

Quando la stampa 3D e la computer grafica incontrano il patrimonio storico

Marco Dima¹

¹ INAF-Osservatorio Astronomico di Padova, marco.dima@inaf.it

Abstract: 3D printing and graphics play a crucial role in the conservation and dissemination of historical and museum assets in the astronomical field. Indeed, these technologies make it possible to make usable instruments and places of historical interest that would otherwise be inaccessible. Examples of the potential of these technologies are the three-dimensional reconstruction of the Paduan observatory and the animation of the Meridian Room.

The three-dimensional reconstruction of the observatory, based on the original projects, was made possible thanks to 3D printing, which faithfully reproduced the eighteenth-century architectural structure. The animation of the Meridian Room showed that it is not only a building but also a complex astronomical instrument. These visual representations help viewers better understand the functionality and use of the building in the astronomical context. 3D printing and graphics also offer the opportunity to make the museum experience more inclusive. For example, original instruments replicated with 3D printing can be explored and touched by blind visitors, offering them sensory engagement. Additionally, 3D printing and graphics are indispensable for visualizing past, present, and future astronomical concepts. In fact, these technologies make it possible to create three-dimensional models of celestial bodies, planetary systems, and complex astronomical phenomena, facilitating their understanding by the non-expert public and stimulating interest and curiosity in the astronomical field.

In conclusion, if properly directed, 3D printing and graphics can play a strategic role in the conservation and enhancement of historical and museum heritage.

Keywords: 3D printing; Computer graphics; Historical heritage

1. La computer grafica (CG)

La computer grafica 3D è quel ramo dell'informatica che permette di produrre e visualizzare disegni tridimensionali sintetici. Tali modelli sintetici vengono utilizzati in molti ambiti: la progettazione meccanica, la produzione cinematografica, i giochi per Consol. In ambito astronomico, oltre che per la costruzione di strumenti, si utilizza la CG, per visualizzare le ricostruzioni stereogrammetriche di superfici di pianeti o asteroidi, ottenute dalle varie missioni spaziali, o mostrare come funziona uno strumento o un principio fisico.

Una volta realizzato il modello tridimensionale, il processo di creazione dell'immagine è delegato a quel processo informatico chiamato *rendering*.

Quest'ultimo permette di ottenere immagini, o sequenze di immagini, che poi visualizziamo su un monitor o al cinema. Il processo di *rendering* serve ad ottenere principalmente due categorie di immagini: quelle a scopo raffigurativo, e immagini *ray-tracing*.

Le immagini raffigurative hanno lo scopo di mostrare un concetto con un certo stile grafico che può avere una natura di tipo artistica, tecnica, ecc. Il *ray-tracing* invece simula i processi fisici di interazione tra luce e materia/materiali (plastica, legno, acciaio, rame...), al fine di mimarne rifrazione, diffusione, assorbimento, e ottenere immagini verosimiglianti.

Se confrontiamo la qualità grafica dei film di animazione agli esordi, con quelli di oggi, ci rendiamo subito conto degli sforzi fatti in ambito software, relativamente al *ray-tracing* o alle simulazioni in ambito fisico. A titolo di esempio, si pensi alle interazioni tra gli oggetti solidi e fluidi nel film della serie de *L'era glaciale*: la simulazione dei capelli, i movimenti articolari dei personaggi, sempre più armoniosi e meno meccanici (Fig. 1).



Fig. 1. Immagini tratte dai film: *L'era glaciale* (2002), a sx e *L'era glaciale - in rotta di collisione* (2016), a dx. Si può notare la differenza di risoluzione della pelliccia di Manny.

Tutti questi risultati sono il frutto del processo evolutivo avvenuto in campo hardware e software, negli ultimi anni. Un ruolo importante lo hanno avuto certamente il cinema e il gaming.

Nel corso degli anni, all'Osservatorio di Padova siamo stati attenti all'evoluzione di questo settore in tutte le sue forme e diramazioni, individuando nella CG un valido alleato per la divulgazione dei concetti. Nel tempo abbiamo acquisito computer e schede grafiche prestanti, per la produzione video e il *rendering*. Ci siamo dotati di visori come gli Oculus, abbiamo creato applicazioni per smartphone in *Virtual Reality* (VR) ed *Augmented Reality* (AR), allestito una stanza di *green-screen* e siamo rimasti aggiornati sulle varie evoluzioni software di modellazione 3D, in particolare per quanto riguarda il software Blender. Senza dilungarsi troppo sugli aspetti tecnici di questo programma, basti sapere che esso permette la modellazione, la produzione di animazioni e il *rendering*.

Grazie a queste attrezzature è stato possibile produrre molto materiale utile alla divulgazione, e nel caso specifico alla terza missione.

1.1 La Sala dei Pappagalli

La sala dei Pappagalli era una grande sala al primo piano dell'antico Castello Carrarese, oggi sede dell'Osservatorio Astronomico di Padova, nella quale Francesco da Carrara, Signore della città, si incontrava con le sue truppe e con gli ospiti per banchettare. Dopo la trasformazione da Castello ad Osservatorio, avvenuta tra il 1767 e il 1777, gli spazi sono stati significativamente modificati creando più stanze e modificando la quota dei solai.

Di quel remoto periodo rimangono delle testimonianze sotto forma di affreschi, alcuni dei quali si conservano, frammentati, sulle pareti dell'ufficio che oggi ospita la Direzione. Dopo una attenta elaborazione grafica attraverso il software Photoshop, è stata ricostruita l'immagine intera originale (Fig. 2) e, dalla rilevazione eseguita nelle varie stanze del piano terra e del primo piano, è stato possibile individuare quale fosse l'aspetto primitivo della sala dal punto di vista della pittura. Grazie ai disegni del progetto di Domenico Cerato, l'architetto che trasformò la torre maggiore del Castelvecchio in Osservatorio Astronomico, è stato possibile capire come fosse strutturata la stanza, che presentava delle porte, un camino e due bifore. Attraverso Blender essa è stata quindi ricreata, costruendo un video che mostra quale fosse il probabile arredamento e realizzando delle immagini per la visione tramite Oculus, in modo da generare una esperienza immersiva (Fig. 3).



Fig. 2. Ricostruzione dell'immagine dei pappagalli eseguita tramite il software Photoshop da A. Satta.



Fig. 3. Immagine equirettangolare per visori Oculus realizzata con Blender. L'immagine mostra una possibile interpretazione di come si presentasse la Sala dei Pappagalli nel XIV secolo.

2. Esperienza di Realtà Aumentata (AR) e Realtà Aumentata (VR)



Fig. 4. Uno dei primi test effettuati per verificare l'AppOlo.

Sin dalla loro prima comparsa, gli smartphone hanno aperto le porte ad un nuovo mondo. La potenza di calcolo di questi congegni, il mondo delle applicazioni che ne è scaturito, l'evoluzione delle fotocamere e l'internet *mobile*, hanno fatto di questi telefoni una nuova propaggine del nostro corpo, ormai quasi insostituibile. Questo apparecchio è indubbiamente una macchina dalle forti inclinazioni divulgative, e come Osservatorio non potevano sottrarci alla nuova sfida comunicativa che, con esso, il mondo ci aveva sottoposto.

Nel 2019, anno del cinquantesimo anniversario dello sbarco sulla Luna, tra le varie proposte di divulgazione che abbiamo offerto alla comunità padovana, vi è stata anche la creazione di una applicazione di AR, chiamata AppOlo (Fig. 4). Essa era fruibile in associazione con un tappeto, delle dimensioni di 3x3 metri, che raffigurava la faccia visibile della Luna. Attraverso la fotocamera del cellulare e dei target opportunamente posizionati sui punti di interesse della superficie lunare, era possibile materializzare sul telefono o sul tablet, i modelli 3D del LEM, della Moon Buggy, del Saturn V, ma anche di alcuni crateri e di *lava tube*.

Sempre nel contesto dei festeggiamenti del 2019, è stata sviluppata un'esperienza in VR per visore Oculus, grazie alla quale l'utente, immerso in un ambiente virtuale, era messo nelle condizioni di poter vedere sia la Specola di Padova, con la sua torre a base quadrata di 10 metri e l'altezza di 50, sia il SaturnV, con i suoi 110 metri di altezza e 10 di diametro al primo stadio.

2.1. Ricostruzione della sala Meridiana

Nel corso degli anni il nostro Osservatorio ha prodotto molti video di divulgazione sia scientifica, che di outreach. Essi sono stati presentati nel corso di conferenze nazionali e internazionali, ma sono stati utilizzati anche per servizi giornalistici regionali e nazionali e sono stati inseriti in programmi televisivi di Rai Educational o all'interno della trasmissione Focus.

Chiaramente non poteva mancare la ricostruzione virtuale della stessa Specola e delle stanze storiche, come la sala Meridiana. Il video prodotto, visionabile su YouTube,¹ mostra com'è fatta la stanza, attraverso un volteggio della telecamera virtuale, e quali strumenti essa conservi, ossia il settecentesco quadrante murale e la linea meridiana con il suo analemma, e testimonia come l'intera stanza sia essa stessa uno strumento (Fig. 5).



Fig. 5. Un frame tratto dal video che riproduce virtualmente il funzionamento della Sala Meridiana (©Marco Dima 2011).



Fig. 6. Modello 3D della Specola di Padova, così come si presenta allo stato attuale (©Marco Dima 2016).

¹ Il video è disponibile al seguente link: www.youtube.com/watch?v=0no1Io5vg3o

Avendo a disposizione tutta la documentazione storica, l'intera torre dell'Osservatorio è stata oggetto della ricostruzione 3D. Partendo da rilevamenti sul posto e dalle misure effettuate sui disegni originali dell'architetto Cerato, abbiamo ricostruito la specola in 3D sia per come è oggi, sia per come era nel 1777, sia per come si presentava ai tempi del Castello Carrarese (Fig. 6).

3. La stampa 3D

Se la CG3D è quell'insieme dei processi che porta alla costruzione di un modello sintetico tridimensionale, la Stampa 3D (S3D) è quel procedimento che consente di produrre materialmente il modello. Esistono svariate tecniche di prototipazione rapida, e tale sistema produttivo abbraccia l'utilizzo di vari materiali tra i quali: la plastica, i metalli e le resine. La S3D utilizza la tecnica della stratificazione additiva, ossia, il modello sintetico viene 'tagliato' in tante fette, di spessore pari alla capacità risolutiva della macchina che andrà poi a riprodurre l'oggetto modellizzato proprio riproducendo, per strati, ogni singola fetta. Lo spessore degli strati può andare da pochi decimi di millimetro a decine di micrometri. La stampante poi, si occupa di spalmare il materiale di ogni sezione, strato dopo strato, fino a coprirne tutto il suo sviluppo verticale.

All'Osservatorio di Padova i primi passi con questa tecnologia sono stati mossi nel 2014, grazie all'acquisto di una stampante 3D di tipo FDM. Le stampanti FDM (Fused Deposition Modeling) sono macchine che fondono un filamento plastico di 2 millimetri di diametro; un estrusore, che riduce questo diametro, deposita quindi il materiale che produce la stampa. La risoluzione dello strato depositato dalla macchina arriva fino a un decimo di millimetro. Nel corso degli anni, è stata accumulata una certa esperienza nella prototipazione di *mockup* di strumenti, edifici e attrezzature a supporto dei laboratori di ottica. Una delle peculiarità di questo tipo di stampa è la resistenza meccanica del materiale, ABS in questo caso, un tipo di plastica largamente impiegato per gli involucri di elettrodomestici, i mattoncini LEGO e molto altro.

Grazie a queste attrezzature, e soprattutto grazie all'esperienza acquisita, nel 2017, in occasione dei festeggiamenti per il 250esimo anniversario della fondazione del nostro Osservatorio, siamo riusciti a riprodurre materialmente in scala 1:100 la Specola di Padova, così come essa si presentava nel 1777.

La ricostruzione grafica è partita da rilievi eseguiti manualmente con metro laser e con l'ausilio dei disegni di progetto planimetrici realizzati dall'architetto Domenico Cerato e collaboratori attorno al 1766.

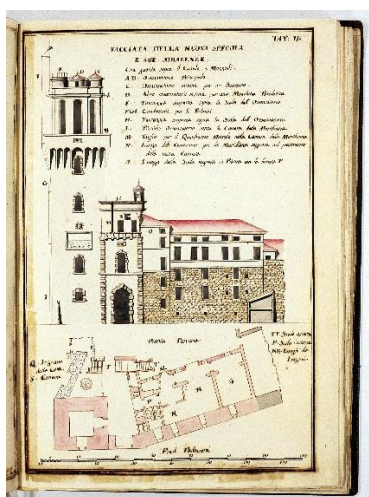


Fig. 7. A sx., uno screen shot dei progetti del Cerato; a dx. i modelli in scala 1:100 del Castelvecchio (aspetto degli inizi del XVIII secolo) e della Specola del 1777.

Grazie ai progetti del Cerato è stato possibile ricostruire anche il castello Carrarese, nelle condizioni in cui esso si trovava prima di essere trasformato in Specola (Fig. 7). Attualmente questi modelli sono esposti al Museo *La Specola*, la sezione museale dell'Osservatorio. Nel corso delle visite, quindi i visitatori possono comprendere quali trasformazioni abbiano interessato questo edificio in circa due secoli e mezzo di storia.

Nel 2022 l'Osservatorio ha acquistato una seconda S3D, ma questa volta si è orientato su di una Inkjet, una macchina con una risoluzione dello strato fino a 16 micron, che stampa a colori e con vari materiali polimerici. La stampante nebulizza opportunamente una resina e attraverso una lampada ultravioletta la solidifica. Grazie a questa macchina, capace di stampare anche materiali trasparenti, stiamo cercando di indagare la possibilità di produrre ottiche e specchi.

Usando i dati che ci giungono dalle varie missioni spaziali, come la Mars Global Surveyor e la missione Osiris Rex, siamo riusciti a riprodurre le stampe 3D a colori del pianeta Marte e dell'asteroide Bennu (Fig. 8). I dati sono stati trattati con il software Blender e le stampe riprendono fedelmente le proporzioni delle strutture che caratterizzano i vari soggetti mettendo alla luce, come nel caso di Marte, le dimensioni del Monte Olimpo e del grande canyon Valles Marineris rispetto alle dimensioni del pianeta.



Fig. 8. Riproduzione 3D a colori di Marte (a sx., diametro 11cm) e di Bennu (a dx., diametro 7cm). Bennu è un asteroide near Earth con un diametro medio di 500 metri.

4. Conclusioni

Grazie a queste attrezzature negli ultimi 15 anni siamo riusciti a produrre video e stampe 3D che ci hanno permesso di diffondere informazioni tecnico-scientifiche sia nel settore professionale che nel settore divulgativo che nel settore storico museale.

In particolare, sotto il profilo del patrimonio culturale, il risultato di questo processo evolutivo da un punto di vista tecnologico, dà la possibilità di aumentare la platea degli uditori e dei fruitori del patrimonio stesso. Grazie ai visori e ai telefoni integrabili in visori, è possibile infatti trasportare gli individui in posti e luoghi inaccessibili creando inclusività, basti pensare alle persone con disabilità motorie.

Anche la stampa 3D porta con sé un grande potenziale di inclusività in quanto grazie ad essa possiamo stampare oggetti come pianeti, satelliti, asteroidi e renderli accessibili al pubblico più variegato. Proprio in quest'ambito dell'inclusività, abbiamo stampato varie galassie nella banda dell'UV e dell'IR, in modo tale che persone ipovedenti e non vedenti potessero meglio percepire come le varie bande consentano di rilevare le varie strutture degli oggetti che si osservano.

È chiaro dunque che queste tecnologie, sempre più alla portata di tutti, sono oramai indispensabili non solo in campo tecnologico ma anche nella terza missione, ed è nostro compito e dovere usarle al meglio, in modo da abbracciare una platea sempre più ampia di pubblico.

Bibliografia

- Dima, M. *et al.* (2010). "Handling complex adaptive optics concepts including the third and fourth dimensions", *SPIE Digital Library*, 7736, 77365I. doi: 10.1117/12.857354
- Dima, M. *et al.* (2014). "From 3D view to 3D print", *SPIE Digital Library*, 9143, 91435E. doi: 10.1117/12.2056502
- Dima, M. *et al.* (2016). "A display model for the TOU of PLATO: just a cool toy or a benchmark of opportunities?", *SPIE Digital Library*, 9904, 990432. doi: 10.1117/12.2232938.
- Dima, M. & Di Giacomo, F. (2023). "Stampa di tavolette tattili per il Festival di Astronomia di Castellaro Lagusello", *Rapporti tecnici INAF*. Available at: <http://hdl.handle.net/20.500.12386/33835> (Accessed: 30 giugno 2024).
- Zanini, V., Di Giacomo, F. & Dima, M. (2020). "Tour virtuale del Museo *La Specola*, il Museo dell'Osservatorio Astronomico di Padova". Available at: <http://hdl.handle.net/20.500.12386/32867> (Accessed: 30 giugno 2024).