museo Egizio di Torino. Il suo fine primario consisteva nella possibilità di trasmettere principi, strumenti ed esempi della scienza applicati al settore dell'archeologia, rendendo visibile un qualcosa di invisibile.

Tutto questo lavoro è stato possibile attraverso l'archeometria, ovvero il complesso dei metodi sperimentali delle scienze fisiche, chimiche, biologiche impiegate per lo studio e la diagnostica di opere d'arte che ha permesso di effettuare tutta una serie di indagini relative agli scavi, allo sbendaggio digitale delle mummie ed analisi dei vari pigmenti pittorici presenti sui reperti.

Un'ulteriore novità di questa particolare mostra risiede nella possibilità di compiere un *virtual tour*. Esso risulta senza dubbio uno strumento innovativo ed allo stesso tempo immersivo sviluppato in collaborazione con il Politecnico di Torino ed il Robin studio. Tale progetto è stato prodotto mediante l'utilizzo di fotocamere in grado di fotografare a 360° e generando una ricostruzione del percorso di visita.

Questo approccio da parte del Museo Egizio è considerabile vincente, considerando un elevato coefficiente di interazione ed una notevole quantità di informazioni rese disponibili grazie ad apparati digitali in grado di rendere visibile l'invisibile e quindi arricchendo la visita di significato. La presenza della possibilità di poter usufruire del *virtual tour* è un elemento in più che arricchisce il binomio reale e contenuto digitale.

3.4.3 L'Ara Pacis

Il museo dell'Ara Pacis di Roma, rientra nei 15 siti museali e archeologici facenti parte del progetto Google Art Project a cui il Sistema Musei Civici di Roma ha aderito. Esso consiste in un progetto indirizzato a valorizzare le bellezze di questi siti raccogliendo sulla piattaforma Google Arts & Culture 12 *virtual tour* e 15 raccolte fotografiche delle opere più significative delle collezioni museali della Capitale.

Il museo può essere visitato mediante tecnologia Street View, da remoto, permettendo una navigazione a 360°, interagendo virtualmente con le opere ed approfondendo mediante schede di dettaglio e galleria fotografica delle stesse.

Si tratta di una riproposizione di una ipotetica visita fisica, considerabile come un contenuto digitale volto ad una fruizione da remoto ma senza risultare determinante come elemento integrativo ad una visita reale.

Infatti l'obiettivo del progetto risiede nel democratizzare l'accesso alla cultura e promuovere la sua conservazione.

Nelle pagine seguenti:

In Alto a Sinistra

Fig.20 Mostra temporanea, "Archeologia Invisibile", presso Museo delle Antichità Egizie di Torino.

In Basso a Sinistra

Fig.21 Mostra temporanea, "Archeologia Invisibile", presso Museo delle Antichità Egizie di Torino.

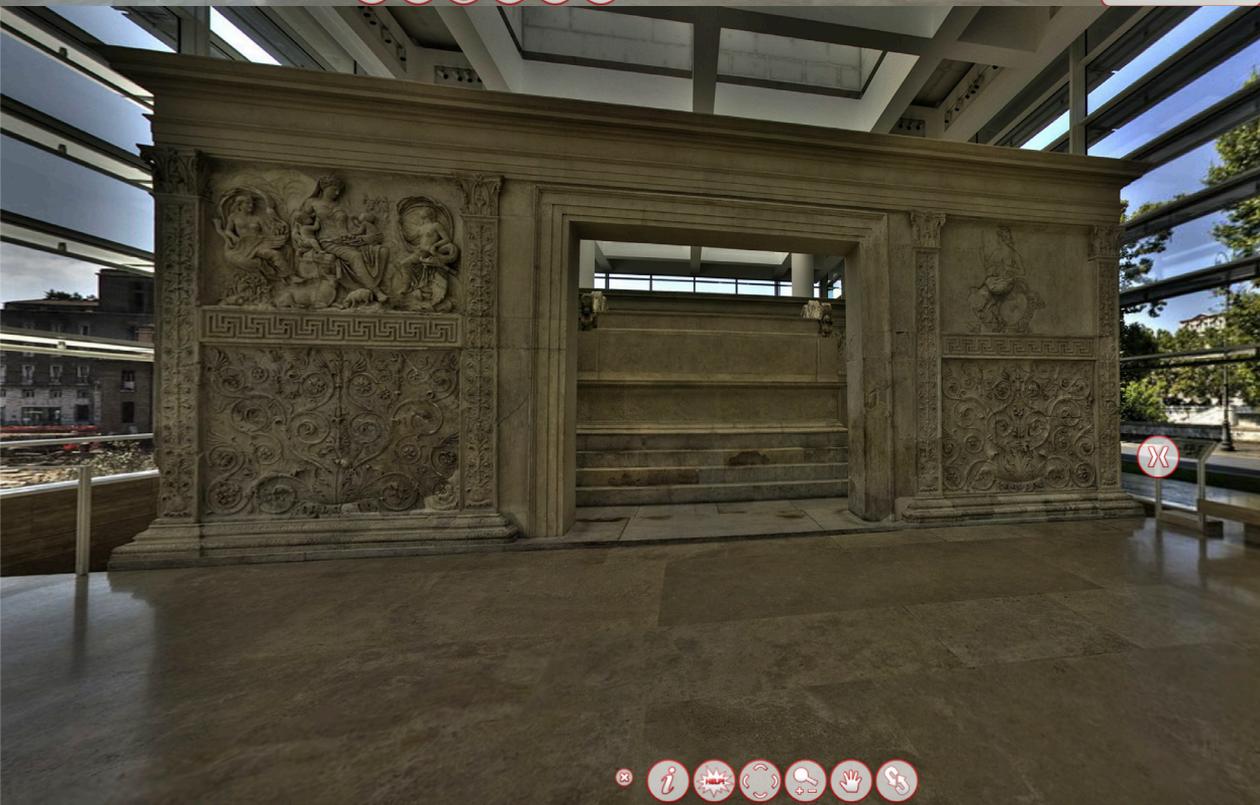
In Alto a Destra

Fig.22 Tour Virtuale, Museo dell'Ara Pacis, Roma.

In Basso a Destra

Fig.23 Tour Virtuale, Museo dell'Ara Pacis, Roma.





3.4.4 I Musei Virtuali come misure antipandemiche

Nel mese di marzo 2020, si è verificata la chiusura totale dei musei in Italia, dovuta all'emergenza sanitaria COVID-19. Chiuse le porte delle strutture fisiche, il mondo della cultura si è aperto a modalità alternative di fruizione facendo uso delle possibilità offerte dagli strumenti digitali in nostro possesso.

Molteplici sono state le iniziative portate avanti per far fronte alla difficoltosa situazione, dalle “passeggiate virtuali” condotte dal direttore del Museo Egizio Christian Greco, ai tour a 360° di luoghi suggestivi come la Cappella Sistina.

Secondo quanto riportato dall'Istat nel 2018, l'Italia vanta 4.908 tra musei, aree archeologiche, monumenti e ecomusei aperti al pubblico. Tanto che in un comune italiano su tre è presente almeno una struttura a carattere museale.

È comprensibile che i disagi portati da questa emergenza siano stati traumatici per questo settore, soprattutto quando la presenza fisica dei visitatori era il punto di forza di tali strutture.

Secondo il dirigente Mibact Antonio Tarasco, “l'interruzione del servizio comporta immediatamente la soppressione di circa il 90% delle entrate”. Un danno enorme per le strutture museali, che contano una perdita mensile di circa 20 milioni di euro.

Come accennato in precedenza il settore ha reagito a questa situazione con iniziative creative e con la pubblicazione sui propri canali social e Web di contenuti digitali per una fruizione da remoto, anche se in maniera limitata, di parti dei musei.

A riguardo ICOM Italia (International Council of Museums), principale organizzazione internazionale che rappresenta i musei, ha condotto un'indagine su quanto realizzato dalle strutture museali in termini di comunicazione digitale dal momento della loro chiusura. I primi dati emersi hanno riportato che

circa l'89% delle strutture ha realizzato materiale ad hoc dopo la chiusura al pubblico, che più di un terzo dei musei, circa il 35%, ha attivato nuovi canali social o ha riattivato canali social per i quali avevano creato un account, ma che erano rimasti del tutto o in gran parte inutilizzati e che circa un terzo dei musei sta portando avanti attività con le scuole anche in questo periodo.

Durante il lockdown il mondo della cultura ha messo a disposizione contenuti digitali per mantenere vivo il rapporto con il proprio pubblico ed il gradimento registrato è molto elevato: il 62% dei *visitatori virtuali*, secondo quanto riportato da un'indagine condotta riguardante i possessori di "abbonamento musei" residenti in Piemonte, Lombardia e Valle d'Aosta, ha dichiarato di aver gradito quanto offerto e circa 7 persone su 10 hanno scoperto qualcosa di nuovo sui musei dell'abbonamento (il 72% dei lombardi e il 67% dei piemontesi).

Nonostante tutte le iniziative da parte dei musei per portare il patrimonio culturale a casa dei visitatori attraverso il Web, non sono mancate tutta una serie di critiche nei confronti della digitalizzazione delle opere.

La critica sostiene che tale tipologia di fruizione da remoto e la riproduzione delle opere materiali, tendano ad un impoverimento dell'esperienza reale, esclusivamente godibile nei musei fisici. Il tutto può essere rafforzato dal concetto di *aura* sviluppato da Walter Benjamin, filosofo tedesco la cui tesi affermava che l'*aura* di un lavoro artistico possa essere svalutata dalla sua riproduzione meccanica. Tale riflessione è legata sia al rapporto tra arte e tecnica che alla fruizione dell'opera d'arte nella società di massa.

Alla luce di quanto detto, da un lato è condivisibile l'opinione

della svalutazione e perdita di significato dell'opera, se riprodotta fedelmente come contenuto digitale per il Web o sotto forma di visita virtuale del museo, visto che non vi sono informazioni aggiuntive, ma allo stesso tempo è impossibile e controproducente rimanere radicati al passato senza sfruttare le possibilità comunicative e di distribuzione che i mezzi tecnologici odierni possono fornirci.

L'utilizzo delle piattaforme per consultazione da remoto, dovrebbero essere complementari, a servizio della mostra dell'istituto museale, fornendo una visione più ampia della visita.

Tale approccio è stato portato avanti da il progetto di ricerca su cui si basa questa tesi, con l'obiettivo di risolvere un problema logistico e spaziale all'interno del Museo Egizio, integrando quanto esposto in loco con contenuti digitali ad alto quantitativo di informazioni e fruibile da remoto.

4 Progetto di Realtà Virtuale per il Museo Egizio

4.1 L'esperienza VR: B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

Il progetto di ricerca B.A.C.K TO T.H.E. F.U.T.U.R.E. è stato dedicato e sviluppato in maniera tale da definire una nuova metodologia, in cui gli strumenti BIM (*Building Information Modeling*) fossero utilizzati in forma non convenzionale.

Lo scopo consiste nel costruire database 3D di piccoli oggetti, in particolare appartenenti a collezioni museali, sia per fini di ricerca scientifica che per l'allestimento di nuove piattaforme virtuali per la comunicazione.

Tale esperienza è avvenuta in collaborazione con la Fondazione Museo delle Antichità Egizie e l'ISPC - CNR, mantenendo come fil rouge culturale il concetto di acquisizione, trasferendo il patrimonio dell'antico Egitto in digitale e rendendo possibile una futura fruizione da remoto.

L'obiettivo principale di questo progetto di ricerca risiede nel rendere possibile la fruizione di una contenuta collezione museale, attualmente godibile solo in parte, mediante la creazione di un vero e proprio *ecosistema digitale* fatto di riproduzioni virtuali e documentazioni storiche.

Questa sorta di *repository*¹ di risorse digitalizzate non è da considerarsi come il punto di arrivo del progetto, quanto più come il punto di partenza per innumerevoli soluzioni innovative legate al settore museale. Tale “spazio di archiviazione” offre una documentazione completa, tutto ciò permesso dall’approccio multidisciplinare adottato che ha visto in campo la collaborazione di un team composto da professionisti e da accademici. La metodologia intrapresa dal progetto di ricerca è stata articolata principalmente in quattro fasi:

- Raccolta dati (analisi e ricerca di documentazione storica ed archivistica)
- Acquisizione digitale (sia per la documentazione che per i modellini oggetto di ricerca)
- Condivisione dei contenuti
- Utilizzo dei contenuti 3D

Come brevemente accennato in precedenza le possibilità di applicazioni delle risorse digitali e dei contenuti 3D messi a disposizione da questa repository sono le più variegate e variano in base alla tipologia di utenza che ci si può trovare di fronte. Nello specifico i possibili *output* possono essere generalizzati in tre grandi categorie:

- Ricerca
- Edutainment (intrattenimento educativo)
- Entertainment

1. Ambiente di storage, raggiungibile anche con un percorso web. su “Treccani. it - Enciclopedia on line”, Istituto dell’Enciclopedia Italiana, visitata l’8 Maggio 2020. http://www.treccani.it/enciclopedia/repository_%28Lessico-del-XXI-Secolo%29/

La prima intesa come un'output legato alla *conoscenza* e quindi una risorsa digitale 3D ad alta risoluzione dotata di tutte le informazioni a disposizione sotto forma di documentazione storica ed archivistica. La seconda categoria invece è indirizzata principalmente al maggior *coinvolgimento* delle generazioni più giovani, attraverso l'impiego di applicativi sempre più tendenti a videogame. L'elevato livello d'interazione di tali applicativi aumenterebbe l'interesse dei più giovani verso questi "ambienti educativi". Infine la terza ed ultima categoria, si basa essenzialmente sul intrattenimento vero e proprio, attraverso l'impiego di tecnologie VR per rendere maggiormente immersiva l'esperienza utente. Un esempio potrebbe essere l'impiego di essa per poter far vivere al visitatore l'esperienza della collezione del museo nella sua versione originaria.

4.2 Modelli di viaggio di architetture egizie

La contenuta collezione a cui si alludeva precedentemente, corrisponde ad un insieme di modellini conservati al museo Egizio di Torino, di cui solo una piccola parte risulta esposta e la restante posta nei depositi del museo.

La raccolta comprende 14 templi, parti di essi ed un obelisco. La piccola esposizione dei templi Nubiani è situata nella sala di Ellesija/Sala Nubiana, dove solamente tre dei quattordici modellini sono esposti. Tale scelta, dettata da condizioni logistiche ed organizzative, porta inevitabilmente all'alterazione irreversibile del messaggio che la collezione, se esposta nella sua completezza, trasmetterebbe ai visitatori.

Nel 1825 fu acquistata da parte del re Carlo Felice un'ampia collezione di oggetti provenienti dall'Egitto, circa 3000 erano i pezzi che componevano la vasta raccolta. Tra questi, vi erano alcune *maquettes*, realizzate in legno e cera e raffiguranti monumenti dell'Antico Egitto e della Nubia, i modellini erano stati prodotti probabilmente da J.J. Rifaud² intorno al 1810 (Fassone A., 2019).

Durante il suo ritorno dall'Egitto Jean-Jacques Rifaud portò con sé tutta una serie di elaborati, distinti in tavole grafiche e diari di viaggio che attestano le sue percorrenze.

Le sue tavole sono considerate come una collezione eterogenea, composte da elaborati differenti tra di loro ed informazioni trasmesse con rappresentazioni dissimili. Generalmente l'organizzazione base era definita in planimetria, sezioni ed elevati e le

2. Jean-Jacques Rifaud fu uno scultore, anche un pioniere nella ricerca di antichità in Egitto, dove effettuò scavi per conto di Bernardino Drovetti. su "Wikipedia, l'enciclopedia libera", visitata il 20 Maggio 2020. https://fr.wikipedia.org/wiki/Jean-Jacques_Rifaud

informazioni aggiuntive potevano essere condivise sotto-forma di schizzi, viste prospettiche o semplicemente come dettagli dimensionali.

Qualche anno dopo la realizzazione dei disegni, circa nel 1830, vennero rese pubbliche le litografie, realizzate con matrice piana e da artisti differenti. Esse sono state scelte come documentazione storica di riferimento per il progetto di ricerca, vista la loro spiccata omogeneità di rappresentazione e facilità di comprensione.

4.3 Dal modello fisico al modello digitale

Il passo successivo alla raccolta dati è la *digitalizzazione*. Questo atto corrisponde ad un passaggio, da oggetto fisico a oggetto digitale. Il lavoro di conversione, svolto durante il progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE., ha coinvolto la collezione dei quattordici modellini lignei appartenenti al Museo Egizio di Torino che sono stati resi virtuali tramite metodologie di modellazione *image-based* e *range-based*.

In questa fase l'apporto della Geomatica è stato essenziale per poter ottenere, tramite efficaci strumentazioni e tecniche, modelli 3d dotati di un elevato grado di dettaglio e di informazioni. Nel nostro caso, per quanto concerne l'acquisizione delle *maquettes*, tale procedura è avvenuta tenendo in considerazione apparecchiature e criteri di digitalizzazione delle immagini che facessero riferimento ad algoritmi *Structure-from-motion* (Sfm). Quest'ultimi corrispondono a tecniche di *range-imaging* legate alla *computer vision*, secondo cui "il processo di stima di strutture tridimensionali da sequenze di immagini bidimensionali, può essere accoppiato con segnali di movimento locali."³

Tutto parte da un'elaborazione di una nuvola di punti, ottenuta da specifiche strumentazioni e tecniche, la quale attraverso una corretta interpretazione oppure l'unione di nubi differenti può condurre all'ottenimento di un accurato modello 3d.

I singoli modellini sono stati generati secondo i seguenti passaggi:

- Modifica della nuvole di punti;

3. Structure-from-motion o Sfm. su "Wikipedia, L'enciclopedia libera", visitata il 25 Maggio 2020. https://it.wikipedia.org/wiki/Structure_from_motion

- Segmentazione manuale delle nuvole puntiformi;
- Interpolazione delle superfici piane;
- Creazione della mesh finale, ottenuta dall'unione tra le superfici piane;
- Texturizzazione del modello 3d, utilizzando lo stesso sistema di coordinate per data set differenti;

Questo flusso di lavoro si è posto come obiettivo principale quello di ricavare un modello digitale, ottimizzato per visualizzazioni web ad alta risoluzione ma anche oggetti ad alto contenuto di dati ed informazioni finalizzati ad output differenti. Nel corso degli anni, le collezioni museali e più in generale il patrimonio culturale, ha subito sempre più l'influenza delle nuove tecnologie e delle piattaforme Web.

Le possibilità offerte dalle ICT⁴ hanno permesso lo sviluppo di nuove modalità di comunicazione del patrimonio culturale, rendendo la fruizione del visitatore maggiormente immersiva.

I beni culturali che osserviamo all'interno dei musei, nella maggior parte dei casi risultano frammentari, dispersi, decontestualizzati, del tutto estranei al loro significato intrinseco. Tale presupposto tende a privilegiare gli aspetti formali dell'opera a discapito degli aspetti narrativi, il che conduce ad una non corretta comprensione dell'oggetto esposto.

La soluzione a questa problematica, non facilmente risolvibile, potrebbe essere rappresentata dall'impiego di strumenti tecnologici, che come i manufatti costituiscono una forma di comunicazione.

4. ICT (*Information and Communication Technologies*), su "Treccani.it - Enciclopedia on line", Istituto dell'Enciclopedia Italiana, visitata il 10 Gennaio 2020. <http://www.treccani.it/enciclopedia/ict/>

Questi due elementi cooperano per dare origine ad una particolare “grammatica cognitiva”, la quale è la risultante dell’associazione tra la capacità evocativa del manufatto e la potenzialità integrativa degli strumenti digitali di comunicazione.

Per definire un maggiore livello di apprendimento, risulta essenziale la corretta scelta della tecnologia più adeguata; esse possono essere impiegate singolarmente oppure in maniera congiunta, integrando per esempio fonti multimediali (video e realtà virtuale) a fonti sonore registrate in precedenza.

I vantaggi di tali scelte sono molteplici: la comunicazione e la comprensione avvengono in maniera percettiva ed esperienziale, mediante questo linguaggio fatto di immagini, suoni, ricostruzioni grafiche e filmati che risulta immediato al visitatore. Inoltre avendo la possibilità di operare in maniera virtuale sui manufatti, è possibile trattarli in maniera altamente flessibile, potendo così reintegrarli e ricontestualizzarli nella maniera più opportuna, abbattendo così i limiti imposti sia dalle necessità di conservazione e preservazione del bene che dalle strutture espositive.

Inizialmente l’applicazione delle strumentazioni ICT al patrimonio culturale non hanno prodotto veri e propri mutamenti sostanziali, anzi sono risultati come tecnologie al quanto costose e con difficoltà di diffusione anche a livello educativo.

Le prime applicazioni museali che proponevano esperienze di “museo virtuale”⁵ tendevano a ricalcare condizioni reali, limitandosi a semplici trasposizioni o in altri casi a un vero e proprio “clone digitale del museo reale” (Galluzzi, 2010).

5. Galluzzi, P. (2010), *Museo Virtuale* su “Treccani.it - Enciclopedia on line”, Istituto dell’Enciclopedia Italiana, visitata il 18 dicembre 2019. http://www.treccani.it/enciclopedia/museo-virtuale_%28XXI-Secolo%29/

Sebbene si facesse uso di tecnologie ICT per poter incrementare il livello di comunicazione, era l'utilizzo che non sfruttava a pieno le sue potenzialità.

L'uso adeguato di tali strumentazioni è indirizzato ad una forma di museo virtuale non come una riproposizione tale e quale del museo fisico ma come una "proiezione comunicativa a tutto campo del museo reale" (Antinucci, 2007). L'efficacia di queste metodologie risiede nel cercare di fornire all'utente informazioni che nel percorso di visita non sono indicate, permettere al visitatore di poter analizzare ed approfondire nella maniera più dettagliata possibile il manufatto, poterlo aprire se possibile, vederlo da vicino ad alta risoluzione il tutto accompagnato dalla documentazione storica.

Questo è l'impiego che sfrutta maggiormente le potenzialità offerte dalle Information and Communication Technologies, ed è anche la soluzione che è stata presa in considerazione per il progetto di ricerca B.A.C.K TO T.H.E. F.U.T.U.R.E. sia per quanto riguarda la pubblicazione Web 3D su 3D HOP, sia per la Web app che per l'ambiente di Virtual Tour VR.

4.4 Web *App* per il Patrimonio Culturale

Una soluzione studiata e proposta per poter coinvolgere maggiormente l'utenza è stata la realizzazione di un'applicazione. Essa rientra nel campo del *edutainment* ovvero dell'intrattenimento educativo, si tratta di una app *Web-based 3d* improntata al gaming dove è necessaria un'interazione utente-device.

Il pubblico a cui è rivolta questa soluzione è ampio e comprende sia il pubblico adulto ma ancor di più le nuove generazioni. Il concept di base per questa applicazione, consiste nel mettere a disposizione del visitatore "virtuale" tutta una serie di contenuti culturali, fatti di scene 3d, documentazione storica ed informazioni puntuali. Il tutto racchiuso sotto forma di puzzle 3d corrispondente ad un vero e proprio processo di indagine, diretto a stimolare la curiosità degli utenti verso il patrimonio culturale.

L'applicativo in questione rende possibile l'immersione del visitatore in un *ecosistema digitale*, dove il coefficiente d'interazione con la documentazione storica digitalizzata è rilevante.

La soluzione mobile è stata sviluppata dall'ISPC CNR tramite l'utilizzo di ATON, la scena 3d a cui si fa riferimento risulta decisamente meno avanzata rispetto alla pubblicazione Web dei modellini sulla piattaforma 3D HOP, l'app utilizza un modello 3d *low poly* generato sul programma Autodesk 3ds Max, partendo dalle fonti iconografiche storiche.

La maquette di riferimento per lo sviluppo di tale applicativo è il tempio di Beit El-Wali, scelto principalmente per due motivazioni: la prima per un fattore legato all'omogeneità della documentazione fornita e la seconda perché il modellino è esposto all'interno della sala di Ellesija/Nubiana del Museo Egizio di

Torino.

I dettagli del tempio riportati nelle litografie hanno permesso di poter sviluppare questa *Web app* sotto forma di puzzle 3d, partendo dalla planimetria, seguendo con le pareti di roccia all'ingresso ed internamente individuando i due pilastri con i rispettivi architravi e le tre nicchie presenti. La totalità delle rappresentazioni sono state utilizzate con il fine di generare texture ad-hoc per gli elementi sopra indicati, invece per tutte le parti del modellino semplificato prive di un materiale specifico è stato ripreso il colore delle tavole.

Il focus di questa applicazione risiedeva nel creare una soluzione multi piattaforma (mobile, desktop e immersive VR), che non richiedesse installazione di eseguibili di terze parti e per ciò la *Web app* risultava come la soluzione ottimale.

Una volta terminato il puzzle 3d e collocato nelle posizioni corrette le singole parti, all'utente veniva mostrato la riproduzione virtuale della maquette originale digitalizzata.

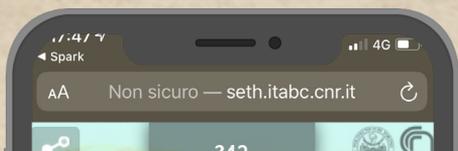
L'utilizzo di ATON⁶, un framework open source, ha permesso di poter ampliare le funzionalità della *Web app*, come il poter supportare l'utilizzo di dispositivi VR immersivi e l'avere una duplice modalità di navigazione (orbita e in prima persona).

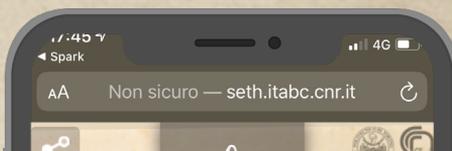
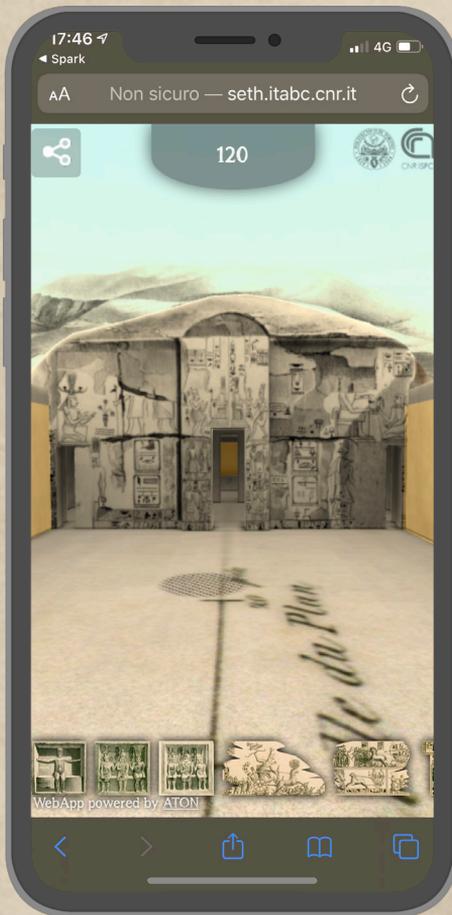
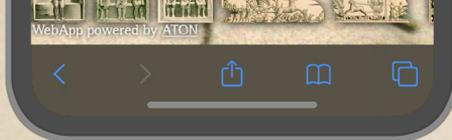
Nella pagina seguente

Fig.24 *Web app* 3D, del modellino di Beit El Wali, ad opera dell'ISPC CNR.

6. ATON è un framework per la creazione di applicazioni Web3D orientate alla pubblicazione e presentazione online interattiva di scene e oggetti virtuali per i Beni Culturali, sfruttando le tecnologie web e i recenti standard.

<http://www.itabc.cnr.it/progetti/aton>





4.5 Ricostruzione virtuale di una collezione del passato

4.5.1 Modello 3D

Per la realizzazione del modello 3D della sala contenente al suo interno i modellini appartenenti alla collezione oggetto di tesi, abbiamo utilizzato *Autodesk 3DS Max 2019*.

Si tratta di un programma di modellazione, animazione e rendering 3D, per la visualizzazione di videogiochi e progetti.

Tale software è stato impiegato sia per la generazione del modellino *low poly* utilizzato come base per la Web app che per la modellazione vera e propria della sala.

Il metodo base di modellazione adottato è quello denominato *modellazione con poligoni*, dove si parte dalla conversione di elementi denominati primitive (box, sfere, coni, cilindri ed altri elementi predefiniti) in *editable poly*, successivamente editabili attraverso i principali comandi, in modo da poter raffinare il modello 3D.

Prima di iniziare la modellazione, è stata preparata una planimetria della sala, facendo riferimento ad elaborati in possesso del Museo Egizio ed incrociandoli con un rilievo effettuato in loco.

Per facilitare la modellazione in ambiente *3DS Max* e successivamente in *Unreal Engine 4*, si è deciso di organizzare il file in layer in maniera tale da poter categorizzare ogni elemento modellato (Arredo, Camere, Collisioni, Mesh interattive e Strutture).

Una volta definiti i settaggi preliminari, la fase di modellazione poteva avere inizio.

Per la creazione dei muri perimetrali abbiamo utilizzato come base la planimetria generata in precedenza con *AutoCAD 2019*, partendo da geometrie semplici e raffinandole sempre più attraverso i comandi a disposizione dell'*editable poly*.

L'ambiente di riferimento, ovvero l'attuale sala II della "Galleria dei Re", come da fonti fotografiche storiche, è dotato di un soffitto voltato. La sua realizzazione tridimensionale tra tutti gli elementi in scena è risultata la più macchinosa. Nonostante che l'elemento di partenza fosse una geometria semplice come un box, per generare i vuoti definiti dalle volte l'oggetto originario è stato sottoposto a tutta una serie di sottrazioni di volumi, fino ad ottenere il risultato desiderato.

Con il medesimo approccio sono state individuate le aperture della sala, sia quelle che separano un ambiente dall'altro che i varchi finestrati, elementi di separazione tra l'interno dall'esterno.

Una volta definito l'involucro esterno, sono stati inseriti gli ingombri relativi a podi, piedistalli e tavolini che erano indicati nelle fonti storiche. Tra questi, gli elementi sui quali ci siamo soffermati maggiormente sono stati i tavolini che avrebbero sorretto le *maquettes* appartenenti alla collezione dei templi Nubiani, i quali sono stati riprodotti fedelmente in relazione alle fonti a disposizione.

L'ultimo step della modellazione ha riguardato l'importazione dei modellini lignei, precedentemente rilevati attraverso apparecchiature scanner e posizionati sui loro sostegni.

Una volta conclusa la fase di modellazione preliminare, si è proseguito con l'esportazione ed il successivo passaggio ad *Unreal Engine 4*. Il tutto è avvenuto tramite l'impiego del plug-in esterno *Datasmith*.

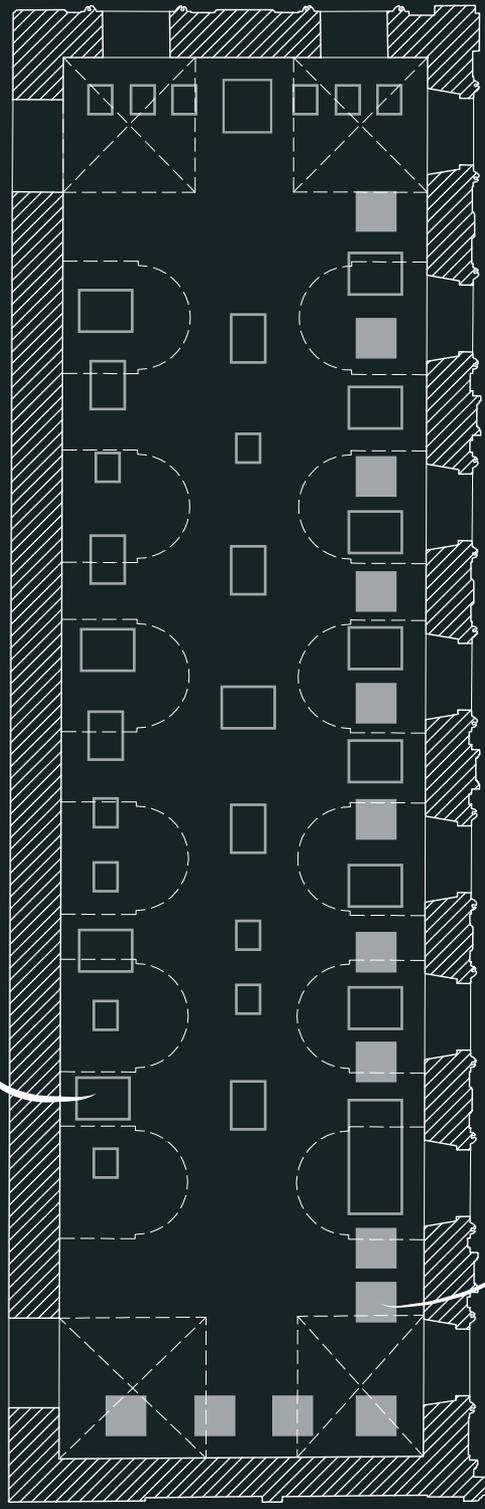
Nelle pagine seguenti:

A Sinistra

Fig.25 Planimetria riportante il posizionamento dei modellini all'interno della sala.

A Destra

Fig.26 Illustrazione della configurazione spaziale della sala.

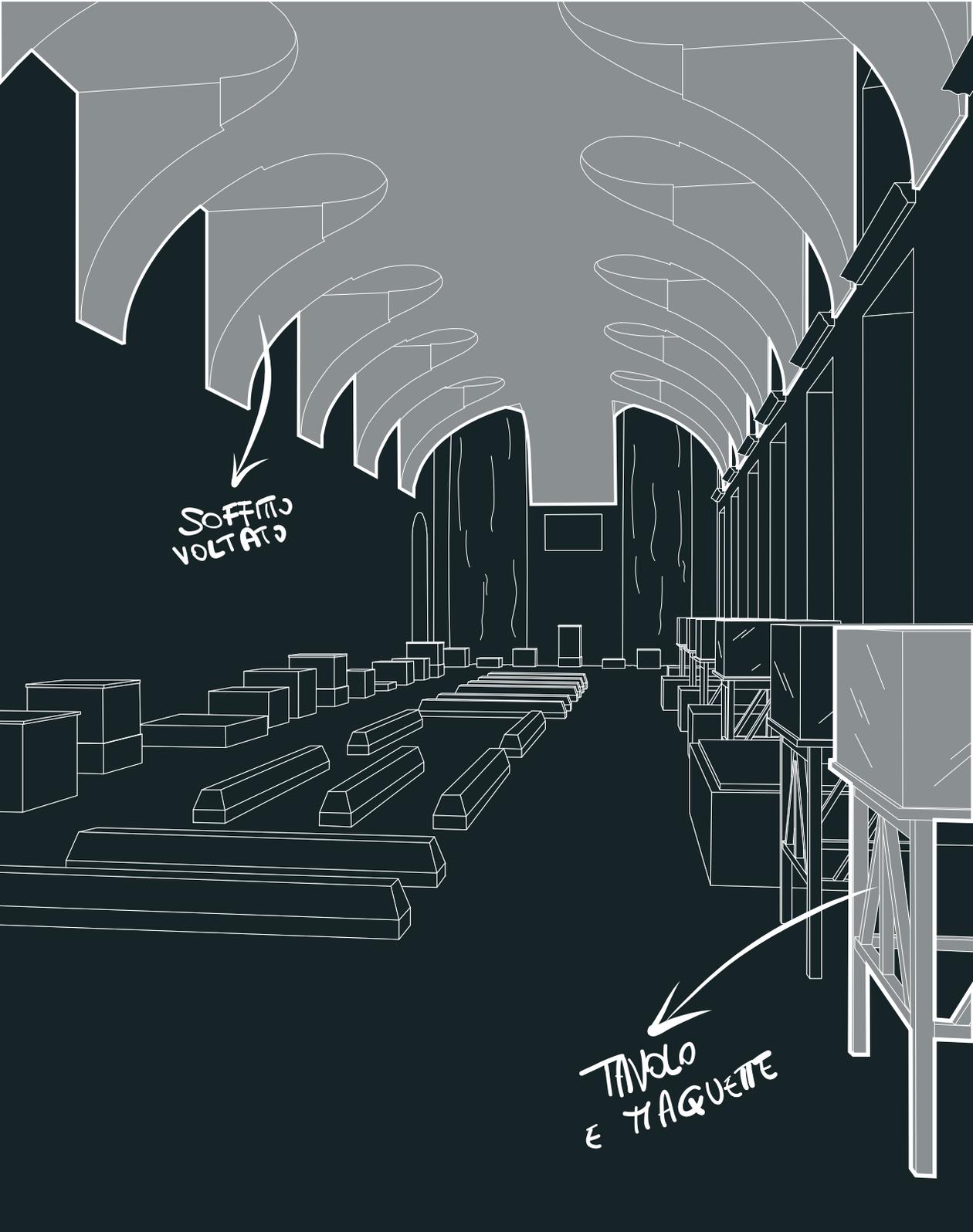


PREDISTALLI



HAQUETTE





Soffitto
VOLTATO

TAVOLO
E TRACQUE

**A Destra**

Fig.27 Riproduzione digitale, Tempio di Abu Oda, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

**A Destra**

Fig.28 Riproduzione digitale, Tempio di Abu Simbel, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

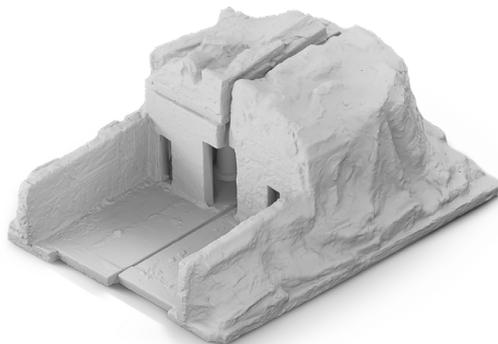
**A Destra**

Fig.29 Riproduzione digitale, Tempio di Beit El Wali, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

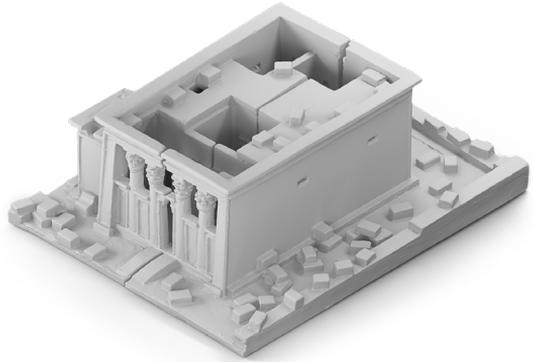
**A Destra**

Fig.30 Riproduzione digitale, Tempio di Debod, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

**A Destra**

Fig.31 Riproduzione digitale, Tempio di Dendur, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

**A Destra**

Fig.32 Riproduzione digitale, Tempio di Derr, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

**A Destra**

Fig.33 Riproduzione digitale, Tempio di El-hilla, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

**A Destra**

Fig.34 Riproduzione digitale, Tempio di Gherf Hussein, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

**A Destra**

Fig.35 Riproduzione digitale, Portale di Dendur, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

A Destra

Fig.36 Riproduzione digitale, Portali del Tempio di Debod, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

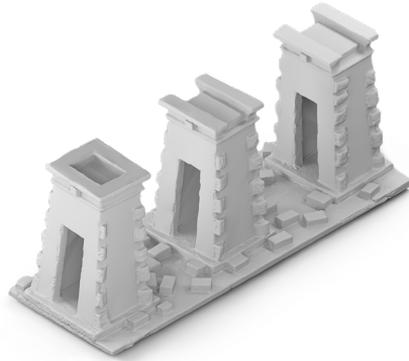
**A Destra**

Fig.37 Riproduzione digitale, Tempio di Tafa North, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

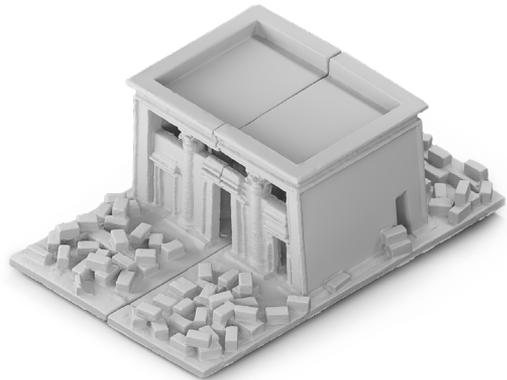
**A Destra**

Fig.38 Riproduzione digitale, Tempio di Tafa South, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.



A Destra

Fig.39 Riproduzione digitale, Obelisco
Heliopolis, a cura del progetto di ricerca
B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.



4.5.2 Affinamento dell'elaborato

Per la fase finale, l'affinamento del modello 3D, abbiamo deciso di utilizzare *Unreal Engine 4*. Si tratta di un motore grafico, impiegato per la generazione di esperienze interattive ed ambienti altamente immersivi.

Il modello precedentemente realizzato con *Autodesk 3DS Max 2019* presenta le caratteristiche di: essere un elaborato privo di materiali specifici e senza alcuna tipologia di illuminazione al suo interno.

La ragione principale di questa scelta è dovuta alla volontà di avere un maggiore controllo dei parametri relativo a materiali e luci in UE.

Importati gli *Assets* della scena 3D all'interno della *Content folder*, per questioni di ottimizzazione del file di lavoro è stato deciso di raffinare quanto modellato utilizzando, per quanto fosse possibile, delle *instances*. Esse corrispondono a cloni "intelligenti" di una geometria e sono definiti tali perché nel momento in cui si effettua una qualunque modifica sull'elemento originario, tutte le *instances* a lui riferite riporteranno in maniera intelligente la variazione compiuta.

Una volta ridefinita la scena, composta ora da *geometries* e *instances*, sono stati apportati dei settaggi preliminari al file, in maniera tale da poter definire un corretto workflow.

Gli elementi che nella precedente fase di modellazione su *3DS Max 2019* erano stati correttamente rinominati con il prefisso "C" ovvero collision, sono stati dotati della omonima proprietà. Questa prima semplice operazione è stata seguita successivamente da una serie di check relativi ad una corretta *size lightmaps* degli elementi in scena. La verifica di tali valori la si può vedere visivamente nella viewport attraverso la view mode

Lightmap Density. Essa permette in maniera relativamente rapida di capire a colpo d'occhio quali elementi presentino una *size* sotto dimensionata. Il range di colori messo a disposizione dalla seguente view mode va dal blu al rosso, dove il primo rappresenta una lightmap “scarsa” ed il secondo identifica la massima risoluzione che può raggiungere quella geometria.

Dopo questo controllo iniziale, relazionandosi con le fonti fotografiche storiche a disposizione, abbiamo dedotto che l'unica fonte luminosa presente in scena, dovesse provenire dall'esterno e quindi ci siamo affidati ad una *Light Source* (Sole) posizionata esternamente.

Per un ulteriore lavoro di alleggerimento del calcolo delle luci, sono stati inseriti in scena un *Lightmass Importance Volume* e dei *Lightmass Portal*. Il primo utilizzato per far capire ad Unreal Engine in quale punto si debba concentrare il calcolo delle luci ed i secondi posizionati in corrispondenza delle aperture esterne (finestre), in modo da indicare a UE che vi sono delle aperture dove far entrare luce.

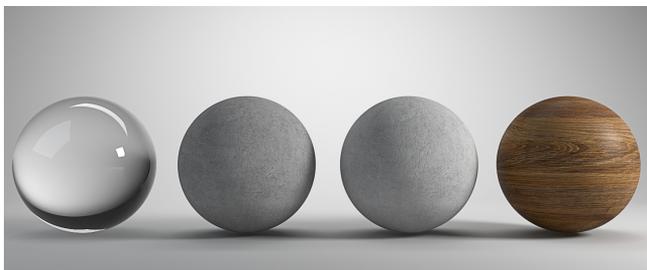
I Blueprints

“Il Blueprint è un linguaggio di programmazione visuale che agisce in un ambiente (*editor*) attraverso una serie di strumenti, comandi e funzioni (nodi) tra loro connessi.”⁷

Secondo questo approccio, sono stati creati i materiali da utilizzare nella scena, si tratta di materiali base (Fig 40), l'intento era quello di non tendere al foto-realismo ma di far comprendere che fosse un'esperienza immersiva in realtà virtuale.

I materiali creati sono di tipo *physical based rendering* (PBR), il

7. Coppola, A., *Unreal Engine 4 per tutti*, Blender High School, 2017;



che consente di avere materiali realistici e corretti per quanto concerne l'incidenza della luce. Le componenti principali impiegate per definire uno dei materiali utilizzati in scena, fatta eccezione per il vetro, sono: il *diffuse*, il *glossy* (o *specular*) che determina la capacità di riflettere, la *roughness* (rugosità) e il *bump* (o *normal*).

Una volta creato il materiale all'interno del modello 3D, sono state utilizzate le istanze del materiale, le *Material Instance Constant* (MIC), in maniera tale da poter modificare i parametri di un materiale senza doverlo ricreare.

Settaggio eventi e user interface (UI)

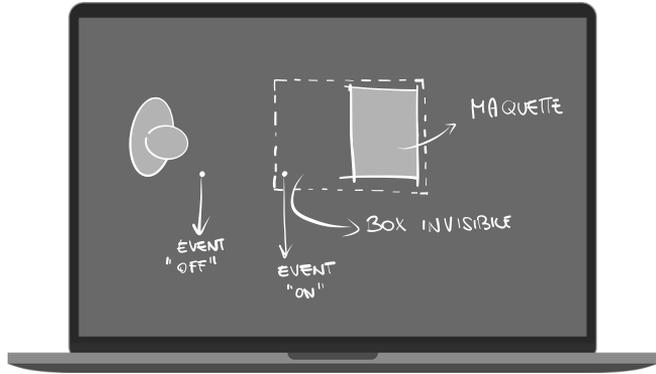
Dopo aver concluso l'intera fase di elaborazione della scena, della sua ottimizzazione, della preparazione di un'illuminazione adeguata e della rispettiva assegnazione dei materiali, ci siamo spostati sulla parte interattiva dell'applicativo.

In particolare, fin dall'inizio avevamo concordato che ci sarebbe dovuta essere un'interazione tra il personaggio *first person* ed i modellini. Tale scelta era legata alla possibilità di poter connettere quanto prodotto su *Unreal Engine 4* con le pubblicazioni Web su 3DHOP dei modellini ed la Web app interattiva.

La prima operazione eseguita è stata quella di settare un *event* in

In Alto

Fig.40 I principali materiali utilizzati.



corrispondenza di ogni modellino.

L'*event* a cui si fa riferimento consiste in un'azione che avviene in un determinato momento e secondo determinate condizioni, definite in fase di programmazione. Esse fanno riferimento ad un box invisibile posto in prossimità del modellino.

L'evento si attiverà nel momento in cui il *player first person* risulti all'interno del box. L'azione che costituisce l'*event* corrisponde al mostrare un messaggio testo con riportate una componente fissa nel *canvas* per ogni modellino, ovvero il nome del modellino in questione, ed una componente variabile che corrisponde ad una duplice scelta nel caso della maquette di Beit El Wali ed una singola opzione per i restanti modellini.

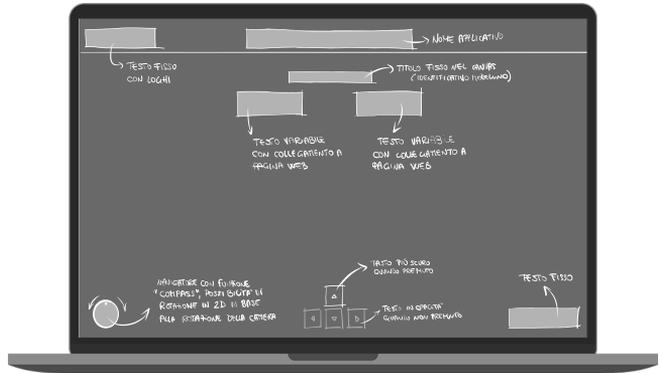
Questa scelta costituisce un elemento importantissimo per l'interattività dell'applicazione, essa corrisponde al collegamento citato in precedenza tra *Unreal Engine* e la pagina Web di 3D HOP e della Web app.

L'impostazione della *User Interface* (UI), è avvenuta successivamente, prima elaborandola sotto forma di concept (Fig.42) e successivamente integrandola con UE.

A riguardo sono stati pensati *widget* come ad esempio il navigatore con funzionalità "compass", dotato di possibilità di

In Alto

Fig.41 Schema esplicativo *event*.



In Destra

Fig.42 Layout User Interface.

Nelle pagine seguenti:

In Alto a Sinistra

Fig.43 Vista di 3/4 dell'esposizione virtuale dei modellini ottocenteschi.

In Basso a Sinistra

Fig.44 Vista di frontale dell'esposizione virtuale dei modellini ottocenteschi.

In Alto a Destra

Fig.45 Interazione con i modellini.

In Basso a Destra

Fig.46 Pagina Web esterna con collegamento 3D HOP (a sinistra) e Web app 3D (a destra).

rotazione in base al movimento della camera oppure i tasti di movimento in overlay con i suggerimenti da tastiera.

La restante parte invece è costituita da elementi di testi fissi nel canvas, altri variabili come informazioni ma privi di interazione utente e componenti testuali variabili con la possibilità d'interazione.

4.5.3 Il Modello finale

Dopo aver messo in atto le operazioni precedentemente descritte il risultato ottenuto è una chiara ricostruzione in realtà virtuale della sala II della "Galleria dei Re" del Museo Egizio, oggi non più percepibile come in passato per via delle contropareti e del controsoffitto che celano le aperture esterne e il soffitto voltato. Tale ricostruzione contiene al suo interno la collezione dei modelli di viaggio di architetture egizie ad opera di J. J. Rifaud disposti come riportato nelle documentazioni storiche.

Volendo cercare di far intendere che si trattasse di un assetto museale facente parte del passato, è stato deciso di impiegare un filtro bianco e nero, in modo da legarsi in maniera più coerente con le fonti storiche di riferimento.



Collezione ottocentesca dei
"Modellini di viaggio di architetture Egizie"
ad opera di Jean Jacques Rifaud.



Collezione ottocentesca dei
"Modellini di viaggio di architetture Egizie"
ad opera di Jean Jacques Rifaud.

Tempio di Beit El Wali

Premi (F)
Per Modellino 3D HOP

Premi (G)
Per Web app 3D

Collezione ottocentesca dei
"Modellini di viaggio di architetture Egizie"
ad opera di Jean Jacques Rifaud.



B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E.

BIM Acquisition as Cultural Key TO Transfer Heritage of ancient Egypt
For many Uses TO many Users REplayed



Model of the Temple of Beit el-Wali
ID-Cat.7103
Material:Painted wood
Period:About 1820
Number of elements:2
Right Size:27.06x28.56x67.23cm
Left Size:27.17x29.17x68.01 cm







5 Conclusioni

Dalle premesse al progetto, dal progetto a scenari futuri

La presente tesi di laurea ha preso avvio da una premessa specifica: l'ipotesi di rendere fruibile ai visitatori una collezione presente al Museo Egizio ma esposta in maniera parziale, attraverso l'utilizzo della Realtà Virtuale.

Alla luce di quanto analizzato finora e come fatto intendere più volte nel corso della tesi, la tematica della Realtà Virtuale e quella relativa alle *Information and Communication Technologies* (ICT), sono campi complessi ed articolati che meriterebbero sicuramente un maggior grado di approfondimento.

Nonostante ciò, alcune considerazioni emerse durante lo sviluppo del progetto possono essere discusse.

Lo scopo del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.R.E., aveva come fine primario la creazione di un vero e proprio *ecosistema digitale* costituito da riproduzioni virtuali e documentazioni storiche.

È chiaro che tale repository di risorse digitalizzate sarebbe stato solo un primo passo indirizzato a gettare basi solide per un futuro prossimo.

I possibili scenari futuri potrebbero vedere come ipotetiche attività, un eventuale arricchimento delle informazioni contenute nel database, determinando in questo modo un vero e proprio ampliamento della piattaforma fruibile da remoto da parte dell'utenza virtuale.

Oppure si potrebbe integrare quanto esposto oggi giorno (3 maquettes su 14), inizialmente con tecnologie ICT convenzionali (display, tablet e totem digitali), in maniera tale da poter fruire di entrambi i contenuti, sia fisici che virtuali, e successivamente in una visione di lunga veduta, poter integrare la visita con ICT non convenzionali come l'integrazione di *head-mounted display* (HMD) per la fruizione dei contenuti virtuali.

L'impiego delle *Information and Communication Technologies* odierne e più in particolare del "digitale", generano allettanti opportunità ed occasioni per i musei. Esse in base alla tipologia di visita prevista ed alla modalità comunicativa desiderata, mettono a disposizione una serie di strategie tecnologiche, indirizzate ad implementare l'esperienza del visitatore.

Un utilizzo mirato di tali strategie, è stato messo in atto dal Museo Egizio di Torino con la mostra "Archeologia Invisibile", dove l'uso del digitale ha conferito una forza aggiuntiva, rendendo visibile un qualcosa di invisibile. La metodica adottata, nonostante sia stata in larga parte un beneficio, presenta una scelta opinabile: l'impiego del Virtual Tour. Esso risulta una mera riproposizione del percorso di visita accessibile in prima persona ed in loco.

Tale valutazione non coglie l'occasione proposta dalle potenzialità del digitale, siccome non fornisce informazioni aggiuntive dirette al completamento dell'esperienza del visitatore.

Nell'ottica di offrire una panoramica quanto più completa ed integrativa al percorso di visita fisico, attraverso l'uso del virtuale, il progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE. e l'esperienza di Virtual Tour di una collezione del passato proposta dalla tesi, sono considerabili come una corretta ed adeguata strategia d'uso del digitale.

La creazione di un ecosistema digitale che sfrutta a pieno le opportunità offerte dalle nuove tecnologie, corrisponde ad un valore aggiunto per le strutture museali, concedendo al visitatore un'immersione totale nella cultura.

Visioni più estreme di utilizzo del digitale e delle ICT, conducono a musei totalmente virtuali, in questi casi non si tratta di un utilizzo del digitale come *medium* ai fini d'integrazione, tra il percorso reale e l'esperienza virtuale ma consiste nel vederlo come la vera e propria mostra.

È comprensibile che questa visione appaia ai nostri occhi come un eccesso e di conseguenza discutibile, ma non è da escludere che in un futuro prossimo o lontano, con un massiccio sviluppo della Virtual Reality, ci possano essere casi di musei totalmente virtuali.

A proposito di scenari futuri, la tecnologia VR avrà sicuramente un grande impatto sulle generazioni che verranno.

Soprattutto quando la Realtà Virtuale inizierà ad interagire con la vita reale ed i confini tra queste due entità simili, lentamente si assottiglieranno fino al punto da non esserci più una differenza tra le due. Previsioni così lontane, spesso ci vengono fornite dal mondo del cinema, dove tali visioni futuristiche vengono esasperate e portate alla deriva.

Un esempio può essere Ready Player One, film diretto da Ste-

ven Spielberg ed ambientato nel 2045, dove il contesto è un mondo “reale” portato all’esperazione e l’unica possibilità di evasione da tutta questa realtà decadente è semplice: connettersi a OASIS. Un universo parallelo, un mondo virtuale, nel quale ogni individuo sotto le vesti di un alter ego ha la possibilità di essere chi nella realtà non è e trovare una consolazione alla condizione di desolazione che li circonda.

Se in Ready Player One il confine tra realtà e virtualità era ancora distinguibile, in Matrix, questa netta separazione viene meno tanto che anche se si tratta di realtà virtuale le lesioni subite all’interno di “Matrix” si riflettono anche nel mondo reale. In questa casistica addirittura reale e virtuale coincidono.

Ovviamente questi sono scenari che portano lo spettatore a riflettere, sulla possibilità di come la tecnologia virtuale possa veramente prendere il sopravvento sulla realtà e in un futuro non troppo lontano, magari vedremo un inversione di ruoli nel senso che ipoteticamente vivremo in un mondo totalmente virtuale ed andremo alla sfrenata ricerca di un mondo reale e concreto dover poter evadere.

In definitiva la Tesi tenta di rimanere globale nelle riflessioni, con il rischio quasi di sembrare banale e superficiale, ma al tempo stesso definendo dei punti fermi da cui partire per un’analisi più approfondita di questo approccio che senza dubbio avrà risvolti futuri.

6 Bibliografia e Sitografia

- Antinucci, F., *Comunicare nel museo*. Roma-Bari, Laterza, 2004;
- Antinucci, F., *Musei Virtuali*. Roma-Bari, Laterza, 2007;
- Azuma, R. T., *A Survey of Augmented Reality*, in “*Presence: Teleoperators and Virtual Environments*”, v. 6, n. 4, pp. 335-385, 1997;
- Bertuglia, C. S., Bertuglia, F., Magnaghi, A., *Il Museo Tra Reale E Virtuale*. Roma, Editori Riuniti, 1999;
- Canepa, S., Minucciani, V., Vaudetti, M., *Mostrare l'archeologia. Per un manuale / atlante degli interventi di valorizzazione*. Torino, Allemandi & C., 2013;
- Ch'ng, E., *Digital Heritage Tourism: Reconfiguring the Visitor Experience in Heritage Sites, Museums and Architecture in the Era of Pervasive Computing*, 2013, accessibilità online: https://www.researchgate.net/publication/256292371_Digital_Heritage_Tourism_Reconfiguring_the_Visitor_Experience_in_Heritage_Sites_Museums_and_Architecture_in_the_Era_of_Pervasive_Computing ;

- Emler, T., *Traditional Museums, virtual Museums. Dissemination role of ICTs.*, in “DISEGNARECON”, v. 11, n. 21, 2018;

- Fassone, A., *Wooden models, casts and 3D prints in the Museo Egizio: between educational and spectacular approaches*, in “*Digital & Documentation. Digital strategies for Cultural Heritage*”, pp. 25-33, 2019;
- Forte, M., *Realtà virtuale, beni culturali e cibernetica: un approccio ecosistemico*, in “*Archeologia e Calcolatori*”, v. 15, pp. 423-448, 2004;

- Gabellone, F., *What communication for museums? Experiences and reflections in a virtualization project for the Museo Egizio in Turin*, 2015, accessibilità online: https://www.researchgate.net/publication/309210920_What_communication_for_museums_Experiences_and_reflections_in_a_virtualization_project_for_the_Museo_Egizio_in_Turin ;

- Ippoliti, E., Albisinni, P., *Musei Virtuali. Comunicare e rappresentare*, in “DISEGNARECON”, v. 9, n. 17, 2016;

- Ippoliti, E., Meschini, A., *Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale Cultural Heritage communication technology*, in “DISEGNARECON”, v. 4, n. 8, 2011;

- Ippoliti, E., Meschini, A., *Dal “modello 3D” alla “scena 3D”. Prospettive e opportunità per la valorizzazione del patrimonio culturale architettonico e urbano*, in “DISEGNARECON”, v. 3, n. 6, 2010;

- Krueger, M. W., *Realtà Artificiale*. Milano: Addison - Wesley, 1992;

- Kuchelmeister, V., *The Virtual (Reality) Museum of Immersive Experiences*, 2018, accessibilità online: https://www.researchgate.net/publication/326567646_The_Virtual_Reality_Museum_of_Immersive_Experiences ;

- Lévy, P., *Il Virtuale*. Milano, Cortina, 1997;

- Lo Turco, M., *Digital & Documentation. Digital Strategies for Cultural Heritage*. Pavia, Pavia University Press, 2019;

- Lo Turco, M., Piumatti, P., Calvano, M., Giovannini, E.C., Maffrici, N., Tomalini, A., Fanini, B., *Interactive Digital Environments for Cultural Heritage and Museums. Building a digital ecosystem to display hidden collections*, in “DISEGNARECON”, v. 12, n. 23, 2019;

- Murphy, M., McGovern, E., Pavia, S., *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*, 2013, accessibilità online: https://www.researchgate.net/publication/241582141_Historic_building_information_modeling_HBIM

- Pecchinenda, G., *Videogiochi e cultura della simulazione*. Roma-Bari, Laterza, 2003;

- Salvarani, R., *Storia locale e valorizzazione del territorio. Dalla ricerca ai progetti*. Milano, Vita e pensiero, 2005;

- Spreafico, A., Patrucco, G., Calvano, M., *Digital models of architectural models: from the acquisition to the dissemination*, in “Digital & Documentation. Digital strategies for Cultural Heritage”, pp. 49-61, 2019;

- Steuer j., *Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence*, in “*Journal of Communication*”, v. 4, n. 42, pp. 73-93, 1992;

- Van Krevelen, R., *Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations*. 2007, accessibilità online: https://www.researchgate.net/publication/292150312_Augmented_Reality_Technologies_Applications_and_Limitations

Normativa

- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, ai sensi dell'articolo 10 Legge 6 luglio 2002, n. 137;

- ICOMOS, *The ICOMOS Charter for the Interpretation and Presentation of Cultural Heritage Sites.*, 2008;

- UNESCO, *Convenzione Internazionale per la Salvaguardia dei Beni culturali Immateriali.*, 17 ottobre 2003;

Sitografia

- Arc/k Project: Perpetuity | Palmyra.

Accessibilità online: <https://arck-project.org/perpetual-palmyra/> ;

- Augmented, Virtual & Mixed Reality analytics platform, industry reports, strategy consulting. Accessibilità online: www.digi-capital.com ;

- Enciclopedia Treccani, dizionario enciclopedico.

Accessibilità online: <http://www.treccani.it> ;

- ICOM International Council of Museums.

Accessibilità online: <http://www.icom-italia.org> ;

- ISTAT Istituto Nazionale di Statistica, *L'Italia dei musei*.

Accessibilità online: https://www.istat.it/it/files//2019/12/LItalia-dei-musei_2018.pdf ;

- MoMAR: Hello, we're from the internet.

Accessibilità online: <http://momar.gallery/> ;

- Garagnani, S., *HBIM nell'esistente storico. Potenzialità e limiti degli strumenti integrati nel recupero edilizio*. 2015.

Accessibilità online: <https://www.ingenio-web.it/4788-hbim-nellesistente-storico-potenzialita-e-limiti-degli-strumenti-integrati-nel-recupero-edilizio> ;

7 Indice delle Figure

- Fig.1 Milgram's RealityVirtuality Continuum, (Azuma ,2001).
Fonte: Van Krevelen, R., *Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations*. pp.1, 2007;
- Fig.2 Schema esplicativo delle principali differenze tra VR e AR/MR.
- Fig.3 Optical see-through HMD diagramma concettuale.
- Fig.4 Video see-through HMD diagramma concettuale.
- Fig.5 Monitor-based AR diagramma concettuale.
- Fig.6 Schema concettuale dei principali competitors nel settore VR.
Fonte: <https://www.fastcompany.com/3052209/vr-and-augmented-reality-will-soon-be-worth-150-billion-here-are-the-major-pla#4>;
- Fig.7 Ricostruzione del Teatro Romano a Palmira di Arc/k Project.
Fonte: <https://www.thenational.ae/arts-culture/the-arc-k-project-building-a-virtual-archive-to-keep-the-palmyras-of-this-world-alive-1.721436#1>;

- Fig.8 Ricostruzione del Tempio di Bel a Palmira di Arc/k Project.

Fonte: <https://www.thenational.ae/arts-culture/the-arc-k-project-building-a-virtual-archive-to-keep-the-palmyras-of-this-world-alive-1.721436#1>;

- Fig.9 Esperienza AR al MoMA, (MoMAR)

Fonte: <https://www.gizmodo.com.au/2018/03/artists-protest-elite-art-world-with-unauthorised-ar-gallery-at-the-moma/>;

- Fig.10 Esperienza AR al MoMA, (MoMAR)

Fonte: https://www.vice.com/en_us/article/8xd3mgf/moma-augmented-reality-exhibit-jackson-pollock-were-from-the-internet;

- Fig.11 Schema esplicativo del concetto di Museo Contenitore.

- Fig.12 Schema esplicativo del concetto di Museo Virtuale.

- Fig.13 Schema esplicativo del concetto di Museo Net.Art.

- Fig.14 Collezione VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

Fonte: <https://ihitthebutton.com/artechouse-in-peak-bloom/>;

- Fig.15 Collezione VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

Fonte: <https://ihitthebutton.com/artechouse-in-peak-bloom/>;

- Fig.16 Collezione VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

Fonte: <https://ihitthebutton.com/artechouse-in-peak-bloom/>;

- Fig.17 Collezione VR, “In Peak Bloom”, ad opera di Artechouse.

Fonte: <https://ihitthebutton.com/artechouse-in-peak-bloom/>;

- Fig.18 Riproduzione in scala della Tomba di Nefertari a cura del CNR.

Fonte: <http://itlab.ibam.cnr.it/index.php/la-tomba-di-nefertari/>;

- Fig.19 Top view della Tomba di Nefertari a cura del CNR.

Fonte: <http://itlab.ibam.cnr.it/index.php/la-tomba-di-nefertari/>;

- Fig.20 Mostra temporanea, “Archeologia Invisibile”, presso Museo delle Antichità Egizie di Torino.

Fonte: <https://museoegizio.it/esplora/mostre/archeologia-invisibile/>;

- Fig.21 Mostra temporanea, “Archeologia Invisibile”, presso Museo delle Antichità Egizie di Torino.

Fonte: <https://museoegizio.it/esplora/mostre/archeologia-invisibile/>;

- Fig.22 Tour Virtuale, Museo dell’Ara Pacis, Roma.

Fonte: http://www.arapacis.it/it/musei_digitali/tour_virtuali/;

- Fig.23 Tour Virtuale, Museo dell’Ara Pacis, Roma.

Fonte: http://www.arapacis.it/it/musei_digitali/tour_virtuali/;

- Fig.24 Web app 3D del modellino di Beit El Wali, lavoro ad opera dell’ITABC CNR.

Fonte: <http://www.backtothefuture.polito.it/TemplePuzzle3D.html>;

- Fig.25 Planimetria riportante il posizionamento dei modellini all’interno della sala.

- Fig.26 Illustrazione della configurazione spaziale della sala.

- Fig.27 Riproduzione digitale, Tempio di Abu Oda, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.28 Riproduzione digitale, Tempio di Abu Simbel, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.29 Riproduzione digitale, Tempio di Beit El Wali, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.30 Riproduzione digitale, Tempio di Debod, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.31 Riproduzione digitale, Tempio di Dendur, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.32 Riproduzione digitale, Tempio di Derr, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.33 Riproduzione digitale, Tempio di El-hilla, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.34 Riproduzione digitale, Tempio di Gherf Hussein, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.35 Riproduzione digitale, Portale di Dendur, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.36 Riproduzione digitale, Portali del Tempio di Debod, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.

- Fig.37 Riproduzione digitale, Tempio di Tafa North, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.38 Riproduzione digitale, Tempio di Tafa South, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.39 Riproduzione digitale, Obelisco di Heliopolis, a cura del progetto di ricerca B.A.C.K. TO T.H.E. F.U.T.U.RE.
- Fig.40 I principali materiali utilizzati.
- Fig.41 Schema esplicativo *event*.
- Fig.42 Layout *User Interface*.
- Fig.43 Vista di 3/4 dell'esposizione virtuale dei modellini ottocenteschi.
- Fig.44 Vista frontale dell'esposizione virtuale dei modellini ottocenteschi.
- Fig.45 Interazione con i modellini.
- Fig.46 Pagina Web esterna con collegamento 3D HOP (a sinistra) e Web app 3D (a destra).

