



EVOCARE IL PASSATO

Comunicazione del Progetto di Decorazione della Piazza
Castello di Alessandro Antonelli (1831) attraverso la
realizzazione di ambienti tridimensionali navigabili

ENRICO VANNI



Politecnico di Torino

DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E DESIGN
COLLEGIO DI ARCHITETTURA

Corso di Laurea Magistrale
ARCHITETTURA PER LA SOSTENIBILITÀ
a.a. 2023/2024

EVOCare IL PASSATO

**COMUNICAZIONE DEL PROGETTO DI DECORAZIONE
DELLA PIAZZA CASTELLO DI ALESSANDRO ANTONELLI
(1831) ATTRAVERSO LA REALIZZAZIONE DI AMBIENTI
TRIDIMENSIONALI NAVIGABILI**

candidato

ENRICO VANNI
S305429

relatore

Prof. MASSIMILIANO LO TURCO

corelatori

Dott. ENRICO ZANELLATI

Prof.ssa ELENA GIANASSO

Prof.ssa ELISABETTA CATERINA GIOVANNINI

PhD. JACOPO BONO

Abstract

Il progetto di tesi qui presentato tratta la valorizzazione del patrimonio culturale architettonico esposto all'interno delle sale della Pinacoteca Albertina attraverso l'utilizzo di nuove tecnologie, in particolare la Realtà Virtuale. Esso si propone di sviluppare un modello tridimensionale del progetto redatto dall'architetto Alessandro Antonelli per la 'nuova Piazza Castello', sfruttando le acquisizioni ad alta risoluzione delle tavole dei disegni tecnici e della straordinaria prospettiva. In seguito, viene realizzato un applicativo che consenta la navigazione immersiva di uno spazio virtuale in cui l'utente, una volta indossato il visore per la realtà virtuale, è guidato in un percorso interattivo coinvolgente. Ciò viene realizzato attraverso l'utilizzo del motore grafico Unreal Engine.

La moltitudine di informazioni e dettagli previsti nel progetto architettonico sono sapientemente trascritti nelle tavole tecniche. Quest'ultime tuttavia parlano a un pubblico prevalentemente settoriale e sono di più difficile comprensione all'utenza non specializzata. L'intento perseguito da questo progetto di tesi è quindi quello di comunicare l'idea di Antonelli in un modo più efficace ed inclusivo, così da aiutare il soggetto, quando invitato a esplorare il contesto immersivo, a vivere l'esperienza in maniera attiva.

Attraverso immagini, narrazioni ed esplorazione dei modelli 3D, l'esperienza VAn-TO permette di vivere in prima persona il grandioso stravolgimento urbano previsto da Alessandro Antonelli, abbattendo le barriere di spazio e tempo e garantendo la fruibilità delle opere esposte a un pubblico di vasta natura.

Abstract

The thesis project presented here deals with the enhancement of the architectural cultural heritage exhibited within the halls of the Pinacoteca Albertina through the use of new technologies, particularly Virtual Reality. It aims to develop a three-dimensional model of Antonelli's project for the 'new Piazza Castello', exploiting the high-resolution acquisitions of the technical drawing tables and the extraordinary perspective. Subsequently, it aims to create an application that allows the immersive navigation of a virtual space within which the user, once wearing the virtual reality headset, is guided through an interactive path. This is created through the use of the Unreal Engine graphics engine.

The multitude of information and details provided by the architectural project are expertly transcribed in the technical tables. These, however, predominantly convey their message to a sectoral audience and are more difficult for casual users to understand. The intent of this thesis' project is therefore to communicate Antonelli's idea in a more effective and inclusive way, as to help the subject, when invited to explore the immersive context, to live the experience in an active manner.

Through the use of images, narration and 3D model exploration, the VAn-TO experience allows to personally witness the grand urban transformation envisioned by Alessandro Antonelli, breaking down the barriers of space and time and ensuring that the exhibited works are accessible to a wide-ranging audience.

Indice

01	INTRODUZIONE	0
02	DIETRO LE QUINTE	3
03	STATO DELL'ARTE	7
	Il digitale e il patrimonio culturale	9
	L'importanza dello storytelling digitale nel contesto museale	11
	Realtà Virtuale e altre tipologie di storytelling digitale	15
04	CONOSCERE GLI STRUMENTI	21
	L'evoluzione della tecnologia	23
	Cosa si intende per realtà virtuale	28
	Il funzionamento: componenti e principi di base	38
	Applicazioni	42
	Problemi della realtà virtuale	46
	Caso studio I: Éternelle Notre-Dame	48
	Caso studio II: Mona Lisa: Beyond the Glass	51
05	LE ORIGINI	55
	Il contesto storico-urbano nella Torino della Restaurazione	57
	Gli anni di formazione di Alessandro Antonelli	62
	Il "Nuovo Duomo" e il Progetto di decorazione di Piazza Castello	66
06	VAn-TO	89
	Concezione narrativa dell'esperienza	91
	Analisi, lettura e digitalizzazione dei documenti	93
	Modellazione digitale ricostruttiva	95
	Mesh e ottimizzazione topologica delle geometrie	114
	Importazione del modello digitale in Unreal Engine e realizzazione degli ambienti immersivi	116
	Le interazioni	121
	Il risultato	125
07	CONCLUSIONI	133
08	DOCUMENTAZIONE	141
	Indice delle immagini	143
	Bibliografia	151
	Sitografia	154



01

INTRODUZIONE

La seguente tesi nasce dalla cooperazione tra gli istituti Politecnico di Torino e Accademia Albertina di Belle Arti di Torino, che ha recentemente ospitato, all'interno della Pinacoteca Albertina, la mostra "Neoclassicismi a Torino. Dal Settecento al giovane Antonelli", la cui sezione finale è dedicata all'esposizione di alcune tavole prodotte dall'architetto Alessandro Antonelli durante il suo periodo di formazione a Roma, nel 1832, ora parte del patrimonio documentario della stessa Accademia.

I disegni antonelliani originali restituiscono il Progetto di decorazione per la Piazza Castello di Torino: un progetto di riorganizzazione della piazza centrale della capitale Sabauda, destinato a restare sulla carta, anche perché esito del percorso formativo romano di Antonelli. Il disegno, se realizzato, avrebbe visto l'abbattimento del castello medievale, poi del Palazzo Madama, per lasciare spazio a una nuova maestosa cattedrale, il nuovo duomo di Torino. Il magnifico progetto viene raccontato attraverso sei tavole rappresentanti i disegni tecnici che descrivono la cattedrale e il contesto della piazza.

L'obiettivo che si prefigge questo progetto di tesi è quello di indagare il tema della comunicazione museale, esplorando quali sono gli strumenti maggiormente utilizzati al giorno d'oggi e, in particolare, approfondendo la tecnologia della Realtà Virtuale. Sono state adoperate metodologie di lavoro relative alla modellazione digitale e alla creazione di ambienti virtuali immersivi, con il fine di valorizzare il patrimonio culturale secondo approcci comunicativi innovativi e alternativi alle classiche esposizioni museali. Essendo l'opera in analisi solamente un esercizio accademico non è mai stata realizzata, ne

perviene quindi la sola testimonianza cartacea. Comprenderne la moltitudine di dettagli immaginati e progettati dall'architetto Antonelli è un processo difficoltoso per un'utenza non specializzata, è necessario quindi appellarsi a metodologie comunicative che coinvolgano l'utente in prima persona, facendo in modo di instaurare un rapporto diretto tra il pubblico e il patrimonio.

Per poter raggiungere questo risultato è stato necessario lo studio dell'opera presa in analisi. La fase d'analisi dei manufatti non poteva prescindere dalla conoscenza del contesto storico in cui è stato prodotto il progetto. La formulazione di una strategia narrativa efficace per la fruizione dell'esperienza ha dettato le linee guida dei processi realizzativi degli spazi tridimensionali. Si è rivelato necessario l'utilizzo di alcuni software: in particolare, per la modellazione digitale ricostruttiva è stato sfruttato Rhinoceros, mentre il motore grafico Unreal Engine è stato utile a creare l'applicativo contenente l'ambiente navigabile, a cui è possibile accedere tramite l'utilizzo di un visore per la realtà virtuale (in questo caso, il Meta Quest 3).

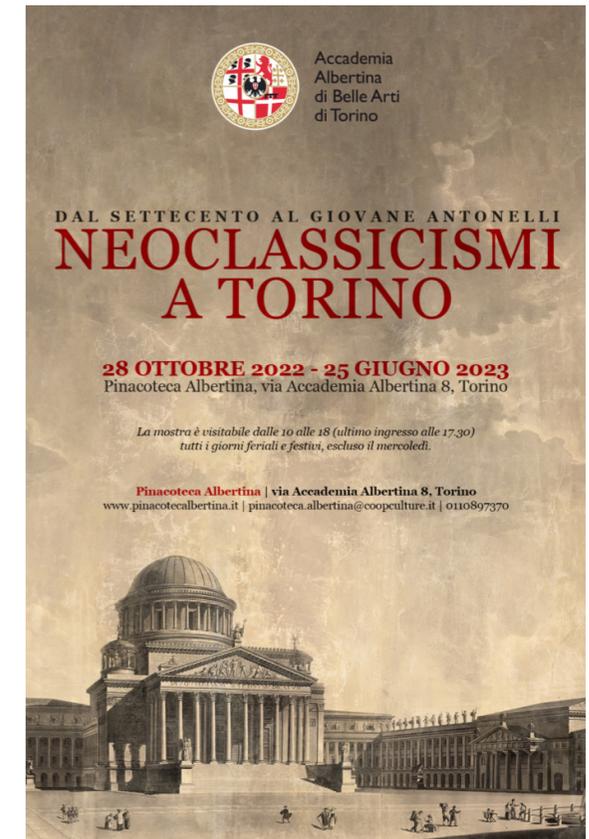


fig. 1 Copertina del catalogo sulla mostra Neoclassicismi a Torino. Dal Settecento al giovane Antonelli



02

**DIETRO
LE QUINTE**

L'origine del lavoro qui presentato risiede nella collaborazione tra il Politecnico di Torino e l'Accademia Albertina di Belle Arti. Questa rappresenta uno dei fulcri culturali più importanti della città, con una storia che s'intreccia profondamente con lo sviluppo artistico e culturale del Piemonte e dell'Italia intera. Fondata nel 1678 dal Duca Carlo Emanuele II di Savoia, l'Accademia ha sempre svolto un ruolo cruciale nella formazione degli artisti e nella promozione delle arti visive, facendo coesistere al suo interno sia un luogo di istruzione che un centro di ricerca e conservazione di un vasto patrimonio artistico. Tra i suoi numerosi tesori, spicca la prestigiosa Pinacoteca Albertina, la quale custodisce un'ampia collezione di opere che spaziano dal Rinascimento fino all'epoca contemporanea.

E' proprio all'interno delle sue mura che sboccia l'occasione di avviare il progetto di ricerca VAn-TO: Visioni Antonelliane per Torino. Con l'inaugurazione della mostra Neoclassicismi a Torino: dal Settecento al giovane Antonelli nasce il dialogo tra il professore Massimiliano Lo Turco (DAD, Dipartimento di Architettura e Design) e il dottor Enrico Zanellati, Curatore della Pinacoteca Albertina, i quali danno avvio all'attività di ricerca in merito alla valorizzazione del patrimonio culturale proprio dell'Accademia. Dopo aver effettuato una visita delle sale della Pinacoteca guidati dal dottor Zanellati e aver avuto l'occasione di vedere dal vivo gli straordinari disegni prodotti dal maestro Antonelli, si è concretizzato l'entusiasmo che inevitabilmente stava prendendo forma in quelle settimane. Il gruppo di lavoro costituito per lo studio del tema e lo sviluppo dell'applicativo finale è di natura multidisciplinare: è composto, oltre che dai sopracitati, dalla professoressa Elena Gianasso (DIST, Dipartimento

Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio), dalla professoressa Elisabetta Caterina Giovannini (DAD) e dal dottorando Jacopo Bono.

Grazie alle preziose indicazioni della professoressa Gianasso e del dottor Zanellati è stato possibile approfondire lo studio del contesto storico proprio del periodo in cui sono state realizzate le tavole, nonché degli anni di formazione professionale di Antonelli, all'epoca ancora studente. L'indagine storica risulta fondamentale per lo sviluppo di una comprensione e consapevolezza maggiore delle cause che hanno portato alla realizzazione dei disegni oggetto di studio. Conoscere l'opera è il primo passo per poterne comunicare il suo valore: proprio in questa seconda fase entra in gioco il team del DAD, con il quale si è sviluppata e approfondita la fase di lavoro relativa alla creazione del prodotto finale mediante applicativi dedicati.



03

**STATO
DELL'ARTE**

Il digitale e il patrimonio culturale

“ Viviamo nel genere di cultura che [...] ho chiamato la cultura della virtualità reale. E' virtuale perché è costruita primariamente attraverso processi di comunicazione virtuale basati elettronicamente. E' vero (e non immaginario) perché è la nostra realtà fondamentale, la base materiale sulla quale viviamo la nostra esistenza, costruiamo i nostri sistemi di rappresentanza, pratichiamo il nostro lavoro, ci colleghiamo con altre persone, recuperiamo informazioni, forniamo le nostre opinioni, agiamo in politica e alimentiamo i nostri sogni. Questo è ciò che distingue la cultura nell'Età dell'informazione: è innanzitutto attraverso la virtualità che elaboriamo la nostra creazione di significato.” (Castells, 2001).

Fra le molteplici definizioni attribuite alla società odierna da parte dei numerosi studiosi, questa è quella che, più di tutte, può definirsi profetica. L'idea della virtual-reality society enunciata più di vent'anni fa calza alla perfezione con la straordinaria rivoluzione culturale ancora in atto. La nascita di Internet è un evento dirompente, capace di influenzare così tanto ogni ambito da costituire la base fondante del contesto culturale in cui viviamo. La quotidianità della stragrande maggioranza della popolazione mondiale è basata su strumenti, metodi, abitudini e processi di natura digitale, che permeano nelle vite delle persone in maniera quasi totalizzante. L'esplosione di successo dei computer nella seconda metà del XX secolo permette la diffusione della tecnologia del World Wide Web, che pone le basi per la cosiddetta 'Era dell'informazione'. La principale caratteristica di quest'epoca riguarda la capacità di connessione istantanea tra luoghi e persone in ogni parte del pianeta: un mezzo di

comunicazione e trasmissione dati di tale portata ha avuto un impatto profondo su ambiti di natura economica, sociale, lavorativa, educativa e, naturalmente, culturale. Il progresso delle tecnologie moderne ha radicalmente modificato il modo in cui il pubblico interagisce con la cultura. I musei e gli spazi culturali, infatti, si sono dotati di una grande varietà di strumenti e metodologie all'avanguardia, i quali permettono non solo di creare e distribuire contenuti culturali, ma anche di riceverli, dividerli e rielaborarli in modi innovativi (Lev Manovich, 2011). Inoltre, i social media e altre applicazioni di rete facilitano una condivisione più ampia e partecipativa del patrimonio culturale, permettendo agli utenti di contribuire attivamente con le proprie interpretazioni e narrazioni.

I musei trovano quindi *“l'opportunità di essere finalmente considerati, nell'ambito del consumo culturale, come un'alternativa interessante o più interessante di altre nel mercato della conoscenza”* (Frey, Meier, 2006), grazie soprattutto al mutamento delle modalità di trasmissione della stessa, da *“lineare e didascalica”* a *“informativa, persuasiva ed educativa”*. Chi si occupa di tutela, produzione, archiviazione, catalogazione, gestione di un qualsiasi contenuto culturale non può più considerarsi il mero depositario di un sapere superiore, né un semplice trasmettitore di conoscenza secondo processi gerarchici di tipo top-down (Bonacini, 2020). Si parla infatti di una *“forma di comunicazione bidirezionale, dialogica e partecipativa, in cui non è più pensabile parlare di pubblici”* (Bollo, 2008), ma di *“molteplici categorie di stakeholders”* (Sibilio Parri & Manetti, 2014), peraltro sempre più interessati non solo a reperire mere informazioni culturali, ma vere e proprie storie e narrazioni, che ormai cercano - e vogliono trovare - su ogni media (Mazzoli, 2018). A questo proposito, tra gli strumenti

di maggiore impatto nel panorama della valorizzazione del patrimonio, si individua il digital storytelling come protagonista dell'evoluzione tecnologica e metodologica della comunicazione museale: il racconto è oggetto di grande sperimentazione all'interno dei contesti di divulgazione culturale, fatto che consente di riconoscere un ventaglio di modalità narrative particolarmente ampio e variegato.

L'importanza dello storytelling digitale nel contesto museale

La narrazione di una storia rappresenta una forma d'arte che, nel contesto della comunicazione culturale, ha l'obiettivo di coinvolgere il pubblico attraverso racconti che rendano il patrimonio culturale - sia esso un museo, un sito archeologico o un'opera d'arte - più affascinante e accessibile (Maulini, 2019). Questo metodo ha radici antichissime, risalenti "agli albori della Preistoria, quando gli uomini e le donne delle antiche tribù si raccoglievano attorno al fuoco" (Vaglio, 2018). La narrazione è intrinsecamente legata alla natura umana, riflettendo la nostra innata propensione a raccontare storie e a creare legami comunitari attraverso di esse (Bonacini, 2020). Inoltre, questa pratica non solo trasmette conoscenze e valori, ma rafforza anche il senso di identità e appartenenza, favorendo la coesione sociale. Oggi, le tecniche narrative sono utilizzate in modo sofisticato per rendere le esperienze culturali più immersive e coinvolgenti, spesso integrando strumenti interattivi che amplificano l'impatto

delle storie raccontate. Il moderno storytelling (letteralmente 'raccontare storie') ha come finalità indiretta la trasmissione di una precisa conoscenza e di precisi ideali, che siano il brand di un prodotto specifico o la descrizione narrativa di un mito dipinto su un vaso antico (Bonacini, 2020). In ambito museale e culturale ha una storia ormai centenaria: lo storytelling fu adottato come attività didattica per la prima volta nel 1917 da Anna Curtis Chandler al Metropolitan Museum di New York, accomodando delle diapositive attraverso storie e racconti (Cataldo, 2011). La sempre maggior frequenza d'uso di questa tecnica in occidente si lega all'evoluzione funzionale del museo: da involucro atto alla mera conservazione dei manufatti fino all'assunzione di un ruolo didattico ed educativo per la comunità. Con la rivoluzione tecnologica diversi strumenti innovativi si sono affiancati alle forme di storytelling tradizionale ed è importante definire come questo si distingue dallo storytelling digitale. Lo storytelling digitale è quella forma di narrazione che fa uso di tecnologie e strumenti relativi all'ambito digitale per poter realizzare le storie: la loro componente tecnologica nell'ambito della produzione e divulgazione dei contenuti è preponderante e molto varia. Il digital storytelling può dirsi nato negli Stati Uniti nel 1994, quando gli studiosi e ricercatori del Center for Digital Storytelling di San Francisco svilupparono un metodo di co-creazione di videostorie digitali di gruppo: si catturavano e condividevano i racconti individuali per costruire insieme storie che restituissero senso di comunità (Lambert, 2013). Negli anni il numero di progetti e metodologie partecipative di storytelling digitale è cresciuto considerevolmente, trovando nuove strategie per costituire il senso di appartenenza a un gruppo sociale, per la creazione dell'identità condivisa e per l'ampliamento del proprio orizzonte comunicazionale non solo

col museo ma anche con quegli altri utenti che alla stessa maniera partecipano alla co-produzione del valore museale (Bonacini, 2012). La peculiarità di questa forma di racconto è che cambia e si adatta di pari passo con l'evoluzione della tecnologia. La proliferazione delle nuove tecniche, applicate attraverso strumenti digitali sempre più evoluti, restituisce le più diverse modalità di costruzione e fruizione delle esperienze narrative.

“La mano che gestiva il mouse [...] si è ora spostata sullo schermo dello smartphone, diventato una specie di bacchetta per l'odierno raddomante che non si muove più solamente nei contorni chiusi del testo né nella molteplicità delle relazioni di rete. Attraverso lo smartphone il novello lettore-spettatore è diventato anche viaggiatore, il suo testo sono gli spazi urbani mediati, interattivi perché ormai l'ubiquitous computing dissemina ovunque microlaboratori in grado di ricevere input ed emettere output” (Lughi, 2015).

In ambito culturale, lo storytelling digitale trova applicazione principalmente in tre settori chiave, che spesso si sovrappongono e si integrano tra loro (Brouillard, Loucopoulos, Dierickx, 2015). Il primo settore è quello dell'educazione, poiché questo approccio facilita la creazione di significato, il senso di appartenenza e l'acquisizione di competenze digitali. Le storie narrate attraverso metodi e strumenti appartenenti alla sfera del digitale, possono infatti rendere l'apprendimento più coinvolgente e stimolante, aiutando gli studenti a comprendere meglio i concetti attraverso narrazioni interattive e multimediali. Il secondo settore è quello della mediazione culturale, dove lo storytelling digitale ha trasformato le istituzioni culturali, rendendole più orientate alla

comunicazione partecipativa e democratica del loro patrimonio. Questo metodo ha permesso di instaurare nuovi tipi di interazione con il pubblico, creando esperienze culturali più inclusive e dialogiche. Le tecnologie digitali hanno reso possibile la fruizione del patrimonio culturale in modi innovativi, come visite virtuali e mostre interattive, che invitano i visitatori a diventare parte attiva della narrazione. Infine, il terzo settore è il turismo, dove l'aspetto narrativo ed esperienziale dello storytelling ha guadagnato una crescente importanza. I visitatori non cercano più solo informazioni, ma vogliono vivere storie che arricchiscano il loro viaggio. Lo storytelling digitale permette di creare percorsi turistici immersivi, che collegano il presente con il passato e le storie locali con le esperienze personali dei viaggiatori, rendendo ogni visita unica e memorabile (Bonacini, 2020). Le tecnologie permettono di ricontestualizzare un manufatto nel suo contesto originario e di creare collegamenti ipertestuali e ipermediali che ampliano notevolmente il potenziale informativo di un singolo contenuto. Questo processo consente di frammentare la linearità di un contenuto o di un percorso conoscitivo, offrendo infinite varianti di fruizione (Trocchianesi, 2014). In questo modo, ogni utente può esplorare e comprendere il patrimonio culturale da diverse prospettive, arricchendo la propria esperienza attraverso una molteplicità di narrazioni e interpretazioni. Questi collegamenti permettono non solo di ricostruire i contesti storici e geografici e di interconnetterli, ma di mettere in connessione fra loro contesti spazio-temporali diversi, lasciando agli utenti la possibilità di conoscere mondi lontani nello spazio e nel tempo, attraverso spazi immersivi, interattivi ed esperienziali che costituiscono quasi una vera e propria sintesi fra lo spazio digitale e quello fisico, dando corpo a uno spazio arricchito (Bonacini, 2020).

Realtà virtuale e altre tipologie di storytelling digitale

Ad oggi, lo storytelling digitale non solo si è evoluto in forme più interattive, multimediali e immersive delle semplici videostorie (frutto di combinazione di testi, immagini, audio e video), ma può facilmente considerarsi la forma più diffusa di storytelling: la sua facilità di realizzazione e il basso costo di alcune tecniche (Valtolina, 2016) hanno fatto sì che divampasse la loro popolarità, dall'ambito commerciale a quello di natura didattico-culturale.

Il gruppo di ricerca AthenaPlus ha condotto un'indagine dettagliata sugli strumenti e dispositivi utilizzati nell'ambito narrativo, organizzandoli e classificandoli secondo criteri orientati principalmente all'esperienza utente. Questa analisi ha portato alla definizione di cinque categorie distintive: strumenti di natura collaborativa, mobile/locativa, transmediale, immersiva e generativa (Bonacini, 2020). D'altro canto, Serena Bedini (2018) individua quattro forme di storytelling differenti, denominate: visual, digital, crossmediale e transmediale (classe comune a entrambe le categorizzazioni). In ultimo il lavoro compiuto da Giulio Lughi, il quale ha sviluppato una classificazione dettagliata sull'*interactive storytelling*, focalizzandosi su quattro varianti distintive. Queste includono lo storytelling interattivo computazionale o generativo, che coinvolge la programmazione diretta del processo narrativo. Il secondo tipo è lo storytelling partecipativo, che sfrutta la diffusione dei social media e della rete per favorire la partecipazione attiva degli utenti nella creazione delle storie. Il terzo è lo

storytelling transmediale, che integra e mescola diversi media per ampliare e arricchire l'esperienza narrativa. Infine, Lughi introduce anche lo storytelling urbano, che sfrutta la posizione fisica dell'utente tramite dispositivi mobili, segnando così l'avvento del paradigma *mobile-locative* (Lughi, 2015).

Dalla differente natura di queste catalogazioni delle metodologie e forme di storytelling si evince la forte diversità tra le tecniche, che in diversi casi finiscono per intrecciarsi fra loro e generare risultati inediti, che arricchiscono ulteriormente il panorama attuale. E' proprio su questi presupposti che si basa l'attività di ricerca elaborata da Elisa Bonacini ed esposta nel volume *I musei e le forme dello storytelling digitale* (2020), in cui propone un passaggio ulteriore ai precedenti lavori di classificazione. Alle categorie già citate se ne aggiungono diverse altre, fino ad arrivare a un'elenco di 14 tipologie differenti:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1) storytelling orale | 8) social media storytelling |
| 2) storytelling scritto | 9) storytelling partecipativo |
| 3) videostorytelling | 10) storytelling generativo |
| 4) storytelling visuale | 11) geo-storytelling |
| 5) storytelling animato | 12) multimedia mobile storytelling |
| 6) storytelling interattivo | 13) storytelling crossmediale |
| 7) storytelling immersivo | 14) storytelling transmediale |

In questa sede verranno approfondite le caratteristiche proprie dello storytelling interattivo e di quello immersivo, indissolubilmente legati tra loro dallo strumento di visione della realtà virtuale e aumentata. I visori AR/VR infatti incarnano l'intreccio di possibilità tecniche, metodologie comunicative e interattive d'avanguardia di cui si è scritto in precedenza: l'utilizzo di una tecnologia come questa permette all'utenza museale di accedere a infinite modalità di fruizione del patrimonio culturale, qualunque esso sia.

Lo storytelling interattivo si distingue per la sua capacità di coinvolgere attivamente l'utente nel percorso narrativo, consentendo non solo di interagire con la storia ma anche di influenzarne direttamente lo svolgimento e persino il finale. Questo processo può variare da un'interazione passiva, dove le modifiche sono già programmate, a un coinvolgimento attivo che permette all'utente di incidere significativamente sulla narrazione stessa. Tale dinamica rende l'esperienza narrativa più coinvolgente e personalizzata, spingendo oltre i limiti della tradizionale fruizione delle storie.

Uno dei temi più importanti presenti all'interno dello storytelling interattivo è quello della ludicità, caratteristica propria soprattutto nei videogiochi. La loro forza risiede nel grande coinvolgimento del soggetto fruitore, che ha voce in capitolo all'interno della storia che sta vivendo attraverso il gioco. E' infatti richiesta la sua partecipazione per far sì che il racconto possa proseguire. L'adeguamento dei metodi impiegati nei videogiochi per poter essere proposti e applicati alla sfera del patrimonio culturale è un "salto" importante, che richiede particolare attenzione nella progettazione delle caratteristiche

dell'esperienza, poiché non deve alimentare "il timore, non del tutto estinto, di una disneyficazione eccessiva di questi istituti culturali" (Solima, 2018). La sfida sta nel riconoscere il vero valore che le caratteristiche dei videogiochi apportano al pubblico, anche all'interno della sfera museale. Seppur appaia ancora resistente il riconoscimento dei videogiochi quali "prodotti d'arte tecnologica e "parte integrante di una offerta artistica" (Viola, 2018), il concetto di learning by interacting (o learning by playing) è sempre più diffuso, a riprova del fatto che pratiche di questo genere siano già ampiamente in uso in contesti educativi di vario livello, anche nell'ambito culturale.

Ad arricchire questi aspetti sovrviene la tecnologia legata alla produzione e fruizione in prima persona di queste dinamiche ludiche digitali: la realtà aumentata, realtà virtuale, realtà mista, giochi interattivi ecc. sono tutte tecnologie utili a creare una esperienza di fruizione immersiva, come se ci si "immergesse" con i sensi in un'altra realtà, attraverso visori che ripropongono una realtà "altra".

Quanto enunciato sopra appartiene alla sfera dello storytelling immersivo, che può essere definito come "il digital storytelling che si basa sulla sfumatura dei confini tra finzione e realtà. La creazione della narrazione avviene in modo continuo e pone l'utente in una situazione particolare, in cui la differenza tra la storia raccontata e la realtà vissuta diventa sempre più tenue. L'universo narrativo definisce l'esperienza in cui l'utente è immerso." (Brouillard, Loucopoulos, Dierickx, 2015). L'utilizzo della realtà virtuale e più specificatamente le possibilità di costruire spazialità tridimensionali, da esperire mediante un

visore HMD (*Head Mounted Display*) per raccontare storie, consente infatti dei livelli di empatizzazione difficilmente raggiungibili da altri media. Tali livelli si concretizzano in alcuni attributi caratteristici delle esperienze VR, che possono definire differenti livelli di immersività e che possono risultare fondamentali nella messa in scena narrativa.

Dopo essersi chiesto "Dove mi trovo?", l'utente immerso nella realtà virtuale riflette inizialmente sul proprio ruolo all'interno dello spazio digitale che sta esplorando, domandandosi se è un partecipante attivo nella narrazione o un semplice osservatore silente. Di solito, dopo una prima esplorazione rapida, tende a individuare punti di interesse sui quali concentrare l'attenzione e focalizzare lo sguardo, i cosiddetti Punti di Interesse (POI, *Points Of Interest*). Questi sono elementi grafici nella scena che catturano l'attenzione per la loro forma, colore o dimensione, suscitando interesse e guidando l'esplorazione dell'ambiente virtuale. L'attenzione del visitatore si sposta, durante un'esperienza immersiva, da un POI all'altro, seguendo una sequenza di movimenti dello sguardo o della testa, basata sulle indicazioni del regista o designer dei contenuti virtuali e su come ha disposto i POI nella scena. Guidare questi spostamenti significa orientare l'attenzione dell'osservatore e quindi indirizzare silenziosamente il racconto visivo. L'efficacia di un'esperienza immersiva di questo tipo si valuta anche dalla capacità dei progettisti di nascondere questi segnali. Se fossero troppo evidenti, romperebbero l'illusione per l'utente di essere solo immerso in un ambiente sconosciuto da esplorare. Al contrario, disseminare indizi più criptici nella scena, da un lato renderebbe più difficile la costruzione del senso dello storytelling, dall'altro favorirebbe l'immersione virtuale dell'utente, costretto a uno sforzo cognitivo maggiore (Brillhart, 2016).

Questo fenomeno è noto come *Fear of Missing Out* (FOMO). Il FOMO può essere considerato un indicatore utile della qualità compositiva della scena e, allo stesso tempo, uno strumento capace di allontanare l'utente dall'esperienza immersiva, facendolo uscire dall'ambiente narrativo per osservare le proprie azioni dall'esterno, chiedendosi se si è perso qualcosa. Allo stesso modo, il FOMO può essere un ottimo espediente narrativo per creare ansia e stress nel fruitore, oppure un metodo efficace per costringere l'utente a ripetere l'esperienza più volte per completarla in tutte le sue parti (Tricart, 2017). La percezione di questo fenomeno provoca uno stimolo nel fruitore che, se gestito con coscienza, ha la capacità di incitare il protagonista dell'esperienza VR ad essere più partecipativo, ad esplorare con maggiore attenzione le zone visitabili, ad interagire con maggiore interesse all'interno dell'ambiente digitale. Questa sensazione la si può provocare attraverso alcuni accorgimenti legati alla progettazione delle scene, nello specifico evitando soprattutto di predisporre un percorso ordinato e prevedibile. Il FOMO è quindi alla base di una strategia narrativa non lineare dove tutti i POI presenti sulla scena vengono consumati non secondo un ordine preciso, ma in base alla sensibilità ed esperienza di ciascun utente, fatto che rende ancor più personale e unica l'esperienza.



04

**CONOSCERE
GLI STRUMENTI**

L'evoluzione della tecnologia

Gli albori della realtà virtuale risalgono a quasi due secoli fa, quando veniva coniato da Sir Charles Wheatstone, scienziato inglese del XIX secolo, il concetto di "stereopsis" o "visione binoculare" (Calveri, 2023) che definisce il processo attraverso cui il cervello combina due diverse immagini per creare una singola immagine 3D. Questa scoperta ha portato alla realizzazione dei precursori dei modelli visori per la realtà virtuale, gli stereoscopi, dispositivi che usavano una coppia di immagini per crearne una singola, tridimensionale, che generasse l'illusione della profondità. Per poter riconoscere la prima vera macchina per la VR bisogna aspettare il 1956, quando il direttore della fotografia americano Morton Heilig da alla luce Sensorama, una cabina cinematografica che simulava l'esperienza di un giro in moto per New York attraverso una serie di stimoli sensoriali. Il dispositivo includeva uno schermo stereoscopico a colori, ventole, profumi, un sistema audio stereo e una sedia vibrante mobile. Attraverso questi elementi che permettevano la visualizzazione del film pre-registrato, lo spettatore poteva vivere l'esperienza di un viaggio in moto per la città, percependo il vento, i rumori e gli odori tipici del traffico

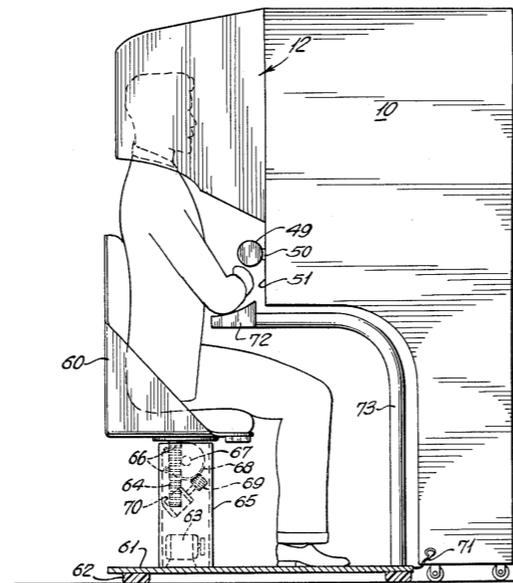


fig. 2 Illustrazione del macchinario Sensorama

cittadino come ad esempio i profumi che simulavano i gas di scarico quando il motociclista si avvicinava ad altri mezzi vicini.

Nel 1968 il professore di Harvard Ivan Sutherland dà alla luce il primo visore HMD (Head Mounted Display) della storia, The Sword of Damocles, un dispositivo grezzo e ingombrante costituito da un display stereoscopico a colori collegato a un braccio meccanico sospeso al soffitto (Mazuryk & Gervautz, 1999). Questo braccio serviva sia a sorreggere il visore sia a rilevare i movimenti della testa dell'utente, che doveva tenere la testa ben ferma per poter visualizzare semplici ambienti virtuali con grafica elementare.

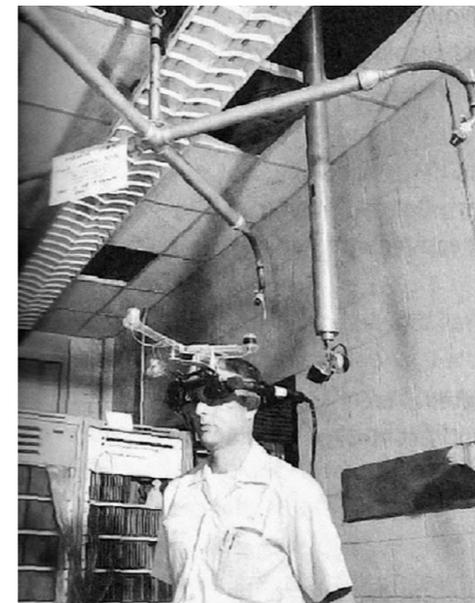


fig. 3 La Spada di Damocle

Negli anni '70, il MIT sviluppò l'Aspen Movie Map, un tour virtuale di Aspen generato al computer che consentiva agli utenti di esplorare virtualmente le strade della città. Utilizzando fotografie scattate da un'auto in movimento attraverso Aspen, questo progetto anticipava di decenni Google Street View. Il programma è stato forse il primo esempio di come la realtà virtuale possa trasportare gli utenti in un altro luogo e replicare fedelmente le strade e gli edifici di quella località (Calveri, 2023). Durante gli anni '80 vennero introdotti sul mercato i

guanti Sayre, una nuova tecnologia in grado di supportare l'esperienza VR: si tratta di dispositivi cablati che per la prima volta erano in grado di monitorare i movimenti della mano dell'utente. Con l'approssimarsi del nuovo millennio, l'industria dei videogiochi esplose in termini di popolarità, contribuendo significativamente all'attenzione crescente riposta nei prodotti di realtà virtuale e aumentata. Questo crescente interesse per il digitale ha permesso a queste tecnologie di evolversi rapidamente, portando innovazioni che hanno migliorato notevolmente le esperienze utente. Le interfacce diventavano sempre più intuitive e realistiche, rendendo la VR e l'AR accessibili e affascinanti per un pubblico sempre più vasto.

Al termine degli anni '90 l'AR è stata impiegata per la prima volta all'interno di una trasmissione sportiva: Sportvision nel 1998 ha trasmesso la prima partita in diretta della NFL con *"l'indicatore del cortile giallo (una linea gialla sovrapposta al feed della telecamera dal vivo)"* (Calveri, 2023), elemento digitale che si sovrapponeva alla ripresa diretta dell'evento sportivo, arricchendo di informazioni la trasmissione come mai prima d'allora. Giungendo all'epoca più recente, nonché la più determinante per il settore AR/VR, nel 2010 avviene la creazione del prototipo del Visore Oculus Rift VR, un HMD con il campo visivo di 90 gradi che sfrutta la potenza d'elaborazione del computer connesso per generare gli scenari di realtà virtuale. Il prodotto è risultato così convincente e di successo che la società fondata dal creatore di Oculus, Palmer Luckey, viene acquisita da Facebook (ora Meta) nel 2014 per due miliardi di dollari. A partire da questo momento l'interesse per la tecnologia è cresciuto esponenzialmente, passando da una moltitudine di differenti dispositivi, sia direttamente

relazionati a esperienze di realtà aumentata (come i Google Glasses, 2014) o realtà virtuale (HTC, SONY e Meta stessa negli anni successivi hanno lanciato nel mercato le proprie alternative di visori VR), che indirettamente, come testimonia la popolarità acquisita dalle action cam e videocamere 360°, legate inevitabilmente alla produzione di contenuti esperibili in prima persona e/o in ambiente immersivi.



fig.4 Il visore Oculus Rift

Negli ultimi anni lo sviluppo e la pubblicazione di esperienze AR è stato massiccio, come testimoniano l'esplosione di popolarità di app come Pokémon GO nel 2016 e il lancio di ARKit (Apple) e ARCore (Google), piattaforme di sviluppo software AR relative a iOS e Android, nel 2017. Complice di questa crescita di popolarità è senz'altro la facilità di utilizzo delle app per la realtà aumentata: nella maggior parte dei casi per poter usufruire di queste applicazioni è necessario solamente l'uso di uno smartphone, di cui è possibile sfruttare la fotocamera per poter interagire con gli elementi generati e ancorati alla scena inquadrata.

Recentemente si è acceso il dibattito nei riguardi del Metaverso, interesse che si è sviluppato specialmente durante il periodo di permanenza all'interno delle mura di casa dovuto alla Pandemia di Covid-19 avvenuta a partire dal 2019. L'esclusione forzata dalle condizioni di socialità tradizionale ha spinto con forza l'esplorazione di nuovi mezzi di comunicazione e interazione virtuale, strumenti in grado di interconnettere gli utenti in mondi digitali. A questo proposito i riflettori si sono nuovamente orientati verso i visori di realtà virtuale, i quali hanno proposto nuovi fondamentali aggiornamenti, quali l'introduzione dei visori standalone, lo sviluppo di tecnologie di realtà mista, l'ottimizzazione di tutti i componenti hardware che amplificano notevolmente il grado d'immersività percepito. Al giorno d'oggi i dispositivi di riferimento in ambito VR risultano il Meta Quest 3, prodotto dall'omonima azienda a partire dal 2023, e l'Apple Vision Pro, fiore all'occhiello della multinazionale di Cupertino immesso nel mercato USA a partire da febbraio 2024.

Cosa si intende per realtà virtuale

La realtà virtuale (VR) può essere generalmente definita come una simulazione o una ricreazione artificiale, generata al computer, di un ambiente o una situazione della vita reale. La VR immerge l'utente dandogli l'impressione di sperimentare in prima persona la realtà simulata, principalmente stimolando la vista e l'udito. Un buon sistema di realtà virtuale è uno spazio digitale in cui è possibile navigare e interagire, creando una simulazione in tempo reale di uno o più dei cinque sensi dell'utente che è completamente immerso in questo mondo virtuale (Rebbani et al., 2021).

Questa tecnologia è stata capace di attirare molta attenzione negli ultimi anni, soprattutto grazie all'ampia copertura mediatica. Le potenzialità sono straordinarie e in continua espansione: la VR non solo rivoluziona l'intrattenimento, ma trova applicazioni significative in campi come l'educazione, la medicina e l'architettura. Gli studenti possono visitare antiche civiltà durante una lezione di storia, i medici hanno modo di simulare interventi chirurgici complessi, gli architetti possono creare e modificare progetti in scala reale. Nonostante il crescente interesse per le innovazioni che questa tecnologia è in grado di generare, pochissime persone sanno veramente cosa sia, quali siano i suoi principi fondamentali e quali i problemi ad essa legati. Il concetto di VR è spesso identificato e utilizzato in modo impreciso, poiché accomunato genericamente e con poca consapevolezza a pratiche e strumenti che gravitano attorno all'ambito dell'immersività digitale.

Di questi, difficilmente ne vengono riconosciute le differenze di natura tecnica ed esperienziale, fatto che contribuisce ad alimentare la confusione che caratterizza l'argomento. E' proprio immersività la parola che può far chiarezza sulla questione, in quanto i diversi gradi di coinvolgimento determinati dal tipo di esperienza virtuale vissuta sono ciò che ne definiscono la sua natura. Per ordinare e collocare in un sistema queste varianti è stato formulato il concetto di Continuum Reale-Virtuale (RV) da Paul Milgram, negli anni '90 (Milgram & Kishino, 1994): si tratta di un'evoluzione della realtà artificiale ideata da Myron Krueger, il cui "obiettivo era quello di definire un tipo di esperienza digitale così immersiva da poter essere percepita come reale" (Rossi, 2020). La nuova teoria rappresenta graficamente agli antipodi di uno schema il Reale e il Virtuale, scandendo in diversi step lo spazio nel mezzo, definito come Realtà Mista

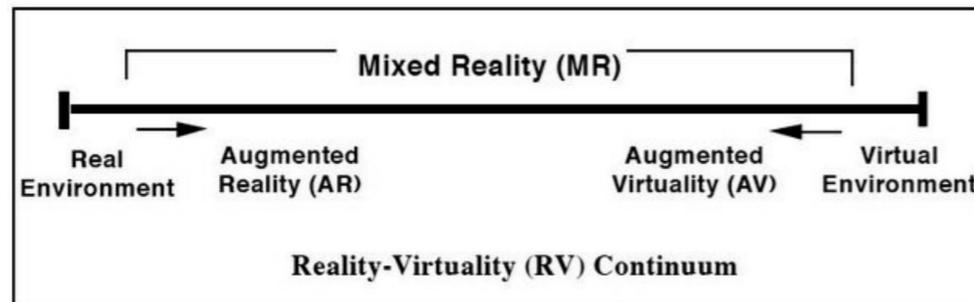


fig.5 Schema Reality-Virtuality Continuum

(MR). La segmentazione della MR sfuma dalla realtà aumentata (AR) fino alla virtualità aumentata (AV).

I dispositivi che supportano applicativi di AR/AV sovrappongono informazioni digitali al mondo reale, migliorando così la percezione e l'interazione con l'ambiente circostante, integrando alla realtà delle informazioni invisibili ad occhio nudo. A seconda della quantità di elementi reali o virtuali visualizzati, oscilla l'identificazione dell'esperienza come appartenente alla sfera della realtà aumentata o della virtualità aumentata. A questo proposito è necessario evidenziare quanto sia importante il rapporto tra l'utente che esperisce la realtà e lo sfondo, ovvero l'ambiente in cui è immerso. Questa relazione è ciò che infatti determina il punto del Continuum in cui ci si trova. Risulta opportuno effettuare una distinzione tra la natura di esperienze di realtà virtuale image-based, in cui l'ambiente vissuto può essere rappresentato da una sfera che avvolge l'utente, il quale osserva dall'interno ciò che è proiettato sulla sua superficie (immagini o video a 360°), e model-based, in cui si è in presenza di un ambiente 3D navigabile (Rossi, 2020). Questa seconda opzione risulta la più avanzata tra le due descritte, poiché data la sua tecnologia è in grado di produrre la prima attraverso operazioni di rendering, ma non viceversa. Se ne determina quindi un maggior grado di immersività. Secondo Daniele Rossi (2020) i fattori indispensabili che consentono di considerare un'esperienza VR come tale, sono l'orientamento, la stereoscopia, l'interattività e il coinvolgimento sensoriale.

Orientamento

Quando ci immergiamo in un mondo virtuale, la direzione della camera virtuale attraverso cui guardiamo dovrebbe seguire l'orientamento del nostro capo. Questo ci consente di esplorare e determinare la nostra posizione all'interno

dello spazio tridimensionale. A tal proposito *“la capacità di orientarsi, unitamente alla possibilità di muoversi liberamente nello spazio, consente una locomozione consapevole basata sulla continua elaborazione da parte del nostro cervello di una mappa cognitiva che altro non è che una rappresentazione mentale di un ambiente”* (Rossi, 2020). Con questo approccio non solo si rende l’esperienza più immersiva, ma anche più naturale e intuitiva, poiché rispecchia il modo in cui ci muoviamo e ci orientiamo nel mondo reale.

Stereoscopia

L’uso della visione stereoscopica è fondamentale per migliorare la nostra comprensione della profondità spaziale e della tridimensionalità delle strutture presenti nella scena 3D. Questo ci permette di apprezzare pienamente la complessità e la profondità del mondo digitale che ci circonda, migliorando così la nostra esperienza di navigazione e interazione all’interno di questo spazio. Questo approccio non solo arricchisce la nostra percezione visiva, ma ci permette anche di interagire con l’ambiente in modo più naturale e intuitivo.

Interattività

L’interazione con l’ambiente circostante attuata attraverso gesti specifici o controller dedicati è una componente fondamentale per accrescere l’immersività dell’utente. Questo facilita non solo il movimento all’interno dello spazio virtuale, ma anche l’interazione e la manipolazione di eventuali interfacce che possono essere presenti nell’applicativo utilizzato. Questo approccio consente un’esperienza più coinvolgente che conferisce all’utente un maggiore controllo sulla sua esperienza virtuale.

Coinvolgimento sensoriale

La sensazione di essere avvolti in un universo creato artificialmente può essere intensificata grazie all’uso di tecnologie capaci di stimolare i sensi. Queste permettono al nostro sistema propriocettivo, responsabile della percezione del movimento e della posizione del nostro corpo, di entrare in gioco e arricchire l’esperienza. Il coinvolgimento multisensoriale potenzia l’illusione poiché l’utente è coinvolto su molteplici fronti, rendendo l’esperienza ancora più realistica.

A questo proposito, per poter raggiungere un grado di coinvolgimento elevato è fondamentale considerare come il ‘senso del movimento’ (motion perception) sia un elemento chiave per amplificare al massimo la percezione dello spazio digitale in cui si è inseriti con il visore. Il corpo umano è dotato di un sistema complesso in grado di rilevare il proprio movimento, composto in realtà da tre apparati che operano indipendentemente: il primo è il sistema visivo: in modo del tutto naturale, la nostra vista ci informa sui movimenti del nostro corpo. Tuttavia, la vista da sola non è sufficiente. In alcuni casi può ingannarci facendoci credere di essere in movimento quando registriamo un cambiamento nel nostro campo visivo, facendoci credere di spostarci quando, in realtà, è l’ambiente circostante che si muove mentre noi restiamo fermi. Ad arricchire e contestualizzare precisamente le informazioni acquisite dal sistema visivo è il secondo apparato: il sistema vestibolare. Situati nell’orecchio interno, i recettori vestibolari funzionano come una piattaforma inerziale, inviando al cervello informazioni riguardanti le accelerazioni lineari e angolari della testa, e quindi anche l’orientamento rispetto al vettore di accelerazione gravitazionale.

In ultimo, il sistema propriocettivo, che è capace di percepire e riconoscere la posizione del proprio corpo nello spazio e lo stato di contrazione dei muscoli. La propriocezione è resa possibile grazie alla presenza di recettori specifici sensibili alle variazioni delle posture del corpo e dei suoi segmenti, che inviano segnali a particolari aree del cervello. Poiché la propriocezione è l'insieme dei sensi che forniscono informazioni di posizione corporea al sistema nervoso centrale, essa assume un ruolo fondamentale nel complesso meccanismo di controllo dei movimenti (Rossi, 2020).

Secondo recenti studi condotti da Skarbez, Smith e Whitton nel 2021, lo schema del Continuum RV definito nel 1994 risulta incompleto, dati gli straordinari progressi tecnologici avvenuti negli ultimi 25 anni. Proprio per questo viene proposta una correzione e un'estensione dello stesso, applicando una tassonomia precisa dei vari punti definiti nel nuovo Continuum.

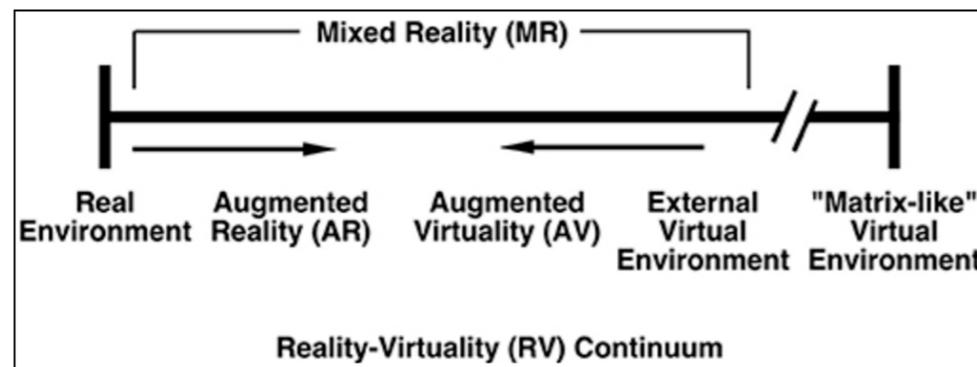


fig.6 Nuovo schema Reality-Virtuality Continuum

Gli autori dello studio affermano chiaramente come una realtà virtuale perfetta non sia raggiungibile, in primis a causa della limitata potenza dell'hardware a disposizione (nonostante sia ormai possibile stimolare artificialmente tutti i sensi, non si è raggiunta una qualità simulativa tale da 'ingannare' la mente a tal punto da distaccarsi completamente dalla realtà), ma anche se si avesse accesso a una strumentazione ideale, in grado di controllare completamente i sensi esterocezionali dell'utente, non si avrebbe comunque lo stesso controllo nei riguardi dei sensi interocezionali, come il sistema vestibolare e il senso della propriocezione. Il conflitto tra le due tipologie di sensi è inevitabile come dimostra l'esempio della Spacewalk (passeggiata spaziale) (Skarbez, Smith & Whitton, 2021): ipotizzando di poter disporre di un display ideale in grado di riprodurre un ambiente virtuale indistinguibile dalla realtà, in un contesto come quello di un viaggio spaziale con assenza di gravità il soggetto non avrebbe modo di evitare la percezione del sopra e del sotto, accentuata dal fatto che i piedi continuerebbero a poggiare sul pavimento. Questa situazione genererebbe un conflitto sensoriale importante, data la mancata correlazione tra il mondo simulato virtualmente e queste sensazioni, da cui è impossibile sottrarsi, provate dall'utente.

Secondo lo studio, le esperienze di questo genere rientrerebbero sotto la nuova categoria di Realtà Virtuale Esterna (EVR), dove la vista, l'olfatto, il tatto, l'udito e perfino il gusto possono essere simulati artificialmente. Non si può dire lo stesso dei sensi interocezionali, ancorati al mondo reale e impossibili da manipolare a partire da esperienze di questa natura. Per queste ragioni la EVR si posiziona al di sotto del cappello della MR, e non più all'estremo del grafico.

Gli autori della ricerca affermano come sia comunemente riconosciuta una concezione di realtà virtuale in cui questi conflitti sensoriali sono superati: si tratta del Matrix (dalla popolare serie cinematografica), una realtà in cui sia gli organi di senso canonici che le percezioni interne sono simulate da un supercomputer attraverso una stimolazione cerebrale diretta. *“Sosteniamo che questo sia l’unico tipo di ambiente virtuale che possa esistere al di fuori dello spettro della realtà mista”* (Skarbez et al., 2021). La teoria aggiornata ridefinisce infatti il concetto di Realtà Mista: un ambiente di MR esiste quando oggetti e stimoli del mondo reale e virtuale vengono percepiti simultaneamente in un’unica esperienza. In parole più semplici, quando un utente sperimenta contemporaneamente elementi digitali e reali, anche attraverso diversi sensi. Al fine di evitare che la descrizione precedente possa apparire troppo generica e confusionaria, viene proposta una nuova tassonomia delle esperienze MR, modificando quella concepita in passato da Milgram e Kishino: nella precedente classificazione le esperienze di realtà mista potevano essere valutate attraverso i parametri di conoscenza del mondo reale (Extent of World Knowledge, EWK), fedeltà di riproduzione (Reproduction Fidelity, RF) e grado di presenza (Extent of Presence Metaphor, EPM).

La EWK descrive il livello di conoscenza che il sistema di Realtà Mista ha del mondo reale, a partire da un grado di conoscenza nulla fino ad una condizione di piena consapevolezza della posizione, del comportamento e della relazione tra gli oggetti presenti nella realtà.

La RF comunica la capacità del dispositivo di simulare con accuratezza l’ambiente reale. In ultimo l’EPM, che descrive quanto la sensazione di presenza in un ambiente simulato risulti naturale all’utente.

Gli autori dell’articolo sostengono che la tecnologia sia molto cambiata a partire dalla metà degli anni ‘90 e che oggi la principale differenza tra le esperienze di RM non sia più la tecnologia utilizzata, ma l’esperienza complessiva dell’utente. Di conseguenza, propongono di modificare la tassonomia originale: viene mantenuto il parametro EWK, mentre la RF e l’EPM sono accorpati in un’unica dimensione chiamata Immersione (IM). L’immersione indica il set di azioni valide supportate dal sistema, ovvero quanto l’utente si sente immerso nell’ambiente virtuale. In ultimo, viene introdotto il valore di Coerenza (Coherence, CO), ispirato ad altri studi che fanno riferimento allo stesso concetto con i nomi di fedeltà (Alexander, 2005) e autenticità (Gilbert, 2017). Si identifica quindi la coerenza dell’esperienza dell’utente, ovvero quanto gli elementi virtuali interagiscono tra loro e con il mondo reale in modo consistente e realistico. La coerenza può essere interna (nel caso della VR, in cui gli oggetti virtuali devono tendere a reagire tra loro e con l’utente in modo prevedibile) o esterna (nel caso dell’AR, in cui gli oggetti virtuali devono essere ben ancorati ai riferimenti del mondo reale per poter essere valutati con un’alta coerenza). Nelle vere esperienze di RM, sia la coerenza interna che quella esterna sono fondamentali per un’esperienza utente soddisfacente. La mancata consapevolezza di questi elementi e di queste distinzioni sono ciò che genera la confusione e, di conseguenza, una minor fiducia negli strumenti legati alla realtà virtuale. Seppur abbiano subito per anni questo contesto di

disinformazione dovuto ai tecnicismi e a una narrazione erronea da parte dei principali player mainstream del campo dell'intrattenimento (come Facebook o Youtube), nell'ultimo decennio la tecnologia descritta ha preso sempre più piede, evolvendosi straordinariamente e migliorando le capacità di dispositivi che solo pochi anni fa parevano inimmaginabili.

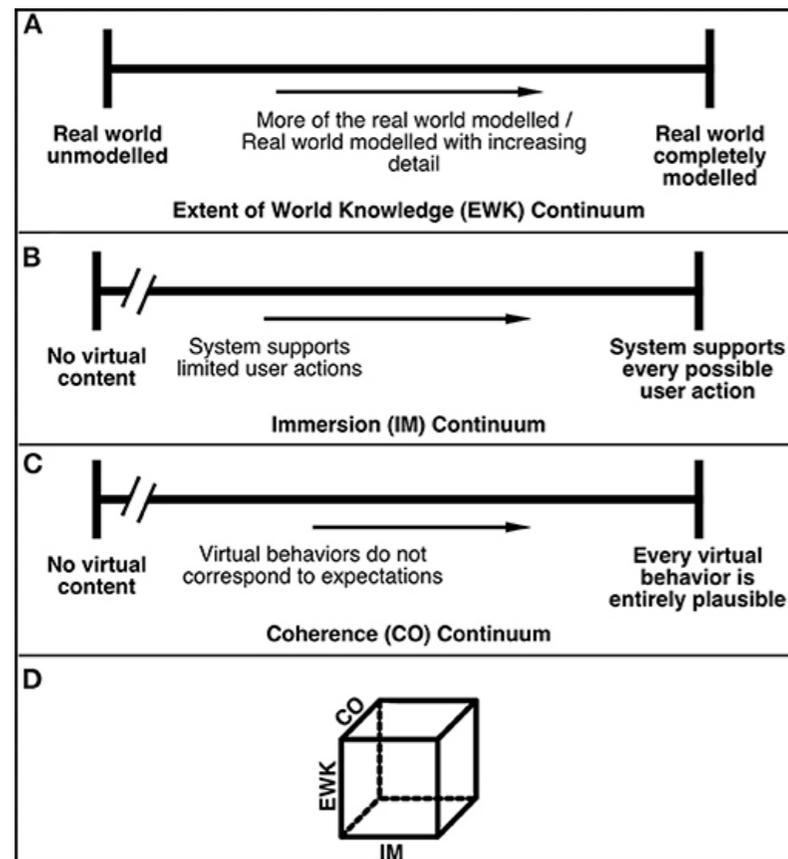


fig.7 Tassonomia tridimensionale: EWK (A), IM (B), CO (C) e l'interrelazione fra queste (D)

Il funzionamento: componenti e principi di base

Per poter usufruire di applicativi per la realtà virtuale è necessario l'utilizzo di dispositivi composti da un'hardware specifico. Quest'ultimo si suddivide in due insiemi di componenti: Il computer o il motore VR e i dispositivi di input/output (I/O) (Bamodu & Ye, 2013). Il computer e il motore VR possono essere paragonati al cuore pulsante dei dispositivi in analisi, i componenti responsabili di una serie di attività fondamentali per la fruizione di un'esperienza di realtà virtuale: la generazione di modelli grafici tridimensionali, il calcolo dell'illuminazione della scena, il rendering degli oggetti e la loro eventuale simulazione in quanto a comportamento fisico, anche in relazione all'interazione con l'utente. Tutto questo deve avvenire in tempo reale, per far sì che l'applicativo sia in grado di immergere efficacemente il fruitore nel mondo virtuale. Il motore VR deve ricalcolare l'ambiente virtuale all'incirca ogni 33 millisecondi (ms) per produrre una simulazione in tempo reale con un frame rate (frequenza dei fotogrammi) superiore a 24 fotogrammi al secondo (fps) (Bamodu & Ye, 2013).

I dispositivi di input/output si possono identificare come il ponte tra il soggetto che vive l'esperienza e l'ambiente digitale. Si tratta infatti di componenti in grado di tradurre le azioni e i comportamenti che l'utente ha durante la sessione d'utilizzo dell'applicativo, comunicandoli al computer/motore VR, il quale rielaborandoli può generare nel mondo virtuale le interazioni attuate e restituire un feedback (comunemente di natura visiva, tattile o uditiva). Gli strumenti

adibiti all'acquisizione degli input includono i dispositivi di tracciamento, di puntamento e di comunicazione vocale. I dispositivi di tracciamento, a volte indicati come sensori di posizione, vengono utilizzati specialmente per tracciare la posizione e l'orientamento della testa dell'utente e includono sensori elettromagnetici, a ultrasuoni, ottici, meccanici e giroscopici, data glove, controller neurali e biometrici o muscolari (Bamodu & Ye, 2013). Il più comune esempio di dispositivo di puntamento risiede nel controller a 6DOF (Degrees Of Freedom), uno strumento che permette di controllare le applicazioni VR secondo un tracciamento dell'oggetto impugnato sui 3 assi di traslazione e 3 assi di rotazione, ottenendo una libertà di movimento assoluta, la quale permette di interagire con l'ambiente digitale attraverso un comportamento paragonabile a quello attuato con l'utilizzo di un comune mouse da PC. Infine, la comunicazione vocale può rendere l'esperienza estremamente coinvolgente se integrata in un sistema VR. Per raggiungere questo obiettivo è possibile utilizzare software di riconoscimento o elaborazione vocale, che permettono di acquisire indicazioni e interazioni verbalizzate dall'utente, così come avverrebbe in un contesto reale. I dispositivi adibiti all'output in uno strumento di visione per la realtà virtuale ricevono informazioni dal motore VR e le trasmettono agli utenti per stimolare i loro sensi. La classificazione dei dispositivi di output può essere organizzata in base al tipo di stimolo: dispositivo di tipo grafico, audio, tattile, olfattivo e gustativo. Di questi, i primi tre sono utilizzati frequentemente nei sistemi VR, mentre l'olfatto e il gusto sono ancora poco comuni. In riferimento ai componenti legati all'aspetto visivo, si evidenzia il popolare utilizzo di lenti Fresnel, capaci di generare un ingrandimento dei display posti a pochi centimetri di distanza, di modo da far percepire al fruitore la profondità

dell'ambiente in cui è immerso, nascondendo i bordi degli schermi e facendo sì che l'immagine riempi l'intero campo visivo dell'utilizzatore. Gli schermi ad alte prestazioni utilizzati all'interno dei visori rappresentano un elemento cruciale per creare un'esperienza di realtà virtuale convincente. È essenziale che questi abbiano una densità di pixel elevata per garantire immagini nitide, nonché una frequenza di aggiornamento sufficientemente alta da rendere fluidi i movimenti all'interno dei mondi virtuali. Tra i dispositivi di maggior successo nel mercato della VR al giorno d'oggi, il visore Meta Quest 3, è dotato di due display da 2064 x 2208 pixel, con una frequenza di aggiornamento di 120Hz. La componente audio è determinante per assicurare un senso dell'orientamento ottimale nell'utilizzatore del dispositivo. Sempre di più si parla di audio 3D, che a differenza della tecnologia stereo è in grado di creare un campo sonoro realistico, capace di simulare sia la provenienza che la distanza dei suoni, migliorando significativamente il senso di presenza. I meccanismi utilizzati per richiamare il senso del tatto nel fruitore dei sistemi VR possono essere di natura elettronica o meccanica. Vibrazioni, pressioni e l'uso di impulsi elettrici che possano stimolare i recettori tattili dell'utente aumentano notevolmente il grado d'immersività dell'applicativo in uso.

La commistione di tutti gli elementi descritti in precedenza fa sì che l'utente abbia gli strumenti adatti a stimolare i diversi sensi che possono generare quella percezione di 'presenza', seppur appartenente a un mondo digitale, tanto ricercata nelle esperienze di realtà virtuale. Durante questo genere di attività, l'atto della navigazione nello spazio 3D è ciò che maggiormente ha un impatto sul grado immersivo percepito dall'utilizzatore. Le modalità con cui ci si può

muovere all'interno di un ambiente tridimensionale sono molteplici e ciascuna porta con sé alcuni vantaggi e delle problematiche non trascurabili. Lo stesso Daniele Rossi propone una tassonomia delle principali tecniche di movimento adibite alla VR, valutate secondo cinque indicatori: senso dell'equilibrio, senso dell'orientamento, propiocezione, fatica e cinetosi. Le varie tecniche individuate differiscono fortemente nei parametri sopracitati: alcune di esse garantiscono un forte senso di presenza all'interno della simulazione, mentre altre privilegiano la praticità e il comfort dell'utente, che non si espone a rischi legati ai conflitti possibili tra il mondo reale e quello digitale. Si evidenzia come l'utilizzo di un joystick, tra tutti lo strumento più popolare all'interno dell'universo del gaming, in questo contesto possa godere di una maggiore intuitività d'uso rispetto ad altre tecniche, ma a forte discapito della marcata esposizione alla motion sickness e di una percezione dello spazio poco coinvolgente.

Per ovviare a queste problematiche sono stati sviluppati dei sistemi di navigazione alternativi, certamente dissimili a quelli reali, ma che tutelano maggiormente l'utente dai problemi sopra descritti. È il caso del Point & Teleport, il metodo di locomozione virtuale maggiormente utilizzato nel campo delle esperienze VR. Quest'ultimo permette infatti di spostarsi su grandi distanze in ambienti virtuali che sono più vasti dello spazio reale a disposizione. In tale modalità si indirizza il raggio di proiezione nel luogo virtuale che si vuole raggiungere e, quando si rilascia il pulsante di movimento, ci si trasporta istantaneamente nel punto selezionato (Rossi, 2020). Seppur sia la soluzione più adottata, il Point & Teleport presenta alcuni aspetti che possono allontanare il pubblico utilizzatore dal coinvolgimento ricercato dall'esperienza. In particolare si evidenzia la

bassa intuitività dell'orientamento all'interno dei modelli tridimensionali navigati, scaturita dalla difficoltà di memorizzare l'organizzazione spaziale dell'ambiente 3D che circonda il soggetto in locomozione. Il fenomeno può essere paragonabile a ciò che accade con le persone che imparano a spostarsi in città solamente attraverso i servizi di navigazione digitali basati su sistemi GPS, ma che non sarebbero in grado di ripercorrere la stessa strada se non assistiti.

Applicazioni

La forza della VR e dell'AR risiedono nel poter simulare e vivere in prima persona ambienti, situazioni e avvenimenti passati, futuri o alternativi. Come anticipato in precedenza, le applicazioni di questa tecnologia sono molteplici e ricadono in ambiti molto diversi fra loro. Le esperienze di realtà virtuale amplificano e velocizzano i processi di apprendimento, avvolgono e immergono l'utente in esperienze di intrattenimento rendendolo parte attiva dello spettacolo, immergono il soggetto in una condizione di simulazione tanto convincente da poterlo preparare, in sicurezza, ad affrontare le sfide concrete della realtà. Di seguito, si esplorano alcune applicazioni della VR che stanno rivoluzionando il panorama attuale.

Addestramento

La VR supera i limiti delle aule tradizionali, creando ambienti di simulazione realistici e sicuri per la formazione e l'addestramento in settori ad alto rischio,

dove esperienze reali potrebbero essere pericolose o costose. I piloti possono sperimentare scenari di volo complessi in simulatori VR, affrontando condizioni atmosferiche avverse, guasti tecnici e situazioni di emergenza in un ambiente controllato. Questo metodo consente di affinare le loro capacità decisionali e di gestione delle crisi in modo sicuro e realistico, migliorando significativamente la preparazione e la sicurezza nei cieli. VR Pilot è un'azienda che si occupa di sviluppare applicativi per la realtà virtuale utili all'addestramento di piloti d'aviazione. La simulazione dell'esperienza reale consente agli studenti di prendere familiarità con la strumentazione di volo, nonché di allenarsi ad affrontare ogni forma di condizione. I chirurghi possono praticare interventi delicati su modelli virtuali tridimensionali di pazienti, perfezionando tecniche chirurgiche complesse e simulando scenari rari o ad alto rischio prima di affrontare un intervento reale. La VR consente inoltre agli studenti di medicina di esplorare il corpo umano in modo immersivo, visualizzando organi, sistemi e patologie con una precisione anatomica impareggiabile, migliorando la comprensione della struttura e della funzione del corpo umano. Airlapp è una software house italiana specializzata in soluzioni per realtà mista, virtuale e aumentata. Tra i vari prodotti e servizi offerti alle aziende e organizzazioni, ha sviluppato un applicativo per la formazione di medici chirurghi in realtà virtuale per una nota casa farmaceutica. Questa applicazione immersiva è progettata per migliorare le competenze dei chirurghi nella riparazione laparoscopica delle ernie addominali utilizzando una rete addominale. Disponibile per le piattaforme VR Oculus Go, Oculus Quest e Samsung Gear VR, fornisce un'esperienza di apprendimento realistica e coinvolgente. Nei riguardi del settore industriale i lavoratori possono apprendere procedure complesse

e sperimentare diverse configurazioni di macchinari in ambienti digitali, riducendo il tempo e i costi di formazione e minimizzando i rischi di incidenti sul lavoro. La VR può anche essere utilizzata per simulare scenari di manutenzione e riparazione, ottimizzando i processi produttivi e aumentando l'efficienza operativa. Il Gruppo Volkswagen ha intrapreso questo percorso attraverso la formazione del proprio Virtual Engineering Lab. Questo laboratorio ha il compito di digitalizzare i processi di sviluppo e design, creando strumenti che facilitino il lavoro dei progettisti e degli ingegneri. La VR consente di modellare dettagliatamente i veicoli senza costruirli fisicamente, migliorando l'efficienza e la precisione dei test aerodinamici e delle simulazioni di guida. L'integrazione della VR rappresenta un avanzamento significativo nella digitalizzazione dei processi industriali, rendendo più efficiente lo sviluppo dei prodotti.

Educazione e apprendimento

La VR non si limita ad addestrare professionisti, ma rivoluziona l'istruzione, trasportando gli studenti in contesti educativi coinvolgenti e interattivi che rendono l'apprendimento più attivo ed efficace. Oltre allo studio classico sui libri di storia, gli studenti hanno modo di esplorare in prima persona l'antico Egitto all'interno di una piramide virtuale, ricostruendo la vita quotidiana degli antichi egizi e interagendo con manufatti virtuali, oppure possono immergersi nelle profondità dell'oceano per osservare da vicino la fauna marina e comprendere gli ecosistemi oceanici. Sempre grazie agli stessi principi è possibile eseguire esperimenti scientifici in ambienti VR sicuri e controllati, manipolando variabili e osservando i risultati in tempo reale.

Terapia e riabilitazione

La VR entra nel campo medico non solo per la formazione, ma anche per la terapia e la riabilitazione, offrendo nuovi strumenti per affrontare disturbi fisici e psicologici. Nel panorama della riabilitazione psicosociale emerge la cyberterapia, un approccio innovativo che sfrutta le potenzialità della realtà virtuale per offrire un'esperienza terapeutica rivoluzionaria e complementare alle tecniche tradizionali. Con questo approccio è possibile creare scenari virtuali che riproducono fedelmente contesti di vita reale, consentendo al paziente di affrontare le proprie paure e difficoltà in un ambiente sicuro e controllato. Ad esempio, un paziente con fobia sociale può esercitarsi a interagire con altre persone in un ambiente virtuale che simula un bar o un ristorante. Altro forte vantaggio dell'uso di questa tecnologia risiede nella stimolazione sensoriale: vedere, sentire e interagire con gli elementi virtuali amplifica l'impatto emotivo e cognitivo della terapia, accelerando il processo di apprendimento e riabilitazione. Infine, la possibilità di registrare e analizzare in tempo reale i dati relativi alle prestazioni del paziente fornisce al terapeuta informazioni preziose per la valutazione del percorso di trattamento.

Valorizzazione del patrimonio culturale

L'uso dei visori per la VR all'interno dei percorsi museali offre nuove modalità di fruizione e conoscenza di beni culturali e siti archeologici che in alcuni casi sarebbero irraggiungibili, proponendo inedite modalità di comunicazione del patrimonio altamente coinvolgenti. Con la ricostruzione virtuale dei siti archeologici e monumenti storici, si offre al pubblico un'esperienza immersiva e interattiva che supera i limiti del tempo e dello spazio. I visitatori possono

esplorare antichi templi, passeggiare tra rovine archeologiche e conoscere la storia di questi luoghi vivendoli in prima persona. Può essere utilizzata per creare copie digitali ad alta risoluzione di beni culturali, preservandoli virtualmente per le generazioni future. In caso di danni o perdita del bene fisico, la sua copia virtuale potrà comunque essere consultata e fruita dal pubblico. Inoltre, l'uso della VR abbatte le barriere fisiche e temporali, rendendo il patrimonio culturale accessibile a tutti, indipendentemente dalla loro condizione fisica o dalla loro ubicazione geografica.

Problemi della realtà virtuale

Come accennato nei paragrafi precedenti, una delle problematiche più evidenti relazionata all'uso di dispositivi per la realtà virtuale è quella relativa alla cinetosi, un malessere fisico che può manifestarsi con nausea, vertigini, mal di testa, affaticamento oculare e disorientamento spaziale, dovuto a una discrepanza tra le informazioni visive e vestibolari ricevute dal cervello, che fatica a conciliare la sensazione di movimento virtuale con l'immobilità del corpo reale. Il problema è particolarmente accentuato in esperienze che simulano il movimento, come la guida di veicoli o il volo.

Oltre ai malesseri di natura fisica percepibili nel breve periodo, vengono presi in considerazione altri elementi che potenzialmente possono condizionare a livello psicologico l'utente sul lungo termine: in particolare si evidenzia la preoccupazione sull'utilizzo della VR in ambito ricreativo/d'intrattenimento da parte di soggetti socialmente isolati, i quali potrebbero soffrire di effetti negativi dovuti all'abuso di questi strumenti (Hyun-Woo, Sanghoon & Jun-Phil, 2021).

E' importante considerare anche le problematiche di natura legale e di privacy, le quali concernono specialmente l'acquisizione di informazioni molto intime legate ai nostri pensieri e comportamenti più privati, individuati dai vari sistemi di tracciamento dei visori: posizione, movimenti del corpo, riflessi e persino schemi di movimento degli occhi sono elementi utili a migliorare l'interazione e a rendere l'esperienza complessiva più efficiente, ma costituiscono anche, e soprattutto, dati ad alto rischio (Calveri, 2023).

L'uso della VR presenta sfide e problematiche che devono essere affrontate con attenzione e responsabilità. Tuttavia, il potenziale positivo è immenso e offre nuove opportunità per migliorare la nostra vita in molti settori. È importante sviluppare i sistemi di realtà virtuale in modo etico, responsabile, garantendo la tutela della privacy e la sicurezza degli utenti che, attraverso la consapevolezza dei rischi, possono proteggersi dai pericoli potenziali di questa tecnologia.

Caso studio I - Éternelle Notre-Dame

In seguito al devastante incendio divampato ad aprile 2019 nel tetto del monumento più visitato della capitale francese, oltre al crollo della struttura in legno della copertura e in particolare della guglia, è stato compromesso il regolare accesso turistico all'interno della prestigiosa architettura, negandone la visita al pubblico per tutta la durata del minuzioso restauro che è ancora in corso d'opera. Con queste premesse nasce il progetto Éternelle Notre-Dame, presentato da Orange Group nel gennaio 2022: si tratta di un'esperienza di



fig.8 Osservazione del modello digitale della cattedrale in scala



fig.9 La sala all'interno di cui gli utenti possono muoversi



fig.10 Osservazione degli interni del modello digitale della cattedrale a grandezza naturale

realtà virtuale immersiva della durata di 45 minuti svolta all'interno di una sala di 500 mq, in cui è possibile visitare Notre-Dame nelle varie fasi della sua storia, dal periodo della sua costruzione nel medioevo fino ai giorni nostri. L'intero percorso alla scoperta della chiesa è guidato da un 'compagno olografico', che accompagna i visitatori attraverso le varie epoche passate, distreggiandosi attraverso i diversi momenti significativi che l'hanno riguardata: della posa della prima pietra fino alla fase di restauro attuale.

La direzione della sceneggiatura e della scenografia dell'esperienza è stata affidata al direttore artistico Bruno Seillier. Lo sviluppo dell'applicativo VR è stato invece realizzato dalla compagnia francese Emissive, fondata nel 2005 da Emmanuel Guerriero e Fabien Barati. La casa produttrice parigina è composta da designers, 3D artists, sviluppatori, animatori e diverse altre

figure professionali accomunati da aspetti come la creatività e l'innovazione tecnologica. E' possibile partecipare all'esperienza in piccoli gruppi di persone (da 1 a 5) che potranno vivere il percorso insieme, con una visione comune delle scene previste dalla passeggiata virtuale. L'attrezzatura destinata al pubblico è composta da uno zaino contenente i dischi di memoria (circa quattro chili di peso) e il visore di realtà virtuale. In ultimo, il pubblico potrà partecipare attivamente al finanziamento dei lavori di restauro: il 30% del prezzo del biglietto sarà interamente donato da Orange all'ente pubblico per il restauro della cattedrale e alla Fondazione Notre Dame per finanziare la ristrutturazione degli interni. Ogni visitatore diventerà così un donatore.



fig.11 Punto di vista dell'osservatore dal tetto della cattedrale

Caso studio II - Mona Lisa: Beyond the Glass

“Mona Lisa: Beyond the Glass” rappresenta un esempio pionieristico dell’uso della realtà virtuale (VR) nell’ambito museale, specificamente nell’arricchimento della fruizione delle opere d’arte. Questa esperienza immersiva è stata sviluppata dal Museo del Louvre per celebrare il 500° anniversario della morte di Leonardo da Vinci, offrendo una nuova dimensione di interazione con la sua opera più iconica, la “Mona Lisa”.

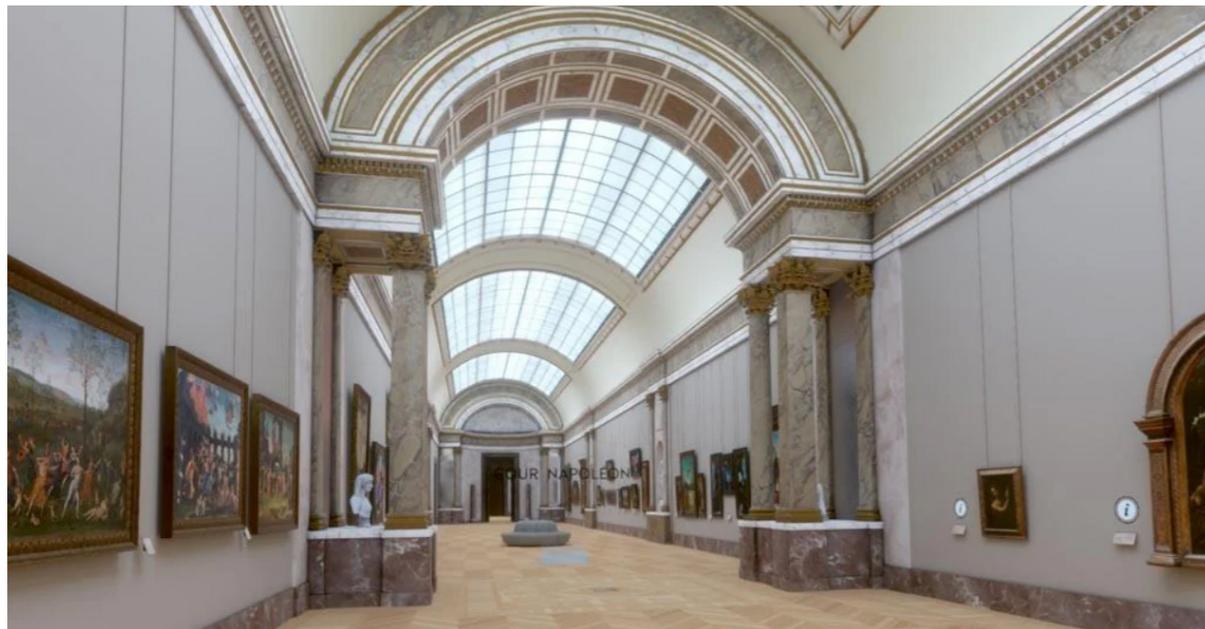


fig. 12 Fase iniziale dell’esperienza Mona Lisa: Beyond the Glass, in cui è possibile visitare la Grand Gallerie del Louvre



fig.13 Le postazioni in cui è possibile usufruire dei visori per la realtà virtuale

L’esperienza ha inizio nel cortile d’ingresso del museo e prosegue in una deserta Grand Gallerie, dando la sensazione di avere accesso esclusivo al Louvre. Tuttavia, questa libertà è limitata a una sola ulteriore destinazione: la sala degli Stati, dove si trova la Monna Lisa. Prima di lasciare la Grand Gallerie, l’applicazione utilizzata per questa visita virtuale invita l’utente a osservare altri quattro dipinti di Leonardo Da Vinci. L’innovazione principale di “Mona Lisa: Beyond the Glass” risiede nella capacità di superare le limitazioni fisiche della visione tradizionale dell’opera. Normalmente, i visitatori del Louvre possono osservare il dipinto solo da una certa distanza, protetto da una teca di vetro e circondato da folle di turisti. La realtà virtuale elimina queste barriere, permettendo un’esperienza ravvicinata e personale con il capolavoro

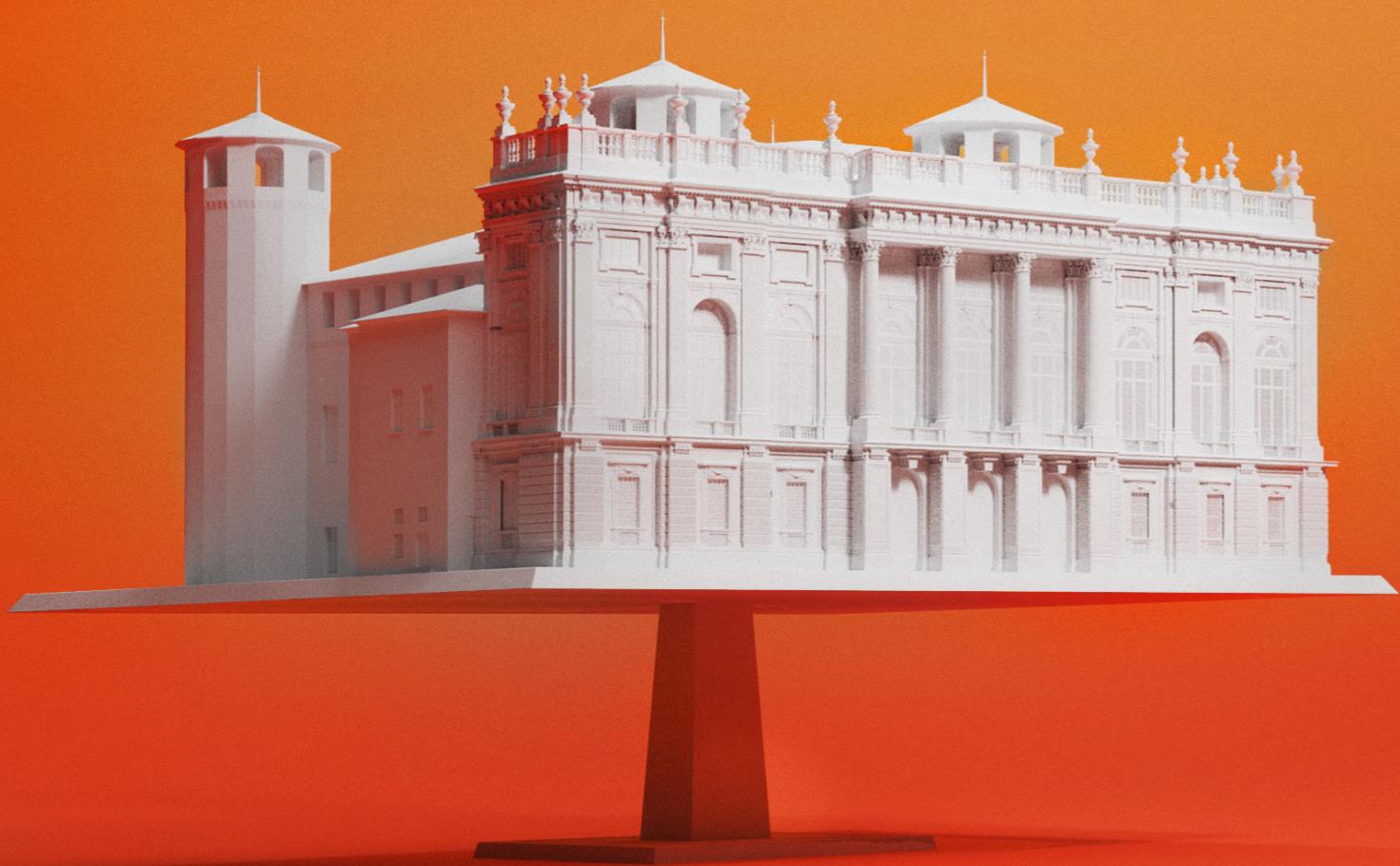


fig.14 Fase di approfondimento e interazione con il dipinto, divenuto tridimensionale

leonardesco. L'utente, indossando un visore VR, viene trasportato in uno spazio virtuale dove può esaminare la "Mona Lisa" nei minimi dettagli, osservando da vicino le pennellate, i colori e le sfumature che caratterizzano l'opera. Inoltre, l'esperienza offre contenuti aggiuntivi che arricchiscono la comprensione del dipinto. Attraverso narrazioni e animazioni, gli utenti possono esplorare la storia della "Mona Lisa", il contesto in cui fu realizzata e i segreti che la

circondano. Questo livello di approfondimento non è possibile con una semplice osservazione fisica del dipinto, ma la VR lo rende accessibile e coinvolgente. L'uso di elementi interattivi e di una narrazione strutturata permette di creare un legame più forte tra l'opera e l'osservatore, stimolando una partecipazione attiva e una curiosità continua. La scelta del Louvre di adottare la realtà virtuale per questo progetto si inserisce in una tendenza più ampia di innovazione tecnologica nei musei. L'obiettivo è quello di attrarre un pubblico più ampio e diversificato, rispondendo alle nuove esigenze e aspettative dei visitatori contemporanei. "Mona Lisa: Beyond the Glass" non solo aumenta l'accessibilità dell'opera, ma trasforma anche la modalità di fruizione, rendendola un'esperienza educativa e immersiva. In questo senso, la realtà virtuale si dimostra un potente strumento per la comunicazione culturale, capace di trasformare la visita museale in un viaggio esperienziale ed emotivo.

Questo progetto evidenzia le potenzialità della VR nel campo della museologia, non solo come mezzo per preservare e diffondere il patrimonio culturale, ma anche come strumento per creare nuove forme di interazione e coinvolgimento. La realtà virtuale consente ai musei di raccontare storie in modi nuovi e dinamici, arricchendo l'esperienza del visitatore e offrendo una comprensione più profonda e sfaccettata delle opere d'arte. "Mona Lisa: Beyond the Glass" rappresenta un passo significativo in questa direzione, dimostrando come la tecnologia possa essere utilizzata per amplificare e valorizzare il patrimonio culturale in modi fino ad ora impensabili.



05

LE ORIGINI

Il contesto storico-urbano nella Torino della Restaurazione

Negli anni in cui Alessandro Antonelli è a Roma, impegnato nel percorso formativo che ha restituito il grandioso progetto che ipotizza di modificare la piazza centrale di Torino, la città sabauda torna a essere capitale del regno di Sardegna, all'indomani delle scelte che, fin dal Congresso di Vienna del 1814-1815, avevano restituito i rispettivi territori alle dinastie regnanti prima del periodo di dominazione napoleonica. Durante la Restaurazione, Torino è interessata da un'importante progettazione a scala urbana e architettonica, talvolta rimasta sulla carta, ma segno di un milieu culturale e sociale attento a interpretare le esigenze della società.

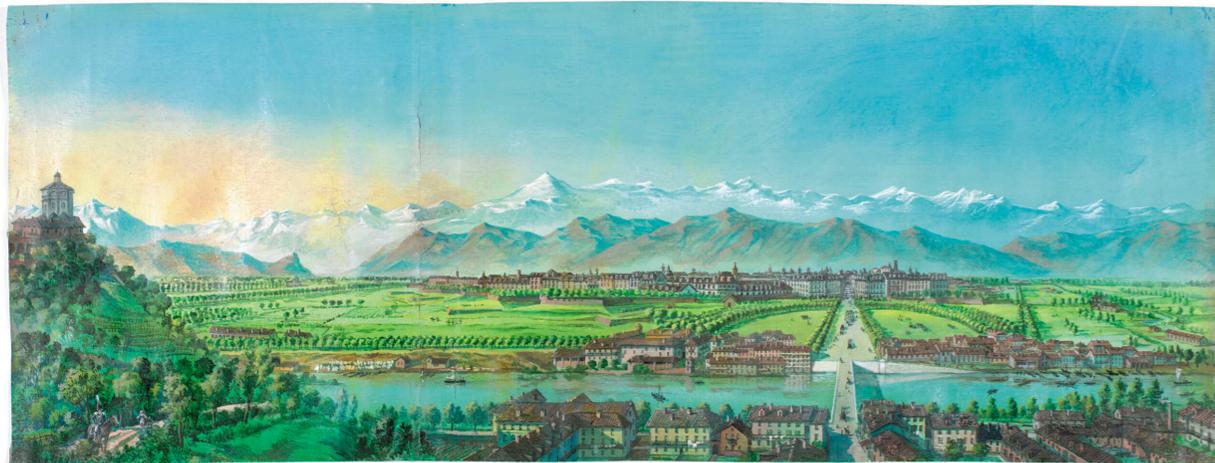


fig.15 Veduta di Torino da Ext

In seguito allo spopolamento dovuto alla mancanza di lavoro avvenuto durante l'annessione di Torino alla Francia, si avvia un processo inverso grazie al ruolo di centralità politica riacquisito dalla capitale, arricchita dall'annessione del Genovesato in seguito alla pace di Vienna del 1815. Questo aumento demografico si lega alla grande richiesta di manodopera necessaria a mettere in atto i piani d'urbanizzazione ideati durante la Restaurazione.

Vittorio Emanuele I, sovrano sabauda cui è riassegnato il regno, comunicò presto la volontà di riaffermare la presenza del potere monarchico nella capitale. In un confronto aperto con la Municipalità, venne sviluppato un nuovo piano espansionistico della città, la quale seppur liberata dalle mura difensive che ne limitavano la crescita urbana (grazie all'Editto di Milano del 23 giugno 1800) avrebbe previsto la costruzione di una cinta daziaria, utile all'amministrazione e al controllo politico, poi non immediatamente realizzata. Centrale, nella nuova progettazione a larga scala, era il disegno delle cosiddette grandes places, aperte in prossimità delle porte urbane, collegate da un sistema di viali alberati. Il processo espansionistico della città infatti non era più guidato da ragioni strategiche militari, ma da un nuovo approccio più moderno, legato a questioni pragmatiche come la costruzione di strade, ponti e altri progetti infrastrutturali (Comoli, 2000).

Il principio d'integrazione del vecchio con il nuovo che conduce l'evoluzione di Torino si manifesta attraverso *“la decisione di privilegiare lo sviluppo urbano sul prolungamento assiale delle arterie storiche della città e di riconfermare ed enfatizzare l'importanza delle cerniere urbanistiche ed edilizie delle piazze fuori*

porta" (Comoli, 2000). E' in questo contesto che, all'indomani di un periodo francese particolarmente complesso per la città sabauda, si collocano le grandes places, riservate ai grandi edifici da reddito dedicati alla residenza privata. La riconquista del protagonismo monarchico cerca, e trova, nella monumentalità e nel senso del grandioso, espressi dalle numerose realizzazioni edilizie compiute specialmente nella prima metà del XIX secolo, uno e più strumenti per celebrare il potere e l'autorità politica di uno Stato grande e forte, al pari delle altre potenze europee. In questo contesto spiccano, almeno a dire di parte della letteratura scientifica, fra tutti i progetti la realizzazione della facciata della chiesa di San Carlo (1834), il completamento della Piazza Emanuele Filiberto (ora Piazza della Repubblica, 1830) e del ponte Mosca, motivato dall'espansione settentrionale della città; la Piazza della venuta del Re (1825, ora piazza Vittorio Veneto), progettata con lo scopo di celebrare il ritorno della sovranità sabauda. Quest'ultima si lega inevitabilmente all'edificazione del tempio commemorativo del ritorno del re, la Chiesa della Gran Madre di Dio, da erigersi nel borgo a destra del Po, in testa al ponte napoleonico in pietra, la cui realizzazione risulta determinante per la costruzione del monumento sacro (Comoli, 2000).

Il progetto della Gran Madre è opera di Ferdinando Bonsignore, architetto Regio di Re Carlo Alberto e insegnante di architettura all'Università di Torino dal 1805 al 1843. Allievo di Bonsignore sarà lo stesso Antonelli dal 1819. La nuova chiesa, centrale di uno spazio urbano da pianificare, si colloca nell'ambito del rinnovamento dell'area di Borgo Po, al di là di un fiume che mai era stato valicato per scopi espansionistici: la costruzione del ponte napoleonico

permette di concepire quello che può definirsi il più celebre modello di Neoclassico presente nel territorio torinese. Fu scelto dal Comune di Torino il progetto del tempio che, tra i sette proposti da Bonsignore, *"rassomiglia alla Rotonda (=Pantheon) esistente in Roma... il più bel monumento che rimanga dell'antichità"* (Bellone, 1984). Il riferimento romano non voleva che essere un rimando *"a quel modello astratto di grandi ed eroiche virtù e di severi propositi, in sostanza uno stato d'animo, tanto più forte quanto più vago negli obiettivi"* (Sistri, 1984), che rispecchia chiaramente l'orientamento verso il monumentale e il magnifico, caratteristiche ricercate nell'era della Restaurazione e di cui le opere antiche ne erano ricche. Tuttavia, l'importanza incarnata dalla chiesa la si riscontra anche e soprattutto dal punto di vista urbano: la sua posizione e orientamento derivano dal prolungamento dell'asse tracciato dalla Contrada di Po e dal ponte di pietra, il quale *"non può, per legge di architettura, essere terminato da un meschino edificio privato, che rende angusta la diramazione delle strade che fanno capo al ponte stesso"* (Sistri, 1984). La connessione diretta, visiva e resa possibile dall'asse viario, tra il tempio e Palazzo Madama instaura un dialogo forte tra il simbolo religioso, la chiesa della Gran Madre, e il simbolo del potere, la Zona di Comando. All'inizio dell'Ottocento, la conformazione di Piazza Castello, acquisita in seguito agli importanti aggiornamenti messi in atto tra XVII e XVIII secolo, venne modificata durante il periodo francese con l'abbattimento sia della manica di collegamento tra Palazzo Madama e la Piazzetta Reale che del cosiddetto Pavaglione della Sindone. Il risultato fu la completa liberazione del Castello, nonché la connessione dello spazio antistante il Palazzo Reale con lo spazio urbano antistante e intorno a Palazzo Madama che, tuttavia, torna a essere separato in seguito all'installazione

della cancellata in ferro fuso realizzata da Pelagio Palagi tra il 1835 e il 1842) (Comoli Mandracci, 1983, p.84). Si crea, così, un allora inusuale spazio libero, disponibile a essere assunto a luogo di esercitazioni progettuali, scelto da Alessandro Antonelli al termine del suo percorso formativo a Roma.

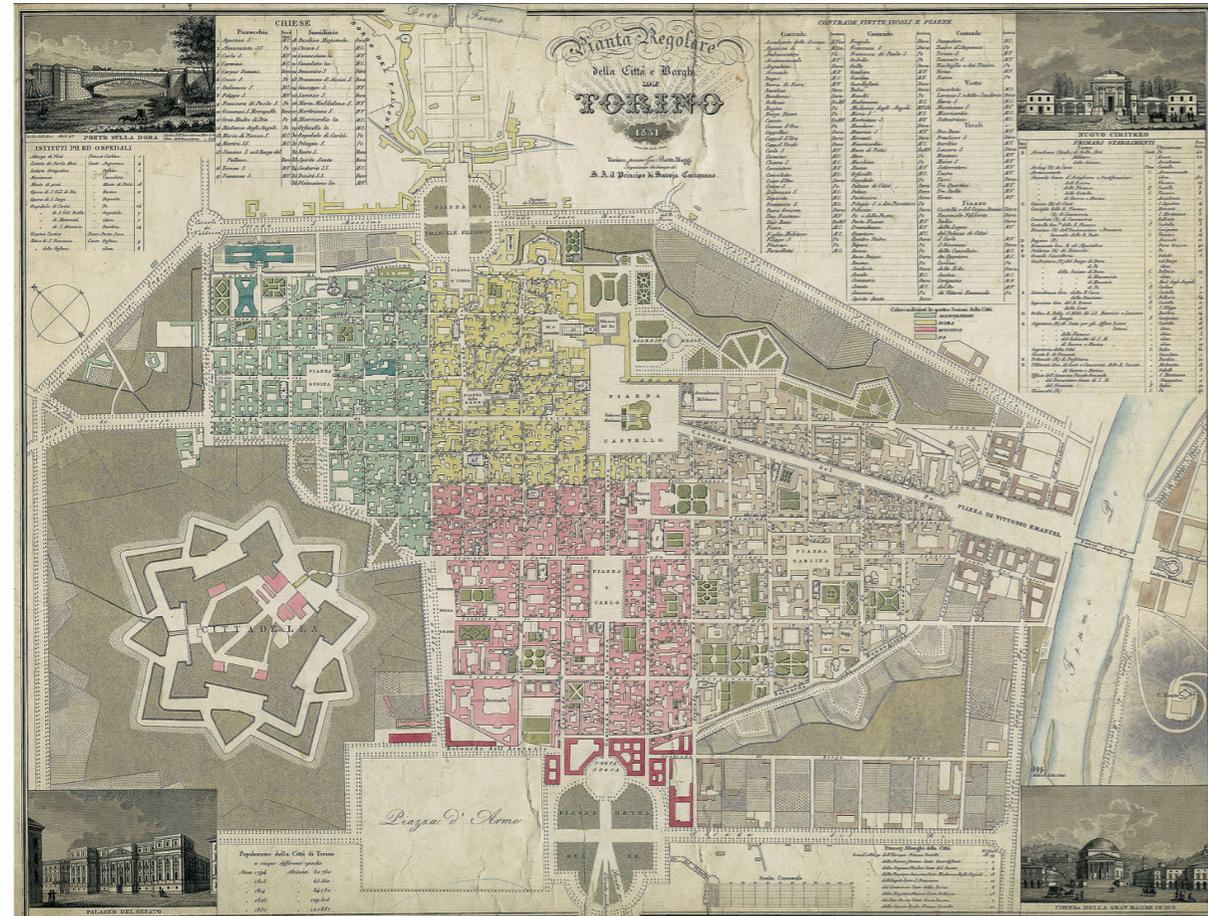


fig.16 Pianta di Torino, 1831

Gli anni di formazione di Alessandro Antonelli

Per comprendere meglio le ragioni che hanno motivato le peculiari scelte caratterizzanti il progetto di conclusione del pensionato romano, risulta di grande aiuto conoscere i punti salienti del periodo di formazione del prestigioso architetto. L'esperienza maturata negli anni, sia di carattere professionale che personale, ha plasmato, arricchito e levigato la mente che ha dato origine alle numerose realizzazioni architettoniche visibili nel territorio piemontese.

Nonostante le informazioni riguardo ai primi anni della vita di Alessandro Antonelli, nato a Ghemme (Novara) il 14 luglio 1798 (e spentosi a Torino il 18 ottobre 1888), siano povere, è nota la sua frequentazione del Seminario di San Giulio d'Orta dal 1812 al 1815 e, successivamente, il suoi studi di lettere e disegno a Milano. Dal 1819 risiede a Torino, dove frequenta la Scuola d'Architettura Civile, d'origine francese ma che rimase attiva durante la Restaurazione di Vittorio Emanuele I. È allievo di due illustri maestri: il primo è Ferdinando Bonsignore, che in città propone la cultura architettonica del Neoclassicismo, grazie anche al quindicennio trascorso a Roma tra il 1783 e il 1797, il secondo Giuseppe Maria Talucchi, vicino a Bonsignore e a sua volta promotore di architetture che interpretano il Neoclassicismo.

Nei primi tre anni di formazione universitaria torinese Antonelli apprende i principi architettonici propri dell'antichità, "secondo i precetti dei più celebri

autori, accoppiando ad un tempo l'insegnamento delle regole per la purità ed eleganza del disegno, con quanto l'esperienza ha mostrato di più certo per la buona costruzione e solidità delle fabbriche" (Rosso, 1989), integrando allo studio teorico architettonico anche la matematica e "la geometria pratica, cioè l'uso degli stromenti geometrici per levare i piani, il calcolo delle superfici dei terreni, e la misura delle fabbriche" oltreché "il disegno di topografia per le mappe, i tipi e i piani di territorii, tenimenti, ecc." (Rosso, 1989). Ancora prima di conseguire il titolo di architetto civile (acquisito a luglio 1824) Antonelli percepisce l'atmosfera di ripresa propria del regno di Carlo Felice, in particolare nel settore edile, e non si fa sfuggire l'occasione di divenire disegnatore nello studio dell'ingegnere Ignazio Michela. In questo contesto si concretizza il dualismo formativo che caratterizzerà, negli anni a venire, la mente in grado di dar luce a opere non solo guidate dal senso formale, estetico, di linguaggio architettonico nobile e di tradizione classica propri degli insegnamenti di Bonsignore, ma generate anche da una sensibilità derivante dalla conoscenza dei materiali impiegati, dallo studio e ideazione delle tecniche costruttive più avanguardistiche, nonché dall'attenzione posta nei riguardi dell'aspetto economico del processo costruttivo, caratteristiche rare nei progettisti architettonici dell'epoca (Rosso, 1989).



fig.17 Ritratto della famiglia Antonelli

L'esperienza professionale in qualità di 'architetto ajutante' con Michela ha inizio con la costruzione della Curia Maxima a Torino, nell'attuale Via Corte d'Appello, sulle tracce del progetto avviato e mai concluso da Juvarra. In questa occasione si afferma la sua propensione verso lo sperimentalismo, come testimoniato dall'incisione raffigurante una macchina ideata dal giovane Antonelli "che permise l'innalzamento a 18 metri da terra, in cinque ore senza il menomo inconveniente, dell'architrave lapideo che trionfa al centro della fronte del palazzo Camerale, lungo 7 metri e pesante 18.000 chili: operazione affatto straordinaria e nuova, senza esempi in quegli anni a Torino, e forse nemmeno per il passato" (Rosso, 1989).



fig.18 Ritratto di Alessandro Antonelli

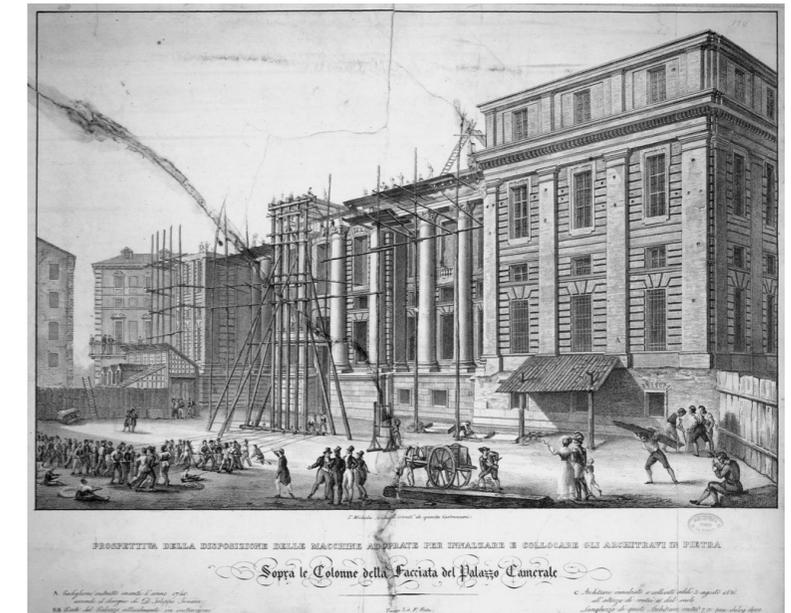


fig.19 Prospettiva della disposizione delle macchine adoperate per innalzare e collocare gli architravi in pietra sopra le colonne della facciata del Palazzo Camerale

Il tirocinio presso lo studio dell'ingegnere si conclude nel 1825, quando Antonelli partecipa al concorso imbandito nel 1 novembre per la vincita del posto di studio destinato agli architetti all'Accademia di San Luca a Roma, previsto dal nuovo regolamento dell'Accademia di Belle Arti di Torino, promulgato da Carlo Felice nello stesso anno. Il concorso richiede *"che eseguiscano in disegno un progetto d'Architettura; e componano un lavoro di Ornativa, secondo le norme assegnate dai Giudici del concorso"* (Regolamento accademia, 1825). Antonelli presenta il progetto di una Biblioteca, *"svolto da par suo, in modo brillante e perfettamente all'unisono con le convenzioni della composizione accademica"* (Rosso, 1989). Nonostante la sua età sfociasse il limite per la partecipazione al concorso, venne comunque assegnato come vincitore e, per cinque anni, approfondì il suo bagaglio alla scuola romana. Non restano molti documenti relativi al quinquennio trascorso presso l'Accademia di San Luca, se non per uno dei saggi annuali inviati all'accademia di Torino (il progetto del tempio di Giove Ultore, 1827) e alcuni abbozzi e frammenti dei progetti presentati al concorso dell'accademia di Milano (1828) e al concorso Balestra (1829). È noto anche che egli abbia *"studiato assiduamente sopra i giganteschi avanzi dei monumenti a noi tramandati dall'antica sapienza"* (Rosso, 1983), nonché frequentato i corsi di geometria descrittiva, di architettura statica e idraulica della scuola Sapienza per gl'Ingegneri ed architetti pontifici. Il percorso di studi si conclude infine con l'ultimo dei cinque saggi inviati alla capitale, quello di fine pensionato, che racchiude tutta l'esperienza e le influenze maturate nell'arco degli anni passati a Roma. Un lavoro grandioso, che ha l'ambizione di far breccia tra gli interessi del sovrano, di modo da conquistarsi il ruolo tanto ricercato, ma mai raggiunto, di Primo Architetto Regio.

Il “Nuovo Duomo” e il Progetto di decorazione di Piazza Castello

Il Progetto di decorazione di Piazza Castello, firmato da Alessandro Antonelli e datato 15 settembre 1831, è frutto di una rivisitazione ideale e stravolgente del centro di comando di Torino. Dai preziosi disegni conservati nei caveau dell'Accademia Albertina di Belle Arti e posti a disposizione del pubblico all'interno della mostra Neoclassicismi a Torino: dal Settecento al giovane Antonelli, è possibile leggere quella che fu la visione rivoluzionaria dell'allora studente di architettura piemontese per il cuore della città. L'idea della costruzione di un nuovo duomo, una cattedrale talmente imponente da sovrastare perfino il Palazzo Reale, proporzionata *"all'aumento di popolazione di cui potrebbe essere suscettibile la capitale"* (Rosso, 1989), nonché dello stravolgimento completo dell'aspetto e dell'organizzazione spaziale di Piazza Castello, dimostrano lo sfogo delle abilità di cui dispone il giovane Antonelli. La sua ambizione per la conquista del ruolo di architetto regio, a cui spera di accedere grazie alla donazione del progetto al nuovo sovrano Carlo Alberto, succeduto proprio in quell'anno a re Carlo Felice, è illustrata in tutte le tavole originali. In particolare nella preziosissima prospettiva, eccellente nella cura dei dettagli, viene mostrata la manifestazione architettonica dell'aria di rinnovamento che si respirava in quel dato periodo storico. Seppur il tema della realizzazione di un sostituto per il duomo rinascimentale fosse già stato affrontato, come testimoniano le proposte di Filippo Juvarra (1678-1736), Benedetto Alfieri (1699-1767) e Luigi Canina (1795-1856), nessuna delle ipotesi

avanzate presentava una soluzione che fosse d'impatto anche, e soprattutto, a un livello urbano di quella portata. Le alternative antecedenti il progetto antonelliano, infatti, trovano come punto comune il fatto di focalizzarsi sul rinnovamento dell'area di piazza San Giovanni.



fig.20 Pensieri per il nuovo duomo di Torino di Filippo Juvarra, vista esterna

Tra i primi ad occuparsi della questione fu l'architetto messinese, il quale voleva rispondere al volere dell'allora regnante Vittorio Amedeo II. Giovanni Battista Sacchetti, allievo di Juvarra, realizza il Catalogo dei disegni fatti dal signor cavaliere e Abate don Filippo Juvarra tra il 1714 e il 1735 tra cui emerge la "proposta di quattro differenti soluzioni: due a pianta centrale e due a pianta longitudinale, accomunate da un tono alto di taglio internazionale che,

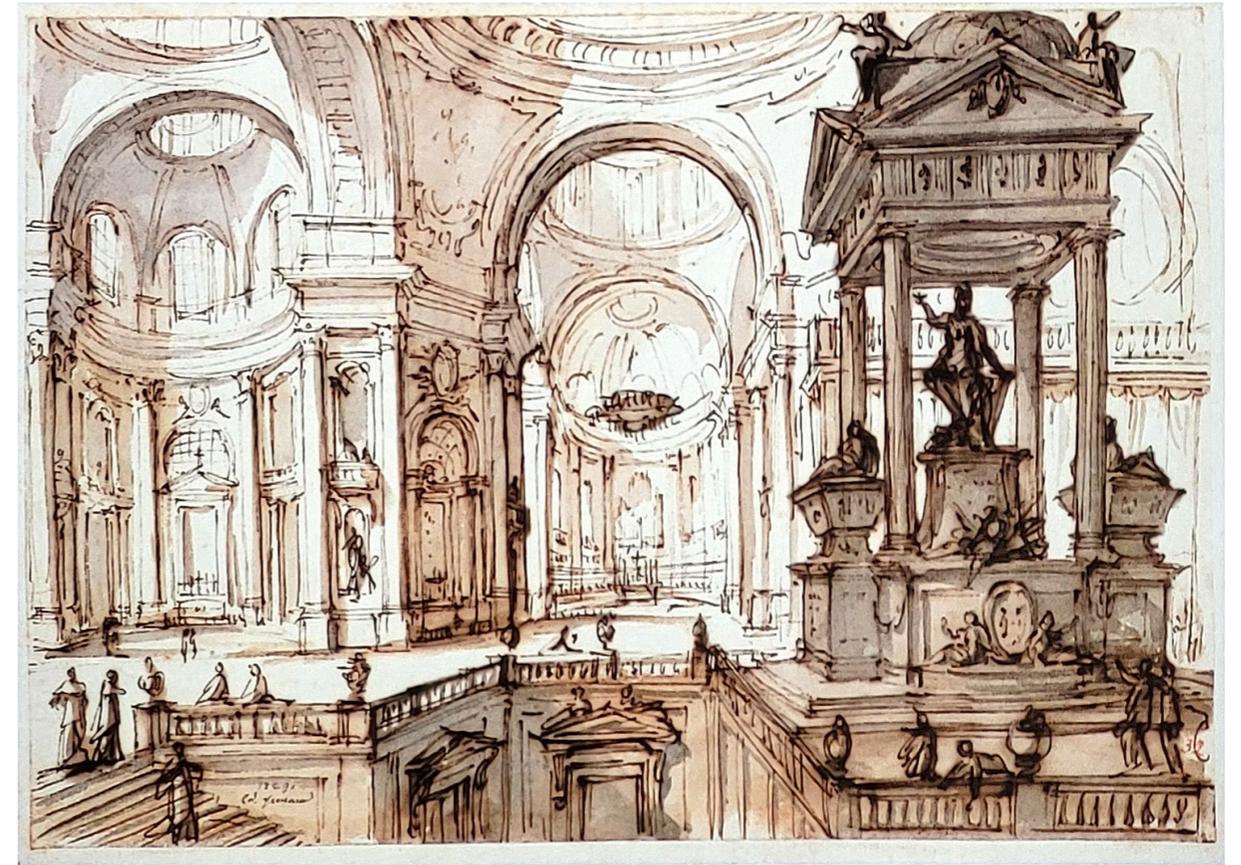


fig.21 Pensieri per il nuovo duomo di Torino di Filippo Juvarra, vista interna

consapevole dei modelli romani e della penisola italiana, guarda oltre le Alpi, in direzione anche di Londra” (Gianasso, 2023). Le proposte sono ascritte al 1729 e hanno la peculiarità di voler creare una connessione diretta con il palazzo reale, per potervi accedere direttamente dalla cappella della Sindone: in questo modo viene formalizzato il legame tra la sede del potere civile con quella del potere religioso. La nuova cattedrale avrebbe avuto dimensioni eccezionali, figlia di un momento storico di grandi rivoluzioni dettate anche dalla forte espansione urbana. Juvarra proprio in quegli anni avrebbe dato alla luce i disegni per l’edificazione dell’area occidentale della capitale del regno di Sardegna (Comoli Mandracci & Rocca, 2001).



fig.22 Pensieri per il nuovo duomo di Torino di Filippo Juvarra, sezione

Lo stesso tema viene affrontato dal primo architetto regio di Re Carlo Emanuele III, il Conte Benedetto Alfieri, in concomitanza dello sviluppo del progetto di trasformazione del Palazzo dei Duchi del Chiabrese. L’architettura della nuova cattedrale, che si ispira ai principi del classicismo romano e fa riferimento alla basilica di San Pietro, è secondaria rispetto alle considerazioni urbanistiche e alle funzioni della vasta piazza, ottenuta attraverso la demolizione del vecchio quartiere medievale di Sant’Ignazio (Comoli Mandracci & Rocca, 2001). Nella *Raccolta di disegni di varie fabbriche R.i fatti in tempi diversi d’ordine di S.M. da me suo gentil’uomo di cam.a e p.o a.o Conte Alfieri MDC-CLXIII* conservati presso l’Archivio di Stato di Torino, sono presentati due progetti datati 1763, dove si presentano le alternative per la posizione della chiesa, la connessione con la Cappella della Sindone e, in particolare, per la configurazione e l’uso dello spazio pubblico della piazza. Nel primo progetto Alfieri propone di posizionare la cattedrale sul prolungamento dell’attuale via XX Settembre, terminando la strada con l’imponente struttura dell’edificio. Il complesso, con una pianta centrale estesa in una struttura a tre navate, *“per una chiesa lunga centosessanta metri e alta oltre cento metri, come è stato verificato”* (Comoli Mandracci & Rocca, 2001). La facciata è parte di un sistema di portici che circondano una grande piazza rettangolare, di circa cento metri per sessantacinque, la cui realizzazione richiede la demolizione degli edifici di fronte al Palazzo Ducale e al seminario arcivescovile. Ai lati corti della piazza si prevede la costruzione di un nuovo palazzo vescovile e, sul lato opposto, una piccola chiesa a pianta centrale collegata alla Cappella della Sindone, integrata in una serie di ambienti adiacenti al palazzo reale.

L'alternativa progettuale prevede la totale demolizione del preesistente duomo e la sua ricostruzione nello stesso sito, seguendo uno schema a croce latina a tre navate che si articolano a loro volta in una duplice sequenza di cappelle laterali, mentre il settore absidale molto prolungato si connette, oltre che con la cappella

guariniana, con diversi ambienti di servizio. La facciata è caratterizzata da un ordine gigante di lesene che si estendono fino alla trabeazione, sormontata da un timpano massiccio. Il piano urbanistico associato prevede la creazione di un vero e proprio centro direzionale del potere, in cui quello di carattere religioso

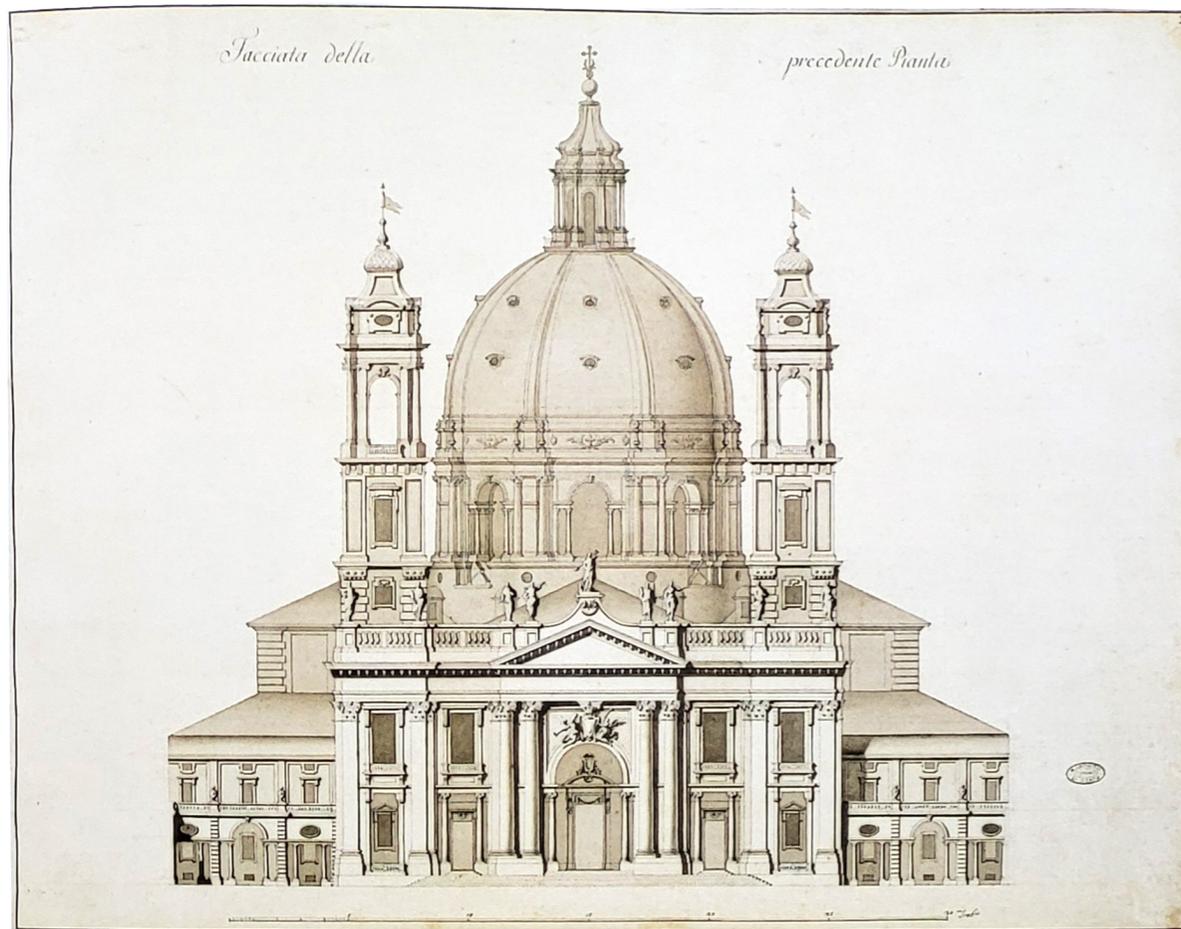


fig.23 Primo progetto del Duomo di Torino di Benedetto Alfieri, prospetto

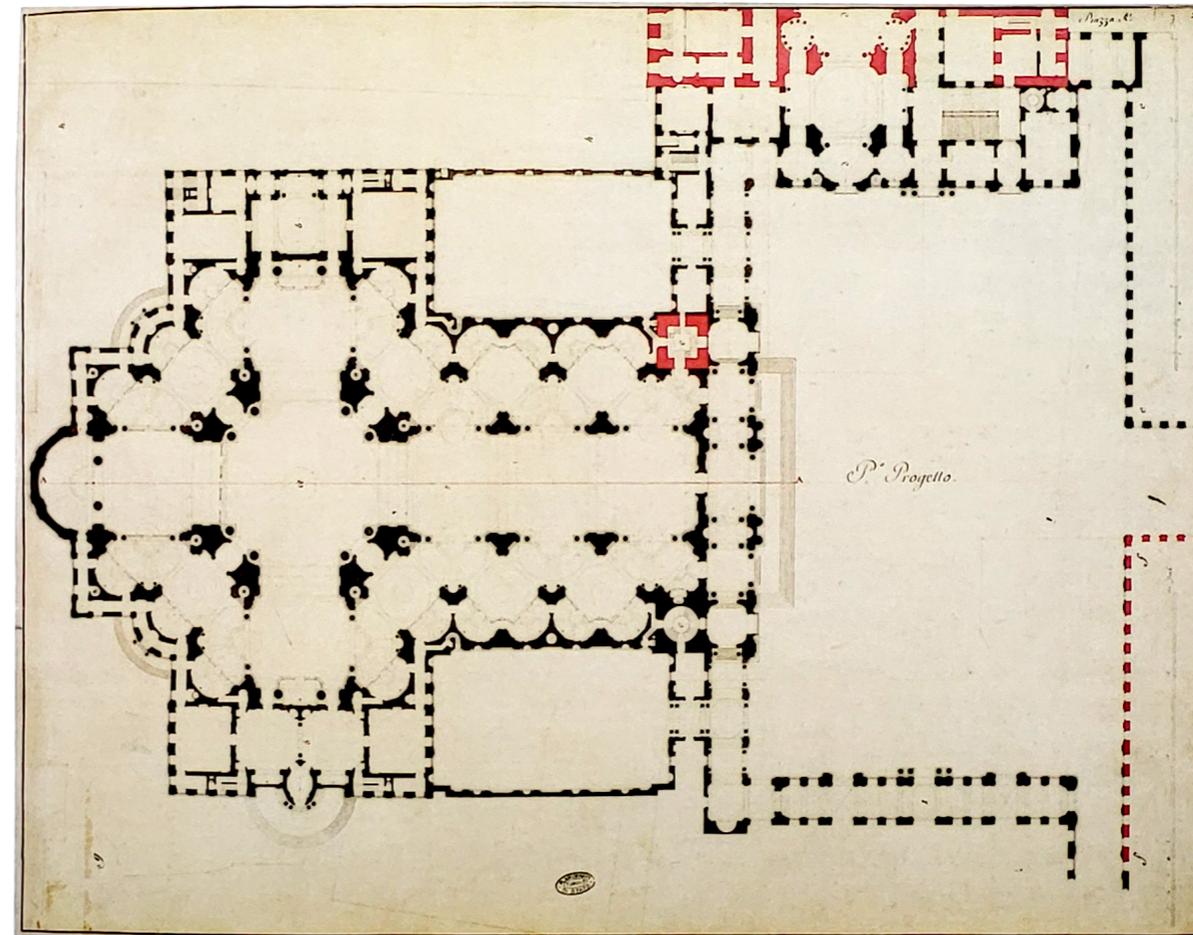


fig.24 Primo progetto del Duomo di Torino di Benedetto Alfieri, pianta

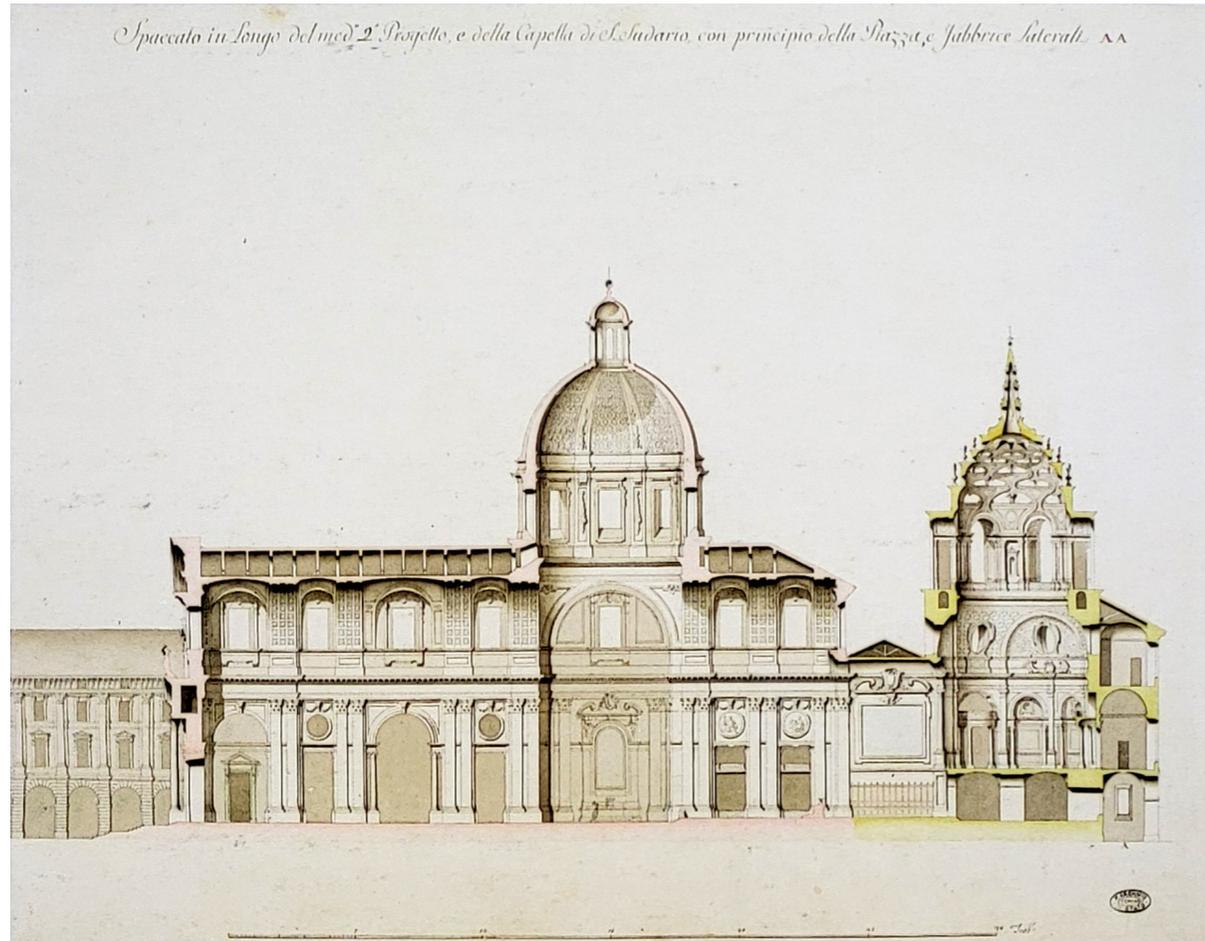


fig.25 Secondo progetto del Duomo di Torino di Benedetto Alfieri, sezione

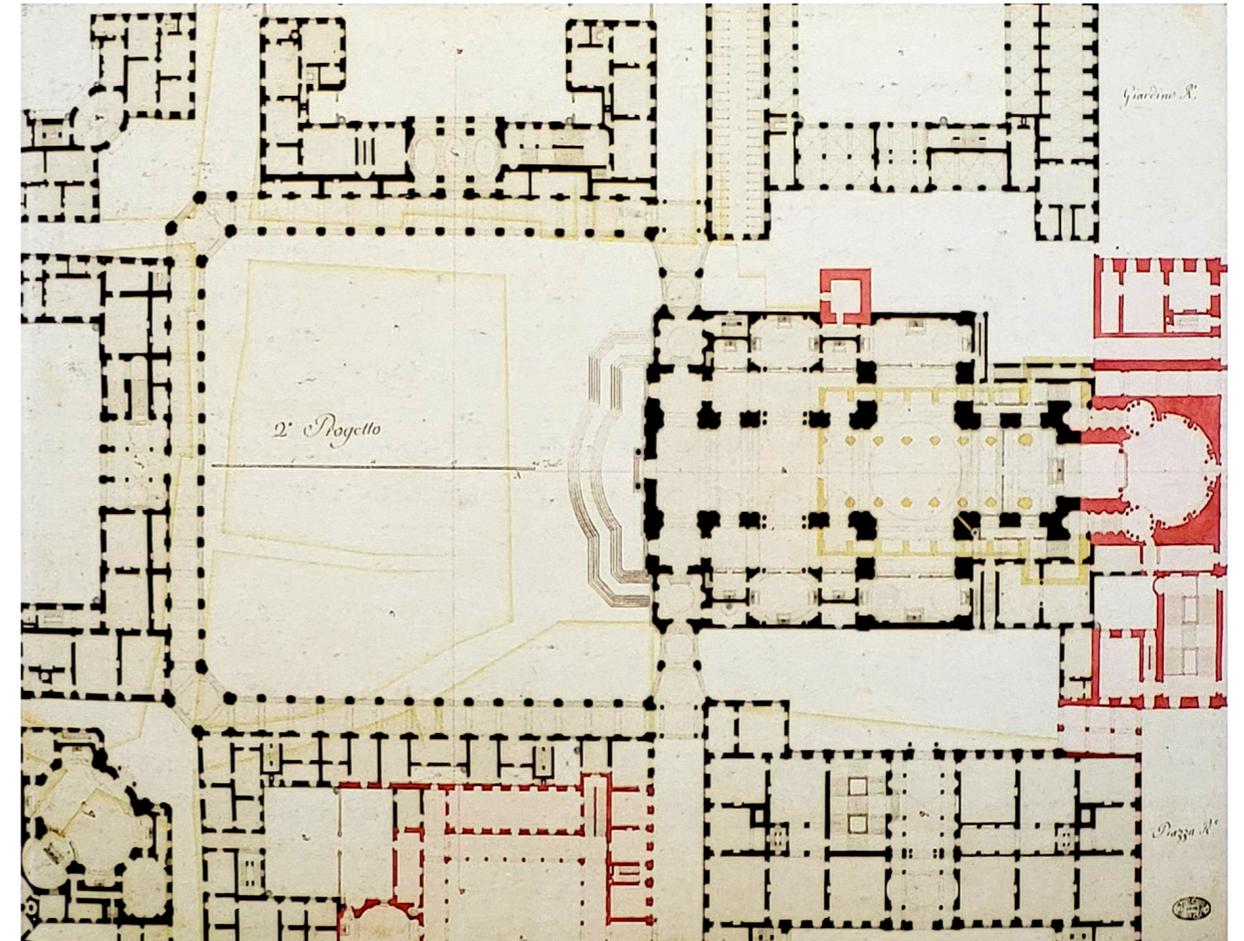


fig.26 Secondo progetto del Duomo di Torino di Benedetto Alfieri, pianta

è affiancato a quello civile. La piazza, con angoli arrotondati e collegata da un portico continuo, ospita, oltre alla cattedrale, l'edificio del seminario, che si prevede di ampliare notevolmente, e altri due palazzi di prestigio destinati alle alte gerarchie ecclesiastiche. Questo intervento di radicale rinnovamento dell'antico tessuto urbano di origine medievale colloca la cattedrale in uno spazio urbano ampio, in linea con le idee illuministe dell'epoca e il dibattito internazionale sull'urbanistica (come illustrato da Laugier nel suo *Essai sur l'architecture*, in cui propone per una capitale moderna del XVIII secolo la creazione di molteplici piazze interne) (Comoli Mandracci & Rocca, 2001). La piazza è completata dai passaggi porticati che conducono direttamente ai due atrii laterali della chiesa. Un elemento suggestivo di chiara ispirazione settecentesca è la prospettiva diagonale che si apre sugli angoli arrotondati, focalizzata su un palazzo e sulla chiesa dello Spirito Santo, progettati da Alfieri. La gestione controllata dello spazio, l'attenzione alla funzionalità e all'uso degli spazi, nel rispetto della regolarità come valore fondamentale, rappresentano la visione di Alfieri per una cattedrale di metà Settecento, un progetto che non è stato realizzato.

Nel secondo decennio del diciannovesimo secolo anche Antonio Canina si aggiunge al dibattito riguardo alla nuova cattedrale: il progetto prevede la demolizione di alcuni isolati prospicienti il duomo e la costruzione di una nuova fabbrica in accordo con i principi di embellishment propri della pianificazione di inizio secolo. La proposta, che si aggiunge all'elenco sconfinato dei neoclassicismi di carta, non realizzati, ipotizza una cattedrale di dimensioni doppie rispetto all'originale, con pronao ottastilo corinzio sul modello del

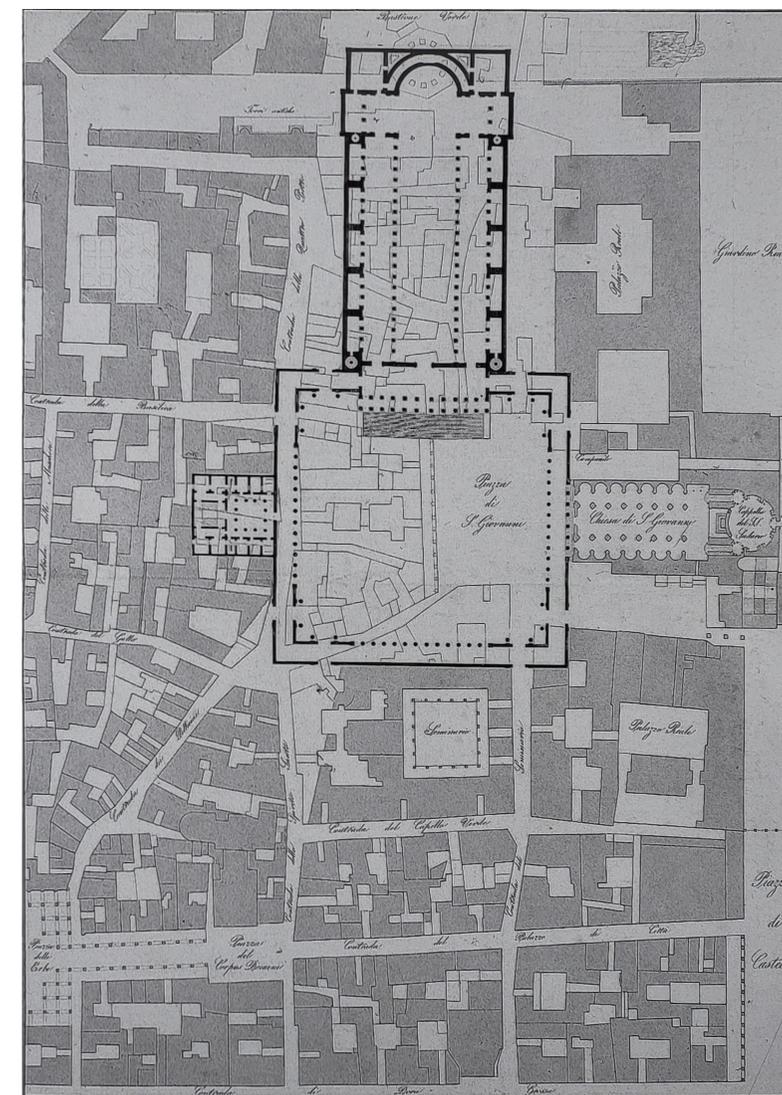


fig.27 Situazione della Chiesa Cattedrale di S. Giovanni proposta in sostituzione dell'attuale, di Luigi Canina

Pantheon. Di particolare impatto risultano la grande piazza antistante il duomo, circondata da colonne di minore grandezza e cinque ingressi monumentali, che sono però rivolti verso un tessuto viario ancora stretto e non aggiornato. Il disegno dell'interno della chiesa è caratterizzato da una grande volta a botte appoggiata sulla trabeazione di un ordine a colonne libere, nonché

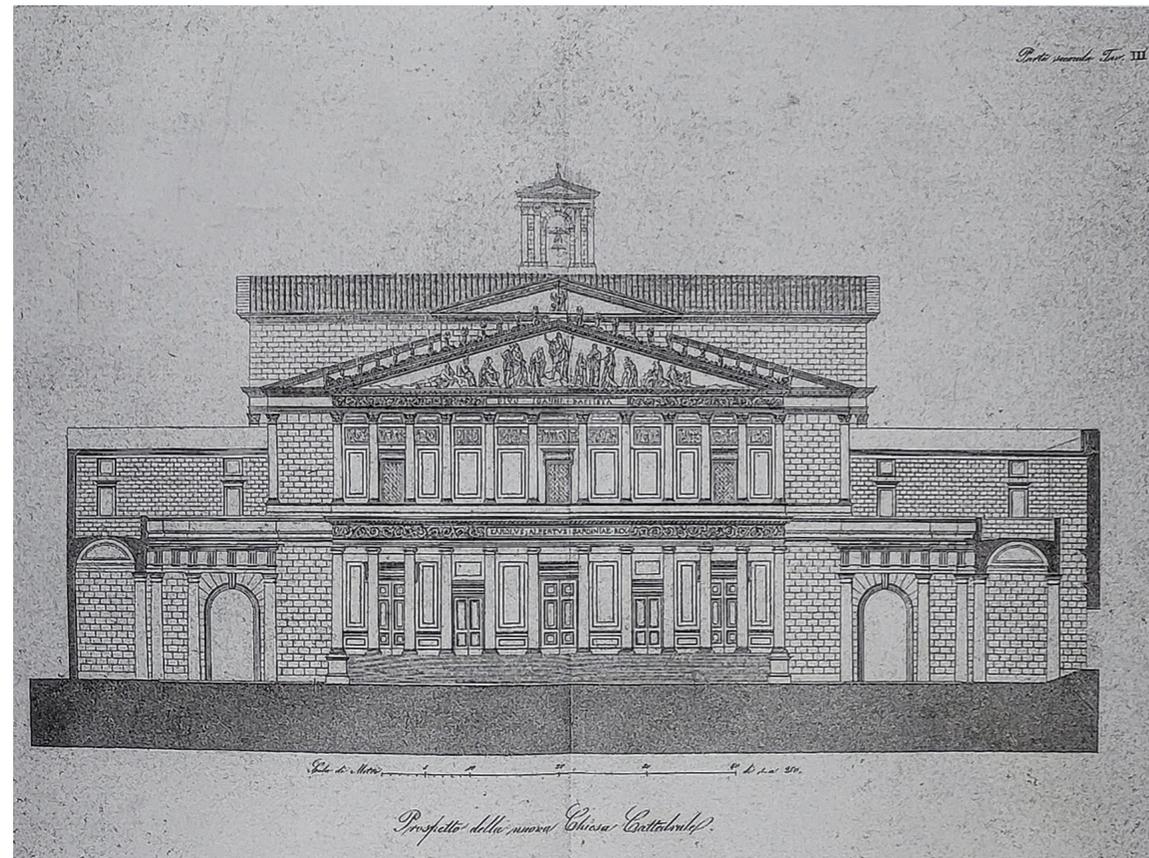


fig.28 Prospetto della Nuova Chiesa Cattedrale di Luigi Canina

un'abside semicircolare che avrebbe cambiato gli accessi alla cappella della Sindone. Nel 1843 matura una nuova alternativa, la quale evita la demolizione della cattedrale tardo quattrocentesca, immaginando una grande piazza e costruendo il nuovo duomo sull'asse del Seminario. Antonelli spese diverse critiche nei confronti dei progetti passati, i quali non consideravano l'importanza della chiesa tardo quattrocentesca esistente, definita invece dallo stesso come

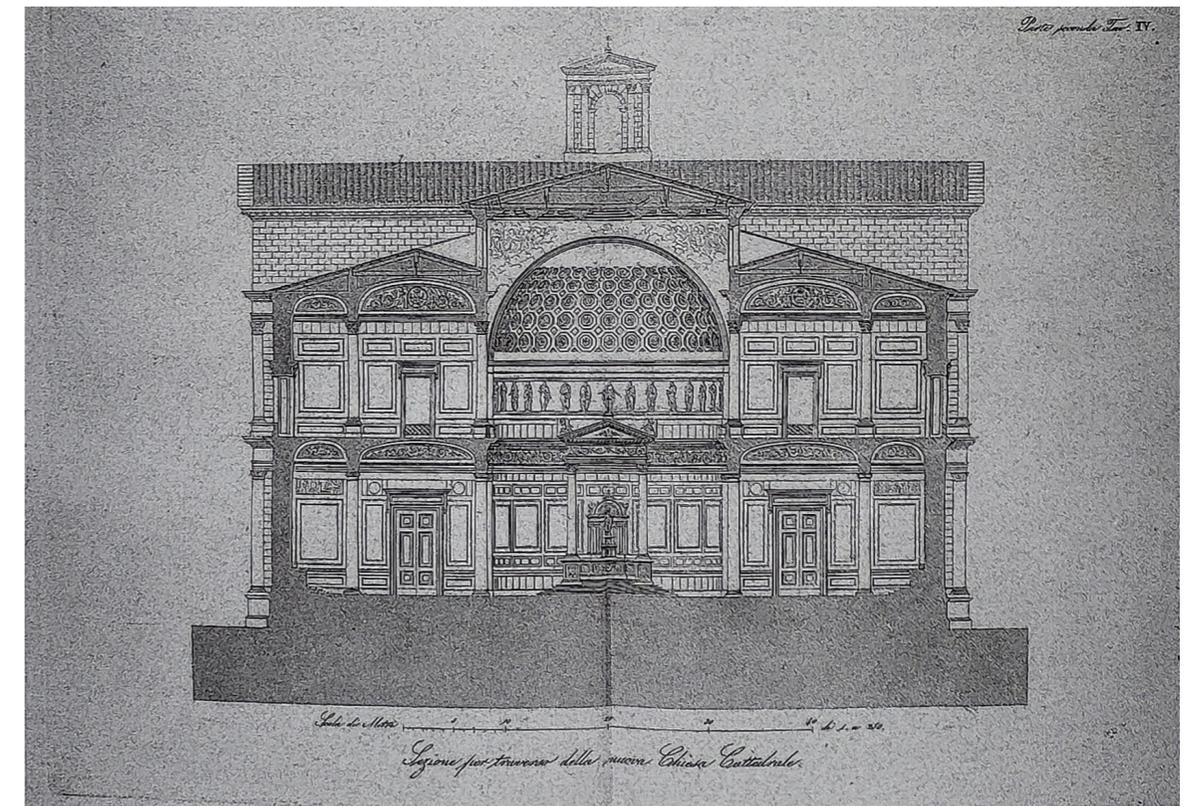


fig.29 Sezione per traverso della nuova Chiesa Cattedrale di Luigi Canina

"architettura del 1400 e 1500, epoca interessante nella storia dell'arte". Stando a queste affermazioni, risulta quasi paradossale come la scelta di fare 'piazza pulita', ovvero demolire il Castello, Palazzo Madama e la manica delle Reali Segreterie, sia l'azione progettuale che maggiormente salta all'occhio tra le modifiche previste. L'unico a salvarsi parzialmente è lo scalone juvarriano, considerato di sufficiente pregio da proporre la ricostruzione blocco per blocco sul fronte rivolto ai Giardini Reali della residenza del sovrano. L'architetto spiega, scrivendo di suo pugno un appunto ed illustrando l'ipotetica soluzione nella tavola d'inquadramento urbano, le altre motivazioni secondo cui a suo dire la scelta di erigere la chiesa nell'area a nord-ovest della zona di comando, l'attuale

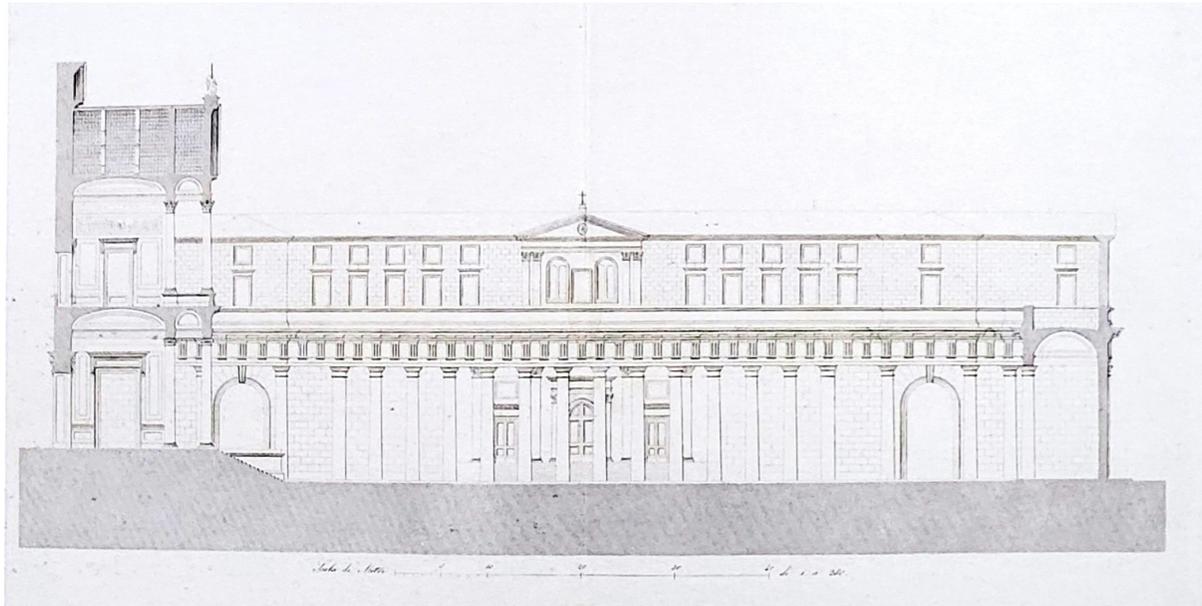


fig.30 Sezione per il lungo della nuova Chiesa Cattedrale di Luigi Canina

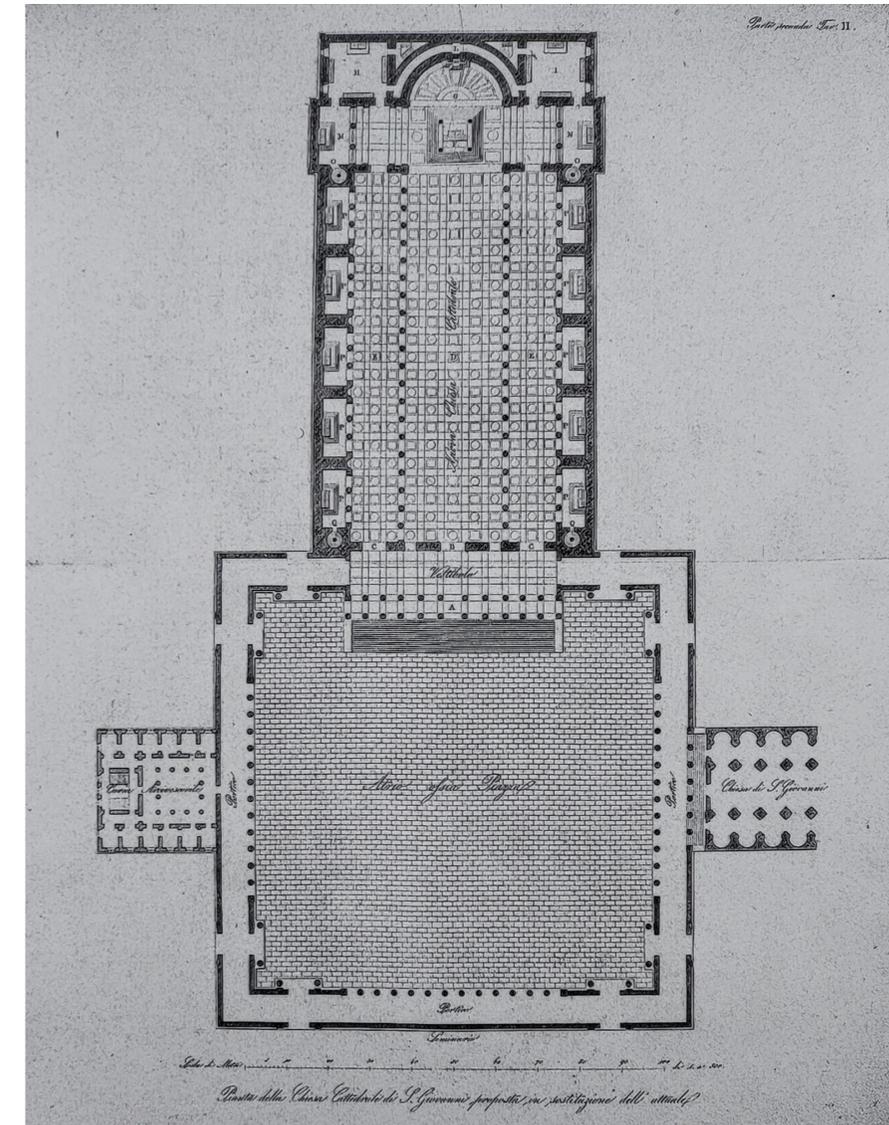


fig.31 Pianta della Chiesa Cattedrale di S. Giovanni proposta in sostituzione dell'attuale di Luigi Canina

Piazza San Giovanni, fosse errata: l'oneroso costo dell'acquisto degli edifici ad ovest della piazza, per garantirne la possibilità di demolizione e di ampliamento dello spazio prospiciente l'ingresso del duomo; nonché l'inadeguatezza propria del luogo dovuta alle vie d'accesso al piazzale della nuova cattedrale. Queste rimarrebbero, nonostante le ingenti modifiche previste per la piazza, di natura secondaria, essendo costituite da dei vicoli derivanti dal tessuto urbano d'origine medievale e romana. Le sopracitate sono le principali ragioni per cui Piazza Castello risulti l'alternativa migliore: uno spazio degno d'ospitare un'opera magnifica come quella sviluppata dall'architetto. La distribuzione e l'aspetto ideale di forme e volumi sono caratterizzati specialmente dalla simmetria, elemento che contraddistingue l'intero assetto a partire dal posizionamento della cattedrale: il nuovo fabbricato ha luogo sull'asse centrale della piazza, innestandosi direttamente all'esistente Palazzo Reale e rivolgendo l'ingresso verso sud. Alla piazzetta reale, così come all'edificio retrostante, corrisponderà una sua copia speculare al di là del nuovo duomo, entrambi nominati 'delle Segreterie'. Altrettanto identici risulteranno i due ingressi della chiesa di San Lorenzo e del Teatro Regio, costituiti da un pronao esastilo su cui posa il timpano, il quale a ovest copre i due collegamenti secondari della piazza: il vicolo di San Lorenzo e la Contrada del Palazzo di città. In loro prossimità hanno luogo le statue equestri che decorano i cortili dei palazzi del potere. Il perimetro del centro di comando è percorso per intero da un lungo porticato che ha origine dalla stessa cattedrale, garantendo una continuità all'interno del sistema progettuale che riallaccia il nuovo con l'esistente. Ad adempiere a questo compito sono anche i nuovi prospetti di tutta la piazza, scanditi dalle grandi arcate sulle quali svettano le lesene ioniche di ordine gigante. Il fronte

originario del Palazzo Reale viene nascosto da una nuova pelle, caratterizzata dal grande loggiato ornato da colonne, il quale garantisce un accesso coperto alla cattedrale. La scelta di realizzare questo nuovo volto è strettamente legata al significato intrinseco del progetto: il simbolo del potere e del suo detentore, Carlo Alberto, fa un passo indietro in quanto a immagine predominante del cuore della propria città, mimetizzandosi con il contesto grazie all'uniformità di

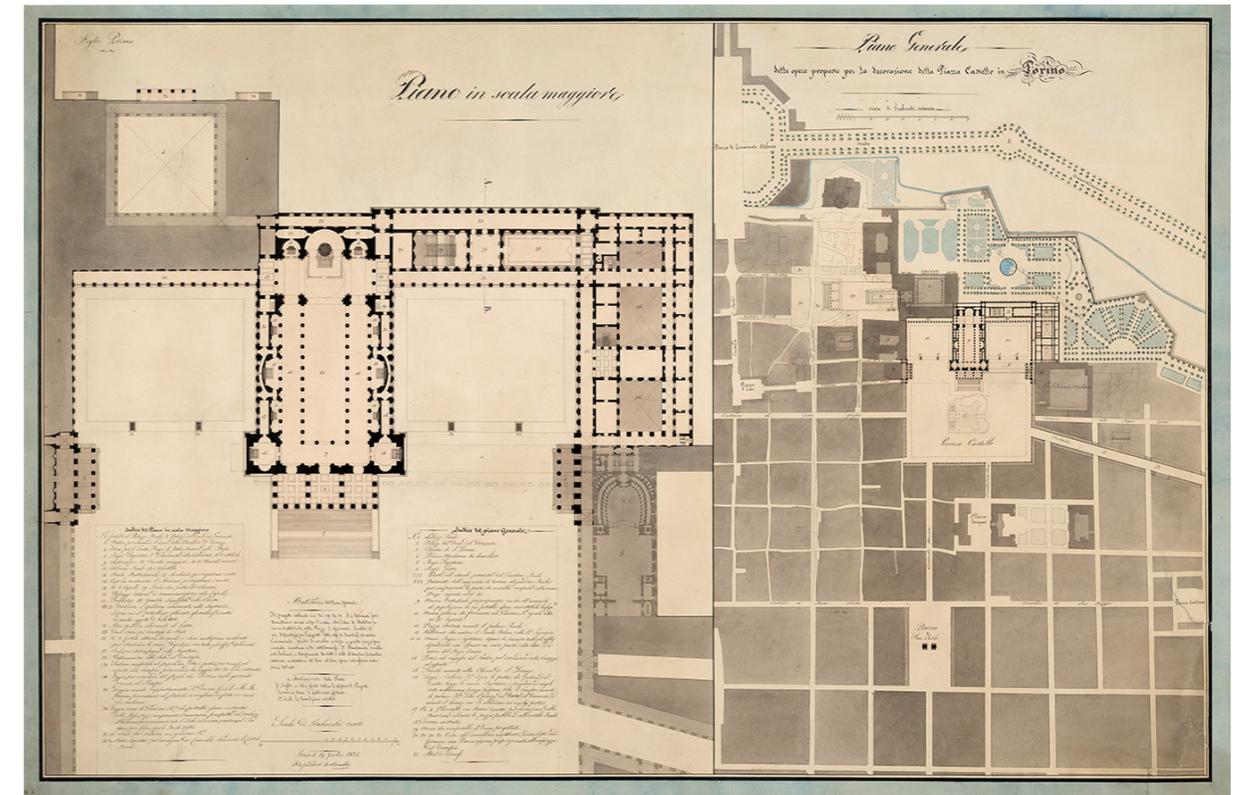


fig.32 Piano generale delle opere proposte per la decorazione della Piazza Castello in Torino di Alessandro Antonelli

facciate e volumi. Al contempo, lascia il palcoscenico allo spazio sacro posto a servizio del popolo, così come il suo rinnovato approccio politico: rinuncia alla ricerca della gloria personale e della dinastia per potersi dedicare ai propri cittadini. Similmente alla Chiesa della Gran Madre di Dio (1818-1831), opera di Ferdinando Bonsignore (1760-1843), professore e fonte di ispirazione del giovane Antonelli, la cattedrale si erge su un basamento di sette metri d'altezza.

L'ampia scalinata sormonta il dislivello e permette di raggiungere l'ingresso costituito da un pronao decastilo composito, lo stesso che sorregge il grande timpano. Attraversato il colonnato s'incontrano i tre portoni monumentali che costituiscono la soglia oltre alla quale si accede all'interno del tempio. L'architetto non si limita a proporre una singola soluzione per quanto concerne l'impianto planimetrico del nuovo duomo, ma sono bensì tre le alternative

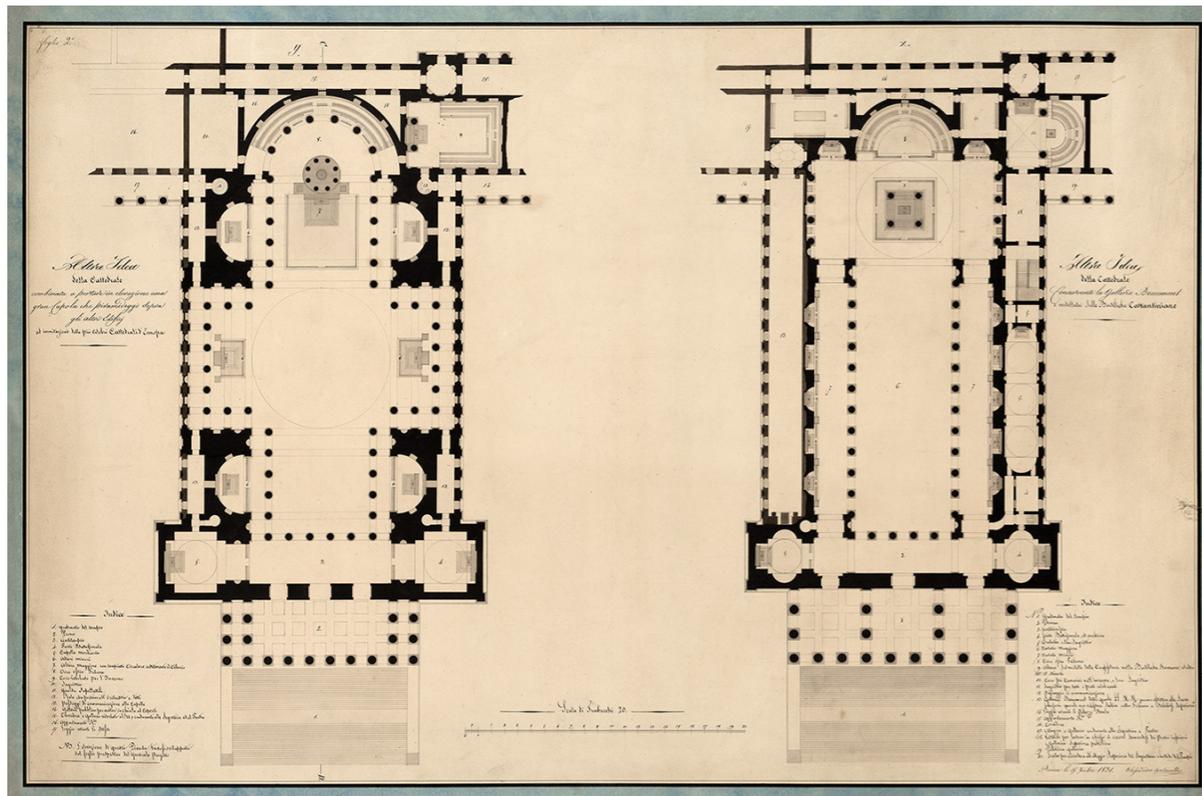


fig.33 Altra idea della cattedrale di Alessandro Antonelli

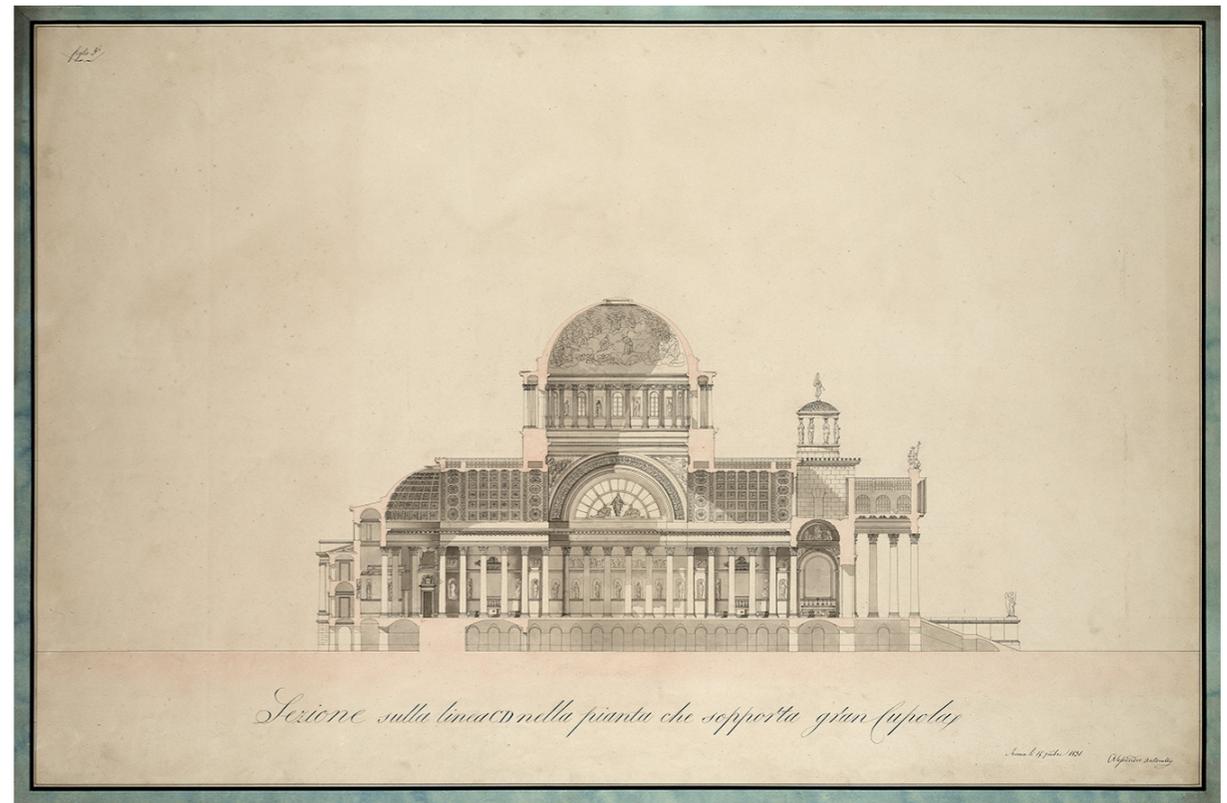


fig.34 Sezione sulla linea C D nella pianta che supporta la gran cupola di Alessandro Antonelli

ideate. Ciascuna di queste aveva una struttura longitudinale, ma solo due rispecchiavano i canoni della chiesa costantiniana e si integravano all'edificato esistente conservando la galleria Beaumont; la terza, contrariamente alle altre, era sviluppata "ad imitazione delle più celebri Cattedrali d'Europa" (Rosso, 1989), escludendo la galleria dai propri spazi di pertinenza e sormontando i suoi volumi con un'ampia cupola emisferica, posta a coronamento dell'imponente corpo

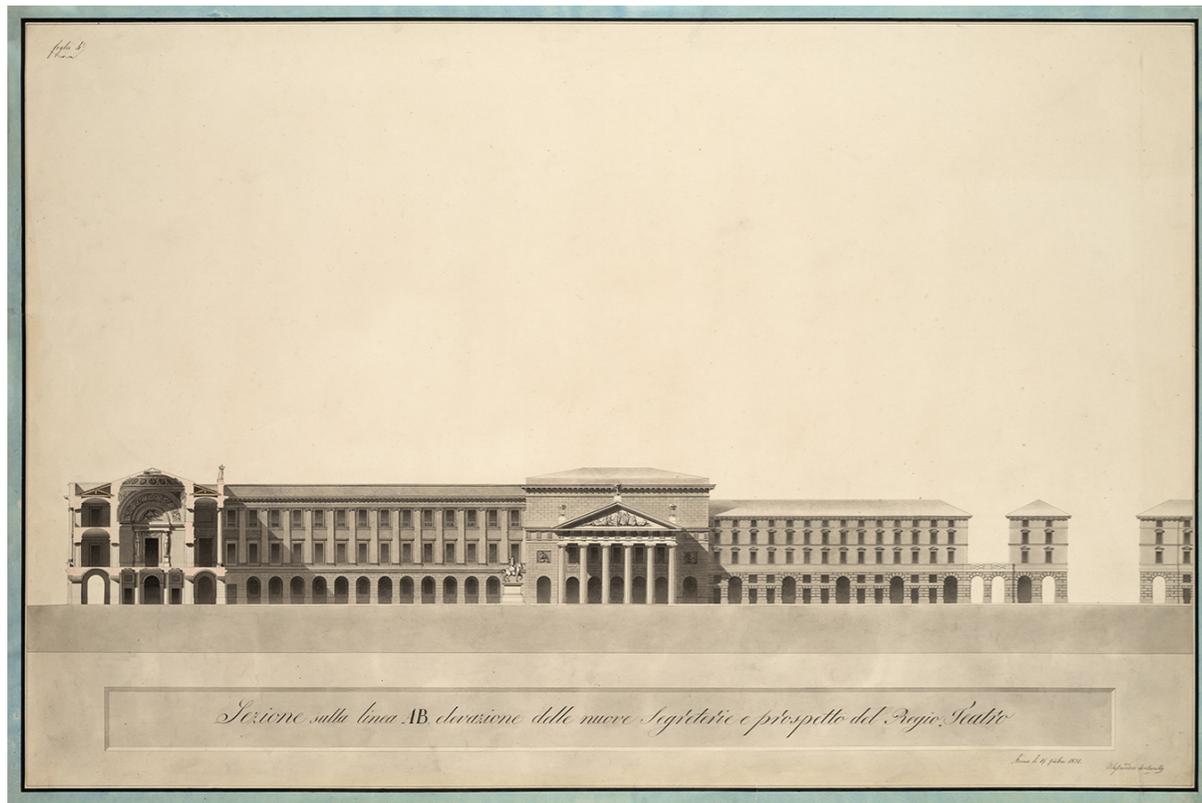


fig.35 Sezione sulla linea A B, elevazione delle nuove Segreterie e prospetto del Teatro Regio di Alessandro Antonelli

centrale. La commissione dell'accademia di Torino elogia, com'è possibile leggere dalla valutazione scritta e firmata dalla docenza dell'epoca, i disegni realizzati dall'architetto, considerando di grande pregio "lo zelo con cui è stato in ogni sua parte studiato al segno di non dover essere classificato fra i progetti meramente ideali e chimerici", "la grandiosità dell'invenzione" e "il merito del disegno" (Rosso, 1989).



fig.36 Elevazione generale sul progetto della Cattedrale che conserva la galleria Beaumont



fig.37 Progetto di decorazione per la Piazza Castello di Torino di Alessandro Antonelli



06

VAn-TO

Concezione narrativa dell'esperienza

Il primo aspetto affrontato è quello dell'ideazione del percorso narrativo che l'utente dovrà seguire una volta indossato lo strumento di visione per la realtà virtuale. Seppur la 'passeggiata virtuale' all'interno della piazza del progetto di Alessandro Antonelli sia il fulcro dell'esperienza, la sua contestualizzazione all'interno di una breve storia di cui l'utilizzatore è protagonista, aumenta notevolmente il grado di coinvolgimento ricercato. A questo proposito, in seguito a una fase di brainstorming che riguarda l'individuazione di quali siano i diversi atti della narrazione, in quali ambienti si sviluppino e quali siano gli elementi che nello spazio digitale devono emergere per poter guidare il pubblico verso il prosieguo dell'avventura, si realizza un breve storyboard. Questa operazione risulta cruciale per poter chiarire in via definitiva se il percorso che deve affrontare l'utente risulta sufficientemente lineare, privo di ambiguità, le quali rischierebbero di disturbare il soggetto che vive l'esperienza.

La soluzione trovata ricade nella suddivisione del percorso in due fasi principali: l'utente avrà modo di avviare la sua passeggiata all'interno di un ambiente che vuole simulare la ricostruzione dell'ipotetico studiolo all'interno di cui Antonelli ha concepito il Progetto di Decorazione della Piazza Castello di Torino. Camminando all'interno di questo spazio sarà possibile imbattersi in alcuni elementi d'arredo che richiamano i momenti e gli avvenimenti più determinanti per la formazione professionale dell'architetto. In seguito alla risoluzione di un breve enigma, che ha la funzione di accrescere il grado di coinvolgimento dell'utente, inducendolo alla scoperta dello studiolo e delle sue peculiarità,

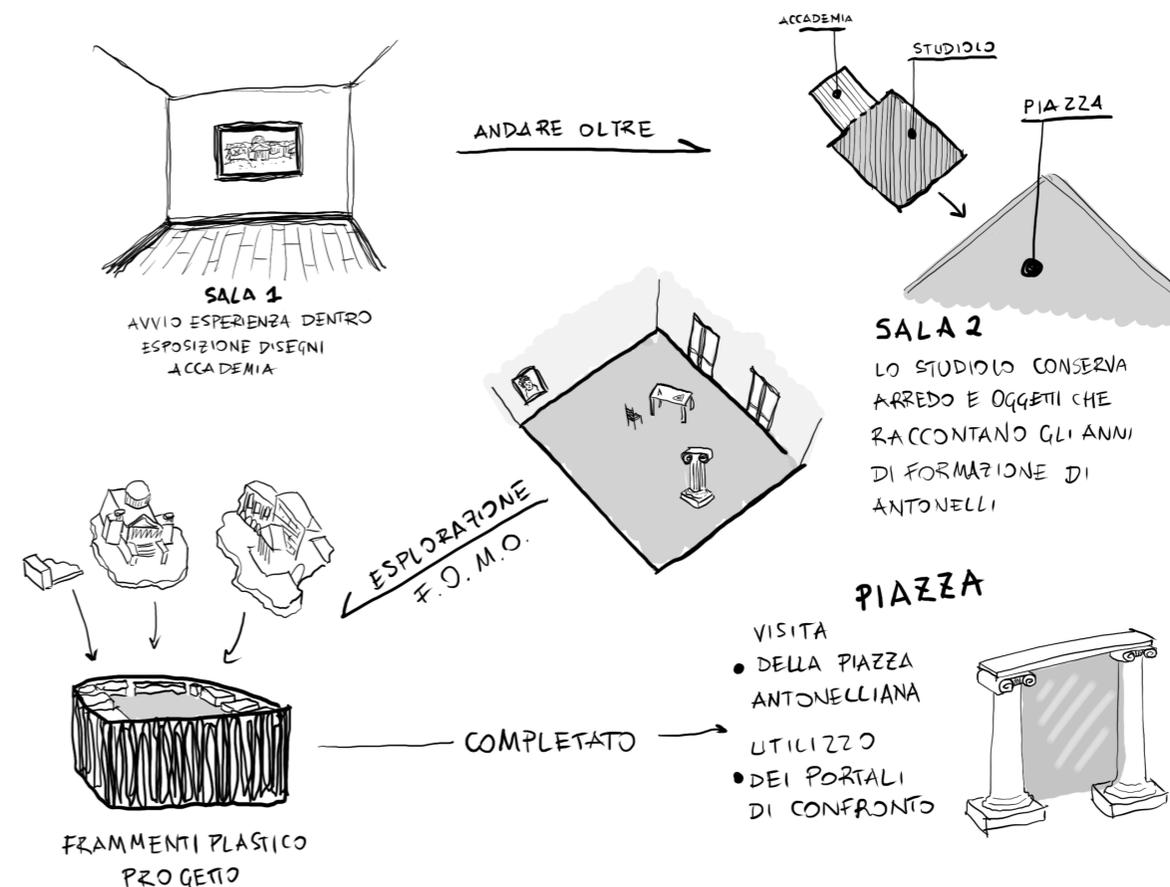


fig.38 Studio dei passaggi fondamentali dell'esperienza VAn-to

si avrà accesso alla piazza progettata da Antonelli. Girovagando nei suoi spazi, oltre a poter osservare da vicino i dettagli e le grandi modifiche previste dall'architetto sarà possibile individuare alcune postazioni che consentono di 'sbirciare' attraverso una finestra virtuale che inquadra la piazza castello reale, generando una possibilità di confronto immediato nonché studio delle

differenze tra le due soluzioni. Definite le linee guida da perseguire per realizzare il prodotto finale, si dà l'avvio alla prima operazione legata alla realizzazione dell'ambiente tridimensionale immersivo.

Analisi, lettura e digitalizzazione dei documenti

Prima di iniziare il processo di modellazione digitale ricostruttiva, è fondamentale esaminare attentamente i disegni disponibili. L'eredità lasciata dall'architetto comprende sei tavole datate 15 settembre 1831, realizzate con inchiostro e acquerelli da Antonelli stesso (eccetto per la tavola con la prospettiva, incisa da Alessandro Angeli). Dato che il progetto prevedeva tre alternative diverse della cattedrale - due con stile costantiniano e una ispirata "*alle più celebri cattedrali d'Europa*" (Rosso, 1989) - è necessario identificare quale di queste alternative offre il maggior numero di rappresentazioni utili per lo sviluppo dell'ambiente immersivo. La versione del nuovo duomo, caratterizzata da una cupola emisferica centrale, che esclude la conservazione della galleria Beaumont e presenta una morfologia più internazionale, risulta essere quella più dettagliata tra le illustrazioni disponibili. Pertanto, è stata scelta come oggetto di studio. Le tavole originali, conservate nel caveau dell'Accademia di Belle Arti, vengono quindi sottoposte a scansione per generare file d'immagine ad alta risoluzione. Questi file, opportunamente scalati e posizionati nello spazio di lavoro, costituiscono la base per lo sviluppo del modello tridimensionale.



fig.39 Processo di scannerizzazione delle opere

Modellazione digitale ricostruttiva

In questa fase, l'ambiente di lavoro all'interno di cui si svolgono le operazioni di modellazione dell'elaborato tridimensionale è quello del software Rhinoceros (versione 7.14). Noto anche come Rhino, è un software CAD (Computer-Aided Design) 3D sviluppato da Robert McNeel & Associates a partire dal 1992. Ampiamente utilizzato in svariati campi, tra cui architettura, design industriale, ingegneria, design di prodotto e del gioiello, Rhino si distingue per la sua flessibilità, potenza e versatilità.

La forza di questo programma risiede nella precisione e nel controllo che si ha nella realizzazione dei modelli tridimensionali, resa ottimale grazie alla modellazione NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines): si tratta di una metodologia basata sulla rappresentazione matematica molto accurata di curve e superfici tridimensionali, anche complesse. La loro natura matematica consente agli elementi di essere molto flessibili in quanto a scalabilità dei modelli e facilità di modifica, evitando la perdita di risoluzione a prescindere dalla variazione di dimensioni del progetto e garantendo un controllo assoluto sulle geometrie realizzate. Le geometrie NURBS sono composte da quattro elementi principali:

Punti di controllo: ovvero i punti che definiscono la forma della curva o della superficie. I punti di controllo non necessariamente si trovano sulla curva o sulla superficie, ma influenzano la loro forma in modo significativo.

Nodi: I nodi sono una sequenza di numeri che determinano come i punti di controllo influenzano la curva. La sequenza dei nodi può essere uniforme o non uniforme, influenzando la flessibilità e la precisione della rappresentazione.

Funzioni di base (B-Splines): Queste funzioni matematiche definiscono come i punti di controllo contribuiscono alla forma finale della curva o della superficie. Le funzioni di base B-Spline sono combinate per formare la curva NURBS.

Pesi: Ogni punto di controllo ha un peso associato che determina l'influenza di quel punto sulla curva o sulla superficie. Modificando i pesi, è possibile affinare ulteriormente la forma ottenuta.

Questi elementi lavorano insieme per permettere alle NURBS di rappresentare con precisione sia forme semplici che complesse, rendendole estremamente versatili in vari campi come l'ingegneria, l'architettura e la grafica computerizzata. Il software sopra descritto appartiene a un insieme di applicativi dedicati alla modellazione digitale, pertanto la scelta del suo utilizzo è dettata da alcune sue caratteristiche che hanno reso più efficiente il flusso di lavoro finalizzato alla realizzazione di questo progetto.

Tra le più celebri alternative a Rhinoceros troviamo sicuramente Blender, un software open-source gratuito che offre un'ampissima gamma di funzionalità per la modellazione, la scultura, l'animazione e il rendering, ideale per la realizzazione di progetti creativi e multimediali. Le caratteristiche su cui però perde il confronto con il programma prescelto risultano essere in primis la

minore efficacia in quanto a modellazione NURBS, poiché strumento marginale all'interno del pool di possibilità offerte all'interno di Blender; in secondo luogo l'interfaccia, complessa e particolarmente articolata, che concretizza una curva di apprendimento del programma piuttosto impegnativa. Una seconda ipotesi risiede in Sketchup, la cui intuitività d'utilizzo sicuramente va a vantaggio di un'utenza alle prime armi con gli strumenti di modellazione tridimensionale, ma che risulta piuttosto approssimativa nel caso in cui si manifesti la necessità di realizzare progetti di natura complessa come il suddetto. Il punto di forza del software sta proprio nella semplicità di creazione di geometrie utili alla realizzazione di presentazioni e modelli concettuali, ma come avviene per Blender risulta limitato sotto l'aspetto di modellazione NURBS, elemento chiave ai fini della realizzazione di un modello tridimensionale architettonico preciso.

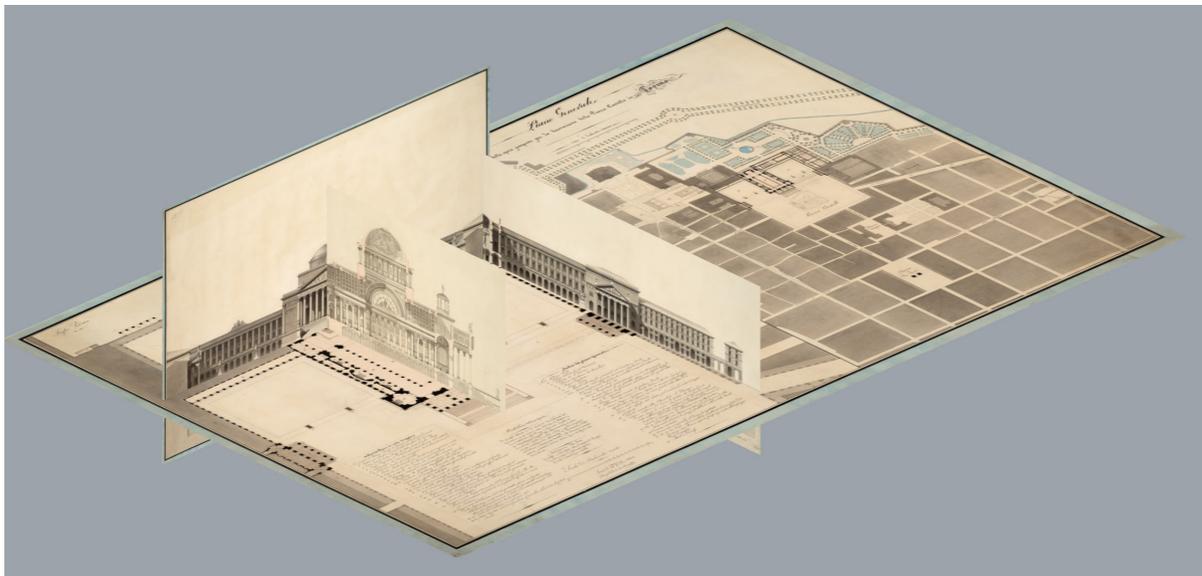


fig. 40 Le scannerizzazioni delle tavole originali sono orientate, scalate e allineate nello spazio di modello

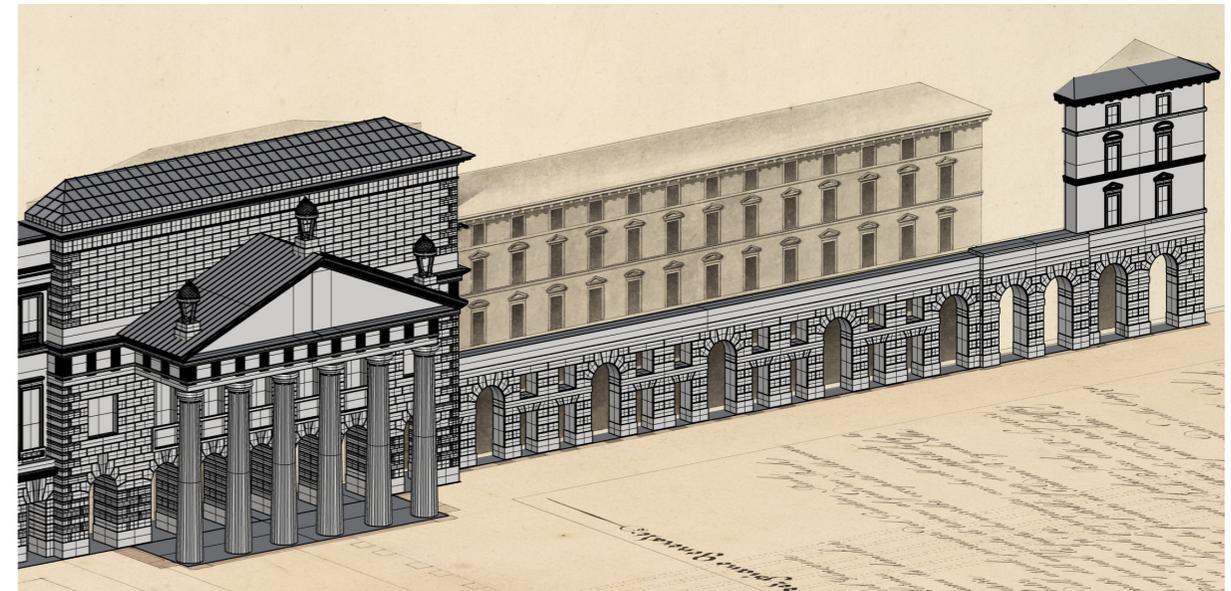


fig. 41 Modellazione digitale ricostruttiva del prospetto Est tramite geometrie NURBS

Ha quindi inizio la fase operativa all'interno di Rhino: le scansioni digitali dei disegni del giovane Antonelli vengono importate all'interno dello spazio di modello del software, per poi essere opportunamente scalate attraverso la conversione delle misure di lunghezza da trabucchi piemontesi a metri (1 trabucco = 3,082596 metri). Le tavole vengono allineate nello spazio tridimensionale ed è possibile avviare la modellazione attraverso un 'ricalco' dei disegni, che costituiscono i riferimenti grafici per la generazione delle superfici e delle geometrie solide a partire da quelle disegnate su carta. La quasi totalità della piazza viene ricreata seguendo le tracce delle illustrazioni prodotte dall'architetto, ma alcune piccole aree del progetto risultano inevitabilmente metricamente meno affidabili, come ad esempio la parte posteriore della

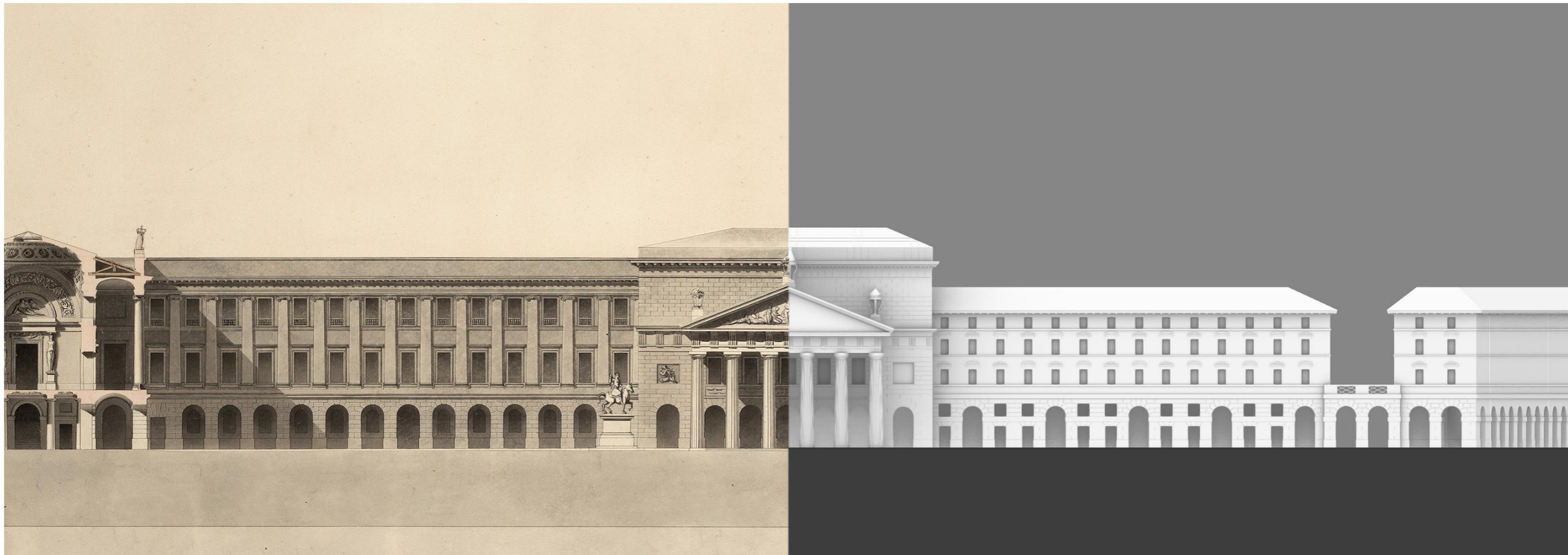


fig. 42 Confronto modello 3D - tavola originale del prospetto Est della Piazza Castello di Alessandro Antonelli



fig. 43 Vista di dettaglio del pronao ottastilo e del timpano del Nuovo Duomo nella Piazza Castello di Alessandro Antonelli



fig. 44 Vista dell'ingresso della chiesa di San Lorenzo nella Piazza Castello di Alessandro Antonelli



fig. 45 Vista della Piazzetta delle Segreterie nella Piazza Castello di Alessandro Antonelli

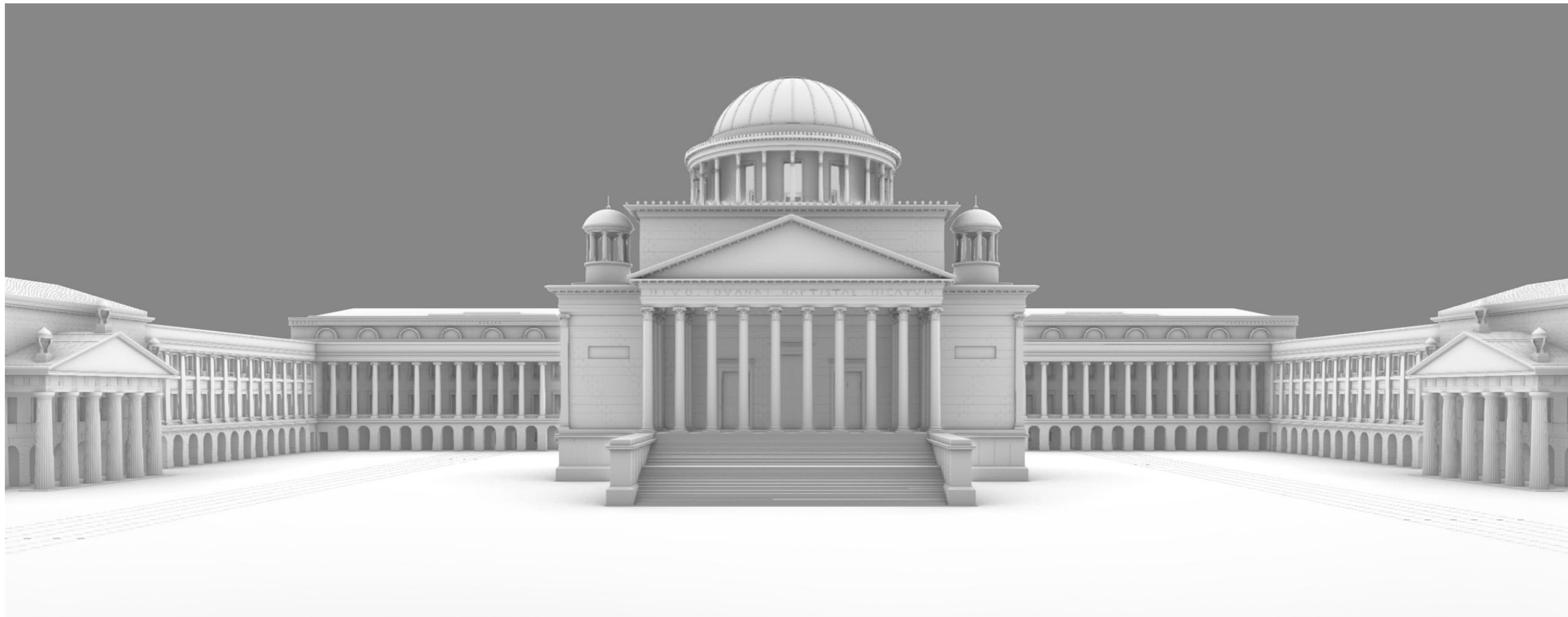


fig. 46 Vista del modello tridimensionale della Piazza Castello di Alessandro Antonelli

cattedrale. Essa non è visibile dalla tavola prospettica, quella più ricca di dettagli, pertanto ci si affida alle rappresentazioni in pianta e sezione per concepire le geometrie dei volumi previsti nel progetto. Nell'esperienza viene fornita all'utente la possibilità di vivere un confronto tra le due versioni della piazza: quella immaginata dall'autore e quella attuale.

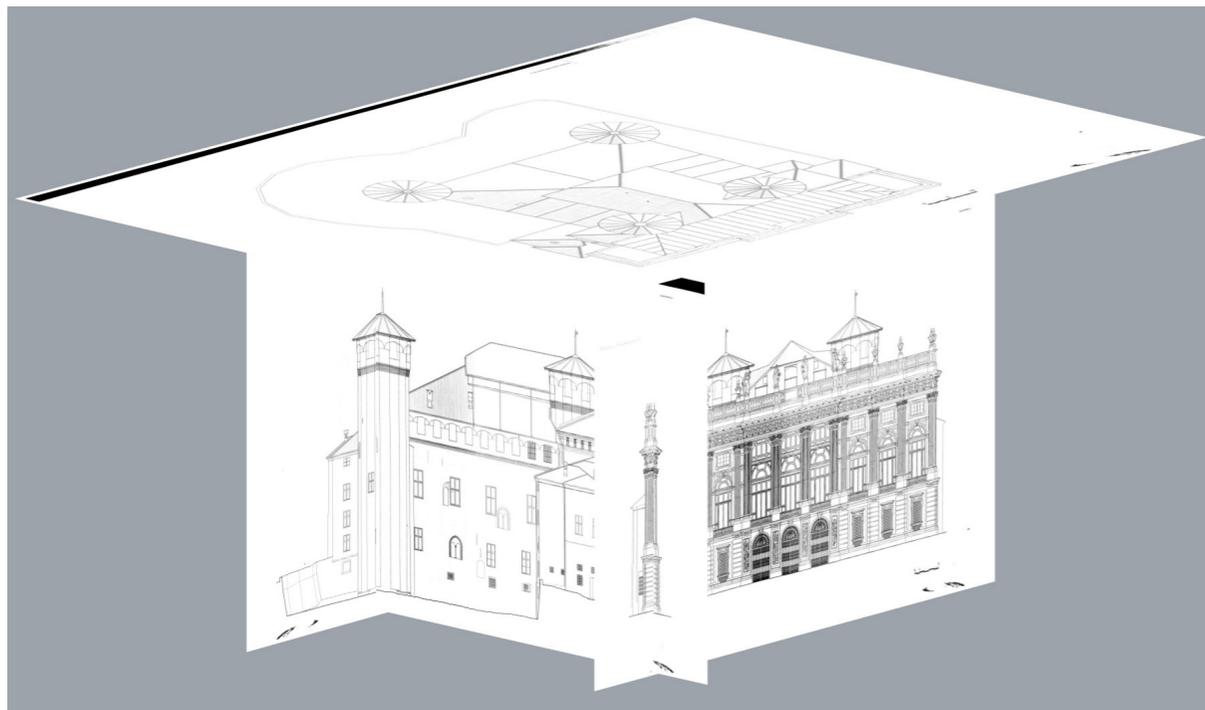


fig. 47 Posizionamento delle tavole del rilievo del Castello all'interno dello spazio di modello

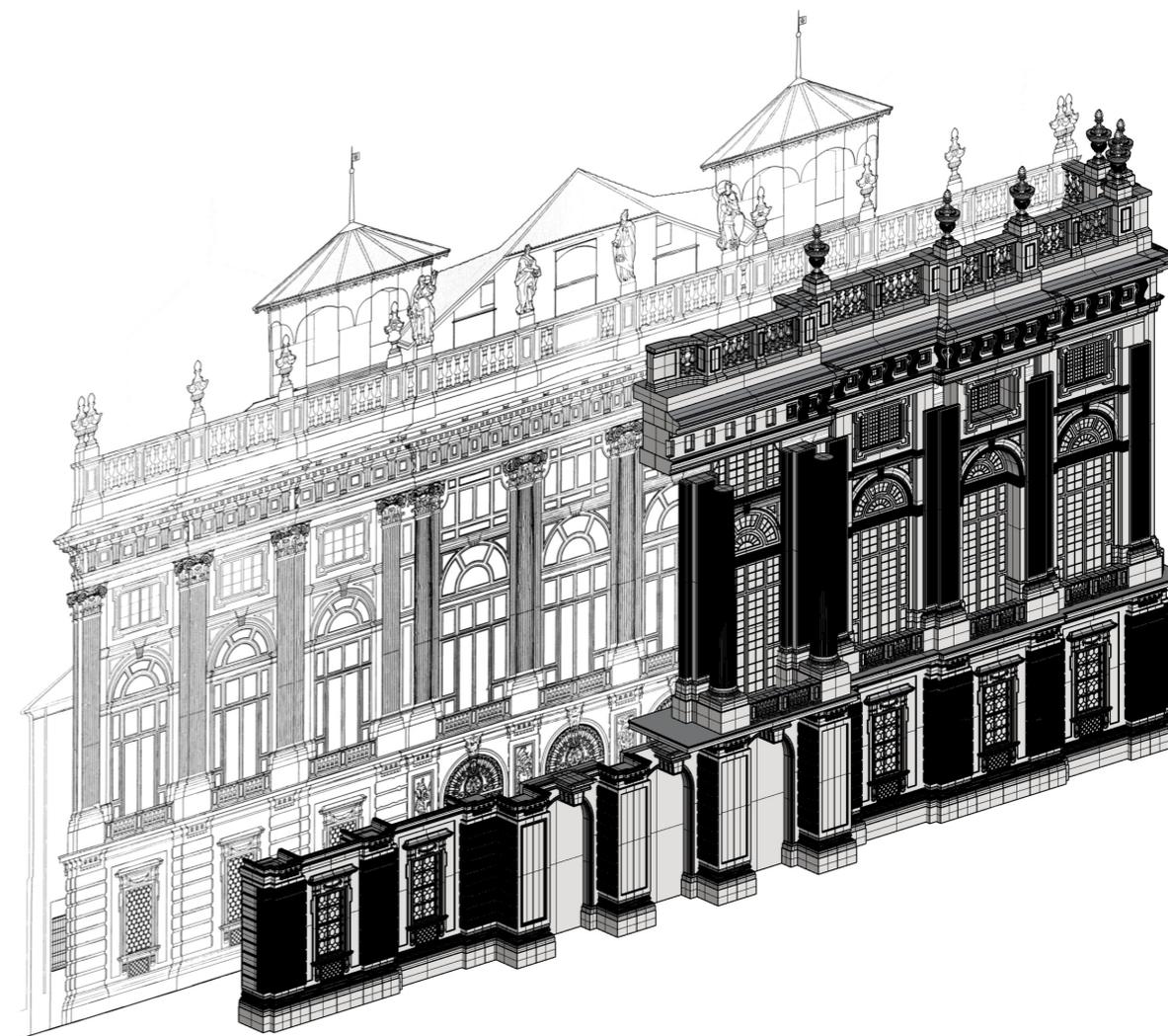


fig. 48 Modellazione digitale ricostruttiva di Palazzo Madama tramite geometrie NURBS



fig. 49 Vista di dettaglio del modello tridimensionale di Palazzo Madama

Per la realizzazione di Palazzo Madama e delle restanti consistenze architettoniche che connotano la Piazza Castello contemporanea si è seguita una procedura analoga a quella appena descritta: attraverso i disegni derivanti dai rilievi effettuati per un'operazione di restauro di Palazzo Madama si è definito il modello del castello medievale e dello scalone juvarriano.



fig. 50 Vista di dettaglio di Palazzo Madama

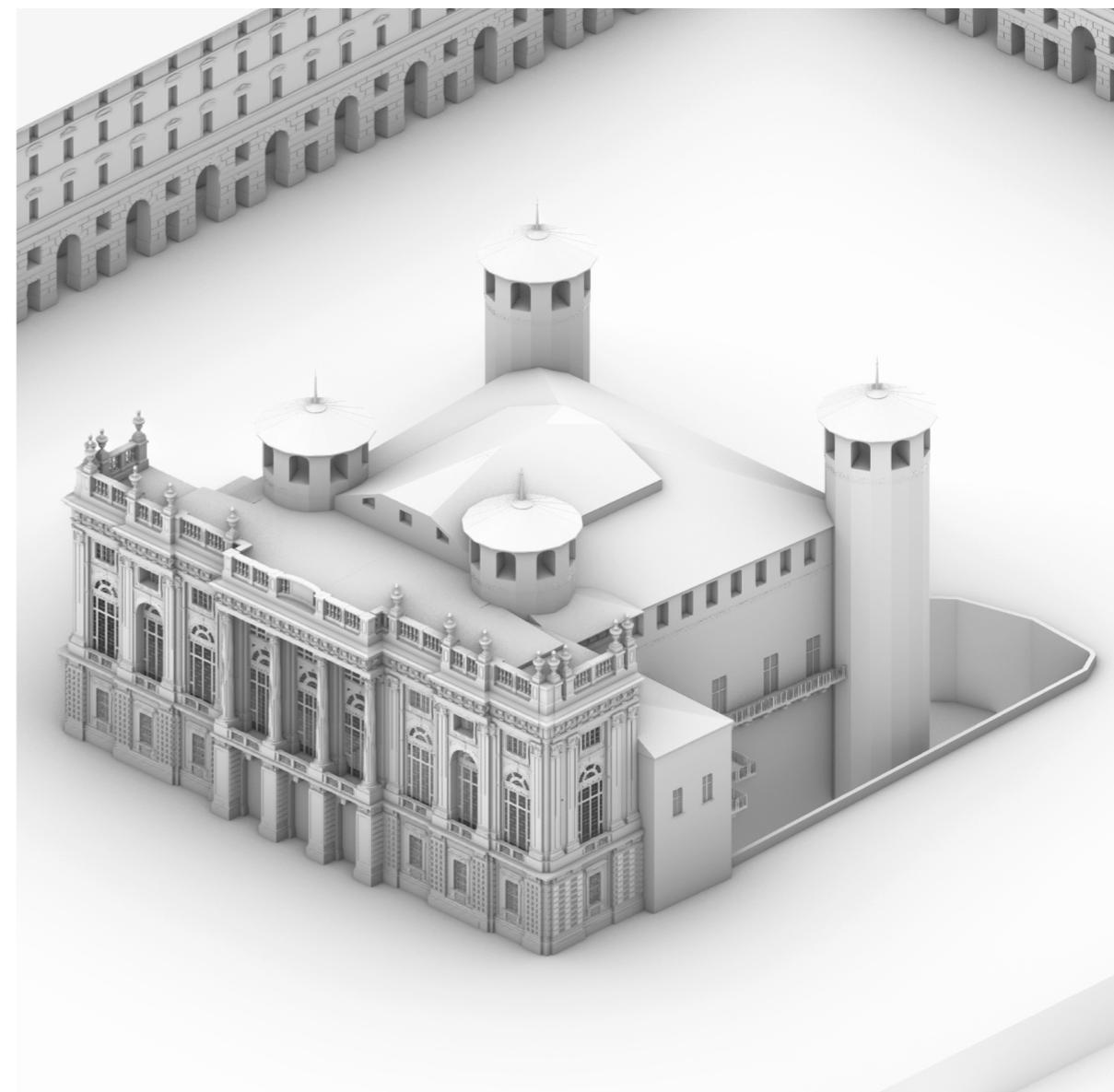


fig. 51 Vista assonometrica di Palazzo Madama

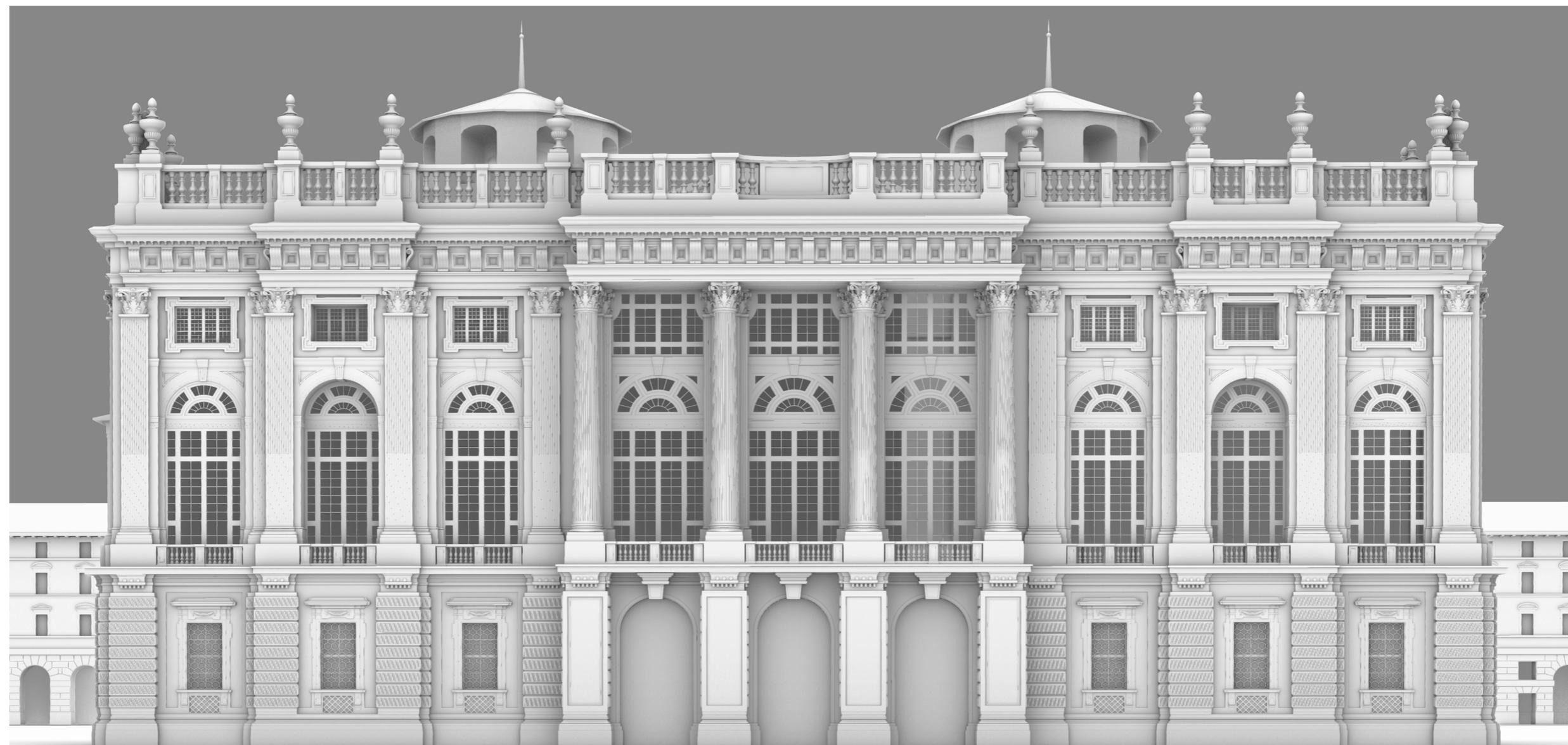


fig. 52 Vista del modello tridimensionale del prospetto ovest di Palazzo Madama

Si completa infine la piazza realizzando i fronti dell'intero perimetro. A conclusione della fase di modellazione viene sviluppata l'area d'inizio dell'esperienza, lo studiolo dell'architetto. Quest'ultimo si articola in una serie di stanze all'interno di cui vengono disposti diversi oggetti che rimandano a momenti e concetti chiave direttamente connessi al Progetto di Decorazione di Piazza Castello e alla formazione professionale di Alessandro Antonelli. La realizzazione dell'apparato avviene tramite processi di modellazione digitale. Alcuni dei vari oggetti d'arredo più complessi sono scelti all'interno della libreria di risorse 3D fotorealistiche Megascans, la quale è direttamente connessa con lo spazio di lavoro di Unreal Engine attraverso Quixel Bridge. L'utilizzo di questo tipo di modelli garantisce una resa qualitativa elevata, data la natura delle geometrie che hanno origine da scansioni di oggetti reali.

Mesh e ottimizzazione topologica delle geometrie

Lo step successivo ha la funzione di elaborare le geometrie tridimensionali modellate su Rhino, in modo da convertire gli elementi NURBS in Mesh, modelli composti da una rete di triangoli (o altri poligoni) interconnessi. Le mesh costituiscono una soluzione a diverse problematiche della realizzazione dell'applicativo: il passaggio seguente alla fase di modellazione risiede nell'uso del motore grafico Unreal Engine, il quale è ottimizzato specificamente per la manipolazione di questo genere di geometrie. Le tecnologie relative al LOD (Level Of Detail), l'occlusion culling e la recente introduzione dell'algoritmo Nanite, necessarie all'efficientamento dell'elaborazione dei dati prevista dal programma, possono funzionare solamente se applicate alle MESH. Questa trasformazione risulta pertanto essenziale nel flusso di lavoro complessivo. La realizzazione delle geometrie NURBS permette di raggiungere l'elevato grado di precisione ricercato, costituendo la base su cui si possono generare delle mesh particolarmente accurate, pronte ad essere gestite all'interno del motore grafico. L'operazione di conversione si svolge attraverso due fasi, la prima costituita dall'uso del comando 'Mesh' applicato sulla polisuperficie NURBS selezionata. A seconda del grado di dettaglio necessario per la geometria in oggetto di trasformazione è possibile scegliere quanto fitta dovrà essere la maglia di poligoni generata dal software.

Risulta necessario un ulteriore processo legato all'ottimizzazione delle mesh le quali, spesso, in seguito alla conversione acquisiscono una struttura poligonale eccessivamente fitta e disordinata, rendendo così il modello digitale inutilmente 'pesante' e dunque di difficile gestione. In questo caso avviene la seconda operazione: l'uso del comando 'QuadRemesh', proprio del software Rhinoceros, consente la riconfigurazione della struttura delle geometrie e permette al tempo stesso di alleggerire la mesh organizzando la sua forma secondo l'uso di facce quadrangolari. In questo modo si riesce a mantenere il grado di dettaglio desiderato, riducendo drasticamente il numero di poligoni presenti del modello.

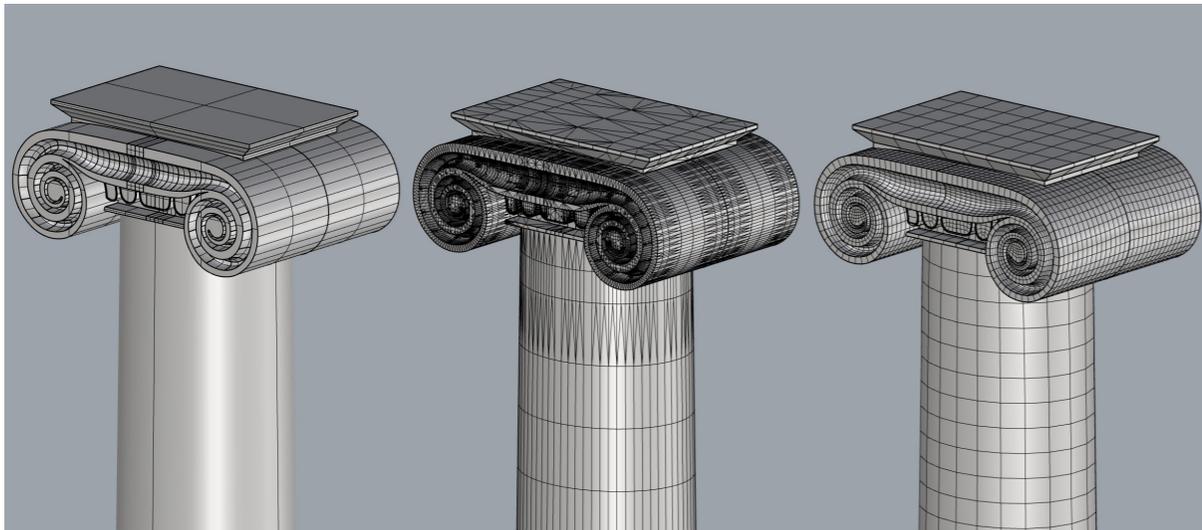


fig. 53 Confronto delle strutture del modello tridimensionale di un capitello: a sinistra una geometria NURBS, in centro una geometria MESH con poligoni triangolari, a destra una geometria MESH ottimizzata con poligoni quadrangolari

Importazione del modello digitale in Unreal Engine e realizzazione degli ambienti immersivi

Nelle fasi successive dello sviluppo dell'esperienza immersiva l'attenzione si sposta sul motore grafico Unreal Engine, software sviluppato da Epic Games, ampiamente utilizzato per la creazione di videogiochi, visualizzazioni architettoniche, film, e altre applicazioni interattive. Sin dal suo debutto nel 1998, Unreal Engine ha subito numerosi aggiornamenti, diventando uno dei motori grafici più potenti e versatili disponibili sul mercato. Il software è particolarmente adatto per la realizzazione di applicazioni per la realtà virtuale, grazie alle sue caratteristiche avanzate e al supporto nativo per i principali visori VR come Oculus Rift, HTC Vive, PlayStation VR. Il motore grafico si distingue specialmente per la sua capacità di rendering in tempo reale, cosa che consente di valutare la resa grafica del prodotto anche durante la fase di sviluppo dello stesso. Questo risultato è possibile grazie all'efficace gestione dei dati che è in grado di elaborare: l'ottimizzazione delle prestazioni dettata da particolari algoritmi e metodologie proprie del motore grafico consentono di mantenere una grande fruibilità delle applicazioni sviluppate, garantendo un frame rate sufficientemente alto da proteggere gli utenti dall'eventuale *motion sickness*. Un'altra caratteristica importante risiede nella sua offerta di un sistema di scripting visivo chiamato Blueprint. Quest'ultimo permette di creare logiche d'interazione tra utente e ambiente digitale senza la necessità di scrivere codice vero e proprio. In questo modo l'uso del software è reso accessibile

anche ai professionisti che non hanno una formazione completa da programmatore puro. Per prima cosa, viene creato un progetto di lavoro a partire dal template Games, Virtual Reality, il quale contiene di default tutte le risorse utili allo sviluppo di un applicativo dedicato al visore per la VR. Una volta avviato il progetto, vengono importate all'interno del *Content Drawer* (la libreria contenente gli elementi di lavoro) le geometrie prodotte e convertite precedentemente su Rhinoceros. In questa fase è importante sottolineare la scelta di usufruire della recente tecnologia Nanite, un algoritmo che permette l'importazione e visualizzazione di modelli 3D di grandi dimensioni, mantenendo elevato il grado delle prestazioni grazie alla gestione automatica e in tempo reale del LOD (Level Of Detail). Realizzata questa operazione, si è proceduto con l'inserimento delle diverse parti modellate all'interno dello spazio virtuale dell'Editor, per poi disporle in maniera ordinata secondo quanto previsto dal percorso precedentemente

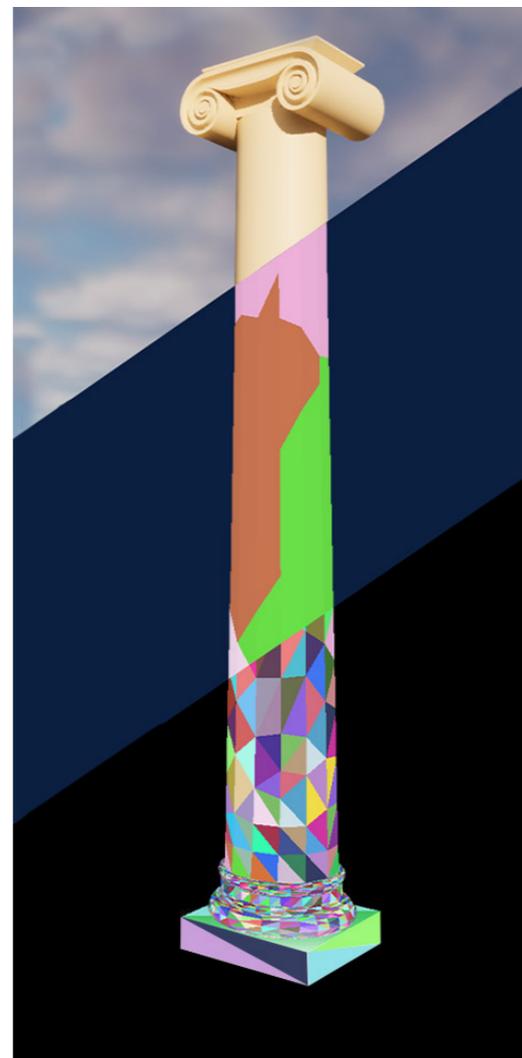


fig. 54 Illustrazione che descrive il funzionamento dell'algoritmo Nanite, capace di cambiare il numero di poligoni delle geometrie in maniera dinamica

studiato. La precedente organizzazione dei diversi oggetti tridimensionali secondo layer diversi facilita di molto la loro gestione all'interno del motore grafico, velocizzando i processi d'assegnazione dei materiali alle varie superfici. Questi, insieme a una disposizione ragionata delle fonti luminose, conferiscono all'esperienza un maggiore realismo e quindi un più elevato coinvolgimento del visitatore. Una volta completata questa fase, l'ambiente è strutturalmente ed esteticamente pronto, ma necessita di ulteriori rielaborazioni per poter supportare la presenza del soggetto che li visiterà. Per garantire la possibilità di spostamento all'interno degli spazi modellati, è necessario definire nelle mesh importate l'attributo di collisione, il quale rende le geometrie in grado di comportarsi come veri e propri solidi, impedendo di essere attraversate e costituendo il piano di calpestio che permette lo spostamento nello spazio

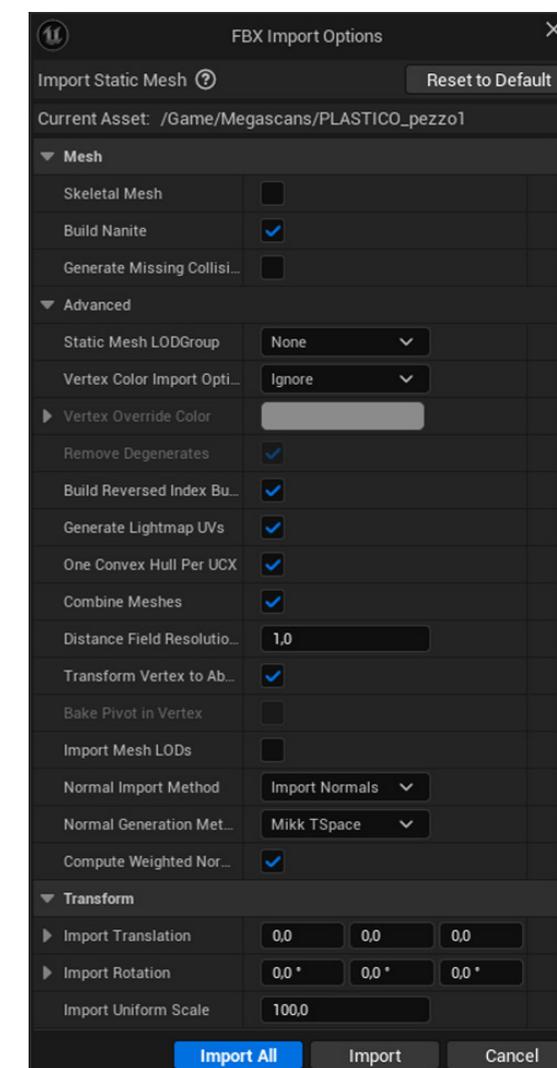


fig. 55 Menu delle opzioni relative alla fase d'importazione dei modelli tridimensionali all'interno di Unreal Engine

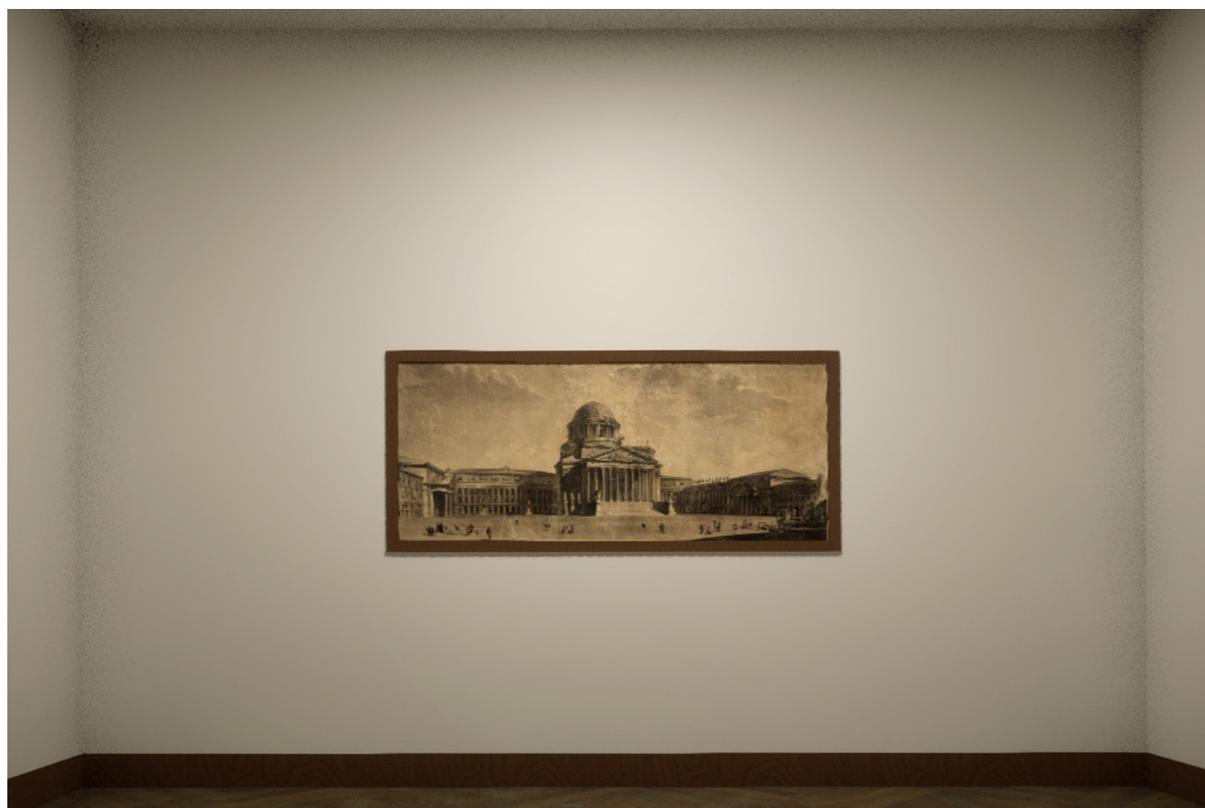


fig. 56 L'applicazione dei materiali alle superfici delle geometrie aumenta il grado di realismo della scena e quindi la sua immersività

dei visitatori. In particolare, vengono prese in considerazione le geometrie relative ai pavimenti, muri, corrimano etc., e per ragioni di ottimizzazione e leggerezza dei file di lavoro vengono escluse da questo processo le mesh con cui non è previsto che l'utente entri in contatto. In ultimo, risulta necessario inserire l'elemento *NavMeshBoundsVolume*, che aiuta a definire i confini all'interno dei quali è necessario che il software calcoli le caratteristiche di collisione. Un



fig. 57 Visualizzazione in tempo reale delle geometrie con l'attributo di collisione attivo, che impedisce la compenetrazione involontaria del soggetto con i modelli tridimensionali

altro aspetto fondamentale riguarda il sistema di movimento del soggetto che parteciperà all'esperienza. Il visore Meta Quest 3 è l'hardware selezionato per l'uso dell'applicativo ed è compatibile con l'impianto di locomozione Point & Teleport, già presente di default all'interno del template Games, Virtual Reality. Con il joystick del controller destro è possibile puntare e scegliere la posizione in cui spostarsi, mentre con il joystick del controller sinistro, puntandolo verso destra o sinistra, è possibile effettuare una rotazione della visuale pari a circa 30°. La scelta di mantenere questo sistema di movimento è dettata dalla sua semplicità di utilizzo e dalla ridotta induzione di sintomi da cinetosi, anche nei riguardi di un'utenza non esperta e non abituata all'uso di strumenti di visione di realtà virtuale.

Le interazioni

A completamento del lavoro vengono definite e realizzate attraverso il linguaggio di VPL proprio di Unreal Engine, *Blueprint*, le tipologie d'interazione utente-ambiente nei diversi spazi dell'esperienza.



fig. 58 Tipologia d'interazione 1: all'avvicinarsi dell'utente a una determinata area, viene prevista la comparsa di una descrizione della stessa attraverso un testo pop-up

Nello specifico, durante la prima fase del percorso virtuale, nello studio dell'architetto, sono previste due modalità d'interazione con l'ambiente: la prima consiste nella comparsa di testi pop-up ogniqualvolta l'utente si avvicini a uno degli oggetti d'arredamento relativi alla storia di Alessandro Antonelli e alla sua formazione. Per realizzare questa forma d'interazione si è rivelato necessario l'utilizzo di *BoxCollision*, elementi che, una volta riconosciuta la presenza dell'utente all'interno dei confini definiti, consentono di avviare animazioni programmate.

La seconda forma d'interazione riguarda invece la modalità di risoluzione dell'enigma presente all'interno della stanza. L'utente ha come primo compito quello di raccogliere i frammenti del plastico del progetto di decorazione di piazza castello, i quali vanno successivamente posizionati ordinatamente all'interno della teca. Per rendere possibile quanto descritto, è importante attribuire alle mesh rappresentanti i suddetti frammenti l'elemento Grab Component, che consente di riconoscere la geometria come 'afferrabile' dall'utente attraverso la pressione degli appositi tasti presenti nei controller. In questa maniera i frammenti possono essere raccolti, spostati e collocati di modo da ricomporre il plastico completo. Il secondo ambiente, 'la Piazza di Antonelli', custodisce la terza e ultima forma d'interazione di cui il visitatore può usufruire. Lungo lo spazio urbano esplorabile sono disposte alcune strutture, identificate come 'portali', che consentono di 'affacciarsi' sulla piazza alternativa a quella visitata (la Piazza Castello attuale), di modo da poterne verificare nell'immediato le grandi differenze tra i due progetti.

Per ottenere questo risultato è stato necessario effettuare delle acquisizioni



fig. 59 Tipologia d'interazione 2: l'utente può afferrare i pezzi del pasticcio del progetto per ricomporre il modello completo e accedere alla zona successiva

virtuali dello spazio relativo al modello 3D della Piazza Castello reale: grazie al componente *Cubemap* è stato possibile simulare lo scatto di diverse fotografie a 360°, posizionate nei punti corrispondenti ai luoghi in cui verranno predisposti i portali. L'immagine derivata da questa operazione viene applicata al pannello presente nella geometria del portale, il quale può riprodurre lo scatto virtuale per far sì che l'utente, guardandolo, possa osservare la piazza alternativa. Per garantire un maggiore grado d'immersività l'immagine a 360° viene resa 'dinamica': a seconda del punto da cui l'utente osserva il portale, la proiezione

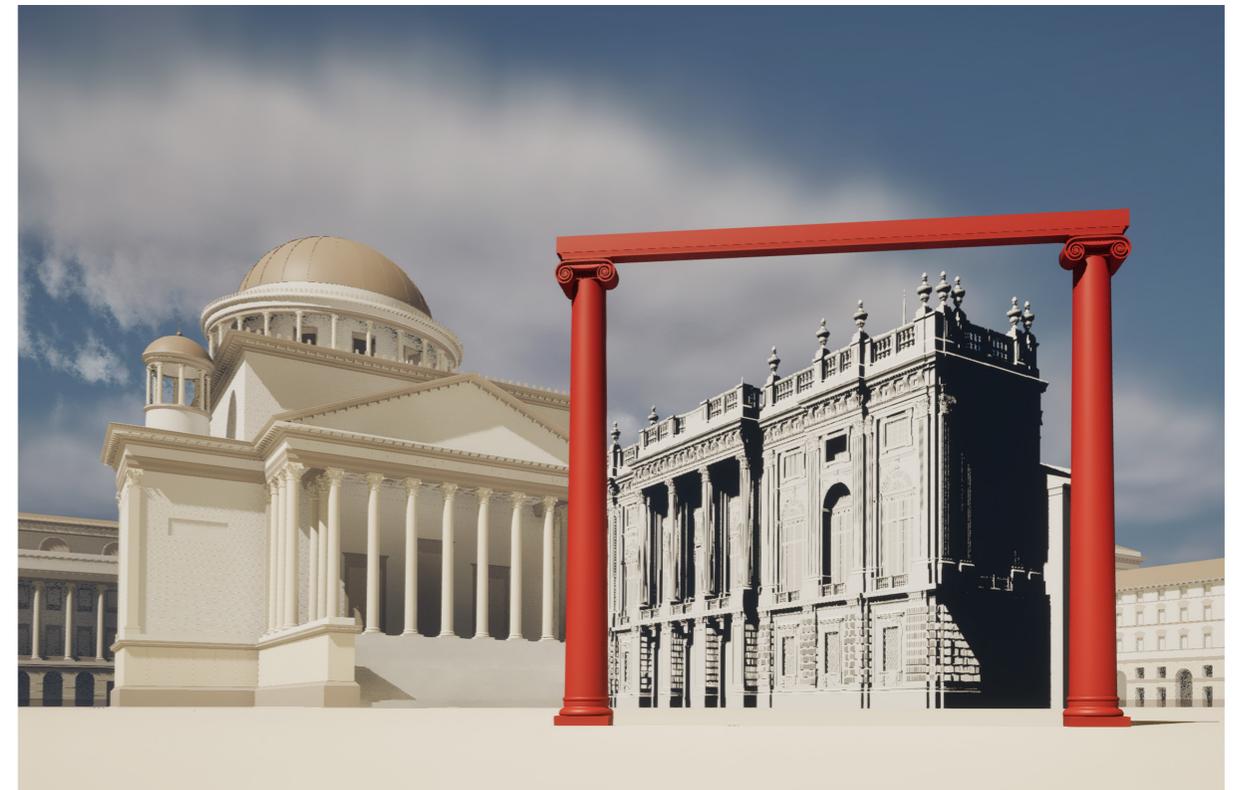


fig. 60 Tipologia d'interazione 3: l'utente ha modo di confrontare le due piazze alternative grazie all'uso dei portali dell'altra piazza adatterà la propria prospettiva orientandosi continuamente verso l'osservatore, dandogli la possibilità di guardare in ogni scorcio, come in una finestra. L'applicativo risulta quindi completato e pronto per essere esportato ed utilizzato.

Il risultato

Il primo ambiente virtuale, chiamato 'Lo studiolo di Antonelli', funge da zona di transizione e mediazione, guidando il visitatore dal mondo reale a quello virtuale senza un distacco netto. Questo ambiente digitale cerca di richiamare, con forme semplici e familiari, lo spazio fisico-reale in cui è prevista la fruizione dell'esperienza, cioè le sale del Museo della Pinacoteca dell'Accademia Albertina. Lo spazio virtuale diventa così una sala aggiuntiva al percorso di visita già esistente all'interno del Museo, creato per la mostra *Neoclassicismi a Torino, Dal Settecento al giovane Antonelli*. Lo spazio così configurato è un ambiente interno, caratterizzato da:

- una zona dedicata all'introduzione e alla spiegazione dei comandi di base necessari per vivere l'esperienza;
- una zona esplorabile, simile allo studiolo dell'architetto, dove il visitatore può muoversi per approfondire i temi culturali dell'autore.

In questo ambiente intimo sono presenti vari oggetti che evocano le tappe fondamentali della vita dell'architetto. Alcune interazioni permettono di sottolineare l'importanza di questi oggetti, facilitando la comprensione e creando un legame tra il visitatore contemporaneo e l'autore del passato. Questo approccio offre un'esperienza immersiva capace di oltrepassare i confini spaziali e temporali, focalizzando l'attenzione del visitatore su una figura così poliedrica e complessa come l'architetto Antonelli. I confini spaziali

vengono superati mettendo in connessione e sovrapposizione due città lontane tra loro: Roma e Torino, i principali scenari della formazione dell'autore. I confini temporali vengono superati attraverso l'inserimento, in un unico spazio, di elementi appartenenti a differenti momenti chiave della vita dell'architetto. Questo consente di seguire un filo conduttore che rivela al visitatore le tappe salienti della vita di Antonelli, permettendogli di comprendere la sua crescita personale e professionale. I principali momenti chiave individuati sono: il pensionato romano, corrispondente alla successiva formazione quinquennale compiuta a Roma, dopo il conseguimento del titolo di architetto e ingegnere; in particolare orienta il proprio sguardo alle maestose architetture civili (Pantheon) e religiose (San Pietro) del passato; l'apprendistato, il periodo corrispondente all'acquisizione da parte del giovane architetto del proprio linguaggio e dei propri caratteri che hanno portato al consolidamento della sua forte personalità; i progetti antecedenti per la città di Torino che hanno influenzato il giovane Antonelli per la proposta di una nuova Cattedrale in Piazza Castello, riferendosi ad alcune figure illustre come Juvarra, Alfieri e Canina. Al centro dell'esperienza è importante l'aspetto interattivo assunto mediante due figure chiave dell'ecosistema museale: il fruitore, colui che visita per esplorare e acquisire nuove conoscenze, e il contenuto, ovvero ciò che attraverso la propria biografia porta con sé una eterogeneità di significati celati tutti da svelare. L'importanza di questo processo assume un ruolo significativo nell'ambito del museo reale/fisico, a causa della necessità di alcuni elementi che possono essere considerati d'interferenza in questa relazione, svolgendo la funzione di barriera e/o di filtro per garantire una corretta tutela e conservazione del contenuto. Questa relazione acquisisce una sua rilevanza anche nell'ambiente



fig. 61 Vista del primo ambiente dell'esperienza: lo studiolo dell'architetto

virtuale, dove attraverso l'utilizzo degli strumenti forniti dal digitale è possibile oltrepassare le interferenze fisiche proprie del mondo reale, consentendo una sofisticata e sempre più intima connessione. L'interazione viene così realizzata attraverso l'utilizzo di touch controller che permettono di relazionarci con gli elementi-chiave individuati, attivando degli enigmi/micro-giochi il cui superamento consente di acquisire dei contenuti di natura multimediale per

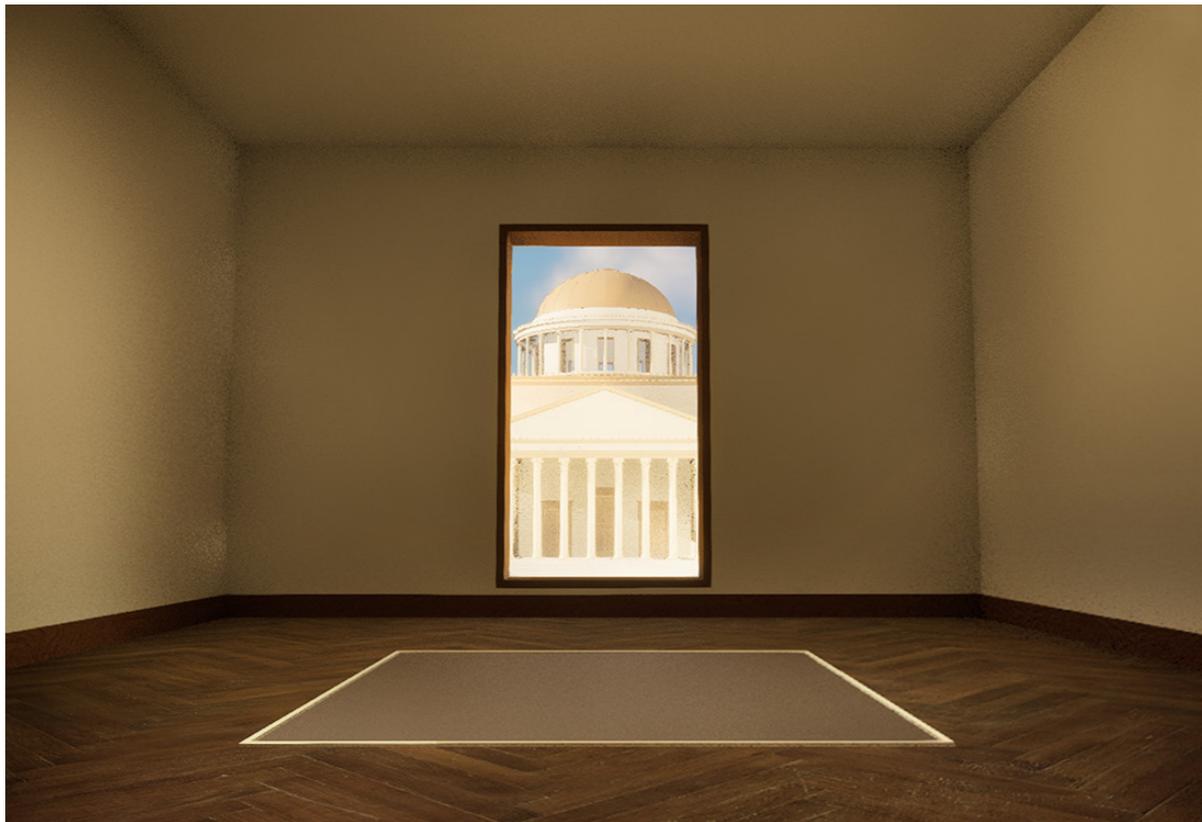
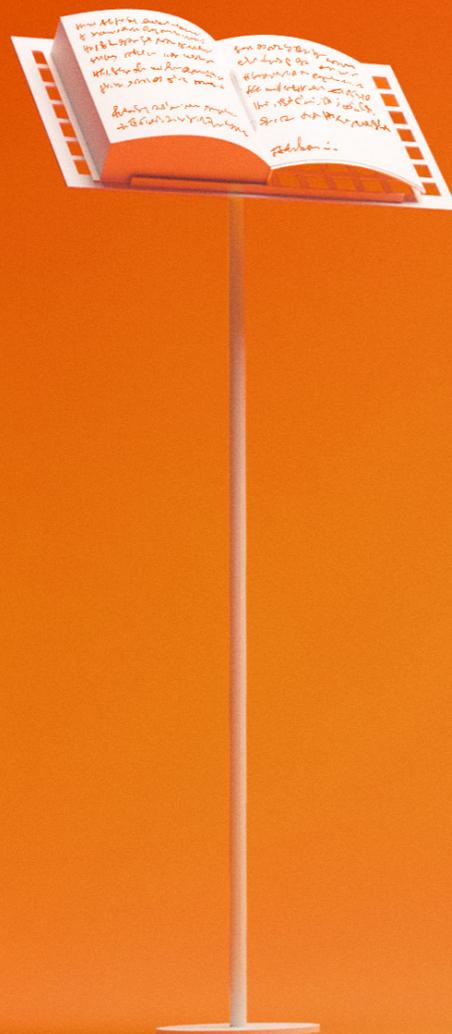


fig. 62 Una volta completato il plastico è possibile accedere alla piattaforma che farà raggiungere la piazza al visitatore

arricchire e consolidare l'esperienza, nonché una porzione di plastico (premio), il cui assemblaggio finale permette di visualizzare l'intero plastico del progetto della Cattedrale per Piazza Castello, sbloccando e rendendo accessibile il successivo scenario immersivo. Il secondo ambiente virtuale rappresenta il maestoso progetto proposto per Piazza Castello da Antonelli, la Cattedrale, nella sua dimensione urbana e visitabile alla sua scala umana. Rispetto al precedente ambiente, qui l'antitesi è la visualizzazione di uno spazio aperto immaginifico, le cui tracce sono reperibili solo attraverso le tavole conservate presso la Pinacoteca. La volontà di riproporre il progetto mai realizzato da parte dell'architetto in scala 1:1 consente di effettuare ragionamenti e valutazioni che a priori attraverso l'utilizzo delle sole fonti iconografiche non sono possibili. L'utilizzo di un ambiente che consente l'immersione in uno spazio dinamico, rispetto alla staticità delle tavole, permette al visitatore di cogliere inedite visuali sia dell'opera realizzata da Antonelli che della conformazione urbana circostante in cui quest'opera è inserita. La realizzazione e cristallizzazione di questo progetto appartenente a un periodo storico ben preciso, tradotta in ambiente digitale, consente inoltre di effettuare dei parallelismi di natura temporale: tra la configurazione immaginata dal giovane architetto e la situazione attuale. La visualizzazione di queste sovrapposizioni storiche sono realizzate mediante l'utilizzo di interazioni, che avvengono attraverso punti specifici individuati all'interno dell'ambiente urbano. Questi elementi sono collocati principalmente lungo i più importanti assi storici della città o in corrispondenza di specifici coni ottici in grado di cogliere l'essenza del progetto della Cattedrale e la sua relazione con il contesto.



fig. 63 Vista del secondo ambiente dell'esperienza: la piazza di Antonelli



07

CONCLUSIONI

Le nuove tecnologie relative alla modellazione digitale e creazione di ambienti virtuali immersivi rappresentano risorse estremamente interessanti per la valorizzazione del patrimonio culturale, in particolare i beni architettonici che non sono mai stati realizzati e di cui esiste solo la testimonianza cartacea. Queste testimonianze includono relazioni dettagliate e disegni tecnici di alta qualità, molti dei quali risultano però complessi e difficili da comprendere per il grande pubblico. In ambito museale, l'impiego d'innovativi metodi di comunicazione del patrimonio come quello della realtà virtuale forniscono un grande vantaggio, che risiede nel modo in cui vengono percepite queste opere: si passa da una visione statica, fortemente influenzata dai canoni delle rappresentazioni prospettiche, a una visione continua e dinamica, che modifica le condizioni cognitive e amplia le possibilità di esplorazione dell'utente che è immerso in un contesto interattivo. L'applicazione sviluppata offre un'alternativa alle tradizionali esperienze museali: l'utente, inserito in questo ambiente virtuale, può visitare una serie di luoghi inediti e completamente esplorabili. Quest'esperienza richiede una partecipazione attiva, la quale fa sì che gli utenti interagiscano con gli elementi presenti e che risolvano piccoli enigmi legati al tema del progetto e al suo autore. In questo modo, la curiosità e la voglia di scoprire generano un coinvolgimento profondo, offrendo un'esperienza che, sebbene digitale, è altamente personalizzata e immersiva. Quando le dimensioni dell'ambiente virtuale costringono l'osservatore a muoversi fisicamente, le modalità percettive visive si integrano con quelle corporee e con i processi neuro-cerebrali. Questa fusione di percezioni amplifica l'esperienza, rendendola non solo visiva ma anche fisicamente coinvolgente, trasformando il modo in cui i visitatori interagiscono con il patrimonio culturale.

Il percorso di realizzazione dell'applicativo ha visto l'impiego di risorse di natura multidisciplinare. A partire dall'opera in sé, custodita all'interno della Pinacoteca Albertina, si è svolto un importante lavoro di studio sia del progetto rappresentato nelle tavole sia del contesto storico di cui queste ultime sono figlie. Questo passaggio è risultato di fondamentale rilievo per la realizzazione della struttura narrativa del progetto. A seguito della stesura del canovaccio dell'esperienza, si è passati alla fase pratica realizzativa dell'applicativo. Il primo compito da svolgere ha interessato l'acquisizione dei disegni originali, attraverso scanner che generassero file d'immagine d'altissima qualità che avrebbero costituito la base per lo svolgimento di tutte le operazioni seguenti.

Con l'importazione delle scannerizzazioni all'interno del software di modellazione Rhinoceros si è dato il via al successivo passaggio, il quale ha riguardato i processi di modellazione digitale ricostruttiva del progetto antonelliano. La scelta dell'impiego di questo specifico software è stata motivata dalla possibilità di raggiungere una grande precisione nella modellazione delle geometrie tridimensionali. Il merito di tale caratteristica deriva dalla loro struttura di natura matematica: le NURBS infatti sono rappresentazioni matematiche della geometria 3D che definiscono con precisione qualunque forma: da una semplice linea, a un cerchio, un arco o una curva, fino al più complesso solido o superficie a forma libera o organica 3D. In questo modo, la realizzazione del modello tridimensionale derivato dai disegni originali è avvenuta a garanzia della massima fedeltà auspicabile. Con il medesimo approccio vengono recuperate e scannerizzate le tavole relative al rilievo di Palazzo Madama. Questi documenti sono risultati essenziali per la realizzazione del modello

3D della Piazza Castello attuale, con il quale nell'applicativo è possibile effettuare un confronto immediato per far sì che il visitatore dell'esperienza possa percepire le più sostanziali differenze tra i due progetti, quello esistente e quello mai realizzato

Lo sviluppo del processo realizzativo giunge alla fase di conversione e ottimizzazione delle geometrie, che da NURBS vengono trasformate in Mesh. Questo passaggio è necessario per poter inserire i modelli 3D costruiti su Rhinoceros all'interno del motore grafico Unreal Engine, che costituisce lo strumento in cui tutti i componenti dell'ambiente virtuale vengono assemblati. Ai modelli 3D importati vengono assegnati diversi attributi: l'applicazione dei materiali, che aumentano il grado d'immersività percepito dal fruitore dell'esperienza, nonché alcune importanti caratteristiche che sono necessarie per la navigabilità degli spazi, come la *collision* e la definizione delle aree percorribili dall'utente. In ultimo, si è proceduto allo sviluppo delle interazioni utente-ambiente tramite Blueprint, il linguaggio VPL (*Visual Programming Language*) che consente di programmare (senza l'impiego di codice vero e proprio) l'attivazione di alcuni meccanismi presenti dentro l'esperienza. Questi ultimi scaturiscono in seguito alle azioni compiute dall'utente durante il percorso, come ad esempio la comparsa di un testo didascalico all'avvicinarsi del visitatore a una determinata area, la possibilità di afferrare alcuni oggetti, oppure l'utilizzo dei "portali" attraverso cui è possibile vedere la Piazza Castello alternativa a quella visitata. Le potenzialità di questa metodologia, per lo sviluppo di una forma comunicativa innovativa delle opere e della valorizzazione del patrimonio culturale architettonico, sono particolarmente estese. Con

il lavoro di tesi qui presentato si vuole mostrare come l'utilizzo delle nuove tecnologie in ambito culturale sia in grado di migliorare esponenzialmente l'esperienza del pubblico dei musei, il quale come il resto della società è cambiato e si è evoluto molto nell'arco degli ultimi anni, mostrando nuovi interessi e nuove necessità. L'acceleratissimo progresso tecnologico in atto comprenderà sempre di più i dispositivi di visione della realtà virtuale, che saranno in grado di coinvolgere in maniera ancor più totalizzante il fruitore di esperienze digitali, permettendogli di immergersi profondamente in simulazioni che sfumeranno ancor di più il confine tra reale e virtuale. Strumenti come quelli citati si stanno già inserendo nella quotidianità delle masse, fornendo un importante supporto anche dal punto di vista professionale: in particolare nell'ambito architettonico si migliorano l'efficienza e la precisione del processo progettuale, ma soprattutto vengono ampliate le possibilità creative, arricchite dalla possibilità di immergersi in un mondo parallelo, realistico o meno, che può essere costruito senza alcun vincolo.

La realtà virtuale, dunque, non solo rivoluziona il modo in cui percepiamo e interagiamo con il patrimonio culturale, ma ridefinisce anche il nostro rapporto con la storia e l'architettura. Attraverso l'uso di ambienti virtuali immersivi, possiamo esplorare e comprendere progetti architettonici che, sebbene non realizzati, rappresentano testimonianze fondamentali della creatività e della visione dei loro autori. Questo metodo di valorizzazione permette di conservare e tramandare il patrimonio, offrendogli una nuova vita e rendendolo accessibile a un pubblico sempre più vasto e diversificato. In un'epoca in cui l'innovazione tecnologica avanza rapidamente, è fondamentale che

le istituzioni culturali e museali sfruttino appieno queste nuove risorse. La realtà virtuale non è solo un mezzo per ricostruire e presentare il passato, ma anche uno strumento educativo potente che può coinvolgere ed emozionare, stimolando l'immaginazione e l'interesse per il patrimonio culturale. La capacità di creare esperienze immersive e interattive rappresenta una svolta nel campo della museologia e della comunicazione culturale, trasformando la fruizione passiva in un'esperienza attiva e partecipativa.

La realtà virtuale amplifica le possibilità di studiare, concepire, progettare e comunicare un'opera in modo assolutamente personalizzato. In questo modo si riesce ad instaurare un legame empatico di notevoli proporzioni tra il mondo virtuale e il soggetto, che ha modo persino di vivere delle esperienze impossibili, come una passeggiata all'interno del progetto di una straordinaria piazza che non ha mai visto la luce.

Guardando al futuro, possiamo immaginare un mondo in cui la realtà virtuale diventa una componente essenziale dell'esperienza museale, arricchendo il nostro patrimonio culturale con nuove prospettive e possibilità. La sfida sarà quella di continuare a innovare, sfruttando le tecnologie emergenti per rendere il patrimonio culturale sempre più accessibile, coinvolgente e rilevante per le generazioni future. In questo contesto, il progetto qui presentato rappresenta solo l'inizio di un percorso che promette di trasformare profondamente il modo in cui concepiamo e viviamo la cultura.



08

DOCUMENTAZIONE

Indice delle immagini

Figura 1 - Copertina del catalogo sulla mostra Neoclassicismi a Torino. Dal Settecento al giovane Antonelli, <https://www.pinacotecalbertina.it/show-item/neoclassicismi-a-torino-dal-settecento-al-giovane-antonelli/> - Consultazione: 4 luglio 2024 - pag.22

Figura 2 - Illustrazione del macchinario Sensorama, https://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama#/media/File:Sensorama_patent_fig5.png - Consultazione : 24 maggio 2024 - pag.23

Figura 3 - Laspada di Damocle, https://www.researchgate.net/publication/348233163_Virtual_Reality_as_a_future_training_medium_for_seafarers_potential_and_challenges - Consultazione : 24 maggio 2024 - pag. 24

Figura 4 - Il visore Oculus Rift, https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift# - Consultazione : 6 luglio 2024 - pag. 26

Figura 5 - Schema Reality-Virtuality Continuum, https://www.researchgate.net/publication/2440732_A_Taxonomy_of_Real_and_Virtual_World_Display_Integration - Consultazione 6 luglio 2024 - pag. 29

Figura 6 - Nuova schema Reality-Virtuality Continuum, <https://www.frontiersin.org/journals/virtual-reality/articles/10.3389/frvir.2021.647997/full> - Consultazione 3 giugno 2024 - pag. 33

Figura 7 - Tassonomia tridimensionale: EWK (A), IM (B), CO (C) e l'interrelazione fra queste (D), <https://www.frontiersin.org/journals/virtual-reality/articles/10.3389/frvir.2021.647997/full> - Consultazione 3 giugno 2024 - pag. 37

Figura 8 - Osservazione del modello digitale della cattedrale in scala, <https://www.voltage.fr/eternelle-notre-dame-une-aventure-en-realite-virtuelle-au-c-ur-de-la-celebre-cathedrale> - Consultazione 11 luglio 2024 - pag. 48

Figura 9 - La sala all'interno di cui gli utenti possono muoversi, <https://www.voltage.fr/eternelle-notre-dame-une-aventure-en-realite-virtuelle-au-c-ur-de-la-celebre-cathedrale> - Consultazione 11 luglio 2024 - pag. 49

Figura 10 - Osservazione degli interni del modello digitale della cattedrale a grandezza naturale, https://www.pelago.com/img/products/FR-France/ternelle-notredame-exprience-virtuelle/8d9d6d8514f44f84bdf2078ad57ddc9a_eternelle-notre-dame-experience-virtuelle-medium.webp - Consultazione 11 luglio 2024 - pag. 49

Figura 11 - Punto di vista dell'osservatore dal tetto della cattedrale, <https://eternellenotredame.orange.com/en/> - Consultazione 31 maggio 2024 - pag. 50

Figura 12 - Fase iniziale dell'esperienza Mona Lisa: Beyond the Glass, in cui è possibile visitare la Grand Gallerie del Louvre, <https://www.reddit.com/media?url=https%3A%2F%2Fpreview.redd.it%2F4-mona-lisa-beyond-the-glass-pcivr-v0-zzrvqvq27a9c1.g%3Fwidth%3D1024%26format%3Dpjpg%26auto%3Dwebp%26s%3D0c2770ad562448e1cdfd2f12815e2c5e55927257> - Consultazione 14 luglio 2024 - pag. 51

Figura 13 - Le postazioni in cui è possibile usufruire dei visori per la realtà virtuale, <https://www.reddit.com/media?url=https%3A%2F%2Fpreview.redd.it%2F4-mona-lisa-beyond-the-glass-pcivr-v0-zzrvqvq27a9c1.%3Fwidth%3D1024%26format%3Dpjpg%26auto%3Dwebp%26s%3D0c2770ad562448e1cdfd2f12815e2c5e55927257> - Consultazione 14 luglio 2024 - pag. 52

Figura 14 - Fase di approfondimento e interazione con il dipinto, divenuto tridimensionale, <https://www.reddit.com/media?url=https%3A%2F%2Fpreview.redd.it%2F4-mona-lisa-beyond-the-glass-pcivr-v0-zzrvqvq27a9c1.%3Fwidth%3D1024%26format%3Dpjpg%26auto%3Dwebp%26s%3D0c2770ad562448e1cdfd2f12815e2c5e55927257> - Consultazione 14 luglio 2024 - pag. 53

Figura 15 - Luigi Vacca, *Veduta di Torino da Est*, 1818-1822, tempera, acquerello e pastello su carta, Torino, Archivio Storico della Città in comodato dalla Fondazione Compagnia di San Paolo - <https://www.pinacotecalbertina.it/show-item/neoclassicismi-a-torino-dal-settecento-al-giovane-antonelli/> - Consultazione: 4 luglio 2024 - pag. 57

Figura 16 - Giovanni Battista Maggi, *Pianta di Torino*, 1831. ASCT, Collezione Simeom. © Archivio Storico della Città di Torino - <https://www.atlanteditorino.it/zoom/1831.htm> - Consultazione: 6 luglio 2024 - pag. 61

Figura 17 - Autore sconosciuto, *Ritratto della famiglia Antonelli*, Archivio storico di Novara - <https://www.comune.maggiara.no.it/luogo/antonelli.aspx> - Consultazione: 4 luglio 2024 - pag. 63

Figura 18 - Autore sconosciuto, *Ritratto di Alessandro Antonelli*, - <https://www.comune.maggiara.no.it/luogo/antonelli.aspx> - Consultazione: 4 luglio 2024 - pag. 64

Figura 19 - *Prospettiva della disposizione delle macchine adoperate per innalzare e collocare gli architravi in pietra sopra le colonne della facciata del Palazzo Camerale*, 1859, litografia, Archivio Storico della Città di Torino, Collezione Simeom, Serie D, 682 - <https://www.museotorino.it/view/s/f85477fa9624439f8af7129840ac3b2e> - Consultazione: 5 luglio 2024 - pag. 64

Figura 20 - Filippo Juvarra, *Pensieri per il nuovo duomo di Torino* (Torino, Musei Civici, JUVARRA, *Volumi di disegni architettonici e scenografici*, II, c. 43, n.87 1956/DS). - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.67

Figura 21 - Filippo Juvarra, *Pensieri per il nuovo duomo di Torino* (Torino, Musei Civici, JUVARRA, *Volumi di disegni architettonici e scenografici*, II, c. 43, n.87 1956/DS). - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.67

Figura 21 - Filippo Juvarra, *Pensieri per il nuovo duomo di Torino* (Torino, Musei Civici, JUVARRA, *Volumi di disegni architettonici cit.*, I, c. 22, n.32 1956/DS - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.68

Figura 22 - Filippo Juvarra, *Pensieri per il nuovo duomo di Torino* (Torino, Musei Civici, JUVARRA, *Volumi di disegni architettonici cit.*, I, c. 38, n.77 1946/DS) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.69

Figura 23 - Benedetto Alfieri, *Duomo di Torino*, primo progetto, in ID, *Raccolta di varie fabbriche R.i fatti in tempi diversi d'ordine di S.M. [...] MDCCLXIII*, tav. 3 (Torino, Archivio di Stato, Corte, *Palazzi Reali*. Fabbriche Regie, Album Alfieri, cart 84) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.71

Figura 24 - Benedetto Alfieri, *Duomo di Torino*, primo progetto, in ID, *Raccolta di varie fabbriche R.i fatti in tempi diversi d'ordine di S.M. [...] MDCCLXIII*, tav. 2 (Torino, Archivio di Stato, Corte, *Palazzi Reali*. Fabbriche Regie, Album Alfieri, cart 84) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.72

Figura 25 - Benedetto Alfieri, *Duomo di Torino*, primo progetto, in ID, *Raccolta di varie fabbriche R.i fatti in tempi diversi d'ordine di S.M. [...] MDCCLXIII*, tav. 7 (Torino, Archivio di Stato, Corte, *Palazzi Reali*. Fabbriche Regie, Album Alfieri, cart 84) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.73

Figura 26 - Benedetto Alfieri, *Duomo di Torino*, primo progetto, in ID, *Raccolta di varie fabbriche R.i fatti in tempi diversi d'ordine di S.M. [...] MDCCLXIII*, tav. 5 (Torino, Archivio di Stato, Corte, *Palazzi Reali*. Fabbriche Regie, Album Alfieri, cart 84) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.74

Figura 27 - Luigi Canina, *Situazione della Chiesa Cattedrale di S. Giovanni proposta in sostituzione dell'attuale*, in ID., *Ricerche sull'architettura più propria dei temj nostrani [...]*, Roma, 1843, 1846, parte seconda, tav. I (Torino, Archivio Storico della Città, Collezione Simeom, B 512) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.76

Figura 28 - Luigi Canina, *Prospetto della nuova Chiesa Cattedrale*, in ID., *Ricerche sull'architettura più propria dei temj nostrani [...]*, Roma, 1843, 1846, parte seconda, tav. III (Torino, Archivio Storico della Città, Collezione Simeom, B 512) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.77

Figura 29 - Luigi Canina, *Sezione per traverso della nuova Chiesa Cattedrale*, in ID., *Ricerche sull'architettura più propria dei temj nostrani [...]*, Roma, 1843, 1846, parte seconda, tav. IV (Torino, Archivio Storico della Città, Collezione Simeom, B 512) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.78

Figura 30 - Luigi Canina, *Sezione per il lungo della nuova Chiesa Cattedrale*, in ID., *Ricerche sull'architettura più propria dei temj nostrani [...]*, Roma, 1843, 1846, parte seconda, tav. VI (Torino, Archivio Storico della Città, Collezione Simeom, B 512) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.79

Figura 31 - Luigi Canina, *Pianta della Chiesa Cattedrale di S. Giovanni proposta in sostituzione dell'attuale*, in ID., *Ricerche sull'architettura più propria dei temj nostrani [...]*, Roma, 1843, 1846, parte seconda, tav. II (Torino, Archivio Storico della Città, Collezione Simeom, B 512) - Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico. - pag.80

Figura 32 - Alessandro Antonelli, *Piano generale delle opere proposte per la decorazione della Piazza Castello in Torino / Piano in scala maggiore*, 1831, Accademia Albertina delle Belle Arti di Torino - scannerizzazione fornita dalla Pinacoteca Albertina - pag. 82

Figura 33 - Alessandro Antonelli, *Altra idea della cattedrale*, 1831, Accademia Albertina delle Belle Arti di Torino - scannerizzazione fornita dalla Pinacoteca Albertina - pag. 83

Figura 34 - Alessandro Antonelli, *Sezione sulla linea C D nella pianta che sopporta la gran cupola*, 1831, Accademia Albertina delle Belle Arti di Torino - scannerizzazione fornita dalla Pinacoteca Albertina - pag. 84

Figura 35 - Alessandro Antonelli, *Sezione sulla linea A B, elevazione delle nuove Segreterie e prospetto del Teatro Regio*, 1831, Accademia Albertina delle Belle Arti di Torino - scannerizzazione fornita dalla Pinacoteca Albertina - pag. 85

Figura 36 - Alessandro Antonelli, *Elevazione generale sul progetto della Cattedrale che conserva la galleria Beaumont*, 1831, Accademia Albertina delle Belle Arti di Torino - scannerizzazione fornita dalla Pinacoteca Albertina - pag. 86

Figura 37 - Alessandro Antonelli, *Progetto di decorazione per la Piazza Castello di Torino*, 1831, Accademia Albertina delle Belle Arti di Torino - scannerizzazione fornita dalla Pinacoteca Albertina - pag. 87-88

Figura 38 - *Studio dei passaggi fondamentali dell'esperienza VAn-to* - Autore - pag. 92

Figura 39 - *Processo di scannerizzazione delle opere*, <https://www.pinacotecalbertina.it/show-item/neoclassicismi-a-torino-dal-settecento-al-giovane-antonelli/> - Consultazione: 4 luglio 2024 - pag.94

Figura 40 - *Le scannerizzazioni delle tavole originali sono orientate, scalate e allineate nello spazio di modello* - Autore - pag. 97

- Figura 41** - Modellazione digitale ricostruttiva del prospetto Est tramite geometrie NURBS - Autore - pag. 98
- Figura 42** - Confronto modello 3D - tavola originale del prospetto Est della Piazza Castello di Alessandro Antonelli - Autore - pag. 99 - 100
- Figura 43** - Vista di dettaglio del pronao ottastilo e del timpano del Nuovo Duomo nella Piazza Castello di Alessandro Antonelli - Autore - pag. 101
- Figura 44** - Vista dell'ingresso della chiesa di San Lorenzo nella Piazza Castello di Alessandro Antonelli - Autore - pag. 102
- Figura 45** - Vista della Piazzetta delle Segreterie nella Piazza Castello di Alessandro Antonelli - Autore - pag. 102
- Figura 46** - Vista del modello tridimensionale della Piazza Castello di Alessandro Antonelli - Autore - pag. 103-104
- Figura 47** - Posizionamento delle tavole del rilievo del Castello all'interno dello spazio di modello - Autore - pag. 105
- Figura 48** - Modellazione digitale ricostruttiva di Palazzo Madama - Autore - pag. 106
- Figura 49** - Vista di dettaglio del modello tridimensionale di Palazzo Madama - Autore - pag. 107-108
- Figura 50** - Vista di dettaglio di Palazzo Madama - Autore - pag. 109
- Figura 51** - Vista assonometrica di Palazzo Madama - Autore - pag. 110
- Figura 52** - Vista del modello tridimensionale del prospetto ovest di Palazzo Madama - Autore - pag. 111-112
- Figura 52** - Vista del modello tridimensionale del prospetto ovest di Palazzo Madama - Autore - pag. 111-112

- Figura 53** - Confronto delle strutture del modello tridimensionale di un capitello: a sinistra una geometria NURBS, in centro una geometria MESH con poligoni triangolari, a destra una geometria MESH ottimizzata con poligoni quadrangolari - Autore - pag. 115
- Figura 54** - Illustrazione che descrive il funzionamento dell'algoritmo Nanite, capace di cambiare il numero di poligoni delle geometrie in maniera dinamica - Autore - pag. 117
- Figura 55** - Menu delle opzioni relative alla fase d'importazione dei modelli tridimensionali all'interno di Unreal Engine studiato - Autore - pag. 118
- Figura 56** - L'applicazione dei materiali alle superfici delle geometrie aumenta il grado di realismo della scena e quindi la sua immersività - Autore - pag. 119
- Figura 57** - Visualizzazione in tempo reale delle geometrie con l'attributo di collisione attivo, che impedisce la compenetrazione involontaria del soggetto con i modelli tridimensionali - Autore - pag. 120
- Figura 58** - Tipologia d'interazione 1: all'avvicinarsi dell'utente a una determinata area, viene prevista la comparsa di una descrizione della stessa attraverso un testo pop-up - Autore - pag. 121
- Figura 59** - Tipologia d'interazione 2: l'utente può afferrare i pezzi del pastico del progetto per ricomporre il modello completo e accedere alla zona successiva - Autore - pag. 123
- Figura 60** - Tipologia d'interazione 3: l'utente ha modo di confrontare le due piazze alternative grazie all'uso dei portali - Autore - pag. 124
- Figura 61** - Vista del primo ambiente dell'esperienza: lo studio dell'architetto - Autore - pag. 127-128
- Figura 62** - Una volta completato il plastico è possibile accedere alla piattaforma che farà raggiungere la piazza al visitatore - Autore - pag. 129
- Figura 63** - Vista del secondo ambiente dell'esperienza: la piazza di Antonelli - Autore - pag. 131-132

Bibliografia

Alexander, A. L., Brunyé, T., Sidman, J., & Weil, S. A. (2005). From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-in and Their Effects on Transfer in PC-Based Simulations and Games.

Bagliani, F. (A c. Di). (2000). *Architettura, governo e burocrazia in una capitale barocca: La zona di comando di Torino e il piano di Filippo Juvarra del 1730*. Politecnico di Torino Dipartimento Casa-Città.

Bamodu, Oluleke & Ye, Xuming. (2013). Virtual Reality and Virtual Reality System Components. *Advanced Materials Research*, 765–767

Bonacini, E. (2012). Il museo partecipativo sul web: Forme di partecipazione dell'utente alla produzione culturale e alla creazione di valore culturale. *IL CAPITALE CULTURALE. Studies on the Value of Cultural Heritage*, 5, 93–125.

Bonacini, E. (2020). *I musei e le forme dello storytelling digitale*. Aracne

Calveri, C. (2023). *Metaversi culturali*. Editrice Bibliografica

Mansell, Robin. (2003). The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business and Society. *Research Policy*. 32. 526-527. 10.1016/S0048-7333(02)00012-4.

Cataldo, L. (2011). *Dal museum theatre al digital storytelling*. Franco Angeli

Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086

Comoli Mandracci, V. (1983). *Torino / Vera Comoli Mandracci*. Laterza

Comoli Mandracci, V., Rocca, R., & Comba, R. (A c. Di). (2001). *Progettare la città: L'urbanistica di Torino tra storia e scelte alternative*. Archivio storico.

Dardanello, G., Tamborrino, R., Cinisello, B. (A c. Di) (2008). *Guarini, Juvarra e Antonelli: Segni e simboli per Torino*. Silvana Editoriale.

Gilbert, S. (2017). Perceived Realism of Virtual Environments Depends on Authenticity. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 25

Il tempio della Gran Madre di Dio in Torino. (1984). Città di Torino. Assessorato per la Cultura - Consiglio di Circoscrizione 22

Milgram, Paul & Kishino, Fumio. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems*. vol. E77-D, no. 12. 1321-1329.

Levra, U. (A c. Di). (2000). *Storia di Torino. 6: La città nel Risorgimento (1798 - 1864)*. Einaudi.

Manovich, L. (2012). Trending: The Promises and the Challenges of Big Social Data. In M. K. Gold (A c. Di), *Debates in the Digital Humanities* (pp. 460–475). *University of Minnesota Press*.

Maulini, A. (2022). *Comunicare la cultura, oggi*. Editrice Bibliografica

Mazuryk, T., & Gervautz, M. (1999). *Virtual Reality—History, Applications, Technology and Future*

Neoclassicismi a Torino. Dal Settecento al giovane Antonelli. (2022). Gli Ori

Reale accademia delle belle arti. (1825). *Regolamenti della Reale Accademia delle Belle-Arti*. Stamperia reale.

Rebbani, Z., Azougagh, D., Bahatti, L., & Bouattane, O. (2021). Definitions and Applications of Augmented/Virtual Reality: A Survey. *9*, 279–285.

Ricuperati, G. (A c. Di). (2002). *Storia di Torino. 5: Dalla città razionale alla crisi dello Stato d'Antico Regime (1730 - 1798)*. Einaudi.

Rossi, D. (2020). *Realtà virtuale: Disegno e design*. Aracne.

Rosso, F. (1989). *Alessandro Antonelli, 1798-1888*. Electa.

Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, *2*.

Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, *2*.

Viano, C. (2002). *Palazzo Madama: Il rilievo architettonico / a cura di Carlo Viano. Città di Torino : Fondazione CRT*

Sitografia

About us. (s.d.). VRpilot. <https://vrpilot.aero/about-us/> - Consultato: 18 giugno 2024

Apple Vision Pro disponibile in USA dal 2 febbraio, prevendita dal 19 gennaio. (s.d.), <https://www.hdblog.it/indossabili/articoli/n577161/apple-vision-pro-inizio-vendita/> - Consultato: 27 maggio 2024

Arsenal3D. (2016, settembre 9). *Stereoscopia*. <https://www.youtube.com/watch?v=OEuwiE72f64>

Associates, R. M. &. (s.d.). *Cosa sono le NURBS?*, <https://www.rhino3d.com/features/nurbs/> - Consultato: 4 giugno 2024

Biennale Cinema 2022 | *Éternelle Notre-Dame*. (2022, luglio 6). La Biennale di Venezia. <https://www.labiennale.org/it/cinema/2022/venice-immersive/%C3%A9ternelle-notre-dame> - Consultato: 30 maggio 2024

Cesarato, F. (2020, maggio 4). *Realtà virtuale per la formazione – un esempio di applicazione medica*. Airlapp. <https://airlapp.com/blog/realtà-virtuale-per-la-formazione-caso-di-studio-reale-medicina/> - Consultato: 18 giugno 2024

Chinetòsi - Treccani. (s.d.). Treccani, <https://www.treccani.it/vocabolario/chinetosi/>, <https://www.treccani.it/vocabolario/chinetosi/> - Consultato: 31 maggio 2024

Degrees of Freedom (DoF): 3-DoF vs 6-DoF for VR Headset Selection – VirtualSpeech. (s.d.), <https://virtualspeech.com/blog/degrees-of-freedom-vr> - Consultato: 24 maggio 2024

D'Urso, F. (2023, aprile 24). *Realtà Virtuale e sale operatorie*. Meta Communications Magazine., <https://www.metacommunications.it/metahealth/realtà-virtuale-e-sale-operatorie/> - Consultato: 30 maggio 2024

EMISSIVE - *Virtual Reality*. (s.d.), <https://www.emissive.fr/en/> - Consultato: 24 giugno 2024

Errant Photo. (2021, luglio 1). *Palazzo Madama—2000 anni di storia*. <https://www.youtube.com/watch?v=Yn7sLSjALr0>

Eternelle Notre-Dame. (s.d.), <https://eternellenotredame.orange.com/en/> - Consultato: 30 maggio 2024

Fernandez, R. (2023, giugno 6). *Apple's Vision Pro AR Headset Cheat Sheet: Release Date, Price and More*. TechRepublic. <https://www.techrepublic.com/article/apple-ar-headset-vision-pro-cheat-sheet/> - Consultato: 27 maggio 2024

Comune di Torino, Direzione Musei, Assessorato alla Cultura e al 150° dell'Unità d'Italia, 21Style. (s.d.-a). *Museo Torino*, da <https://www.museotorino.it/site/exhibitions/history/level/4> - Consultato: 24 maggio 2024

Comune di Torino, Direzione Musei, Assessorato alla Cultura e al 150° dell'Unità d'Italia, 21Style. (s.d.-a). *Porte Urbane - Museo Torino*, da <https://www.museotorino.it/site/exhibitions/history/level/4> - Consultato: 24 maggio 2024

Lavecchia, V. (2022, ottobre 14). *Principali componenti e problemi della realtà virtuale in tecnologia*. Informatica e Ingegneria Online. <https://vitolavecchia.altervista.org/principali-componenti-e-problemi-della-realta-virtuale-in-tecnologia> - Consultato: - 31 maggio 2024

L'expédition immersive en réalité virtuelle. (s.d.), <https://www.eternellenotredame.com/> - Consultato: 30 maggio 2024

Meta Quest 3: Il nuovo visore VR a realtà mista | Meta Store. (s.d.), <https://www.meta.com/it/quest/quest-3/> - Consultato: 29 maggio 2024

Museo Torino. (s.d.), <https://www.museotorino.it/site/exhibitions/history/level/2> - Consultato: 10 giugno 2024

Visori VR: Come funzionano? (2016, ottobre 14) IGN Italia. <https://it.ign.com/oculus-rift/117274/feature/visori-vr-come-funzionano> - Consultato: 29 maggio 2024

Particle System Level of Detail (LOD). (s.d.), <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/creating-visual-effects-in-niagara-for-unreal-engine> - Consultato: 4 giugno 2024

Piazza Castello (Torino). (2023). In Wikipedia. [https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Piazza_Castello_\(Torino\)&oldid=136622585#Storia](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Piazza_Castello_(Torino)&oldid=136622585#Storia) - Consultato: 19 dicembre 2023

Piazza Castello—Museo Torino. (s.d.), https://www.museotorino.it/view/s/850185e5f6d94e4dac30467c4853c0d2#par_123309 - Consultato: 27 dicembre 2023

Progressi tecnologici nell'addestramento aeronautico nei simulatori di volo rivoluzionario l'addestramento dei piloti. (s.d.). FasterCapital., <https://fastercapital.com/it/contenuto/Progressi-tecnologici-nell-addestramento-aeronautico-nei-simulatori-di-volo--rivoluzionario-l-addestramento-dei-piloti.html> - Consultato: 30 maggio 2024

Realtà virtuale - Treccani. (s.d.). Treccani., <https://www.treccani.it/enciclopedia/realta-virtuale/>, <https://www.treccani.it/enciclopedia/realta-virtuale/> - Consultato: 30 maggio 2024

Redazione. (2016, dicembre 15). *Realtà Virtuale: Rivoluzione nel campo della medicina*. Digital for Business. <https://www.digitalforbusiness.com/realta-virtuale-medicina/> - Consultato: 30 maggio 2024

Rhinoceros (software). (2024). In Wikipedia. [https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Rhinoceros_\(software\)&oldid=138015730](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Rhinoceros_(software)&oldid=138015730) - Consultato: 4 giugno 2024

Rivoluzione VR a scuola: Come usare il Quest per l'istruzione scolastica - TopVR. (2024, maggio 9). <https://www.topvr.it/quest/usare-quest-a-scuola/> - Consultato: 30 maggio 2024

Sensorama. (2024). In Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensorama&oldid=1222877097> - Consultato: 24 maggio 2024

Simonetta, B. (2018, maggio 23). *Volkswagen progetta le auto del futuro con la realtà virtuale*. Il Sole 24 ORE. <https://www.ilsole24ore.com/art/volkswagen-progetta-auto-futuro-la-realta-virtuale-AEtKYSTe> - Consultato: 18 giugno 2024

Souchet, A. (2023, agosto 8). *Virtual reality has negative side effects – new research shows that can be a problem in the workplace*. The Conversation. <http://theconversation.com/virtual-reality-has-negative-side-effects-new-research-shows-that-can-be-a-problem-in-the-workplace-210532> - Consultato: 31 maggio 2024

Stereoscopia - Treccani. (s.d.). Treccani., https://www.treccani.it/enciclopedia/stereoscopia_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/, https://www.treccani.it/enciclopedia/stereoscopia_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/ - Consultato: 24 maggio 2024

Storia e sede. (s.d.). Accademia Albertina di Belle Arti di Torino. Recuperato 24 maggio 2024, da <https://www.albertina.academy/storiaesede/> - Consultato: 24 maggio 2024

The History of Rhino (s.d.), <https://wiki.mcneel.com/rhino/rhinohistory> - Consultato: 4 giugno 2024

Ultimate History of Video Games. (2018, aprile 22). *Sword of Damocles (1966)—First augmented reality head-mounted display*. <https://www.youtube.com/watch?v=eVUgfUvP4uk>

Virtuale, rappresentazione - Treccani. (s.d.). Treccani., [https://www.treccani.it/enciclopedia/rappresentazione-virtuale_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/rappresentazione-virtuale_(Enciclopedia-Italiana)/), [https://www.treccani.it/enciclopedia/rappresentazione-virtuale_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/rappresentazione-virtuale_(Enciclopedia-Italiana)/) - Consultato: 24 maggio 2024

Visibility and Occlusion Culling. (s.d.), <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/visibility-and-occlusion-culling-in-unreal-engine> - Consultato: 4 giugno 2024

What are the risks of virtual reality and augmented reality, and what good practices does ANSES recommend? (2021, giugno 24). Anses - Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et Du Travail. <https://www.anses.fr/en/content/what-are-risks-virtual-reality-and-augmented-reality-and-what-good-practices-does-anses> - Consultato: 31 maggio 2024

What is 6DoF? – Mixed Reality Now. (2022, dicembre 24). <https://mixedrealitynow.com/ko/what-is-6dof> - Consultato: 28 maggio 2024

Ringraziamenti

Un fondamentale ringraziamento al Dottor Enrico Zanellati e a tutta l'Accademia Albertina di Belle Arti di Torino, per la grande disponibilità concessa e l'entusiasmo espresso lungo tutto l'arco di questa collaborazione.

Un prezioso ringraziamento al Professor Massimiliano Lo Turco, per la fiducia riposta nel concedermi l'opportunità di lavorare a un progetto tanto ambizioso quanto interessante.

Un sentito ringraziamento alla Professoressa Elena Gianasso, che mi ha pazientemente indirizzato nei fondamentali approfondimenti storici legati al progetto.

Un sincero ringraziamento a Elisabetta Caterina Giovannini, Jacopo Bono e Andrea Tomalini, che mi hanno consigliato, sostenuto e guidato in questo importante percorso.