



# Dentro il museo: creare esperienze culturali in realtà aumentata

Elisabetta Caterina Giovannini  
Francesca Ronco

## Abstract

Il contributo presenta l'esperienza didattica svolta nell'ambito del seminario introduttivo "Dentro il Museo" presso il Politecnico di Torino. Il Seminario, esito della sinergia tra le discipline del Disegno e Allestimento e Museografia è finalizzato alla ri-progettazione di un ambiente scelta all'interno degli spazi espositivi dei Musei Reali di Torino. La sala anche detta "La Rotonda" è stata individuata come ambiente espositivo nel quale l'utilizzo della Realtà Aumentata potesse contribuire a una più eterogenea offerta culturale.

Il contributo illustra come sia possibile integrare le più moderne tecnologie di realtà aumentata web-based alla fruizione di contenuti museali e alla visualizzazione dell'allestimento stesso. Gli esiti degli studenti hanno permesso di individuare un workflow replicabile e scalabile che lo studente sarà in grado di riutilizzare anche in altri percorsi di studio per la visualizzazione e comunicazione di proposte progettuali, integrando spazio fisico e modelli tridimensionali.

## Topics

Accedere / condividere / sperimentare / visualizzare



Elaborati prodotti dagli studenti nell'ambito del seminario introduttivo "Dentro il Museo" (foto di E. C. Giovannini)

## Introduzione

Il termine di Realtà aumentata nasce a partire dalla definizione di “Virtuality Continuum” [Milgram et al. 1995], una scala che definisce la realtà partendo da un ambiente reale per arrivare a un ambiente totalmente virtuale, passando per realtà aumentata e virtualità aumentata. A partire dalla definizione dell'AR e dagli sviluppi delle prime applicazioni in ambito di ricerca, l'AR si è successivamente affermata come tecnologia accessibile per l'ambito museale. I primi progetti europei finanziati in questo campo, *ARCHEOGUIDE* [Vlahakis et al. 2002], *ARCO* [Wojciechowski et al. 2004], e *GAMME* [Tillon et al. 2010] hanno dimostrato come l'AR possa essere applicata al patrimonio culturale in generale, includendo i contesti archeologici [Rigby, Smith 2013]. Negli ultimi vent'anni l'AR è stato quindi ampiamente studiato, insieme alla VR e alle altre tecnologie immersive, nel campo del Cultural Heritage. Questi strumenti hanno mostrato benefici per l'accesso, il confronto e la comprensione delle informazioni relative allo spazio sui manufatti, e vantaggi nello sviluppo di forme avvincenti di storytelling rivolte ai visitatori [Bekele et al. 2018, pp.7:1-7, 36; Luigni 2018, pp 3-12].

## Il caso studio

La Rotonda dell'Armeria Reale (fig. 01a) è un ambiente progettato nel 1842 da Pelagio Palagi per ospitare i cimeli risorgimentali e le collezioni extraeuropee di armi. La Rotonda in principio nasce per essere la Biblioteca dell'Armeria Reale, nella parte alta sono infatti presenti lungo il perimetro balconcini che dovevano ospitare i libri oggetto di studio ai tavoli posti al piano. Tuttavia, il progetto non è mai stato realizzato ma si è trasformato in un allestimento che prevede all'interno delle vetrine le collezioni di armi ottocentesche e una selezione di armi orientali (fig. 01b). Queste ultime sono state aggiunte durante il rinnovo dell'allestimento, avvenuto nel 2005 a cura di Giorgio Careddu, responsabile delle collezioni dell'Armeria Reale. L'intera collezione si estende anche alla Galleria Beaumont (fig. 02a) che ospita più di 5.000 oggetti che spaziano dalla Preistoria all'inizio del Novecento, tra i quali uno dei più importanti nuclei è costituito dalle armi e armature cinquecentesche. In entrambi gli spazi sono inoltre presenti cavalli su cui montano manichini armati. In occasione del 160° anniversario della nascita dello Stato italiano, il percorso dei Musei Reali, nella Rotonda dell'Armeria Reale, si è arricchito con la carrozza di Vittorio Emanuele II (fig. 02b).

L'oggetto appartiene alle Collezioni Presidenziali del Quirinale. La carrozza, denominata Mylord, viene anche ricordata negli inventari con la definizione antica di “Polonese” o “Polacca” ed era uno dei mezzi di trasporto preferiti da Vittorio Emanuele II per le sue uscite private a Roma.



Fig. 01. Viste della Rotonda (a) e del nuovo allestimento per le armi orientali (b) (foto di E. C. Giovannini).

Sin dalle origini, lo stesso re Carlo Alberto intendeva il Museo come luogo didattico per spiegare l'evoluzione degli armamenti lungo i secoli. Il focus richiesto agli studenti è stato quindi quello di identificare un tema con lo scopo di enfatizzare la storia delle armi presenti nelle teche della Rotonda. Gli esiti hanno portato alla creazione di applicazioni con l'intento di ridefinire il percorso di visita alla collezione, creando nuovi tematismi attraverso differenti narrative.



Fig. 02. Vista della Galleria Beaumont (a) e della Carrozza denominata Mylord (b) (foto di E. C. Giovannini).

### Workflow metodologico

Il Seminario introduttivo, esito del contributo coordinato delle discipline dell'Allestimento e museografia e del Disegno, è finalizzato alla progettazione di spazi museali e di ambienti espositivi. Esso intende esplorare sperimentalmente i dispositivi in grado di creare un continuum fra reale e virtuale in campo museale. In questa prima edizione gli studenti hanno utilizzato le tecnologie digitali per arricchire di informazioni e rendere maggiormente interattiva ed attrattiva l'esposizione permanente, offrendo al museo delle soluzioni prototipali, pratiche ed utilizzabili. Nello specifico, il workflow del contributo disciplinare della rappresentazione prevedeva la realizzazione di modelli virtuali 3D e di due esperienze AR.

Agli studenti è stato quindi chiesto di realizzare due tipi di modelli 3D:

- un manufatto da fruire in realtà aumentata dentro e fuori il museo (fig. 03);
- il progetto del percorso espositivo all'interno della sala La Rotonda (fig.04).

Dato il carattere multidisciplinare e sperimentale del corso, il numero limitato di ore (10 ore di lezione frontale) ed al fine di massimizzare l'utilizzo dell'AR da parte del pubblico, si è scelto di adottare la tecnologia web based, in quanto open source e fruibile da device standard. In altri casi [Ding 2017] si è riscontrato che la percentuale di visitatori che scaricava l'applicazione era molto bassa, sia per problemi di connessione all'interno del museo, di comuni-

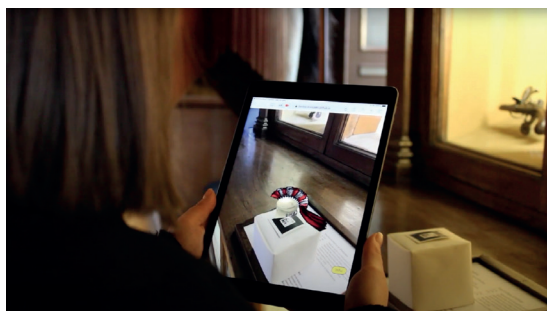


Fig. 03. Modello 3D di manufatto visualizzato mediante utilizzo di AR.



Fig. 04. Modello 3D del percorso di visita visualizzato sulla maquette mediante l'utilizzo di AR.



cazione del progetto, ma soprattutto a causa della mancanza di spazio di archiviazione nei dispositivi. Inoltre, in altri studi condotti dagli autori, si è potuto riscontrare da un lato il tempo necessario allo sviluppo di applicazioni attraverso software come Unity e Vuforia [Spallone et al. 2022] e dall'altro la minore flessibilità di confronto sul progetto studente-docente e università-museo. Si è scelto quindi di utilizzare la libreria Javascript AR.js (fig. 05) sfruttando il framework web per la realtà virtuale A-Frame. Questo permette di creare scene 3D all'interno del browser utilizzando il linguaggio di markup html comunemente utilizzato per la creazione di pagine web.

L'elaborazione dell'esperienza di AR basata sul web ha previsto la realizzazione di:

- un web server in modalità HTTPS utilizzando la piattaforma di hosting web GitHub, una piattaforma per lo sviluppo collaborativo di software;
- pagine-web che richiassero le librerie di AR.js per la creazione delle singole esperienze sviluppate;
- uno o più marker, ovvero immagini da utilizzare come punti di ancoraggio per posizionare gli elementi 3D all'interno dell'ambiente reale inquadrato dalla webcam del device utilizzato;
- oggetti 3D da associare ai marker: i modelli 3D sono stati realizzati dagli studenti con software di modellazione 3D a loro scelta.

Le applicazioni AR sviluppate [AR.js Org Community 2022] fanno parte dell'esperienza didattica presentata, ma allo stesso tempo sono state pensate come proposte in versione beta per i visitatori del museo. Il progetto è open source e scaricabile da GitHub.

Un ulteriore obiettivo era quello di associare i contenuti digitali 3D elaborati in AR su modelli fisici.

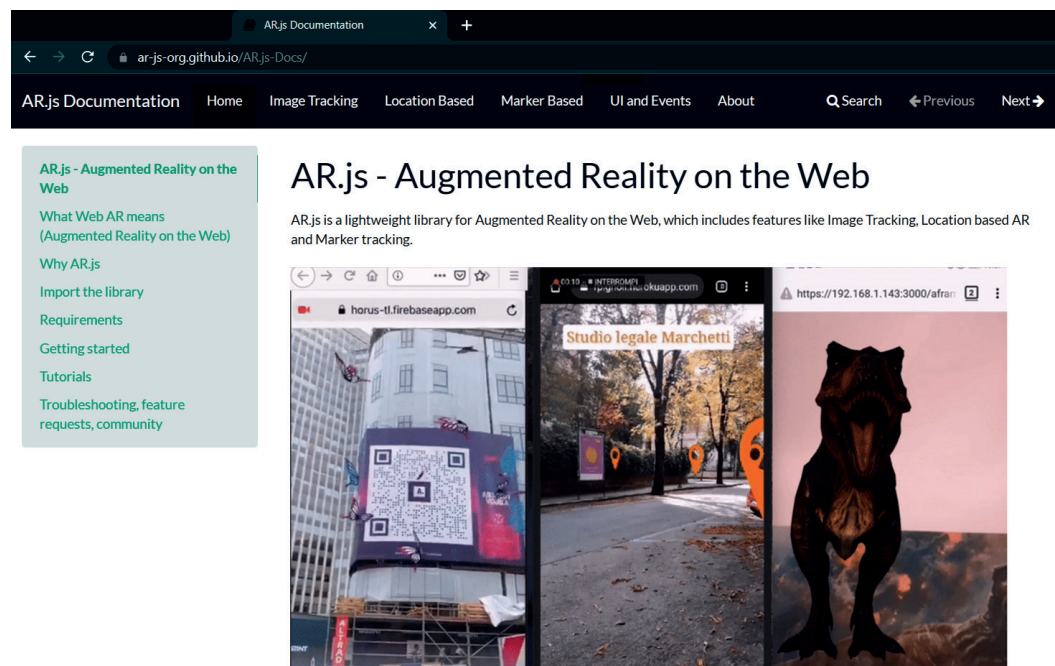


Fig. 05. Interfaccia web della documentazione per lo sviluppo di applicazioni basate su AR.js e consultabili on-line all'indirizzo <https://ar.js-org.github.io/AR.js-Docs/>

## La realizzazione dei marker

La scelta di produrre un marker fisico piuttosto che usare sistemi markerless è stata dettata da molteplici ragioni. Da un lato, questa soluzione è compatibile con il sistema di web app impiegato, dall'altro lato, ci è sembrato interessante far sperimentare agli studenti la creazione del marker e proporre l'interazione con un oggetto fisico tangibile (modello reale) come mezzo di accesso alle informazioni digitali. Si è scelto di utilizzare i marker a matrice che presentano la possibilità di integrare immagini personalizzate ("pattern marker").

Questi sono più personalizzabili rispetto ai marcatori a codice a barre ed allo stesso tempo forniscono un tracciamento molto stabile e consumano meno la CPU rispetto agli obiettivi immagine. L'altro vantaggio, legato all'alta riconoscibilità, sta nel fatto che risultano più adatti ad una stampa di piccole dimensioni. L'unica caratteristica fondamentale che deve avere per essere riconoscibile è quella di avere un alto contrasto. Quindi è meglio usare immagini semplici e monocromatiche come loghi o lettere, per non avere problemi di rilevamento e stabilità. Il sistema produce una web app che può essere raggiunta semplicemente da un link, senza la necessità di registrazione, download e processi di installazione. L'app è leggera, cross-browser, cross-platform, ed è quindi compatibile con una vasta gamma di dispositivi mobili. Inoltre, le nuove versioni di sviluppo e produzione possono essere rapidamente testate (anche solo con un server locale) e aggiornate. Nel caso del corso *Dentro il Museo* è stato utilizzato il servizio di hosting gratuito GitHub in cui ogni gruppo ha caricato all'interno della sua cartella: una cartella "media" con il modello in .obj con la texture in .mtl e .jpg, una cartella "patterns" con il marker nei formati .patt e .jpg, una cartella styles con eventuali personalizzazioni legati agli stili ed il file in markup html.

### Un modello per la visualizzazione in ar del nuovo percorso espositivo

La funzione AR principale può essere attivata inquadrando il marker (dimensioni 25x25mm) posizionato all'interno di una planimetria appositamente realizzata (fig. 06). Ogni gruppo di studenti ha il proprio modello virtuale che viene visualizzato perpendicolare al marker e quindi al piano in cui è inserito, in scala 1:50. La riduzione della scala e la posizione relativa del marker e del modello permettono all'utente di inquadrare senza sforzo l'oggetto sullo schermo di un piccolo dispositivo mobile. La maquette, realizzata a partire dalla planimetria, è stata progettata in modo da garantire una visibilità ottimale degli oggetti ed allo stesso tempo restituire la spazialità della sala ed alcune sue caratteristiche, come la preziosa pavimentazione lignea.

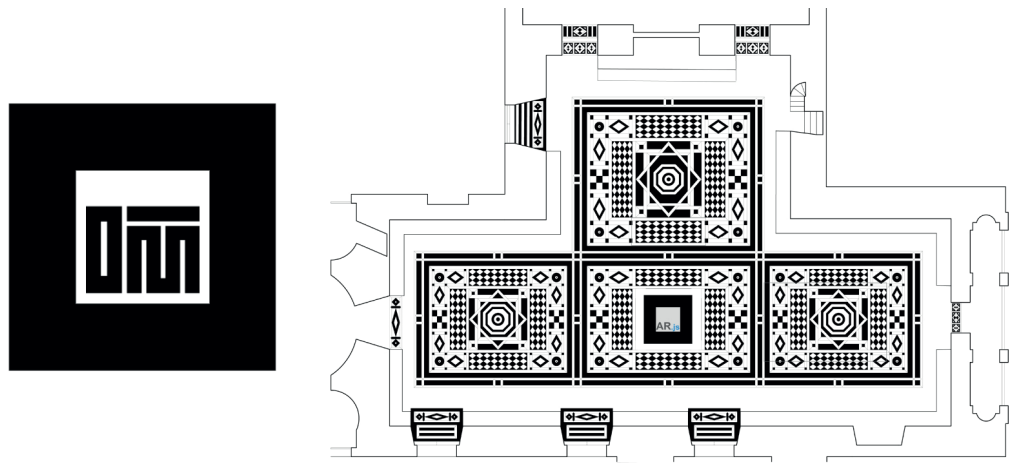


Fig. 06 Marker per lo sviluppo di AR basata su modello fisico e planimetria utilizzata per la creazione del modello (logo utilizzato per il marker edito da G. Bertola, planimetria redatta da V. Trovato)

Il marker è stato inserito al suo interno in posizione baricentrica, in modo da garantire quanta più stabilità possibile ai modelli virtuali ancorati ed essere integrato all'interno della pavimentazione, rispettandone i moduli (fig. 07). Per realizzare il modello sono state adoperate tre tecniche di fabbricazione digitale impiegando le macchine presenti all'interno dei laboratori modelli MODLab Arch e MODLab Design del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino. La base, sede alle componenti prodotte in fasi successive, è stata realizzata mediante fresatura a controllo numerico, la macchina utilizzata è una Isel Overhead M50. Il materiale scelto è un pannello MDF spesso 1 cm, fresato con la funzione "face 2D" di Autodesk Fusion 360® per rimuovere il materiale all'interno dell'impronta dei muri della "Rotonda".

È stata utilizzata una punta di fresa di 3mm di diametro per una profondità di 2mm con l'obiettivo di garantire l'incastro dei muri senza ricorrere alla colla. Un altro accorgimento è stato quello di ingrandire l'area dell'operazione procedendo con un offset di 1 mm su entrambi i lati, in modo da consentire l'incastro dei muri nonostante gli angoli interni arrotondati. La fresa, infatti, non può eseguire tagli concavi a 90 gradi, ma lascia un angolo arrotondato il cui raggio corrisponde a quello della punta da fresa utilizzata. Successivamente sono state realizzate le componenti verticali (muri, tramezzi, pilastri) mediante stampante 3D (fig. 08). Vista la scala di dettaglio e la dimensione dell'oggetto da realizzare si è optato per una tecnologia *Fuse Deposition Modeling* (FDM), la macchina utilizzata è una Ultimaker S5 con *nozzle* 0.4mm e il materiale scelto è un filamento di PLA bianco da 1.75 mm di diametro. Per diminuire al minimo la rugosità superficiale è stata impostata sullo  *slicer* (Ultimaker Cura) un'altezza del layer di stampa di 0,15mm. Il riempimento del 15% ha permesso di contenere i tempi di realizzazione non rinunciando a una certa robustezza dell'elemento; inoltre, la struttura a griglia ha impedito eventuali deformazioni dei layer di chiusura superiore dell'oggetto. I muri sono stati rappresentati sezionati con un piano orizzontale a 150 cm, risultando quindi alti 3cm nel modello in scala 1:50. Con la stampante a taglio laser Trotec400 è stato infine realizzato il disegno di pavimentazione partendo da un'immagine raster che viene incisa sulla superficie del cartone vegetale. L'operazione di taglio completo è stata utilizzata per il contorno e per la porzione centrale corrispondente al marker. Quest'ultimo è stato poi stampato con tecnica tradizionale in modo da massimizzare il contrasto e garantire una maggiore stabilità del modello collegato.

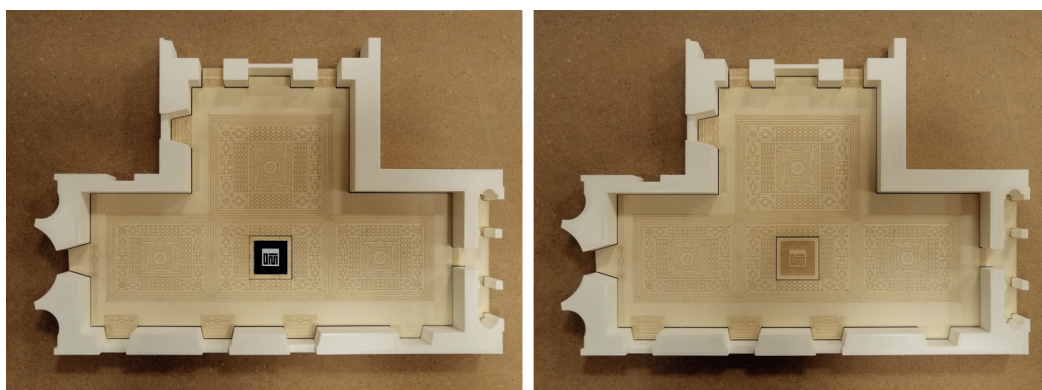


Fig. 07. Modello Fisico con 2 tipologie differenti di marker inseriti in planimetria (F. Ronco).

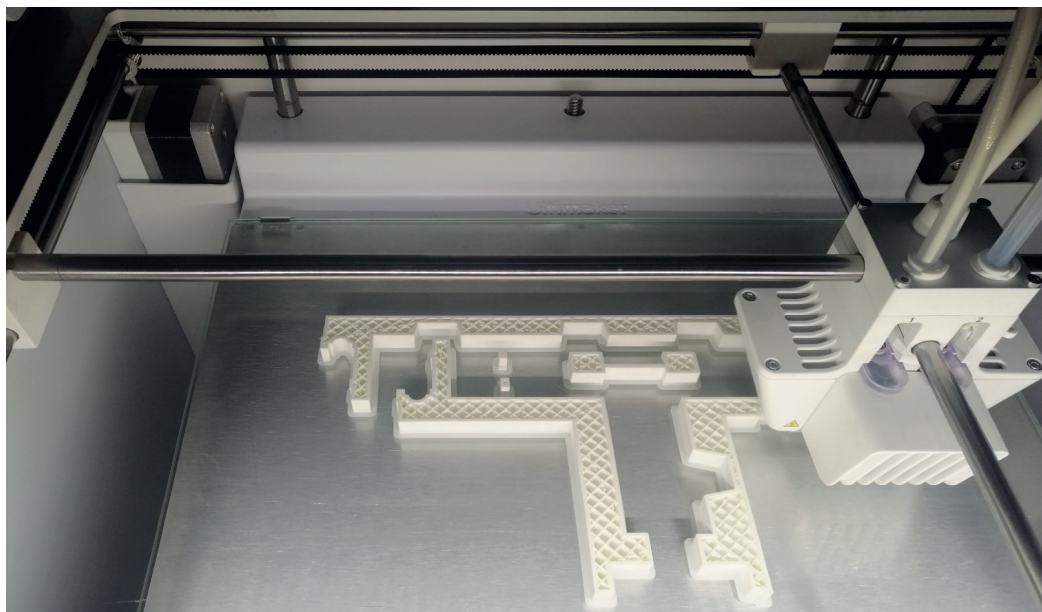


Fig. 08. Stampa 3D degli elementi murari per il modello fisico (F. Ronco).

## Risultati

L'esperienza didattica ha portato allo sviluppo di 17 esperienze di realtà virtuale. Le attività sono state svolte utilizzando strumenti open e di facile utilizzo per lo sviluppo di applicativi AR basati sul web e sullo sviluppo di pagine .html personalizzate dagli studenti. La scelta dei *point of interest* delle esperienze è ricaduta prevalentemente su oggetti museali, le armi, mentre solo in 2 esperienze l'attività svolta ha indagato la narrazione del luogo della Rotonda, quindi del contenitore (la sala), rispetto al contenuto (la collezione). Sono stati affrontati inoltre alcuni temi riguardanti diverse tipologie di visitatori e la predisposizione di percorsi differenziati per target di età differenti. Infine, si è riscontrato come la maggior parte degli esiti abbia individuato uno o più personaggi storici quali narratori sotto forma di personaggi virtuali con lo scopo di guidare i visitatori nei nuovi percorsi di visita.

## Conclusioni

Questo paper evidenzia come l'interazione tra il mondo reale e quello virtuale sia uno strumento importante, sia in aula che nel museo, da un punto di vista didattico, educativo e promozionale. Quello presentato è stato un esperimento pilota che ha avuto feedback positivi da parte degli studenti, di professori e del museo. Le edizioni successive del seminario comporteranno delle migliorie e porteranno a nuovi risultati via via più rappresentativi. L'intento per le prossime edizioni è quello di continuare ad utilizzare l'AR web based per i motivi sopra citati, magari basandosi su l'image track o i sistemi di geolocalizzazione, in modo da ottenere nel primo caso una maggiore stabilità e nel secondo svincolarsi dal marker. Se infatti da un lato i marker in alcuni casi, nei progetti collegati alla collezione, rappresentavano una sorta di indizio/guida per i contenuti digitali associati, in altri casi rappresentavano un vincolo funzionale e formale. Nel caso dell'esperienza ancorata al modello fisico, inoltre, il rapporto di scala tra modello digitale e marker causava l'instabilità della visualizzazione che l'image track sulla planimetria potrebbe risolvere. L'esperienza proposta dal punto di vista dei contenuti si inserisce nella cornice dello storytelling digitale per i musei e più specificamente rappresenta un esempio di "storytelling interattivo in Realtà Aumentata" [Bonacini 2020] dove la narrazione è implementata attraverso informazioni e modelli 3D in grado di coinvolgere l'utente nell'esperienza stessa all'interno della Rotonda. La disponibilità di tecnologie low-cost, di device e la relativa semplicità nella creazione di web-app favorisce la fruizione individuale dei contenuti sia in presenza che da remoto, permettendo di personalizzare le esperienze a seconda del target-utente e andando incontro alla necessità di delocalizzazione imposta da cause di forza maggiore, come la recente crisi pandemica.

## Ringraziamenti

Il presente contributo, di cui gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico (par: "Introduzione", "Risultati" e "Conclusioni"), è stato redatto da Elisabetta Caterina Giovannini (par: "Caso studio" "Il workflow metodologico") e Francesca Ronco (par: "La realizzazione dei marker e "Un modello per la visualizzazione in AR del nuovo percorso espositivo").

### Riferimenti Bibliografici

- AR.js Org Community (2022). AR.js Documentation. <<https://ar.js-org.github.io/AR.js-Docs/>> (consultato il 10 febbraio 2022).
- Bekele Mafkereseb, K., et al. (2018). A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage. In *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11 (2), 2018, pp. 7:1-7:36.
- Bonacini, E. (2020), *I Musei e le forme dello Storytelling digitale*, Aracne Editrice, Roma.
- Ding, M. (May 2017). Augmented Reality in Museums. In *Arts Management & Technology Laboratory*, pp. 1-12
- Gherardini, F., Santachiara, M., Leali, F. (2019). Enhancing heritage fruition through 3D virtual models and augmented reality: an application to Roman artefacts. In *Virtual Archaeology Review*, 10(21), pp. 67-79.
- Milgram P., et al. (1995). *Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum*. In: *Proceedings of the SPIE Conference on Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Boston Massachusetts, USA, Vol 2351, pp 282-292.
- Miyashita T., et al. (2008). An augmented reality museum guide. In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '08)*, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp 103-106.
- Luigini, A. (2018). Four dichotomies on digital environments between art, heritage and education: opening address. In Luigini, A. (a cura di). *International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage*. Cham: Springer, pp. 3-12.
- Rigby, J., Smith, S. P. (2013). *Augmented reality challenges for cultural heritage*. Newcastle: Applied Informatics Research Group. University of Newcastle.
- Spallone, R., et al. (2022). AR and VR for enhancing museums' heritage through 3D reconstruction of fragmented statue and architectural context. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-2-W1-2022, pp. 473-480.
- Tillon, A., et al. (2010) A day at the museum: An augmented fine-art exhibit. In: *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)*, pp69-70
- Vlahakis, V., et al. (2001). Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites. In: *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, Archaeology, and cultural heritage (VAST '01)*, ACM, New York, USA, pp 131-140
- Wojciechowski, R., "et al" (2004). Building virtual and augmented reality museum exhibitions. In: *Proceedings of the Ninth international conference on 3DWeb technology (Web3D '04)*, ACM, New York, USA, pp 135-144

### Autori

Elisabetta Caterina Giovannini, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino  
elisabettacaterina.giovannini@polito.it  
Francesca Ronco, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino, francesca.ronco@polito.it

Per citare questo capitolo: Giovannini Elisabetta Caterina, Ronco Francesca (2022). Dentro il museo: creare esperienze culturali in realtà aumentata / Inside the museum: creating cultural experiences in augmented reality. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2523-2538.





# Inside the museum: creating cultural experiences in augmented reality

Elisabetta Caterina Giovannini  
Francesca Ronco

## *Abstract*

The contribution presents the didactic experience carried out within the introductory seminar “Inside the Museum” at the Politecnico di Torino. The seminar, a result of the synergy between the disciplines of Design and Exhibit Design and Museography, aims to re-design a chosen environment within the Musei Reali of Turin. The hall, known as “La Rotonda”, has been identified as an exhibition environment in which the use of Augmented Reality could contribute to a more heterogeneous cultural offer.

The contribution illustrates how it is possible to integrate the most modern web-based augmented reality technologies to the fruition of museum contents and the visualisation of the exhibition itself. The students’ outcomes allowed them to identify a replicable and scalable workflow that they will be able to reuse in other study paths for the visualisation and communication of project proposals, integrating physical space and three-dimensional models.

## *Topics*

Accessing / sharing / experiencing / viewing



Works produced by the students during the introductory seminar “Inside the Museum” (photo by E. C. Giovannini)

## Introduction

The term Augmented Reality originated from the definition of “Virtuality Continuum” [Milgram et al. 1995], a scale that defines reality starting from a real environment to a totally virtual one, passing through augmented reality and augmented virtuality. Starting from the definition of AR and the developments of the first applications in research, AR has subsequently established itself as an accessible technology for the museum environment. The first European funded projects in this field, *ARCHEOGUIDE* [Vlahakis et al. 2002], *ARCO* [Wojciechowski et al. 2004], and *GAMME* [Tillon et al. 2010], demonstrated how to apply AR to cultural heritage in general, including archaeological contexts [Rigby, Smith, 2013]. AR has therefore been extensively studied, along with VR and other immersive technologies, in the field of Cultural Heritage over the past two decades. These tools have shown benefits for accessing, comparing, and understanding spatially related information about artefacts and advantages in developing compelling forms of visitor-facing storytelling [Bekele et al. 2018, pp.7:1-7, 36; Luigini 2019, pp 3-12].

## The case study

The *Rotonda* of the *Armeria Reale* (fig. 01a) was designed in 1842 by Pelagio Palagi to house the relics of the Risorgimento and the extra-European collections of weapons. The *Rotonda*, in principle, was born to be the Library of the *Armeria Reale*. In fact, it is characterised by upper balconies along the perimeter to host the books under study at the tables. However, the project has never been realised, but it was transformed into an arrangement with collections of nineteenth-century weapons and a selection of oriental weapons in the showcases (fig. 01b). These latter were added during the renovation of the exhibition, which took place in 2005 by Giorgio Careddu, responsible for the collections of the *Armeria Reale*.



Fig. 01. Views of “The Rotonda” (a) and the new display for the oriental weapons (b) (photo by E. C. Giovannini).

The entire collection also extends to the Beaumont Gallery (fig. 02a), which hosts more than 5,000 objects ranging from Prehistory to the beginning of the 20th century, among which one of the most important nuclei is constituted by 16th-century arms and armours. In both spaces, there are also horses on which armed mannequins ride. On the occasion of the 160th anniversary of the birth of the Italian State, the itinerary of the *Musei Reali*, in the *Rotonda* of the *Armeria Reale*, was enriched with Vittorio Emanuele II's carriage (fig. 02b). The object belongs to the Presidential Collections of the Quirinale. The carriage, named Mylord, is also remembered in the inventories with the ancient definition of ‘Polonese’ or ‘Polacca’ and was

one of the means of transport preferred by Vittorio Emanuele II for his private outings in Rome. From the very beginning, King Carlo Alberto himself intended the Museum as a didactic place to explain the evolution of armaments over the centuries. The focus requested of the students was to identify a theme to emphasise the history of the weapons shown in the display cases of the Rotonda. The results led to the creation of applications to redefine the visit to the collection, creating new themes through different narratives.



Fig. 02. Views of: the Beaumont Gallery (a) and the wagon named Mylord (b) (photo by E. C. Giovannini).

### Methodological workflow

The introductory seminar, under the scientific responsibility of Prof. Roberta Spallone is the result of the coordinated contribution of the disciplines of Exhibition Design and Museography (Prof. Valeria Minucciani) and Drawing for designing museum spaces and exhibition environments. It intends to experimentally explore the devices capable of creating a continuum between real and virtual in the museum field. In this first edition, students have used digital technologies to enrich information and make the permanent exhibition more interactive and attractive, offering the museum prototype solutions, practical and usable.

Specifically, the workflow of the disciplinary contribution of representation involved the creation of 3D virtual models and two AR experiences.

The students have been therefore asked to realise two types of 3D models:

- an artefact to be enjoyed in augmented reality inside and outside the museum (fig. 03);
- the design of the exhibition path inside the *Rotonda* room (fig. 04).

Given the multidisciplinary and experimental nature of the course, and the limited number of hours (10 hours of frontal lessons), to maximise the use of AR by the public, it was decided to adopt web-based technology, as it is open source and usable from standard devices.

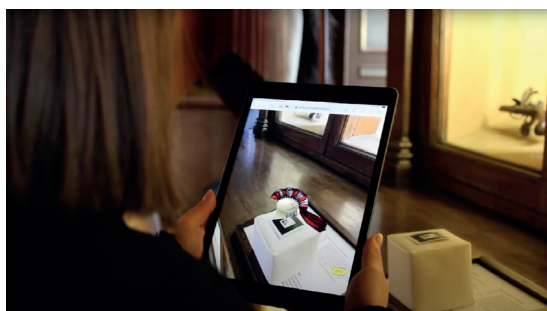


Fig. 03. 3D model of the artifact visualized through the use of AR.

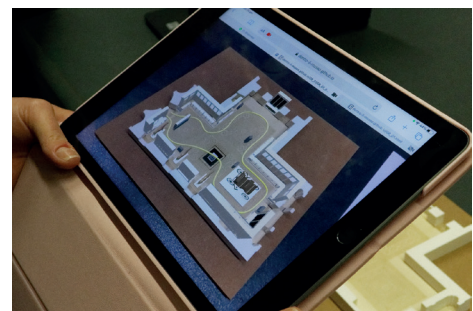


Fig. 04. 3D model of the visiting path visualized on the maquette using AR.



In other cases [Ding 2017], it was found that the percentage of visitors downloading applications is very low, either due to connection problems within the museum, the communication of the project, but mainly due to the lack of storage space in the devices. Moreover, in other studies conducted by the authors, it was possible to find, on the one hand, the time required for application development through software such as Unity and Vuforia [Spallone et al. 2022] and, on the other hand, the less dialogic flexibility and exchanges between students-professors and university-museum. Therefore, we chose to use the Javascript AR.js library (fig. 05), leveraging the A-Frame virtual reality web framework. This allows for the creation of 3D scenes within the browser using the HTML markup language commonly used for creating web pages.

The development of the web-based AR experience involved the implementation of:

- a web server in HTTPS mode using the GitHub web hosting platform for collaborative software development;
- web pages that would retrieve the AR.js libraries for the creation of individual experiences developed;
- one or more markers or images to be used as anchor points to position the 3D elements within the real environment framed by the webcam of the device used;
- 3D objects to associate with the markers: the 3D models have been realized by the students with 3D modeling software of their choice.

The AR applications developed [AR.js Org Community 2022] are part of the didactic experience presented, but at the same time, they have been thought of as proposals in a beta version for the museum visitors. The project is open source and downloadable from GitHub. An additional goal was to associate 3D digital content processed in AR with physical models.

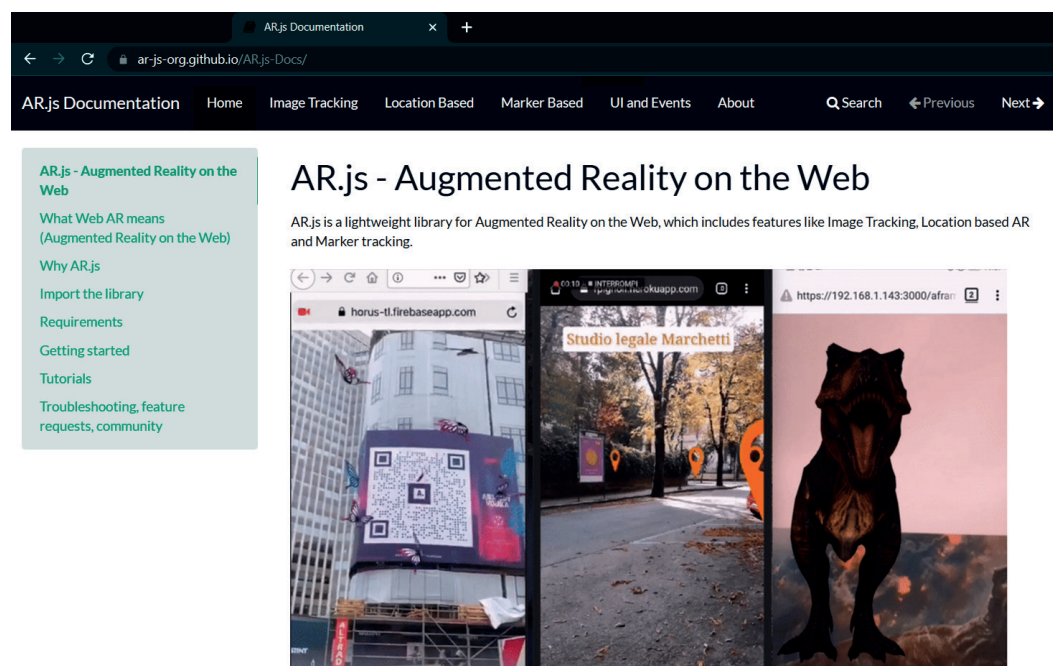


Fig. 05. Web interface of the documentation for the development of AR.js-based application retrievable online at <https://ar.js-org.github.io/AR.js-Docs/>.

## The marker realization

The choice of producing a physical marker rather than using markerless systems was dictated by several reasons. On the one hand, this solution is compatible with the web app system used. On the other hand, it seemed interesting to let the students experiment with the creation of the marker and propose the interaction with a tangible physical object (real model) as a means of access to digital information.



We chose to use matrix markers that present the possibility of integrating custom images (“pattern markers”). These are more customisable than barcode markers and at the same time provide a very stable tracking and consume less CPU than image targets. The other advantage related to high recognizability is that they are more suitable for small print jobs. The only fundamental characteristic it must have to be recognisable is to have high contrast. So it’s better to use simple, monochrome images such as logos or letters to avoid problems with detection and stability. The system produces a web app that can be accessed simply from a link without registration, download, and installation processes. The app is lightweight, cross-browser, cross-platform, and compatible with a wide range of mobile devices. In addition, new development and production versions can be quickly tested (even if only with a local server) and updated. In the case of the seminar “Dentro il Museo”, the free hosting service GitHub was used. Each group can upload inside its folder: a “media” folder with the model in .obj with the texture in .mtl and .jpg; a “patterns” folder with the marker in .patt and .jpg; a styles folder with any customisations related to styles and the HTML markup file.

- 3D objects to associate with the markers: the 3D models have been realized by the students with modeling software of their choice.

The AR applications developed [AR.js Org Community 2022] are part of the didactic experience presented, but at the same time, they have been thought of as proposals in beta version for the museum visitors. The project is open source and downloadable from GitHub. An additional goal was to associate 3D digital content processed in AR with physical models.

### A model for the visualization in ar of the new exhibition path

The main AR function can be activated by framing the marker (size 25x25mm) positioned inside a specially created plan (fig. 06). Each group of students has its virtual model that is displayed perpendicular to the marker and therefore to the plan in which it is inserted, in scale 1:50. The reduction in scale and the relative position of the marker and the model allow the user to effortlessly frame the object on the screen of a small mobile device. The maquette, created from the floor plan, was designed to ensure optimal visibility of the objects and at the same time return the spatiality of the room and some of its features, such as the precious wooden floor. The marker has been inserted inside in a barycentric position, to guarantee as much stability as possible to the anchored virtual models and to be integrated inside the flooring, respecting its modules (fig. 07). Three digital fabrication techniques have been used to realize the maquette, employing the machines of the model laboratories *MODLab Arch* and *MODLab Design* of the Department of Architecture and Design of the Politecnico di Torino. The base, seat of the components produced in subsequent phases, was made by numerical control milling, the machine used is an IseI Overhead M50.

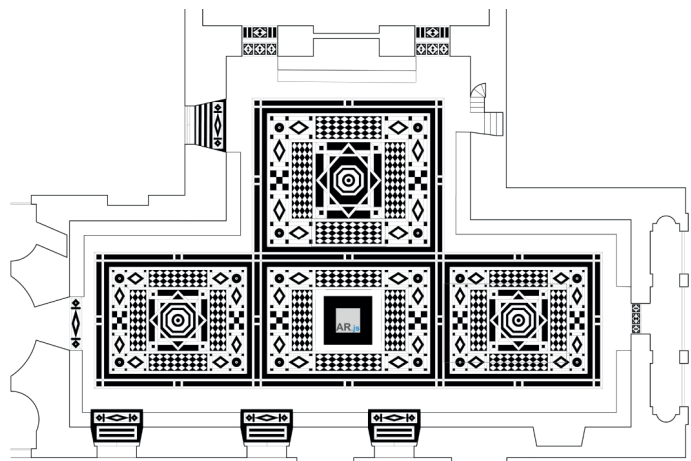
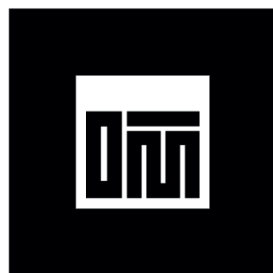
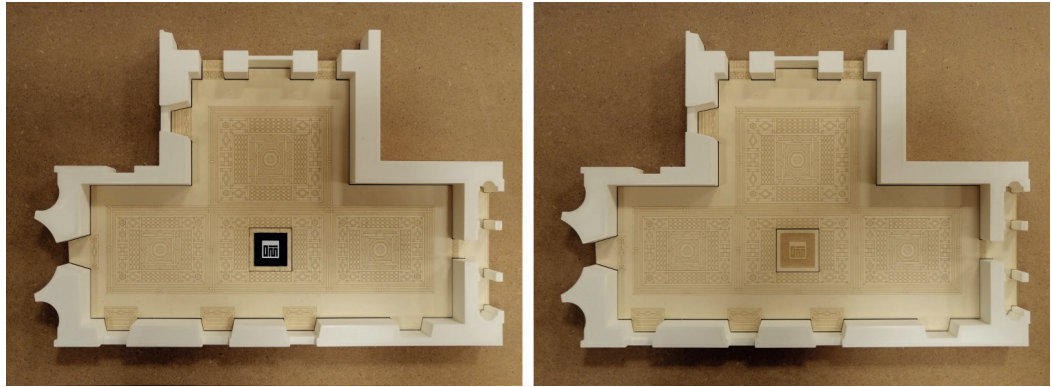


Fig. 06. Marker for the development of AR-based on physical model and plan used for the creation of the model (logo of G. Bertola, planimetry of V. Trovato).

Fig. 07. The physical model of "The Rotonda" with 2 types of markers inserted in the plan (F. Ronco).



The material chosen is a 1 cm thick MDF panel, milled with the "face 2D" function of Autodesk Fusion 360 ® to remove the material inside the footprint of the walls of the *Rotonda*. A 3mm-diameter router bit was used for a depth of 2mm to ensure the walls fit together without glue. Another trick was to enlarge the area of the operation by proceeding with an offset of 1mm on both sides, it allows the interlocking of the walls despite the rounded internal corners. The cutter cannot make concave cuts of 90 degrees but leaves a rounded corner whose radius corresponds to that of the cutter bit used. Next, the vertical components (walls, partitions, columns) were fabricated using a 3D printer (fig. 08). Given the scale of detail and the size of the object to be realized, we opted for a Fuse Deposition Modeling (FDM) technology, the machine used is an Ultimaker S5 with 0.4mm nozzle and the material chosen is a white PLA filament of 1.75mm diameter. A printing layer height of 0.15mm was set on the slicer (Ultimaker Cura) to minimize the surface roughness. The filling of 15% allowed to contain the realization times without renouncing to certain robustness of the element, moreover, the grid structure prevented possible deformations of the upper closing layers of the object. The walls have been represented sectioned with a horizontal plane at 150 cm, resulting in a height of 3 cm in the 1:50 scale model. Finally, with the Trotec400 laser cut printer, the pavement drawing was realized starting from a raster image engraved on the surface of the vegetal cardboard. The complete cutting operation has been used for the outline and the central portion corresponding to the marker. The latter was then printed with a traditional technique to maximize the contrast and ensure greater stability of the connected model.

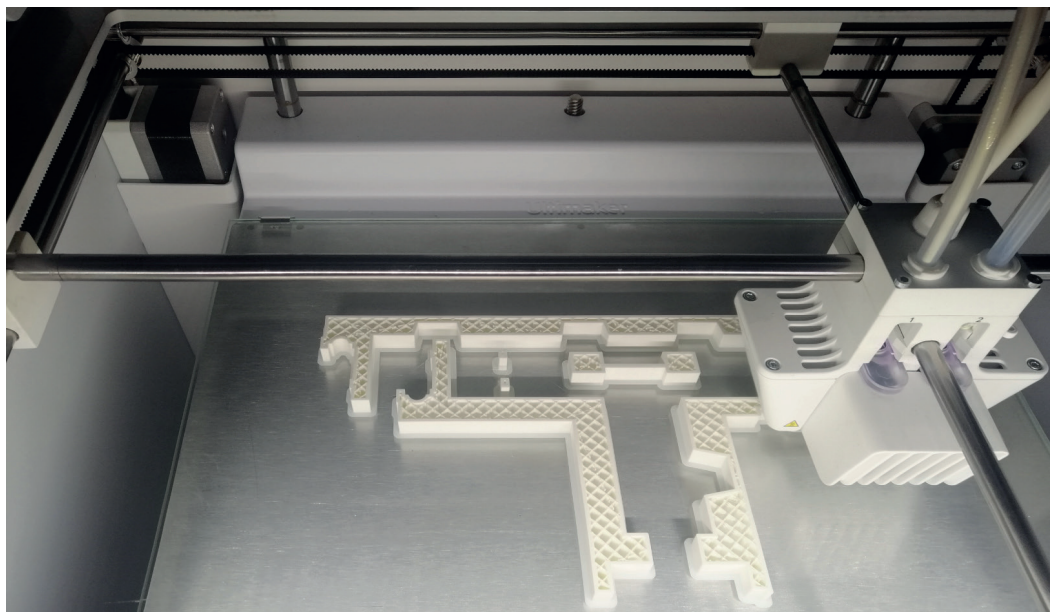


Fig. 08. 3D printing of the wall elements for the physical model (F. Ronco).

## Results

The didactic experience led to the development of 17 virtual reality experiences. The activities use open and easy-to-use tools to develop the web-based AR applications and .html pages customized by the students. The choice of the point of interest of the experiences fell mainly on museum objects, the weapons, while only in 2 experiences investigated the narration of the place of the Rotonda, then the container (the room), compared to the content (the collection). In addition, themes regarding different types of visitors and the preparation of different paths for different age groups were addressed. Finally, that most of the outcomes have identified one or more historical figures as narrators in the form of virtual characters to guide visitors in the new paths of visit.

## Conclusion

This paper highlights how the interaction between the real and virtual worlds is an important tool, both in the classroom and in the museum, from a didactic, educational and promotional point of view.

The one presented was a pilot experiment that had positive feedback from students, professors, and the museum. Subsequent editions of the seminar will bring improvements and new results that will become more and more representative. The intention for the next editions is to continue to use the AR web-based for the reasons mentioned above, perhaps relying on image track or geolocation systems, to obtain in the first case greater stability and in the second to get rid of the marker. In fact, on one hand, the markers in some cases represented a sort of clue/guide for the associated digital contents, in other cases they represented a functional and formal constraint. In the case of the experience anchored to the physical model, moreover, the relationship of scale between the digital model and marker caused the instability of the visualization that the image track on the planimetry could solve.

The proposed experience from the point of view of content fits into the framework of digital storytelling for museums and more specifically represents an example of "interactive storytelling in Augmented Reality" [Bonacini 2020] where the narrative is implemented through information and 3D models able to engage the user in the experience itself inside the *Rotonda*. The availability of low-cost technologies, and devices and the relative simplicity in the creation of web apps favor the individual fruition of content both in the presence and remotely, allowing to customize experiences according to the target user and meeting the need for relocation imposed by force majeure, such as the recent pandemic crisis.

## Credits

This contribution, whose authors have shared the methodological framework (par "Introduction", "Results" and "Conclusions"), was written by Elisabetta Caterina Giovannini (par: "Case study" "The methodological workflow") and Francesca Ronco (par: "The realization of the markers and "A model for AR visualization of the new exhibition path").

## Reference

- AR.js Org Community (2022). AR.js Documentation. <<https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>> (consultato il 10 febbraio 2022).
- Bekele Mafkereseb, K., et al. (2018). A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage. In *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11 (2), 2018, pp. 7:1-7:36.
- Bonacini, E. (2020), *I Musei e le forme dello Storytelling digitale*, Aracne Editrice, Roma.
- Ding, M. (May 2017). Augmented Reality in Museums. In *Arts Management & Technology Laboratory*, pp. 1-12
- Gherardini, F., Santachiara, M., Leali, F. (2019). Enhancing heritage fruition through 3D virtual models and augmented reality: an application to Roman artefacts. In *Virtual Archaeology Review*, 10(21), pp. 67-79.
- Milgram P., et al. (1995). *Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum*. In: *Proceedings of the SPIE Conference on Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Boston Massachusetts, USA, Vol 2351, pp 282-292.
- Miyashita T., et al. (2008). An augmented reality museum guide. In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '08)*, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp 103-106.
- Luigini, A. (2018). Four dichotomies on digital environments between art, heritage and education: opening address. In Luigini, A. (a cura di). *International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage*. Cham: Springer, pp. 3-12.
- Rigby, J., Smith, S. P. (2013). *Augmented reality challenges for cultural heritage*. Newcastle: Applied Informatics Research Group. University of Newcastle.
- Spallone, R., et al. (2022). AR and VR for enhancing museums' heritage through 3D reconstruction of fragmented statue and architectural context. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-2-W1-2022, pp. 473-480.
- Tillon, A., et al. (2010) A day at the museum: An augmented fine-art exhibit. In: *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)*, pp69-70
- Vlahakis, V., et al. (2001). Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites. In: *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, Archaeology, and cultural heritage (VAST '01)*, ACM, New York, USA, pp 131-140
- Wojciechowski, R., "et al" (2004). Building virtual and augmented reality museum exhibitions. In: *Proceedings of the Ninth international conference on 3DWeb technology (Web3D '04)*, ACM, New York, USA, pp 135-144

## Authors

Elisabetta Caterina Giovannini, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino, [elisabettacaterina.giovannini@polito.it](mailto:elisabettacaterina.giovannini@polito.it)  
Francesca Ronco, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino, [francesca.ronco@polito.it](mailto:francesca.ronco@polito.it)

To cite this chapter: Giovannini Elisabetta Caterina, Ronco Francesca (2022), Dentro il museo: creare esperienze culturali in realtà aumentata /inside the museum: creating cultural experiences in augmented reality. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2523-2538.