



UNIVERSITÀ DI PISA

**Corso di Laurea Magistrale in  
Informatica Umanistica**

**TESI DI LAUREA**

**La AR applicata ai beni culturali, uno  
strumento per migliorare l'esperienza  
educativa**

**Candidato:** *Tamer Abdel Maaboud*

**Relatore:** *Marcello Carrozzino*

**Anno Accademico 2012-2013**

*Faccio sempre ciò che non so fare, per imparare come va fatto.*

**Vincent Van Gogh**

*Considerate la vostra semenza: fatti non foste a viver come bruti, ma per seguir  
virtute e canoscenza.*

**Dante Alighieri**

# Indice

<b>Introduzione</b> .....	7
---------------------------	---

## **Capitolo I**

I.I Cosa è la Realtà Aumenta: caratteristiche ed applicazioni.....	9
I.II Storia della AR.....	13
I.III Sviluppi futuri.....	20

## **Capitolo II**

II.I AR nel campo medico.....	23
II.II AR nell'istruzione.....	29
II.III Mobile AR nel marketing e come intrattenimento.....	40

## **Capitolo III**

III.I AR per i beni culturali.....	53
III.II Musei di AR nelle scuole.....	64

## **Capitolo IV**

IV.I – ARte: vivere le ore di Storia dell'Arte nelle scuole.....	75
IV.II - Progettazione di Arte, la modellazione 3D.....	77
IV.III - Progettazione di ARte, la programmazione.....	83
IV.III.I – ARte, il file main.....	89

IV.III.II – ARte Multimarker.....	93
IV.IV - Progettazione di ARte, l'interfaccia.....	99
IV.V – Indagine statistica.....	102
<b>Conclusioni.....</b>	<b>115</b>
<b>Bibliografia e Sitografia.....</b>	<b>119</b>



La AR applicata ai beni culturali, uno strumento per migliorare l'esperienza educativa

## Introduzione

Lo studio della realtà aumentata è un argomento accademico che si sposa con la mia formazione culturale dei miei studi, basata tanto su un approccio umanistico quanto su quello scientifico. È evidente che questa tecnologia la si realizza e studia con del codice di programmazione, al tempo stesso è evidente quanto inutile possa risultare se non applicata ad un fine umanistico. Nella mia prospettiva il termine “Realtà Aumentata” è sinonimo di “informazioni aggiuntive” , si pensi ai seguenti casi: informazioni acustiche su un ambiente circostante per i non vedenti; informazioni supplementari ai visitatori di un museo su un bene culturale che stanno visitando; informazioni istruttive per un meccanico nel montaggio di un dispositivo automobilistico; informazioni di sostegno per gli studenti nell'approccio costruttivista dell'apprendimento. Come si evince da questi ultimi esempi la AR non è sostitutiva della conoscenza ma un mezzo aggiuntivo per la realtà empirica, quindi uno studente non può saper realizzare forme geometriche ed euclidee ignorandone le proprietà, i teoremi ed i metodi di costruzione perché in possesso di questa tecnologia ma, attraverso la AR, può meglio comprendere i passi metodologici della costruzione e di conseguenza beneficiare di una migliore esperienza pedagogica; il non vedente non può girare per la città senza conoscere il corretto uso del bastone bianco o senza saper sfruttare gli amplificati sensi funzionanti, ma la AR può facilitare la sua esplorazione fornendogli un maggiore ed immediato supporto.

Il caso specifico di questa tesi analizza come la tecnologia in questione si possa applicare nei campi umanistici *in primis* in quello dell'arte e specificamente nel campo dell'istruzione.

I beni culturali sono patrimoni che appartengono all'umanità e in quanto tali dovrebbero essere disponibili alla suddetta in ogni luogo dedicato all'istruzione, invece, documentandosi sulla loro usufruibilità si può facilmente riscontrare come le

opere d'arte vengano gelosamente custodite dagli enti delegati, sino ad essere divenute collezioni private . Certo sono comprensibili le ragioni di questo *status* coercitivo, ad esempio si pensi alla prevenzione verso i danni vandalistici o alla volontà di boicottare la riproduzione di opere d'arte ma sarebbe al tempo stesso auspicabile la realizzazione, da parte dei suddetti enti statali, di una banca dati contenente l'insieme dei beni culturali, in forma digitale, che possano essere consultati dagli studenti nelle loro scuole.

L'istruzione e la sensibilizzazione dell'arte verso gli adolescenti è un processo educativo che molto spesso si rende farraginoso, Le ragioni di questo aggettivo non sono dovute all'incapacità degli insegnanti di esprimere la passione, l'amore, la raffinatezza, l'umanità che le opere evocano come non è dovuta completamente alla distrazione o alla poca sensibilità dello studente, bensì ritengo che la farraginosità del processo è nel mezzo utilizzato nell'insegnamento, il testo cartaceo. Sostengo che la AR sia un valido mezzo per l'istruzione, capace di animare visivamente l'insegnamento e di attivare l'interesse dell'apprendimento, quindi di traslare la staticità del mezzo cartaceo in una dinamicità realistica.

# Capitolo I

## I.I - Cosa è la Realtà Aumentata: caratteristiche ed applicazioni

La Realtà Aumentata (*Augmented Reality*, AR) è la sovrapposizione dei livelli informativi all'esperienza reale, per elementi informativi s'intendono virtuali e multimediali, dati geo-localizzati, ecc. I suddetti elementi possono essere aggiunti attraverso un dispositivo mobile o con l'uso di un PC dotato di *webcam*, quindi sono dispositivi di visione, ascolto e manipolazione che aggiungono informazioni multimediali alla realtà empirica.

Il risultato della sovrapposizione di elementi reali e virtuali è definito *Mixed Reality*, un concetto che si interpone tra la **Realtà Aumentata** (AR) e la **Virtualità Aumentata** (VR). Nella prima si aggiungono elementi virtuali a scenari reali, mentre nella seconda si aggiungono elementi reali a scenari virtuali: la realtà virtuale è costituita da un mondo totalmente inesistente, costruito con scenari, oggetti e personaggi virtuali; non c'è niente di reale. Nella Realtà Aumentata invece si opera su riprese reali, che vengono interpretate ed arricchite con varie tecniche, non c'è una creazione del mondo, ma solo un aggiunta di entità virtuali. Una caratteristica molto importante della Realtà Aumentata è la possibilità di poter essere sia collocata, ovvero di operare in uno spazio condiviso tra oggetti virtuali e reali, che non collocata, con una netta distinzione tra realtà e virtualità. Quindi la AR modifica la realtà empirica tramite animazioni, modelli 3D, informazioni testuali ed immagini di un flusso video in tempo reale provenienti da un dispositivo di acquisizione, ad esempio una telecamera. Il risultato finale è la realtà empirica, che si osserva attraverso un visore o uno schermo, aumentata dagli elementi virtuali.

Questa tecnologia si è sviluppata grazie agli *smartphone* e a prodotti con capacità di

calcolo sempre più grandi, che sono stati in un certo senso il pretesto per sviluppare ed evolvere applicazioni di Realtà Aumentata proprio perché permettono di promuovere nuovi servizi e cambiarne la fruizione dei contenuti. La Realtà Aumentata è un insieme di diverse tecnologie: attraverso dispositivi di *rendering* o tracciamento si individuano dei punti prestabiliti in un ambiente e con questi si sovrappone l'elemento virtuale alla scena reale, questa impostazione permette all'osservatore di seguire in tempo reale i movimenti dell'oggetto rispetto la scena, la AR permette quindi di cambiare la prospettiva verso l'oggetto in un modo realistico<sup>1</sup>. Il riconoscimento dei punti di riferimento cambia in base alla tecnologia utilizzata. Quando la AR è basata su *marker* i punti di riferimento sono figure in 2D stampate e posizionate da nell'ambiente della realtà empirica. Quando invece la AR è *markeless*, ovvero priva di *marker*, il riconoscimento dei punti di riferimento è rimandato alle proprietà fisiche della scena o ad oggetti che possono essere sfruttati come *marker* . L'*hardware* generalmente utilizzato sono dispositivi che si utilizzano tutti i giorni, come ad esempio gli *smartphone* o un semplice computer con *webcam*. Per applicazioni mirate invece si necessita di visori dedicati, economicamente accessibili.

Un aspetto molto importante della Realtà Aumentata è che tutte le aggiunte sono applicate alla ripresa in tempo reale o almeno idealmente. Il prerequisito di questo aspetto è la disposizione di una adeguata potenza di calcolo, proprio perché è necessario sviluppare un numero adeguato di frame e una calibrazione molto precisa tra il mondo reale e l'immagine virtuale. Questo aspetto è tanto una caratteristica quanto una necessità in quanto propedeutico di un certo livello di interattività con l'applicazione software. Gli oggetti o le entità create dal sistema di AR devono rispondere a stimoli esterni della realtà empirica.

La Realtà Aumentata è stata applicata in molteplici campi dello scibile umano. Nel

---

<sup>1</sup> C'è una distinzione tra le tecnologie basate su dispositivi ottici, la prima tipologia concerne i visori che proiettano direttamente l'immagine sulla retina e la seconda comprende le tecnologie basate su video registrazioni elaborate dalla macchina.

campo medico è stata usata per realizzare sistemi che permettano di eseguire operazioni molto delicate sovrapponendo risonanze, lastre, ecc... durante l'intervento; nel campo militare si è rivelata strategicamente efficace per far osservare alle unità in campo scenari strategici con una notevole aggiunta di ricchezza di informazioni; in oltre in quello del supporto tecnico offrendo la possibilità di essere aiutati nel lavorare su macchinari molto complessi, potendo vedere in tempo reale le operazioni da effettuare; anche nel campo cinematografico e televisivo si usano elementi di Realtà Aumentata per arricchire la componente spettacolare a basso costo, si pensi al misura che indica la distanza del calciatore dalla rete o agli sponsor proiettati sull'erba del campo. Attualmente questa tecnologia viene applicata in modo gargantuesco nel settore del marketing che ne sfrutta il grande impatto visivo per promuovere ed enfatizzare i prodotti. Ma più che il fattore novità è l'impatto visivo quello che attrae le aziende e di conseguenza i consumatori; è molto facile ottenere visibilità tramite applicazioni di RA. Lo scopo è quello di coinvolgere il consumatore divertendolo o stupendolo con l'applicazione, informandolo al tempo stesso sul marchio o sul prodotto pubblicizzato. Tutto ciò è permesso anche da una capillare diffusione del web che permette a chiunque di sperimentare applicazioni di AR. In questo campo quindi la RA può essere utilizzata in molti modi diversi, ad esempio per la pubblicità, di un prodotto o di un'azienda, diffusa attraverso il web, riviste, conferenze, eventi e presentazioni. Oppure per avvicinare l'utente al prodotto finale, dandogli modo di provare una sorta di "demo" di quello che potrà acquistare. Nei contesti educativi gli oggetti fisici sono comunemente utilizzati per aiutare a trasmettere un significato, per supportare la collaborazione, per le rappresentazioni semantiche e la loro capacità di aiutare a focalizzare l'attenzione<sup>2</sup>. Nella Realtà Aumentata c'è una relazione intima tra oggetti fisici e virtuali, gli oggetti fisici possono essere migliorati ad esempio fornendo dinamici piani informativi, visualizzando dati e con interazioni fisiche. Applicazioni

---

<sup>2</sup> Gav, G., Lentini, M. "Use of Communication Resources in a Networked Collaborative Design Environment."

di AR basate sulla metafora dell'interfaccia tangibile utilizzano gli oggetti fisici per manipolare informazioni virtuali in modo intuitivo. In questo modo le persone senza una conoscenza informatica possono avere una esperienza interattiva. Per esempio gli utenti che si trovano nell'interfaccia della *Shared Space* (Spazio Condiviso) potrebbero manipolare gli oggetti virtuali semplicemente spostando carte reali su cui i modelli virtuali sono collegati. Non c'è mouse o tastiera e questa proprietà consente anche ai bambini molto piccoli ad avere una esperienza educativa.

## I.II – Storia della AR<sup>3</sup>

- 1901: l'autore L. Frank Baum è stato il primo a parlare di schermi elettronici capaci di proiettare informazioni nella vita reale delle persone '**character marker**'.
- 1957–62: Morton Heilig crea e brevetta un simulatore chiamato *Sensorama* capace di riprodurre nella realtà immagini, suoni, vibrazioni e profumi. Il dispositivo al quale lavorava fin dal 1955 definendolo “The Cinema of the Future” era costituito di una cabina e uno sgabello mobile, immagini 3D stereoscopiche (furono realizzati cinque brevi filmati), audio stereofonico, vibrazioni, diffusori di vento e profumi per attivare la sensibilità olfattiva (per avere un’idea concreta di come funzionasse tale dispositivo può ascoltare una breve intervista fatta a Morton Helig al principio degli anni Ottanta nella sua casa a Los Angeles e vedere il principio di funzionamento del Sensorama Machine<sup>4</sup>. La sperimentazione del Sensorama Machine fu destinata a bloccarsi per mancanza di adeguati finanziamenti da parte delle case di produzione cinematografica che Helig intendeva coinvolgere. Ad Helig si deve successivamente una ulteriore quanto importante invenzione – che è poi un perfezionamento del Sensorama in direzione non più di fruizione individuale ma esteso ad un ampio pubblico in sala – sempre nell’accezione dell’accrescimento immersivo-sensoriale dello spettatore: l’Experience Theater (maggio 1966, del quale le allego la documentazione del brevetto depositato il 30 settembre 1969).
- 1966: Ivan Sutherland inventa l' **HMD** ovvero l'elmetto con display e lo usa

---

<sup>3</sup> Storia della Realtà Aumenta: [http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented\\_reality#History](http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality#History)

<sup>4</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=vSINEBZNCKs>

come finestra per il mondo virtuale.

*«We live in a physical world whose properties we have come to know well through long familiarity. We sense an involvement with this physical world which gives us the ability to predict its properties well. For example, we can predict where objects will fall, how well-known shapes look from other angles, and how much force is required to push objects against friction. We lack corresponding familiarity with the forces on charged particles, forces in nonuniform fields, the effects of nonprojective geometric transformations, and high-inertia, low-friction motion. A display connected to a digital computer gives us a chance to gain familiarity with concepts not realizable in the physical world. It is a looking glass into a mathematical wonderland.»<sup>5</sup>*

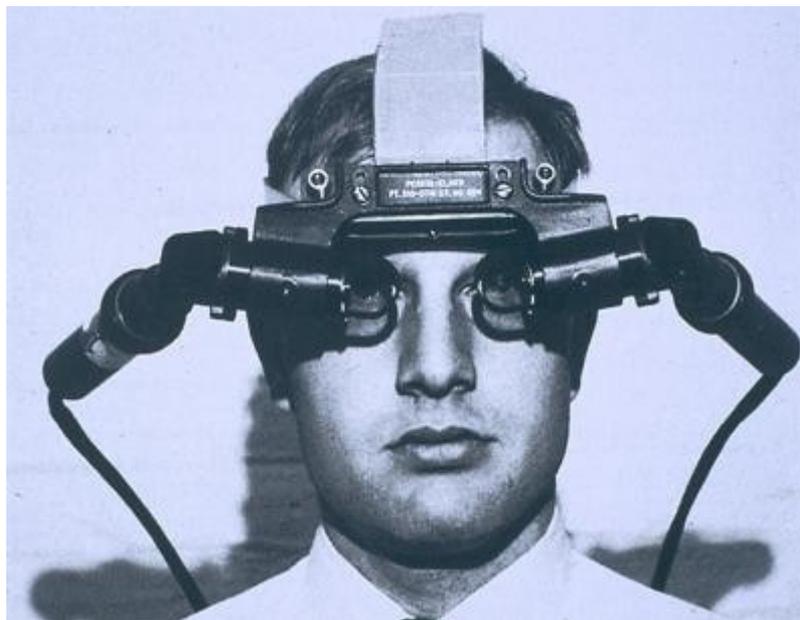


Illustrazione 1: Ivan Sutherland - HMD

- 1975: Myron Krueger crea **Videoplace**<sup>6</sup> per abilitare gli utenti ad interagire con gli oggetti virtuali. Il computer aveva controllo sull'interazione tra l'utente e gli oggetti grafici sullo schermo. Il computer poteva coordinare il movimento di un oggetto con le azioni del partecipante senza considerare necessariamente i limiti della realtà fisica. Una serie di simulazioni poteva

---

<sup>5</sup> Ivan Sutherland "The Ultimate Display" (1965)

<sup>6</sup> Filmato web su Videoplace - <http://www.youtube.com/watch?v=dmmxVA5xhuo>

essere programmata in base ad ogni azione ed il programma offriva più di 50 composizioni e interazioni. L'utente si trovava di fronte a uno schermo di proiezione mentre lo schermo dietro di sé era retroilluminato per produrre immagini ad alto contrasto per la telecamera e permettere al computer di distinguere l'utente dallo sfondo. L'immagine veniva digitalizzata per creare una silhouette che veniva analizzata da processori specializzati. Questi potevano analizzare la postura dell'immagine, il ratio di movimento e la sua relazione con gli altri oggetti grafici nel sistema; potevano quindi reagire al movimento e creare una serie di risposte visive o sonore.



Illustrazione 2: Videoplace

- 1989: Jaron Lanier conia l'espressione *Virtual Reality* e crea il primo mercato sulla realtà virtuale.
- 1992: L.B. Rosenberg sviluppa uno primi sistemi di AR chiamato **Virtual Fixtures** e ne dimostra i benefici per l'attività degli uomini.

- 1992: Steven Feiner, Blair MacIntyre e Doree Seligmann, presso la conferenza Graphics Interface, presentano il primo prototipo di marker per il sistema di AR, **KARMA**.
- 1993: viene realizzata da Pierre Wellner, Wendy Mackay e Rich Gold una nota versione del marker con l'uso specifico di un computer di augmented environments.
- 1993: Loral WDL, con la partecipazione della STRICOM, effettua la prima dimostrazione di veicoli equipaggiati del sistema AR. La documentazione non pubblicata da J. Barrilleaux è "*Experiences and Observations in Applying Augmented Reality to Live Training*", 1999.
- 1994: Julie Martin realizza la prima produzione teatrale di AR *Dancing In Cyberspace*, finanziata dalla Australia Council for the Arts, in cui ballerini ed acrobati manipolavano oggetti virtuali in tempo reale e proiettati nel medesimo spazio della performance. I protagonisti apparivano immersi con l'ambiente degli oggetti virtuali. L'installazione era stata realizzata con i sistemi Silicon Graphics e Polhemus.
- 1998: La Spatial Augmented Reality viene introdotta alla University of North Carolina da Raskar, Welch, Fuchs.
- 1999: Hirokazu Kato (加藤 博一) realizza **ARToolKit** presso HITLab, dove successivamente la AR è stata sviluppata e dimostrata al SIGGRAPH.
- 2000: Bruce H. Thomas sviluppa **ARQuake**, il primo gioco esterno e *mobile* basato sulla AR e lo presenta al International Symposium on Wearable Computers. Ci sono sedici diversi tipi di mostri in tutto il mondo di Quake, alcuni hanno caratteristiche che li rendono adatti per l'inclusione in questo tipo di livello. A causa delle limitazioni imposte dal movimento di inseguimento hardware, i migliori mostri erano quelli che camminavano o saltavano e quelli che erano relativamente facili da distruggere. Sette tipi di mostri sono stati scelti per essere inclusi in questo livello, queste creature si

posizionano sul terreno ed utilizzano armi da lontano e tutti sembrano ben integrati nel sistema. Si modifica il loro colore della pelle per renderli più facili da vedere e distinguere dal mondo fisico.

- 2008: **Wikitude AR Travel Guide** viene lanciato il 20 ottobre con il G1 Android phone.
- 2009: ARToolkit è stato portato alla piattaforma Adobe Flash **FLARToolkit** da Saqoosha, portando così la AR sui browser.
- 2009: il progetto **SixthSense** del MIT libera le informazioni dai suoi rigidi confini, trasformando qualsiasi superficie in un display interattivo a touchscreen o a distanza con semplici gesti della mano. Un sistema di realtà aumentata disponibile ovunque dove l'intero mondo che ci circonda diventa un computer connesso a Internet. Il sistema si compone di una webcam appesa al collo, che segue la scena osservata, di un microproiettore che proietta le immagini su qualsiasi supporto, e di un telefonino in tasca che effettua la connessione con Internet. I marker colorati di pollici e indici servono di interfaccia.
- 2011: LASTER Technologies, una start-up francese dell'università di Parigi (Orsay), ha sviluppato il primi scii di AR per il mercato di Google, presentandoli al SIGGRAPH.



Illustrazione 3: Applicazione di SixthSense



Illustrazione 4: Hirokazu Kato

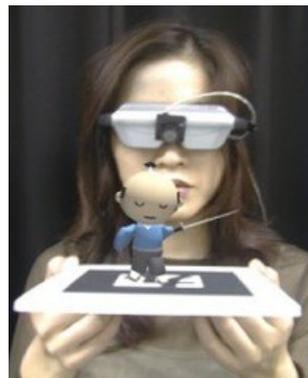


Illustrazione 5: ARToolKit

### I.III- Sviluppi futuri

Provando a delineare in generale le strade che la tecnologia della Realtà Aumentata potrà percorrere nei prossimi anni, si ipotizza lo sviluppo di nuovi tipi di schermi, slegati dall'hardware attuale, rappresentati da finestre e icone virtuali su un "desktop reale" costituito dallo sfondo della scena reale; queste interfacce potrebbero essere comandate con il riconoscimento dei gesti o con l'*eye tracking*. Tra gli ammodernamenti di strumenti già disponibili ma migliorati da questa tecnologia si pensa alla sostituzione dei navigatori stradali con informazioni direttamente nello spazio di interesse, come potrebbe essere lo stesso vetro dell'auto; per il marketing si ipotizzano vetrine animate, cartelloni pubblicitari interattivi e dinamici. Quello delle applicazioni di realtà aumentata è un mercato che nei prossimi anni conoscerà un autentico boom, stimano gli analisti. In molti già si adoperano per provare a intercettare questa nuova tecnologia dell'*hi-tech* del futuro.

Un dispositivo per la AR molto interessante è Il **Sixth Sense**<sup>7</sup> sviluppato presso il Media Lab del MIT da due studenti, Steve Mann e Pranay Mistry. E' un dispositivo indossabile costituito da un mini proiettore, da una fotocamera e da un mini-computer; sia la fotocamera che il proiettore sono collegati al computer, che tramite dei marker applicati sulle dita di chi usa il dispositivo (di 4 colori differenti) riesce a riconoscere i movimenti dell'utente e di conseguenza a proiettare interfacce e informazioni su oggetti reali.

Un altro esempio è quello delle lenti a contatto in sperimentazione presso l'università di Washington. Queste che in apparenza possono sembrare delle normali lenti a contatto contengono dei piccoli visori che permettono a chi le indossa di vedere la realtà arricchita da informazioni di tutti i tipi come informazioni sugli oggetti, sui luoghi, sul nostro stato di salute ed tanto altro. Inoltre queste lenti sono energeticamente indipendenti in quanto possono ricaricarsi con la luce solare e

---

<sup>7</sup> Sito di riferimento: <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>

possono connettersi senza fili ad altre macchine grazie a micro-trasmittitori sui bordi della struttura. La tecnologia è già in sperimentazione nell'esercito americano e non si esclude a breve una commercializzazione per l'utente finale.

Parla di realtà aumentata anche la casa automobilistica BMW, per un ambito applicativo che ha una indubbia utilità, ovvero il meccanico professionista e quello per passione potrebbero un giorno giovare di una simile competenza tecnica nell'apportare le mani tra i meccanismi delle auto tedesche e fare il controllo tecnico al motore oppure sostituire un componente usurato.

L'atteso Project Glass di Google sta prendendo forma, Sergey Brin lo ha fatto provare agli osservatori intervenuti ad una dimostrazione e ne ha esaltato potenzialità. Nel corso della conferenza sono state mostrate alcune funzioni del dispositivo legate sia a Gmail che a Hangout e gli occhiali sono stati prestati agli osservatori per avere modo di toccare con mano l'esperienza offerta. Tecnicamente questi primi *occhiali-computer* non hanno connessione mobile ma sono pensati per connettersi via Wi-Fi o tethering con il proprio smartphone. Mentre le informazioni vengono disposte in sovrimpressioni su una delle due lenti oppure tramite diffusione audio dalla parte destra del dispositivo l'utente può comunicare con il dispositivo attraverso comandi vocali, toccando una parte dell'asticella che conterrà una sorta di trackpad multitouch oppure con semplici gesti della testa, registrati attraverso giroscopio e accelerometro integrati nel dispositivo. A questa integrazione potrebbe aggiungersi la possibilità di controllare il dispositivo attraverso lo smartphone. Dice Sergey Brin *“Vogliamo che siate meno schiavi del vostro dispositivo. È una liberazione che vogliamo condividere con tutti voi”*. Gli occhiali incarnano per Google una nuova idea di dispositivo, da affiancare a quelli esistenti ovvero non dovranno essere utilizzati per navigare od occupare i ritagli di tempo, ma per ottenere informazioni precise ed aiutare le persone, mettendo letteralmente davanti agli occhi l'agenda, i messaggi ricevuti o le mappe necessarie, e a portata di voce la possibilità di rispondere agli SMS o di scattare una foto. La linea *Explorer Editions* costerà 1.500 dollari ed

arriverà nel 2013.

Un brevetto richiesto da Microsoft e reso pubblico dall'USPTO (United States Patent & Trademark Office) si rivolge a tipi di applicazione più specifici, la richiesta di brevetto descrive un sistema computerizzato capace di *"fornire informazioni supplementari all'utente con un HMD durante un evento dal vivo"*. Il dispositivo di Microsoft è pensato per un uso in occasione di spettacoli, concerti o eventi sportivi: all'utente potrebbe ad esempio venire fornita tutta una serie di statistiche e informazioni riguardo un particolare giocatore durante una partita di calcio.

Lavorano agli occhiali *augmentati* Google, Microsoft ma anche Motorola. Quest'ultima ha realizzato un vero e proprio computer ad elmetto per chi necessita di avere entrambe le mani libere nello svolgimento del suo lavoro. HC1, nome commerciale dell'elmetto-computer, entrerà in commercio già a partire dal 2013.



## Capitolo II

### II.1 – AR nel campo medico

Questa disciplina nel campo medico è connotata dalla specifica strumentazione utilizzata. Sistemi di tracciamento magnetico e costosi schermi, oltre a richiedere una complessa procedura di impostazione, spesso sono empiricamente poco applicabili nei contesti chirurgici. I caschi visualizzatori sono poco ergonomici ed invasivi in una operazione chirurgica, tanto da danneggiare la percezione reale del medico. Strumenti di tracciamento magnetico possono entrare in conflitto con la strumentazione metallica della sala operativa. Entrando nel dettaglio dei componenti utilizzati si denota che ognuno di questi dispositivi deve misurare nel tempo reale la posizione spaziale della camera da ripresa. Il tracciamento basato sui marker, come detto precedentemente, è basato sulla ripresa video dello scenario e per renderne maggiormente efficace l'applicazione talvolta è necessario tracciare anche gli strumenti utilizzati dal chirurgo. Lo stesso paziente deve essere registrato nelle coordinate globali del sistema. Di solito l'immagine viene realizzata attraverso strumenti di scansione come CT<sup>8</sup> (*Computed Tomography*) o MRI<sup>9</sup> (*Magnetic Resonance Imaging, Imaging a Risonanza Magnetica*) e memorizzata secondo lo standard DICOM<sup>10</sup> (*Digital Imaging and COmmunications in Medicine, immagini e comunicazione digitali in medicina*). Questa operazione è dovuta al fatto che in molte applicazioni è utile fornire dati di piano predisposti come traiettorie e coordinate di punti d'intervento o specifici modelli 3D.

---

<sup>8</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/PET-CT>

<sup>9</sup> [http://it.wikipedia.org/wiki/Imaging\\_a\\_risonanza\\_magnetica](http://it.wikipedia.org/wiki/Imaging_a_risonanza_magnetica)

<sup>10</sup> Lo standard DICOM è pubblico, nel senso che la sua definizione è accessibile a tutti. La sua diffusione si rivela estremamente vantaggiosa perché consente di avere una solida base di interscambio di informazioni tra apparecchiature di diversi produttori, server e PC, specifica per l'ambito biomedico. - <http://it.wikipedia.org/wiki/DICOM>

**VectorVision IGS**<sup>11</sup> è una piattaforma passiva e di tracciamento ottico sviluppata da BrainLAB, è semplicemente composta da un PC, un display *touchscreen* e due telecamere ad infrarossi. Specifici marker a sfera sono accuratamente attaccati ad ogni oggetto che deve essere tracciato e riflesso dalle luci ad infrarossi ed il loro posizionamento è calcolato attraverso la triangolazione, cosicché gli schermi *touchscreen* potranno illustrare i modelli tridimensionali degli strumenti chirurgici nel contesto tridimensionale dello scenario operativo. Una comune *webcam* acquisisce le immagini ma è necessario tracciare la strumentazione utilizzata dal chirurgo con una particolare metodologia. VectorVision è in grado di tracciare molteplici strumenti attraverso gli infrarossi ed la posizione di ognuno viene misurata dal sistema IGS (*Image-Guided Surgery*). Tuttavia la problematica sta nel fatto che gli strumenti e le informazioni rilasciate non corrispondono a quelle fornite dalla *webcam*, ovvero la posizione degli strumenti data dall'IGS è un vettore di posizione, quindi è doverosa una modifica dell'immagine vettoriale in una verosimile a quella reale. A tale scopo viene effettuata una calibrazione dell'immagine. Un comune sistema di coordinate di riferimento è ARToolKit, che offre il tracciamento attraverso dei marker. Sul volume della strumentazione da calibrare vengono posizionati i suddetti marker e l'utente ne definisce le posizioni nel sistema di riferimento delle telecamere a infrarossi usando un sistema di puntamento precedentemente calibrato. Definito l'ordine dei punti, i marker occupano le medesime posizioni delle coordinate nel sistema ARToolKit: i vettori “u” e “v” corrispondono alle coordinate degli assi “x” ed “y”, sicché si applica una matrice di trasformazione (Illustrazione 3). Inseguito alla calibrazione, per tracciare la *webcam* sono necessari solo i dati forniti dalle telecamere ad infrarossi del VectorVision. Ora è possibile tracciare simultaneamente più strumenti chirurgici con la *webcam*. Una seconda applicazione della AR nel campo medico è l'endoscopia. Questo sistema, usato per ben dodici volte, permette l'esecuzione di operazioni endoscopiche in una modalità accurata, sicura ed assistita

---

<sup>11</sup> <http://www.brainlabcurve.com/>

nel trattamento di tumori alla ghiandola pituitaria<sup>12</sup>. Questa applicazione viene considerata un promettente strumento di sicurezza, poco invasivo e adatta nelle operazioni trans-sfenoidali per il suddetto trattamento. L'applicazione consiste di un endoscopio<sup>13</sup> con un piccola luce, un sistema di tracciamento ottico ed un *controller*. L'operazione del tracciamento ottico è basata su due diodi<sup>14</sup> emittenti luce ad infrarossi, che misurano la posizione e l'orientamento dell'endoscopio nella testa del paziente. Immagini anatomiche, tridimensionali, virtuali del tumore e le vicine strutture anatomiche (arterie della carotide, nervi ottici, ecc...) vengono sovrapposte alle immagini riprese in tempo reale. Il sistema quindi permette di rilevare la corretta posizione dell'endoscopio nel corpo e di fornire immagini tridimensionali della risonanza magnetica o di fornire piani termografici. Inoltre i colori del tumore rilevato cambiano in base alla distanza dello strumento dall'oggetto dell'indagine chirurgica. Un sistema superiore ai convenzionali sistemi di navigazione chirurgica.

I neurochirurghi canadesi di Nova Scotia, contea di Halifax, usano la virtualità reale della AR per salvare la vita di una donna di 48 anni con un tumore benigno al cervello. Alcune ore prima di metter mano ai ferri, gli specialisti avevano fatto pratica con un simulatore *hi-tech* gestito dal *Canada's National Research Council* e costato qualche milione di dollari in investimenti. Grazie al suddetto simulatore, i chirurghi hanno potuto "lavorare" su una replica foto-realistica del cervello del paziente, generata dalle scansioni in risonanza magnetica funzionale e comprendente il tumore da rimuovere, i vari tipi di tessuti del cervello e tutto il resto. Il bisturi

---

<sup>12</sup> L'ipòfisi (dal greco ὑπόφυσις *hypóphysis*, "gonfiore", "escrescenza") o ghiandola pituitaria è una ghiandola endocrina situata alla base del cranio, nella fossa ipofisaria della sella turcica dell'osso sfenoide.

<sup>13</sup> Un endoscopio è uno strumento ottico utilizzato solitamente per eseguire un'endoscopia. È costituito da un tubo rigido o flessibile e serve per osservare cavità non visibili normalmente.

<sup>14</sup> È un componente elettronico passivo non-lineare a due terminali (bipolo), la cui funzione ideale è quella di permettere il flusso di corrente elettrica in un verso e di bloccarla totalmente nell'altro, la qual cosa viene realizzata ponendo dei vincoli (contatti metallici) alla libertà di movimento e di direzione dei portatori di carica.

renderizzato su schermo è in grado di replicare la strumentazione reale con tanto di effetto *force-feedback* specifico, mentre l'operazione virtuale viene condotta su tessuti che sanguinano, pulsano e offrono la stessa resistenza di quelli in cranium. Sviluppato a partire dall'aprile del 2008, il simulatore di operazioni neurochirurgiche ha secondo i ricercatori ancora margini di sviluppo in particolare per quanto riguarda l'accuratezza della simulazione, attualmente possibile solo con tumori vicini alla superficie della corteccia cerebrale.

La tecnologia della AR promette d'essere tanto proficua in questo campo dello scibile umano e gli stessi ricercatori ne stanno studiando tutte le molteplici possibilità d'applicazione. Dal 2008 è sotto sviluppo una lente che incorpora micro-led, capace di proiettare immagini in 3D.

Come spiegano i ricercatori dell'università di Washington lo studio è focalizzato sul controllo dei picchi glicemici per le persone malate di diabete. La lente è capace di calcolare il livello di glucosio nel sangue studiando il fluido lacrimale, alleviando le seccature dei malati di diabete con il consueto appuntamento con le analisi del sangue: il fluido lacrimale è lo stesso di quello contenuto nel sangue e trasmette tali informazioni grazie ad un sensore *wireless* su un dispositivo portatile, con il quale si potrà inoltre gestire la dieta speciale a cui sottoporsi a seconda del livello di glicemia e si potrà calcolare e controllare il dosaggio dei farmaci. L'idea della lentina LED è nata quando il professore dell'Università di Washington, Babak Parviz, elaborò un prototipo di lente con un solo LED di colore rosso. Successivamente si è tentato di combinare la stessa tecnologia della lente utilizzata per la glicemia per creare delle lenti a contatto con LED rossi e blu capaci di proiettare una visione 3D di immagini e informazioni nel campo visivo di chi le indossa. Toccherà ora combinare l'ottica con i LED in miniatura nella lente stessa, ovvero disporre i LED in una griglia, in modo da non interferire con la visione normale, mentre il circuito sarà disposto attorno al bordo della lente.

L'Indiana University School of Medicine ha pubblicato un particolare studio che illustra nei dettagli lo sfruttamento di certi meccanismi casalinghi di realtà virtuale per le riabilitazioni fisiche di soggetti affetti da sclerosi multipla o artrite. Un apprendimento del corpo, dunque, condotto sempre attraverso le nuove possibilità aperte dalle attuali tecnologie.

La Realtà Aumentata nel campo medico ha riscosso un grande successo tanto da essere stata esportata e resa disponibile per i pazienti direttamente sui propri *smartphone*. **DoctorMole** è una *app* gratuita per Android che è in grado di analizzare nei sospetti sfruttando lo standard ABCDE<sup>15</sup>, che consente di individuare alcune peculiari caratteristiche dei nei e valutare le loro condizioni. Tuttavia questa applicazione non può sostituire le sofisticate strumentazioni mediche, ma può essere considerata come un piccola consulenza capace di riconoscere lesioni maligne. È una *app* veloce e semplice da usare e permette il salvataggio delle immagini da comparare con quelle future del proprio corpo, così da comprendere l'avanzamento o la staticità delle lesioni.

La tecnologia ha aperto la strada a grandi progressi nel campo della medicina e spesso, si è visto come la realtà aumentata sia stata utile in questo approccio.

---

<sup>15</sup> La **regola ABCDE**, ognuna delle lettere indica una condizione che dovrebbe allertare la nostra attenzione e spingerci a effettuare, nei casi sospetti, un controllo specialistico:

**A - Asimmetria dei nei** - Se proviamo a dividere idealmente con una linea centrale i nostri nei e notiamo che le due metà ottenute non hanno una forma simmetrica tra loro, è il caso di farli controllare.

**B - Bordi irregolari dei nei** - Se anziché essere regolarmente tondeggianti, cominciano ad avere delle frastagliature, delle irregolarità, potrebbero essere melanomi.

**C - Colore dei nei** - I soggetti con la pelle chiara hanno dei nei meno pigmentati, alcuni di colore roseo. I soggetti con la pelle scura hanno, invece, nei più pigmentati, alcuni di colore quasi ardesiaco. Se i nei da chiari diventano scuri o viceversa, vanno guardato con sospetto.

**D - Dimensioni dei nei** - Se le dimensioni sono elevate (in genere, quando hanno un diametro maggiore di 6 millimetri) è il caso di fare ulteriori indagini.

**E - Evoluzione progressiva dei nei** - Questa è la caratteristica più importante. I nei che diventano **asimmetrici**, acquisiscono **bordi irregolari**, variano di **colore** o aumentano di dimensioni... i nei che si trasformano, insomma, sono, a rischio.

L'aspetto più promettente di questa tecnologia è la capacità di fornire informazioni non acquisibili normalmente nella realtà empirica, quindi fornire specifiche informazioni a chi non le o non può averle. I ricercatori del MIT sono stati in grado di sviluppare una macchina fotografica, da tenere come un anello, che potrebbe aiutare i non vedenti ad identificare gli oggetti e leggere il testo. Si chiama **EyeRing** e i suoi creatori la descrivono come un dispositivo ad anello che, sfruttando la realtà aumentata, consente di puntare un oggetto, scattare una foto, e ricevere commenti su ciò che è stato appena messo a fuoco.

Pattie Maes, un professore del MIT Media Lab, ha affermato che EyeRing può anche funzionare come traduttore o che può anche aiutare i bambini ad imparare a leggere, inoltre offre un feedback uditivo attraverso un dispositivo indossabile. L'anello a realtà aumentata ha anche una piccola telecamera, un processore e la connettività *Bluetooth*. EyeRing può essere impostato per identificare sia il testo, i colori, o anche la valuta e i prezzi sui cartellini: basta puntare l'anello e fare clic sul pulsante per scattare una foto. Con un semplice doppio clic su un pulsante al lato dell'anello, un comando vocale avvierà il processo: le immagini vengono poi inviate allo *smartphone* Android via *Bluetooth*, dove una *app* elabora l'immagine, per poi generare i dati attraverso una voce digitale. Il team sta lavorando anche su una applicazione per iPhone.

## II.II - AR nell'istruzione

La Realtà Aumentata si sviluppa ed evolve anche al servizio dell'apprendimento scolastico e al supporto per un insegnamento di sostegno in classe come anche al ripristino delle quotidiane attività del corpo umano. Quindi un'applicazione volta all'insegnamento della mente del corpo. Precedentemente l'arrivo della tecnologia nell'istruzione era visto come un qualcosa di veramente promettente ma al tempo stesso complesso. Uno degli aspetti più apprezzati era la possibilità di insegnare a distanza a gli studenti che non avevano la capacità motoria di raggiungere il luogo degli studi come anche di offrire l'opportunità di reperire a distanza del materiale didattico. Aspetti didattici che oggi la maggior parte delle università offrono con facilità per via telematica (dispense, video, *slide*, corsi e master *online*). Per quanto il risultato ottenuto sia oggettivamente un grandissimo passo avanti nel futuro, l'obbiettivo sembra essere ancora lontano da quello finale, ovvero la simulazione della realtà: la riproduzione fedele del contesto pedagogico e didattico a distanza.

Ma proprio le caratteristiche della AR sembrano poter colmare la distanza tra gli studenti e l'insegnante. Ipotizzando la "classe del futuro" composta anche da studenti non presenti nella convenzionale aula ma collegati col proprio computer, è stato realizzato un sistema attraverso cui la AR permette ai remoti studenti di ricevere la medesima attenzione dei loro colleghi: le video conferenze risultano essere caotiche quando eseguite da più utenti, in questo sistema è stata ideata la possibilità che sullo studente remoto, alzando la mano, si crei un cerchio sopra la mano così da richiamare l'attenzione del docente oppure puntando il docente col proprio indice possa essere zoomato dalla camera del sistema.

Quando si sviluppa una applicazione tecnologica dedicata all'educazione è doveroso considerare gli aspetti concernenti il dominio dell'insegnamento, l'aspetto psicologico e quello pedagogico. Non c'è una singola tecnologia perfetta, ovvero non esiste una tecnologia che risulti essere adatta o ergonomica ad ogni situazione pedagogica, è

sempre necessario valutare il campo dell'applicazione e come la tecnologia che si svoglia sfruttare possa essere usata in quel contesto. Per insegnare la geometria a studenti non vedenti o ipovedenti, un interfaccia grafica non può ovviamente essere appropriata allo scopo, quindi si devono selezionare i giusti dispositivi di input ed output. L'idea di base è che i processi di apprendimento si attivano naturalmente con la semplice esplorazione dell'ambiente virtuale, tuttavia quando il contesto d'apprendimento è poco strutturato, il processo di comprensione si rivela restio<sup>16</sup>. La teoria *Costruttivista*<sup>17</sup> spiega che il processo di apprendimento si attiva quando gli studenti possono costruire e materializzare modelli concettuali che abbiano sia le conoscenze da loro acquisite e sia le recenti conoscenze da poco apprese. Questa modalità permette di assimilare le vecchie conoscenze alle nuove esperienze, offrendo un apprendimento flessibile.

Come spiega l'elaborato *“Augmented reality in education: current technologies and the potential for education”* la realtà aumentata può essere applicata per l'apprendimento ed il divertimento migliorando la percezione di un utente e la sua interazione con il mondo reale. L'utente può muoversi intorno all'immagine tridimensionale di tipo virtuale e vederla da ogni punto di vista, proprio come un oggetto reale. Le informazioni trasmesse dagli oggetti virtuali consentono agli utenti di eseguire le medesime attività come nel mondo reale. La metafora dell'interfaccia tangibile è uno dei modi importanti per migliorare l'apprendimento, questa proprietà consente la manipolazione di oggetti virtuali tridimensionali semplicemente spostando delle carte vere (i marker), senza mouse o tastiera. La AR può essere

---

<sup>16</sup> Mantovani, F. VR Learning: Potential

<sup>17</sup> Secondo la teoria del costruttivismo l'individuo che apprende, costruisce modelli mentali per comprendere il mondo intorno a lui. Il costruzionismo sostiene che l'apprendimento avviene in modo più efficiente se chi apprende è coinvolto nella produzione di oggetti tangibili. In questo senso il costruzionismo è connesso all'apprendimento esperienziale e ad alcune teorie di Jean Piaget.

utilizzata anche per migliorare le attività di collaborazione, è possibile sviluppare interfacce innovative che fondano i mondi virtuali con quelli reali al fine di migliorare l'interazione di collaborazione a distanza. Queste applicazioni di realtà aumentata hanno una interazione più simile a quella naturale, le tecnologie internet sono molto popolari, tuttavia le persone continuano a preferire la lettura di libri cartacei invece di leggere uno schermo. Un'altra applicazione interessante di questa tecnologia è nei libri di testo di realtà aumentata, questi libri sono stampati normalmente, ma puntando una webcam verso il libro si visualizzano le interazioni progettate. Questo approccio è sostitutivo dell'installazione di appositi software su un computer, con speciali applicazioni mobili o di un sito web. Questa tecnologia consente a qualsiasi libro esistente di sviluppare un'edizione basata sulla realtà aumentata. L'uso di oggetti 3D, media vari e simulazioni con diversi tipi di interazioni è il modo più semplice per connettere le due realtà. Attraverso l'uso della Realtà Aumentata sulle pagine dei libri stampati, il testo tradizionale diventerà una fonte dinamica di informazione ed in questo modo le persone senza una conoscenza del computer potranno avere una ricca esperienza interattiva.

La AR oltre a ridurre le distanze fisiche è utile nell'istruzione a ridurre il margine tra la teoria e la pratica, ad esempio nel apprendimento dei principi della geometria euclidea è necessario eseguire uno sforzo di rappresentazione mentale degli oggetti.

Un aspetto da non sottovalutare è la motivazione che lo studente ripone nella disciplina da studiare<sup>18</sup>: nell'ambito della formazione, la motivazione può essere definita come il desiderio dello studente di impegnarsi in un contesto d'apprendimento. L'impatto della motivazione sui risultati accademici degli studenti e quindi sull'apprendimento è stato affrontato in diversi studi e mette in evidenza il ruolo della motivazione nel promuovere e sostenere l'apprendimento legato ad una migliore prestazione. La motivazione ha il potenziale per influenzare il *cosa*, il

---

<sup>18</sup> Di Serio, Á., et al., Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course, *Computers & Education* (2012), doi:10.1016/j.compedu.2012.03.002

*quando* ed il *come* dell'apprendimento, queste tre variabili aumenteranno la probabilità di impegnarsi in una attività ed ottenere migliori prestazioni. Così, le strategie di apprendimento che si collegano con gli interessi degli studenti possono portare ad un aumento dell'impegno, dello sforzo e del successo finale. La tesi opposta, è anche vera, la mancanza di motivazione può essere un grosso ostacolo che impedisce studente verso il successo. Le teorie analizzate nello studio hanno sei fattori di motivazione: l'inclusione, l'atteggiamento, il significato, la competenza, la leadership e la soddisfazione. Questi fattori di motivazione possono essere visti come le basi per le strategie didattiche che intendono fornire un rinforzo per le attività che devono essere svolte; fissati gli obiettivi per l'apprendimento bisogna ottenere un *feedback* sui progressi compiuti così da aumentare il valore percepito di nei compiti, convincere gli studenti che possono avere successo e fornire le scelte agli studenti sugli obiettivi e le strategie per la loro realizzazione. I risultati quantitativi di questo studio di ricerca hanno dimostrato che l'uso della tecnologia di realtà aumentata in ambienti di apprendimento ha avuto un effetto positivo sulla motivazione degli studenti delle scuole medie. L'effetto è stato analizzato in isolamento ed in confronto con le tradizionali lezioni. È stato riscontrato un netto miglioramento d'attenzione e di motivazione in base all'ambiente di apprendimento basato sulla tecnologia della realtà aumentata a fronte di un ambiente di apprendimento più tradizionale. Questi risultati sono stati supportati da uno studio qualitativo in cui gli studenti hanno sostenuto che un ambiente di apprendimento AR era più attraente e facile da capire rispetto l'uso di diapositive. L'analisi quantitativa ha dimostrato che gli studenti che hanno usato la realtà aumentata erano moderatamente più motivati. Questi risultati sono stati completati con un'analisi qualitativa che fornisce indizi circa i benefici di AR per il processo d'insegnamento-apprendimento.

Secondo la ricerca<sup>19</sup> di valutazione educativa svolta durante il progetto *Science Center to Go*, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- 1) con la AR è possibile combinare oggetti reali e virtuali per dare una adeguata informazione in ambiente reale
- 2) la possibilità di far convergere la AR verso la formazione è una sfida ottimistica e da sviluppare
- 3) il progetto implementa strumenti di realtà aumentata che visualizzano l'invisibile (forze, campi), proiettando oggetti virtuali su un vero e proprio ambiente sperimentale
- 4) La AR è un sistema che permette agli studenti di interagire fisicamente ed intellettualmente con ambienti istruttivi d'apprendimento
- 5) gli esperti pedagogici e gli insegnanti sottolineano come il processo sia l'elemento principale che permette l'interazione dell'insegnamento del maestro verso l'apprendimento degli studenti
- 6) la disponibilità, il prezzo e l'usabilità di questa tecnologia stanno rendendo presto disponibile la AR per l'istruzione di tutti i giorni,
- 7) la soglia non è più denaro o la tecnica, ma le risorse mentali.

La combinazione di reale apprendimento pratico attraverso la realtà aumentata è stata sottolineata dagli insegnanti partecipanti al sondaggio. L'idea era quella di ottenere un valore più educativo utilizzando la tecnologia del' *Augmented Reality*, aggiunto al tradizionale apprendimento pratico, l'obiettivo principale è stato quello pedagogico insegnare a fare domande ed osservazioni, questo è stato possibile perché la AR permette, come fenomeno, di rendere visibile ciò che normalmente è invisibile attraverso animazioni e dimostrazioni. È stato importante che gli insegnanti non erano colpiti dalla tecnologia in sé, ma dal fatto di vedere come la Realtà Aumentata

---

<sup>19</sup> [Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality \(AR\): visualising the invisible in science centres and schools for teacher education](#)

permetteva il collegamento tra ambienti di apprendimento come strumento efficace. La tecnologia è al servizio come un ponte tra l'educazione formale e quella informale, l'apprendimento significativo ha due componenti. Per prima cosa il contenuto dovrebbe essere significativo per lo studente ed in secondo luogo, il processo di apprendimento dovrebbe essere organizzato in un modo pedagogicamente significativo (secondo l'età e le conoscenze e le competenze dello studente e dalla struttura logica del tema da insegnare.) Tutte le grandi innovazioni in materia di istruzione si sono basate sul fatto di mettere questi due principi in pratica. Questo approccio ridefinisce l'aspetto anche per la progettazione dell'apprendimento combinando le competenze di pensiero con quelle d'apprendimento.

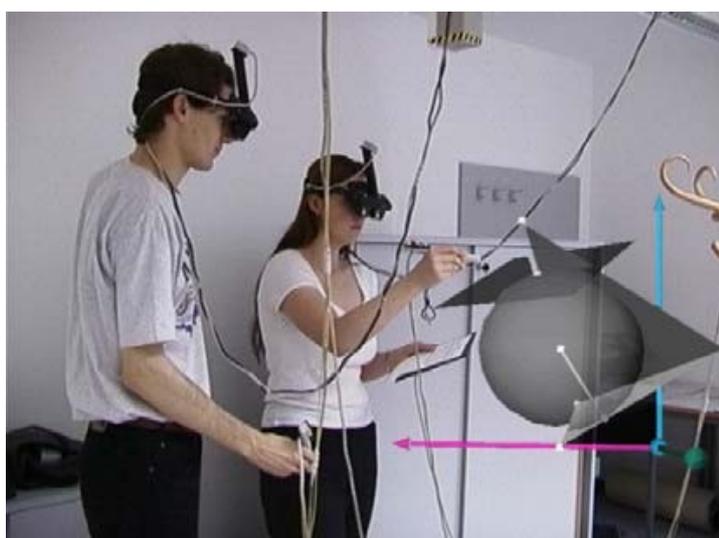


Illustrazione 6: Construct 3D

**Construct3D** è una applicazione basata sul sistema *mobile* Studierstube, progettata per l'educazione della matematica e della geometria nelle scuole superiori e nelle università, è facilmente utilizzabile e propone molteplici sperimentazioni con costruzioni geometriche. Le abilità spaziali (percezione spaziale, visualizzazione spaziale, rotazioni mentali, relazioni spaziali e l'orientamento spaziale) rappresentano

un importante aspetto delle capacità mentali, tanto che l'obiettivo primario dell'insegnamento geometrico consiste nello sviluppo delle suddette. Construct3D, offre quindi l'occasione agli studenti di realizzare delle forme geometriche tridimensionali e di comprenderne in modo efficace le caratteristiche spaziali rispetto ai tradizionali metodi d'insegnamento eseguiti sulla carta. L'applicazione mette a disposizione diverse modalità d'apprendimento: *Teacher mode*, l'insegnante mostra ad uno o più studenti quali passi effettuare le costruzioni; *Normal tutorial*, in ogni passi l'applicazione spiega cosa sta facendo e alla fine lo studente dovrà ripetere tutti i passi; *Auto-tutorial*; *Exam mode*, gli studenti devono realizzare da soli l'intera costruzione e alla fine verificarne la correttezza con le soluzioni.

Un altro esempio di educazione tecnologico basato sull'aspetto empirico viene dagli Stati Uniti. Un istituto ha inaugurato una scuola sperimentale di New York in cui i corsi hanno lo scopo di preparare tutti gli studenti ad una brillante carriera nel settore dell'high-tech. Gli iscritti non devono cimentarsi sui libri di testo e memorizzare formule, ma semplicemente riunirsi in gruppo per simulare un contesto sociale in un ambiente video-ludico. Come ad esempio giocare a spartani contro ateniesi per imparare in maniera più vivida la storia greca. Nel corso dell'ultimo BETT Education Technology Show a Londra, è stato presentato un software in grado di trasformare il dispositivo portatile di Sony in uno strumento per la realtà aumentata, utilizzato da una ventina di scuole britanniche per visualizzare le tragedie di William Shakespeare o per un giro virtuale tra le antiche mura di Stonehenge.

L'idea che sta alla base di quest'ultimo esempio è che gli studenti lavorano meglio se insieme si focalizzano sul medesimo spazio di lavoro. Un qualcosa di poco realizzabile su di un solo computer e qualora si trovassero l'uno a fianco all'altro ma lavorando su computer personali non potrebbero mai collaborare al medesimo lavoro e quindi non apprenderebbero nel migliore dei modi, poiché è radicalmente differente la modalità di comunicazione ed al tempo stesso lo spazio gioca un ruolo primario: individuale. Si pensi ad una tavola rotonda intorno alla quale una decina di studenti

sono seduti, essi comunicano verbalmente e col proprio comportamento, insieme collaborano, si scambiano idee, aiutano chi non ha compreso e rendono l'apprendimento più veloce, condividendo uno spazio visivo. Con la realtà aumentata essi potranno quindi parlare dell'esperienza visiva comune ed arricchire l'esperienza naturale d'apprendimento.

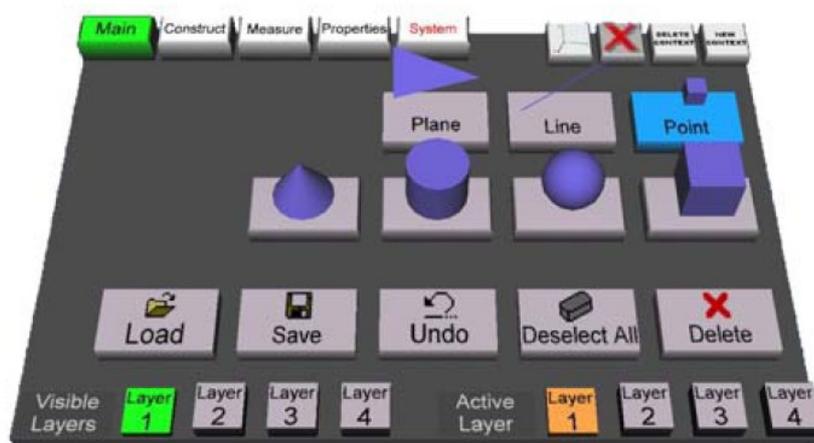


Illustrazione 7: Construct 3D - interfaccia strumenti di controllo

I bambini piccoli spesso fantasticano di essere inghiottiti nelle pagine di una fiaba e di diventarne parte della storia. Il **MagicBook** rende questa fantasia una realtà, utilizzando un normale libro come oggetto interfaccia principale. Come fa notare Milgram in un suo studio, le interfacce possono essere collocate l'una al fianco dell'altra in base alla quantità di realtà generata dal computer<sup>20</sup>. In una interfaccia completamente virtuale muoversi da sinistra verso destra aumenta l'aspetto virtuale e di conseguenza il collegamento con la realtà s'indebolisce. La AR può essere utilizzata dagli utenti conservando la percezione del reale, ovvero le persone possono girare le pagine del libro, guardarne le foto e leggere il testo senza alcuna tecnologia supplementare; tuttavia, se si guardano le pagine attraverso un palmare si nota che i

<sup>20</sup> Milgram, P., Kishino, F. A. (1994) "Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays."

modelli virtuali emergono fuori dalle pagine. I modelli sembrano attaccati alla pagina, così gli utenti possono osservare la scena da qualsiasi punto di vista. I modelli possono essere di qualsiasi dimensione e anche animati, quindi la AR offre una versione migliorata di un tradizionale libro "pop-up". Gli utenti possono modificare i modelli virtuali semplicemente girando le pagine del libro. Quando vedono una scena che gli piace particolarmente, possono immergersi nella pagina e vivere la storia come un in ambiente virtuale. Questo esempio supporta nuove forme di esperienza educativa, i libri di testo non sono più fonti di informazioni statiche anzi, attraverso l'uso della Realtà Aumentata la carta stampata può diventare mezzo per stimolare gli studenti.



Illustrazione 8: MagicBook

L'idea degli autori del sistema interattivo Multimedia Augmented Reality Interface for E-Learning (**MARIE**) strettamente legata a quella del MagicBook, una potente interfaccia di realtà aumentata. Questo sistema utilizza un vero e proprio libro che permette agli utenti di sovrapporre oggetti virtuali a quelli reali, ovvero alle pagine del libro e gli utenti possono interagire con la scena “aumentata”. Un'altra simile piattaforma di realtà aumentata supporta l'interazione diretta con gli oggetti virtuali

utilizzando una penna e una interfaccia pad. Il sistema MARIE mescola tecniche di realtà virtuale con quelle della Human Computer Interaction. Uno degli obiettivi principali di questo sistema stato quello di progettare un sistema leggero che può essere facilmente utilizzato da un utente inesperto, quindi sono stati esclusi HMDS grandi ed ingombranti ma si preferito utilizzare CyVisor e telecamere bullet semplici. Altri componenti hardware off-the-shelf e software sono stati utilizzati per mantenere il bilancio complessivo basso e creare un'architettura ergonomica facilmente riutilizzabile. Il software adottato per la modellazione tridimensionale 3ds max (versione 4.2), il suono tridimensionale viene creato utilizzando un'interfaccia software per hardware audio, chiamata OpenAL API [17]. Infine stato necessario Un processore Pentium III a 700 Mhz e una force G card IIII come la scheda grafica. Questa implementazione fa in modo che il sistema funzioni alla massima risoluzione (768 x 576 pixel) con una efficienza di frame rate ridotta. Pertanto, un bassa risoluzione (384 x 288 pixel) preferibile per ottenere prestazioni in tempo reale. Il materiale didattico viene scomposto in unità appropriate (in futuro queste unità verranno specificate in XML) e un marcatore stato creato per ciascuno di essi. Pertanto, gli utenti hanno la possibilità di selezionare dei marcatori associati al materiale didattico. L'insegnante deve solo di concepire la strategia d'apprendimento, cioè la sequenza con cui instradare gli studenti verso il materiale d'apprendimento.

La realtà aumentata ha un enorme potenziale per l'uso in classe in quanto crea nuovi ed entusiasmanti modi per gli studenti di interagire e confrontarsi con l'ambiente circostante. Se gli studenti visitano un museo, o vanno in gita, per esempio, gli insegnanti possono pre-programmare indizi, pezzi di informazioni o video educativi che compaiono quando si scatta una foto. Quando gli studenti usano i loro dispositivi mobili per scattare una foto di una statua in particolare o di un'opera d'arte, le informazioni sull'artista e/o il contesto storico, in questo modo, possono essere immediatamente messe a loro disposizione! Oppure, come in una caccia al tesoro

semi-virtuale, mentre esplorano un sito storico, con il tablet, gli studenti possono utilizzare 'indizi' educativi trovati in vari punti d'interesse che li orienteranno verso le fasi successive del tour. Immaginate dei video che emergono dai libri di testo o da manifesti in una mostra a scuola.

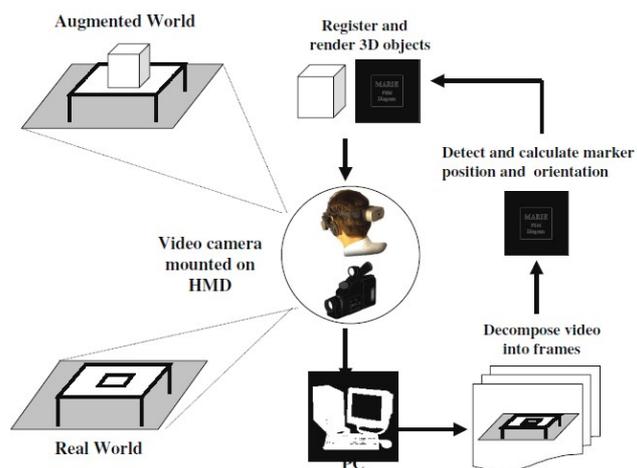


Illustrazione 9: MARIE

## II.III - Mobile AR nel marketing e come intrattenimento

Quando una tecnologia è *neonata* i primi test vengono effettuati nel bacino del mercato, dove le strategie di *marketing* ne testano il gradimento da parte dei consumatori ed i pubblicitari ne enfatizzano le capacità con la loro creatività. In questa sezione sono esposti i primi casi di strategie di *marketing* e le forme d'intrattenimento rivolte al grandissimo *target* dei consumatori.

Negli ultimi anni, grazie alla diffusione di *smartphone* e dispositivi sempre più sofisticati le applicazioni di Realtà Aumentata sono diventate “mobili” ovvero sfruttano gli strumenti messi a disposizione dalle piattaforme mobili. Lo strumento di base è la fotocamera tramite la quale acquisire l'immagine del mondo reale; in moltissime applicazioni di recente sviluppo la fotocamera non basta, infatti vengono sfruttati altri dispositivi come il GPS, la bussola e il collegamento a internet. Queste applicazioni riescono tramite l'uso di tutti questi strumenti a localizzare e riconoscere la posizione nel mondo reale e a sovrapporre informazioni e contenuti.

**Layar Reality Browser**, come suggerito dal nome, funziona a strati, ovvero sovrappone alla realtà ripresa tramite fotocamera vari strati di informazioni, raccolte sul web tramite varie piattaforme come Google Maps, Wikipedia, Flickr, Twitter. L'applicazione è stata sviluppata come browser per la realtà, permette di aggiungere contenuti o strati personalizzati. La raccolta di informazioni viene effettuata dal basso, e viene proposta sul terminale.

**Wikitude** raccoglie i dati principalmente da Wikipedia, Qype e Wikitude.me, un portale esterno dedicato collegato all'applicazione dove ogni singolo utente può aggiungere i propri punti di interesse, recensire e dare opinioni su di un luogo. Tramite questa piattaforma poi si può condividere il contenuto generato su altre piattaforme come Google Maps o vari social network. Quindi le differenze tra Layar

e Wikitude sono principalmente nel modo in cui le applicazioni attingono alle informazioni; da una parte c'è la creazione di informazione e la condivisione sul web, dall'altra invece l'esatto opposto, ovvero si prelevano informazioni prodotte in precedenza da tutte le altre piattaforme.

Come parte della compagnia Smarter Commerce, IBM sta studiando la possibilità di utilizzare la AR per aiutare i rivenditori a fornire ulteriori informazioni sui prodotti ai propri clienti, e per raccogliere maggiori informazioni sui consumatori. I laboratori di ricerca della società hanno progettato un prototipo di un'applicazione *mobile* che può essere utilizzato dai clienti del negozio per identificare i prodotti e recuperare ulteriori informazioni su di essi. L'azienda lo sta sperimentando con un certo numero di rivenditori. ha dichiarato Jill Puleri, vice presidente IBM:

*Questo è un modo limpido di fornire ai clienti ulteriori informazioni sui prodotti, che normalmente ricercano sul Web, è anche un modo per un rivenditore di attirare maggiormente i consumatori.*

Se attuata, la tecnologia potrebbe essere uno dei primi utilizzi commerciali di realtà aumentata. L'idea dietro l'applicazione, secondo IBM, è quello di aiutare il rivenditore fornendoli maggiori informazioni mentre sono in negozio, piuttosto che lasciare che i consumatori tornino a casa dopo una visita, per esaminare ulteriormente i prodotti su Internet, aumentando la probabilità dell'acquisto online. Ecco come funziona: un utente entra in un negozio può scaricare l'applicazione, registrarsi, compilare un profilo utente e quindi utilizzare l'applicazione per saperne di più dati sui prodotti nel deposito che sono di suo interesse. L'utente potrebbe puntare il telefono verso un prodotto e l'applicazione utilizzerà la videocamera integrata nel telefono per identificare il prodotto elaborando l'immagine. Una volta che il prodotto è identificato, l'applicazione può poi scaricare ulteriori informazioni da un server IBM, come ingredienti, specifiche di prodotto, prezzi, recensioni e sconti applicabili. Potrebbe fornire informazioni su misura per il singolo utente, ad

esempio se il prodotto in fase di test ha provocato allergie. Con il permesso dell'utente, l'applicazione può anche inviare un avviso al *social network* dell'utente, avvisando amici e colleghi che questo individuo si trova presso il punto vendita.

Nespresso, ha prodotto un'applicazione di RA per visualizzare le sue nuove macchine da caffè direttamente nell'ambiente dove andranno collocate. Questo tramite un marker specifico per ogni macchina presente sul catalogo.

Adidas ha commercializzato da poco una linea di scarpe con stampati sulla linguetta dei marker per la RA; collegandosi al sito di Adidas e mostrando la scarpa alla webcam si vede comporsi sulla scarpa una città virtuale che si sviluppa e cresce. L'azienda sta continuando a rilasciare aggiornamenti per questa applicazione che ha avuto molto successo.

Lego ha utilizzato la RA in maniera molto più concreta, ovvero installando nei suoi punti vendita dei Digital Box, dei computer dotati di webcam che possono mostrare la versione 3d del modello all'interno della scatola di costruzioni mostratagli.

L'utente può anche interagire con il modello ruotando la scatola o ruotandolo direttamente con le mani.

Alfa ha intrapreso un progetto simile al precedente, con il **Magic Cube**, un cubo costituito da marker di vario tipo che permette di osservare un modello molto definito della nuova Alfa Mito; in più si può interagire con i vari optional della macchina andando ad agire sui vari marker del cubo.

L'Oreal in collaborazione con IBM ha sviluppato l'**EZface Virtual Mirror Kiosk**. Questo apparecchio è installato nei negozi di cosmetici e con sofisticate tecniche di riconoscimento facciale permette alle clienti di provare in tempo reale i trucchi scelti dal listino.

**Augmented Reality Cinema** è un'interessante App in arrivo per gli *smartphone* di ultima generazione, un'App che farà felici gli amanti del cinema e dei viaggi. *Augmented Reality Cinema* è presumibilmente un'applicazione per iPhone di Apple e dovrebbe basarsi sui dati di localizzazione del GPS per visualizzare sullo schermo

dello *smartphone* un film nella *location* in cui è stato girato. Basterà inquadrare un panorama per visualizzare lo spezzone cinematografico corrispondente, con la possibilità di includere i soggetti presenti in quel momento.

Analoghe applicazioni sono state realizzate per la storia delle capitali europee in cui camminare ed avere immagini del loro passato. **StreetMuseum** è in grado di far rivivere la Londra di un tempo e la sua storia, il software permette, grazie alla realtà aumentata, di vedere la ricostruzione storica attraverso lo schermo. Centinaia di immagini del *Museum of London* sono state geo-localizzate su una mappa e recandosi nei luogo prestabiliti della city ed inquadrarli col proprio *smartphone*.

Da Londra a Roma, la società Illusionnetwork, ha annunciato che presto sarà lanciato il programma **Voyager X-Drive**, Visitando le rovine sarà possibile vedere dallo schermo dello *smartphone* come si presentavano gli edifici ai tempi nell'Impero Romano. In pratica sarà possibile effettuare un salto nel passato usando il telefono come macchina del tempo e ricevere informazioni testuali e audio. La versione Lite coprirà i Fori Imperiali, in futuro l'app sarà sviluppata ed estesa così da visitare l'antica Roma in una modalità totalmente suggestiva.

**Metro Paris Subway**, è una altra applicazione dedicata alla capitale europea, quella francese. Grazie all'aggiornamento della versione 3.0 gli utenti alzando il telefono in direzione della strada, il programma indicherà loro la direzione delle stazioni della metropolitana e basterà seguire le indicazioni per raggiungerle. Volendo, tramite il sistema di pagamento, è possibile comprare le informazioni sugli autobus e sui punti di interesse, come ristoranti, cinema, bar e così via.

I *Rolling Stones*, ABKCO Music, Universal Music e Aurasma hanno lanciato una campagna globale in 50 città di tutto il mondo con la tecnologia della Realtà Aumentata, per GRRR! il loro ultimo album *Greatest Hits*. In cinque continenti, 50 città e più di 3000 località, su edifici come il Big Ben a Londra, l'*Empire State Building* a New York, il Tokyo Skytree e la *Sydney Opera House*, si trova un "King

*Kong*” virtuale (lo stesso dell’album GRRR!). Questa è senza dubbio la campagna musicale in realtà aumentata più grande al mondo. Da oggi, gli utenti possono utilizzare l'applicazione per trovare la posizione più vicina con cui potranno vedere la copertina dell’album prender vita; oltre ad alcuni contenuti aggiuntivi esclusivi: il gorilla in azione potrà essere anche fotografato e condiviso. Deborah Giacinto, vice presidente del marketing digitale alla *Universal Music Group* ha dichiarato:

*L'album ha generato un enorme buzz sui social media. Le 50 tappe nelle città aggiungono un ulteriore livello di interazione a questa campagna mondiale. Questo uso pionieristico della tecnologia dona una strepitosa immagine ai Rolling Stones per l'innovazione e la fantasia adoperate.*

Un'altra applicazione interessante è in sviluppo ed è basata sul riconoscimento dei volti. Permette di sapere chi abbiamo di fronte, inquadrando il soggetto in questione ci appariranno alcuni *widget* relativi ad alcuni servizi a cui è iscritta quella persona. In questo modo potremmo aggiungerla su Facebook, vedere i suoi video di YouTube e molto altro. Al momento il programma non è disponibile perché Apple non ha ancora rilasciato le relative API.

Una società ha realizzato un test che permette, attraverso una finestra in un vagone di un treno, di vivere un'esperienza interattiva in cui l'utente, mentre viaggia, può giocare con il mondo fuori. Utilizzando un Kinect, un iPhone, un proiettore, e un modulo GPS, una società giapponese di progetti audiovisivi, chiamata “Salad”, ha trasformato un viaggio in treno...in un'esperienza di realtà aumentata. Stando semplicemente seduti e guardando il mondo che scorre fuori, da questa finestra è possibile aggiungere cose alla scena esterna: se si tocca più in basso nella finestra l'oggetto apparirà più vicino, mentre toccando più in alto gli oggetti appariranno più lontani. È possibile inserire mongolfiere, aeroplani che volano oltre il treno, uccelli

che fanno volare la fantasia. Il proiettore rende le immagini trasparenti, in modo da non coprire il paesaggio reale.



La realtà aumentata è stata a lungo un interesse di Google, come abbiamo visto con i Project Glasses, ma la società si sta dirigendo verso una nuova direzione. È stata, infatti, annunciata l'uscita di **Ingress**, un gioco di fantascienza di Realtà Aumentata - ora disponibile solo per dispositivi Android. I dettagli del gioco per ora sono ancora pochi, ma sembra che gli utenti potranno raccogliere unità di "XM" "exotic matter" in vari luoghi con il loro smartphone, e poi utilizzare queste in altri luoghi ancora, chiamati "portali", per sbloccare varie missioni. I portali saranno probabilmente luoghi pubblici facilmente accessibili; come biblioteche, musei e simili.

Per il lancio dei nuovi modelli di rasoi Series 5, Braun ha realizzato il primo progetto di realtà aumentata per esplorare virtualmente un prodotto con comandi gestuali. L'applicazione, disponibile sul sito tedesco, è stata sviluppata da Total Immersion e non ha necessità di nessun programma da scaricare, essendo sviluppata in Flash per

ogni browser. L'applicazione, disponibile sul sito tedesco, cattura i movimenti della mano tramite webcam e li usa per controllare un modello in 3d del rasoio, senza l'ausilio di un mouse. L'utente può anche attivare ulteriori contenuti per ogni componente aggiuntivo dei nuovi modelli ed accedere al carrello di acquisto. In questo modo, Braun non ha voluto solo un modo per far scoprire e comprare i suoi prodotti ai consumatori ma anche per rinforzare la sua immagine, tra design e innovazione.

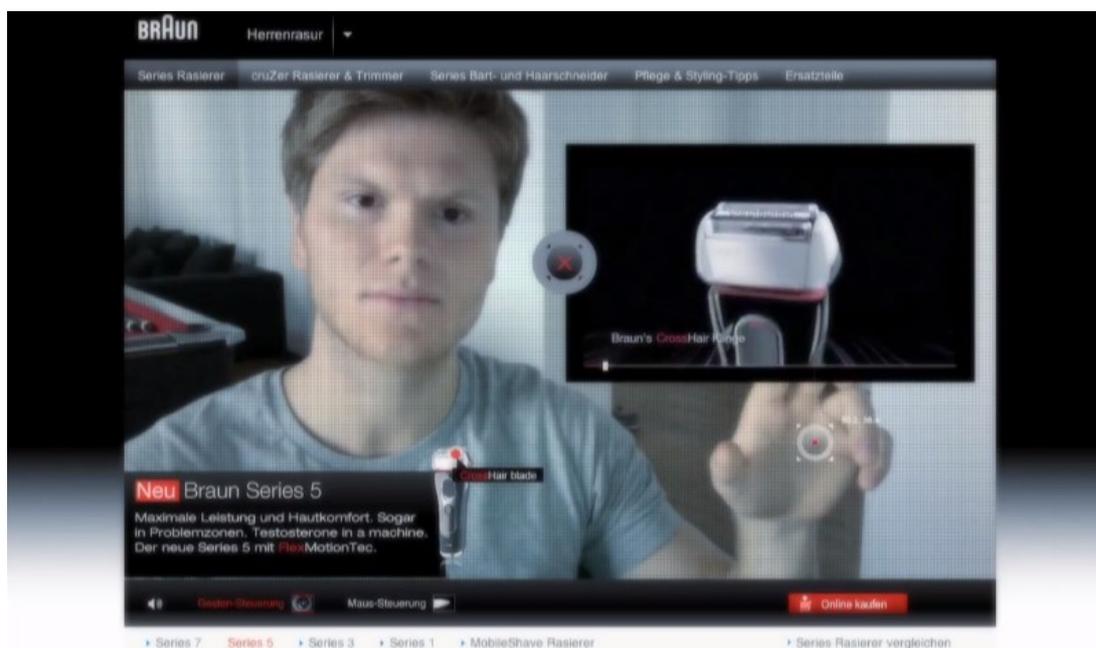


Illustrazione 10: Applicazione della Braun

Quale parte di MeSync, programma per imprenditori e rappresentanti di vendita indipendenti, Mitsubishi Electric e Metaio hanno sviluppato un'applicazione che funge da assistente di manutenzione, mediante il riconoscimento ottico di oggetti e la tecnologia della realtà aumentata. In caso di manutenzione ad un sistema,

l'applicazione per iPad si sovrappone alla visione in tempo reale della fotocamera, indicano passo-passo le indicazioni relative agli elementi corrispondenti del mondo reale. Un'esperienza del genere è un grande passo in ambito tecnologico. Ciò significherebbe non avere più manuali di istruzioni: tutto sarebbe a portata di mano, accessibile direttamente dal telefono.

Oltre le suddette forme di intrattenimento si parla, ma ancora non si vede, di AR anche nella disciplina artistica che per antonomasia è la forma di intrattenimento ovvero il Cinema. A riguardo è stato intervistato via e-mail il Professore **Giulio Latini**<sup>21</sup> che analizza le potenzialità della tecnologia in questione in base alla sua esperienza e lungimiranza professionale.

1. Sono già stati realizzati film che utilizzano la Realtà Aumentata o ce ne sono in fase di realizzazione? Quali sono?

[...] Non mi risultano ancora esistenti esempi di realizzazioni cinematografiche che hanno fatto uso di Realtà Aumentata o che siano prossimi alla realizzazione. La ragione va verosimilmente cercata nella circostanza che registra come, al momento, i maggiori investimenti in termini economici e tecnologici dell'industria cinematografica sono allocati nel 3D digitale stereoscopico, ancora ben lontano dall'aver esplorato e materializzato compiutamente le proprie potenzialità. E sono investimenti ingenti, a partire da quelli sostenuti dalla Sony Picture e dalla Pixar, che comportano per le sale cinematografiche la definitiva conversione digitale.

---

<sup>21</sup> Giulio Latini insegna Comunicazione multimediale nel Corso di Laurea in Storia, Scienze e Tecniche della Musica e dello Spettacolo presso la Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli studi di Roma "Tor Vergata". Da molti anni tiene corsi e seminari di Analisi audiovisiva in diverse istituzioni universitarie, conservatori di musica e centri professionali italiani e stranieri. Dal 1987 è regista di video e documentari selezionati in concorso in numerosi festival internazionali e trasmessi da televisioni italiane e straniere. Collaboratore di «Close up» e redattore di «TestoeSenso», è autore di numerose pubblicazioni su cinema, letteratura e nuovi media. Per Meltemi ha pubblicato *Forme digitali* (2007). La sua ultima pubblicazione (con Alessandro Cipriani) è *Global/Local Issues in Electroacoustic Music for the Cinema of the Real: a Case Study, «Organised Sound»*, 14, Cambridge University Press (2008).

Precondizione indispensabile per qualsiasi possibile nuova sperimentazione, anche nella direttrice futura, semmai se ne sentisse l'esigenza, della Realtà Aumentata.

Vi sono state però due piccole esperienze di Realtà Aumentata legate al cinema seppure solo in senso promozionale che meritano di essere segnalate. La prima: nell'agosto del 2010 la società JoinPad per Warner Bros sviluppò un'applicazione di Realtà Aumentata per promuovere il film *Nightmare (A Nightmare on Elm Street, 2010)* di Samuel Bayer facendo interagire i fans di Freddy Krueger con il loro idolo attraverso un marker scaricabile dalla rete (dando la possibilità di indossare il guanto del protagonista e scattarsi delle fotografie da condividere sui social network). La seconda: in Turchia, Unilever in collaborazione con Proje Calide, prima dell'inizio della proiezione del film *Paddle Pop Adventures (2011)* ha sviluppato nella sala cinematografica una piccola esperienza di Realtà Aumentata per i giovani spettatori presenti<sup>22</sup>.

Detto questo può essere utile far notare come la nozione di Realtà Aumentata sia ben presente nell'immaginario filmico fin dalla seconda metà degli anni Ottanta. Basti pensare a narrazioni dove alcuni personaggi protagonisti sono chiamati a far interagire le informazioni computazionali di cui dispongono con il mondo reale che li circonda. E' il caso, per fare qualche esempio, di *RoboCop (1987)* di Paul Verhoeven, *Minority Report (2002)* di Steven Spielberg e *Gamer (2009)* di Mark Neveldine.

## 2. Come può essere implementata la Realtà Aumentata nell'arte del Cinema e quale valore aggiunto porta ai lungometraggi che la Realtà Virtuale non ha portato?

Non disponendo, come dicevo prima, di esempi effettivi si può solo provare ad immaginare, almeno per la sala cinematografica, risultati di implementazione plurisensoriale non troppo dissimili da quelli agenti da tempo nei grandi parchi tematici come Disneyland ad Orlando e Disneyland Paris, dove si può fare esperienza di visioni filmiche (*Pirates 4D, Cinémagique* ecc.) aumentate da "intrusioni" di agenti quali: nebbia, vento, fumo, odori, raggi laser, nebulizzazioni d'acqua, vibrazioni di varia entità dell'intera sala ecc. E del resto, per rimanere in tema di scenari futuribili di interazione in tempo reale, proprio la Disney, già all'altezza del

---

<sup>22</sup> <http://projecalide.com/worksDetail.aspx?id=6>

2009, ha sviluppato un software che consente di realizzare burattini virtuali 3D che interagiscono in tempo reale con gli utenti rispondendo alle loro domande.

Probabilmente qualcosa di interessante potrebbe giungere dall'utilizzazione futura di dispositivi di portable computing come *Project Glasses* di Google. Ma risulta davvero prematuro parlarne, stante la sperimentazione ad uso personale ancora nella sua fase iniziale.

Ben diverso è il discorso di applicazioni di Realtà Aumentata nei territori di sperimentazione artistica, soprattutto nelle installazioni. Penso, in modo particolare, a lavori di David Rokeby come *Very Nervous System* (1998), *Seen* (2002), *Cheap Imitations* (2002) o a *Level Head* (32008) di Julian Oliver. Ne ha ben scritto Geoffrey Alan Rhodes nell'intervento *Augmented Reality in Art: Aesthetics and Material for Expression* (2008), che le allego.

Ciò detto, rimango persuaso che, in senso profondo, i valori aggiunti conferiti ad una pellicola filmica siano il risultato di un mix di elementi entro il quale il portato di innovazione tecnologica ha sicuramente un peso ma non è mai il gradiente primario. Anche in ragione, si potrebbe dire, dei limiti intrinseci delle nostre capacità cognitive. In tale direzione le ricerche neuro-scientifiche, neuro-biologiche sui limiti cognitivi della percezione (anche nel caso dell'accensione contemporanea di più sensi) ci dicono (al momento) che l'eccedenza di stimolazione sensoriale non si traduce in messaggi chiari e netti acquisiti dall'utente. C'è il rischio, insomma, di un bombardamento di stimolazioni-informazioni non gestibile pacificamente dalle nostre facoltà cerebrali. E' un rischio con il quale anche le applicazioni presenti e future di Realtà Aumentata devono/dovranno fare i conti!

3. Come analizza nel quarto capitolo sul libro "Forme digitali" gli effetti cinematografici hanno radicalmente cambiato il modo di fare cinema rispetto al secolo scorso e se prima gli elementi digitali erano un contorno aggiuntivo alla scena ora è la materia reale ad essere contorno di quella digitale, tanto da parlare, in riferimento a Galiberti, di *Sostituibilità dell'individuo*. In questa analisi come si giustifica il ruolo della AR?

Non credo, in via di principio, ad una radicale sostituibilità della materia reale entro la

drammaturgia e la narratività filmica, pur ben conscio dei risultati migliori del cinema totalmente in animazione. Tanto più non credo alla marginalizzazione dell'essenza corporea dell'interprete (semmai registro un suo potenziamento) nel mondo della realizzazione cinematografica al tempo della *digital performance*, per citare una parte del titolo di un recente quanto informato contributo in tema (Christian Uva, *Ultracorpi. L'attore cinematografico nell'epoca della digital performance*, Bulzoni, Roma, 2011). Resto dell'idea che espressi in *Forme digitali* convenendo con le parole di Francesco Pitassio al proposito: "anche film da cui le istanze antropoidi sono a rigor di logica espunte, risultano conformati su quelle, o disposti a incapsulare dei tratti specifici e riconoscibili. Si fa qui riferimento in maniera particolare al cinema di animazione, in cui sotto varie vesti ci si sforza di serbare traccia di una umanità esemplare, nelle forme dei divi. Si tratta di una forma di divismo iconico o sonoro, marca identificante di molti film di animazione proposti nel corso dell'ultimo decennio. Sul piano sonoro, esso può funzionare nella maniera più semplice e ovvia, attribuendo a un dato personaggio la voce di un divo celebre, sulla base di una consonanza tra i tratti caratteriali della figura animata e quella della persona divistica: è il caso del rutilante genio di *Aladdin* (*Aladino*, 1992, di Ron Clements e John Musker), a cui si presta la voce e la logorrea di Robin Williams; o quello del gallo Rocky di *Chicken Run* (*Galline in fuga*, 2000, di Peter Lord e Nick Park), beneficiario delle virili corde vocali di Mel Gibson – il meccanismo non comporta significative variazioni, e gioca sulla notorietà delle qualificazioni della persona, eventualmente in termini parodistici". (Francesco Pitassio, *L'ossessione dell'identità*, «Close up. Storie della visione», n. 17, febbraio 2006, p. 88).

Alla luce di quanto detto, non potendo prevedere se e quando (e non è detto che ciò avvenga! L'industria cinematografica potrebbe diversamente optare per apparecchi di visione ad ologrammi che necessitano ancora di qualche anno di sperimentazione) la Realtà Aumentata possa entrare in proficuo contatto con le forme di realizzazione filmica, è impossibile ragionare sul suo eventuale ruolo rispetto alla dialettica *materia reale/materia digitale*.

4. Il cinema è stato un precursore di idee tecnologiche a cui la scienza ha provato a rispondere, come ad una sfida intellettuale, realizzandole concretamente. Nel caso della Realtà Aumentata, la

prospettiva si capovolge. Crede che la fantascienza cinematografica si limiterà ad utilizzarla o la rielaborerà creativamente rilanciando una sfida al mondo della scienza?

Semmai giunga ad utilizzarla, sicuramente il dialogo, più che la sfida, con il mondo della scienza continuerà, naturalmente non facendo venir meno quella qualità di creazione immaginativa che fa ancora del cinema un medium difficilmente marginalizzabile nell'iconosfera contemporanea.



## Capitolo III

### III.I - AR per i beni culturali

In questo capitolo viene analizzato lo *status questionis* della AR applicata ai beni culturali, come nel mondo accademico si è pensato di sfruttare le caratteristiche di questa tecnologia, quale tipologia di informazioni si è creduto di aggiungere alle opere artistiche e quali risultati ci si aspettava e o si sono ottenuti dall'accostamento di questa tecnica all'esposizione museale.

Nel 1936 Walter Benjamin pubblica il saggio “L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica” dove analizza le ragioni per cui l'opera seppur riprodotta alla perfezione perde la propria autenticità e il valore di sacralità che riassume col termine “*aura*”:

*Anche nel caso di una riproduzione altamente perfezionata, manca un elemento: l'hic et nunc dell'opera d'arte – la sua esistenza unica è irripetibile nel luogo in cui si trova. [...] L'hic et nunc dell'originale costituisce il concetto della sua autenticità. [...] Le circostanze in mezzo alle quali il prodotto della riproduzione tecnica può venirsi a trovare possono lasciare intatta la consistenza intrinseca dell'opera d'arte – ma in ogni modo determinano la svalutazione del suo hic et nunc.*<sup>23</sup>

Oltre al concetto del “*hic et nunc*” egli riflette sul mezzo che si usa per osservare l'opera, che chiama “*medium*”, in oltre riflette sul valore della “esponibilità” dell'opera riprodotta che se da un lato è maggiormente usufruibile dalle masse, dall'altro lato la perdita della autenticità rende la riproduzione svalutata e gli osservatori più profani:

---

<sup>23</sup>Walter Benjamin - “L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica” - paragrafo II

*Nel giro di lunghi periodi storici, insieme coi modi complessivi di esistenza delle collettività umane, si modificano anche i modi e i generi della loro percezione sensoriale. Il modo secondo cui si organizza la percezione sensoriale umana – il medium in cui essa ha luogo –, non è condizionato soltanto in senso naturale, ma anche storico.*

*[...]*

*La ricezione di opere d'arte avviene secondo accenti diversi, due dei quali, tra loro opposti, assumono uno specifico rilievo. Il primo di questi accenti cade sul valore culturale, l'altro sul valore espositivo dell'opera d'arte. [...] L'esponibilità di un ritratto a mezzo busto, che può essere inviato in qualunque luogo, è maggiore di quella della statua di un dio che ha la sua sede permanente all'interno di un tempio.<sup>24</sup>*

*[...]*

*Il dipinto ha sempre affacciato la pretesa peculiare di venir osservato da uno o da pochi. L'osservazione simultanea da parte di un vasto pubblico, quale si delinea nel secolo XIX, è un primo sintomo della crisi della pittura, crisi che non è stata affatto suscitata dalla fotografia soltanto, bensì, in modo relativamente autonomo, attraverso la pretesa dell'opera d'arte di trovare un accesso alle masse. [...] Se questa situazione si è trasformata, in tale mutamento si esprime il particolare conflitto in cui la pittura è stata coinvolta attraverso la riproducibilità tecnica del quadro. Ma benché si cercasse di portarla di fronte alle masse, mediante le gallerie e i salon, non esisteva una via lungo la quale le masse potessero organizzare e controllare se stesse in vista di una simile ricezione.<sup>25</sup>*

Zöllner, J. Keil, H. Wüst, ricercatori del Fraunhofer IGD e D. Pletinckx, Visual Dimension bvba nel loro elaborato “*An Augmented Reality Presentation System for Remote Cultural Heritage Sites*” si focalizzano sui reperti dei siti archeologici e sul relativo scenario contestuale.

Essi spiegano che spesse volte il materiale ritrovato viene portato nei laboratori per essere studiato, curato e restaurato per l'esposizione. Il grande problema, che questi

---

<sup>24</sup>Walter Benjamin - “L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica” - paragrafo V

<sup>25</sup>Walter Benjamin - “L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica” - paragrafo XIII

ricercatori sollevano, è l'impossibilità di trasferire insieme ai reperti il loro contesto, ovvero l'ambiente e l'insieme degli elementi circostanti che caratterizzano quel luogo come sito archeologico.

L'idea che propongono è di ricollegare i reperti con il sito archeologico attraverso la AR così che il visitatore possa colmare disconnessione contestuale dall'interno della sala museale. Lo scenario visivo viene implementato con un piano fotografico scalare sul quale si sovrappongono diversi oggetti informativi, come testo, immagini e filmati. In oltre mantenendo una realistica visione prospettica, sul piano fotografico vengono disposte le ricostruzioni tridimensionali e i disegni storici. Gli oggetti grafici e digitali, come i monumenti, sono armonizzati nella visione realistica della fotografia, della prospettiva e del tempo.

Il risultato che quindi si ottiene, da questa elaborazione e disposizione degli elementi, è una sorta di condotto spazio-temporale del sito archeologico, una ricostruzione fedele al luogo originale. Questa soluzione, come spiegano i ricercatori, permette di mantenere le informazioni contestuali del luogo remoto come anche della sua dimensione temporale.



Illustrazione 11: Information overlays

**Archeoguide** è un nuovo modo di portare la visualizzazione del patrimonio culturale, su dispositivi mobili e statici.

Esso fornisce tour personalizzati di Realtà Aumentata nel medesimo sito archeologico ed offre anche ricostruzioni di rovine e dei siti originali del patrimonio culturale, così da agevolare visitatori e studiosi del settore ad apprezzare e godere della gloria passata di questi luoghi.

Durante il tour gli utenti possono usufruire di unità portatili, reti di comunicazione e un database centrale, che contiene il materiale multimediale per le presentazioni del tour ed in oltre è usato per sostenere la ricerca scientifica e promuovere l'educazione culturale nei paesi europei e non solo. Il sistema colma il divario tra la ricreazione, la scienza, la cultura e la storia rendendo il tutto più accessibile a un pubblico eterogeneo.

A differenza dei tradizionali sistemi di accompagnamento audio adottati nei siti culturali di tutto il mondo, *archeoguide* offre un'esperienza differente. Le ricostruzioni 3D dei monumenti sono presentate all'utente attraverso una interfaccia di AR, che offre un costante contatto visivo con l'ambiente, un naturale ascolto delle informazioni e la creazione di nuove.

Gli ideatori spiegano che per il rispetto dei siti del patrimonio culturale, il sistema non danneggia il sito, né provoca un danno visivo o altri tipi di disturbi verso visitatore, come non comporta l'interruzione della normale fruizione del sito.



Illustrazione 12: ARCHEOGUIDE: sito originale    Illustrazione 13: ARCHEOGUIDE: sito ricostruito

Balaguer, Lorés, Ferré (GRIHO - Research Group on Human Computer Interaction. Computer and Engineering Department) e Junyent (GIP - Prehistoric Research Group. History Department) dell'università spagnola di Lleida, nel loro studio “*Scenario based design of augmented reality systems applied to cultural heritage*” spiegano che l'osservazione è un metodo di valutazione estremamente importante per soddisfare requisiti iniziali: hanno osservato che i visitatori dei siti archeologici utilizzano le guide audio per avere informazioni sulla storia e sulla cultura oppure optano per una presentazione multimediale dopo la normale visita. A loro avviso, le audio guide forniscono solo informazioni incomplete, quindi una grande quantità d'informazione restano sconosciute alla maggior parte dei visitatori. Inoltre, le presentazioni multimediali, che si trovano fuori del sito archeologico, sono sconnesse e quindi i visitatori devono lasciare il sito per accedere alle informazioni aggiuntive.

Essi propongono un sistema che stabilisce una connessione diretta tra gli utenti e gli oggetti archeologici, un dispositivo interattivo di realtà aumentata, che potrebbe permettere ai visitatori di vedere gli oggetti reali e le ricostruzioni del passato allo stesso tempo. Gli oggetti virtuali si sovrappongono al contesto visivo ed appaiono dove dovrebbero essere da qualsiasi punto di vista e in tutte le dimensioni. In questo modo i visitatori possono vedere il mondo reale che li circonda e la computer grafica che si sovrappone ad esso.

Questo sistema si basa su modelli di *user-centered design* come *storyboard*, scenari e video e permette ai progettisti di esplorare idee diverse, così come definire e sviluppare nuove conoscenze per l'ambiente utente.

Nell'ambito della convenzione tra il Museo archeologico regionale "Antonino Salinas" a Palermo e l'UniNetLab (Laboratorio di rappresentazione dell'Università degli Studi di Palermo), finalizzata alla realizzazione e all'esplorazione 3D di un modello virtuale del museo, è stato realizzato un percorso tecnologico di conoscenza e di valorizzazione basato sull'adozione di tecnologie di realtà virtuale e aumentata e

di tecniche di visualizzazione prospettica dinamica ed interattiva. L'esigenza di riorganizzare il criterio espositivo attuale e di proporre una diversa distribuzione dei reperti archeologici per classi tipologiche e cronologiche di appartenenza sono stati i requisiti scientifici di partenza che hanno definito le linee guida del progetto per un nuovo assetto del museo Salinas. Obiettivo della collaborazione multidisciplinare intrapresa con lo staff del UniNetLab, prevedeva la realizzazione di un sistema grafico che consentisse la fruizione virtuale interattiva del modello tridimensionale, in modalità di real time *rendering* e la simulazione realistica di sistemazioni alternative delle collezioni storiche e dei diversi reperti classificati.

Attraverso dei dispositivi di realtà virtuale specificatamente progettati si possono fruire i contenuti delle collezioni presentando in maniera immersiva le ricostruzioni 3D dei reperti archeologici. Le particolari valenze didattico-scientifiche innovative di comunicazione offerte da questo sistema tecnologico determinano i presupposti per sperimentare un protocollo operativo su di un prototipo di studio. Il reperto selezionato è una riproduzione in scala in gesso di una porzione angolare di un capitello composito greco appartenente alla Dotazione Basile 1859-1929 conservata nei locali dell'ex Dipartimento di Rappresentazione della Facoltà di Ingegneria di Palermo.



Illustrazione 14: A sinistra, rendering del modello numerico in mesh riprodotto una porzione d'angolo di un capitello composito. A destra, interfaccia del software LinceoVR con la visualizzazione del modello mesh virtuale nella scena reale.

**ARART**, l'applicazione di Realtà Aumentata sviluppata dagli artisti giapponesi Kei Shiratori, Takeshi Mukai e Younghyo Bak, fa in modo che alcuni quadri e disegni molto famosi, come *la Gioconda* di Leonardo, *la Ragazza con l'orecchino di perla* di Vermeer, *i Girasoli* di Van Gogh o *il coniglio bianco di Alice*, prendano vita con animazioni virtuali in tempo reale.

Con la visualizzazione di queste creazioni iconiche, attraverso il software preconfigurato, l'applicazione ricrea la scena con la realtà aumentata, portando i personaggi in vita. L'applicazione ha anche la capacità di simulare la filatura di un vinile e di controllarla dal display *touch screen* dell'iPhone, come con la copertina di 'Kid A' dei Radiohead..

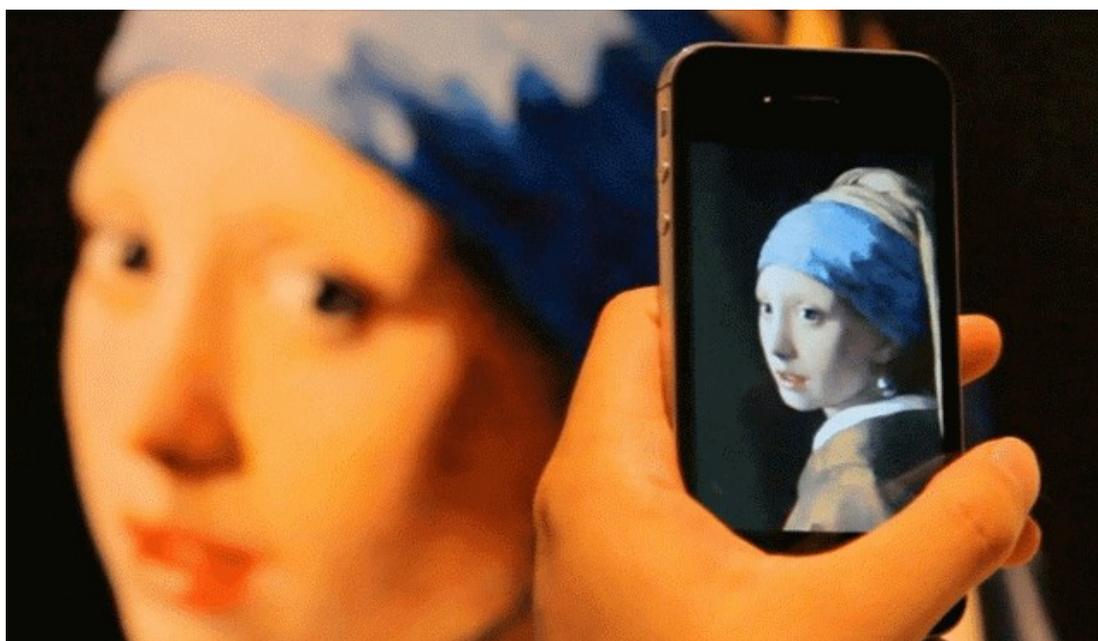


Illustrazione 15: ARART - app mobile

Negli ultimi anni, diverse realtà nazionali ed internazionali nel campo dei beni culturali hanno deciso di investire sulla Realtà Aumentata. Si sente parlare sempre più spesso di progetti innovativi che coinvolgono e attirano numerosi nuovi visitatori nelle sale museali. GCODE ha sviluppato un'applicazione completamente dedicata al mondo dei beni culturali. Gli usi sono infiniti: il visitatore può fruire di contenuti aggiuntivi sotto forma di video o modelli 3D, o addirittura partecipare ad una caccia al tesoro alla ricerca di reperti andati distrutti. Le guide in Realtà Aumentata offrono grandi vantaggi rispetto alle tradizionali audio guide, pur rimanendo personali per ogni visitatore. Esse possono, ad esempio, includere un artista in piedi vicino alla sua opera che descrive il processo di realizzazione dell'opera d'arte. G-MUSEUM non è utilizzabile unicamente nei musei. L'applicazione difatti, trova spazio anche nelle aree archeologiche, con esiti sorprendenti: il sistema basato sulla realtà aumentata dà la possibilità di osservare i monumenti, sovrapponendovi una ricostruzione degli stessi. Il sistema di Realtà Aumentata permette di riposizionare virtualmente monumenti e statue nella loro posizione di origine, offrendo al visitatore la possibilità di osservare opere d'arte non più esistenti. In molti siti archeologici inoltre, sono presenti aree chiuse al pubblico: l'uso della realtà aumentata rende possibile visitare virtualmente questi luoghi, aiutando a preservare lo stato di conservazione dell'edificio. L'applicazione offre la possibilità di visitare i beni culturali in maniera innovativa ed originale, trasformando l'utente in protagonista attivo del percorso e del processo di apprendimento. Utilizzando questa tecnica, gli utenti saranno portati ad approfondire l'argomento grazie all'incrocio tra istruzione ed intrattenimento.

Si chiama **Futouring**<sup>26</sup> ed è la visione del futuro nel passato. Grazie alla realtà aumentata sei siti archeologici della capitale torneranno a *parlare*, rendendo maggiormente fruibile un patrimonio che oggi è ancora poco valorizzato. La prima fase prevede un portale dei beni culturali laziali che presenterà 6 visite virtuali all'interno di siti storici, una sezione dedicata alla storia della capitale, un bus digitale

---

<sup>26</sup> <http://www.futouring.it/web/filas/home/;jsessionid=2E78DB418001E8DB99248F3FD37682A9>

con cui scorrazzare virtualmente per la città e una cyber *hall* dove scaricare gratuitamente su smartphone, tablet e computer cartografie interattive, animazioni in 3D e altro materiale sull'antica Roma. Presentato al Lubec, la rassegna lucchese dedicata alle soluzioni Ict per i beni culturali e la promozione del territorio, nell'ottobre 2010, Futouring è un progetto del DTC, il Distretto tecnologico per i Beni e le Attività culturali del Lazio. Nato nel 2008 con l'intervento dei ministeri dell'Università e della ricerca, dello Sviluppo economico e di quello per i Beni e le attività culturali, vede anche la partecipazione di Filas, la finanziaria regionale già impegnata in un altro distretto laziale, quello dedicato all'aerospazio. Obiettivo principale del Dtc è valorizzare il patrimonio artistico e culturale italiano, circa l'80% di quello mondiale, e mettere in contatto le imprese con un bacino accademico enorme. Il Lazio infatti può contare su circa 1.300 specialisti dei beni culturali di comparti sia umanistici che scientifici, su una rete regionale composta da nove università e sul supporto di CNR, Enra e Istituto nazionale di fisica nucleare. Ma anche sui quattro Istituti Centrali del Ministero dei Beni e delle Attività culturali: l'Icr, dedicato al restauro, l'Icpl, alla patologia del libro, l'Iccd, che si occupa di catalogazione e documentazione, e dell'Iccu, l'istituto centrale per il catalogo unico. All'interno di questo intrico di istituzioni e competenze, il Dtc cerca di portare un beneficio ai cittadini e ai turisti con un sistema informativo più chiaro ma anche alle aziende. Uno degli scopi infatti è stimolare lo sviluppo e la nascita di imprese innovative che utilizzino i beni culturali come volano dell'economia locale. Gli strumenti per raggiungerlo sono molti, ma soprattutto si tratta di favorire un uso privato del patrimonio culturale - regolamentato a livello pubblico - e di creare processi e infrastrutture per supportare tutti gli attori della filiera. La sfida della ricerca insomma è dare una mano alle imprese anche favorendo e promuovendo il trasferimento tecnologico tra accademia e impresa, e rafforzando il valore giuridico dei brevetti laziali. Una vera miniera, se si pensa che il 30% di questi è legato allo sviluppo di tecnologie per la sicurezza e la protezione dei beni culturali.

Grazie alla nuova app gratuita **i-Mibac Voyager** il nostro iPhone o iPad si trasformano in una macchina del tempo che permette di passeggiare nell'antico Foro Romano osservando monumenti e costruzioni nell'epoca di massimo splendore. Le modalità di funzionamento principali sono due: la navigazione può avvenire a casa o in qualsiasi altro luogo, oppure direttamente all'interno dell'area del Foro Romano sfruttando i sensori dei dispositivi iOS della Mela. La modalità più spettacolare è la seconda: grazie al GPS, alla bussola e all'accelerometro iPhone o iPad rilevano l'esatta posizione dell'utente e dei monumenti che si stanno osservando con la videocamera posteriore. In questo caso la realtà aumentata viene utilizzata per visualizzare sullo schermo la ricostruzione 3D dei monumenti e dei palazzi nell'età costantiniana. In questo modo mentre l'utente passeggia tra le antiche rovine, sullo schermo viene visualizzato l'antico aspetto in tempo reale. L'utente può girare su sé stesso e camminare all'interno del Foro Romano, mentre sullo schermo la rappresentazione grafica 3D mostra quello che la videocamera posteriore riprende, il tutto come era nell'età di massimo splendore dell'Impero. Le funzioni di navigazione e di esplorazione 3D sono naturalmente possibili anche a casa o in qualsiasi altro luogo: in questo caso l'utente dispone dei tasti di movimento per spostare l'inquadratura all'interno Foro ricostruito in 3D, così come avviene nei videogiochi. Ricordiamo per i fortunati in visita a Roma che l'app è gratuita e che con un tap sul palazzo o sul monumento desiderato, è possibile riprodurre una serie di audio guide in diverse lingue che offrono informazioni e dettagli. L'app i-Mibac Voyager è stata sponsorizzata dal Ministero dei Beni Culturali: può essere scaricata gratuitamente

### III.II – Musei di AR nelle scuole

È stato analizzato come la AR sia stata applicata nell'istruzione e successivamente come questa tecnologia sia stata utilizzata per valorizzare i reperti archeologici ed il mondo dei beni culturali. Entrambi i campi appartengono all'universo della cultura e la Realtà Aumentata può collegarli nella prospettiva della pedagogia.

L'insegnamento è una professione antica, quasi un'arte, dove l'erudito comunica ai suoi studenti la propria conoscenza, istruisce il giovane su una disciplina, deve quindi rendere il suo studente competente in quell'ambito dello scibile. Nel corso della storia sono stati ideati, sviluppati e perfezionati molteplici metodi di insegnamento, come ad esempio la Maieutica di Socrate, la teoria cooperativa di Jean Piaget, il metodo Montessori, il metodo mnemonico di Giordano Bruno e tanti altri. Ogni teoria dell'insegnamento si basa sui principi psicologici e sui processi elaborativi della mente umana, tra questi emerge ciclicamente il principio dell'esperienza empirica.

La scuola italiana vanta una antica tradizione della Retorica, tuttavia i metodi di insegnamento restano fin troppo teorici ed a riguardo negli ultimi anni ha intrapreso un percorso di ammodernamento introducendo gradualmente le tecnologie informatiche nella scuola dell'obbligo. Si riporta un recente comunicato<sup>27</sup> del Ministero dell'istruzione a riguardo:

Imparare e insegnare con l'innovazione digitale. Da nord a sud. Nelle zone di montagna, dell'Appennino e delle Alpi, e in quelle più periferiche dell'Italia. Come l'isola di Marettimo, in provincia di Trapani, dove una piccola scuola non sarebbe esistita senza il sostegno garantito dalle nuove tecnologie. E' questo l'obiettivo degli accordi stipulati oggi al Miur tra il Ministro Francesco Profumo e gli Assessori all'Istruzione di dodici Regioni Italiane, attraverso cui prosegue l'impegno del Ministero a favore della diffusione delle tecnologie digitali nel settore dell'Istruzione.

<sup>27</sup> **Profumo firma accordi con Regioni per sviluppare Piano Scuola Digitale**, Roma, 18 settembre 2012 - <http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/ministero/focus180912>

Attraverso le convenzioni stipulate oggi, che seguono l'Accordo quadro approvato lo scorso 25 luglio in Conferenza Stato-Regioni, sarà possibile assegnare complessivamente alle dodici regioni e al Veneto (quest'ultimo senza cofinanziamenti regionali): **5.906 LIM** e PC per classe, **77.073** tablet per gli studenti e di attivare **2.764 Cl@ssi 2.0** e **17 Scuole 2.0**. Ogni accordo è stato elaborato sulla base degli obiettivi e delle caratteristiche dei diversi territori. Inoltre 7 tra le regioni che hanno stipulato gli accordi prevedono fondi per le scuole delle zone montane e delle piccole isole. Tutte le Regioni fanno riferimento alle quattro linee d'azione del Piano Scuola Digitale: LIM<sup>28</sup> in classe, Cl@ssi 2.0<sup>29</sup>, Centri Scolastici Digitali<sup>30</sup> e Scuole 2.0<sup>31</sup>.

Auspiciandoci che i dispositivi tecnologici possano entrare in tutte le classi delle scuole italiane e che i docenti imparino al meglio a sfruttarne le potenzialità e di conseguenza che gli studenti ne possano beneficiare, si vuole proseguire il ragionamento restringendo il campo dell'indagine sull'insegnamento dell'Arte nelle scuole.

Come spiega lo scultore **Lucio Fontana**<sup>32</sup> quando si organizza una mostra d'arte sono necessariamente presi in considerazione gli aspetti educativi che la mostra deve comunicare. Il percorso espositivo non può essere costruito con il solo fine estetico, reperendo delle opere di un artista o semplicemente appartenenti ad periodo storico-culturale, bensì l'itinerario deve guidare il visitatore in un ragionamento maieutico, alla cui conclusione questi possa aver vissuto e compreso l'educazione della mostra:

*Il responsabile dei servizi educativi elabora i progetti educativi e ne coordina la realizzazione, individuando le modalità comunicative e di mediazione, utilizzando*

<sup>28</sup> La **Lavagna Interattiva Multimediale**, detta anche **L.I.M.**, è una superficie interattiva su cui è possibile scrivere, disegnare, allegare immagini, visualizzare testi, riprodurre video o animazioni. I contenuti visualizzati ed elaborati sulla lavagna potranno essere quindi digitalizzati grazie a un software di presentazione appositamente dedicato.

<sup>29</sup> Sono le classi dove, oltre alla presenza della lavagna, ogni studente e insegnante ha un proprio portatile/tablet attraverso il quale dialoga con la lavagna digitale, accede alla rete, utilizza libri e contenuti digitali. Uno degli esempi è la scuola elementare di Montelupo Fiorentino (Fi), in collegamento video durante la conferenza stampa, che da un anno ha introdotto questa innovazione in alcune classi, in cui ogni bambino ha un portatile e in ogni classe c'è una lavagna digitale.

<sup>30</sup> Scuole lontane e disagiate nelle zone del Paese che vengono collegate alla rete anche tramite postazioni satellitari.

<sup>31</sup> Rete "Book in progress" che realizza nuovi contenuti digitali prodotti direttamente dalle scuole e dagli insegnanti.

<sup>32</sup> **Lucio Fontana** (Rosario, 19 febbraio 1899 – Comabbio, 7 settembre 1968) è stato un pittore, ceramista e scultore italiano, fondatore del movimento spazialista.

strumenti adeguati e funzionali per i diversi destinatari dell'azione educativa. Cura i rapporti con il mondo della scuola e i soggetti che usufruiscono di servizi e di attività educative, con l'università e gli istituti di ricerca preposti all'aggiornamento e alla formazione negli ambiti disciplinari di competenza. In particolare, progetta e coordina gli interventi educativi in occasione dell'evento, e le iniziative mirate in partenariato con la scuola e con altre istituzioni; coordina e supervisiona la produzione dei materiali funzionali agli interventi educativi.<sup>33</sup>

L'Italia ha un'invidiabile tradizione artistica che da secoli ne fa una meta per i viaggiatori, letterati, uomini di cultura da ogni parte del mondo che vengono a scoprire bellezze antiche e moderne.

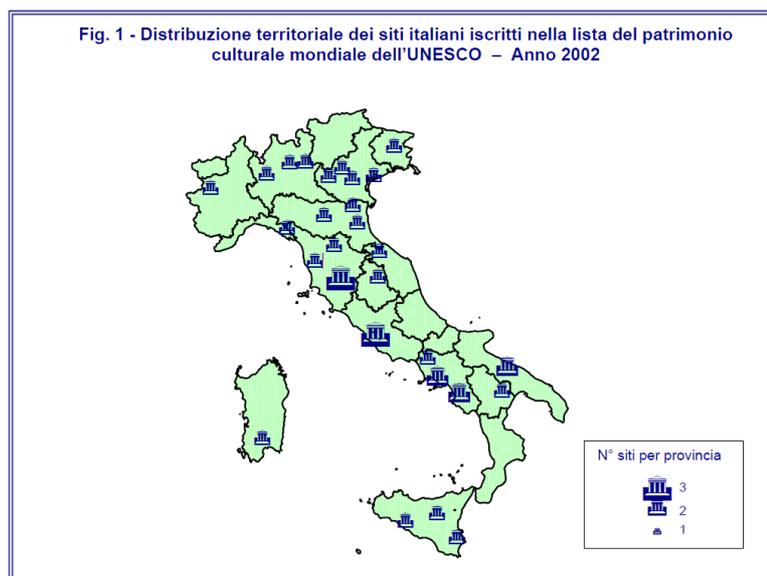


Illustrazione 16: Italia patrimonio culturale dell'umanità - F. Arosio e P. Cecchini - ISTAT 2003

Consapevole di questo primato Giovanni Gentile<sup>34</sup> nel 1923 inserì l'insegnamento

<sup>33</sup> L. Fontana "Allestire una mostra contemporanea"

<sup>34</sup> **Giovanni Gentile** (Castelvetrano, 30 maggio 1875 – Firenze, 15 aprile 1944) è stato un filosofo e pedagogista italiano. Fu insieme a Benedetto Croce uno dei maggiori esponenti del neoidealismo

della storia dell'arte nei licei classici, attraverso l'omonima riforma Gentile<sup>35</sup>. Nonostante le numerose “controriforme” l'insegnamento di questa disciplina sembra non essere particolarmente curata, o meglio non viene considerato il corretto metodo d'insegnamento necessario. La **Professoressa Serena Simoni**<sup>36</sup> spiega questo aspetto nell'elaborato accademico “Insegnare la storia dell'arte”:

*L'ipotesi è che mettendo al centro del processo di insegnamento alcune priorità come la “relazione, l'identità” – reale, corporea, non virtuale – degli studenti e la “motivazione” così come il “desiderio”, che ad esse sono collegati, si possano progettare percorsi realmente efficaci<sup>6</sup>. In ultima analisi, si tratta di abbandonare un modello didattico essenzialmente trasmissivo o mimetico, sostituendolo con un altro – “trasformativo” – in cui l'insegnante facilita e incoraggia gli studenti a elaborare proprie idee, a saggiarne la tenuta, ad individuare un proprio modo di vedere il mondo.*

*Per operare secondo questa prospettiva è utile servirsi di strumenti didattici funzionali al coinvolgimento diretto degli studenti e alla facilitazione dell'apprendimento, già sperimentati con successo, come il Cooperative Learning e il Problem Solving, l'utilizzo – all'interno del dialogo educativo – del feed-back, della scoperta-esplorazione e del lavoro di gruppo.*

*Ma altrettanto importante è ridiscutere l'approccio metodologico-disciplinare scartando quello tradizionale, nozionistico e attribuzionistico, per individuare altri percorsi in grado di coinvolgere gli allievi più direttamente. Fra questi ultimi va considerata – come vedremo – la prospettiva di genere. [...]*

La Realtà Aumentata si presenta così come un nuovo strumento adatto ai giovani studenti, ergonomico al loro metodo di ricerca e comprensione del mondo, adatto al loro modo di vivere il mondo basato sulla tecnologia dei dispositivi *mobile* e quindi sulla “visibilità”. L'idea che sta alla base di questo ragionamento è quella di adattarsi

---

filosofico, un importante protagonista della cultura italiana nella prima metà del XX secolo.

<sup>35</sup> [http://it.wikipedia.org/wiki/Riforma\\_Gentile](http://it.wikipedia.org/wiki/Riforma_Gentile)

<sup>36</sup> Docente di Storia dell'arte nelle scuole superiori di Ravenna, ha insegnato Didattica e prospettive di genere nella Storia dell'arte del Novecento presso la SSIS dell'Università di Bologna. Ha condotto ricerche sull'arte del Cinquecento ed è curatrice di mostre di arte contemporanea. Pubblicista, ha collaborato con riviste specializzate; scrive attualmente per alcuni periodici.

al linguaggio ed al modo di comunicare dei giovani studenti, così da essere non solo maggiormente compresi ma anche invogliare loro a conoscere e a comprendere l'oggetto dello studio.

La AR, quindi, è sì un nuovo mezzo che attrae lo studente ma al tempo stesso è uno strumento d'insegnamento che aiuta il docente a mostrare le caratteristiche dell'opera nella sua fisicità e nella realizzazione.

*Per imparare a comprendere il linguaggio visivo si possono utilizzare non solo immagini di opere d'arte ma anche quelle della pubblicità, del fumetto, gli still da video e da film, linguaggi più vicini al mondo visivo dei ragazzi. Si tratta di mezzi giustificati dall'obiettivo dell'alfabetizzazione visiva, un'abilità che è diventata fondamentale e applicabile a tutti i livelli di una società massivamente visiva come quella attuale. Inoltre, l'apertura della storia dell'arte ad altri linguaggi visivi contemporanei – cinema, fumetto, fotografia – corrisponde a quell'idea di storia delle arti “al plurale”, che appare come l'unica opzione percorribile per rinnovare la funzione e il senso della disciplina.*

Nelle scuole in cui si insegna la “Storia dell'Arte”, il docente episodicamente ha la possibilità di portare i propri studenti nei musei o di effettuare nel tempo circoscritto di una settimana frettolose lezioni in *città d'Arte*. In queste occasioni il docente, considerando le logistiche dello spazio e del tempo, è tenuto a scegliere il numero delle opere su cui effettuare l'attività d'insegnamento e gli studenti, seppur entusiasti per l'evasione dai banchi di scuola, possono alzare il loro sguardo innanzi all'opera, riscontrarne le dimensioni, osservare i dettagli ed i reali colori.

*I materiali e le tecniche sono un altro campo di indagine che non incontra forti resistenze in campo didattico, a meno che non si tratti di noiose descrizioni virtuali: i laboratori di educazione artistica delle scuole medie, le visite didattiche ai musei e la partecipazione ai loro laboratori interni, le uscite in città e la visione diretta di opere, edifici e manufatti, la conoscenza diretta a scuola – che significa toccare e saggiare – di alcuni oggetti, e i numerosi progetti scolastici in collaborazione col F.A.I. e altri enti*

*finalizzati alla conoscenza e valorizzazione del patrimonio storico-artistico del territorio, sono esperienze che entrano a far parte di una realtà vissuta in prima persona dagli studenti e che – proprio grazie a questo – possono diventare significativi.*

Eppure, augurandoci che gli studenti possano sempre vivere le meravigliose esperienze formative fuori dalle mura scolastiche, la AR potrebbe essere una ulteriore attività formativa da vivere quotidianamente nelle aule o nei laboratori degli istituti e dei licei. Con un minimo di attrezzatura informatica (webcam, computer ed un proiettore) gli studenti potrebbero avere a disposizione un museo personalizzato in cui percorrere gli aspetti educativi predisposti dal loro docente.

*In questo senso risultano molto utili le iniziative laboratoriali attivate dalla rete dei musei sul territorio che propongono – anche agli studenti delle superiori – percorsi mirati al semplice approccio estetico o a una manualità finalizzata alla conoscenza dei linguaggi espressivi. Attivata solo nei cicli delle scuole inferiori e negli istituti d'arte o nei licei artistici per le superiori, questa dimensione pratica ed estetica ottiene quasi sempre ottimi risultati, come dimostrano anche i numerosi progetti di tirocinio effettuati dagli specializzandi della SSIS di Storia dell'arte, che si sono avvalsi dei laboratori museali o hanno realizzato esperienze di questo tipo all'interno delle scuole accoglienti. Senza mettere in discussione la differenza fra gli obiettivi didattici primari di Educazione artistica e quelli di Storia dell'arte, occorre forse riconsiderare l'importanza della pratica laboratoriale e di un approccio estetico centrato sull'emozione dello "stupore", quando soprattutto può tornare utile – anche in seconda battuta – per ottenere alcuni obiettivi disciplinari più complessi.*

*Tutte le attività menzionate riscuotono un discreto successo fra i ragazzi perché rispondono in particolare al piacere di essere protagonisti di un'esplorazione personale della realtà e al desiderio di conoscere aspetti della vita materiale, che a scuola sono in genere molto apprezzati. [...]*

Nella formulazione di questa tesi si è ritenuto opportuno intervistare esperti del settore a cui presentare questa idea e con cui confrontare le prospettive e le esperienze. A tale proposito, si è contattato il **Professore Stefano Colonna**<sup>37</sup>, il quale con grandissimo interesse e disponibilità ha risposto via e-mail alle seguenti domande:

1. Nell'insegnamento dell'arte quali sono i contenuti che riscontra essere più difficili da far comprendere ai suoi studenti?

Premesso che ho tenuto solo un corso su “Storia dell’Arte e Informatica” alla Sapienza intitolato *Strumenti della ricerca storico-artistica dalla tradizione all’innovazione* nell’anno 1999 posso dire che la cosa più difficile è far capire agli studenti le radici filosofiche delle innovazioni tecnologiche. In questo senso il mio corso del 1999 teneva conto degli sviluppi della questione della realtà virtuale a partire dal teatro della memoria e della Sapienza di Giulio Camillo Delminio nel Cinquecento per arrivare alla *Filosofia delle forme simboliche* di Ernst Cassirer. Devo dire che però, se il discorso viene impostato correttamente, la risposta degli studenti supera ogni aspettativa, come è successo nel mio seminario sul Delminio del 1997 i cui partecipanti arrivarono ad organizzare sotto la mia supervisione un piccolo ma significativo convegno di studi e a pubblicarne gli atti (*Il mondo virtuale di Giulio Camillo*, a cura di Viviana Normando e Natascia Moroni).

2. Utilizza la tecnologia per insegnare? Di quali dispositivi si serve? Quali vantaggi le offre la tecnologia nel suo insegnamento?

Sono stato anche uno dei primi ad usare in Italia lo strumento delle *mailing list* a fini di coordinamento ed organizzazione di gruppi di lavoro culturale all’interno della rivista “BTA – Bollettino Telematico dell’Arte” dal 1994 in poi, prima in tecnologia Fidonet, poi con un *server* “majordomo” in internet, poi ancora, più semplicemente, con gli ottimi servizi dedicati di Yahoo. La rivista era accreditata presso l’allora Istituto di Storia

---

<sup>37</sup> Ricercatore non confermato / Professore Aggregato di Storia dell’Arte 10/B1 SSD L-ART/04 “Museologia e Critica Artistica e del Restauro” Dipartimento di Storia dell’Arte e Spettacolo Facoltà di Filosofia, Lettere, Scienze Umanistiche e Studi Orientali (Filesuso) Sapienza Università di Roma.

dell'Arte Medievale e Moderna come palestra di esercizio scrittoria degli studenti e le nuove tecnologie contribuivano ad aumentare l'interesse verso la disciplina storico-artistica. Inoltre alla Sapienza cominciammo a sperimentare la creazione e proiezione di immagini digitali nel 2000, anche se io personalmente usai il mio primo scanner HP SCSI nel 1995 pubblicando nel BTA su internet un servizio speciale<sup>38</sup> a cura di Francesca Romana Orlando e Francesco Proto sulla Biennale d'Arte di Venezia in grande anticipo sui tempi di sviluppo del web di allora. Progetti più complessi come STUDIA HUMANITATIS database relazionale per la gestione dei dati della ricerca storico-artistica sono rimasti a livello prototipale e non sono stati adottati nella didattica anche se ho impartito lezioni tenendo conto dell'organizzazione dei dati studiata nel progetto stesso<sup>39</sup>. L'anno scorso ho tenuto una lezione sugli OPAC per la Storia dell'Arte usando computer in rete in Aula didattica ma questo non è più una cosa innovativa, visti i recenti sviluppi dell'informatica.

3. Ha mai utilizzato la realtà virtuale (VR) per esporre e quindi spiegare determinati beni culturali?

Come dicevo sopra ho spiegato in un Seminario del 1997 della Sapienza i concetti base della realtà virtuale a partire dal Cinquecento. Abbiamo anche costituito gruppi di lavoro e ricerca per conoscere meglio progetti di realtà virtuale come quello di Marilyn Aronberg Lavin (USA, Princeton University) che la studiosa illustrò agli studenti della Sapienza a Roma nel 1995 in un seminario di mezza giornata che io contribuì a realizzare. Il progetto della Lavin era stato sviluppato su Silicon Graphic classe ONIX e si intitolava *Piero Project*, ispirato al famoso pittore del Rinascimento Piero della Francesca di cui presentava una ricostruzione in VR ad altissima definizione. Per quei tempi era un progetto grandioso. Inoltre ho fatto vedere agli studenti il progetto di VR del Museo del Corso di Roma, ideato su progetto del suo direttore prof. Emmanuele Emanuele.

4. Ha mai sentito parlare di realtà aumentata (AR)? Se sì, l'ha mai utilizzata per il suo insegnamento? Ritieni che questo tipo di tecnologia

---

<sup>38</sup><http://www.bta.it/riv/most/1995/06/30/a0/index.html>

<sup>39</sup><http://www.bta.it/txt/a0/05/bta00583.html>

possa essere di maggiore supporto al suo insegnamento e utile per i suoi studenti?

Sì, certamente conosco questo campo della ricerca, che mi affascina, ma personalmente non ho mai attivato progetti specifici in tal senso per mancanza di risorse, essendo la AR un settore di altissima tecnologia nel quale non è possibile lavorare in economia. So però che dei colleghi se ne sono occupati molti anni fa realizzando anche dei prototipi che però non hanno trovato applicazione pratica. Attualmente però la ricerca è ripartita e i miei colleghi della sezione Spettacolo del Dipartimento di Storia dell'Arte e Spettacolo stanno conducendo delle ricerche originali in tal senso.

5. Ha mai invitato i suoi studenti in un museo per svolgere un insegnamento davanti delle opere?

Non solo ho invitato i miei studenti in un Museo ma ho lavorato con coloro i quali hanno inventato un nuovo tipo di Museo di questo tipo, vale a dire il Museo Laboratorio di Arte Contemporanea dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", unico nel suo genere in Italia, incubatore di progetti di ricerca curati dai giovani studiosi ideato su progetto di Simonetta Lux e Maurizio Calvesi. In particolare i miei studenti, in seguito alla positiva frequentazione del Museo durante apposite sessioni didattiche realizzarono, su mia istanza, dei servizi speciali per la rivista "BTA – Bollettino Telematico dell'Arte" e mi riferisco in particolare agli articoli ed interviste a Luca Patella, a cura di Laura D'Andria<sup>40</sup> Gianfranco Notargiacomo, a cura di Daniele Cassandro<sup>41</sup>, Attilio Pierelli, a cura di Veronica Caliendo e Mario Marchionni<sup>42</sup>

6. Non avendo la possibilità di visitare in un museo una scultura, perché situata all'estero, crede che sia utile, al fine dell'insegnamento, utilizzare la AR? Pensi ad uno schermo sul quale il proiettore riproduca la porzione d'ambiente ripresa dalla webcam con l'aggiunta

---

<sup>40</sup><http://www.bta.it/riv/most/1994/11/04/a0/index.html>

<sup>41</sup><http://www.bta.it/riv/most/1995/05/12/a0/index.html>

<sup>42</sup><http://www.bta.it/riv/most/1995/09/01/a0/index.html>

dell'opera in scala reale.

Sono molto liberista in tal senso e fautore del *laissez-faire*: nel senso che se qualche soggetto serio produce innovazione di questo tipo sono sempre favorevole. Purtroppo però molto spesso l'umanista e anche lo storico dell'arte, in perfetta buona fede, pensano che tecnologie come questa possano essere realizzate con attrezzature economiche, mentre per una riuscita professionale e decorosa occorrono invece grandi investimenti economici.

7. Nei musei, come spiega Lucio Fontana, è necessaria la figura professionale del "responsabile dei servizi educativi".

Ipotizzando che il Ministero dell'istruzione e la sua Università le mettessero a disposizione un database contenente i modelli tridimensionali del patrimonio italiano, Lei lo sfrutterebbe per impostare una "mostra" di AR da far percorrere ai suoi studenti durante il suo seminario?

Qui alla Sapienza la nostra didattica prevede una quota di studio da effettuarsi *in loco*, vale a dire fuori delle mura della Città Universitaria, all'interno di Palazzi e Chiese e Musei di valore storico, secondo calendari prestabiliti. Non penso che un ologramma potrà mai sostituire la visione diretta dell'originale. Fatta questa premessa non sono comunque contrario all'uso di questi strumenti nella didattica universitaria.

8. Secondo Benjamin, l'aura, era una sorta di sensazione, di carattere mistico o religioso in senso lato, suscitata nello spettatore dalla presenza materiale dell'esemplare originale di un'opera d'arte. Vedendo l'opera riprodotta nell'ambiente reale e quindi non solo un modello 3D decontestualizzato, crede che la AR possa conservare l'aura dell'opera?

Questa domanda è molto interessante e le rispondo che nelle aule dell'Università esiste in realtà un'aura parallela creata dai docenti che hanno il necessario carisma, vale a dire quell'entusiasmo, talvolta anche febbrile, che il docente riesce talvolta a suscitare nello studente per invogliarlo a studiare con passione ripercorrendo in modo originale i territori

della conoscenza delle opere d'arte del passato. Quest'aura parallela si manifesta indipendentemente dalle tecnologie, ma talvolta la tecnologia può contribuire alla sua realizzazione, come accadde già nel Cinquecento con Giulio Camillo Delminio che riuscì ad entusiasmare con i suoi racconti il Re di Francia e a farsi finanziare i suoi progetti sul teatro della memoria e della Sapienza.



## Capitolo IV

### IV.I – ARte: vivere le ore di Storia dell'Arte nelle scuole

Il progetto **ARte** è la coniugazione di diverse discipline studiate nel corso della laurea magistrale “Informatica Umanistica” dell'Università di Pisa e di altre seguite nei corsi degli studi precedenti. L'interdisciplinarietà è il concetto primario alla base dell'intero progetto di tesi, in esso sono intrinseche conoscenze umanistiche ed informatiche come la progettazione grafica, l'editoria elettronica, la programmazione orientata ad oggetti, la modellazione 3D, la statistica, la realizzazione di siti web dinamici, la filosofia e la storia dell'arte.

In un contesto didattico e nello specifico liceale, l'obbiettivo di ARte è stimolare maggiormente l'interesse assopito degli studenti verso i beni culturali e la relativa disciplina della Storia dell'arte. È risaputo che ci sono materie verso cui gli studenti si applicano maggiormente ed altre meno, le ragioni sono variabili come l'interesse, l'approccio ed il metodo d'insegnamento del docente, l'astrazione o l'empirismo della disciplina, ecc... e spesso queste variabili hanno gerarchizzato anche l'ordine d'“importanza” delle stesse discipline studiate. Questa visione ha così promosso alcune materie rispetto altre, poiché considerate più redditizie nel mondo del lavoro, quindi con un valore aggiunto di lungimiranza. In base a questa considerazione si ribadisce l'importanza del metodo d'insegnamento e quanto questo possa rivelarsi influente nella scelta del percorso professionale di uno studente.

Come spiegato nel capitolo III.II l'insegnamento della storia dell'arte necessita di una rivoluzione metodologica, perché nonostante l'età del target sia rimasta invariata, non possiamo asserire che la loro cultura, il modo di vivere e di pensare sia lo stesso dei loro coetanei delle generazioni precedenti: la tecnologia ed in *primis* internet hanno

radicalmente mutato la società del XXI secolo. La scuola italiana sta cambiando ed è sempre più evidente l'introduzione della tecnologia nelle scuole, ma questa azione è oggettivamente soggetta alle decisioni ministeriali e alla disponibilità economica che il Ministero intende o possa investire. ARte si propone come strumento protagonista in questa rivoluzione metodologica, con le sue intrinseche caratteristiche di *economicità* e *semplicità*: gli strumenti necessari all'uso di ARte sono tre ovvero un foglio stampato, una webcam ed internet.

Il logo del progetto dal punto di vista grafico si basa sulla progettazione dei marker in bianco e nero, dei quadrati in cui il nero è il codice che deve essere decodificato dal programma per essere riconosciuto come marker nello spazio. Verbalmente **ARte** si compone di tre parole "AR", "te" ed "Arte": *La AR (Realtà Aumentata) è in grado di portare "te" al centro del mondo dell'Arte.* Il concetto di mettere l'utente al "centro" del suddetto mondo è reso grammaticalmente attraverso il pronome complemento "te" di colore nero e quindi graficamente circoscritto da un cerchio bianco che ne evidenzia la centralità.

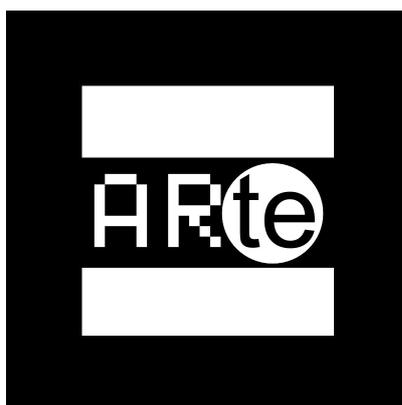


Illustrazione 17: Logo del progetto "ARte"

## IV.II - Progettazione di Arte, la modellazione 3D

I metodi utilizzati per realizzare dei modelli tridimensionali sono stati due: *Assisted Modeling* e *Automatic Stereo Matching*. Entrambe si basano sulla fotografia o meglio su delle sequenze fotografiche dei beni culturali da riprodurre, le ragioni alla base della scelta di queste tecniche sono che la fotografia è una oggettiva rappresentazione del soggetto da digitalizzare e quindi permette la riproduzione di tutti i dettagli, in oltre la fotografia è una tecnologia di uso comune rispetto agli scanner 3D ed infine è anche economica.

La riproduzione tridimensionale, basata sulla fotografia, per essere realistica deve necessariamente rispettare la caratteristica della percezione visiva umana ovvero la stereoscopia sicché il set fotografico deve essere definito da cinque parametri: posizione, orientamento, distorsione, la messa a fuoco, inquadratura.

L'approccio **Assisted Modeling** si basa sulla tecnica della fotogrammetria<sup>43</sup>: fotografando un edificio l'immagine ottenuta lo rappresenta la prospettiva dell'oggetto rispetto il nostro punto di vista e tracciando delle linee immaginarie sui contorni dell'edificio fotografato possiamo ottenerne la parziale struttura del soggetto. Successivamente dall'aggiunta alle ulteriori ricostruzioni si ottiene la completa ricostruzione tridimensionale della struttura. Il software utilizzato per questo procedimento è **Sketchup**<sup>44</sup> di Google, uno strumento molto facile che richiama l'interfaccia grafica dei software per il disegno bidimensionale e questa è una delle tante caratteristiche che lo rendono facile ed intuitivo anche per coloro che non hanno una grande esperienza con la grafica tridimensionale. Come in tanti altri prodotti di marchio Google, il software offre la possibilità di condividere il proprio modello 3D rendendolo, opzionalmente, scaricabile a terzi solitamente con estensioni

---

<sup>43</sup> La **fotogrammetria** è una tecnica di rilievo che permette di acquisire dei dati metrici di un oggetto (forma e posizione) tramite l'acquisizione e l'analisi di una coppia di fotogrammi stereometrici.

<sup>44</sup> Sito di referenza: <http://sketchup.google.com/>

*skp* (sketchup), *kmz* (Google Earth) e *dae* (Collada). I modelli possono essere condivisi e reperiti su una banca dati <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/> . La quantità di definizione (dettagli) del modello dipende da chi lo progetta, molti utenti sono soliti realizzare una struttura elementare (cubi, semisfere, cilindri, piramidi o parallelepipedi) e a questa associare delle fotografie come *texture*<sup>45</sup> di dettaglio, altri invece, la minoranza degli utenti, progettano strutture molto complesse ed utilizzano le *texture* per dare all'oggetto dei dettagli di maggiore realismo, come ad esempio i materiali (pietra, marmo, legno, etc...). La scelta della struttura dipende dal fine che l'oggetto tridimensionale deve avere, solitamente sulla piattaforma di Google i modelli vengono costruiti per essere posizionati sulle mappe della multinazionale e quindi per una navigazione internet dove una elevata quantità di dettaglio rallenterebbe la velocità di navigazione e visualizzazione dei dati agli utenti. Il secondo approccio utilizzato per la realizzazione dei modelli è **Automatic Stereo Matching**, se il precedente procedimento si adattava per beni culturali con forme geometriche semplici (edifici come i templi, le chiese, ecc...) questo secondo approccio si presenta adatto per la ricostruzione di oggetti che non hanno alcun riferimento alle forme geometriche: le sculture. Nonostante questa prima distinzione *Automatic Stereo Matching* presenta dei vincoli nella scelta dei soggetti adatti a questa tecnica. I fattori sono la posizione dell'oggetto, il materiale, l'esposizione alla luce e le relative dimensioni fisiche. Dovendo completamente ricostruire la scultura attraverso dei set fotografici è necessario che la posizione del soggetto sia favorevole ad una ripresa circolare, ovvero che si possano scattare delle fotografie lungo una circonferenza immaginaria in cui il soggetto ne è l'epicentro. Il materiale di cui è costituita l'opera è spesso la nota dolente che esclude dalla selezione la scelta del soggetto. Materiali lucidi e molto riflettenti come il bianco marmo della Paolina

---

<sup>45</sup> Il **texture mapping** in computer grafica è un metodo per aggiungere dettagli, un'immagine di superficie o un colore ad immagini generate al computer o ad un modello 3D. Una **texture** è un'immagine bidimensionale (sprite) che viene riprodotta su una o più facce di un modello poligonale tridimensionale.

Borghese<sup>46</sup> del Canova non permettono una oggettiva ricostruzione tridimensionale in quanto la luce verrà riflessa in modo diverso a seconda della posizione di visualizzazione ed in oltre impedisce la ripresa di dettagli prossimi al punto di riflessione; questo non significa che non possano essere riprodotte opere di marmo il Nettuno presente in Piazza Navona a Roma è stato un ottimo soggetto in quanto il marmo è stato logorato ed imbrunito dagli agenti atmosferici nel corso del tempo. In fine il fattore luce, la sorgente luminosa d'eccellenza è quella naturale del sole in quanto distribuisce in modo ottimale la luce tuttavia risulta essere eccessiva, ovvero emancipa eccessivamente i chiari quanto emargina le ombreggiature. La presenza copiosa delle nuvole, invece, filtra i raggi solari affievolendo la luce solare ed offre una omogenea distribuzione luminosa appiattendolo il rapporto tra le porzioni esposte e quelle in penombra.



Illustrazione 18:  
Ricostruzione 3D del  
Nettuno con Assisted  
Modeling, Piazza Navona,  
Roma

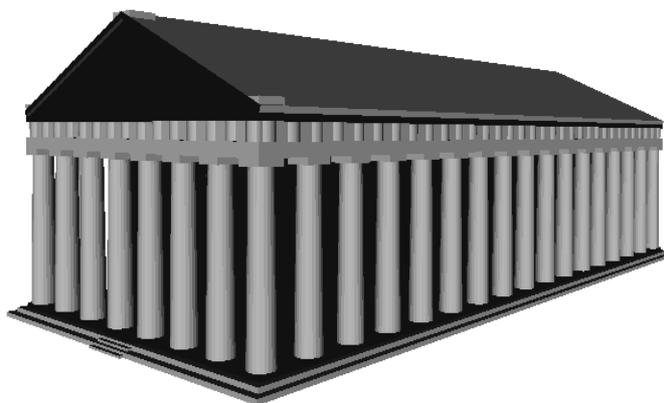


Illustrazione 19: Ricostruzione 3D del Partenone con Automatic  
Stereo Matching , Atene, Grecia

---

<sup>46</sup> [http://it.wikipedia.org/wiki/Paolina\\_Borghese\\_%28Canova%29](http://it.wikipedia.org/wiki/Paolina_Borghese_%28Canova%29)

Una volta osservati i suddetti accorgimenti tecnici il set fotografico viene caricato sul server di un software Microsoft chiamato **Photosynth**<sup>47</sup>, il programma dispone le immagini nello spazio dei tre assi X Y Z ricostruendone così la prospettiva in questo spazio digitale. In oltre Photosynth offre la possibilità di visualizzare una nebulosa di punti detta *Point Cloud*, un insieme di vertici basati su coordinate tridimensionali, maggiore è la quantità di questi punti maggiore è il dettaglio dell'oggetto e maggiore sarà la fedeltà di ricostruzione dell'oggetto. Come detto questi punti sono dei vertici attraverso cui si può ricostruire la superficie, ogni vertice viene collegato ad altri due ottenendo così una serie di triangoli chiamati *mesh*<sup>48</sup>.



Illustrazione 20: Point Cloud del Nettuno, Photosynth

---

<sup>47</sup> Sito di riferimento: <http://photosynth.net/>

<sup>48</sup> Una **mesh poligonale**, anche detta **maglia poligonale**, è una collezione di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma di un oggetto poliedrico nella computer grafica 3D e nella modellazione solida. Le facce consistono solitamente di triangoli, quadrilateri od altri semplici poligoni convessi, dal momento che ciò semplifica il rendering, ma possono essere composti anche da poligoni concavi più generici, o poligoni con buchi.

Scaricando la nebulosa di punti, la superficie dell'oggetto viene ricostruita con programmi dedicati come **Meshlab**<sup>49</sup>. Prima della ricostruzione superficiale è doveroso eseguire delle operazioni di pulizia e semplificazione che si riveleranno utili nella tempistica della ricostruzione. Devono quindi essere rimossi tutti quei vertici che non appartengono al soggetto interessato e che quindi sono a questi circostanti, in oltre vanno anche rimossi i dopponi cioè quei vertici che occupano una medesima posizione tridimensionale e che per tanto risultano essere ridondanti. Successivamente alle operazioni di pulizia si esegue la ricostruzione delle mesh, dove l'algoritmo di ricostruzione (in Meshlab si usa il *Poisson Surface Reconstruction*) sulla base della nebulosa di punti prova ad offrire una ricostruzione approssimativa. Per ottenere un soddisfacente risultato che sia verosimile e fedele all'originale si dovrebbero manipolare parametri di ricostruzione come ad esempio l'*octree deph*<sup>50</sup>.

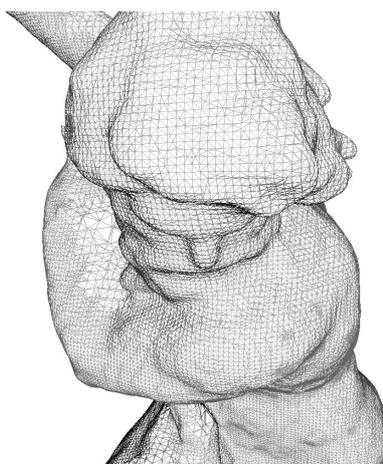


Illustrazione 21: Collezione delle mesh per il Nettuno

---

<sup>49</sup> Sito di referenza: <http://meshlab.sourceforge.net/>

<sup>50</sup> L' **octree** è una struttura gerarchica in cui ogni nodo ha esattamente otto figli e suddivide lo spazio distribuendolo tra i suoi figli. Ogni nodo è quindi la memorizzazione dello spazio tridimensionale di un punto nello spazio. Il *root*, ovvero la radice di questo albero è il capostipite che memorizza tutto lo spazio e quindi tutti le coordinate dei vertici

Infine il modello ottenuto è stato posizionato sugli assi cartesiani secondo la prospettiva desiderata, questo poiché nel modello salvato sono memorizzate le coordinate che il suddetto dovrà rispettare per essere posizionato sul marker FLARToolKit.

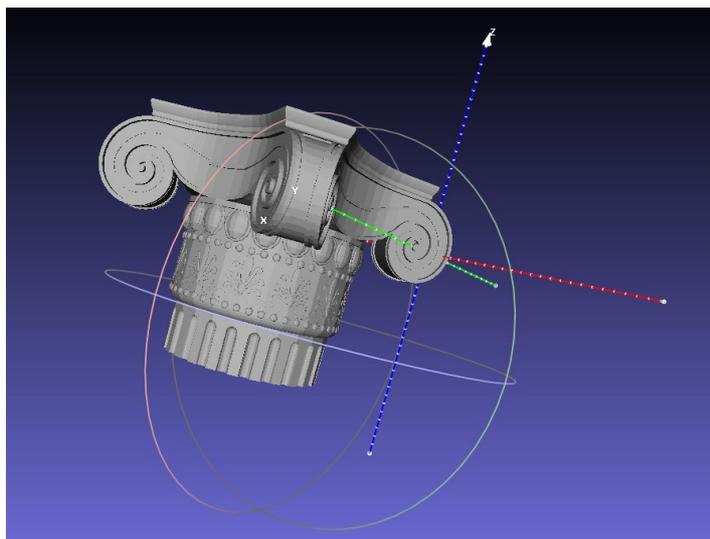


Illustrazione 22: Coordinate dell'oggetto sugli assi in Meshlab

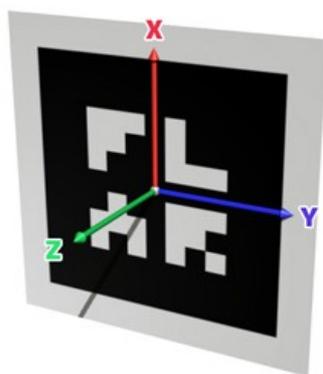


Illustrazione 23: Assi cartesiani sul marker in FLARToolKit

### IV.III - Progettazione di ARte, la programmazione

Il codice con cui ARte è stato sviluppato risponde alla libreria FLARToolKit<sup>51</sup>. Questa libreria è l'evoluzione di altre precedenti, la prima libreria di AR è **ARToolKit**<sup>52</sup> sviluppata nel 1999 da Hirokazu Kato del *Nara Institute of Science and Technology* presso la *University of Washington HIT Lab*. Questa prima libreria è stata sviluppata nel codice di programmazione C# e resa disponibile per diverse piattaforme come *SGI IRIX*, *Microsoft Windows*, *Mac OS X* e *Linux*. Recentemente è stata esportata anche per i sistemi *Symbian*, *iPhone*, *Android* e *Windows Phone operating systems*.

Successivamente nel 2008, sempre in Giappone, Nyatla sviluppa l'evoluzione di ARToolKit: **NyARToolKit**<sup>53</sup> la libreria è nativa del codice di programmazione JAVA ma successivamente è stata resa disponibile anche per linguaggi come C#, Android e Unity 3D.

FLARToolKit è una terza evoluzione sviluppata nell'ambiente di programmazione ActionScript3 (AS3) e dedicata alla tecnologia Flash (versione 9 e successive). Il vantaggio che questa libreria presenta rispetto le altre è il largo uso che se ne fa e per tanto è facile reperire una ampia documentazione nel web così come un grande supporto dalla relativa comunità di sviluppatori. Inoltre si appoggia ad altre librerie come Papervision3D, Away3D, Sandy e Alternativa3D.

Ultima candidata e destinata ad essere la libreria del futuro è **JSARToolKit**<sup>54</sup>, basata sul linguaggio di programmazione JavaScript per la tecnologia HTML5, che attraverso la API WebRTC getUserMedia opera sugli elementi *canvas*. Questa libreria ancora giovane non offre un ampia documentazione né tanti esempi con

---

<sup>51</sup> FLARTollKit: <http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en>

<sup>52</sup> ARTollKit: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

<sup>53</sup> NyARToolKit: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>

<sup>54</sup> JSARToolKit: [http://www.html5rocks.com/en/tutorials/webgl/jsartoolkit\\_webrtc/](http://www.html5rocks.com/en/tutorials/webgl/jsartoolkit_webrtc/)

l'aggravante di non essere ancora facilmente utilizzabile da un utente inesperto, ragione per la quale si è optato come scelta finale per la libreria FLARToolKit.

Il progetto ARte è stato realizzato sviluppando due tipologie di codice per due tipi distinti di visualizzazione.

Il primo codice è dedicato alla visualizzazione di oggetti medio-piccoli che sono renderizzati con un solo marker, questa tipologia di codice si adatta per la visualizzazione di modelli in miniatura di grandi monumenti o di porzioni rilevanti. Il vantaggio che questa modalità di visualizzazione offre rispetto alla realtà è che possedendo il modello tra le proprie mani o su un piano della scrivania si possono osservare porzioni del monumento non visibili in nella comune prospettiva reale. Si pensi al Pantheon o a Stonehenge, nel primo caso il visitatore ha la possibilità di poter vedere la parte frontale della costruzione, alcune porzioni laterali ed il magnifico interno in cui, dal punto di vista architettonico, può osservare solo la parte interna della cupola e non la parte esterna, tanto meno può rendersi conto della struttura globale dell'edificio. Nel secondo caso, le antiche pietre possono essere osservate esclusivamente in una prospettiva frontale ed anche in questo caso, quindi, è impossibile vedere la disposizione globale del complesso, se non attraverso un mezzo di volo. Oltre alla visualizzazione di plastici di grandi complessi monumentali, questo codice si adatta anche per i beni culturali di media grandezza, ad esempio un capitello corinzio. L'utente mantenendo il marker tra le proprie mani può illudersi nell'azione di sostenere con le sue mani un vero capitello di ordine corinzio ed al tempo stesso comprenderne le misure reali, avendo il proprio corpo come metro di comparazione.

A seconda dei soggetti selezionati, volendo riproporre la possibilità di girare intorno all'oggetto, alcuni ruotano su se stessi altri, perché ridondanti, vengono mantenuti immobili su se stessi. Nel caso della Torre di Pisa, nonostante la ridondanza della sua forma cilindrica, si è scelto di farla ruotare su se stessa per accentuarne l'inclinazione

dei 33 gradi.



Illustrazione 24: Capitello corinzio



Illustrazione 25: Bassorilievo attraverso la AR

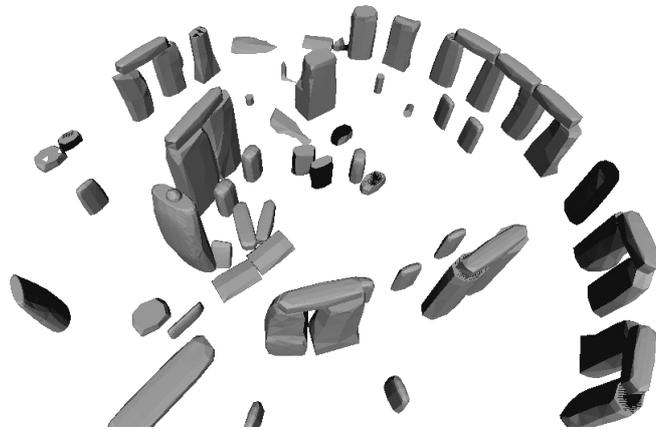


Illustrazione 26: Prospettiva di visualizzazione attraverso la AR



Illustrazione 27: Prospettiva di visualizzazione reale

La seconda tipologia di codice è stata utilizzata per permettere all'utente di vedere le dimensioni reali di oggetti medio-grandi come ad esempio le statue. La sopra citata statua del Nettuno di Piazza Navona è stata riportata attraverso la AR all'interno delle mura domestiche nella sua grandezza naturale. Posizionando due marker sul muro l'utente può vedere la base della statua inquadrando il relativo marker e, come alzando il proprio sguardo, inquadrando il secondo marker posizionato più in alto si può vedere la parte superiore della statua. Al fine di rendere l'esperienza verosimile si può inquadrare insieme al marker anche una persona che servirà da parametro di misurazione rispetto all'oggetto virtuale. Specificando l'utilità di questo codice rispetto al precedente, possiamo dire che questo si adatta per l'osservazione di grandi beni culturali e non la per una visualizzazione complessiva; l'utente può focalizzare tanto il dettaglio del capo della statua quanto anche la tensione nei muscoli marmorei delle gambe.

### IV.III.I – ARte, il file main

Di seguito si riporta ed analizza il codice del file principale (main) per la visualizzazione degli oggetti attraverso un solo marker.

#### 1. Package {

Dalla riga 2 alla 9 vengono importati specifici elementi appartenenti a librerie esterne come flash e papervision3d.

```
2. import flash.events.Event;
3. import flash.events.MouseEvent;
4. import org.papervision3d.lights.PointLight3D;
5. import
   org.papervision3d.materials.WireframeMaterial;
6. import
   org.papervision3d.materials.shadematerials.FlatShade
   Material;
7. import
   org.papervision3d.materials.utils.MaterialsList;
8. import org.papervision3d.objects.parsers.Collada;
9. import org.papervision3d.objects.parsers.DAE;
```

Nella riga 10 si definiscono le dimensioni ed il colore di sfondo della finestra in cui si visualizza la scena della Realtà Aumenta

```
10.    [SWF(width=640, height=480,
```

```
backgroundColor=0xffffffff, frameRate=30)]
```

```
11.     public class ARte extends PV3DARApp {
```

Si definiscono le variabili `ogg` e `oggMat`, la prima concerto l'oggetto tridimensionale da visualizzare e la seconda variabile definisce la materia che riveste la struttura dell'oggetto tridimensionale.

```
12.     private var ogg:Collada;
```

```
13.     private var oggMat: MaterialsList;
```

```
14.     public function ARte() {
```

La riga 15 inizializza l'applicazione calibrando il `file.dat` ed il corrispondente pattern del marker.

```
15.         addEventListener(Event.INIT, _onInit);
```

Attivazione di `FLARToolkit`: Il primo argomento individua il percorso per reperire il `file.dat` Il secondo argomento definisce quale è il marker da calibrare.

```
16.         init('Data/camera_para.dat', 'Data/logo.pat');
        }
```

Una volta chiamata la funzione `_onInit` è possibile caricare l'oggetto 3D. Se questa funzione non fosse chiamata si evidenzia un messaggio di errore e si consiglia l'utente di controllare la presenza del pattern file o le condizione della webcam.

```
17.     private function _onInit(e:Event):void {
```

Posizionamento del punto luce nello spazio degli assi, che simula il sole.

```
18.    var light:PointLight3D = new PointLight3D();
19.    light.x = 0;
20.    light.y = 1000;
21.    light.z = -1000;
```

La riga 22 definisce il colore dell'oggetto con la variabile `fmat`, ovvero attribuisce il colore per le porzioni illuminate e quelle in penombra.

```
22.    var fmat:FlatShadeMaterial = new
        FlatShadeMaterial(light, 0x777777 , 0x111111);
```

Dalla riga 23 alla 29 si costruisce l'oggetto 3D: alla variabile `oggMat` viene associato il valore definito precedentemente in `fmat` e alla variabile `ogg` viene associato l'oggetto Collada, il modello 3D, presente in un specifica URL. Infine con le righe 26 e 27 si definisce la posizione di orientamento dell'oggetto nello spazio degli assi cartesiani e nella riga 28 la sua grandezza

```
23.    oggMat= new MaterialsList({all: fmat});
24.    ogg = new Collada();
25.    ogg.load('model/modello.dae', oggMat);
26.    ogg.rotationX = 180;
27.    ogg.rotationY = 180;
28.    ogg.scale = 0.3;
29.    _markerNode.addChild(ogg);
30.    //stage.addEventListener(MouseEvent.CLICK,
        _onClick);
```

```
31.     addEventListener(Event.ENTER_FRAME, _update);
32.     }
33.     /*private function _onClick(e:MouseEvent):void
      {
34.     mirror = !mirror;*/
```

La funzione `_update` permette di ruotare l'oggetto su se stesso o meglio l'oggetto ruota di 0,5 gradi lungo l'asse delle Y.

```
35.     private function _update(e:Event):void {
36.     ogg.rotationY -= 0.5
37.     }
38.     }
39.     }
```

## IV.III.II – ARte Multi-marker

Al fine di visualizzare beni culturali in dimensioni reali, ad esempio statue o fontane, è stato realizzato un codice che gestisce contemporaneamente le diverse porzioni dell'oggetto tridimensionale su ciascun marker. L'utente, quindi, dovrà disporre i marker sul muro ed inquadrandoli, complessivamente o individualmente, potrà visualizzare le fedeli misure dell'opera d'arte all'interno dell'ambiente da questi scelto.

1. Package {

// Importazione delle librerie necessarie

2. import flash.events.Event;

3. import org.papervision3d.lights.PointLight3D;

4. import

org.papervision3d.materials.shadematerials.FlatShade  
Material;

5. import

org.papervision3d.materials.utils.MaterialsList;

6. import org.papervision3d.objects.DisplayObject3D;

7. import org.papervision3d.objects.parsers.Collada;

8. import com.squidder.flar.FLARMarkerObj;

9. import com.squidder.flar.PVFLARBaseApplication;

10. import

com.squidder.flar.events.FLARDetectorEvent;

11. public class MultiFLARExample extends

PVFLARBaseApplication {

/\* Dichiarazione degli oggetti necessari a realizzare la scena da sovrapporre alla scena reale: un array di oggetti, un punto luce, la materia che rivestirà l'oggetto tridimensionale ed in fine l'oggetto 3D \*/

```
12.     private var _statue : Array;
13.     private var _lightPoint : PointLight3D;
14.     private var oggMat: MaterialsList;
15.     private var ogg: Collada;

16.     public function MultiFLARExample() {

// Array di oggetti
17.         _statue = new Array();
array di marker
18.         _markers = new Array();
importazione dei marker selezionati
19.         _markers.push( new
                FLARMarkerObj( "assets/flar/r4.pat" , 16 , 50 , 80 )
                );
20.         _markers.push( new
                FLARMarkerObj( "assets/flar/r3.pat" , 16 , 50 , 80 )
                );
21.         super( );
22.     }
23.     override protected function _init( event :
                Event ) : void {

// Creazione di un punto luce rispetto la posizione degli oggetti
24.         super._init( event );
25.         _lightPoint = new PointLight3D( );
```

```

26.     _lightPoint.y = 1000;
27.     _lightPoint.z = -1000;
28.     }

```

// Funzione che riconosce i marker e li aggiunge all'array prima creato

```

29.     override protected function _detectMarkers() :
        void {
30.         _resultsArray =
            _flarDetector.updateMarkerPosition( _flarRaster , 80
                , .5 );
31.         for ( var i : int = 0 ; i <
            _resultsArray.length ; i ++ ) {
32.             var subResults : Array = _resultsArray[ i ];
33.             for ( var j : * in subResults ) {

34.                 _flarDetector.getTransmationMatrix( subResults[
                    j ], _resultMat );
35.                 if ( _statue[ i ][ j ] != null )
                    transformMatrix( _statue[ i ][ j ] , _resultMat );
36.             }
37.         }
38.     }

```

// Aggiunta del marker all'array quando riconosciuto

```

39.     override protected function _handleMarkerAdded(
        event : FLARDetectorEvent ) : void {
40.         _addCube( event.codeId , event.codeIndex );
41.     }

```

```

// Rimozione del marker dall'array quando rimosso dalla visuale
42.     override protected function
        _handleMarkerRemove( event : FLARDetectorEvent ) :
        void {
43.     _removeCube( event.codeId , event.codeIndex );
44.     }
45.     private function _addCube( id:int , index:int )
        : void {
46.     if ( _statue[ id ] == null ) _statue[ id ] =
        new Array();
47.     if ( _statue[ id ][ index ] == null ) {

// Colore da associare ad ogni oggetto
48.     var fmat : FlatShadeMaterial = new
        FlatShadeMaterial( _lightPoint , 0x777777 , 0x111111
        );
49.     var dispObj : DisplayObject3D = new
        DisplayObject3D();

/* In questo ciclo condizionale, a seconda del numero di marker riconosciuti, viene
restituito l'oggetto associato */
50.     if (id==0)
51.     {
52.     oggMat = new MaterialsList({all: fmat});

// Creazione dell'oggetto tridimensionale attraverso la variabile oggMat
53.     ogg = new
        Collada("assets/nettuno1.dae", oggMat);

```

```

54.     ogg.rotationX = 180;
55.     ogg.rotationY = 180;
56.     ogg.scale = 5.0;
57.     dispObj.addChild(ogg);
58. }

    // Creazione del secondo oggetto sul secondo marker
59.     else if(id==1)
60.     {
61.         oggMat = new MaterialsList({all: fmat});
62.         ogg = new
        Collada("assets/nettuno2.dae",oggMat);
63.         ogg.rotationX = 180;
64.         ogg.rotationY = 180;
65.         Ogg.scale = 5.0;
66.         dispObj.addChild(ogg);
67.     }
68.
69.     _baseNode.addChild( dispObj );
70.     _statue[ id ][ index ] = dispObj;
71.     }
72.     _baseNode.addChild( _statue[ id ][ index ] );
73.     }
74.     private function _removeCube( id:int ,
        index:int ) : void {
75.         if ( _statue[ id ] == null ) _statue[ id ] =
        new Array();
76.         if ( _statue[ id ][ index ] != null ) {
77.             _baseNode.removeChild( _statue[ id ]
        [ index ] );

```

- 78. }
- 79. }
- 80. }
- 81. }

## IV.IV - Progettazione di ARte, l'interfaccia

Come spiegato nel IV.II la superficie dei modelli tridimensionali è composta di mesh il cui numero più è elevato più il modello è ricco di dettaglio, ad esempio con in milione di mesh. Purtroppo, come accennato nel IV.III, FLARToolKit utilizza la libreria papervision3d la quale per permettere di visualizzare un modello 3D in AR impone un limite nel numero di mesh, per esperienza il valore è all'incirca di 15.000 mesh :

Papervision3D users often wonder what the maximum number of triangles is that the Flash player can handle. There is no generic answer to this question, as performance depends on more factors than just the number of triangles. On average, the total triangle count should be no more than 3000, which equals 1500 polygons.<sup>55</sup>

A seconda del modello e della sua costruzione, spesso il limite imposto risulta essere sufficiente ad ottenere un buon risultato, il modello viene quindi esportato e salvato in formato COLLADA<sup>56</sup> la cui estensione è DAE. Il modello viene così importato il modello nel codice FLARToolKit che esporta il risultato generando un file SWF<sup>57</sup> ed un relazionato file HTML. L'SWF è un prodotto finale *compresso e non modificabile* che utilizza il formato .fla come documento di lavoro modificabile e riutilizzabile. Generato per ogni modello il file .swf e uno .html, questi sono stati caricati tramite il

---

<sup>55</sup> [Papervision3D Essentials, Cap. 8 External models – Paul Tondeur, Jeff Winder](#)

<sup>56</sup> **COLLADA** (acronimo di **COLLABorative Design Activity**) è un formato file di interscambio tra applicazioni 3D distribuito gratuitamente insieme al codice sorgente dall'organizzazione no-profit Khronos Group Inc. Il formato file è realizzato in codice XML.

<sup>57</sup> **SWF (Shockwave Flash** o semplicemente **Flash**) è un formato file vettoriale proprietario prodotto dal software *Adobe Flash*. Inizialmente Flash era prodotto da *Macromedia*, e nel 2005 l'azienda è stata acquisita da *Adobe Systems*. Concepito per essere abbastanza piccolo per la pubblicazione sul web, il documento SWF contiene animazioni e/o applet con vari gradi di interattività e diverse funzioni.

protocollo FTP<sup>58</sup> su di un server così da essere usufruibili per più utenti.

L'interfaccia principale del progetto ARte è un sito web [www.ararte.altervista.org](http://www.ararte.altervista.org).

Il sito è stato realizzato attraverso la piattaforma WordPress<sup>59</sup> ed è costituito di quattro pagine, la prima nominata *Presentazione* espone all'utente la finalità che il progetto intende raggiungere ovvero una rivoluzione metodologica nell'insegnamento della Storia dell'Arte così da sensibilizzare maggiormente la classe dirigente del futuro verso i tre quarti del patrimonio culturale che l'Italia ha l'onore di ospitare. Il testo spiega *target* verso cui è rivolto e le proprie caratteristiche di economicità e semplicità.

La seconda pagina *Come funziona* è costituita di un solo grafico, in gergo detto “comunicazione”, che intende sintetizzare i passi di un semplice procedimento che l'utente deve effettuare per vivere l'esperienza della AR: stampare il documento PDF<sup>60</sup>; attivare la webcam; posizionare il documento stampato davanti la webcam e godersi lo spettacolo.

Tutti i modelli sono raggruppati nella pagina *Catalogo* in cui, nel dettaglio, per ogni modello c'è una immagine d'anteprima. Posizionandosi col *mouse* sopra ogni immagine appare un testo introduttivo dell'opera e cliccando questa immagine si apre una nuova pagina dove c'è il titolo dell'opera, una breve descrizione e la finestra flash. L'utente dando il consenso alla ripresa webcam e successivamente puntando il pdf stampato verso la webcam visualizzerà sulla finestra flash il campo visivo ripreso dalla webcam e sul foglio il modello tridimensionale dell'immagine d'anteprima precedente cliccata.

Infine l'ultima pagina del sito, nominata, *Questionario* presenta un documento

<sup>58</sup> **File Transfer Protocol (FTP)** (*protocollo di trasferimento file*) è un protocollo per la trasmissione di dati tra host basato su TCP. FTP è uno dei primi protocolli definiti ed ha subito una lunga evoluzione negli anni. La prima specifica, sviluppata presso il MIT, risale al 1971 (RFC-114).

<sup>59</sup> Sito di riferimento: <http://it.wordpress.org/>

<sup>60</sup> Il **Portable Document Format**, comunemente abbreviato **PDF**, è un formato di file basato su un linguaggio di descrizione di pagina sviluppato da Adobe Systems nel 1993 per rappresentare documenti in modo indipendente dall'hardware e dal software utilizzati per generarli o per visualizzarli.

d'indagine statistica che verrà spiegato ed analizzato nel paragrafo IV.V .

Sulla colonna destra del sito è stato disposto un motore di ricerca che permetta all'utente di reperire documenti o informazioni interne al sito. Sotto il motore vi è l'elenco di tutti i modelli ricostruiti, così da rendere l'orientamento e la navigazione dell'utente maggiormente fluida. Ultimo elemento disposto in questa sezione del sito è un'icona rappresentante il documento pdf che l'utente necessita di stampare per vedere le opere in AR.

Il sito gode della proprietà d'essere *resizable* ovvero di essere visto comodamente sul proprio PC come su di un *tablet* o altri dispositivi come uno *smart-phone*.

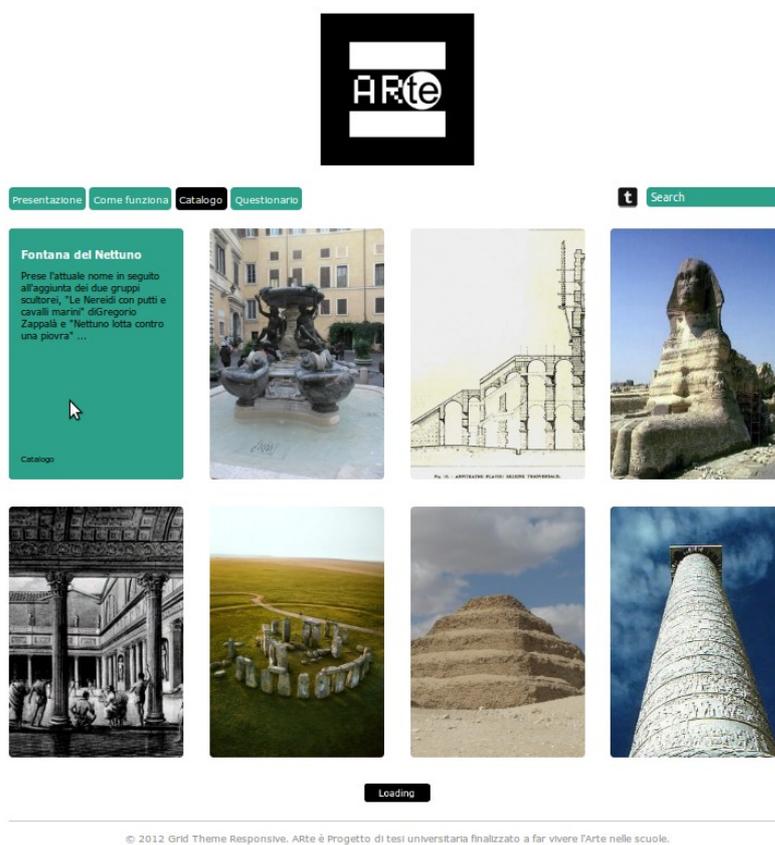


Illustrazione 28: <http://www.ararte.altervista.org/category/catalogo/>

## IV.V – Indagine statistica

Realizzato il prototipo di ARte, al fine di perseguire un metodo scientifico, basato sulle ipotesi e sulle teorie ma anche sulla sperimentazione, si è testato su un campione di studenti l'effetto che la AR potrebbe suscitare nello studio della Storia dell'Arte.

Il campione della popolazione indagato è composto da studenti del liceo romano E.Amaldi, variegato dalla classe I alla V di diverse sessioni. Gli studenti, una classe alla volta, sono stati condotti nel laboratorio d'informatica del liceo, in cui vi sono presenti 12 postazioni PC ed una lavagna L.I.M. Ad ogni classe è stato presentato il progetto come una ipotetica nuova tecnologia da poter utilizzare nel futuro nei loro studi e successivamente sono stati invitati a compilare il questionario. Come in una buona indagine si cercò di comprendere la considerazione degli studenti verso la disciplina umanistica, il loro rapporto con la tecnologia in generale, la loro preferenza nella tipologia degli studi, la loro percezione della AR ed il confronto anche con la VR ed altre considerazioni.



Illustrazione 29: Laboratorio di Informatica del Liceo E. Amaldi

L'intera popolazione, composta dal **56%** di maschi e dal **43%** di femmine, ha manifestato col **58%** di voti di preferire maggiormente gli studi scientifici mentre solo il **20%** ha una predilezione per quelli umanistici ed il **21%** ha dichiarato di apprezzarle entrambe.

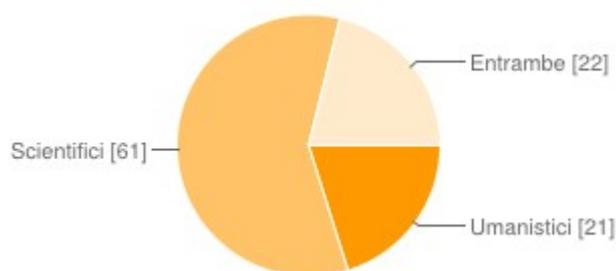


Illustrazione 30: *Ti piacciono più gli studi umanistici o quelli scientifici?* (Il valore rappresentato numericamente si riferisce al numero delle persone, non alla percentuale).

Proseguendo il questionario è stato richiesto un valore di concordanza, in una scala da 1 a 5, con la seguente affermazione “*La mia considerazione su Storia dell'Arte: - è una disciplina importante quanto le altre*”, sommando i valori 1 e 2 il **31%** non concorda mentre sommando i valori 3,4 e 5 il **67%** ha dichiarato di considerarla al pari delle altre discipline. Come sbocco lavorativo il **49%** ritiene questa materia utile in una prospettiva futura, il **31%** non ne sono convinti ed il **36%** concordano con l'affermazione “*la trovo utile per uno sbocco lavorativo*”.

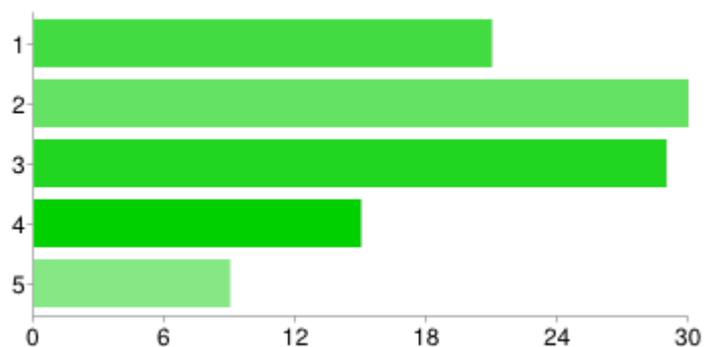


Illustrazione 31: *La mia considerazione su "Storia dell'Arte": - la trovo utile per uno sbocco lavorativo*

Il questionario ha permesso di capire come gli studenti utilizzano genericamente la tecnologia per i loro studi e specificamente nello studio della Storia dell'arte. Come ipotizzato precedentemente in questa tesi e ascoltato in molteplici programmi d'approfondimento dei media, la tecnologia e Internet *in primis* hanno rivoluzionato la nostra società rendendola tanto dinamica quanto veloce nella fruizione di contenuti, come fossero dei prodotti da consumare. Alla domanda *“Il ruolo della tecnologia”, come ad esempio Internet, nel tuo studio della Storia dell'arte* il **72%** degli studenti ha dichiarato di usarla come strumento di “approfondimento” tuttavia si sono smentiti poiché di questi il **68%** ha confermato di usare la tecnologia non tanto come un qualcosa in aggiunta al testo di studi ma come un mezzo che offra contenuti multimediali che sintetizzano l'argomento. In aggiunta a quest'ultimo dato si vuole accostare che il **65%** della popolazione indagata non ritiene il testo di studi un mezzo valido ad ottenere una visione completa degli argomenti studiati tanto che il **78%** ha dichiarato di utilizzare la noto enciclopedia Wikipedia come fonte di consultazione.

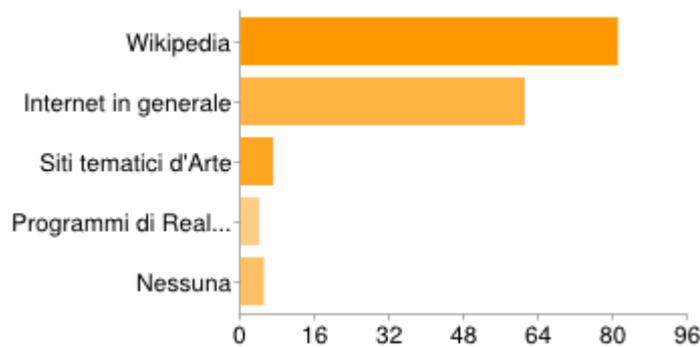


Illustrazione 32: *Le fonti che generalmente uso sono: ...*

Per comprendere le abitudini “tecnologiche” si è domandato se si usa maggiormente il PC o lo smart-phone e se si era a conoscenza dei sistemi operativi che generalmente si usa. Il **62%** utilizza maggiormente il PC e di questi il **95%** usa Windows, il **37%** utilizzano di più il proprio smart-phone e tra quest'ultimi per il **38%** sono consapevoli di usare il sistema operativo (OS) Android. Solo il **2%** degli intervistati non è consapevole quale OS utilizza.

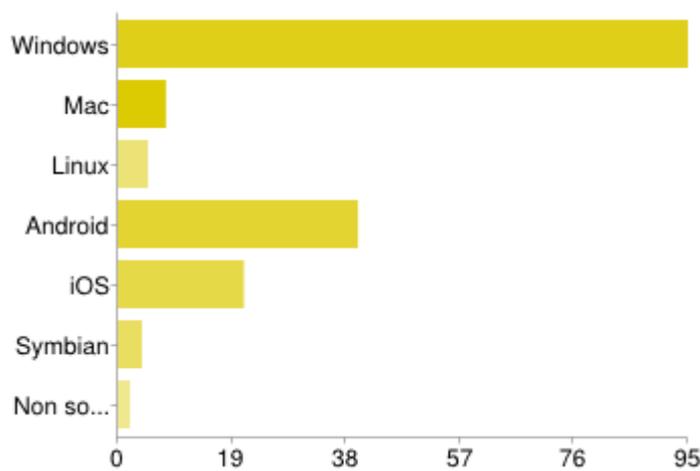


Illustrazione 33: *Quali Sistemi Operativi usi?*

In conclusione della prima parte del questionario è stato chiesto agli studenti se avessero mai sentito parlare di Realtà Aumentata e cosa possa essere o cosa ne sanno. Il 28% hanno dichiarato di averne sentito parlare e l'hanno prova a spiegarne in questo con queste parole:

- *un'immagine ricca di informazioni in 3D*
- *degli ologrammi*
- *un'immagine ricca di informazioni in 3D*
- *una realtà immaginaria che è una emulazione di quella reale*
- *strumenti che aumentano la visione della realtà tramite la tecnologia*
- *cose che i 5 sensi non possono percepire, possono essere viste solo con smartphone e PC*
- *arricchisce la percezione sensoriale umana*
- *è arricchimento della percezione sensoriale tramite informazioni generalmente manipolate elettronicamente che non sono percepibili attraverso i cinque sensi*
- *una visione tridimensionale*
- *io penso che si riferisce alle nuove tecnologie e secondo me è un campo che è nato da poco tempo circa 10 anni e ora è nel vivo della sua evoluzione*
- *è l'arricchimento della percezione sensoriale tramite informazioni generalmente manipolate elettronicamente, che non sono percepibili attraverso i cinque sensi. esempi: il cruscotto di una macchina e la città esplorata tramite uno smartphone*
- *un programma che aiuta ad aggiungere informazioni sulla realtà che si sta vivendo.*
- *un programma che aumenta la nostra conoscenza sulla realtà*
- *supera la percezione dei 5 sensi tramite informazioni elettronicamente manipolate*
- *effetti aggiuntivi che permettono di immedesimarsi al meglio in una realtà virtuale o in un periodo storico precedente*
- *effetti aggiuntivi che permettono di immedesimarsi al meglio in una realtà virtuale*
- *la realtà aumentata mi permette di vedere le immagini in modo tridimensionale*
- *una visione tridimensionale*
- *Una nuova tecnologia che permette di analizzare globalmente diversi argomenti.*
- *è uno strumento per vedere in 3d*
- *ne ho sentito parlare, so che ha a che fare con la tecnologia, ma non so precisamente cosa*

sia.

Leggendo le dichiarazioni si associa la AR a ciò che è virtuale, al tridimensionale e si ha una percezione di questa tecnologia come uno strumento che possa migliorare la realtà offrendo “effetti” ed informazioni che aggiungendosi alla realtà la migliorano e la rendono più ricca rispetto alla percezione con cinque sensi umani.

Con la conclusione della prima parte dell'indagine il docente ha svolto una breve lezione selezionando, per ogni classe, i modelli tridimensionali a seconda del programma che si svolge in ogni anno liceale. Per tutte le classi sono stati mostrati i tre ordini architettonici (Dorico, Ionico e Corinzio), per le quinte sono è stata scelta la Tour Eiffel, per le quarte modelli del Rinascimento come Il Nettuno di Piazza Navona e la Fontana delle Tartarughe e per le classi prime e seconde modelli dell'arte romana e greca come il Partenone ed il Pantheon. A diversi volontari è stata fatta provare l'esperienza di tenere un modello tridimensionale tra le mani e viverne quindi di persona l'effetto prodotto, così anche da poter essere in grado rispondere con maggiore consapevolezza alla seconda parte del questionario. Oltre alla visualizzazione dei modelli attraverso la AR, i medesimi modelli sono stati esposti con il programma di grafica tridimensionale Meshlab, così da fare un confronto tra le due modalità e trovare il “valore aggiunto” in una delle due. Con grande entusiasmo sono seguite copiose domande di curiosità e chiarimenti ed in fine gli studenti sono stati invitati a proseguire la compilazione della seconda parte del questionario.

I dati ricavati dalla seconda parte dell'indagine sono stati incrociati con altri dati della prima parte così da ottenere una visione motivata del risultato ottenuto.

Il primo dato che si vuole osservare è quanti nel prossimo futuro vorrebbero poter reperire questa tecnologia sul proprio testo di studi, il dato è stato incrociato con “*Secondo me la realtà aumentata: É come avere l'oggetto davanti a me*” (valori filtrati 3, 4 e 5) e “*Quando il docente ti porta in un museo d'arte il mio interesse e la*

*mia curiosità aumentano perché: sono di fronte l'opera e ne sono colpito dalle caratteristiche*” (valori filtrati 3, 4 e 5). Il 67% ha confermato che vorrebbe integrata la AR col proprio testo di studi e tra questi il 41% è composto da coloro che prediligono gli studi scientifici. Solo l'8% del dato ottenuto ha una preferenza per gli studi umanistici. Analizzando questo dato è evidente quanto ARte possa potenzialmente stimolare “gli scientifici” ad uno studio umanistico e che “gli umanistici” , nonostante la loro motivazione, siano convinti che ARte possa far loro vivere una esperienza verosimile a quella museale.

Il secondo dato concerne quanti utilizzerebbero ARte col proprio PC, il risultato ottenuto è stato incrociato quanti non sono appassionati di Storia dell'arte (valori filtrati 1, 2 e 3), quanti credono che ARte possa migliorare il loro interesse verso la suddetta disciplina (valori filtrati 3, 4 e 5) perché credono che con la AR è come avere l'oggetto davanti a loro (valori filtrati 3,4 e 5). Con l'incrocio di questi dati si ottiene che per il **43%** ARte possa essere un mezzo valido alla riscoperta del mondo dell'arte. Il medesimo risultato lo si ottiene quando si domanda se lo vorrebbero poter utilizzare col proprio smart-phone.

Nella disciplina dell'arte ciò che maggiormente attrae gli studenti è la tridimensionalità dell'oggetto rispetto alla bidimensionalità offerta dalle fotografie del testo di studi, a confermarlo è stato il **91%** della popolazione indagata. Questo aspetto non toglie nulla alla reale esperienza di visitare i musei o le opere nelle piazze difatti alla considerazione “*Secondo me la realtà aumentata: - Mi eviterebbe di dover visitare i musei o allontanarmi per vedere le opere*” il **58%** ha espresso un disaccordo votando valori 1 e 2.

Come è ben noto la tridimensionalità non è una caratteristica esclusiva della AR ma è caratterizzante anche della VR, sicché è stato chiesto agli studenti se e per quale ragione preferiscono la AR rispetto la VR. Il **60%** ha dichiarato di preferire la AR,

tanto da sperare che per il prossimo futuro la possano trovare sul proprio testo di studi, poiché per il **79%** (valori filtrati 3, 4 e 5) *La realtà aumentata rispetto la realtà virtuale, presenta una interazione più semplice*, per l'**88%** (valori filtrati 3, 4 e 5) *La realtà aumentata rispetto la realtà virtuale, se l'opera fosse in dimensioni reali, mi permetterebbe di comprenderne meglio la magnificenza* ed in fine per il **77%** (valori filtrati 3, 4 e 5) *La realtà aumentata rispetto la realtà virtuale, rende l'esperienza più suggestiva*.

Tuttavia se il **66%** ritiene che il modello tridimensionale sia sufficiente come contenuto di approfondimento rispetto al testo di studi, il **43%** degli studenti vorrebbero che i contenuti visibili fossero arricchiti con altri contenuti multimediali ed interattivi. Del 43% sopra citato l'**81%** non volendo rinunciare alla suggestione della AR non vorrebbe tanto meno rinunciare ai comandi d'interazione della VR (rotazione e zoom), il **48%** vorrebbe un audio che possa descrivere l'opera ed il **47%** vorrebbe un video che si accosti al modello 3D.

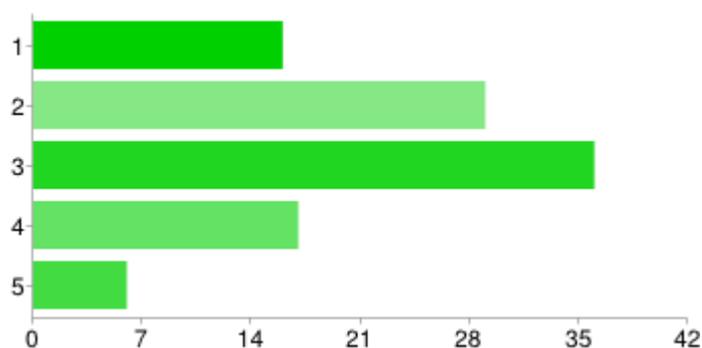


Illustrazione 34: *credo che il solo modello 3D sia sufficiente come contenuto di approfondimento*

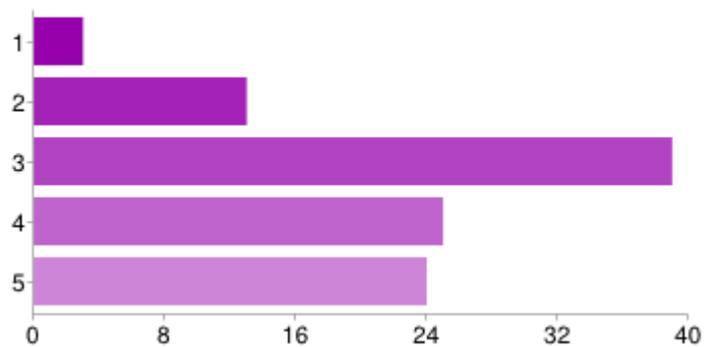


Illustrazione 35: vorrei che il modello 3D sia integrato con un video

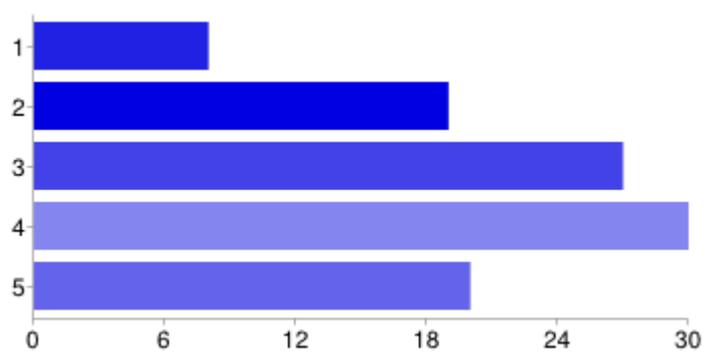


Illustrazione 36: vorrei che il modello 3D sia integrato con un audio

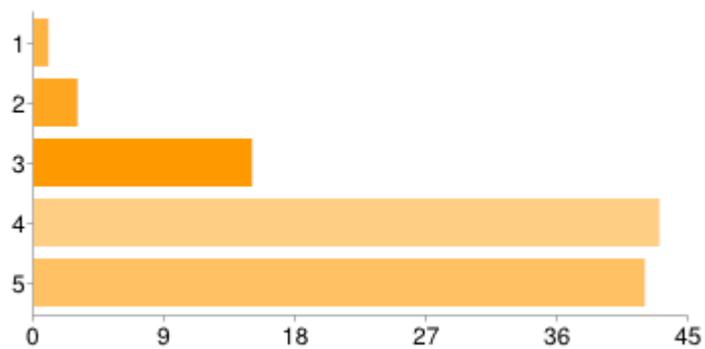


Illustrazione 37: vorrei che il modello 3D sia integrato con dei comandi (zoom e rotazione)

Volendo accontentare quel 43% bisognerebbe progettare un sistema multi-marker che interagisca agli eventi di occlusione dei marker di controllo e che restituiscano un risultato sul marker principale (quello più grande). Facendo riferimento all'illustrazione 31 se l'utente occlude il marker con la scritta 3D allora sul marker con il logo del progetto appare il modello tridimensionale, allo stesso modo se occlude il marker con la cinepresa allora il programma restituisce un filmato ed in fine se occlude il marker con la cassa audio allora si ascolta un audio descrizione dell'opera.



Illustrazione 38: Interfaccia di interazione multi-marker

Infine è stato chiesto se avessero avuto piacere di poter utilizzare la AR in altre materie e tra queste, considerando sempre l'elevata preferenza del campione verso le materie scientifiche, il 59% ha dichiarato di volerla poterla usare nella discipline della matematica e della geometria, il 93% in chimica e biologia, il 52% in storia, il 13% in letteratura ed il 4% in altre non specificate.

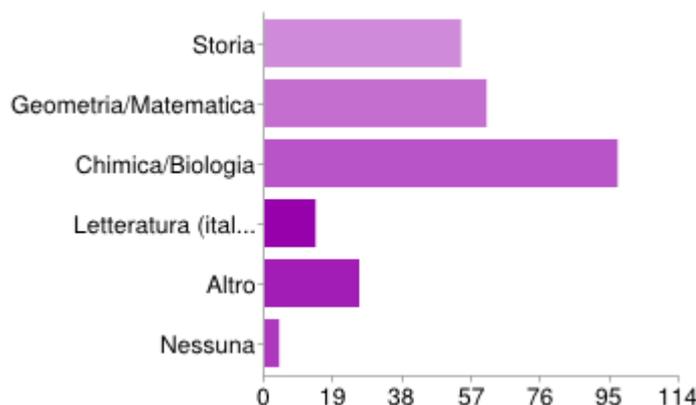


Illustrazione 39: *In quali altre materie vorresti poter utilizzare questa tecnologia?*

Dopo aver analizzato il punto di vista degli studenti è stato chiesto il parere del docente, Stefania **Donati**, quali benefici ha avuto e quali altri potrebbe giovare da uno sviluppo pedagogico del progetto Arte.

1. Qual'è il ruolo della tecnologia nel suo insegnamento? è solita utilizzarla nelle sue ore di lezione?

Nella mia materia, sia disegno che storia dell'arte, la tecnologia può aiutarmi nel catturare l'attenzione visiva dello studente, per ora possiamo utilizzarla solo per approfondimenti e ricerche di immagini su internet, attraverso la lavagna multimediale (ancora poco utilizzata, ma comunque ne abbiamo 3 a scuola) per velocizzare il lavoro di disegno. Ancora la lezione si svolge per la maggior parte in modo tradizionale, ma il mio obiettivo è proprio quello di andare verso nuove forme di didattica.

2. In quale modo la realtà aumentata migliorerebbe il suo insegnamento?

Dalle reazioni che ho riscontrato negli studenti, La realtà aumentata aumenterebbe la loro voglia di cimentarsi con una nuova tecnologia e soprattutto mi consentirebbe di farli entrare pienamente nell'oggetto d'arte in modo che possono possederlo nella visione spaziale.

3. Se lei avesse a disposizione un programma di realtà aumentata ed uno di realtà virtuale, quale sceglierebbe per fare cosa e quale sceglierebbe per fare altro?

Una lezione con la realtà aumentata la utilizzerei in tutti quei casi dove l'opera deve essere contestualizzata sia un'architettura che una scultura rispetto all'ambiente intorno. La realtà virtuale mi è utile attualmente quando voglio far conoscere l'oggetto in modo didattico, per es. tutte le parti che compongono gli ordini architettonici, oppure le tipologie delle volte romane ecc. Per quanto riguarda quest'ultimo argomento utilizzerei la realtà virtuale per la conoscenza delle volte e quella aumentata per la volta del Pantheon.

4. Quali opere vorrebbe far visualizzare in dimensioni reali attraverso la realtà aumentata?

Tutte le sculture e architetture che non sono possibili da visitare fisicamente perché lontane, in modo che lo studente si renda conto della realtà dimensionale di ciò che sta studiando

5. Quali opere vorrebbe far visualizzare attraverso la realtà virtuale?

Opere pittoriche e schede didattiche

6. Per come ha visto il funzionamento del progetto, quali miglioramenti vorrebbe veder realizzati?

Il miglioramento dovrebbe concentrarsi su una maggiore definizione delle superfici dell'oggetto inquadrato.

7. Sulla base della sua esperienza educativa, crede che la realtà aumentata possa essere solo una novità sterile o un incentivo per migliorare l'interesse degli studenti?

A quest'ultima domanda dovrebbero averci risposto gli studenti nella nostra giornata del 10 gennaio. Attraverso il test che hai somministrato dovresti stabilire il loro interesse, curiosità, intuito verso una tecnologia nuova. Per quello che mi riguarda ogni volta che

sottopongo un argomento da svolgere con metodi nuovi la quasi totalità dei ragazzi ha sia una maggiore attenzione che migliori risultati.



## Conclusioni

In questa tesi è stato analizzando e dimostrato come la AR, tecnologia del prossimo futuro, possa essere utile ad uno scopo educativo di tipo umanistico, lo studio della storia dell'arte. Il punto di partenza, che ha dato l'*incipit* al progetto ARte, è stato la riflessione sul come e sul perché la storia dell'arte non abbia un ruolo primario nell'educazione italiana nonostante l'Italia abbia il privilegio di ospitare il più grande numero di beni culturali di tutto il mondo.

Numero di siti dei Paesi europei iscritti nella lista del patrimonio culturale mondiale, per criterio di selezione indicato attraverso i numeri romani (dati al 30 Luglio 2002)<sup>61</sup>

<b>PAESI</b>	<b>Totale siti</b>	<b>i</b>	<b>ii</b>	<b>iii</b>	<b>iv</b>	<b>v</b>	<b>vi</b>	<b>Totale</b>
Italia	35	21	26	22	27	10	9	115
Spagna	34	15	21	13	25	3	8	85
Francia	27	17	16	7	18	1	8	67
Germania	26	8	15	8	20	1	7	59
Regno Unito	18	9	15	5	17	0	5	51
Grecia	14	11	13	11	13	3	8	59
Portogallo	11	4	4	4	7	2	3	24
Rep. Ceca	11	3	7	0	11	0	1	22
Svezia	11	1	4	4	8	5	0	22
Turchia	10	5	6	8	6	2	1	28
Russia	10	5	7	1	9	1	3	26
...								
TOT EUROPA	313	122	182	126	235	44	65	774
% siti europei	100,0	35,5	50,0	36,8	60,8	14,1	17,7	-
% siti italiani	100,0	60,0	74,3	62,9	77,1	28,6	25,7	-

A questa decentralizzazione della disciplina si sono affiancate anche le testimonianze

<sup>61</sup> Fonte: elaborazione ISTAT su dati UNESCO.

di docenti di storia dell'arte che spiegano come sia divenuto difficile spiegare questa materia a dei ragazzi la cui *forma mentis* non è solo frutto dei loro studi ma in gran parte strutturata dalla tecnologia e dalla rapidità di fruizione di contenuti che la caratterizza. I docenti hanno una necessità primaria di coinvolgere i loro studenti, di non vedere questi annoiati o distratti, di rendere il loro sapere utile per una eventuale prospettiva lavorativa futura dei pupilli, di rendere, insomma, il servizio pubblico dell'istruzione artistica pari ad una sensibilizzazione verso il patrimonio artistico.

In virtù di questa ragione ARte si presenta come un valido strumento per una rivoluzione metodologica, che permetta ai giovani studenti di imparare attraverso i mezzi che quotidianamente utilizzano, mezzi quindi alla portata di tutti o molti, là dove non è presente il *digital divide*<sup>62</sup> (alcune zone del nostro paese non sono raggiunte dalla banda larga, circa il 12%). Attraverso la realtà aumentata di ARte lo studente ha la possibilità di vivere ogni giorno una verosimile esperienza museale, potendo selezionare il percorso didattico delineato dal proprio docente ed in oltre con la possibilità di visualizzare le opere nelle loro dimensioni naturali, così da non doverle solo immaginare guardando le riduttive rappresentazioni fotografiche presenti sui libri di testo.

I test effettuati con gli studenti di un liceo scientifico non solo hanno dimostrato quanto sopra detto ma hanno confermato la tesi per coloro che non studiano la disciplina artistica con grande interesse, proprio perché poco tangibile e distante dal loro interesse. Attraverso la AR hanno potuto apprezzare la visualizzazione tridimensionale di opere d'arte tra le loro mani o sulle pareti della loro aula studio e quindi stimolare l'assopito interesse per l'arte o, per i più diligenti, disporre di un valido mezzo di approfondimento.

Un altro elemento confermato dalle sperimentazioni è l'aspetto collaborativo che tutti gli studenti di ogni classe hanno manifestato. Questi si sono ritrovati a lavorare

---

<sup>62</sup> Divario tra chi ha accesso alle tecnologie dell'informazione e chi ne è escluso

insieme e non a svolgere un approccio individuale, dove uno inquadrava il compagno che sorreggeva il marker e gli altri potevano osservare la grandezza dell'oggetto tridimensionale rispetto al proprio compagno inquadrato. Una manifestazione resa ludica dalla novità ma, sempre per la stessa ragione, anche entusiasmante come una visita museale in compagnia dei propri compagni di classe. I dati raccolti e le domande ascoltate dagli studenti confermano che il loro non è solo un interesse dovuto alla novità dello strumento ma una necessità per avere un approccio più tangibile con le materie che studiano.



## Bibliografia e Sitografia

- Walter Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*. Arte e società di massa, trad. it. di Enrico Filippini, Einaudi, Torino 1966, 1991 e 1998
- Tondeur Paul, Jeff Winder. *Papervision3D Essentials*, Packt Publishing , 2009
- Anand P Santhanam, Cali M Fidopiastis, Felix G Hamza-Lup, Jannick P Rolland and Celina Imielinska. *Physically-based Deformation of High-Resolution 3D Lung Models for Augmented Reality based Medical Visualization* , 28
- F. Arosio e P. Cecchini. 2003. *Italia patrimonio culturale dell'umanità* , 15
- Billingham Mark. 2002. *Augmented Reality in Education* "New Horizons for Learning" pp 5
- Di Serio, 2012 *Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course*, "Computers & Education", pp 11
- J. Fischer and M. Neff and D. Freudenstein and D. Bartz. 2004. *Medical Augmented Reality based on Commercial Image Guided Surgery* "Eurographics Symposium on Virtual Environments" , 4
- L. Fontana - *Allestire una mostra contemporanea* , pp 2
- Gav, G., Lentini, M. *Use of Communication Resources in a Networked Collaborative Design Environment*
- Ghirardi Angela, Claudio Franzoni, Serena Simoni. Simonetta Nicolini *Insegnare la storia dell'arte* - [www.accademiabellearti.ra.it/.../Insegnare%20la%20storia%20dell'art...](http://www.accademiabellearti.ra.it/.../Insegnare%20la%20storia%20dell'art...)
- Hannu Salmia, Arja Kaasinena, Veera Kallunkia. 2012. *Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality (AR): visualising the invisible in science centres and schools for teacher education* "Procedia - Social and Behavioral Sciences" 12, pp 284 – 295

- Hannes Kaufmann. *Collaborative Augmented Reality in Education* , pp 4
- Jeremy R. *The Classroom of the Future: Enhancing Education through Augmented Reality* , 5
- Kawamata, Takakazu, Iseki, Hiroshi, Shibasaki, Takao, Hori, Tomokatsu. *Endoscopic Augmented Reality Navigation System for Endonasal Transsphenoidal Surgery to Treat Pituitary Tumors: Technical Note.*
- Kesima Mehmet, Yasin Ozarslanb. *Augmented reality in education: current technologies and the potential for education*
- Liarakapis Fotis, Panos Petridis, Paul F. Lister & Martin White. 2002. *Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning (MARIE)* “World Transactions on Engineering and Technology Education” 176, pp 173-175
- Mantovani, F. , Giuseppe Riva & Carlo Galimberti. 2001. *VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environments in Education and Training. In Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Society in the Internet Age.* “IOS Press”
- Ronald T. 1997. *A Survey of Augmented Reality*, “Presence: Teleoperators and Virtual Environments ”, 48, pp 355-385.
- Schmalstieg Dieter. 2004. *Geometry Education with Augmented Reality*, pp 179
- Tobias Sielhorst, Marco Feuerstein, Joerg Traub, Oliver Kutter, Nassir Navab. *CAMPAR: a software framework guaranteeing quality for medical augmented reality*
- WARE, C. 1990. *Using Hand Position for Virtual Object Placement.* “Visual Computer” 6, pp 245-253.
- Winn, W. *A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality, Technical Report*
- Zöllner, J. Keil, H. Wüst. 2009. *An Augmented Reality Presentation System for Remote Cultural Heritage Sites* "The 10th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST", pp 6

- Home page di Layar - <http://www.layar.com/>
- Sito del Sixth Sense, sviluppato dal Media Lab del MIT - <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>
- Home di wikitude.me - <http://www.wikitude.me/w4/wme/map.jsp>
- Augmented World - <http://augmentedworld.it/>
- Realtà Aumentata nelle lenti a contatto - <http://punto-informatico.it/3069995/PI/News/realta-aumentata-nelle-lenti-contatto-si-puo-fare.aspx>
- Definizione di Realtà Aumentata - [http://it.wikipedia.org/wiki/Realt%C3%A0\\_aumentata](http://it.wikipedia.org/wiki/Realt%C3%A0_aumentata)
- Adidas - [http://www.adidas.com/campaigns/originals\\_ss10/content/microsites/neighborhood/default.aspx?headerType=discreet&strCountry\\_adidascom=us](http://www.adidas.com/campaigns/originals_ss10/content/microsites/neighborhood/default.aspx?headerType=discreet&strCountry_adidascom=us)
- Lego - <http://atlantis.lego.com/en-us/augmented/default.aspx>
- L'Oreal EZface Virtual Mirror Kiosk - <http://www.ezface.com/>
- Nespresso - <http://www.youtube.com/watch?v=hfv1HeTSjmc>
- Learn AR, Realtà Aumentata nella didattica - <http://www.learnar.org/>
- Medical app uses augmented reality and camera phone to detect skin cancer - <http://www.imedicalapps.com/2012/05/medical-app-augmented-reality-camera-skin-cancer/>
- Realtà aumentata nelle lenti a contatto, si può fare - <http://punto-informatico.it/3069995/PI/News/realta-aumentata-nelle-lenti-contatto-si-puo-fare.aspx>

- Tutti alle scuole high-tech - <http://punto-informatico.it/2786411/PI/News/tutti-alle-scuole-high-tech.aspx>
- Il chirurgo è virtuale. Il meccanico pure - <http://punto-informatico.it/2702953/PI/News/chirurgo-virtuale-meccanico-pure.aspx>
- Indiana University - <http://www.shrs.iupui.edu/>
- I quadri prendono vita con la Realtà Aumentata - <http://www.realta-aumentata.it/eyering-augmented-reality.asp>
- Meshlab: <http://meshlab.sourceforge.net/>
- Phtosynth: <http://photosynth.net/>
- Skethup: <http://sketchup.google.com/>
- Database di Sketchup: <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>
- La realtà aumentata aiuta i non vedenti - <http://i-think-italia.it/3d-kindio-la-realta-aumentata-aiuta-i-non-vedenti/>
- Occhiali a realtà aumentata per ipovedenti - <http://www.zeusnews.it/index.php3?ar=stampa&cod=17846>
- Augmented reality. the case of salinas museum of Palermo - Francesco di Paola, Laura Inzerillo - [http://www.academia.edu/1469295/AUGMENTED\\_REALITY. TH E\\_CASE\\_OF\\_SALINAS\\_MUSEUM\\_OF\\_PALERMO](http://www.academia.edu/1469295/AUGMENTED_REALITY_TH E_CASE_OF_SALINAS_MUSEUM_OF_PALERMO)
- Sito ufficiale dei Rolling Stone, promozione del loro album attraverso un app di AR - <http://www.rollingstones.com/grrr-home/>
- La riforma Gentile - [http://it.wikipedia.org/wiki/Riforma\\_Gentile](http://it.wikipedia.org/wiki/Riforma_Gentile)
- Turismo Culturale Lazio – Futouring - <http://www.futouring.it/web/filas/home/?jsessionid=2E78DB418001E8DB99248F3FD37682A9>

*Un sincero ringraziamento a chi nello studio è stato severo con me, a chi mi ha insegnato agendo e non solo parlando e a chi con Amore e rispetto mi ha supportato nel corso dei miei anni di studio.*

Tamer Abdel Maaboud