



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

FACOLTA' DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DEL QUARTO ORDINE DELL'ARCA DI SANT'AGOSTINO

Relazione discussa in sede di esame finale
dal candidato Luigi Zaccaria Del Pio

Docente tutore: Prof. Virginio Cantoni

A.A. 2019/2020

1. INTRODUZIONE E CONTESTO DEL PROGETTO

- 1.1 Introduzione
- 1.2 Ambito del progetto
- 1.3 Descrizione dell'Arca di Sant'Agostino

2. STRUMENTI UTILIZZATI

- 2.1 Modellazione 3D
- 2.2 Introduzione a Blender
 - 2.2.1 Modalità principali
 - 2.2.1 Modificatori

3. DESCRIZIONE DEL LAVORO

- 3.1 Perfezionamento dei modelli di partenza
 - 3.1.1 I bassorilievi
 - 3.1.2 Le statue
- 3.2 Composizione e rendering
 - 3.2.1 Ottimizzazione
 - 3.2.2 Composizione
 - 3.2.3 Applicazione del materiale
 - 3.2.4 Rendering
 - 3.2.5 Video di presentazione del modello finale

4. CONCLUSIONI

RIFERIMENTI

1. INTRODUZIONE E CONTESTO DEL PROGETTO

1.1 INTRODUZIONE

L'obiettivo del progetto di tesi è la ricostruzione in computer grafica 3D del quarto ordine dell'Arca di Sant'Agostino, monumento marmoreo che si trova a Pavia, nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro.

L'attività, svolta sotto la supervisione del relatore Prof. Virginio Cantoni, si colloca all'interno di un progetto più ampio, che prevede la riproduzione virtuale di tutta l'Arca, coordinato dal laboratorio di Computer Vision e Multimedia del dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione dell'Università di Pavia.

Il lavoro è consistito nel riorganizzare, correggere e raffinare diciotto modelli tridimensionali realizzati da altri studenti, per poi assemblarli in modo uniforme e coerente con l'opera originale, in modo da ricostruire l'intero quarto livello dell'Arca. Si è, quindi, passati alla fase di rendering e alla realizzazione di un video illustrativo del risultato finale.

1.2 AMBITO DEL PROGETTO

Il progetto si colloca nell'ambito delle "digital humanities" (informatica umanistica), e in quello del "virtual heritage" (patrimonio virtuale).

Il primo aspetto riguarda una ricerca di contatto e collaborazione tra la sfera tecnica e quella umanistica della cultura, che in questo lavoro si sono declinati nella necessità di avvalersi di fonti che appartenessero all'uno e all'altro campo.

Per riprodurre fedelmente l'opera originale si è dovuto, infatti, affiancare le competenze tecniche di modellazione 3D a quelle di ricerca e di interpretazione di risorse artistiche visive e letterarie, integrando le une con le altre.

Al secondo ambito, mediante la ricostruzione virtuale di opere d'arte, pertiene non solo la conservazione del patrimonio culturale, ma anche una più facile fruibilità dello stesso, specialmente nel caso di opere difficilmente accessibili per struttura o collocazione.

Questo aspetto è particolarmente rilevante per quanto riguarda l'Arca di Sant'Agostino, monumento dalle dimensioni notevoli, per giunta situato in uno spazio rialzato e ristretto, in cui è difficile poter avere un'adeguata visione di ciascun lato. Osservare le dettagliate figure di cui si compone l'opera è ancor più problematico se si considera il quarto registro, collocato a quasi quattro metri di altezza, oggetto di questo lavoro di tesi.

In tal senso, offrirne una ricostruzione virtuale e tridimensionale, è un importante contributo alla sua accessibilità.

1.3 DESCRIZIONE DELL'ARCA DI SANT'AGOSTINO

L'Arca di Sant'Agostino, situata nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro, a Pavia, è un monumento funerario in marmo bianco, costruito intorno alla metà del 1300, i cui autori e date di realizzazione sono oggetto di discussione.

Il monumento¹ presenta una forma a parallelepipedo, di altezza 3.95 metri, con il lato lungo che misura 3.07 metri e quello corto lungo 1.68 metri.

L'opera è strutturata su quattro registri, di altezze diverse. In senso verticale, sul lato lungo, è suddivisa in tre compartimenti, mentre sul lato corto è presente un unico settore.

Il primo registro, più in basso, raffigura gli Apostoli, ciascuno con un cartiglio che riporta un versetto del Credo, mentre a separare gli scompartimenti sono poste statue che rappresentano le Virtù.

Il secondo registro costituisce la parte centrale del monumento. Le colonne, ricche di statue, sorreggono la parte superiore dell'Arca per formare uno spazio che accoglie la scultura a grandezza naturale del Santo, adagiato su un letto, con un libro in grembo e i vestiti pontificali. Intorno vi sono sei giovani diaconi che sollevano i lembi delle lenzuola, come a custodire il sarcofago del Vescovo.

Al di sopra di questo spazio si erge l'elegante volta dell'Arca, costituita da una parte centrale "a mandorla" che racchiude la scultura che rappresenta il Padre Eterno, e da scomparti che si susseguono tutt'intorno, individuati da otto cordoni formati da teste di cherubini. Le sezioni sono popolate da numerosi bassorilievi che riproducono figure di santi, arcangeli e della Vergine, e sono ornate da motivi a foglie.

Il terzo livello, strutturalmente simile al primo, raffigura, nei vari comparti, scene della vita del Santo, mentre in corrispondenza delle colonne sono presenti statue di vescovi e frati Agostiniani.

Il quarto ordine, oggetto di questa tesi, funge da coronamento dell'Arca e presenta dieci bassorilievi incorniciati da triangoli.

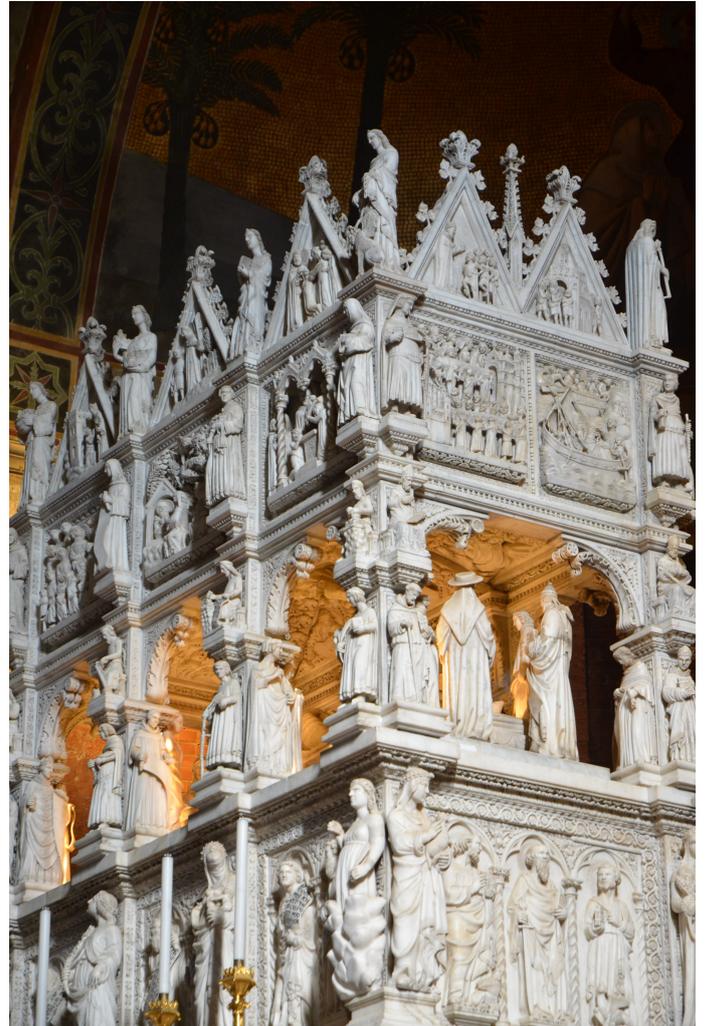


Fig. 1 Un angolo dell'Arca

¹ Ci si basa sulla descrizione di Defendente Sacchi, contenuta nel volume "Agostino e la sua Arca. Il pensiero e la gloria", Autori Vari, Edizioni Torchio de' Ricci, Pavia, 2000

Le scene raffigurano episodi della vita del Santo, in particolare azioni di carità e miracoli²: tre di esse sono posizionate sui lati frontale e posteriore, e due sui lati corti, dove sono inframezzate da una guglia intarsiata. Ogni cornice è abbellita da foglie lungo i bordi e da un pinnacolo floreale.

A separare tra loro i bassorilievi, sui lati lunghi, sono distribuite otto statue che rappresentano allegoricamente le Gerarchie Celesti: "ogni figura è simbolo della moltitudine che compone ciascuna di esse", scrive Defendente Sacchi.

Circondata da questo coronamento vi è la struttura della volta, che, nei progetti originali, avrebbe dovuto essere capeggiata da una cupola, mai realizzata.

Il monumento, in tutto, presenta cinquanta bassorilievi e novantacinque statue umane (oltre a quelle raffiguranti animali), per un totale di quattrocentoventi volti.

Come detto in precedenza, non è chiaro chi sia l'autore dell'Arca. Ad alimentare l'incertezza sull'artefice dell'opera è anche la perdita, negli anni in cui fu costruita, del registro dei conti del monastero.

Defendente Sacchi attribuisce il monumento a Bonino da Campione, vista la somiglianza con l'Arca di Cansignorio a Verona, ma Rodolfo Majocchi non condivide questo parere³, sostenendo che "il valente scultore del Mausoleo Agostiniano è Giovanni di Balduccio da Pisa".

Secondo lo storico, lo stile dell'Arca di Sant'Agostino, almeno nei primi due livelli, coincide con quello dell'Arca di San Pietro Martire a Milano, realizzata da Balduccio anni prima. Dello scultore toscano si persero le tracce proprio nel periodo in cui, probabilmente, fu realizzata l'Arca, che secondo Majocchi fu iniziata nel 1350. La data riportata sul monumento, 1362, si riferirebbe, poi, all'anno di morte dell'autore, che lasciò il mausoleo incompiuto, tanto che i due livelli superiori presenterebbero uno stile più grezzo, dovuto alla mano di artisti meno esperti, che cercarono di concludere frettolosamente il lavoro di Balduccio, basandosi sui disegni da lui elaborati.

² La descrizione di tutte le scene e le statue verrà affrontata nei capitoli 3.1.1 e 3.1.2

³ Rodolfo Majocchi, "L'autore dell'Arca di Sant'Agostino in San Pietro in Ciel d'Oro di Pavia", Premiata Tipografia Fratelli Fusi, Pavia, 1901

2 STRUMENTI UTILIZZATI

2.1 MODELLAZIONE 3D

La modellazione 3D è un ambito della computer grafica che ha come obiettivo la rappresentazione matematica di oggetti mediante la disposizione di vertici e facce in un ambiente 3D simulato.

Essa costituisce la prima parte del processo di realizzazione di immagini statiche o animazioni che hanno applicazione nei campi dell'ingegneria, dell'architettura, della medicina, della cinematografia, dello sviluppo di videogiochi e della pubblicità.

La modellazione, infatti, è seguita dalle altre fasi del workflow tipico della computer grafica 3D, tra cui il "rigging" (posizionamento) del modello e l'eventuale animazione dello stesso, l'applicazione di materiali e texture, lo studio della composizione e il rendering.

Nel progetto, benché si siano affrontati tutti questi ambiti, si è prestata particolare attenzione allo stadio di modellazione e di rigging, vista la natura del soggetto, un'opera scultorea, di cui si è cercato di riprodurre forme, pose e dettagli.

2.2 INTRODUZIONE A BLENDER

Blender è una suite di grafica 3D gratuita e open source. Il programma permette di gestire l'intero processo di realizzazione in grafica 3D, ovvero la modellazione, il rigging, l'animazione, la simulazione, il rendering, la composizione e il motion tracking, oltre a video editing e animazione 2D.⁴

La breve descrizione che segue è volta a illustrare solo le funzionalità principali utilizzate nel progetto, dato che la complessità del programma richiederebbe un livello di approfondimento che supera gli scopi del lavoro.

2.2.1 Modalità principali

Blender mette a disposizione un ambiente basato sul concetto di "oggetto": per realizzare un'immagine vengono creati e aggiunti singoli elementi modellabili a piacere, componendo una "scena".

Il programma possiede tre modalità principali con cui si può interagire con gli oggetti: "object", "edit" e "sculpt".

La prima permette di aggiungere oggetti alla scena e spostarli, ruotarli, ridimensionarli, in modo da gestirne la composizione.

Si possono inserire oggetti di default, che verranno poi adeguatamente adattati all'immagine, siano essi elementi geometrici come piani, solidi e curve, oppure oggetti

⁴ <https://www.blender.org>

“funzionali” come luci, fotocamere per selezionare la visuale finale e “armature” per permettere il rigging del modello.

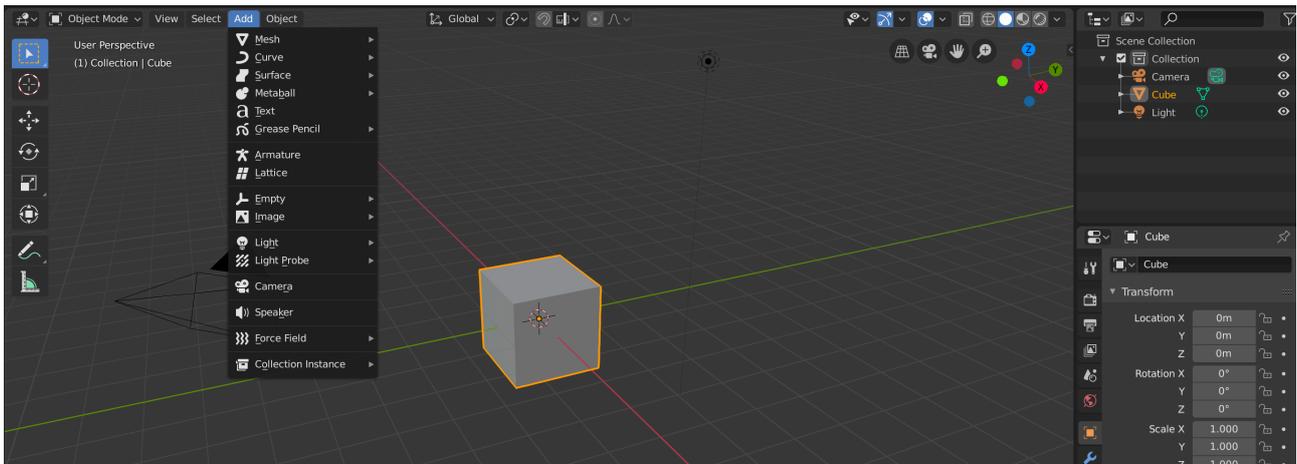


Fig. 2 Visuale della modalità “object” di Blender

La modalità “edit” si concentra sulla geometria del modello: è possibile operare sui singoli vertici, spigoli e facce, aggiungendone e posizionandoli a piacere. Altre operazioni consistono nell’estrusione di facce, nella smussatura, nella sezionatura e nell’applicazione di sforzi di taglio.

Questa modalità è stata principalmente adoperata per la modellazione di elementi “regolari” come case, torri e castelli, presenti in alcune delle scene.

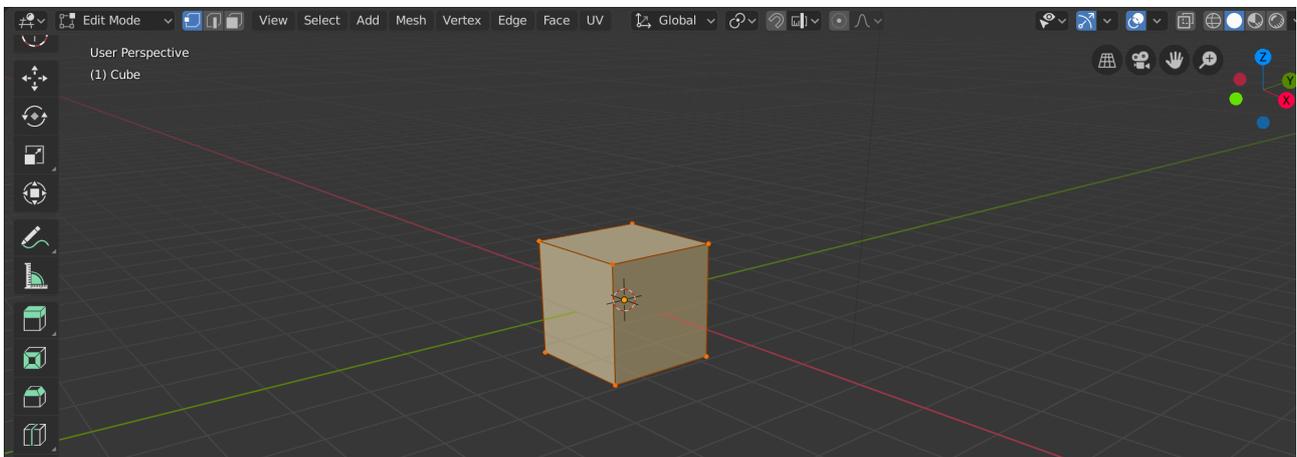


Fig. 3 Visuale della modalità “edit” di Blender

La modalità “sculpt” simula la scultura reale, mettendo a disposizione “scalpelli” con varie funzionalità. Questi permettono, ad esempio, di aggiungere strisce di materiale, gonfiare, incidere, lisciare, appiattire ed estendere parti del modello.

Gli scalpelli sono ampiamente personalizzabili, non solo nelle dimensioni e nella “forza” con cui sono applicati, ma anche, ad esempio, nella direzione (si scolpisce sulla superficie esterna o su quella interna), nel metodo di “tocco” (normale, a punti, linea, curva), nella forma della “pennellata”.

E' possibile, inoltre, imporre che ogni operazione venga specchiata rispetto a uno dei tre assi, oppure in direzione radiale, il che facilita la scultura di elementi simmetrici come volti e edifici, o motivi decorativi ridondanti.

Un'opzione importante è quella chiamata "dynotopo" (dynamic topology), che, se selezionata, fa sì che lo strumento di scultura aggiunga nuovo materiale invece di utilizzare quello già presente. Questo permette regolazioni fini del livello di dettaglio, come la risoluzione e la dipendenza di quest'ultima dalla distanza della visuale rispetto al modello (dettaglio costante, indipendentemente dalla percentuale di zoom, oppure dettaglio maggiore se si è vicini al modello).

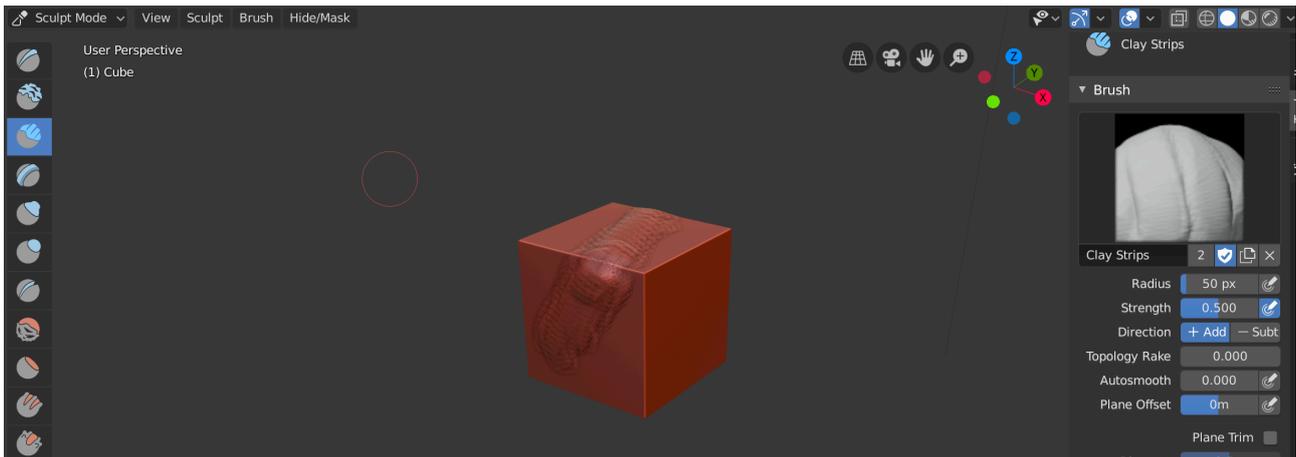


Fig. 4 Visuale della modalità "sculpt" di Blender

2.2.2 Modificatori

Uno degli strumenti più interessanti del programma sono i modificatori, azioni predefinite che possono essere applicate ad un oggetto, regolando i relativi parametri, in modo simile ai metodi nella programmazione ad oggetti.

Dopo averne impostate le opzioni a piacere, il modificatore, il cui effetto è visibile sull'oggetto, non è ancora definitivo e può essere rimosso in qualsiasi momento. Una volta applicato, le proprietà del modificatore diventano parte dell'oggetto stesso, e non possono più essere cambiate. E' possibile, chiaramente, combinare più modificatori sullo stesso oggetto.

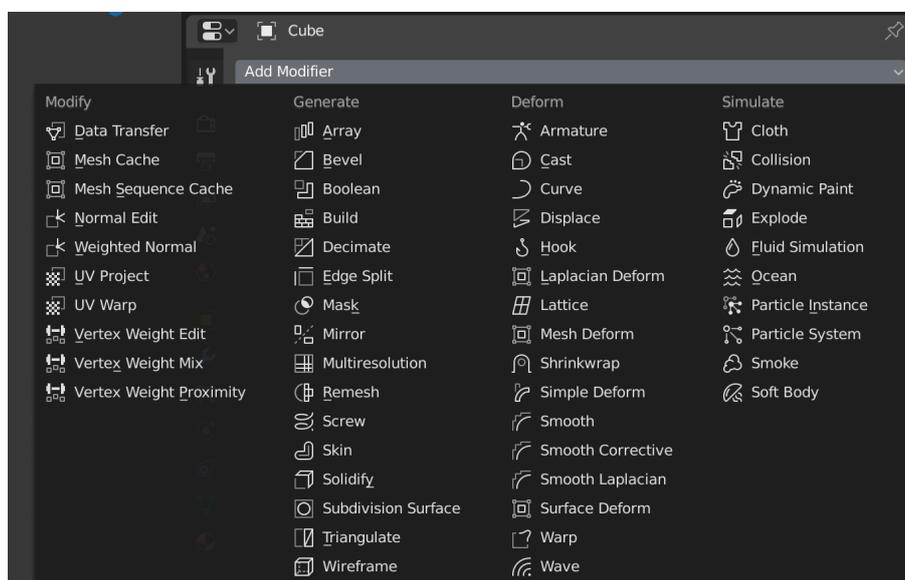


Fig. 5 Pannello di selezione dei "modifier" presenti in Blender 2.8

Tra i modificatori utilizzati nel progetto vi sono⁵:

Boolean

Permette di effettuare un'operazione "booleana" tra oggetti, ovvero intersezione, unione o differenza. Nel caso del lavoro è stato utile soprattutto per congiungere oggetti diversi in uno solo, rendendo possibile la modellazione modulare di varie parti, poi assemblate tra loro.

Decimate

Riduce il numero di facce dell'oggetto, permettendo di eliminare la "geometria" superflua. Questo è stato molto utile nella fase finale, il cui scopo è stata la riduzione delle dimensioni dei file: il modificatore elimina le facce in corrispondenza di parti piane del modello, e mantiene quelle delle parti più dettagliate, che richiedono un numero alto di vertici.

Mirror

Specchia un oggetto lungo un asse a scelta: in questo modo, ogni operazione (in qualsiasi modalità) viene riportata nella parte riflessa. Ad esempio, per realizzare un edificio, si può lavorare su un quarto dell'oggetto e specchiare due volte per ottenere la costruzione completa.

Multiresolution

Suddivide la mesh, in modo da ottenere una maggiore risoluzione. Spesso è usato in accoppiata con l'opzione dynotopo della modalità sculpt. Si conferisce al modello, infatti, la sua forma di partenza con la scultura in dynamic topology, per poi applicare il modificatore in modo da scolpire le parti che richiedono maggior livello di dettaglio.

Remesh

Riorganizza la geometria dell'oggetto. Si tratta di un'operazione, spesso, effettuata nella fase finale della modellazione, quando modifiche intensive della mesh originale possono aver creato una disposizione di facce irregolare e sempre più problematica da gestire. Permette, quindi, di creare maglie quadrate, in numero adeguato alle esigenze, e di rimuovere parti spurie residue.

Solidify

Aggiunge profondità e spessore ad un oggetto. E' stato impiegato, ad esempio, per rendere più realistici i vestiti dei personaggi, quando ottenuti con semplici piani modellati e posizionati lungo il corpo.

Subdivision surface

Divide le facce in superfici più piccole, in modo da conferire un'apparenza liscia al modello. Permette di rendere rapidamente più levigato un oggetto scolpito a bassa risoluzione.

Armature

Uno dei modificatori più utili nel progetto, collega un modello al suo oggetto "scheletro" (armature). Il processo tipico per il rigging di un personaggio, infatti, consiste nel creare il corpo in una posa di base, inserire un oggetto armature, aggiungendo e posizionando le "ossa" in corrispondenza di quelle realisticamente presenti nel modello, e procedere quindi con la congiunzione tra il corpo e lo scheletro, che viene effettuata con l'opzione "automatic weights". Questo significa che all'oggetto

⁵ <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>

che rappresenta il corpo viene associato un modifier "armature" e vengono generati dei "gruppi di vertici" relativi ad ogni osso dello scheletro.

I gruppi contengono l'informazione sulle aree di influenza di ciascun osso, ovvero quali parti del modello verranno spostate una volta che si agirà sul posizionamento dell'osso. Per regolare manualmente questa impostazione, si può entrare in modalità "weight paint".

Tramite pennelli regolabili in dimensione e "peso" (il peso maggiore, di colore rosso, indica che tutta l'area è soggetta alle azioni compiute sull'osso, mentre il colore blu indica l'assenza di influenza dell'osso sul modello), si può personalizzare la relazione tra modello e scheletro.

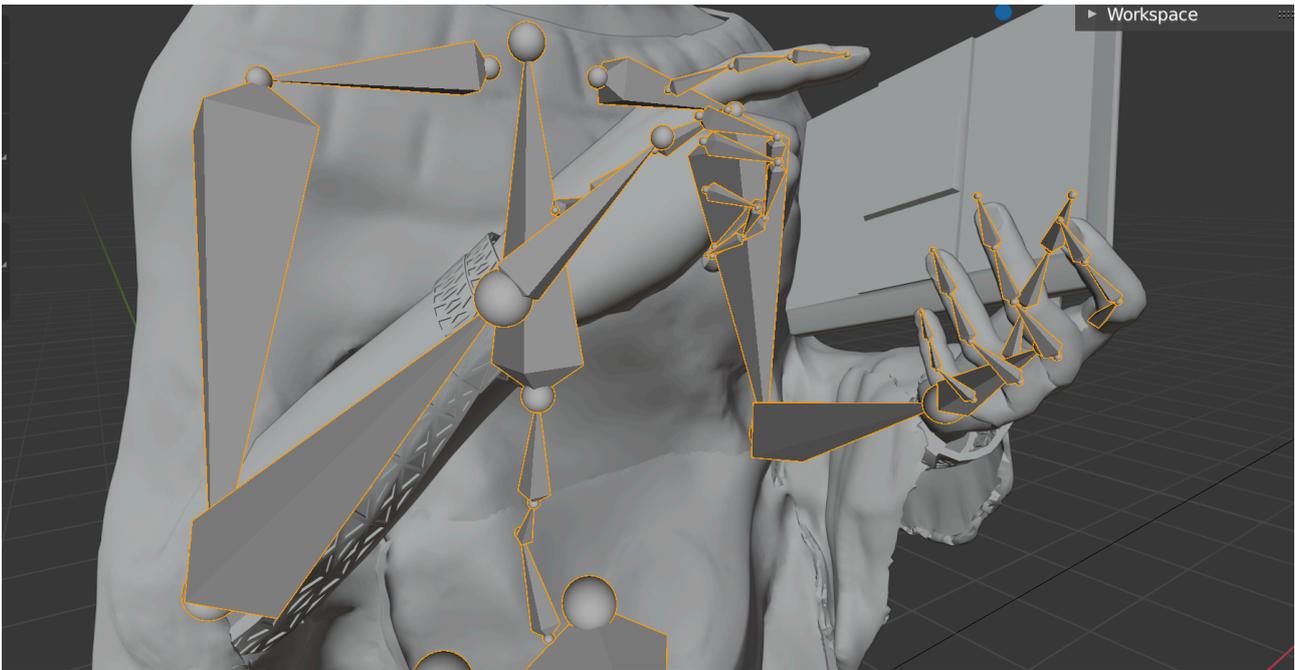


Fig. 6 L'oggetto "armature" nel corpo di un personaggio

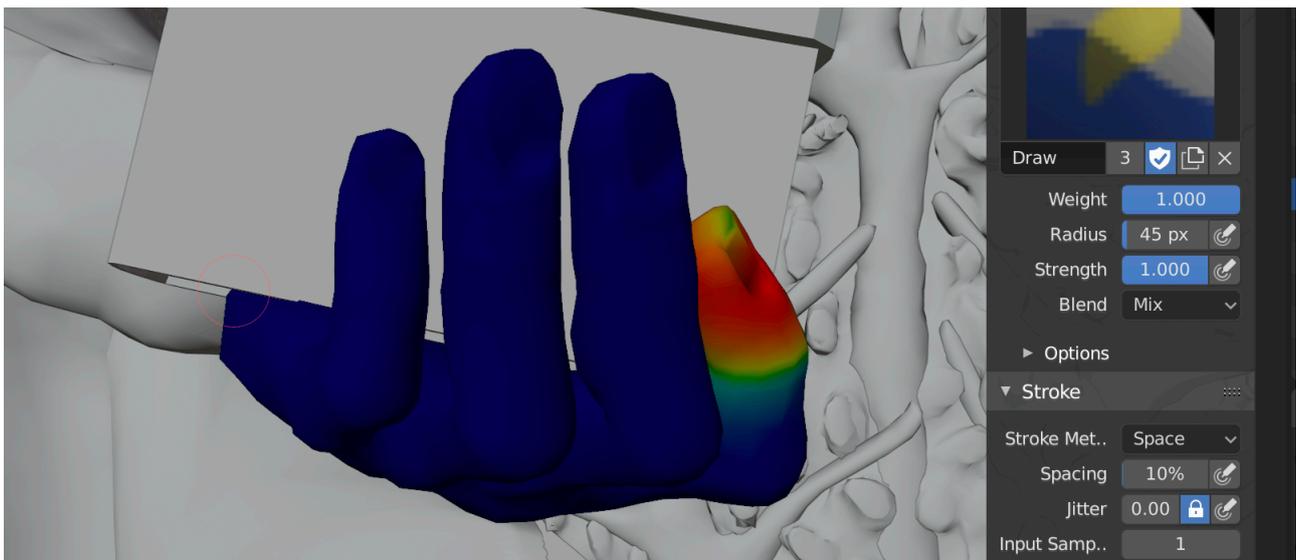


Fig. 7 Visuale della modalità "weight paint". E' selezionato il gruppo di vertici relativo a una falange del dito indice

Cloth

Usato in coppia con il modifier "collision", permette di simulare oggetti della consistenza di un tessuto. Si procede applicando "collision" all'oggetto su cui si deve posare il panno, ad esempio un corpo, e "cloth" all'oggetto che rappresenta la "stoffa", come un vestito.

Regolando opportunamente i parametri nella sezione delle proprietà fisiche, si può "far cadere" il tessuto sull'oggetto, in modo da ottenere un certo realismo nel posizionamento dei lembi.

3. DESCRIZIONE DEL LAVORO

3.1 PERFEZIONAMENTO DEI MODELLI DI PARTENZA

La parte centrale del lavoro di tesi è consistita nella modifica di diciotto modelli 3D, realizzati da altri studenti. Il fatto che questa base di partenza avesse origine eterogenea, molte infatti le diverse "mani" degli autori, ha rappresentato una sfida, perché, prima di poter intervenire sui file, spesso si è reso necessario capire esattamente come fossero stati gestiti. Questo ha richiesto un'operazione di "reverse engineering", che ha portato a studiare le varie strade alternative con cui si possono raggiungere risultati analoghi in Blender.

A ciascun modello, una volta capito come fosse strutturato, si è cercato di conferire un'organizzazione standard (ad esempio dividendo gli oggetti della scena in "Collection" e ridenominandoli opportunamente), seguita durante tutto il lavoro.

Si sono, quindi, ricercate fotografie e descrizioni delle scene e delle statue dell'Arca, in modo da poter confrontare gli originali con i modelli di partenza. Uno ad uno, si è, poi, tentato di migliorare la forma e il posizionamento degli oggetti, con l'obiettivo di riprodurre il più fedelmente possibile le sculture dell'opera, e non di ricreare alternative realistiche (spesso figure e proporzioni sono innaturali) delle scene originali.

Segue la descrizione di tutti i bassorilievi e di tutte le statue⁶, con una spiegazione delle modifiche apportate e il confronto fra opera originale, modello di partenza e render finale. Per cogliere tutti i dettagli, sono state osservate diverse fotografie per ogni figura, spesso più frontali o a maggiore risoluzione di quelle riportate, che appartengono al sottoscritto.

3.1.1 Bassorilievi

Lato Frontale

"Agostino libera un uomo dal carcere"

Agostino libera un prigioniero, rappresentato inginocchiato in segno di gratitudine. Il Santo presenta i tratti distintivi che si ripeteranno in tutti i bassorilievi: la barba curata, la mitra e l'aureola finemente decorate (spesso questi motivi ornamentali subiscono delle variazioni nelle diverse scene) e il mantello, con un colletto alto e ricamato, fermato da una spilla sotto il collo.

A sinistra si può vedere la torre del carcere, merlata e traforata in corrispondenza dell'inferriata e delle finestre.

⁶ Si è fatto riferimento principalmente alla descrizione dell'Arca di Defendente Sacchi, contenuta nel volume "Agostino e la sua Arca. Il pensiero e la gloria", Autori Vari, Edizioni Torchio de' Ricci, Pavia, 2000



Fig. 8 Foto dell'originale



Modello di partenza

Il file di partenza presenta imperfezioni nella rappresentazione del terreno e delle rocce a sinistra della scena, nell'arco delle finestre della torre (nell'originale è presente una volta con una cavità circolare al centro) e nella posa del prigioniero, che sono, quindi, stati corretti. E' errata la rappresentazione dell'oggetto che Agostino tiene in mano, rimodellato congiungendo due oggetti toroidali mediante una piccola asta, oltre al vestito, allungato e arricchito di pieghe. Sono state aggiunte le scarpe del Santo e l'aureola, mentre la barba è stata assottigliata e incisa. Il cappello, troppo alto, ha subito una variazione nella forma, ed è stato decorato come nell'originale. Il mantello è stato fatto scendere lungo il corpo e sono stati aggiunti i ricami sui bordi e sul colletto.



Render finale

"Agostino conduce a casa l'uomo"

Continuazione dell'episodio rappresentato nella scena precedente: Agostino, che regge un libro nella mano, accompagna il prigioniero alla sua casa, visibile nel gruppo di edifici sulla destra. Sullo sfondo si osserva una chiesa e un albero con una chioma ricca di foglie.



Fig. 9

Nel file di partenza, il modello del prigioniero è impreciso: il volto è molto grezzo (e non dovrebbe avere la barba), la mano sinistra è troppo grande e l'oggetto nella destra non è fedele all'originale. Le posizioni delle case sulla destra e della chiesa sono errate, e a quest'ultima manca il varco di ingresso con la volta. Come nella scena precedente, al Santo mancano le scarpe e non sono corretti barba e mitra. L'aureola, benché ben realizzata, non riproduce quella dell'opera, e il mantello non è adeguatamente ricamato. L'albero è stranamente squadrato e non sono visibili i rami, così è stato rimodellato da zero, a partire da un oggetto sferico, estruso per creare i rami, a cui è stato giustapposta una chioma circolare, su cui si sono incise le foglie.



"Agostino benedice una donna posseduta dal demonio"

Il Santo libera una donna indemoniata, in ginocchio, trattenuta da un gruppo di persone sulla destra. Si tratta di una delle poche scene "in movimento" ed è particolare la resa della tensione nel corpo della donna, che presenta un'espressione spaventata e la bocca aperta.



Fig. 10



L'intervento più grande ha riguardato la posizione della donna indemoniata, (inginocchiata verso il Santo, ma con il volto rivolto al gruppo di donne sulla destra) a cui si è aggiunta anche l'espressione spaventata. La veste è stata, quindi, completamente rifatta in "sculpt mode" (non con il "modifier cloth") e le braccia (comprese quelle della prima donna del gruppo) riposizionate con opportune "armature". Aureola e mitra sono state decorate a dovere, come anche la veste di Agostino. Il gruppo di donne, già ben realizzato, ha subito ritocchi nei particolari, come veli e capelli.



Lato Posteriore

"Agostino prega e converte un eretico"

Il Santo prega genuflesso ad un altare, per poi mostrare un libro ad un un eretico, dalle sembianze animalesche (piedi e mani ad artiglio e un accenno di corna), nell'atto di convertirlo. La scena è sovrastata da una volta dai motivi geometrici.



Fig. 11

Nel modello sono stati corretti alcuni dettagli della volta, oltre alla struttura e alla posizione dell'altare. Le decorazioni dell'aureola e della mitra hanno subito variazioni, come il volto e la barba del Santo. È stato corretta la tunica dell'eretico, che presenta una banda frontale e una cintura, e si è perfezionato il volto dell'uomo, aggiungendo, poi, i piedi ad artiglio.



"Agostino converte due eretici"

Analogamente al bassorilievo precedente, Agostino è rappresentato due volte. Prima sembra conversare camminando con un eretico, poi mostra un libro ad un altro uomo, istruendolo sulle Scritture. Non è chiaro se si tratti di due episodi e persone diverse o di un'unica sequenza temporale. La scena, forse, fa riferimento a personaggi storici con cui il Santo si è confrontato, come Pelagio, Arrio e Donato.



Fig. 12

Il modello di partenza è piuttosto ben fatto, ma in alcuni tratti non fedele all'originale. È stato riposizionato il Santo sulla sinistra, di cui si è rimodellato volto e mitra, come anche per la seconda rappresentazione. Sono stati aggiunti i ricami sui bordi delle vesti, e corretti quelli del colletto. La mano di Agostino sulla destra è stata riadattata con una "armature" in modo che indichi il libro.

Gli eretici, molto simili tra loro (per questo si è pensato che si tratti di una sequenza temporale) sono stati perfezionati nel volto e nei capelli, oltre che nei bottoni e nella bisaccia. La barba dei modelli di partenza, in particolare, è resa con una composizione di piccole superfici triangolari intersecate, che non rende l'idea del marmo scolpito. Le mani, inoltre, cercano di simulare gli artigli con le dita unite tra loro o dalla forma spigolosa, per questo nel modello finale sono state eliminate e scolpite nuovamente, come anche le "zampe".



"Agostino morente"

Il Santo è rappresentato sul letto di morte, attorniato da tre frati dall'espressione mesta, mentre regge un libro nella mano sinistra e benedice con la destra. La scena è delimitata da una tenda e sullo sfondo si scorge la città di Ippona. Le lenzuola sono ricamate e il letto presenta un intarsio geometrico.



Fig. 13

I personaggi del modello di partenza, molto ben fatto, hanno subito piccole modifiche nei particolari dei lineamenti e delle vesti. Tenda e sfondo sono rimasti sostanzialmente invariati, tranne che per alcune aggiunte alle finestre della città, e alle pieghe del drappo, esteso ai lati. Al capo del letto è stato realizzato una scranno su cui siede il frate, mentre sulle lenzuola sono state scolpite le pieghe.



Lato Sinistro

"Agostino guarisce un cavaliere"

Il Santo risana un cavaliere d'Ippona, a cui doveva essere amputata una gamba. Al suo fianco è presente una figura incappucciata e raccolta in preghiera, forse una donna. Sotto al letto due cani sembrano aver catturato un topo.



Fig. 14

Scena simile alla precedente, anche per quanto riguarda le modifiche apportate. Sono state aggiunte pieghe alle lenzuola ed è stata migliorata la struttura del letto, a cui si è dato l'aspetto di assi di legno dai bordi smussati. I personaggi sono stati ulteriormente arricchiti di dettagli e si è leggermente corretta la posa del Santo.



"Visita di un personaggio illustre a San Pietro in Ciel d'Oro"

Una folla di persone è raccolta davanti ad una chiesa con il campanile, probabilmente San Pietro in Ciel d'Oro, forse per la visita di un personaggio importante alla tomba del Santo.

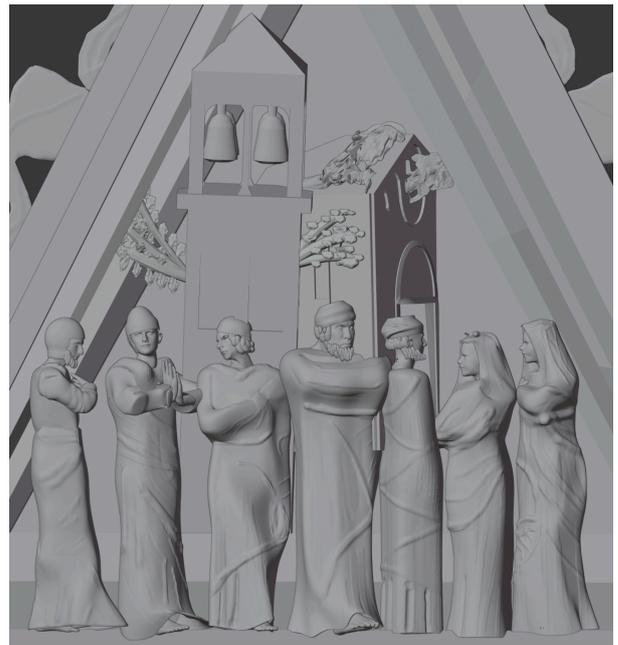


Fig. 15

Tutte le tuniche dei personaggi sono state rimodellate seguendo accuratamente le pieghe del bassorilievo originale (in particolare, quella del secondo uomo è stata completamente ricostruita). La stessa operazione è stata eseguita per i copricapi e i volti. Si è cercato di migliorare la posizione reciproca di tutti i membri del gruppo, a cui è stato aggiunto un uomo di spalle in secondo piano. Sullo sfondo, si sono ricollocati e ridimensionati i rami e gli edifici, di cui sono state scavate nuovamente tutte le finestre.



Lato Destro

"Agostino risana alcuni infermi"

Agostino sembra benedire un gruppo di infermi che si reggono su bastoni e stampelle. Particolare l'unicità del volto di ciascuno dei personaggi.



Fig. 16

Sono state rimodellate in "sculpt mode" le decorazioni del cappello, mentre quelle del colletto e dei bordi del mantello sono state realizzate in "edit mode", visto che si tratta di motivi geometrici a riquadri, che sono stati giustapposti e incollati al modello con il modificatore "boolean". Si sono perfezionati altri particolari della veste e del volto, tra cui la barba, e si è spostato più in basso il braccio sinistro del Santo. Del gruppo di infermi si sono curate le posizioni e le dimensioni dei personaggi, oltre che migliorati gli indumenti e le fisionomie.



"Gli infermi escono guariti da San Pietro in Ciel d'Oro"

Continuazione della scena precedente, gli infermi escono da San Pietro in Ciel d'Oro guariti e rasserenati e sembrano mettersi in viaggio. Forse l'uomo sulla destra, di passaggio, si guarda indietro sorpreso per l'avvenimento miracoloso.

Dettagliata la resa della basilica, ricca di particolari architettonici.

Questi due bassorilievi fanno riferimento, probabilmente, all'episodio dell'apparizione del Santo ad alcuni pellegrini nei pressi di Cava Manara, vicino a Pavia, documentato anche da un affresco presente proprio nella chiesa dedicata al Santo in questa località.

Agostino, secondo la narrazione di Jacopo da Varagine nella "Legenda Aurea", indicò ad un gruppo di viandanti infermi, diretti a Roma, la strada per San Pietro in Ciel d'Oro, dove essi trovarono la guarigione.



Fig. 17

Si sono perfezionati gli indumenti dei pellegrini, compresa la bisaccia dell'uomo al centro, e i loro volti. Particolare attenzione è stata rivolta alla posizione dei vari personaggi, e sono stati corretti alcuni tratti anatomici, come il braccio del personaggio centrale in primo piano, proteso come rendendo grazie, e le gambe delle figure ai due lati della scena, più divaricate.



3.1.2 Le Statue

Lato Frontale

"Angelo"

Protettore dell'innocenza, l'Angelo regge un fagotto con 13 bambini con le mani giunte. La veste, ricamata nei bordi e nella parte inferiore, è cinta da una corda. Sulle braccia e sul petto è posato un drappo.



Fig. 18 Foto dell'originale

Modello di partenza

Render finale

Il volto, abbozzato nel modello di partenza, è stato reso più espressivo e sono stati aggiunti gli occhi. Si è prestata attenzione alla forma delle pieghe della veste, oltre che al ricamo nella parte inferiore, assottigliando, poi, la cintura di corda. Le mani sono state posizionate nella parte anteriore della cesta, alla quale si è cercato di dare una forma meno regolare e che desse l'idea di un tessuto, come nella statua originale. Sul petto dell'Angelo si è scolpito un drappo, che continua i lembi adagiati sulle braccia e il bordo della veste, sotto il collo, è stato ricamato. Sono stati ridimensionati e ricollocati, infine, i bambini all'interno del fagotto.

"Principato"

La figura presenta indumenti simili alla precedente e una spilla che le ferma un mantello sulle spalle. In entrambe le mani il Principato regge una città, di cui sono visibili le mura merlate, le torri e le case.



Fig. 19

La veste ha subito un trattamento simile a quella della statua precedente, arricchendosi di pieghe e del ricamo nella parte inferiore. Al mantello è stato aggiunto un orlo decorato e alcuni solchi che simulano l'increspatura del tessuto, migliorando, inoltre, la spilla. Anche in questo caso, il volto è stato completamente modificato, sono stati aggiunti gli occhi, e si è prestata attenzione alla resa dei capelli. Le città sono state ridimensionate in accordo con la statua originale.

"Virtù"

La statua indica un libro che regge nella mano sinistra. Un drappo si stende, sopra le vesti, lungo tutta la parte frontale. I bordi della tunica, i polsini e le maniche sono finemente decorati.



Fig. 20

Il modello di partenza è piuttosto preciso nei capelli, nel viso e nei ricami sulle maniche. I bordi del drappo e della veste sono stati decorati, ponendo attenzione alle pieghe degli indumenti. Sono state aggiunte le scarpe e leggermente modificata la posizione del libro e delle mani. Si è ricavato un foro in corrispondenza delle pupille, il che migliora l'espressione del personaggio.

"Podestà"

La donna tiene incatenato un essere demoniaco, con un volto umano ma dai lineamenti bestiali, i denti digrignati, le corna e il corpo caprini, le ali di drago e le zampe anteriori ad artiglio. Ancora una volta, la veste è realistica nella disposizione e nelle pieghe.



Fig. 21

Gli interventi più importanti hanno riguardato il demone, riposizionato e munito di zampe più simili a quelle originali. Anche il volto è stato cambiato e reso più umano, aggiungendo, poi, le ali di drago, ottenute estraendo materiale dal dorso. È stata leggermente ricollocata la catena, aggiustato e arricchito il vestito e reso più verosimile il volto, ancora prestando attenzione agli occhi.

Lato Posteriore

"Dominazione"

Figura imperiosa, regge uno scettro dall'estremità a fiore nella destra e un globo nella sinistra. Oltre al mantello e alla veste, simili alle altre statue, presenta una fascia ornata avvolta intorno ai fianchi e sul petto, e una banda verticale che arriva quasi all'estremità della tunica.



Fig. 22

L'ottimo modello di partenza è stato arricchito di ricami nella parte inferiore della veste, oltre che raffinato con una disposizione più naturale delle pieghe. Sono stati rifatti gli ornamenti sul mantello, sotto al collo, analoghi a quelli di alcune delle statue precedenti. Le bande sono state ridimensionate e posizionate in accordo con l'opera originale, aggiungendo ulteriori motivi geometrici. Lo scettro è stato assottigliato e allungato. Ancora una volta, si sono perfezionati gli occhi.

"Cherubino"

La statua regge nella mano sinistra alcuni libri, mentre con la destra benedice. Un drappo è fissato sotto il petto e scende lungo la veste. Le maniche e i bordi degli indumenti sono intarsiati con motivi geometrici.



Fig. 23

Per questo modello, di fattura simile al precedente, gli interventi sono consistiti nell'incisione dei ricami sulla veste, sul mantello e sulle maniche del personaggio. Leggermente corretta anche la posa della mani, oltre agli occhi.

"Arcangelo"

La figura sostiene un bambino e sembra benedirlo toccandogli il petto. Le vesti sono analoghe alle altre statue.



Fig. 24

Il modello è stato raffinato nei ricami della veste e del polsino, nelle pieghe degli indumenti e nell'espressione del volto. Aggiunta, inoltre, la scarpa destra sotto la tunica, e ritoccati i capelli del bambino.

"Trono"

La statua sorregge innanzi a sé una cornice ovale, entro la quale è raffigurato Gesù seduto in trono. Il mantello sulle maniche scende lungo la veste a formare molte pieghe.



Fig. 25

Come nei casi precedenti, sono stati aggiunti gli occhi e i ricami della veste. Allo scudo è stata conferita la forma simbolica della mandorla, migliorando i bordi e il rilievo stesso, per poi riposizionare adeguatamente le mani che lo sorreggono. Allungato e ristretto il mantello, troppo ampio nel modello di partenza.

3.2 COMPOSIZIONE E RENDERING

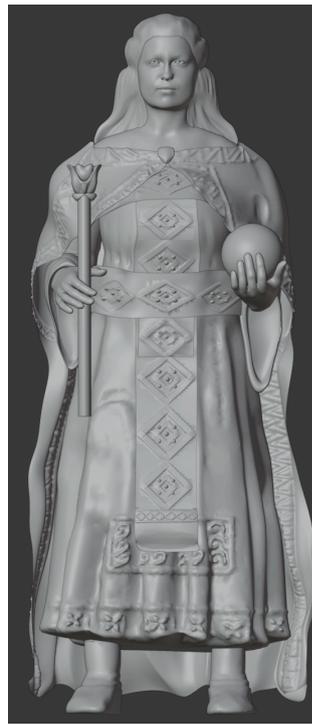
3.2.1 Ottimizzazione

Completate le operazioni di perfezionamento sui diciotto modelli, si è proseguito con una fase di ottimizzazione della memoria occupata. Molti file, infatti, presentavano già in partenza dimensioni piuttosto grandi per modelli tridimensionali di questa natura (300-400 MB o addirittura più di 1 GB), dovute ad un uso disinvolto di operazioni di scultura ad alta risoluzione o applicazione di modifier come "subdivision surface", che, pur conferendo un aspetto molto "pulito" ai modelli, incrementano in modo considerevole il numero di facce e quindi i dati memorizzati.

Per ridurre lo spazio occupato, senza perdere dettagli, si è ricorso al modifier "decimate", di cui si è parlato nel capitolo relativo ai modificatori. Questo strumento è particolarmente efficace, perché permette di eliminare facce dove le superfici sono più regolari e mantenerle dove il livello di dettaglio e di "increspatura" della geometria è alto. In questo modo, da un totale di 4.72 GB dei modelli originali, si è arrivati ai 1.21 GB dei modelli modificati e ottimizzati.



Fig. 26 Modello di partenza
(2 479 150 facce,
343 MB)



Modello finale
(414 823 facce, 45 MB)

3.2.2 Composizione

Il passo successivo è stato assemblare tutti i modelli in modo da ricostruire l'intero quarto ordine.

Per prima cosa si è realizzato un basamento, prestando attenzione alle proporzioni reali, calcolate a partire da fotografie dell'Arca.

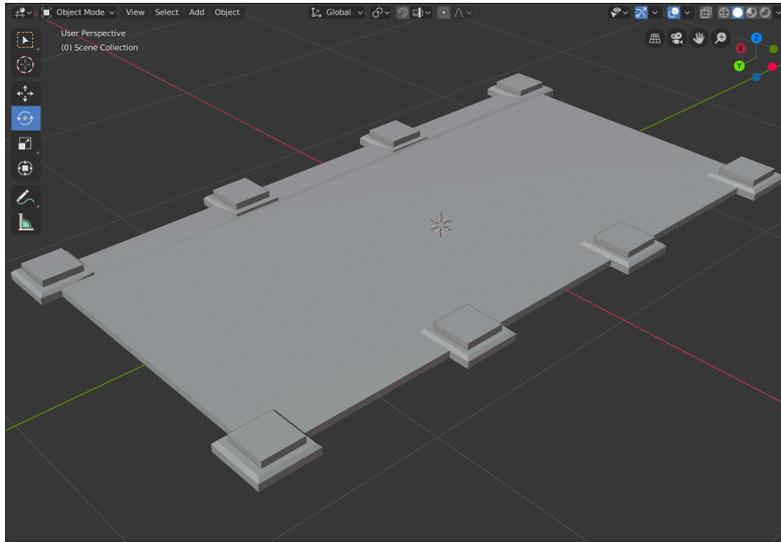


Fig. 27 Il basamento del modello finale

Successivamente, si sono importati tutti i modelli con la funzione "append" di Blender, che permette di selezionare e trasferire i dati di cui si è interessati da un file .blend ad

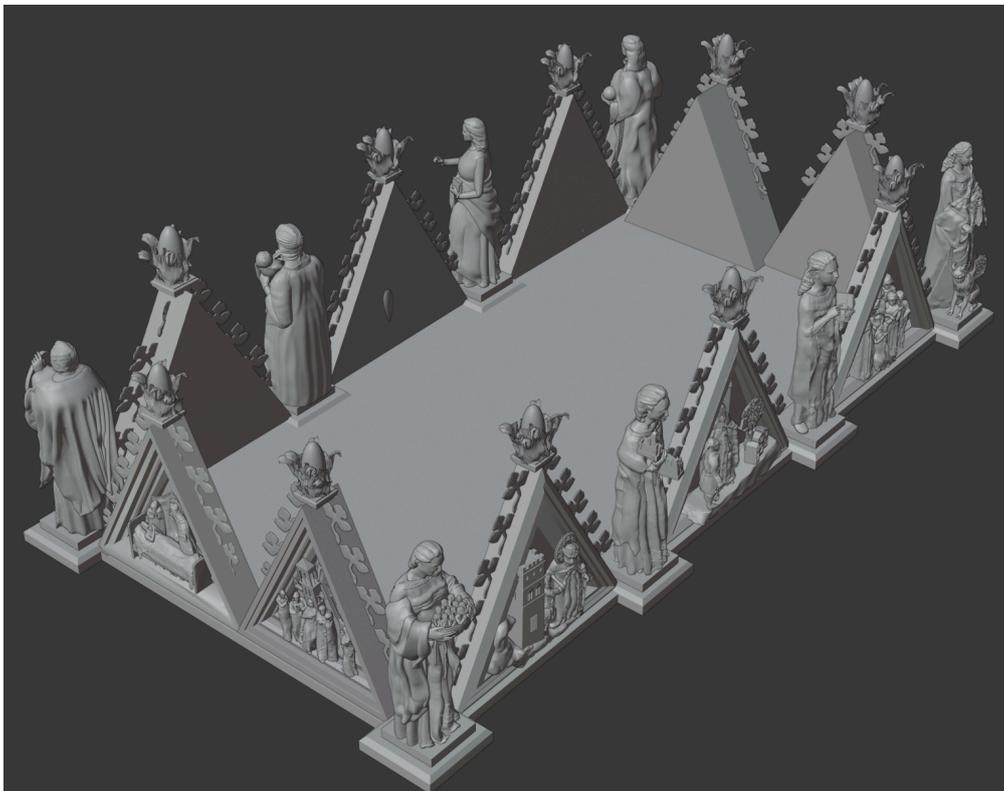


Fig. 28 Composizione di tutti i modelli in un unico file. Immagine non renderizzata

un altro, e si sono corrette alcune imperfezioni, come cornici triangolari errate nelle proporzioni e foglie e fiori ornamentali mancanti.

3.2.3 Applicazione del materiale

Per ottenere immagini realistiche e quanto più fedeli all'opera originale, si è utilizzato lo "shader editor" di Blender, funzionalità che consente di comporre materiali e texture molto sofisticate mediante l'aggiunta di blocchi, con caratteristiche specifiche, connessi tra loro.

Data la natura del materiale dell'Arca, marmo bianco pressoché privo di venature, si è optato per una combinazione piuttosto semplice, che prevede un materiale di base bianco, con una certa levigatura ma non troppo riflettente, e un blocco che simuli un lieve rumore grigio sul modello.

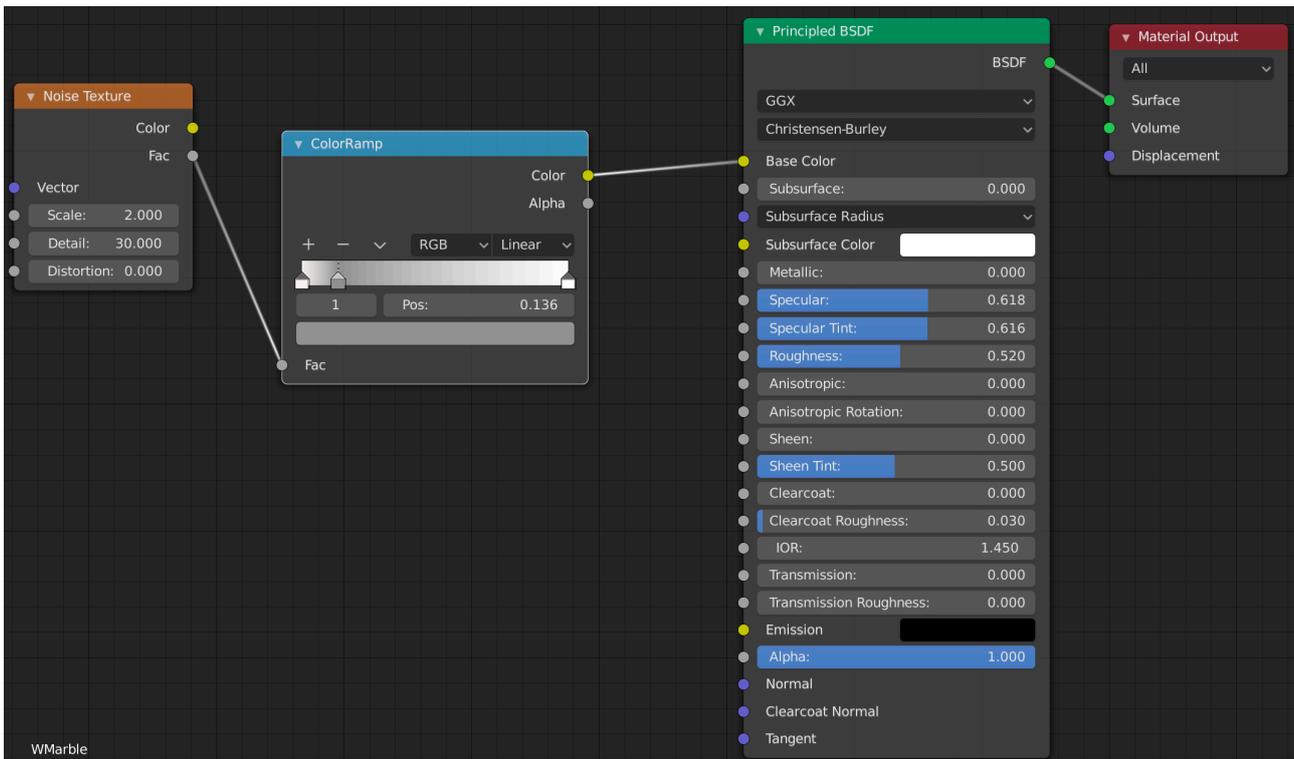


Fig. 29 Una visione dello "shader editor" di Blender, con i nodi utilizzati per ricreare il marmo dell'Arca

3.2.4 Rendering

Per la fase di rendering si è sfruttato il motore realtime Eevee, interno a Blender, che si concentra sulla velocità e l'interattività nella resa dei materiali PBR (physically based rendering).

Diversamente da un altro motore di render offerto dal programma, Cycles, Eevee non è di tipo "raytrace", cioè non calcola ogni raggio di luce, ma usa un processo chiamato rasterizzazione, che sfrutta particolari algoritmi per calcolare come la luce interagisce con gli oggetti.

Questo fa sì che sia meno accurato del più lento Cycles, che permette di ottenere risultati più realistici, ma che comporta una conoscenza più avanzata, ad esempio di aspetti come il "denoising" delle immagini.

Vista la relativa semplicità del materiale e della composizione del modello finale, che non richiede una particolare attenzione alla gestione di luci ed effetti per apparire realistico, si è, quindi, optato per l'alternativa più veloce e si ritiene che i risultati siano soddisfacenti.

3.2.5 Video di presentazione del modello finale

L'ultima parte del progetto di tesi è consistita nella realizzazione di un video che illustrasse

il lavoro svolto, percorrendo i quattro lati del modello finale.

Per fare ciò, si sono considerate due alternative attuabili in Blender.

La prima prevede l'aggiunta di un oggetto (ad esempio un cubo), a cui si impone, mediante l'impostazione di un opportuno "constraint", di seguire un percorso (un oggetto "curva" adeguatamente posizionato). A questo "carrello" viene collegata e sovrapposta la telecamera, con l'opzione "parent object". L'editor "timeline" di Blender, permette, poi, di aggiungere dei "keyframe", ovvero fotogrammi, in corrispondenza di qualsiasi disposizione degli oggetti della scena, per cui si può spostare la telecamera lungo il percorso e creare frame in punti opportuni. Riproducendo la sequenza così composta, quindi, si potrà percorrere il perimetro del modello come con una macchina da presa in movimento.

L'alternativa, ancora più semplice da realizzare, consiste nell'impostare la navigazione dell'ambiente 3D di Blender con i tasti W-A-S-D, simulando un movimento di "camminata" nello spazio virtuale. Assumendo la prospettiva della telecamera, ci si sposta a piacere lungo il modello, potendo anche alzare o abbassare la visuale, e si registra quanto inquadrato con l'opzione "auto keying" dell'editor "timeline". Per dare più fluidità ai movimenti, si può uniformare e interpolare la disposizione dei frame, rappresentati come punti lungo un asse temporale.

4. CONCLUSIONI

La digitalizzazione di opere come l'Arca di Sant'Agostino rappresenta un importante apporto ai fini della conservazione del patrimonio artistico, e, insieme ad altre risorse come fotografie e fonti letterarie, concorre a formare un corredo poliedrico e completo di documentazione culturale.

La possibilità di una comoda fruizione, tramite computer, mira ad avvicinare a monumenti come quello oggetto di questa tesi, difficili da osservare a causa della loro collocazione, e ad incoraggiare ulteriori ricerche, alimentando l'interesse verso capolavori di cui, spesso, non si ha la dovuta consapevolezza.

Personalmente, il progetto ha rappresentato un'interessante introduzione al vasto e complesso scenario della computer grafica 3D, e le potenzialità intraviste nell'utilizzo di questi strumenti non fanno che invogliare ad approfondirne gli aspetti più avanzati.

Si ringrazia il Prof. Virginio Cantoni per aver proposto un progetto di tesi stimolante, che, uscendo dai confini di quanto studiato nei tre anni del corso di laurea, ha portato a confrontarsi con problematiche nuove e con la necessità di imparare a ricercare e formulare soluzioni, competenza fondante delle discipline ingegneristiche.

RIFERIMENTI

Informazioni sull'Arca:

Autori Vari, "Agostino e la sua Arca. Il pensiero e la gloria", Edizioni Torchio de' Ricci, Pavia, 2000

Rodolfo Majocchi, "L'autore dell'Arca di Sant'Agostino in San Pietro in Ciel d'Oro di Pavia", Premiata Tipografia Fratelli Fusi, Pavia, 1901

Blender:

<https://www.blender.org>

<https://docs.blender.org/manual/en/latest/>

Tutte le immagini sono di proprietà del sottoscritto