

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Informatica, del Cinema e Meccatronica

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione**

Tesi di Laurea Magistrale

Motion Capture per performance virtuali



Relatore

Prof. Antonino Riccardo Antonio Silvio

Candidato

Biagio Casciaro

Aprile 2022

A mia madre.

I. Abstract

Il motion capture rappresenta un processo di registrazione veloce e accurato per convertire i movimenti del corpo umano o di un oggetto in dati che possano essere utilizzati per animare un modello in 3D.

Costituisce una tecnica di animazione avanzata che permette di facilitare il compito degli animatori nell'emulare i movimenti del corpo umano.

Uno dei vantaggi principali, infatti, consiste nella riduzione delle tempistiche di produzione, insieme ad un elevato grado di realismo dei movimenti.

Questo progetto di tesi vuole essere un'analisi approfondita di tutte le fasi di lavorazione che hanno interessato il comparto dei Visual Effects, svolte in collaborazione con l'azienda Robin Studio S.r.l.s, che hanno portato alla produzione del cortometraggio "IO|OI" grazie al progetto innovativo messo in campo dalla Fondazione CRT, Film Commission Torino Piemonte e Fondazione Piemonte dal Vivo, per promuovere le eccellenze del patrimonio storico, architettonico, paesaggistico e i talenti delle performing arts.

Il cortometraggio, con la regia di Francesco Lorusso (Broga's), realizzato da Robin Studio e con la Compagnia Egri Bianco Danza, in collaborazione con la Fondazione Accademia Perosi di Biella, nasce dalla seguente riflessione: "E' la cultura a influenzare l'uomo o l'uomo a influenzare la cultura? Cosa si cela dietro un'opera d'arte? Chi crea chi, chi muove e chi è mosso? Di cosa siamo il riflesso?". All'interno di questa produzione un ruolo predominante è rappresentato dagli Effetti Speciali, che hanno permesso di integrare i movimenti del performer catturati con la tuta di motion capture inerziale, Smartsuit Pro, sviluppata da Rokoko, con i passi di danza ripresi dal vivo all'interno della suggestiva location della sala del Duomo all'interno delle OGR (Officine Grandi Riparazioni).

Il seguente elaborato si caratterizza di due sezioni principali: la prima parte è dedicata alla descrizione del funzionamento della tecnica del motion capture con un particolare focus sul motion capture inerziale e sul funzionamento dei sensori inerziali che permettono di registrare i movimenti; la seconda sezione è dedicata all'analisi delle varie fasi di lavorazione affrontate insieme al VFX Supervisor, che caratterizzano la produzione di qualsiasi contenuto audiovisivo: pre-produzione, produzione e post-produzione.

Infine, è presente l'analisi della pipeline utilizzata per le sessioni di motion capture e le varie fasi di lavorazione della statua in CGI: dall'idea al modello finale.

Il mio compito all'interno di questo progetto è stato quello di seguire tutto il processo produttivo che ha portato alla realizzazione della statua in CGI e quello di affiancare la figura del VFX Supervisor nella progettazione e gestione di tutti gli effetti speciali.

Indice dei contenuti

1. Introduzione	1
2. Motion capture inerziale	3
2.1 Ambiti di impiego	6
2.2 Pro e contro del motion capture inerziale.....	7
3. Caso studio Rokoko	9
3.1 Scheda tecnica	10
3.2 Rokoko Studio.....	10
3.2.1 Motion Capture	11
3.2.2 Editing & Control.....	14
3.2.3 Export.....	16
3.3 Smartsuit Pro II	17
4. Pipeline Mocap	19
4.1 Setup.....	19
4.2 Pre-produzione	19
4.3 Calibrazione.....	19
4.4 Cattura dei movimenti.....	20
4.5 Backup.....	20
4.6 Cleanup dei dati.....	21
4.7 Retarget	21
5. Progetto “Ciak! Piemonte che spettacolo”.....	23
5.1 IO / OI	24
5.2 OGR-La location	24
5.3 Il Team	26
5.4 Le fasi della produzione audiovisiva.....	27
5.5 L’idea.....	28

6. Preproduzione	29
6.1 Concept.....	30
6.2 Schema drammaturgico-coreografico	30
6.3 Test Motion Capture.....	32
6.4 Location scout	35
6.5 Shotlist.....	37
6.5.1 Elementi dello shot list.....	37
6.6 Fotografia	39
6.6.1 Lighting plan	41
6.7 VFX Plan.....	42
7. Produzione	45
7.1 VFX Sul set	45
7.1.1 Green Screen e Chroma key.....	46
7.1.2 Tracking	47
7.1.3 Fotogrammetria	51
7.2 Character design	53
7.2.1 L'idea	54
7.2.2 Reference	55
7.2.3 Moodboard.....	55
7.2.4 Concept	59
7.2.5 3D model.....	60
7.2.6 UV Map.....	69
7.2.7 Texturing.....	69
7.2.8 Rig.....	71
7.2.9 Motion Capture	79
8. Post-produzione.....	83
8.1 Mocap data Clean-up.....	85

8.1.1	Rokoko Clean-up data.....	85
8.1.2	Blender Clean-up	88
8.2	VFX Breakdown.....	90
8.2.1	Ricostruzione background.....	91
8.2.2	Chroma key	92
8.2.3	Object remove	96
8.2.4	Camera Matching.....	100
8.2.5	3D Scene Setup	103
8.2.6	Render	104
8.2.7	Compositing.....	105
9.	Conclusioni	107
	Bibliografia	109
	Sitografia.....	109

1. Introduzione

Il *motion capture* rappresenta una tecnica di animazione che permette di registrare i movimenti di un attore o di un oggetto e convertirli in dati che possono essere interpretati da software di animazione e applicati ad un rig in 3D o ad un personaggio.

Gli ambiti di impiego della tecnologia del motion capture sono vastissimi: robotica, aviazione, sport, film, videogiochi e applicazioni mediche.

Molti di questi ambiti si basano sul motion capture dei movimenti umani che solitamente fanno affidamento su sistemi basati su tre componenti principali: tracker o marker posizionati sugli attori, camere specifiche per il motion capture capaci di calcolare la profondità e un software in grado di convertire questi dati in animazioni.

I sistemi di motion capture ottico, ovviamente, sono caratterizzati da un elevatissimo grado di precisione e richiedono un personale tecnico specializzato e soprattutto un budget molto elevato, che solo grandi produzioni Hollywoodiane possono permettersi però pensare che tali progetti necessitino di cifre esorbitanti, è un'idea sbagliata, retaggio delle prime tecniche di motion capture.

Nel 1915, l'animatore Max Fleischer inventò la tecnica del rotoscoping¹. Si servì dei video del fratello, vestito da clown, mentre ballava, ed usando la sua sagoma come riferimento, applicò la tecnica del frame-by-frame per riprodurre l'animazione di Koto, il Clown.

Successivamente, "Biancaneve" fu il primo lungometraggio animato in cui venne utilizzata la tecnica del rotoscoping per animare i personaggi. Molte delle animazioni create per realizzare "Biancaneve" furono adoperate in altri classici Walt Disney; infatti, se ci si fa caso, è possibile vedere gli stessi passi o balletti in svariati cartoni animati Disney.

Negli anni '50, durante la Guerra Fredda, l'animatore Lee Harrison III sviluppò la prima tuta di motion capture.

¹ Il rotoscoping rappresenta una tecnica di animazione che permette di riprodurre in maniera realistica i movimenti di una personaggio o di un oggetto animato utilizzando un footage di riferimento per pitturare su ogni frame.

Il primo film in cui è stato utilizzato esclusivamente il motion capture è “Sinbad: Beyond the veil of Mists” (2000).

Negli anni successivi fu adoperato nel film “Il signore degli anelli” per animare il personaggio di Gollum. Da quel momento il motion capture è diventato pressoché un requisito obbligatorio per i film che richiedono VFX.

Oggi i sistemi di motion tracking sono diventati talmente elaborati e facili da utilizzare che possono essere facilmente implementati all'interno di smartphone o social. Si prenda in esempio, Instagram, in cui dei filtri usano un sistema di *mocap* in grado di eseguire in real-time il track del viso applicando delle animazioni in overlay.

I principali benefici dell'impiego di sistemi di motion capture all'interno di produzioni sono tre:

- Costi per i VFX e timeline di animazione ridotti in maniera significativa. Il lavoro dell'animatore tradizionale consiste nella realizzazione dei macro-movimenti utilizzando i keyframes. Successivamente per ogni frame vengono realizzati dei micro-aggiustamenti, questo effettuato per ogni parte del corpo per ogni animazione, rappresenta dunque un processo che può ripetersi centinaia di volte.

Considerando al minimo 24 frame al secondo, è implicito pensare che sia richiesto soprattutto tempo e di conseguenza un budget elevato. Non è raro, infatti, che alcune produzioni non riescano a rispettare le scadenze di consegna determinando nella maggior parte dei casi un superamento del budget previsto. Con l'impiego del motion capture, gran parte dell'animazione è realizzata dai movimenti real-time dell'attore.

- Implementazione del motion capture facciale. Un'accurata animazione delle espressioni facciali rappresenta solitamente una delle sfide più grandi all'interno di piccole e medie produzioni soprattutto in prodotti fotorealistici. Un mocap setup permette la cattura delle animazioni del viso tramite camere e software dedicate.
- Previsualizzazione per animazione più economica. La *previs* di un film, di una scena di un video games solitamente è fatta attraverso storyboard e animatic. Nelle produzioni che richiedono un elevato livello di pianificazione è possibile utilizzare il mocap per verificare che la coreografia sia a tempo, per esempio.

2. Motion capture inerziale

Il *motion capture* inerziale, rispetto a tutti gli altri sistemi di *motion capture*, consiste in una serie di sensori in grado di determinare gli spostamenti dell'oggetto a cui sono collegati, grazie ad una combinazione di sensori di movimento come accelerometri, giroscopi e magnetometri. Lo sviluppo tecnologico ha permesso, oggi, la realizzazione di sensori sempre più compatti, di piccole dimensioni ed economici, che possono essere facilmente posizionati su parti del corpo o su vari oggetti per "catturarne" il movimento.

Le più importanti aziende che si occupano di sviluppare questo tipo di tecnologie sono: *Xsens*, *Noitom* e la recente *Rokoko*.

Il sistema è costituito da una sequenza di step: acquisizione dati dei sensori, stima orientamento sensori, calibrazione del sistema, estimazione posa e visualizzazione dei dati [1].

Alla base dei sistemi di motion capture inerziale ci sono dei sensori costituiti dalle IMUs (*Inertial Measurement Units*), dispositivi elettronici composti prevalentemente da giroscopi, accelerometri e, quelli di recente sviluppo, sono integrati con magnetometri.

- L'accelerometro misura le accelerazioni che agiscono sul sensore lungo i tre assi (X,Y,Z): quella generata dal movimento dello stesso e l'accelerazione terrestre. Il principio generale su cui si basano è quello di una massa nota, vincolata ad una molla che può muoversi lungo l'asse sensibile. Una volta che la deformazione della molla viene calibrata attraverso una forza nota, ogni successiva deformazione verrà interpretata come una variazione dell'accelerazione della massa nota. Attualmente, il principio della molla è superato, ma risulta utile per comprendere il funzionamento. Recentemente questi dispositivi vengono realizzati con materiali piezoelettrici molto sensibili, capaci di generare una differenza di potenziale se compressi dalla massa presente nell'accelerometro.
- Il giroscopio misura la velocità angolare a cui è sottoposto il sensore, quella con cui varia l'orientamento, attraverso il calcolo della forza di Coriolis.
- Il magnetometro è uno strumento in grado di misurare il campo magnetico terrestre e i campi magnetici esterni agenti in prossimità dello strumento. Risulta particolarmente sensibile a materiali ferromagnetici che causano errori di interpretazione dei dati.

Questi dispositivi hanno un larghissimo impiego, vengono utilizzati sui veicoli o sugli aerei per misurare velocità, accelerazione e posizione.

In base agli ambiti di impiego, sono state sviluppate diverse tipologie di IMUs: possono essere completamente meccaniche, elettromeccaniche, ottiche o micro-elettromeccaniche (MEMS). Ad esempio, nei sistemi di aviazione o navigazione, vengono impiegate delle IMU meccaniche molto precise che necessitano di grandi spazi a causa delle dimensioni delle parti meccaniche. I componenti MEMS sono piccoli, leggeri ed economici, richiedono poco consumo energetico per la loro alimentazione e hanno brevissimi tempi di reazione; rappresentano l'opzione ideale per la realizzazione di sistemi indossabili a scapito, però, dell'accuratezza dei dati.

Il motion capture inerziale, dunque, si costituisce da una serie di IMU che calcolano l'orientamento delle parti del corpo a cui sono collegati. Questi sensori forniscono dei dati grezzi o parzialmente elaborati che necessitano di essere processati per ottenere i dati dell'animazione.

Un giroscopio ed un accelerometro conferiscono alla IMU 6 DOF (degree of freedom), 6 gradi di libertà, uno per ogni asse del sensore, possono estendersi a 9 DOF in presenza di un magnetometro [2]. In fisica, il numero di gradi di libertà di un punto materiale costituisce il numero di variabili indipendenti necessarie per determinare univocamente la sua posizione nello spazio, pari a quello del numero di coordinate generalizzate necessarie a descrivere il suo moto all'interno dello spazio delle configurazioni.

I sensori, però, non forniscono direttamente questo tipo di dati ma permettono di ottenere la posizione angolare dell'oggetto tramite una integrazione, nel tempo, della velocità angolare.

I giroscopi procurano misurazioni accurate della velocità angolare ma possono essere utilizzate solo per un breve periodo di tempo per calcolare la posizione angolare.

Infatti, per ottenere le informazioni sull'orientamento della IMU è necessario che i dati rilevati dal giroscopio vengano integrati.

A causa dell'integrazione nel tempo, anche minimi errori di rilevazione da parte del sensore, all'offset dei dati dovuto all'influenza della temperatura, in aggiunta al rumore introdotto dai circuiti elettromagnetici, introdurranno grandi errori di *drift*. I dati del giroscopio sono attendibili solo nei brevi periodi, poiché nei lunghi periodi è soggetto a *drift*.

Gli accelerometri lineari misurano la somma vettoriale tra accelerazione gravitazionale terrestre (g) e quella a cui è sottoposto il sensore [3].

L'orientamento calcolato usando i sensori di velocità angolare può essere utilizzato per esprimere questa somma vettoriale in coordinate globali. La componente g dell'accelerazione gravitazionale è quella predominante nella rilevazione dei movimenti del corpo umano, dal momento che la direzione dell'accelerazione gravitazionale ha sempre la stessa direzione. Conoscerla fornisce informazioni sull'inclinazione del sensore. Questo può essere utilizzato per correggere errori di drift di calcolo, relativi all'orientamento del giroscopio. Poiché l'accelerometro non può rilevare rotazioni relative all'asse verticale, è possibile inserire un magnetometro che è sensibile al campo magnetico terrestre e utilizzarlo per correggere i drift del giroscopio relativo all'asse verticale. In ogni caso, materiali ferromagnetici come il ferro o la presenza di forti campi magnetici esterni nelle vicinanze dei sensori, ne disturberanno i dati causando errori nella stima dell'orientamento [4].

Per riassumere il complesso funzionamento dello strumento, si può dire che, in linea di massima, gli accelerometri sono usati per determinare su quale asse sia direzionata la gravità e la forza agente sul sistema.

I sensori magnetici forniscono l'informazione circa l'orizzontalità dello strumento e, infine, i giroscopi vengono utilizzati per eliminare l'accumulo dei dati derivanti dalle continue correzioni dell'orientamento, ottenuto dagli altri sensori.

È possibile constatare, dunque, come giroscopio e la combinazione di accelerometro e magnetometro contribuiscano entrambi a fornire le medesime informazioni sull'orientamento del sensore.

I dati provenienti dall'accelerometro e magnetometro sono rumorosi ma accurati nei lunghi periodi di tempo [5]. D'altra parte, l'orientamento stimato a partire dai dati del giroscopio è accurato nel breve periodo di tempo ma sono soggetti a drift nel lungo periodo.

Non esiste un sensore perfetto, ogni tipo di sensore ha i suoi punti di forza e di debolezza. L'idea alla base del *sensor fusion* è quella di combinare i dati in modo da utilizzare i punti di forza di un sensore per sopperire ai limiti di altri sensori.

Nel caso di accelerometri e giroscopi, ciascuno di essi serve a compensare gli errori di rumore e di deriva dell'altro per fornire un tracciamento del movimento più completo e preciso.

Questa compensazione nella combinazione delle uscite di tali sensori si realizza con l'implementazione di un filtro di Kalman o di altro tipo complementare.

Il filtro di Kalman è un potente strumento che combina le informazioni in presenza di incertezze in un sistema dinamico permette di pesare le sorgenti degli output in maniera appropriata sulla base delle caratteristiche dei diversi segnali ottenuti, in modo da ottimizzare i dati provenienti da ciascun sensore [6] [4].

2.1 *Ambiti di impiego*

Tradizionalmente la tecnica di animazione di *motion capture* appartiene al mondo dei grandi Studios cinematografici a causa dell'elevato costo.

Negli ultimi dieci anni, il minor costo della tecnologia in parallelo al maggior numero di alternative presenti, hanno rivoluzionato il mondo del *motion capture* che hanno permesso di rendere alla portata di piccoli studi e animatori indipendenti la possibilità di sfruttare questa tecnica d'animazione. Questo tipo di motion capture può essere fatto in casa, in studio o all'aperto direttamente dall'animatore o dall'attore.

I set up sono veloci, tanto da essere appresi da *un mid-level 3D artist* in poche ore.

Il motion capture può essere utilizzato per diversi tipi di progetti, non solo i VFX e includono:

- *3D Video Games animations*, usano il *mocap* per costruire, in poco tempo, grandi librerie di animazioni per i personaggi;
- Contenuti audiovisivi di tutti i tipi;
- *Live streaming animation*;
- *Previs* (previsualizzazione) nella preproduzione. Nel tradurre uno *storyboard* nelle scene del film, soprattutto in quelle più complesse, il regista spesso fa uso del mocap per abbozzare l'animazione della scena per preparare le riprese e i VFX;
- *Virtual production*;
- *Virtual reality*;
- Sport e medicina sono settori che fanno grande uso del mocap. Impiegato dall'ottimizzazione dei movimenti degli atleti, alla diagnosi di lesioni e riabilitazione;
- Programmi militari: utilizzato per creare sistemi avanzati di simulazione per la realizzazione di programmi di addestramento.

2.2 *Pro e contro del motion capture inerziale*

Oggi, sul mercato, è possibile individuare una ampia gamma di tecnologie differenti di *motion capture*, ciascuna di esse può essere più o meno efficace nei vasti ambiti di applicazione. Di seguito verranno elencati e discussi i principali punti di forza e limiti del *motion capture* inerziale.

Il vantaggio principale dei sistemi di mocap inerziale, maggiormente apprezzato da studi indipendenti e da *freelancers*, è il costo limitato.

Attualmente, in commercio è possibile acquistare una tuta di mocap a partire da una fascia di prezzo che si aggira intorno ai 2000 euro per un *setup basic*, che può anche raggiungere la fascia di 25.000 euro, a seconda della tecnologia e del software impiegati. Prezzo sicuramente molto più accessibile rispetto al costo del *mocap* ottico o meccanico, che richiedono l'acquisto o il noleggio di camere e studi di posa, che fino a qualche anno fa rendeva accessibile questo tipo di tecnologia solamente alle grandi produzioni cinematografiche, videoludiche, etc.

I principali prodotti in commercio (Rokoko, X-Sense) offrono una vasta gamma di prodotti che permettono di effettuare una full body performance capture, implementando sistemi di face-capture e capture delle dita delle mani.

Un'altra caratteristica che rende versatile l'impiego di questo sistema è il vasto spazio di cattura. Il mocap inerziale consente una vastissima versatilità di impiego. Permette infatti di "uscire" dallo studio di posa o dal set, potendo "catturare" movimenti sia all'aperto che all'interno di stanze. Non esistono vincoli dovuti a cablaggi, è sufficiente connettere via cavo l'HUB della tuta con il PC esclusivamente per connettere il dispositivo per poi, tramite una connessione WI-FI o dati, poter utilizzare la tuta. Lo spazio di cattura viene limitato dal range di ricezione del segnale, è consigliato l'utilizzo di hotspot dedicati per poter sfruttare la banda a disposizione per la trasmissione dei dati [7].

Una volta connesso l'HUB al PC, è possibile gestire direttamente da software in *real-time* senza dover ricorrere a post-processing tutti i processi di acquisizione, permettendo, inoltre, di sincronizzare e mandare in onda una o più strumenti di motion capture direttamente all'interno dei software 3D, aprendo le porte al mondo delle produzioni real-time o preproduzioni nelle quali è necessario vedere le animazioni mocap applicate direttamente al proprio personaggio nel suo ambiente.

Come analizzato nel capitolo precedente, i sensori applicati riescono a determinare accelerazioni, velocità e spostamenti indirettamente tramite l'analisi dei dati ricevuti.

Questi processi possono soffrire di drifting, ovvero errori nella stima della posizione nel tempo.

Una buona pratica di utilizzo della tuta è quella di limitare i tempi di cattura creando più take intermedi, ricalibrando ogni volta la tuta tra un take e l'altro.

La presenza di magnetometri all'interno dei sensori, li rende particolarmente sensibili alla presenza di campi magnetici esterni disturbanti e alla presenza di materiale ferromagnetico.

Si è osservato come l'utilizzo della tuta all'interno di ambienti disturbati renda impossibile la cattura dei movimenti in maniera corretta, causando compenetrazioni degli arti con il corpo e incoerenza tra movimenti della cattura rispetto a quelli del performer. All'interno del software sviluppato da Rokoko, ad esempio, è presente nelle *viewport* un pannello con una serie di indicatori che indicano la bontà della ricezione del segnale e il livello di interferenze a cui sono soggetti.

Di seguito verranno riassunti i principali vantaggi dei sistemi inerziali:

- Assenza di occlusioni spaziali;
- Spazio di cattura esteso;
- Cablaggio solo per connessione HUB;
- Visualizzazione real-time;
- *Live production*;

Tra gli svantaggi:

- Impossibilità nel determinare posizione globale;
- Tempi di cattura limitati;
- Spazio cattura limitato da connessione.

3. Caso studio Rokoko

In questo progetto, per tutte le animazioni del modello in 3D, è stata utilizzata una tuta per motion capture sviluppata e prodotta da Rokoko.

Una *start-up* nata nel 2012 all'interno della *National Film School of Denmark* che ha portato allo sviluppo del primo prodotto nel 2016, Smartsuit Pro.

La Smartsuit Pro è un sistema di motion capture *wireless* che non necessita di videocamera esterna o uno studio apposito, caratterizzata da un prezzo competitivo rispetto ai sistemi standard e rappresenta la soluzione ideale per sviluppatori indipendenti.

Si tratta di una tuta fatta per tutto il corpo, facile da indossare, dotata di apposite tasche all'interno delle quali sono posizionati 19 sensori IMU (*Inertial Measurement Unit*) a 9 DOF, disposti su braccia, torso, gambe, mani e piedi, cablati e facili da rimuovere, connessi con un HUB centrale dotati di scheda WI-FI che trasmette i dati al PC.



Figura 3.1 Anteprima di Smartsuit Pro II di Rokoko

3.1 Scheda tecnica

- 19 DoF Inertial Measurement Unit (9 x 30 x 50 mm).
- Wi-Fi e USB 2.0 Communication Onboard memory (16 x 60 x 100 mm).
- Wi-Fi range, Rokoko garantisce 100 m di spazio di cattura, ma dipende *dall'access point* WI-FI.
- Connessione WI-FI a 2,4 o 5 GHz di banda.
- Batteria 5000 mAh. La tuta possiede una tasca sulla schiena progettata per poter contenere una batteria dalle dimensioni di circa 4,5 x 2,6 x 0,5 pollici.
- Tuta realizzata con tessuto tecnico e resistente in nylon. Estremamente facile da indossare e non ingombrante. Lungo la posizione dei sensori sono presenti delle zip che racchiudono delle tasche, all'interno delle quali sono presenti i sensori e i cavi che li collegano e non impediscono i movimenti di chi la indossa.

3.2 Rokoko Studio

Rokoko, oltre alla tuta di motion capture, ha sviluppato il proprio software Rokoko Studio, uno strumento molto utile che permette di gestire e visualizzare *real-time* le performance dell'attore. Consente la visualizzazione dei dati da Smartsuit Pro, Smartgloves, Face capture che, combinati insieme, permettono di gestire una *performance capture*, ovvero, la cattura non solo dei movimenti del corpo ma anche del viso e delle mani.

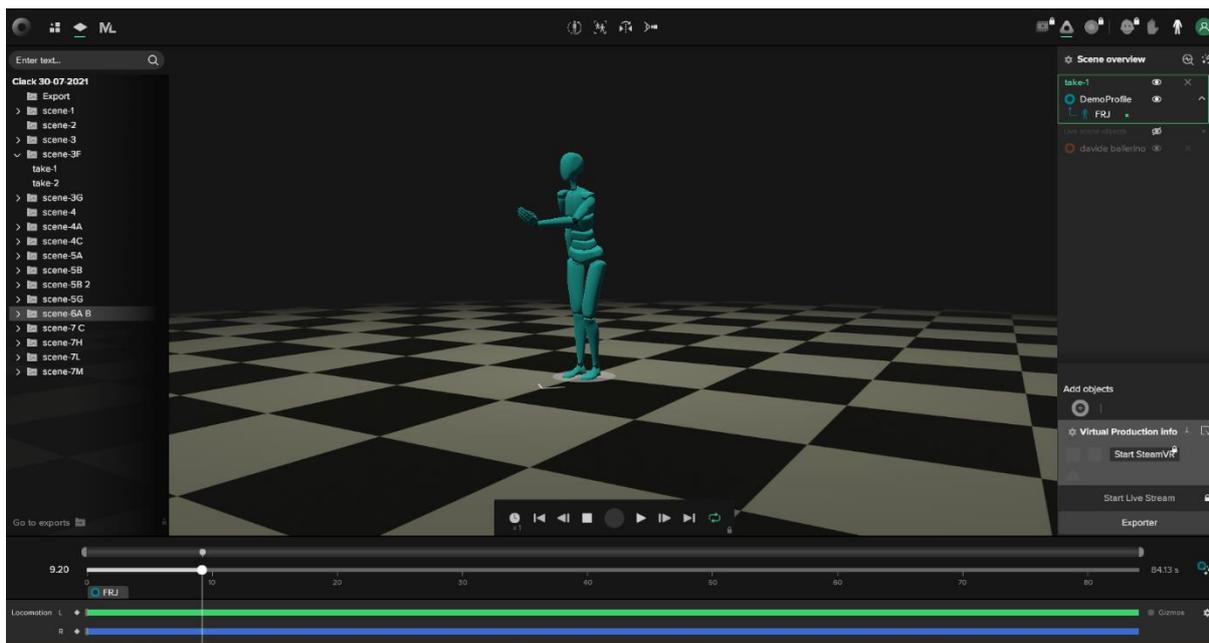


Figura 3.2 Viewport del software Rokoko Studio

Il Software può essere scaricato gratuitamente, nella sua versione *basic*, e permette di gestire tutte le funzionalità e gli strumenti messi a disposizione dei creator con delle limitazioni che verranno analizzate nella sezione successiva.

L'interfaccia risulta essere molto intuitiva e pratica.

3.2.1 Motion Capture

Installato il software, Rokoko richiede la creazione di un account personale per gestire i propri progetti.

Effettuato il *log-in*, si accede ad una sezione in cui è possibile creare, modificare ed eliminare i vari progetti che vengono organizzati in cartelle.

Nel nostro caso, le giornate di cattura sono state organizzate creando un progetto per ogni giorno, che è stato nominato adottando una nomenclatura chiara con le informazioni sulla data, luogo e il tipo di cattura effettuata.

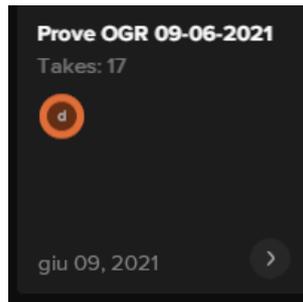


Figura 3.3 Gestione takes di Rokoko Studio

Uno strumento molto utile è il *Profilo attore* che permette di creare dei profili personalizzati per ogni attore, gestendo le caratteristiche come nome, colore avatar e tipo di avatar. Inserendo i dati delle misurazioni delle varie parti del corpo, quali: altezza, lunghezza delle braccia, delle gambe, dei piedi, delle spalle e del bacino, il modello presente nell'anteprima

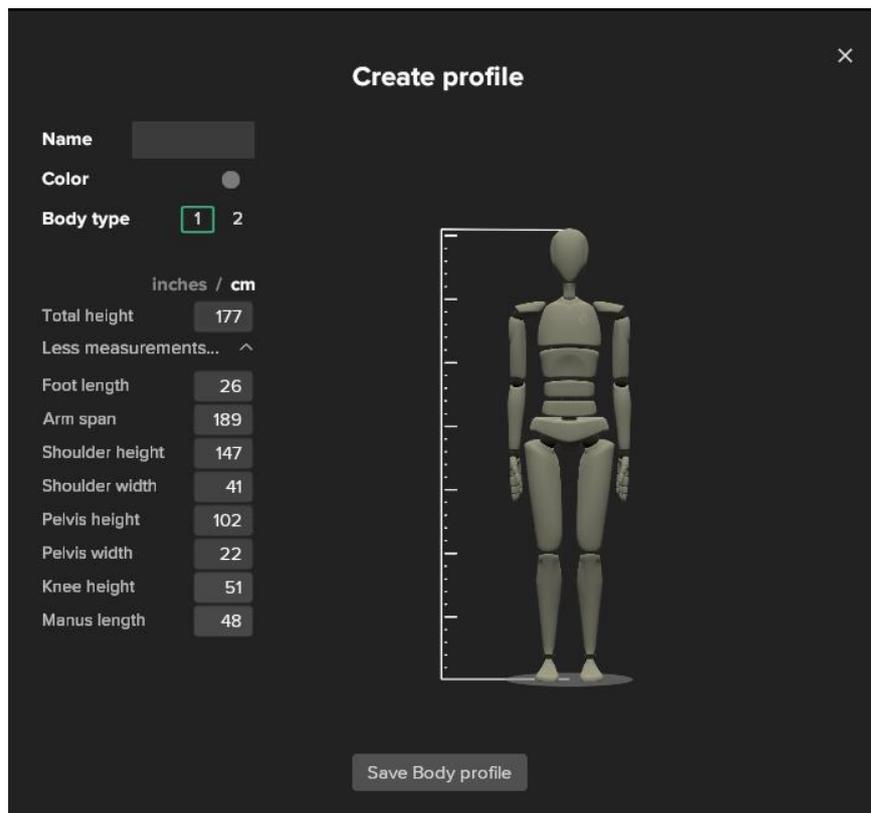


Figura 3.4 Anteprima creazione profilo attore

viene modificato sulla base delle caratteristiche fisiche dell'attore.

Questo processo, oltre che a consentire una migliore gestione degli avatar in caso di catture simultanee, fornisce una perfetta corrispondenza tra chi sta indossando la tuta e ciò che viene visualizzato sul programma.

Collegando tramite USB i dispositivi per la cattura è possibile, tramite il software, connetterli alla rete del proprio router.

Da una *tab* presente sull'interfaccia, è possibile verificare non solo il corretto funzionamento dei diciannove sensori ma anche che non ci siano interferenze elettromagnetiche.

La presenza di markers verdi indica che la tuta è nelle condizioni ottimali di lavoro, si illuminano di giallo o di rosso in presenza di interferenze, a seconda della loro entità.

I markers bianchi, invece, indicano che non è stata applicata una posizione geografica alla Smartsuit, il colore grigio indica la presenza di un problema *hardware* col sensore.

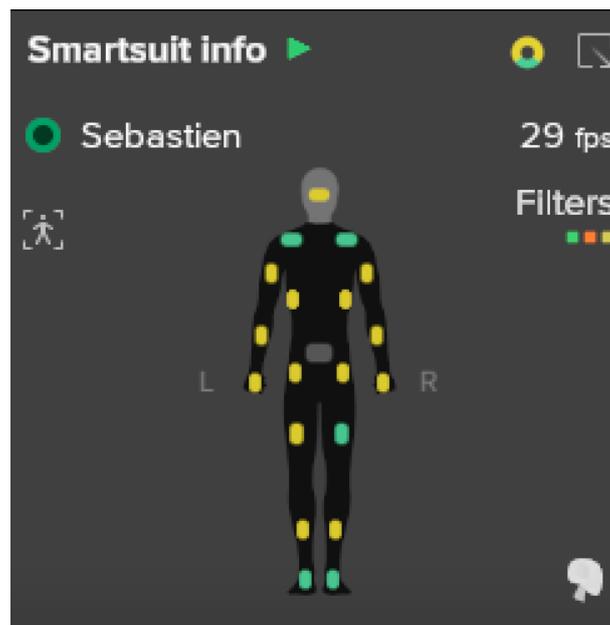


Figura 3.5 Pannello di controllo dei sensori

Prima di ogni registrazione è consigliabile calibrare i sensori, facendo assumere all'attore la *rest pose*, ovvero la posizione eretta con le braccia lungo i fianchi, per il tempo necessario al software ad effettuare la calibrazione.

I takes dovrebbero essere di breve durata, per evitare di accumulare errori di drift di cui soffre molto questo tipo di tecnologia di motion capture.

Su Rokoko Studio, sia in fase di cattura sia di *editing*, è possibile gestire in maniera ottimale tutte le varie catture in takes e in scene all'interno di cartelle. Questo tipo di procedura permette di rendere più gestibile il materiale collezionato, soprattutto nel momento in cui si lavora all'interno di un *team*, seguendo una nomenclatura dei files chiara e di facile comprensione per tutti.

3.2.2 Editing & Control

Rokoko Studio è dotato di alcuni strumenti che permettono di modificare i dati provenienti dalla Smartsuit, permettendo di perfezionare l'animazione e, talvolta, correggere in caso di cattiva interpretazione dei dati da parte del software.

Gli strumenti in questione sono dei filtri, alcuni possono anche essere usati live, altri per modificare i takes. Nella Tabella 3.1 sono elencati tutti i filtri messi a disposizione dell'utente.

Filtro	Live use	Playback use
Locomotion	Yes	Yes
Locomotion (Legacy)	Yes	Yes
Foot IK	No	Yes
Treadmill	Yes	Yes
Toe Bend	Yes	Yes
Drift Fix	No	Yes
Knee popping	No	Yes

Tabella 3.1. Filtri Rokoko Studio.

I *Live filters* in Rokoko permettono di abilitare specifici filtraggi, in *real-time*, sui dati ricevuti dalla tuta.

È importante notare che tutti i filtri sono in fase sperimentale e vengono periodicamente aggiornati. Il modo in cui influiscono sui dati dipende in maniera significativa dal progetto.

- *Drift Fix*: filtro applicabile in postproduzione che permette di risolvere il problema di *drift* dei dati.

Una volta catturata l'animazione, attivandolo dal menù dei filtri, verranno visualizzati due *gizmos* rappresentanti la posizione iniziale e finale dell'animazione con una *spline* che le collega e che rappresenta la posizione assunta dal modello nel tempo. Stabilendo le nuove coordinate dei *gizmos*, l'animazione verrà adatta ai nuovi punti di inizio e fine. Per visualizzare le modifiche apportate è necessario riprocessare i dati.

- *Locomotion*: uno dei filtri più utili di quelli messi a disposizione dal software.

Può essere utilizzato sia live che in fase di *editing*, simula la posizione del *character*, stimando il contatto dei piedi con il terreno. I *keyframes* per il contatto con il pavimento possono essere modificati in fase di editing per effettuare delle correzioni di fino per avere una migliore pulizia dei file.

Il filtro *Locomotion* diventa particolarmente utile per catturare salti o corse, verticali, capriole e altre acrobazie, anche se spesso sono affetti da notevoli errori. Una volta attivato nella *viewport*, sono visibili due dischi colorati in corrispondenza della pianta dei piedi: verde per il sinistro e blu per il destro.

Quando il filtro è attivo appare un cerchio pieno, altrimenti viene evidenziato solo la circonferenza o lo stesso cerchio con maggiore trasparenza. Se nella timeline sono attivi i due *keyframes*, entrambi i piedi verranno bloccati e mantenuti fermi. Quando solo uno dei due è attivo, solo quel piede sarà bloccato mentre l'altro verrà considerato non in contatto con il suolo.

- *Locomotion Legacy*: rappresenta la prima versione del filtro *locomotion* introdotto in Rokoko Studio, non è stato eliminato per permettere agli utenti delle prime versioni del *software* di poter accedere alle vecchie sessioni di registrazione. Risulta ancora particolarmente utile per verticali e in tutte quelle situazioni in cui sono le mani ad essere bloccate sul pavimento.

- *Treadmill*: permette di mantenere il *character* fisso nello spazio.

È possibile applicare questo filtro per bloccare i movimenti sui singoli assi. Risulta particolarmente idoneo per creare gli *idle* animations per i videogiochi o per tutte quelle situazioni in cui è più utile avere un'animazione statica, in cui lo spostamento può essere gestito tramite *keyframes* per avere un controllo completo sull'animazione finale.

- *Human IK*: serve ad assicurarsi che i piedi siano esattamente sul pavimento quando i dati del locomotion definiscono tale posizione. Si usa per evitare di avere *drift* dei piedi ed è raccomandabile utilizzarlo in tutte le animazioni.
- *Knee Pop*: è impiegato per gestire la flessione delle gambe nelle situazioni in cui la rotazione dello stinco supera l'angolo limite, facendo ruotare la gamba al contrario.
- *Toe Bend*: serve ad emulare il movimento del piede e la flessione delle dita quando toccano il pavimento. Questo filtro è molto utile poiché, di default, la tuta ha soltanto un sensore posizionato sul collo del piede; non avendone sulle dita dei piedi sarebbe impossibile poter catture il movimento rotazionale. Inoltre, il filtro *feet above the floor* porta il piede sul livello del pavimento nel caso in cui ci fossero compenetrazioni utilizzando la cinematica inversa (IK): il movimento dell'estremità determinerà una rotazione delle ossa della gamba senza modificare la posizione del bacino.

3.2.3 Export

Rokoko Studio permette di esportare i dati delle registrazioni in differenti formati: *fbx*, *bvh*, *csv* e *c3d*.

Questi sono disponibili con tutti i piani di iscrizione, solo il formato C3D richiede la versione a pagamento.

In questo progetto, le animazioni sono state esportate in *fbx* con lo scheletro Maya HumanIK, utilizzato prevalentemente per il *retargeting* con la seguente nomenclatura delle ossa:

- *Hips*;
- *Spine*, *Spine2*, *Spine2*, *Neck*, *Head*;
- *LeftShoulder*, *LeftArm*, *LeftForeArm*, *LeftHand*;
- *LeftUpLeg*, *LeftLeg*, *LeftFoot*, *LeftToeBase*.

La versione *basic* consente un export a 100fps, quella *pro* permette, invece, di customizzare e scegliere il frame rate adeguato.

Nel nostro caso è stato utilizzato un frame rate di 24fps per avere dei file più leggeri e facilmente gestibili in fase di pulizia su Blender.

3.3 *Smartsuit Pro II*

Da gennaio 2022 è possibile preordinare la nuova versione della tuta: Smartsuit Pro II.

Acquistando il set completo si può ottenere una *Full Performance Motion Capture*, cioè la cattura dei movimenti del corpo, delle mani (dita incluse) e delle espressioni facciali utilizzando la Smartsuit, gli Smart Gloves e un iPhone X (o versioni superiori) per il mocap facciale. La nuova versione permette di catturare una serie di movimenti che con la prima versione era impossibile fare:

- *Tracking* in altezza: permette di registrare *character* che si muovono in altezza, salgono le scale, saltano etc.
- Miglioramento filtro locomotion: riduce i tempi per la pulizia dei dati grazie ad una migliore risoluzione di *streaming* a 200 FPS.
- Ottimizzazioni per usi ad alto impatto, grazie all'upgrade del range degli accelerometri da 8g a 16g, permettendo una migliore lettura dei dati provenienti da lotta, corsa, salti e cadute.
- Implementazione materiali e tecnologie per tute e sensori.
- Smartgloves nativi integrati: permettono di avere un'unica alimentazione energetica per tuta e guanti.

4. Pipeline Mocap

La produzione di un qualsiasi tipo di contenuto, che sia un videogioco, un film o un video richiede, soprattutto nelle grandi produzioni una organizzazione del lavoro in una *pipeline*, come se fosse una vera e propria catena di montaggio.

Ogni dipartimento, che prende parte alla lavorazione, avrà una sotto-organizzazione simile. È possibile, infatti, definire quelle che sono le principali fasi di lavorazione nell'utilizzo del *motion capture*.

4.1 Setup

Facendo riferimento al tipo di pipeline line elaborato per il progetto IO|OI, uno dei primi passaggi è quello di preparare tutta la strumentazione tecnica, *Hardware* e *Software*, necessaria. È importante conoscere a fondo lo strumento che si sta adoperando per comprenderne i limiti e il range di possibilità di uso.

Questo processo è utile anche a capire le tempistiche di *set up* della tuta per poter conciliare al meglio tutte le fasi di lavorazioni e i vari team di lavoro coinvolti.

4.2 Pre-produzione

In questa fase come vedremo nei prossimi capitoli, il VFX Supervisor insieme al regista valutano sulla base dello studio preliminare della tecnologia in uso, come adattare le richieste narrative alle possibilità che il sistema di *motion capture* permette.

Prima di arrivare sul set e iniziare le riprese, è necessario avere un'idea su quello che sarà il target della registrazione, il personaggio CGI che verrà animato dal *performer*. È utile iniziare una fase di test per verificare il perfetto funzionamento del *software* e della tuta.

4.3 Calibrazione

Poiché il motion capture inerziale, come abbiamo visto, è una tecnica di cattura del movimento basata su una serie di algoritmi che intervengono per definire l'orientamento e la posizione dei

sensori è importante in prima analisi andare a definire il profilo attore. Prendendo delle misurazioni delle parti del corpo, seguendo la guida del *software*, è possibile definire la distanza tra un sensore e l'altro, andando a creare un avatar che rispecchia le proporzioni del corpo del *performer*. Questo procedimento è utile per ottimizzare i calcoli degli algoritmi essendo, utilizzando le quote reali del sistema e non quelle standard.

Una volta creato il profilo attore è possibile procedere alla calibrazione dei sensori.

Questo procedimento è consigliabile fare prima di ogni cattura. La calibrazione consiste nel definire una posizione nello spazio di ogni cattura. Si procede a far posizionare il *performer* nella cosiddetta *rest-pose*. Questo procedimento richiede pochi secondi, necessari al software ad allineare i sensori. Rappresenta il momento in cui si definisce l'origine del sistema, il livello del terreno: i sistemi inerziali determinano tramite calcoli tutte le successive posizioni assunte dal sistema.

4.4 Cattura dei movimenti

In questa fase avviene la cattura dei movimenti vera e propria, il performer indossa la tuta. Si verifica il perfetto funzionamento di tutti i sensori.

Il sistema di *motion Capture* inerziale rispetto ad altri sensori permette di poter pre-visualizzare l'animazione registrata, sia in real-time che in qualsiasi momento dopo la performance. Questo permette di verificare subito l'accuratezza del movimento permettendo di registrarla nuovamente.

È consigliabile definire delle durate dei takes per ovviare al problema di *drift*, e utilizzare una nomenclatura dei file che contenga le informazioni su location, data e tipo di motion capture da fare, risulta di fondamentale importanza se si lavora in team.

4.5 Backup

Terminata ogni sessione di ripresa è buona pratica creare un *backup* dei dati. Avere tutti i dati su un unico dispositivo è estremamente rischioso e la perdita potrebbe compromettere giorni di lavoro, denaro e risorse.

4.6 *Cleanup dei dati*

Terminata la fase di cattura inizia tutta la fase di lavorazione della postproduzione.

Il processo di pulizia di dati inizia sul software di *motion capture* utilizzato (Rokoko in questo caso) che dispone di una serie di filtri da poter applicare ai dati per raffinare e correggere il modo in cui sono stati interpretati i movimenti.

La seconda fase di pulizia di dati si esegue sul *software* 3D utilizzato. Questo permette di intervenire direttamente sui *keyframes* per correggerli o modificarli. A seconda del tipo di software possono essere presenti diverse modalità di intervento sulle animazioni. In Blender, per esempio, una tecnica molto comoda consiste nello sfruttare i livelli track in modalità *nonlinear* animation per aggiungere un livello animazione a quello esistente senza necessariamente dover modificare in maniera irreversibile i dati del *motion capture*.

4.7 *Retarget*

L'ultima fase della pipeline consiste nell'applicare i movimenti al modello *target* dell'animazione. Per fare questa operazione esistono diversi tool che si possono impiegare per associare le animazioni dello scheletro del *mocap* a quello del *character*. Sostanzialmente consiste nell'associare ad ogni osso di uno scheletro il corrispettivo dell'altro.

5. Progetto “Ciak! Piemonte che spettacolo”

Il progetto “Ciak! Piemonte che Spettacolo” è stato messo in campo da Fondazione CRT, Film Commission Torino Piemonte e Fondazione Piemonte dal Vivo, per valorizzare e promuovere tutte le eccellenze del patrimonio storico, architettonico, paesaggistico e i talenti delle *performing arts*, mediante la realizzazione di dieci cortometraggi d’autore destinati alla diffusione locale, nazionale e internazionale. Un progetto fortemente voluto per far ripartire i comparti dello spettacolo e delle produzioni audiovisive che, a partire dal 2019, sono stati messi a dura prova dalla pandemia. Un’iniziativa volta a rilanciare il territorio in chiave turistica che lega valore culturale ed economico-occupazionale.

Le dieci location selezionate sono:

- OGR (Torino);
- Castello di Rivoli;
- Planetario InfiniTO (Torino);
- Museo di Scienze Naturali (Torino);
- Bene Vagienna (Cuneo);
- Villa Caccia di Romagnano Sesia;
- Parco Paleontologico Astigiano (Asti);
- Villa Giulia (Verbania);
- Museo Borgogna di Vercelli (Vercelli);
- Ricetto di Candelo (Biella);
- Castello di Casale Monferrato (Alessandria).

Ad ognuna delle dieci sedi è stata abbinata una compagnia di *performer* dal vivo ed una produzione cinematografica per produrre il cortometraggio. In questa sezione dell’elaborato si discuterà delle varie fasi che hanno portato alla produzione di IO | OI, dalla preproduzione, alla post-produzione, con un focus particolare sulla motion capture e agli effetti speciali.

5.1 IO/OI

Il progetto IO | OI rappresenta il prodotto cinematografico creato grazie alla partecipazione al bando “Ciak! Piemonte che Spettacolo”, un cortometraggio che nasce da una domanda: “è l’uomo a determinare la cultura o è la cultura a determinare l’uomo?”.

Nel momento in cui un uomo, un artista, realizza un’opera d’arte (una scultura, un quadro, un monumento, etc.) sta al contempo contribuendo a creare un potenziale prodotto culturale, un oggetto che andrà ad influenzare il pensiero e la società.

Si pensi alle opere di grandi artisti quali Leonardo, Modigliani o Pollock, il loro prodotto non si ferma semplicemente all’estetica, ma tracciano un solco nella determinazione delle future espressioni artistiche e culturali.

In termini performativi questa riflessione si è tradotta nella personificazione dell’opera d’arte: una statua che prende vita, mossa da un performer – l’uomo che modella la cultura ma a sua volta anche il performer sarà mosso dall’opera d’arte.

Una performance che vede una danza continua tra l’uomo in carne ed ossa ed una versione in CGI realizzata grazie all’utilizzo della tecnologia del *motion capture*.

5.2 OGR-La location

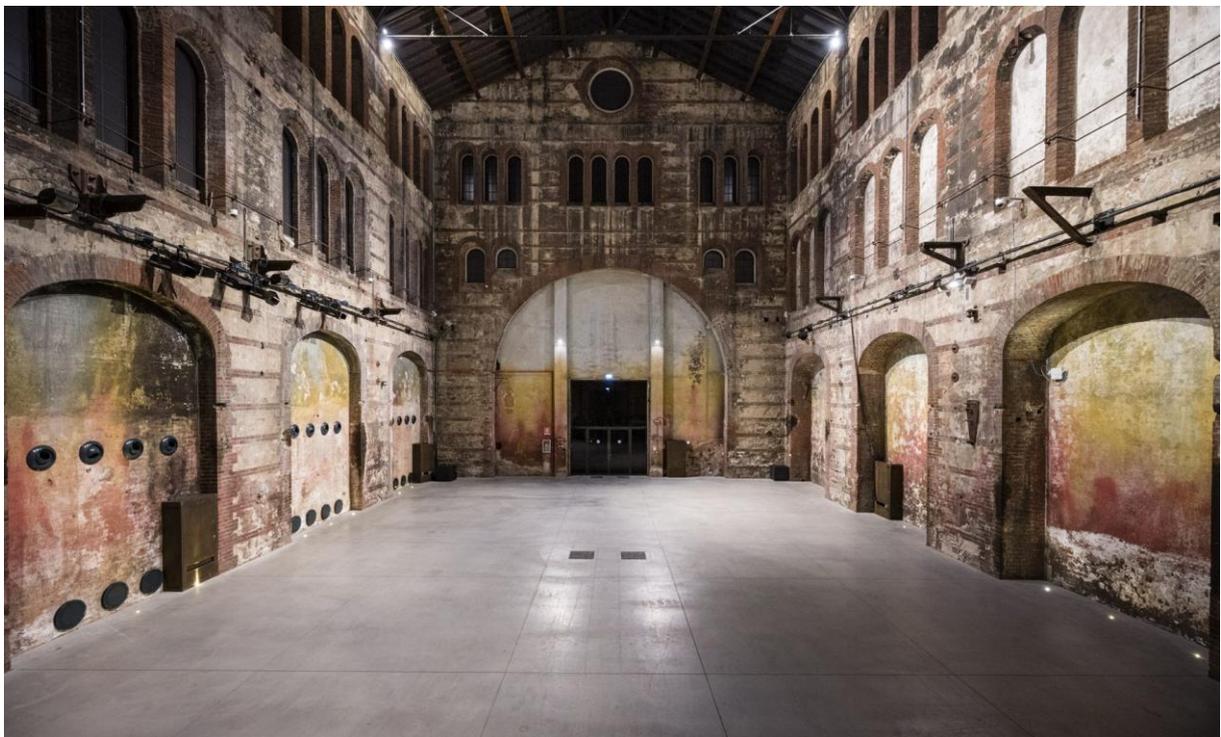


Figura 5.1 Foto della sala del "Duomo" all'interno di OGR.

Una delle dieci location selezionate per il bando è stata le OGR, Officine Grandi Riparazioni, uno dei più importanti luoghi dell'industria italiana e torinese.

La loro costruzione di inserisce nella nascita di una nuova parte della città, sviluppatasi nella metà dell'Ottocento grazie al treno. Questo nuovo mezzo di trasporto accelerò la connessione del regno Sabauda con Genova e Milano.

Ben presto si presentò la necessità di dover rispondere all'esigenza di avere un luogo dove poter costruire una grande officina per la riparazione dei treni. Nel dicembre 1881 fu presentato il progetto delle nuove OGR, un complesso di circa 190.000 mq in cui erano dislocati diversi edifici con varie lavorazioni. I lavori di costruzione durarono circa dieci anni e in poco tempo divennero un modello di efficienza dell'industria cittadina: erano le uniche ad avere servizi igienici con acqua corrente e poterci lavorare divenne motivo di orgoglio e prestigio.

Ad interrompere l'incessante sviluppo furono gli anni bui della guerra. Il complesso torinese rimase attivo nella sua configurazione originaria sino al 1975 quando, con l'affermarsi di modelli di carrozze e locomotori di dimensioni maggiori, divenne obsoleto.

Dopo aver vissuto per un ventennio in stato di abbandono e degrado, nel 2013 la società OGR-CRT avvia un grande progetto di riqualificazione della storica fabbrica in cui si riparavano i treni.

Oggi gli spazi polifunzionali di OGR si estendono su una superficie di circa 9.000 metri quadri e ospitano mostre, spettacoli, concerti, eventi e spettacoli di teatro, danza.

Il restauro delle aree ha seguito un recupero che ha lasciato intatte le storie che hanno caratterizzato questo luogo che sono ancora individuabili sulle pareti: alcuni murales, ad esempio sono stati mantenuti e sono visibili al pubblico.

Il cuore degli spazi di OGR Cult è il "Duomo", un elemento eccezionale delle Officine Calderai, ricavato all'interno della navata centrale, destinato un tempo alla chiodatura delle caldaie.

Questa parte dell'edificio è poco percepibile all'esterno, è stato ricavato su quattro campate di maggiore altezza (15 m) rispetto alle altre tre navate della manica. La maggiore altezza della navata ha permesso l'inserimento di un ulteriore ordine di aperture.

Una caratteristica che rende immediatamente riconoscibili le OGR è data dal tipo di rivestimento in laterizio e pietre di cui sono composte le pareti esterne.

L'intonaco presente sui muri è stato lasciato integro, come testimonianza della storia del luogo. Sulla parete principale, che è anche quella che compone la facciata del Duomo, sono presenti tre file di finestre (di cui nei prossimi capitoli si discuterà di tutti gli interventi fatti dal punto di vista degli effetti speciali).

La location gode di molteplici punti di forza che hanno facilitato il lavoro sul set. Essendo adibita ad eventi, possiede gran parte dell'attrezzatura tecnica necessaria per l'allestimento e il set up luci.

Un altro fattore che ha facilitato e velocizzato il lavoro è stato la presenza di molteplici sorgenti energetiche utili in fase di produzione sul set.

5.3 Il Team

Gli autori del concept del progetto sono: Gabriele Licchelli, Francesco Lorusso e Andrea Settembrini che costituiscono, insieme, il collettivo di filmmakers "Broga Doite", che si occupa della realizzazione di progetti audiovisivi legati alla comunicazione di tematiche sociali per enti e organizzazioni (Politecnico di Torino, Visionary Days, BVMN – Border Violence Monitoring Network, Ministero per le Politiche Giovanili e dello Sport, Fondazione Egri per la Danza), music video e brand content (Gio Evan, Levante, Davide Shorty, Sud Sound System, etc.).

La regia di questo progetto è stata affidata a Francesco Lorusso autore oltreché dei progetti sopra citati, anche di cortometraggi e documentari selezionati e premiati in numerosi festival.

"Robin" è uno studio creativo con sede a Torino, specializzato nella produzione audiovisiva per la comunicazione culturale e dello spettacolo di cui il professore Riccardo Antonino è uno dei fondatori. Attraverso tutto ciò che orbita attorno all'intrattenimento e al coinvolgimento di un pubblico, siano essi progetti culturali, sforzi musicali o qualsiasi altra via di mezzo, Robin viaggia nella galassia della comunicazione per andare oltre e creare qualcosa di inedito, che lasci increduli: "Robe Incredibili".

All'attivo vanta collaborazioni con il trasformista di fama internazionale Arturo Brachetti, con il Museo Egizio per la progettazione di esposizioni ad alto impatto tecnologico, con molteplici produzioni nel campo della danza, del musical e delle arti visive.

La compagnia di arti performative che è stata assegnata a questo progetto è la "Compagnia EgriBiancoDanza", diretta da Susanna Egri e Raphael Bianco, che nasce a Torino nel 1999.

La Compagnia eredita l'esperienza più che trentennale della precedente compagnia "I Balletti di Susanna Egri".

Si distingue, per un repertorio fatto di opere piene di valori sociali e spirituali firmate da Raphael Bianco e coreografi del panorama artistico italiano e internazionale.

Raphael Bianco insieme ad Elena Rolla hanno creato la coreografia e diretto i due performers: Vincenzo Criniti e Davide Stacchini.

Accademia Perosi, considerata tra le accademie italiane più importanti sotto il profilo artistico e didattico, è un'istituzione che dal 1973 costituisce un unicum nel panorama culturale e musicale italiano sia per la vastità dei suoi intenti che per la metodologia organizzativa del lavoro.

5.4 Le fasi della produzione audiovisiva

La realizzazione di qualsiasi prodotto audiovisivo, dal film, ai prodotti commerciali, ai contenuti televisivi è il frutto della cooperazione e coordinazione di vari compartimenti che lavorano per uno stesso fine: trasformare l'idea nel prodotto finito. Le figure professionali che si celano dietro ad un progetto qualsiasi sono tantissime e variano in funzione del tipo di contenuto da realizzare e in base al *budget* a disposizione.

È possibile suddividere il processo produttivo in tre fasi principali:

- Preproduzione: processo di progettazione, pianificazione e costruzione di tutti gli aspetti coinvolti nella produzione di qualsiasi contenuto audiovisivo.
- Produzione: ovvero le fasi vere e proprie di ripresa o di realizzazione del progetto.
- Postproduzione: consiste in tutte le fasi di lavoro necessarie a completare il progetto dopo il periodo di ripresa.

All'interno di questa sezione verranno discussi le fasi di lavorazione che sono state affrontate, nella realizzazione di IO|OI, dal punto di vista degli effetti speciali. Grazie al professore del corso di *Visual Effects* del Politecnico di Torino, Riccardo Antonino, ho avuto la possibilità di entrare all'interno del team produttivo di questo progetto, affiancando il VFX supervisor Giuseppe Orlando e lavorando a stretto contatto con i membri del team.

5.5 *L'idea*

Lo sviluppo dell'idea alla base di IO|IO è stato il frutto di un “appuntamento al buio” tra diverse realtà artistiche coinvolte all'interno del progetto.

Infatti, una volta selezionati i profili ritenuti idonei, l'accoppiamento dei compartimenti artistici è stato effettuato dalla commissione istituita da Fondazione Piemonte dal Vivo e Film Commission Torino Piemonte.

La riflessione sul rapporto di causalità che esiste, soprattutto in ambito artistico, tra essere umano e il suo creato, elaborata dal Francesco Lorusso, ha incontrato la visione di Raphael Bianchi sullo spazio e il tempo e sulle azioni che si ripercuotono su queste due dimensioni, sulla base di un lavoro di Einstein, “*The dark Matter*”.

Il movimento e l'immagine hanno incontrato l'ispirazione musicale di Stefano Giacomelli, ispirato a “*Kol Nidrei*” di Max Bruck. La sfida nella definizione dell'idea è consistita nel trovare il modo in cui il linguaggio artistico visivo della danza, attraverso il movimento, potesse esprimersi nel linguaggio cinematografico della camera.

In questo incontro creativo, un ruolo dominante ha rappresentato la sperimentazione di una tecnica di animazione del motion capture, grazie alla strumentazione tecnica e alle competenze messe a disposizione dal professore Riccardo Antonino, uno dei fondatori di Robin Studio.

A partire dal mese di maggio 2021 sono stati organizzati una serie di incontri tra il regista, il produttore e il coreografo per confrontarsi, elaborare e definire l'idea su cui lavorare.

6. Preproduzione

La preproduzione può essere considerata uno degli step più importanti all'interno della produzione di un prodotto audiovisivo.

Rappresenta la fase in cui poter elaborare e sviluppare tecniche, far nascere idee, effettuare test sui vari effetti speciali da applicare, preparare bozze di modelli 3D, animazioni, a seconda del tipo di progetto su cui sta lavorando.

All'interno di produzioni che richiedono la collaborazione di diverse figure professionali, a prescindere dal tipo di budget a disposizione, risulta di vitale importanza la preparazione e la programmazione dei lavori.

Organizzare il lavoro, dedicare il tempo necessario ai test da fare, permette a non sprecare tempo nelle fasi successive, che, nella maggior parte dei casi, comportano spese extra che gravano sulle risorse economiche destinate al progetto.

Per il progetto IO | OI in fase di preproduzione sono stati condivisi a tutti gli addetti ai lavori i documenti relativi alla gestione di tutte le tempistiche. In **Figura 6.1** è possibile osservare

Descrizione Attività	Inizio	Fine	Durata (in giorni)													
				26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	
Riscrittura Concept	26/05	01/06	5													
Riscrittura coreografia e individuazione del tema musicale	26/05	11/06	13													
Prove in sala e in location	31/05	09/06	4													
Prove Tuta per Motion Capture	31/05	09/06	4													
Character Design della statua	31/05	18/06	15													
Modellazione 3D del character (statua) e degli spazi che vanno a comporre l'ambiente	09/06	25/06	13													
Shading (decisione del look estetico del character)	28/06	09/07	10													
Test animazione character con i movimenti derivanti dalla tuta di motion capture	07/06	21/07	33													
Scrittura e registrazione musica	21/06	02/07	10													
Storyboarding / Scrittura Regia	05/07	16/07	10													
Organizzazione del set	14/07	27/07	10													
Pre Shooting	28/07	28/07	1													
Shooting	29/07	29/07	1													

Figura 6.1 Piano di lavoro del progetto IO | OI.

il piano di lavoro stilato dalla produzione in cui sono elencate le principali fasi dalla stesura del concept, le prove della coreografia fino al giorno di *shooting*. Nelle varie colonne sono presenti

le date di inizio e fine delle attività previste, la durata in giorni per una più facile lettura dei dati ed infine il cronoprogramma delle attività evidenziate per i giorni in cui verranno svolte. Questo tipo di approccio permette di avere una più facile direzione dei lavori e fornisce ai vari dipartimenti coinvolti tempistiche e scadenze.

6.1 Concept

Uno dei primi step della realizzazione di un prodotto audiovisivo consiste nella stesura del concept, una brevissima spiegazione della storia, dei luoghi e dei personaggi, per comprendere di cosa si tratta.

Nel nostro caso, dall'incontro delle diverse idee delle realtà coinvolte nel bando, è nato questo *concept*:

Al centro del duomo è presente la figura plastica di un uomo. Immobilizzata al centro di una parete una statua protesa verso l'esterno. L'uomo la scruta, le si affianca. L'uomo inizia a danzare, dapprima con piccoli movimenti e vede che la statua lo segue nei suoi gesti.

Dopo danza in maniera sempre più ritmata e frenetica. La statua continua a seguire i suoi movimenti. A un certo punto l'uomo si ferma, la situazione diventa statica. La statua inizia a muoversi indipendentemente dall'uomo e lo trascina nel suo movimento (switch narrativo).

La statua e l'uomo collaborano disegnando dei movimenti di danza complessi. Infine, l'uomo sceglie una posa finale in cui la statua si immobilizza al centro del duomo.

6.2 Schema drammaturgico-coreografico

Data la natura del video da produrre, si è proceduto a definire uno schema drammaturgico-coreografico.

La prima stesura di questo documento nasce da una serie di incontri tra il regista ed il coreografo, cercando di convertire il concept in una narrazione coreografica che ben si prestasse ad essere osservata dall'occhio della cinepresa.

Sono stati individuati i seguenti momenti narrativi:

- *Posa dell'uomo al centro della stanza. Domanda. L'uomo di spalle al centro della stanza, in una posa plastica, pone la sua domanda, una frase poetica che si ripeterà in voice over durante la performance.*
- *Confronto Uomo-Duomo. L'uomo si affaccia su una parete del duomo e inizia a indagare, toccarne la materia di cui è composto. Sguardi fuori campo verso la statua non ancora svelata.*
- *Svelamento della statua. La statua è incastrata nel muro, protesa in avanti, immobile, in un chiaro tentativo di liberazione dall'immobilità a cui è costretta.*
- *Confronto. L'uomo scruta la statua, è un momento di conoscenza, specchio tra mobilità e immobilità, tra uomo e statua.*
- *Emersione della statua. L'uomo si affianca alla statua, come a volerne replicare la posizione. Inizia a muoversi simulando un tentativo di liberazione dalla parete. La statua segue i movimenti e si libera dalla parete a cui è costretta.*
- *Specchio. La statua segue, come fosse una marionetta, i movimenti dell'uomo. Da certe angolazioni le due figure si sovrappongono perfettamente.*
- *Rottura dello specchio. Prime forme di insurrezione della statua. I suoi movimenti non imitano più precisamente quelli dell'uomo ma accennano a dei tentativi di indipendenza.*
- *Ombra. Prima forma di switch di influenza tra statua e uomo. L'uomo in questa fase è letteralmente ombra della sua creatura, si sdraia per terra e ne segue i movimenti come se fosse la proiezione della sua ombra.*
- *Immobilità dell'uomo mobilità della statua*
- *Switch. Influenza statua-uomo. In questa fase avviene definitivamente l'inversione di influenza. È l'uomo a seguire i movimenti della statua*
- *Spazio negativo. Movimenti complessi di compenetrazione degli spazi negativi creati dalle pose ora della statua ora dell'uomo.*
- *Finale. Al centro del duomo la coreografia tra uomo e statua rallenta, finché l'uomo, come se stesse scolpendo lo spazio, sceglie una posa finale, replicata dalla statua. La statua non si muove più, è ormai plastica, destinata alla sua immobilità. È l'epilogo di un processo collaborativo e di creazione dell'uomo rispetto alla sua opera d'arte.*

6.3 *Test Motion Capture*

A partire da maggio 2021, abbiamo pianificato una serie di incontri con Riccardo, i membri di Broga Doite e Giuseppe, con l'obiettivo di definire la pipeline di lavorazione del *motion capture* e il tipo di approccio da seguire per gli effetti speciali.

Sotto la guida di Riccardo, siamo riusciti a individuare le principali criticità, elaborando le varie soluzioni alternative da impiegare che verranno descritte nei seguenti capitoli.

Recuperata la tuta da Robin Studio, abbiamo dato via al test della stessa.

La mia fase di ricerca è iniziata da una lezione sul *motion capture* tenuta dal professor Riccardo, presso il Politecnico di Torino, in cui veniva illustrato il funzionamento della tuta, le principali caratteristiche e i vari step da seguire per trasferire i dati del *mocap* ad un modello 3D.

Successivamente, abbiamo proceduto all'installazione del *software* e alla configurazione della tuta.

I primi test di motion capture consistevano in catture di semplici movimenti e di tutte quelle posizioni limite come: sedersi per terra, salti e verticali per poter meglio analizzare l'accuratezza dei movimenti catturati rispetto a quelli reali.



Figura 6.2 Prove tecniche della tuta in casa

È stato importante avere un riscontro pratico dei problemi di *drifting* di cui soffre il sistema di motion capture inerziale.

In condizioni ottimali, quando tutti i sensori lavorano senza interferenze, il dilungarsi delle riprese comporta una serie errori di predizione della posizione da parte del *software*, generando compenetrazioni delle ossa e pose differenti rispetto a quelle del performer.

Successivamente abbiamo programmato un incontro con i ballerini, il regista, i coreografi utilizzando una delle sale prove che ha messo a disposizione EgriBiancoDanza sito in Corso Re Umberto 77, a Torino.

Abbiamo conosciuto i due ballerini Vincenzo Criniti e Davide Stacchini, il Coreografo Raphael Bianchi e la sua assistente Elena Rolla.

Dapprima si è visionato la coreografia proposta, che è stata elaborata successivamente per poter sfruttare al meglio i movimenti dei performer in camera.

Una volta giunti ad una prima stesura coreografica, abbiamo fatto indossare la Smartsuit pro ad uno dei performer, Davide. È stato fatto solo in questo momento poiché è necessario considerare che la tuta, nonostante sia di materiale traspirante, si riscalda e rende più difficoltosi i movimenti e avrebbe potuto affaticare eccessivamente il ballerino.

Abbiamo fatto una serie di test di cattura in palestra, cercando di capire quale potesse essere innanzitutto la durata opportuna dei *takes*, per venire incontro alle necessità coreografiche, per poterle interrompere in punti strategici, ma soprattutto per evitare troppi errori di drift.

Il problema principale, infatti, è che la prima versione della tuta non risulta esattamente adatta ad un uso *high impact* e la coreografia era piena di salti, verticali, passaggi in cui c'erano contatti tra i ballerini, piroette, corse, etc. esattamente tutti quei movimenti "limite" individuati nel primo test.

È seguita una lunga fase in cui si è cercato di trovare un compromesso ottimale tra limiti tecnici, necessità narrative e coreografiche.

Di seguito i punti salienti:

- Durata *takes*: 40s: si è osservato, infatti, che entro quel limite temporale l'accuratezza della tuta rimaneva nel range di tollerabilità. Inoltre, questa durata si sincronizzava bene con la suddivisione dei passi di danza.
- Evitare le verticali: in quanto questi movimenti avrebbero allungato e complicato la lavorazione di pulizia successiva dei dati.
- Interferenze elettromagnetiche: la sala messa a disposizione delle prove si è dimostrata non essere adatta poiché, lungo l'intero perimetro, correavano le tubature in metallo dell'impianto idrico. Erano presenti l'impianto audio e molteplici prese elettriche sparse in tutta la stanza. Un altro ostacolo elettromagnetico era rappresentato dalle sbarre di danza che seguivano anch'esse il perimetro della sala. Avvicinandosi agli elementi metallici le interferenze registrate dai sensori aumentavano a scapito della qualità della cattura. Questo ha reso necessario la ricerca di una nuova location per le sessioni di motion capture.

Infine, Francesco ha ripreso tutta la coreografia per poterne estrapolare i frame da utilizzare per la stesura dello shot list.

6.4 Location scout

Durante la preproduzione, il produttore e il production designer hanno il compito di individuare ed analizzare le location ottimali. Con il VFX Supervisor discutono degli effetti visivi necessari per le varie location.

Nel nostro caso, trattandosi di una location assegnata dal bando e di una piccola-media produzione, è stato necessario programmare un primo scouting per un sopralluogo del Duomo. In questa fase sono state scattate una serie di foto di tutta la sala, insieme al direttore della fotografia per poter avere materiale utile alla produzione.



Figura 6.3 Immagine di un dettaglio delle pareti interne.

La sala del Duomo, pur essendo dotata di tutte le facilities (come presenza di Wi-Fi, impianto luci, impianto elettrico e tecnici delle OGR messi a disposizione per le prove e per tutta la durata del set) presentava delle grandi limitazioni che hanno influenzato il tipo di illuminazione, il tipo di inquadrature e l'organizzazione in generale.

Gli accessi alla location dovevano essere programmati per tempo, previa comunicazione al personale richiesto, ed era necessario rendere noto chi avrebbe avuto accesso e con un resoconto di tutta l'attrezzatura introdotta che doveva essere certificata e rispettare dei requisiti tecnici restrittivi.

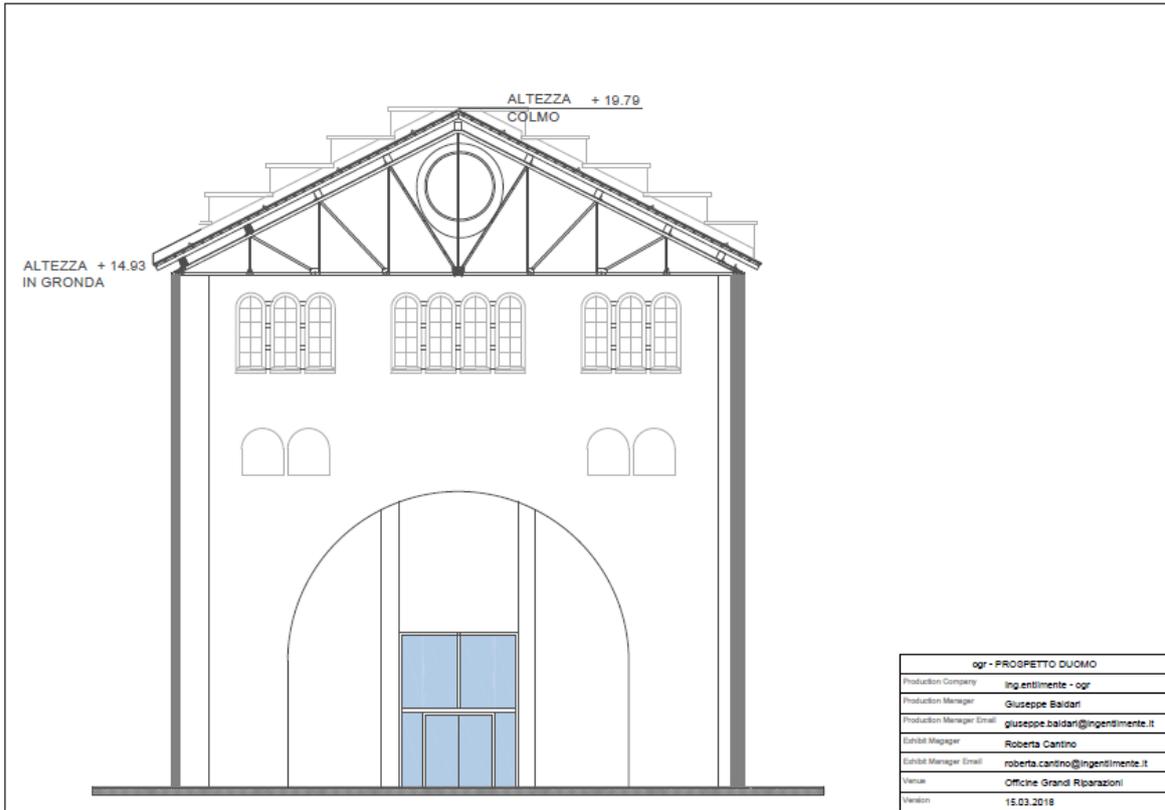


Figura 6.4 Prospetto sala del Duomo (OGR).

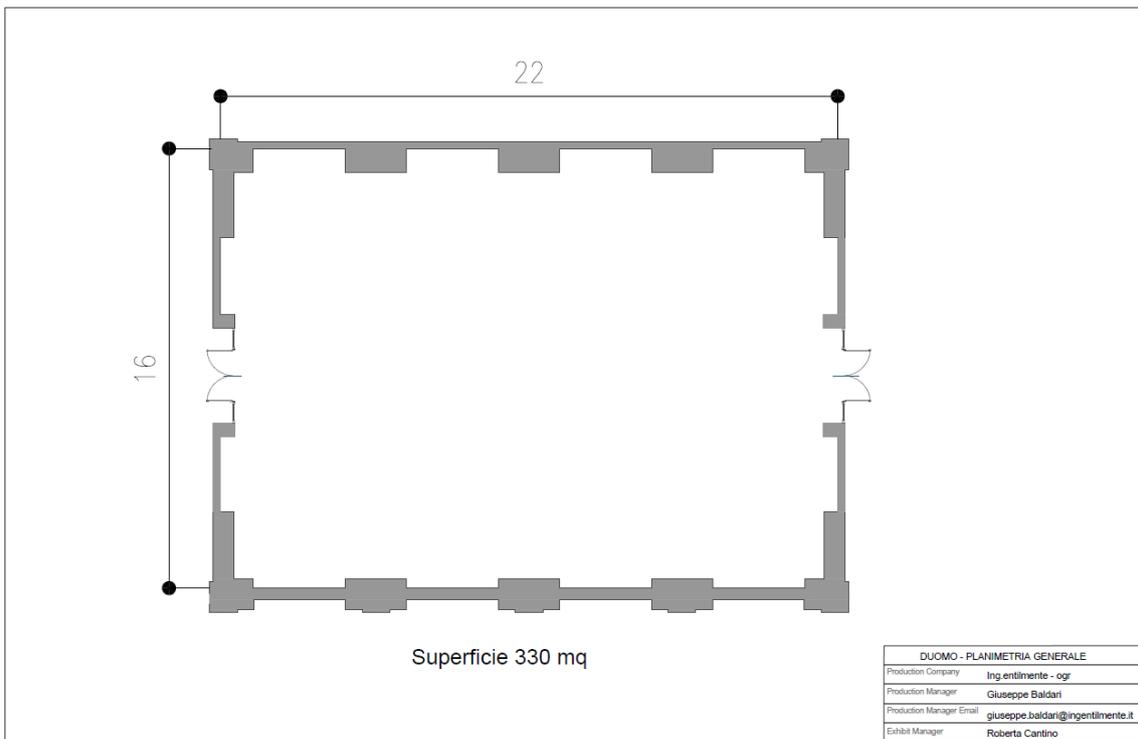


Figura 6.5 Pianta della sala del Duomo (OGR).

6.5 Shotlist

Lo shot list è un importante strumento usato sia dalle grandi produzioni cinematografiche, sia da quelle piccole indipendenti.

Consiste in un documento in cui è presente una lista dettagliata di tutte le inquadrature. Creato in fase di preproduzione, fornisce le specifiche tecniche di ogni inquadratura (come la camera, focale, movimenti di camera, note particolari, etc.).

Nelle produzioni cinematografiche in generale, i vari shot non sono sequenziali, poiché questo renderebbe inefficiente e rallenterebbe la produzione. Lo *shot list* serve per poter organizzare le giornate di ripresa nel modo più efficiente possibile, ad esempio, raggruppando tutti gli shot che devono essere girati nella stessa location, o che richiedono l'intervento di figure tecniche esterne per concentrare il loro lavoro in singole giornate.

Lo *shot list* serve anche a mantenere allineato ogni dipartimento coinvolto e assicura che tutti i membri della *crew*, di ogni dipartimento, possano sapere quali scene vengono girate, in quale momento e quando è richiesto il loro intervento.

Determinano che tipo di strumentazione è necessaria, il *light setup* da creare, le *location*, etc.

6.5.1 Elementi dello shot list

All'interno dello shot list utilizzato per questo progetto sono state inserite le seguenti informazioni:

- Numero della scena;
- Titolo della scena;
- Titolo dello shot;
- Piano inquadratura Size/Angle;
- Movimento camera e descrizione dello shot;
- Anteprima shot;
- Note contenenti info per illuminazione, fotografia, etc.;
- Note VFX.

Scena	Shot	Size/Angle	Lens	Movement/Descrizione	PreV	Note	VFX
1 INTRO	A	EWS	18	Fissa/Tripod VINCENZO è al centro della stanza, fermo. Sulla parete a destra la STATUA immobile è incastrata nel muro protesa in avanti. VINCENZO volta lo sguardo verso la STATUA e lentamente le si avvicina. (Se si conserva "attrazione muro", si può mantenere questo shot. Vincenzo avanza verso la luce rossa (reference "Madre" shot di apertura, poi viene attratto dal muro alla sua destra, poi raggiunge la statua)		- Fotografia: spostare pallone per plate. - Inquadratura dall'alto (windup - mini jib) - Testa remotata grande su finestre.	- Eliminare luce pallone - cgi statua - green screen porta - luci rosse finestre facciata frontale (plate rosso-plate neutro)
2 SVELAMENTO	A	MCU → TyvoShot (laterale)		Push Out VINCENZO di profilo in attesa, volta lo sguardo verso la statua in fuori campo. Push Out della Mdp a svelare la STATUA protesa in avanti e incastrata nel muro. VINCENZO le si avvicina. (considerare possibile movimento di boom down per enfatizzare la presenza della statua)			- manichino braccio più testa per il tracking (marker, misurare distanze)

Figura 6.6 Screenshot dello shotlist

	B	INS (LA?)		??? Mano di VINCENZO che sfiora il braccio della STATUA			- movimento? si reference manichino
	A	EWS → WS → TS (frontale)	24	Carrellata avanti VINCENZO e STATUA sono posizionati al centro dell'ina. La lenta carrellata in avanti crea un senso di attesa.			- cgi statua
3 LIBERAZIONE /SPECCHIO	B	INS (HA)		Sul muro, in prossimità della statua, compaiono delle crepe. Un accenno iniziale e un impulso di rottura. La STATUA sta per liberarsi.			- plate fisso - manichino come reference
	C	MCU → TS (HA → EL)		Push in VINCENZO è in tensione. La STATUA è immobile. Tensione. Un impulso libera entrambi dal muro.			- manichino marker

Figura 6.7 Screenshot dello shotlist

In questa fase ho lavorato a stretto contatto con il VFX Supervisor, il regista, sotto la supervisione di Riccardo per definire la tipologia di inquadrature in funzione degli effetti speciali, della scenografia e dell'illuminazione sulla base dei seguenti accorgimenti:

- Limitare il numero di scene in cui è presente il modello in CGI della statua, dovuto ai tempi di render elevati;

- Limitare il numero di scene con il modello in CGI in primo piano, tempi di render elevati e texture in alta definizione;
- Non inserire scene in cui il ballerino passa davanti alla statua per evitare il *rotoscoping* del performer;
- Limitare i movimenti di camera in presenza del modello CGI a causa dei tempi di tracking e relative problematiche legate a esso, come inserimento in campo di tracker che devono poi essere rimossi in post;
- Mantenere una distanza minima tra ballerino e performer per ovviare ai problemi legati alle ombre;
- Evitare ombre nette.

6.6 Fotografia

Il DP, il direttore della fotografia, è il responsabile della fotografia, dell'illuminazione e della composizione e lavora a stretto contatto con il VFX Supervisor.

Per questo progetto il DP ha scelto di utilizzare un'illuminazione per enfatizzare i materiali e la storia della sala del Duomo.

Si è scelto di lavorare soprattutto sul principio della divisione dello spazio; l'idea era quella di un potente raggio di luce rossa che potesse aprire uno spazio nel muro, così da dividere l'architettura.

Come si può vedere dalla **Figura 6.8** Documentazione fotografica del direttore della fotografia, anteprima illuminazione. , l'illuminazione dominante è il rosso, che si converte in luci radenti dall'alto per le pareti laterali. Fasci di luci per illuminare le finestre, per ricreare l'effetto di una grande fonte luminosa proveniente da dietro al muro e, infine, uno più sottile proveniente da dietro l'apertura.

Con un intervento scenografico, si è intervenuto per coprire la porta ed altri elementi della sala che entravano in contrasto con il resto dell'architettura.



Figura 6.8 Documentazione fotografica del direttore della fotografia, anteprima illuminazione.

L'attrezzatura adottata è stata:

Camera:

- Arri Alexa;

Lenti:

- Leica SUMMICRON-C;

Filtri:

- set filtri GlimmerGlass;

Luci:

- Pallone (Air Ballon 1200 HMI);
- 2.5/4k HMI suna par Stread + ballast pauer jams;
- Sagomatori ETC 3200k;
- 2k Tung ARRI;
- 650k Tung ARRI;
- Led LS lightled 40x40 rgb + ballast;
- Barri led rgbw Litecraft AT10;
- Robe 150 led beam;
- Robe Spider;

- Mixer per luci, gestione e movimenti.

6.6.1 Lighting plan

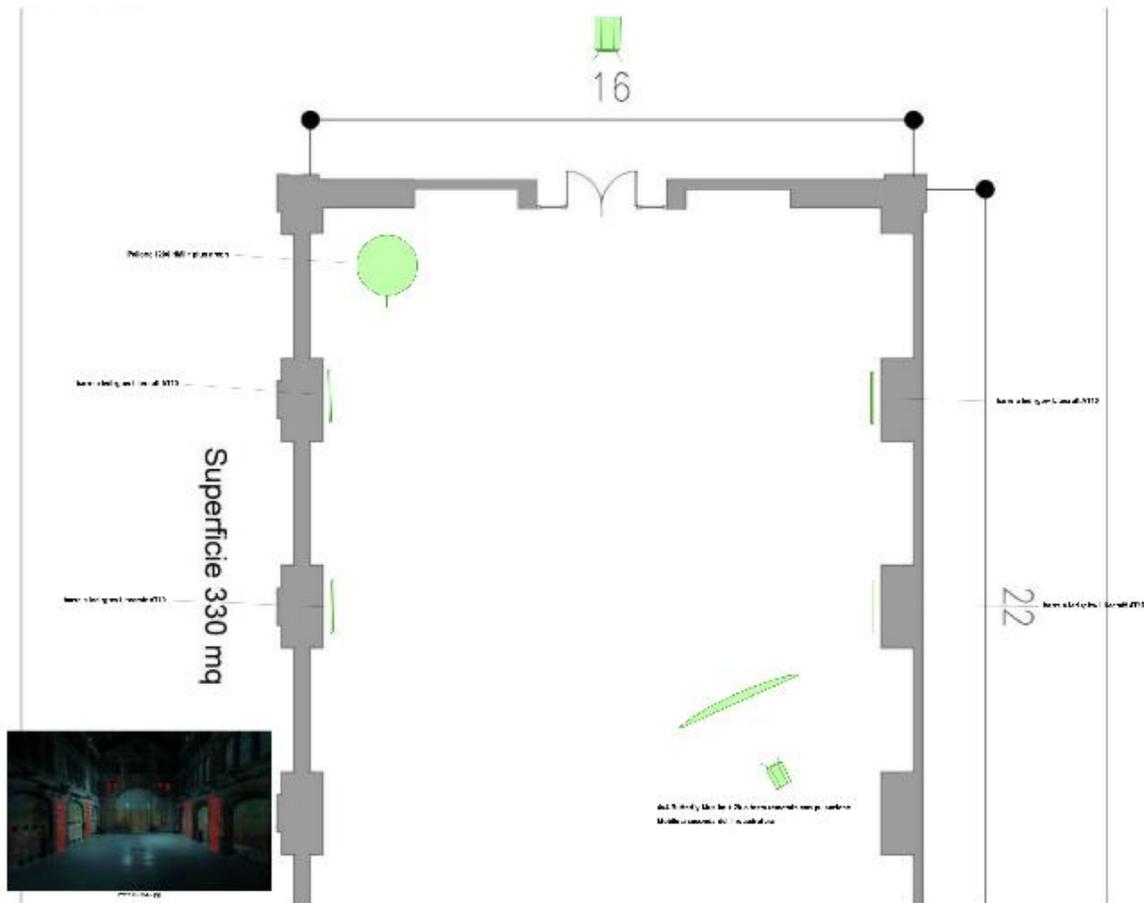


Figura 6.9 Esempio di light plan di uno degli shot.

Il direttore della Fotografia assieme al Regista hanno deciso quello che avrebbe dovuto essere il look visivo e in funzione di questo, il tipo di illuminazione da adoperare per le varie scene. Viene redatto un documento, il *light plan*, una collezione di immagini rappresentanti la pianta una bozza o la pianta della location in cui viene girata ciascuna scena.

All'interno di questi documenti è possibile inserire informazioni su:

- Posizione delle luci;
- Tipologia di luce impiegata;
- Posizione e movimenti della camera;
- Posizione e movimenti degli attori;

- Posizione di prese elettriche e idriche;
- Riferimenti e note per VFX;
- Etc.

Questi sono, infatti, alcune delle informazioni che è possibile inserire al fine di fornire ai tecnici e agli addetti ai lavori tutte le informazioni necessarie per il posizionamento delle luci per ogni scena girata.

6.7 VFX Plan

In fase di preproduzione, il VFX Supervisor, Regista, Produttore e DP hanno esaminato ciascuna scena dello shot list per valutare la presenza o meno di VFX e per trovare il modo più adatto a realizzare gli effetti necessari.

Queste informazioni sono state aggiunte direttamente al documento della shot list al fine di averne uno comune di riferimento.

Una delle prime problematiche affrontate è stata come ottenere il raggio di luce netto proveniente da dietro la porta. Questo, infatti, costituiva un vincolo narrativo che non poteva essere modificato o eliminato, con la difficoltà aggiuntiva che il budget e la logistica non permettevano di effettuare delle prove preliminari per trovare il giusto set-up.

In prima battuta, si è pensato di ricreare affidandosi al reparto scenografia un pannello da apporre alla porta nera (che si vede in figura), lasciando una fessura dietro alla quale sarebbe stata posizionata la sorgente luminosa rossa.

Questa soluzione non è stata fattibile per motivazioni di budget.

Si è pensato ad una seconda strategia: posizionare davanti alla porta una struttura creata con un'asta collegata a due stativi, sulla quale stendere un pannello verde per il green screen.

Questo tipo di approccio presentava alcune criticità:

- Stabilità della struttura: il peso del pannello avrebbe potuto far incurvare l'asta rischiando di far entrare in campo parti della porta;
- Trasparenza del pannello per green screen: si temeva, infatti, che la potente sorgente luminosa posta dietro potesse vedersi in trasparenza, soprattutto in prossimità dei bordi del fascio rischiando di rendere il chroma key difficoltoso.

Per poter essere pronti ad ogni evenienza, si è deciso di portare dei rotoli di cartone verde, messi a disposizione da Robin Studio.



Figura 6.10 Green screen per il portone

La scelta del green screen comportava un'aggiunta di fasi di lavorazione a tutte le scene in cui era presente la porta:

- Matte painting + Ricostruzione del portone;
- Tracking porta.

Un altro intervento riguardo ai VFX riguardava le scene iniziali e finali, in cui la totale riprendeva l'intera facciata del Duomo.

OGR non ha permesso la sospensione delle luci alle americane già installate, dunque sarebbe stato necessario mettere in campo delle luci diegetiche (come il pallone) da rimuovere in post, creando un plate con la luce spostata per ricostruire la parte mancante.

La scelta per queste scene è stata quella della camera fissa per non dover fare un tracking.

Infine, l'ultima questione affrontata è quella del tracking necessario ad aggiungere il modello in CGI. Sono state fatte delle prove nelle peggiori delle condizioni, utilizzando dei marker fatti con dei post-it e pennarello indelebile nero, ed utilizzando il video realizzato con un comune smartphone. Dai test effettuati abbiamo verificato la fattibilità delle scene in cui la statua si trovava in primo piano.

7. Produzione

Il 28 luglio, i vari dipartimenti coinvolti sul set sono stati convocati secondo l'ODG, per il set up luci, allestimento scenografico e la scenografia per i VFX.

Ho assistito il VFX Supervisor nel sopralluogo nella sala del Duomo per verificare il corretto allestimento della scenografia per gli effetti speciali.

Sin da subito è stato evidente che la prima configurazione studiata per la copertura della porta non poteva funzionare per i seguenti motivi:

- Lo stativo a disposizione non era alto a sufficienza per coprire l'intera sagoma della porta;
- Nonostante si fosse trovato uno stativo alto a sufficienza, la struttura avrebbe comunque avuto un equilibrio precario diventando quindi pericolosa.
- OGR non consentiva né di posizionare strutture instabili, né di apportare qualsiasi modifica alle pareti (chiodi, ganci, etc.) o fissarsi alle strutture metalliche presenti.
- L'asta orizzontale si incurvava eccessivamente a causa del peso del panno.
- La stoffa, piegandosi, non permetteva di creare linee verticali nette per la sorgente luminosa rossa.

Si è scelto di incollare le strisce di cartoncino rigido direttamente sul vetro della porta. Il vetro oscurante non faceva passare la luce attraverso e, in questo modo, è stato possibile sfruttare la rigidità del cartoncino incollato a due assi di legno incastrate nella porta per ottenere una fessura precisa.

Abbiamo fatto un test con i tracker con l'illuminazione da set insieme ai ballerini, riprendendo con uno smartphone, per verificare se tutto funzionasse nel modo giusto.

Il 29 luglio è stato il giorno in cui si sono tenute le riprese sul set.

I vari membri del team, su convocazione dell'ODG, si sono presentati in location.

7.1 *VFX Sul set*

In fase di produzione insieme a Riccardo, e al VFX Supervisor in base alle convocazioni del ODG ci siamo presentati sul set. Per verificare che tutto sia pronto per il momento dello shooting. Nelle sezioni successive sono presentati i principali interventi richiesti per IO | OI per quanto riguarda i VFX.

7.1.1 Green Screen e Chroma key

Il Chroma key rappresenta una tecnica usata nel compositing per realizzare effetti di sovrapposizione di due o più diverse immagini o video.

Il principio di funzionamento consiste nel registrare il soggetto interessato su un fondo colorato di una tinta unita. Applicando un filtro, in fase di editing, è possibile definire una chiave, una discriminante tale per cui tutti i pixel dell'immagine, in cui la componente colore è al di sopra di una certa soglia di luminosità o saturazione, vengono sostituiti con il canale alpha.

Nel caso del chroma key, la discriminante è la componente colore che può essere assegnata al filtro: maggiore è la saturazione migliore sarà il processo di scontorno.

Per poter permettere ai software di elaborazione video di poter "riconoscere" al meglio il background color, è necessario prendere degli accorgimenti che permettono di snellire le fasi di lavorazione successive:

- Illuminazione omogenea e dedicata al green screen per evitare aree a luminosità differenti; sono ideali illuminatori diffusi e non spot e il più larghi possibile. La medesima illuminazione del soggetto rischierebbe riflessioni verdi che rischiano lo spill.
- Superficie utilizzata per il green screen opaca e non riflettente per evitare aree di riflessione della luce.
- Se il soggetto ha poca profondità di campo, i contorni risulteranno sfuocati, non nitidi più difficili da "bucare".
- Se la camera si muove è necessario apporre delle croci verdi o arancio in caso di non intersezione con il soggetto per il tracking.
- Minimizzare il motion blur, una regola veloce consiste nell'impostare il tempo di esposizione come $T=1/\text{fps} \cdot 4$.
- Una profondità colore maggiore comporta una migliore gestione delle sfumature.
- Risoluzione di ripresa.
- Soggetto lontano dal green screen per evitare ombre.

Nel nostro caso (come è visibile da **Figura 7.1**) l'intera sagoma del portone è stata ricoperta con il cartoncino verde.

Non rappresenta una soluzione ideale poiché pur essendo opaco, ha un minimo di riflessioni, inoltre presenta una serie di pieghe che non creano una superficie omogenea.

Per favorire il tracking sono state inserite delle croci verdi sui due pannelli laterali, equidistanziate e posizionate ad una distanza di circa 50 cm l'una dall'altra.

In questo caso non è stato possibile dedicare un'illuminazione distinta per green screen e il resto della scena, e ciò ha determinato delle zone d'ombra sul lato sinistro più complesse da rimuovere.

Inoltre, è possibile notare la presenza di spill sulla superficie del pavimento.

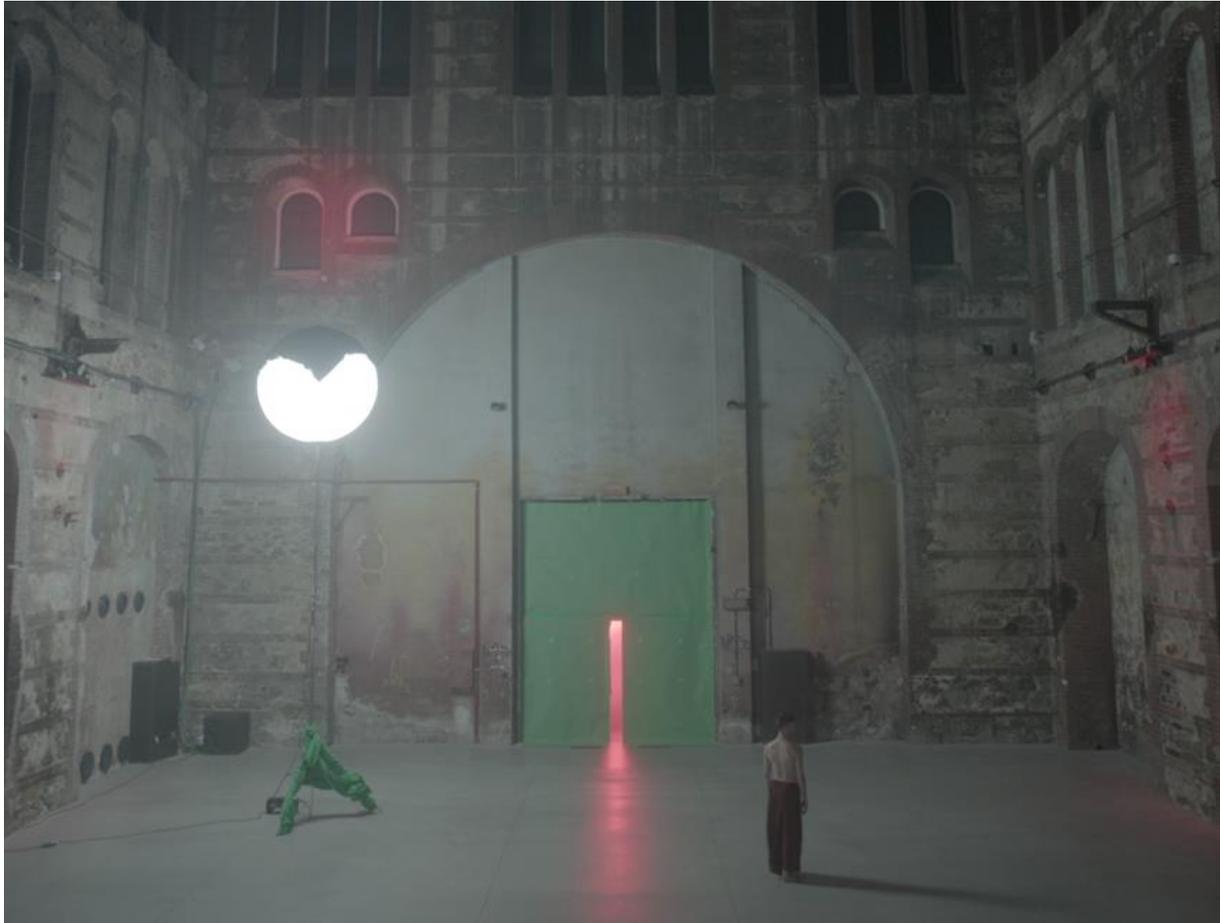


Figura 7.1 Copertura del portone con cartoncino verde e luce diegetica.

7.1.2 Tracking

Il tracking è quel processo che permette di localizzare una serie di punti in una successione di frame e permette di determinare i vettori di moto di ogni punto analizzato, utilizzando elaborati algoritmi.

Questi punti sono scelti solitamente in base all'alto contrasto rispetto ai pixel circostanti.

Un contrasto elevato facilita il processo di stima del moto che porta ad avere le informazioni sulle coordinate del punto nei vari frames.

Generalizzando, un qualsiasi sistema di tracking determina, in maniera automatica o manuale, di individuare dei punti notevoli, i features, all'interno di un'area che la include.

Ogni punto di track ha una regione più ampia, la zona di ricerca, che rappresenta lo spazio in pixel in cui verrà ricercato il contenuto del tracker nei frame successivi.

I software di motion tracking tengono conto anche delle informazioni della camera e delle lenti utilizzate, la triangolazione dei marker per ottenere risultati ottimali.

Questi dati possono essere utilizzati per fare un matchmoving, ovvero permettono di ottenere una camera virtuale che si muove esattamente come la camera reale che ha registrato il footage.

Questo movimento fa sì che ogni elemento aggiunto al video verrà integrato con la stessa prospettiva, permettendo una perfetta integrazione di oggetti 2D e 3D all'interno del video.

Qui di seguito sono riassunte le principali accortezze da tenere per avere un buon tracking:

- Posizionare i marker a distanze note per avere un riferimento spaziale in video.
- I punti sfocati, ovvero i punti a bassa frequenza, influenzano negativamente il processo di tracking.
- ISO influenza negativamente il track poiché, aggiungendo guadagno, si introducono punti ad alta frequenza in maniera artificiale.
- Tempo esposizione breve per evitare motion blur.
- Usare focale corta (24-50mm).
- Evitare stabilizzatori ottici perché deformano l'immagine, è consigliato l'uso di stabilizzatori meccanici esterni.

I marker impiegati in questo progetto sono facilmente reperibili sul web, la presenza di angoli (triangoli, quadrati, croci etc.) facilita il track di rotazioni, e traslazioni della camera rispetto allo spazio.



Figura 7.2 Marker utilizzato sul set.

Un altro tipo di marker sono le semplici croci di nastro verde. Sono state posizionate in tutte le parti del pavimento su cui il ballerino sarebbe passato per facilitare il processo di rimozione dei marker attraverso un chroma key.

Nelle scene in cui non erano presente movimenti di camera, ovviamente, i marker venivano eliminati.

Un altro sistema di marker utilizzato è quello visibile in **Figura 7.2**.

In molte scene il performer guarda, interagisce e si muove in relazione alla statua, per cui avevamo bisogno di creare un oggetto che potesse essere di riferimento.

Inoltre, sui primi piani della statua, per la natura dell'inquadratura non era possibile posizionare marker nell'ambiente esterno.

In prima analisi si è pensato di introdurre un comune manichino, difficile da reperire poiché nessun negoziante era disposto a prestarlo, per di più eravamo fin troppo stretti con il budget per acquistarne uno.

In fase di preproduzione, partendo dalle misurazioni del corpo di Davide, ho realizzato il progetto di un manichino articolato, realizzato in legno e con le giunzioni fatte con dadi a farfalla.

Il sistema di bloccaggio delle articolazioni permetteva di far assumere al manichino artigianale le pose necessarie e di bloccarlo.

È importante notare che lo spessore delle “ossa” così sottile è stato fatto per far sì che il modello potesse coprire interamente la porzione di immagine occupata dal manichino.

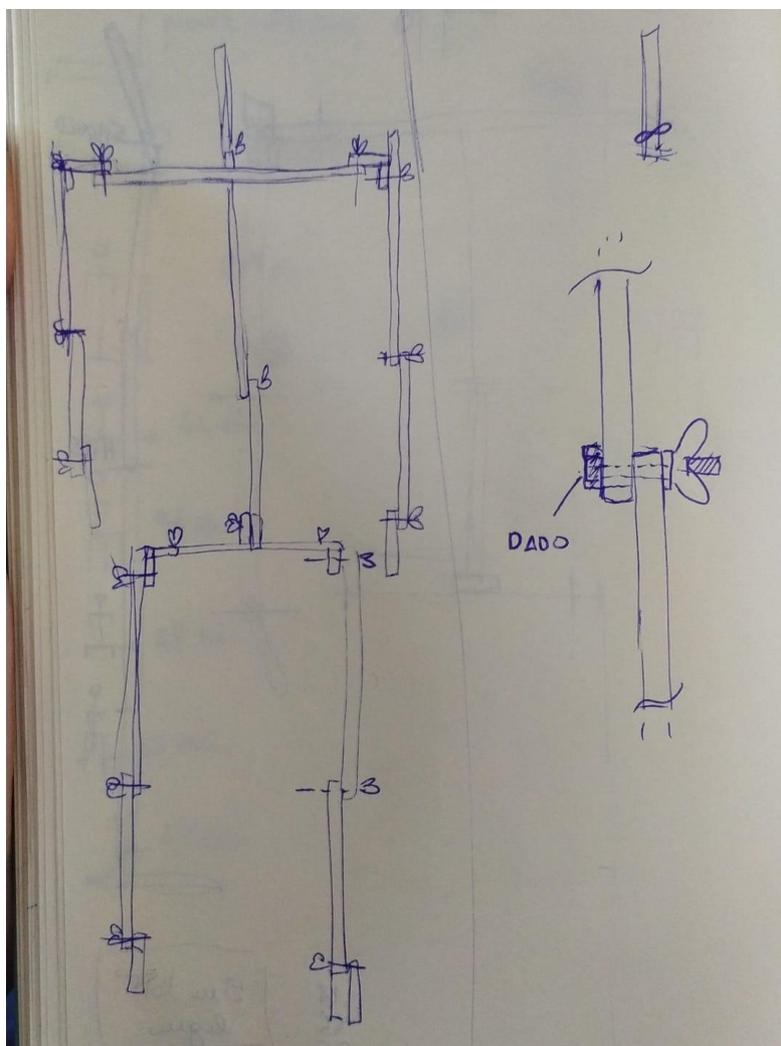


Figura 7.3 Bozza del progetto dello scheletro per il track.

Per ovviare ai problemi sopra descritti sul tracking di queste scene, su “Tyno” (nome dato al manichino) sono stati incollati dei marker fatti su misura che hanno reso possibile il tracking della scena.

In ultima analisi, si può notare come il manichino, costruito su misura, abbia permesso di avere una reference visiva esatta per la posizione del modello 3D della statua.

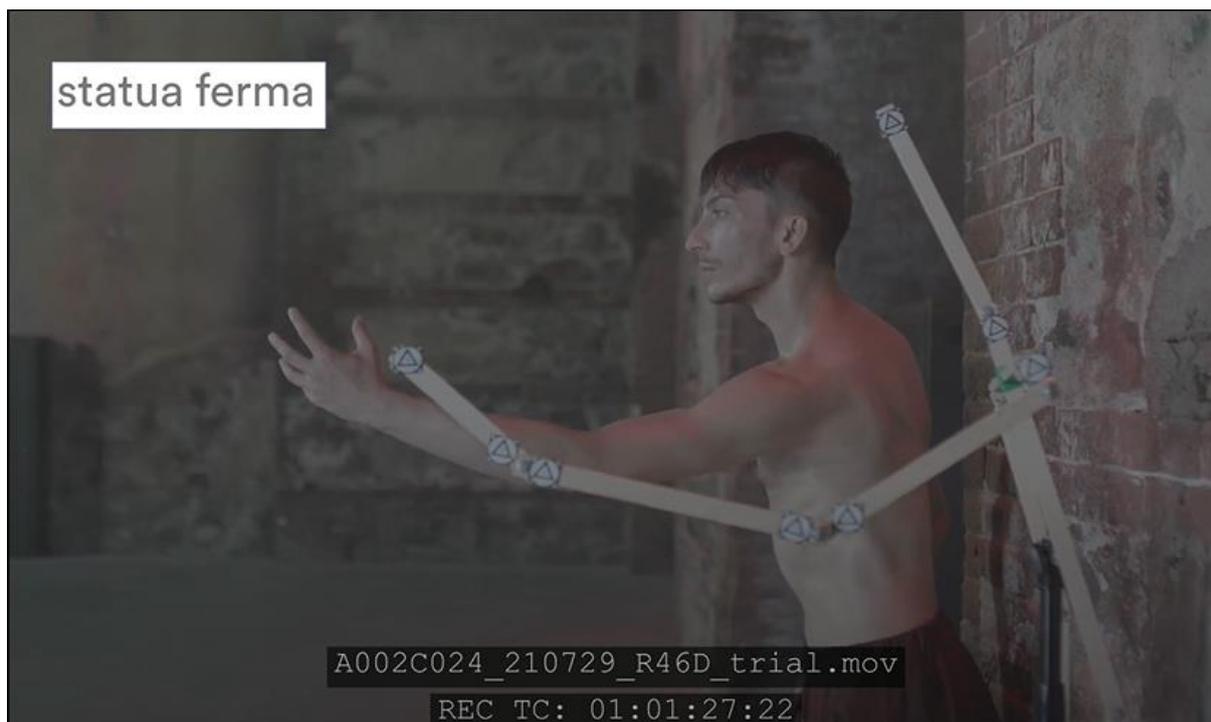


Figura 7.4 Scheletro realizzato per track della scena e riferimento per inserimento della statua.

7.1.3 Fotogrammetria

La fotogrammetria rappresenta il processo per ottenere informazioni riguardo geometria e materiali delle varie superfici, senza un contatto con l'oggetto, sulla base di elaborazioni delle immagini. Permette, dunque, di ottenere un modello 3D da una serie di immagini o video.

Gli ambiti di impiego di questa tecnologia sono svariati, per elencarne alcuni:

- Architettura: utilizzata per creare rilievi delle architetture, modelli texturizzati da cui è possibile facilmente estrarre foto piani 2D.
- Beni culturali: in cui la fotogrammetria permette di avere delle copie digitali identiche a quelle reali, facilmente accessibili e consultabili.
- Archeologia: in cui assume un ruolo di vitale importanza perché permette di documentare manufatti perfettamente interrogabili in qualsiasi momento, senza avere la necessità di doversi presentarsi in loco.
- Geologia, cartografia tecnica: in cui, tramite immagini satellitari e aeree, è possibile ottenere un rilievo dettagliato di vaste aree geografiche.
- VFX, Gaming.

Sviluppatori di giochi possono fare uso della fotogrammetria per ricreare rappresentazioni fedeli di modelli, *props* e location dei film come è stato fatto nel capitolo *Star Wars: Battlefront*. Un esempio di uso della fotogrammetria nel mondo del cinema è rappresentato dalla sequenza action nel film di James Bond “Quantum of Solace (2008)” in cui i due personaggi si lanciano da un aereo in fiamme. Questa scena è stata girata in una galleria del vento grazie all’uso di 17 camere posizione secondo angolature differenti e sincronizzate. Questo ha permesso di generare le meshes dei due soggetti. [8].

Esistono diversi metodi per utilizzare la fotogrammetria; in questo caso sono state realizzate una grande quantità di foto all’interno edificio.

È stata utilizzata un’illuminazione omogenea e uniforme su tutta la stanza per non avere zone in ombra o per non creare discontinuità cromatiche.

Con l’utilizzo di tre camere in contemporanea, per ridurre le tempistiche, sono state scattate le foto cercando di avere diverse angolature della stessa porzione di muro.

È necessario, dunque, avere delle immagini in cui gran parte del frame è in comune con la foto precedente e quella successiva. Successivamente è necessario avere un software dedicato per convertire la mole di foto in un modello 3D.

Il risultato è stato molto soddisfacente: il modello e le texture sono accurati anche se le UV Map generate sono disordinate e confusionarie.

Sono stati realizzati due modelli, uno generale di tutta la stanza, usato per la creazione della scena 3D e un secondo modello, realizzato caricando soltanto le foto relative alla porzione di muro da cui fuoriesce la statua, per avere maggiore risoluzione e dettaglio.

È stato importante considerare il fatto che il modello creato in fotogrammetria riporta la stanza del Duomo nelle condizioni in cui era il giorno dello shooting. Dunque sono visibili tutti gli oggetti come luci, americane, tubature etc., che sono state rimosse in post-produzione.

Poiché le UV-Map non erano facilmente modificabili, dal momento che la loro geometria non è regolare, per nascondere oggetti indesiderati sono stati creati dei semplici piani su cui sono state aggiunte le immagini con gli oggetti corretti.

7.2 *Character design*



Figura 7.5 Frame del cortometraggio IO | OI.

All'interno di questo progetto, l'elemento visivamente più evidente e impattante è certamente rappresentato dalla statua 3D che rappresenta uno dei due protagonisti, nonché soggetto di questo prodotto.

Il regista ed il VFX supervisor mi hanno assegnato il compito di occuparmi dell'intero processo produttivo, dalla creazione del concept fino alla realizzazione finale.

Il processo di realizzazione di un personaggio 3D è lungo e dispendioso e varia in funzione al tipo di produzione e la finalità del prodotto stesso. Infatti, all'interno di grandi produzioni cinematografiche o videoludiche, la pipeline produttiva che va dal concept fino al render finale viene segmentata e ad ogni step corrisponde solitamente una diversa figura professionale.

All'interno di piccole e medie produzioni, invece, è molto probabile individuare figure che si occupano in parte o in toto di tutto il processo produttivo.

Nei prossimi capitoli verranno descritti le principali lavorazioni, da me effettuate, che hanno portato alla realizzazione della statua utilizzata all'interno del progetto IO|OI.

7.2.1 L'idea

Un elemento di fondamentale importanza della figura della statua è sicuramente la credibilità estetica e dei movimenti.

Una ricostruzione fedele, quanto più realistica possibile, al fine di dare l'impressione di essere di fronte ad un oggetto che può prendere vita da un momento all'altro.

Un modello di riferimento è rappresentato dal video musicale Wide Open diretto dal duo Dom&Nik.

A livello fotografico, le ispirazioni sono quelle di un mondo tech, un'immagine pulita ma non fredda.

L'obiettivo è usare la luce in modo impressionistico, giocando con controluce e immagini che abbiano al loro interno una visione poetica del luogo e della situazione, che non si limitino a fotografare in maniera documentaria la realtà, ma ne restituiscano un'impressione.

È interessante che sia composita, un mix di elementi culturali eterogenei, un richiamo tra statua e uomo.

Queste sono state le direttive del regista e insieme al VFX Supervisor abbiamo discusso a lungo del look visivo che avremmo dovuto dare alla statua.

7.2.2 Reference

In fase di preproduzione abbiamo intrapreso assieme una fase di ricerca visiva, attraverso *Instagram, Vimeo, Behance, Dribbble* etc.

Solitamente, alla base di qualsiasi processo creativo c'è la ricerca di references, che consiste nell'esplorare, nell'osservare progetti, lavori creati da altri che permettono di focalizzare l'attenzione su quello che si sta cercando di realizzare e talvolta anche di stravolgere tutto.

La nostra ricerca si è concentrata sul materiale e sulla forma. Volevamo dei materiali che ben si potessero integrare nelle riprese, d'altronde la statua nasce e si stacca dal muro delle OGR.

Abbiamo collezionato una cartella drive all'interno della quale erano presenti una collezione di immagini scattate in location dei dettagli più interessanti: mattoni, intonaco sgretolato, elementi in ferro ormai arrugginito.



Pinterest ha rappresentato un principale strumento di ricerca, poiché permette facilmente di trovare immagini correlate per raffinare la ricerca di references visive.

7.2.3 Moodboard

Lo step successivo è stato quello di raggruppare il materiale individuato all'interno di una serie di documenti per creare dei moodboard, una serie di immagini unite tra loro come se fossero dei collages che serve ai progettisti a mostrare, in un formato, visivo un progetto e i concetti di prodotto ad essi correlati

---mech---



Figura 7.7 Moodboard reference della statua mech.

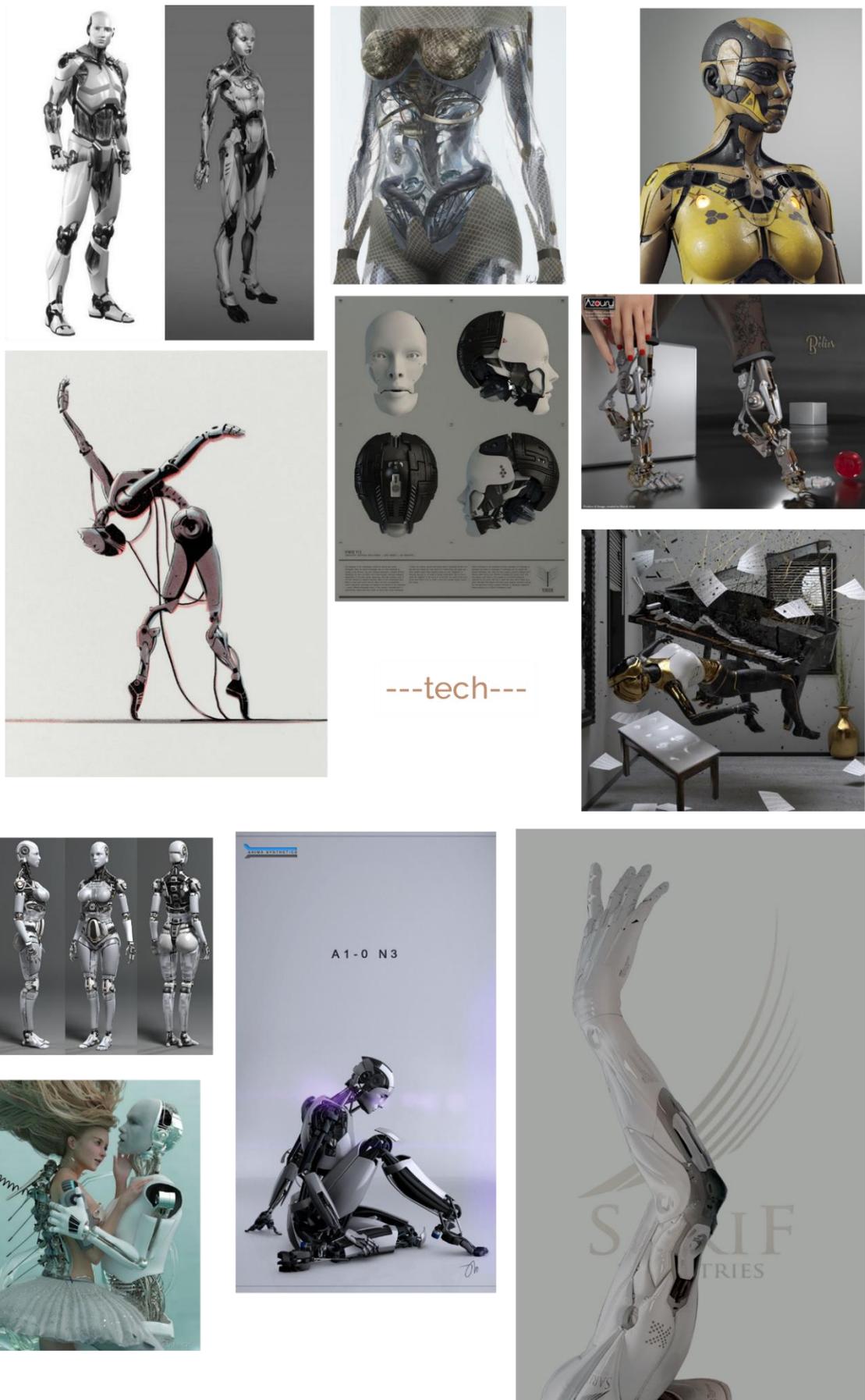


Figura 7.8 Moodboard delle reference della statua tech.

Sono state compilate tre diverse moodboard: una, contenente references di statue in marmo, un'altra con sculture provenienti dal mondo Hi-tech e l'ultima dal mondo meccanico.

7.2.4 Concept

Il concept rappresenta la traduzione visiva, attraverso sketches, bozze e immagini, di tutte quelle che sono le indicazioni per la realizzazione di un personaggio.

Il concept art è un processo interattivo che richiede creatività e buona dose di pazienza per arrivare a progettare tutte le caratteristiche che definiscono il personaggio.

La prima fase consiste nell'arte del thumbnailing: una serie di piccoli schizzi eseguiti rapidamente che servono ad avere molte più idee su carta, di quelle che si potrebbero mettere qualora ci si concentrasse a rendere esteticamente gradevole un'illustrazione.

La fase successiva consiste nel realizzare delle illustrazioni, possibilmente colorate, che analizzano il personaggio da diversi punti di vista: Concept, T-pose, tavole colorate di posa descrizioni del personaggio.

Il concept della statua è stato elaborato in modo che potesse semplificare tutto il processo realizzativo per poter rientrare all'interno delle tempistiche per la consegna del progetto.

La statua rappresenta una prima elaborazione grezza di uno scultore: è composta da forme semplici di pietra che rimandano alla composizione delle pareti delle OGR.

Il tempo le ha fratturate e disgregate facendo emergere la struttura interna, fatta di fili di metallo, proprio ad imitare la tecnica costruttiva del cemento armato.

Per evitare di ricreare deformazioni plastiche in corrispondenza delle articolazioni del corpo, la "pelle in cemento" è stata sostituita con giunzioni meccaniche per un braccio ed elementi metallici per tutto il resto. Il busto è scomposto, sezionato e fratturato.

Tra le linee di frattura e i pezzi di pietra distrutti si intravede il *core* del modello. Una serie di ingranaggi che muovono e animano la statua.

La testa è composta da due pezzi di pietra levigata, tenuti insieme da elementi di metallo. Al suo interno è presente un ulteriore meccanismo che permette di azionare uno disco metallico rotante che attiva e disattiva una luce rossa. Questo shutter ha una funzione narrativa, infatti si attiva nel momento in cui la statua prende coscienza di sé e smette di imitare i movimenti dell'uomo.

7.2.5 3D model

Il software utilizzato per la modellazione è Blender perché considerate le forme da ricreare non era necessario ricorrere a software specifici per la modellazione e lo sculpting come Zbrush.

Il primo passaggio è stato quello di importare un'animazione qualsiasi dei takes di Rokoko, avendo creato il profilo attore sulla base delle misure delle parti del corpo del performer, dopo aver estrapolato il rig si è ottenuto l'ingombro del personaggio.

Solitamente, nella realizzazione di un modello 3D, il rig dei personaggi rappresenta una delle ultime fasi che si fa in funzione del character.

Nel nostro caso, però, volevamo avere un modello 3D che rispettasse le proporzioni del ballerino.

Nella fase successiva sono state modellate le forme essenziali seguendo le reference della T-pose sullo sfondo nelle diverse viste ortogonali.

Una volta ottenuta la sagoma esterna del modello, sono state suddivise le varie parti del corpo in corrispondenza delle ossa del rig di Rokoko.

Per realizzare l'effetto pietra fratturata e rotta, è stato utilizzato l'add-on *cell fracture* di Blender. Un'importante caratteristica è quella che permette di utilizzare le annotazioni per creare la mappa delle fratture, in questo modo è stato possibile concentrare le "rotture" in punti specifici.

L'Add-on, soprattutto nei punti in cui i tagli sono ravvicinati, non permette di avere un modello pulito, creando sovrapposizione di punti e facce e complicando la selezione delle stesse durante la creazione delle UV-Map.

Per ovviare a questo problema e riuscire comunque a mantenere due materiali, uno per la superficie esterna ed uno per quella fratturata interna, prima di applicare l'Add-on sono state applicati due materiali alla mesh e, infine, si è scelta l'opzione materiali.

In questo modo, automaticamente, vengono assegnati due materiali distinti all'esterno e all'interno.

Per ricreare l'effetto del cemento armato si è utilizzato l'Add-on nativo *Spirofit* che permette di creare una spline, all'interno di un volume di controllo, di cui possono essere modificati una serie di parametri per renderla più simile ad una matassa di ferro.

In corrispondenza delle articolazioni della spalla, gomiti, bacino e ginocchio, sono stati

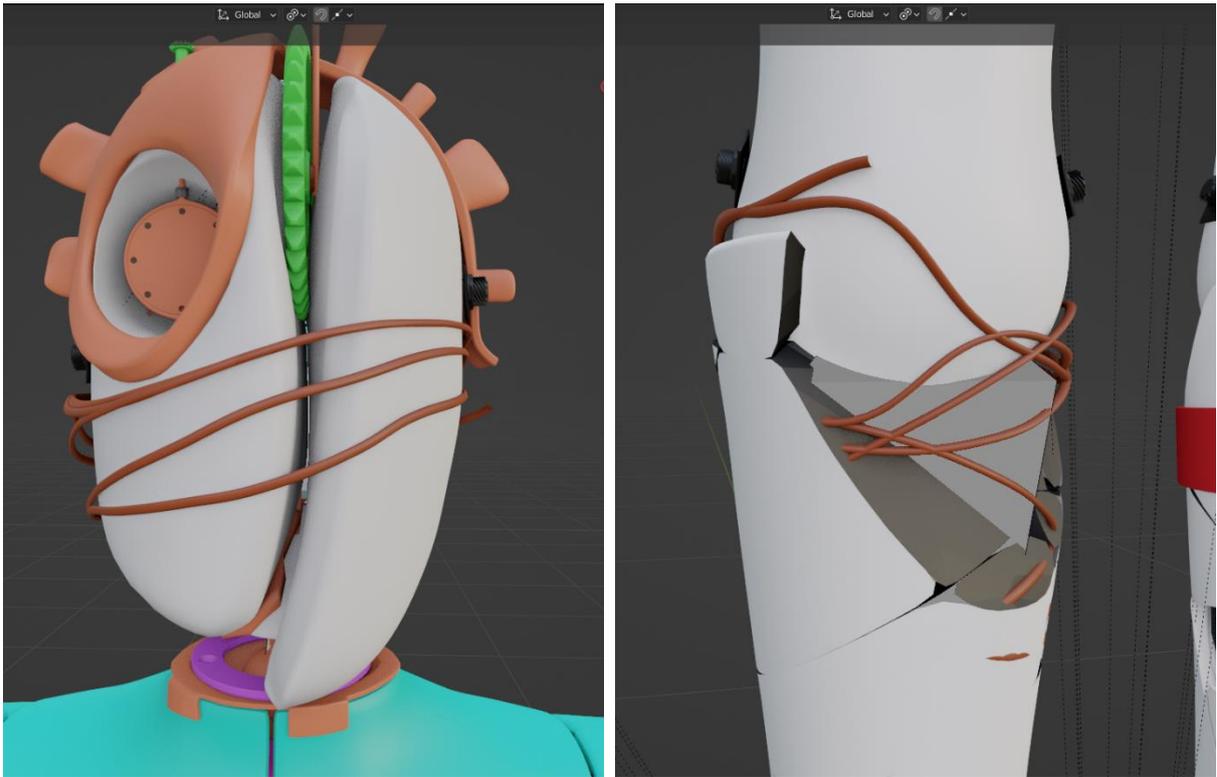


Figura 7.9 Applicazione dell'add-on *spirofit* per creare il filo metallico.

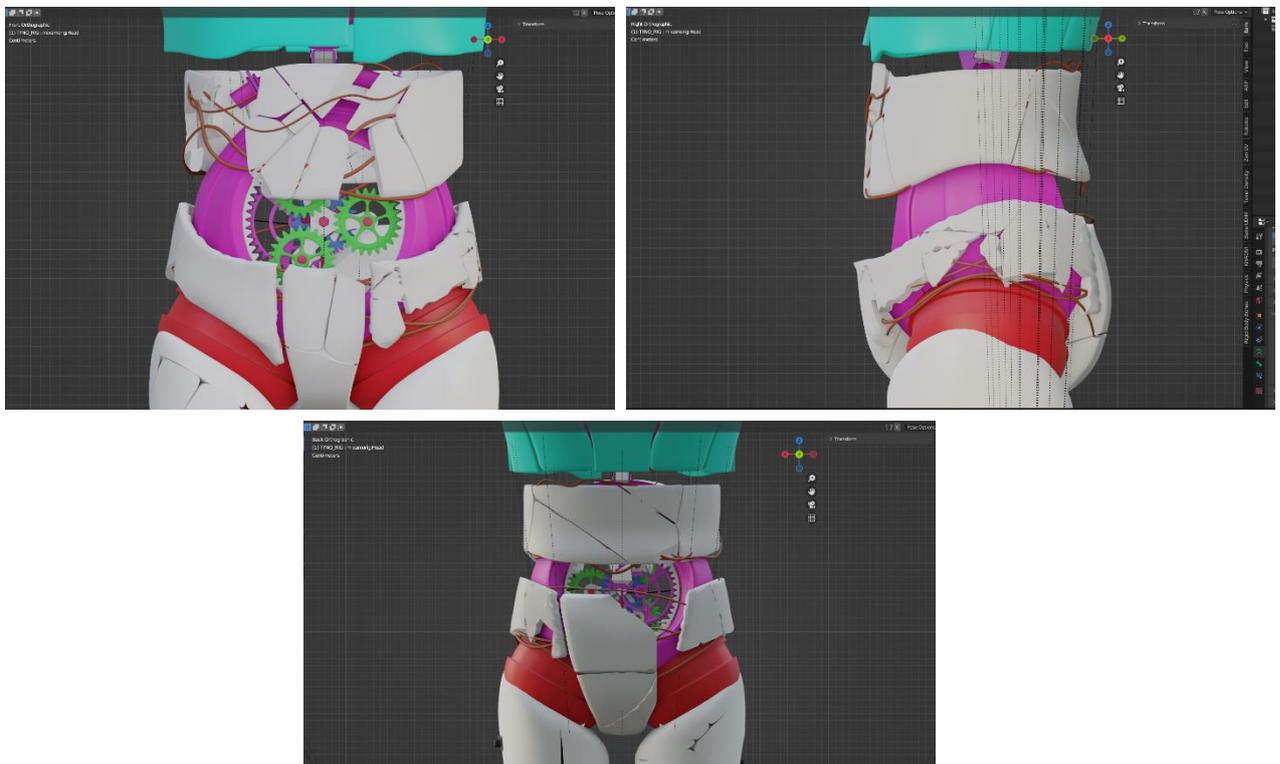


Figura 7.10 In alto a sinistra, vista frontale della sezione addominale; in alto a destra, vista laterale e vista retro.

realizzati, partendo da una geometria sferica, delle giunzioni pseudo meccaniche inserite per evitare l'effetto deformazione mesh se avessimo creato un'unica mesh continua.

Particolare attenzione è stata posta nella zona dell'addome.

Ho voluto ricreare una parte del corpo fatta di spazi vuoti, di spigoli vivi per poter creare giochi di luci e riflessioni interessanti.

Facendo riferimento alle reference del mondo mech, ho pensato di introdurre una serie di ingranaggi all'interno della pancia.

L'obiettivo era di renderli, dal punto di vista meccanico, più verosimili possibile, di modo che il movimento dell'uno determinasse quello dell'altro.

Sistemi di modellazione 3D come Blender e C4D danno già la possibilità di realizzare degli ingranaggi in cui è possibile editare numero dei denti, raggio interno, esterno etc., ma risulta più complesso metterli in relazione per avere una cinematica coerente.

Facendo una ricerca sul web ho trovato un software online molto interessante: *Gear Generator*.

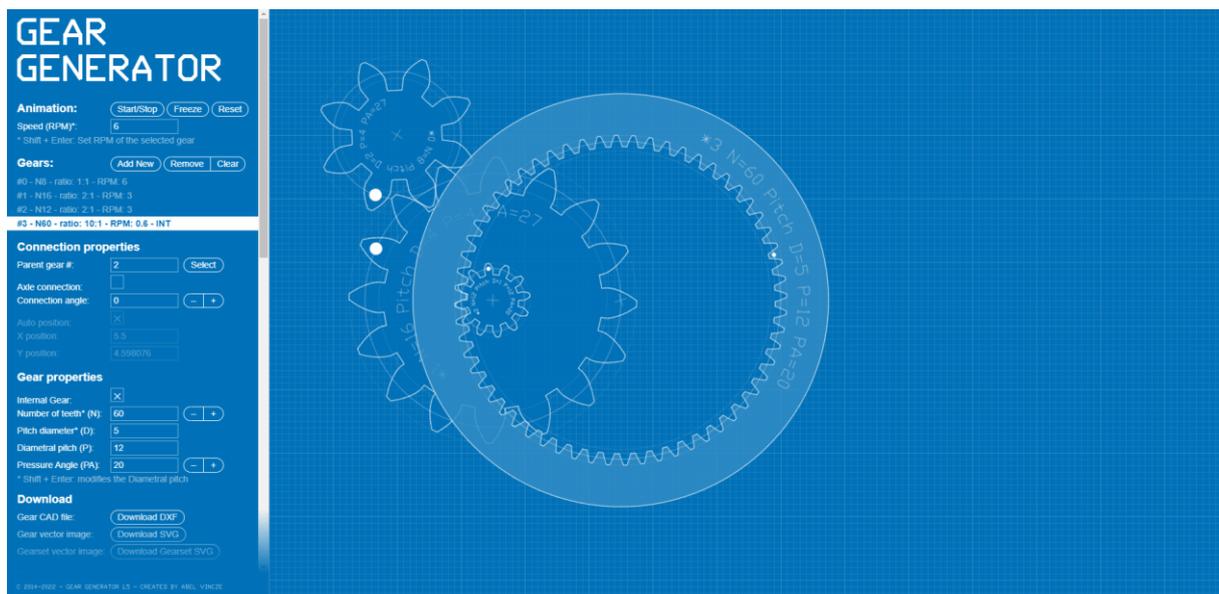


Figura 7.11 Anteprima del software online *Gear Generator*.

Questo tool permette di avere una progettazione completa di un *layout* di ingranaggi e di gestirne la rotazione.

Nella definizione di un sistema di ingranaggi, l'aspetto principale è l'accoppiamento, ovvero l'insieme dei parametri geometrici che permettono la compatibilità di un ingranaggio con l'altro.

Gear generator permette di evitare la fase di progettazione degli ingranaggi, la definizione del numero dei denti etc., passando direttamente ad una progettazione visiva. Infatti tutti i parametri sono direttamente collegati. Modificando il diametro, ad esempio, varierà anche il numero di denti e le grandezze ad esso correlate.

I principali parametri che si possono gestire sono:

- *Internal Gear*: *checkbox* per definire se la dentatura dell'ingranaggio sia interna o esterna;
- *Number of teeth (N)*: definisce il numero di denti;
- *Pitch diameter (D)*: diametro primitivo, ovvero il diametro associato alla circonferenza che passa dove la lunghezza dei denti è uguale alla larghezza dei vani;
- *Diametral pitch (P)*: ovvero passo diametrale, il rapporto tra diametro primitivo e il numero di denti $P=D/$;
- *Angol pressure*: angolo di pressione, l'angolo formato dalla retta d'azione e la direzione orizzontale, su cui giace la forza efficace nella generazione della coppia trasmessa all'albero.

Il software permette di esportare in DXF o SVG.

Per la realizzazione degli ingranaggi, mi sono ispirato al rotismo epicicloidale: una serie di ruote dentate capaci di ingranare tra di loro in modo che, il moto di una ruota dentata sia conducente per il moto di una seconda ruota dentata.

Il rotismo epicicloidale è un sistema di trasmissione meccanico noto anche come rotismo planetario, perché sia il funzionamento che i titoli della componentistica, ricordano il moto dei satelliti:

- Pignone sull'albero motore (solare) che dà lo start al rotismo;
- Portatreno (o porta satelliti), calettato al pignone motore, conferisce il moto ai satelliti;
- Satelliti, ruote dentate esterne;
- Corona circolare, a dentatura interna che ingrana con i satelliti permette il rapporto di trasmissione.

Questo sistema di trasmissione lo si trova all'interno del differenziale delle auto, nei sistemi di trasmissione angolare o elettrotensili.

Ho deciso di inserire questo *easter egg* perché rappresenta uno dei ricordi del percorso di laurea triennale in ingegneria energetica fatto al Politecnico di Torino e, inoltre, perché volevo che ci fosse un reale contatto con la meccanica.

Utilizzando il software sopraccitato ho composto il layout di ingranaggi, ho esportato il file in SVG ed importato su Blender.

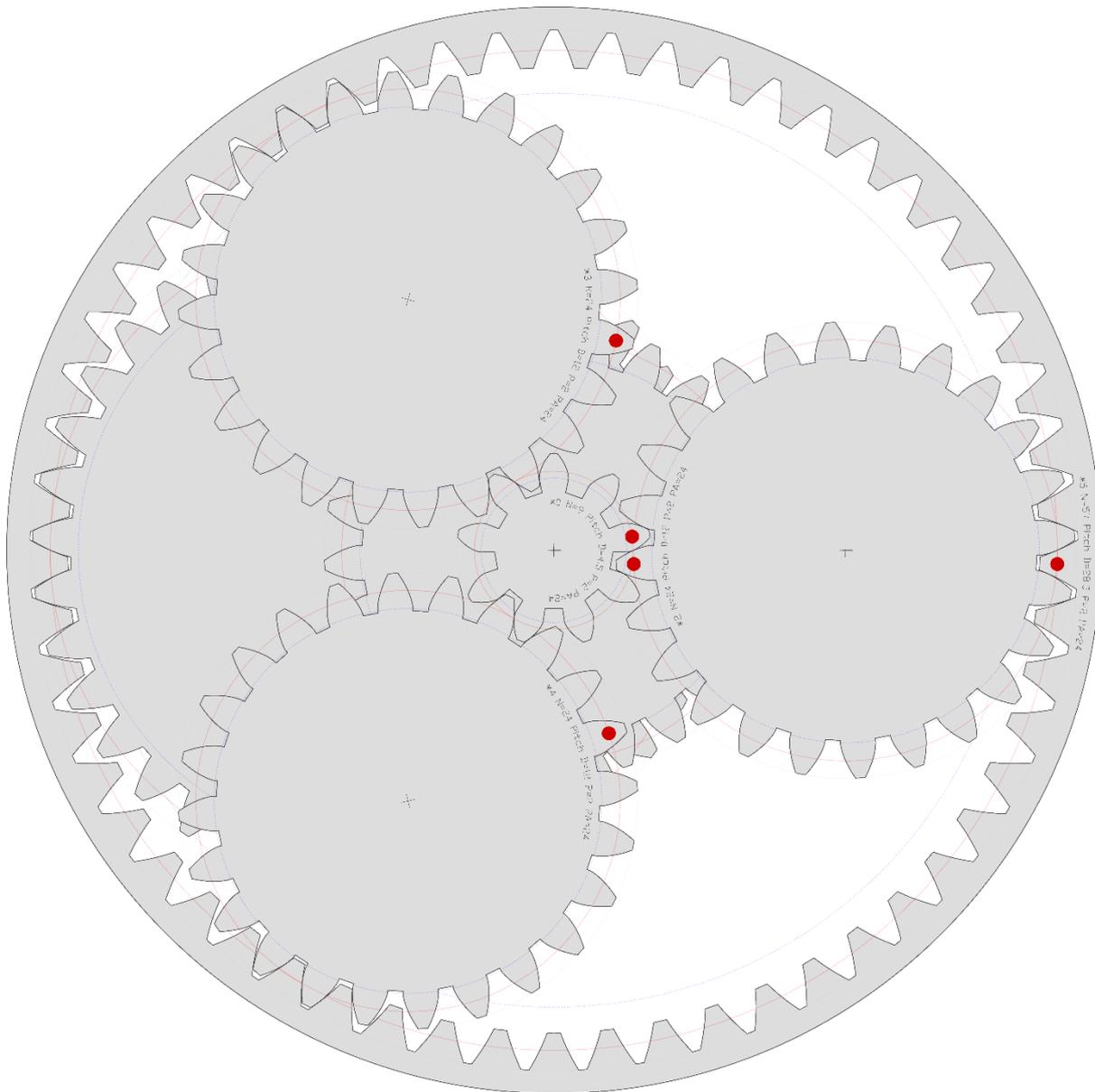


Figura 7.12 Configurazione degli ingranaggi.

La comodità di avere un file come quello in **Figura 7.12** evita di dover posizionare gli

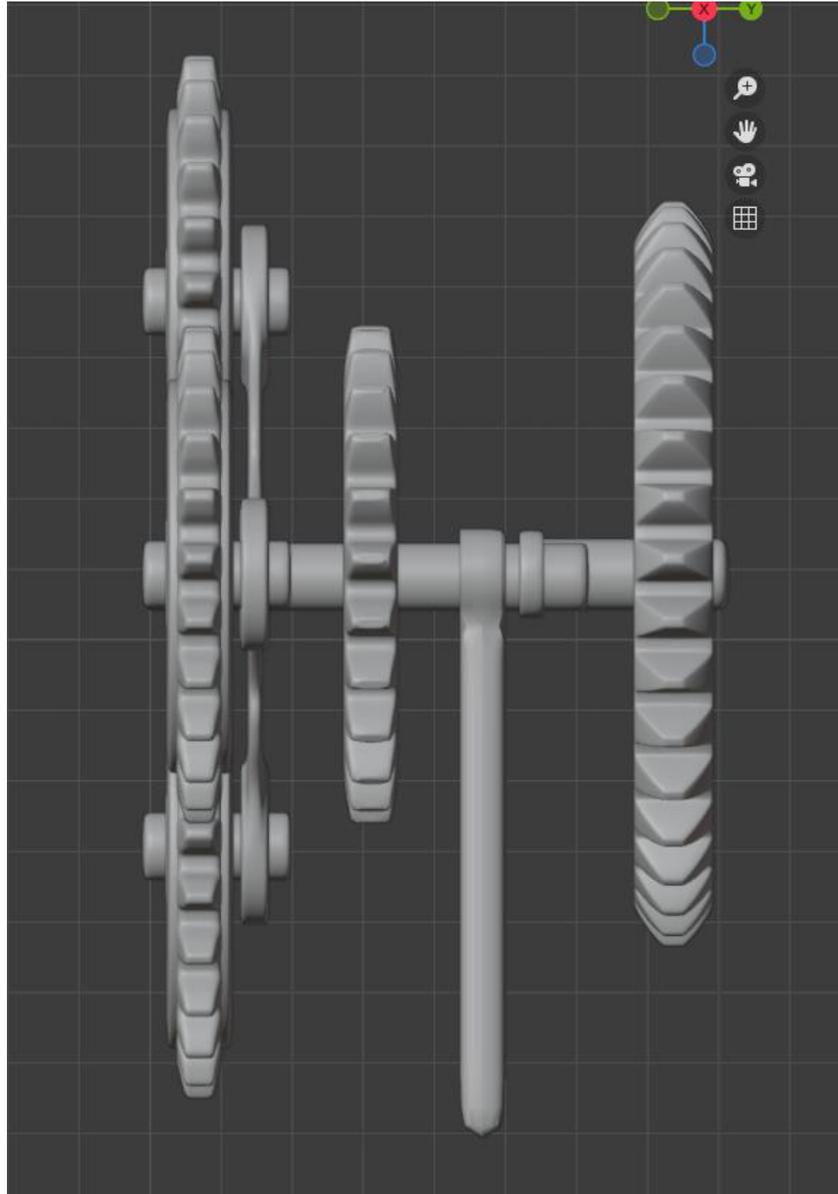


Figura 7.14 Vista laterale del modello degli ingranaggi.

Il viso, invece, è stato realizzato ispirandomi ad immagini provenienti dall'arte primitiva nepalese e artefatti del diciottesimo secolo.



Figura 7.15 (A sinistra) Reperto in bronzo relativo all'arte nepalese, (A destra) artefatto risalente al diciottesimo secolo.

Ultimata la definizione della testa, sono stati aggiunti tutti i dettagli che hanno portato al completamento del modello.

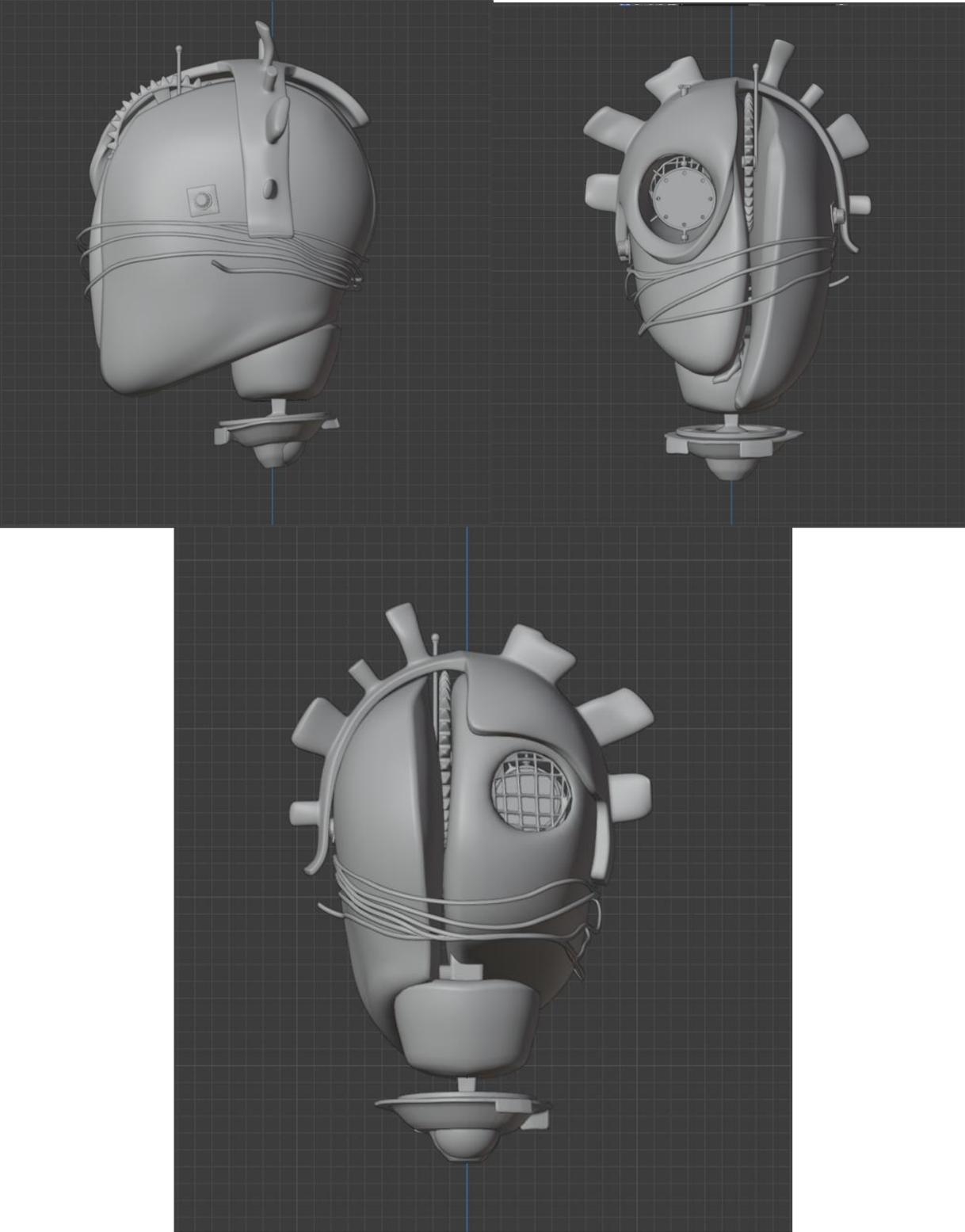


Figura 7.16 Vista frontale, laterale e posteriore del modello della testa.

7.2.6 UV Map

La mappatura UV rappresenta una tipologia di *texture mapping* che permette di applicare in maniera efficace e corretta le texture su di un modello tridimensionale.

La mesh tridimensionale viene così “appiattita” su un piano, sul quale giace un’immagine. Ogni vertice dell’oggetto tridimensionale avrà un corrispettivo di coordinate bidimensionale condiviso con l’immagine che potrà essere associato alle sue facce.

Per una comodità di interfaccia con il software utilizzato per il *texturing*, sono stati creati dei materiali per le diverse parti del corpo raggruppati per tipologia di materiale della statua: ferro arrugginito, pietra etc.

Un tool molto utile che è stato utilizzato è *UVPackMaster* che permette di ottimizzare la disposizione degli oggetti all’interno della stessa mappa.

7.2.7 Texturing

Una volta pronto il modello e le relative UV Map, è stato importato il file FBX all’interno del software Adobe Substance 3D Painter per la creazione delle *texture* del modello, avendo come references la collezione di immagini scattate in location dei muri e degli oggetti metallici presenti nella sala del Duomo.

In **Figura 7.17** è possibile osservare la viewport del software.



Figura 7.17 Viewport del software Painter 3D.

Questo software della suite Adobe permette di utilizzare una libreria di materiali standard, di crearne dei nuovi, potendo letteralmente pitturare come se il modello fosse una tavola in 3D. La statua è stata texturizzata creando dei materiali che emulassero l'effetto della pietra danneggiata dal tempo.

Il ferro, in origine azzurro, è ormai arrugginito.

Per richiamare i murales presenti sul muro delle OGR, sono stati creati dei dettagli sul viso proprio come se la statua fosse stata imbrattata da un gruppo di *writers*.



Figura 7.18 Dettagli sul viso della statua.

Le texture esportate sono:

- *BaseColor*: definisce il colore della superficie.
- *Height*: viene utilizzata per creare mappe con luci ed ombre ben dettagliate e/o per creare mappa dei *displace* della geometria.
- *Metallic*: definisce quali porzioni della mappa e, dunque, quale parte della mesh sono metalliche e quali no.
- *Normal*: definisce in quale direzione la faccia è diretta, serve a creare una mappa dettagliata per ombre e luci.
- *Roughness*: questa mappa definisce la ruvidità della superficie.

Infine, le mappe sono state utilizzate su Blender per creare i materiali del modello, attraverso i nodi.

7.2.8 Rig

Prima di procedere all'animazione, un qualsiasi *character 3D* deve essere sottoposto ad un processo di rigging (nel dettaglio una tecnica in cui un personaggio, o in generale, un oggetto articolato viene rappresentato in due parti: una superficie, *mesh*, ed una gerarchia di segmenti

interconnessi, bones, usati per creare una vera e propria armatura utilizzata per animare la *mesh*).

Il rigging non interessa esclusivamente personaggi o animali ma può essere utilizzato, per esempio, per definire il movimento di qualsiasi altro oggetto, da sistemi articolati, come le braccia meccaniche al comportamento delle foglie di un albero.

Il processo di rigging consiste nel creare un'armatura, uno scheletro, al quale le *mesh* dell'oggetto vengono associate e saranno sottoposte a deformazioni in base al tipo di *parenting* tra le ossa.

Il passaggio che permette allo scheletro di deformare una *mesh* è definito *skinning*, che consiste nell'assegnare ad ogni osso, un oggetto o una parte della *mesh* che subirà la deformazione.

È possibile definire il fattore di influenza della deformazione intervenendo con il *weight painting* o la selezione manuale dei vertici; il primo metodo permette, utilizzando dei pennelli, di incrementare o diminuire l'influenza di un osso sulle *mesh*.

Le ossa possono essere animate attraverso due tipologie di cinematica: inversa, diretta o mista. La cinematica diretta (FK) consiste nel muovere, osso per osso, attraverso movimenti rotazionali per comporre un'animazione o modificare la posa di un character.

La cinematica inversa (IK) permette un approccio più veloce, tramite la creazione di maniglie che muovono catene di giunti, ad esempio una gamba realizzata in cinematica inversa permette di modificare la posizione del piede senza dover intervenire sulla rotazione delle ossa della gamba.

Anche la fase di rigging è stata effettuata utilizzando il software Blender.

Un elemento di fondamentale importanza è quello di assicurarsi che il modello sia nella T-Pose, disposto coerentemente con il sistema di riferimento, con il pivot del modello in corrispondenza dei piedi e allineato con l'origine degli assi.

Si procede poi a neutralizzare trasformazioni di scala, rotazione e traslazione.

Esistono diverse tecniche per realizzare uno scheletro umanoide, dai diversi add-on in cui è sufficiente modificare la posizione di una serie di marker per far creare automaticamente il rig o crearlo a mano, aggiungendo di volta in volta le ossa.

Per praticità è stato utilizzato il *rig* importato dalle *takes* di Rokoko, in modo da non avere conflitti con i nomi delle ossa in fase di retarget e anche per assicurarsi la fedeltà dei movimenti. Il *rig* è stato modificato sulla base del modello creato in 3D, correggendo la posizione delle ossa e facendo particolare attenzione che quelle delle gambe e delle braccia si trovassero al centro dei giunti meccanici creati per non avere intersezioni tra le *mesh*.

Una volta verificata la simmetria dello scheletro tra la parte sinistra e quella destra, si procede all'associazione dello stesso con le varie mesh.

Poiché volevamo che le gambe, le braccia e la parte degli ingranaggi avessero dei movimenti meccanici rigidi senza deformazione delle mesh, è stato necessario, per ogni osso, *selezionare l'oggetto>shift + click sull'armatura, passare in pose mode, selezionare l'osso>ctrl+p>set parent to>object.*

Ho provato lo stesso approccio sul busto ma, inevitabilmente, si venivano a creare delle compenetrazioni tra gli oggetti per cui la parte dello sterno è stata associata all'osso *Spine1 e Spine2* con *set parent to>Armature deform>with automatic weight*. Per evitare che le rotazioni delle ossa collegate a questa avessero influenza sulla parte dello sterno, è stato necessario utilizzare lo strumento *weight paint* e apportare le dovute correzioni.

Il processo di rig ha seguito molteplici correzioni. Facendo delle prove di retarget delle animazioni del motion capture, sono emersi una serie di problematiche relative al movimento delle braccia in relazione alle spalle e delle gambe nel bacino. Per ovviare a questo problema è stato necessario ritornare indietro nella pipeline e modificare il modello allargando le braccia, riadattando il rig e riprovando nuovamente i movimenti per verificare che tutto funzionasse per il meglio.

Reiterare questi processi ha permesso di comprendere a fondo le problematiche e di conoscere meglio le procedure di *parenting* e di *rigging*.

Nella figura è possibile vedere il l'armatura completa della statua da diversi punti di vista.



Figura 7.19 *Rig* completo della statua.

Una volta realizzato il rig del modello della statua, è seguita la fase dell'animazione degli ingranaggi situati nell'addome.

L'obiettivo era quello di avere un sistema facilmente monitorabile in fase di animazione, che potesse permettere di controllare la velocità di rotazione e l'attivazione del sistema degli ingranaggi.

L'approccio che è stato adottato è quello di creare un'armatura per gli ingranaggi e sfruttare i *drivers* per poter gestirne le rotazioni relative.

Di seguito verranno descritti le fasi principali del processo.

1) Il primo passaggio consiste nell'analizzare la meccanica degli ingranaggi stessi.

Il *software Gear Generator* facilita questo processo poiché permette di analizzare l'animazione del meccanismo creato. In questo caso il portatreno, si muove solidalmente al pignone e sposta il centro di rotazione dei tre satelliti. Il senso di rotazione di quest'ultimi deve essere inverso rispetto al senso di rotazione del pignone. La ghiera esterna rimane fissa, gli ingranaggi posteriori seguono lo stesso principio.

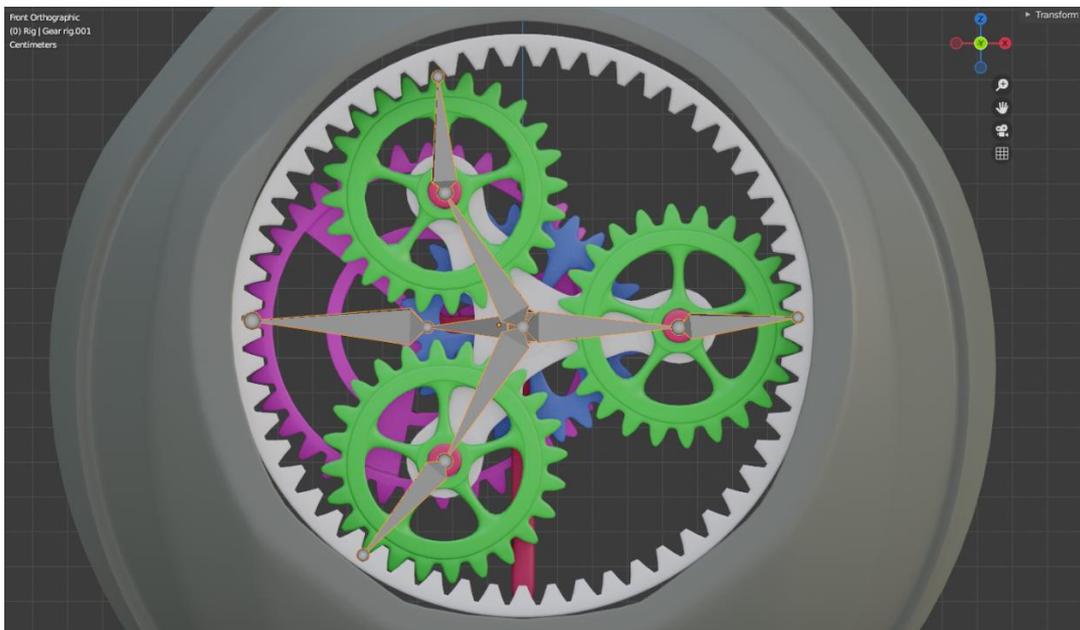


Figura 7.20 Modello 3D degli ingranaggi.

2) In *object mode*, dal pannello *add*, si aggiunge una nuova armatura, in corrispondenza del pignone.

Per avere dei movimenti rotazionali coerenti è necessario fare attenzione a disporre i segmenti dell'armatura al centro degli oggetti, secondo i rispettivi assi di rotazione. Dall'estremità del pignone sono state estruse tre ossa, fino ad arrivare al centro del punto di rotazione dei satelliti.

Dal centro di rotazione di questi ultimi si estrude un ulteriore osso fino a raggiungere l'estremità dell'ingranaggio.

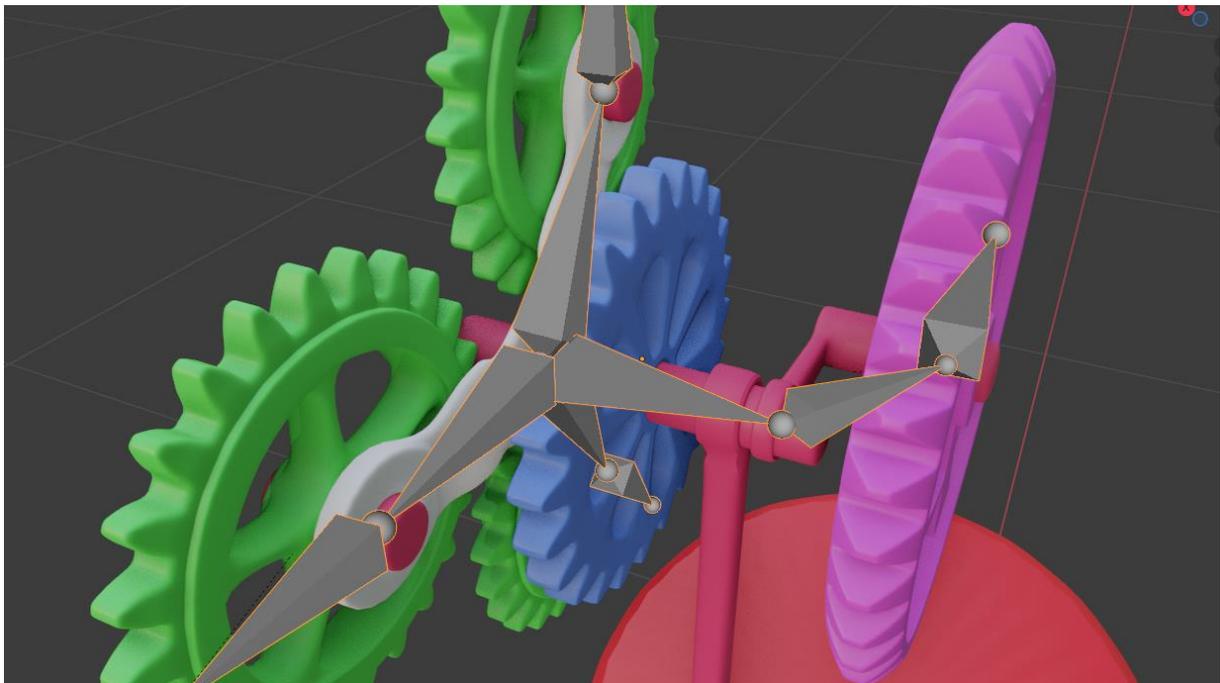


Figura 7.21 Costruzione dell'armatura degli ingranaggi.

Lo stesso procedimento è stato seguito per il segmento evidenziato in rosso e l'ingranaggio color ciano visibili nella **Figura 7.21**. Non è fondamentale seguire esattamente la geometria degli oggetti quanto posizionare testa e coda delle ossa in corrispondenza dei centri di rotazione.

- 1) Per legare gli ingranaggi all'armatura bisogna imparentarle, si seleziona *l'oggetto*>*shift+click su armatura*, si passa in *pose mode* e, poi, si sceglie a quali osso imparentare. *Ctrl+P>Set parent to>Bone*.

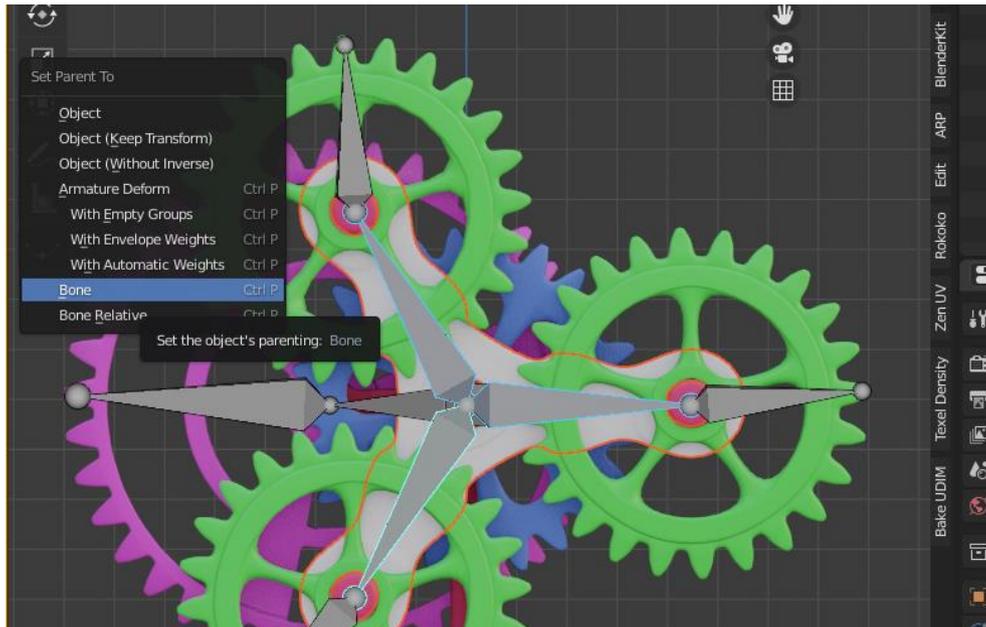


Figura 7.22 Imparentamento ingranaggio all'armatura.

- 2) L'oggetto da imparentare sarà evidenziato con un contorno arancione, mentre le ossa in azzurrino.

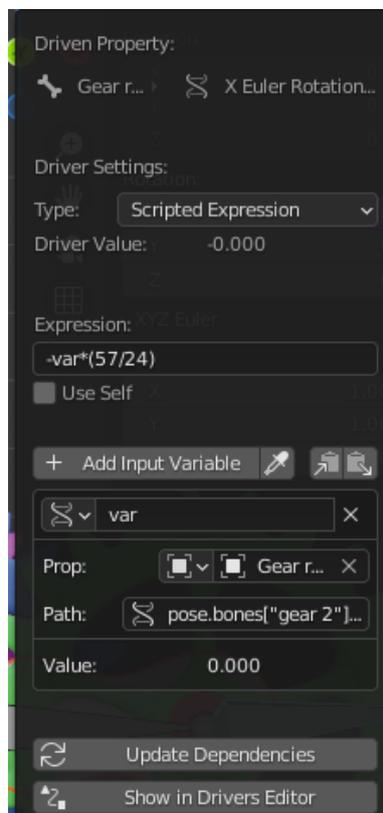


Figura 7.23 Tab delle impostazioni del driver.

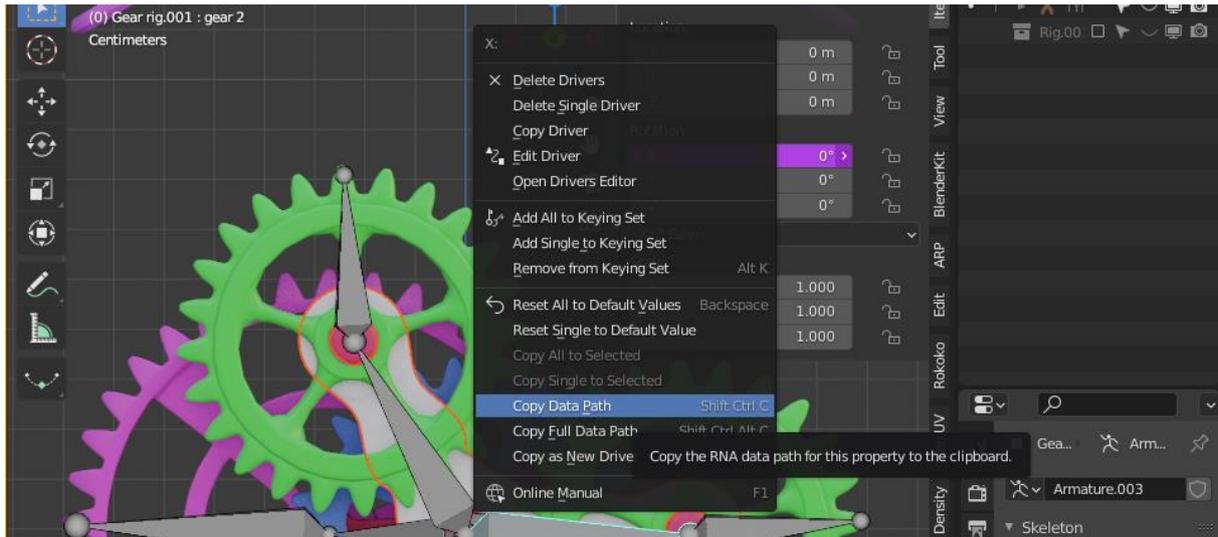


Figura 7.24 Passaggi per settare i drivers.

Per gestire la rotazione del satellite è sufficiente andare in pose mode, selezionare l'osso del portatreno. Nel tab Transform, assicurarsi che le rotazioni siano in modalità XYZ Euler, tasto destro su X Rotation e cliccare su copy data path. Selezionare l'osso a cui è stato associato il satellite. Si individua quale coordinata rotazionale gestisce la rotazione intorno al suo asse, tasto destro su X Rotation > Add driver.

Per collegare le informazioni della rotazione del portatreno a quelli del satellite, è necessario incollare nel campo path i valori prima copiati; quello Prop è da assegnare l'armatura in questione. La variabile var presente nel campo Expression rappresenta i dati sulla rotazione del portatreno, per far si che ruoti in senso inverso è sufficiente moltiplicare per -1.

A questo punto entrambe le ossa ruoteranno alla medesima velocità.

Le velocità relative degli ingranaggi dipendono, come analizzato nella sezione precedente, dalle caratteristiche geometriche dell'accoppiamento. Il rapporto di trasmissione (i) tra due organi rotanti è il rapporto matematico dato dalla velocità angolare della ruota motrice (conduttrice o movente) diviso quella della ruota condotta (cedente) ovvero:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = i$$

moltiplicando l'espressione per $(\frac{57}{24})$, ovvero il rapporto tra in numero dei denti della ghiera esterna (fissa) per il numero dei denti dell solare, si ottiene l'effetto desiderato.

7.2.9 Motion Capture

In fase di preproduzione, sono state fatte una serie di prove nelle varie location a disposizione per trovare quella che potesse essere più adatta allo scopo.

Come già detto, il motion capture inerziale soffre le interferenze elettromagnetiche dovute alla presenza di campi magnetici, campi elettrici e materiale ferroso.

La location della palestra messa a disposizione dalla compagnia EgriBiancoDanza non è risultata adatta al nostro scopo, poiché i sensori rilevavano troppe interferenze.

Il 27/07/2021 abbiamo fatto un test per il motion capture all'interno della sala del Duomo, per verificare se potesse essere adeguata.

Eseguire le catture nel luogo del set, avrebbe sicuramente agevolato i performer nella gestione degli spazi. Fin da subito, però, si è osservato come anche all'interno di quello spazio ci fossero troppe interferenze.

Le nostre alternative si restringevano ad un luogo esterno, ma eravamo stretti con i tempi in quanto sarebbe stato necessario richiedere il permesso per l'occupazione di suolo pubblico. Riccardo, dunque, ha proposto la sala di Robin Studio come ultima soluzione, ma nemmeno questa è risultata idonea a causa delle interferenze elettromagnetiche provenienti dal piano inferiore.

Infine, il coreografo ci ha dato la possibilità di fare un test all'interno della seconda sala prove della compagnia, che è risultata adatta al nostro scopo.

Infatti, siamo riusciti a trovare una zona in cui la tuta non percepiva interferenze, lontana dai condotti di areazione e dalla sbarra da danza posizionata lungo il perimetro.



Figura 7.25 Performer mentre provano la coreografia in sala prove.

In sala erano presenti entrambi i ballerini. Davide, il performer per la motion capture, ha indossato la tuta mentre Stefano, il ballerino che nel video rappresenta l'uomo, ha danzato insieme a lui come riferimento.

Per organizzare il materiale è stata creata una cartella contenente il progetto, nominata “Ciack 30-07-2021” per una più facile distinzione.

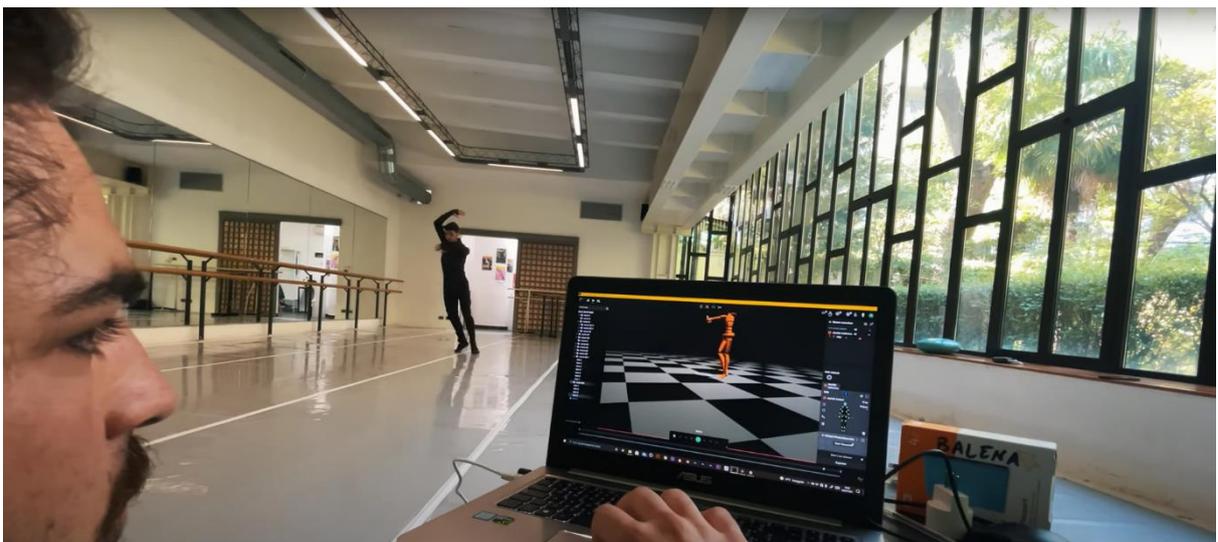


Figura 7.26 Sessione di motion capture in sala.

Seguendo come riferimento lo shotlist, sono stati raggruppati i vari takes nelle cartelle relative a quelle denominate con il nome della scena.

Abbiamo cercato di non superare i 40s di diruta per le catture, avendo cura di ricalibrare i sensori a termine di ciascuna. Le scene più complesse sono state riprese più volte per permetterci, in fase di lavorazione, di selezionare l'animazione migliore.

Prima di concludere la giornata di lavoro, abbiamo avuto cura di salvare una copia di backup dei dati su dispositivo di archiviazione esterno, subito copiato sul pc del VFX Supervisor. Questo rappresenta un elemento di estrema importanza, è fondamentale avere a disposizione una o più copie dei dati per evitare che, a causa di danni ai dischi di memoria, smarrimento o errori di cancellazione, venga perso il materiale, che potrebbe compromettere tutta la produzione.

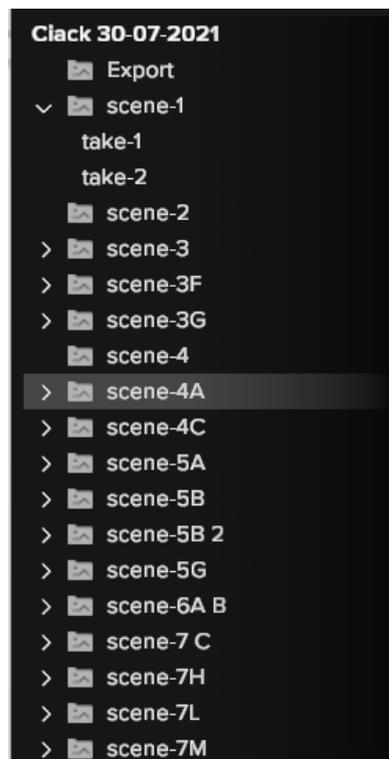


Figura 7.27 Organizzazione del materiale in Rokoko Studio.

8. Post-produzione

La post-produzione rappresenta l'ultima fase della produzione cinematografica. Segue, infatti, la fase di ripresa in cui il film viene girato, e precede l'ultimo step che è la distribuzione al pubblico del contenuto audiovisivo. Generalmente le fasi di postproduzione variano a seconda del tipo di prodotto a cui si sta lavorando.

Nel nostro caso la fase di realizzazione è avvenuta nei mesi di settembre e ottobre e suddivisa in lavorazioni più piccole, per una migliore gestione del flusso di lavoro:

- Gestione dei files;
- Montaggio;
- Finalizzazione del modello 3D;
- Pulizia dati animazione Rokoko + Blender;
- Retarget animazione;
- Sound design;
- Chroma keying;
- Creazione sfondi;
- Tracking + camera solving;
- Render animazione statua;
- Rimozione oggetti;
- Compositing
- Color;
- Render finale.

Per sincronizzare le varie fasi di lavoro è stato creato un documento sulla base dello shotlist in cui erano presenti solo ed esclusivamente le scene che richiedevano un intervento per i visual effects, in modo da poter gestire al meglio le tempistiche e ottimizzare la lavorazione evitando che una realizzazione venisse effettuata in contemporanea.

Durante la prima settimana di settembre il VFX Supervisor ha iniziato a preparare tutta la documentazione organizzativa.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
CLIPS	SCENA	TRACKING	KEYING	OBJECT REMOVING	STATUA	MATCHING	ANIMAZIONE		NOTE			
A001C002_210729_R46D	1								TEMPI RENDER: molto bassi TRACKING: DIFFICILE	NOTE regia - La posizione della statua, incastrata nel muro del bacino in su, deve essere estremamente precisa, deve mostrare lo sforzo, come se avesse cercato di uscire, ma senza successo. - Importante che il muro in prossimità della statua sia rotto		
A002C024_210729_R46D_V1.0002	2A								TEMPI RENDER: alti (meta frame) TRACKING: DIFFICILE			
A002C031_210729_R46D	3B								TEMPI RENDER: molto alti (tre quarti frame), nec - 1a Gli qui sulla giunzione tra muro e statua si intravedono dei piccoli crack, qualcosa sta accadendo. E' un'attatura minima che si espande leggermente - 2a A002C031 quando i due si allontanano dal muro, la statua si distacca dalla parete, la parete cede			
A002C030_210729_R46D_V1.0005	3A								TEMPI RENDER: alti (meta frame) TRACKING: facile			
A003C006_210729_R46D_V1.0007	3D								TEMPI RENDER: bassi TRACKING: facile			
									TEMPI RENDER: inesistente TRACKING: facile			

Figura 8.1 Documentazione organizzativa VFX.

Il documento dei lavori VFX è stato condiviso con gli addetti ai lavori (come si può vedere nell'immagine **Figura 8.1**) ed è composto da:

- Nome clip (es. A001C002_210729_R46D) secondo lo schema di nomenclatura dei media della camera, in cui sono presenti informazioni su camera (A), Reel Counter (001), Clip Index (C) per distinguere diversi reel counter, Clip Counter (002), Data (210729) nel formato AAMMGG, Camera ID Prefix (R) e Camera ID (46D);
- Numero della scena;
- *Tracking*;
- *Keying*;
- *Object removing*;
- *Statua*;
- *Matching*;
- *Animazione*;
- *Still frame*;
- *Note*;
- *Note regia*.

In corrispondenza delle fasi di lavorazione, la cella bianca indica che la clip non richiede quel tipo di lavorazione. Quella rossa indica che la realizzazione non è stata eseguita mentre il verde indica clip completata. Questi documenti ci hanno permesso di avere una visione complessiva dello stato dei lavori oltre che facilitare discussioni in merito a clip specifiche.

8.1 Mocap data Clean-up

In fase di post-produzione, una delle prime fasi, è stata quella di lavorare alla pulizia dei dati. Abbiamo deciso di acquistare un mese di licenza di Rokoko per poter esportare a 24 fps per avere meno keyframes da gestire ed elaborare.

Anche in questo caso è stato creato un documento per gestire e organizzare la lavorazione. Insieme a Giuseppe, abbiamo suddiviso le *takes* di Rokoko e lavorato in parallelo.

MONTAGGIO	ROKOKO TAKE		PULIZIA (Biagio / Giuspo)
1:37-2:12	SCENE 3C TAKE 1 VELOCITA NORMALE		Giuspo
2:12- 3:08	SCENE 3D TAKE 2-IN POI		Biagio
3:08-3:33	SCENE 3G		Biagio
3:33-4:12	SCENA 4A		Giuspo
4:12-4:34	SCENA 5B		Biagio
4:34-5:12	SCENA 5G	take 2+take 4	Giuspo
5:12.-5:29	SCENA 6A		Biagio
5:29-5:42	SCENA 7C		Biagio
6:08-7:07	SCENA 7L		Giuspo
7:07-8	SCENA 7M		Biagio

Figura 8.2 Materiale organizzativo pipeline VFX.

8.1.1 Rokoko Clean-up data

La prima fase della lavorazione consiste nell'andare a individuare la takes migliore.

In fase di produzione, infatti, si era stabilito di avere almeno 2/3 *takes* per ogni scena in modo da avere la possibilità di scegliere quella migliore.

Rokoko, come già visto, dà la possibilità di editare le clip mediante l'applicazione dei filtri.

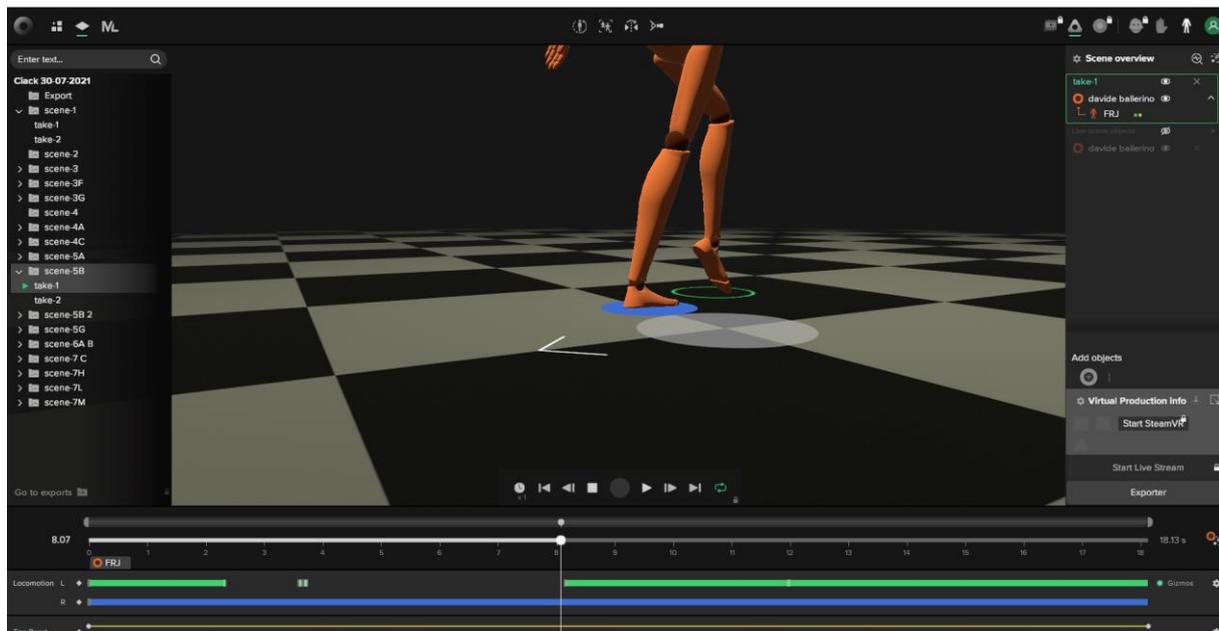


Figura 8.3 Processo di cleanup dell'animazione in Rokoko Studio.

In figura è possibile vedere le fasi di lavorazione in cui è stato applicato il filtro *Locomotion*. Questo filtro permette di apportare sostanziali correzioni. Infatti, in molte scene, il performer si muove strisciando il piede.

Nella maggior parte dei casi il software non considerava questo movimento un “passo” andando a creare delle pose strane e salti da una posizione all’altra. Questo filtro ci ha permesso di forzare le letture dei dati da Rokoko cercando di capire quando impostare il contatto del piede con il terreno, avendo sempre le riprese della coreografia come riferimento,

Un altro filtro molto importa è il *toe bend*.

Avendo solo un sensore posizionato sul piede, la tuta non potrebbe potuto determinare movimenti in cui la punta del piede si piegava. Questo viene fatto calcolato attraverso degli algoritmi applicabili con questo filtro, che può essere attivato e disattivato con i *keyframes* per un migliore controllo.

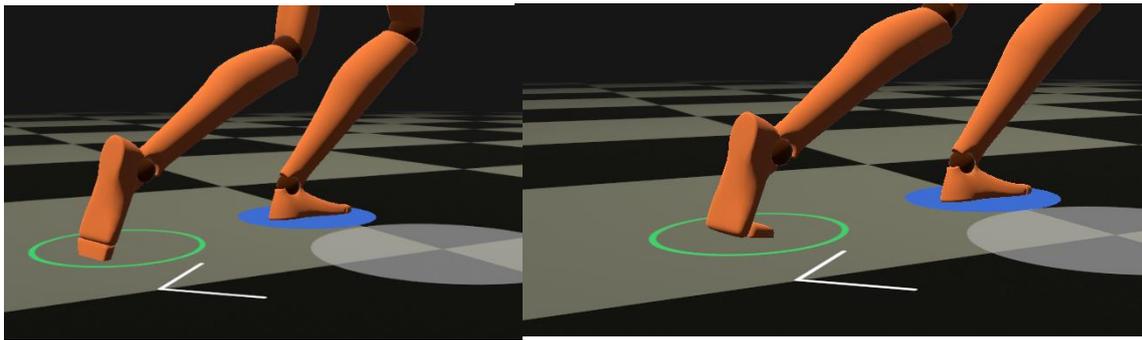


Figura 8.4 A sinistra - Toe bend non attivo; A destra - Toe Bend attivo.4

In altri casi (come è possibile vedere nella **Figura 8.4**) l'applicazione di filtri messi a disposizione dal software non risultano sufficienti ad evitare problemi come: compenetrazioni con il pavimento, fluttuazioni, compenetrazione di arti, *drift* dei piedi etc.

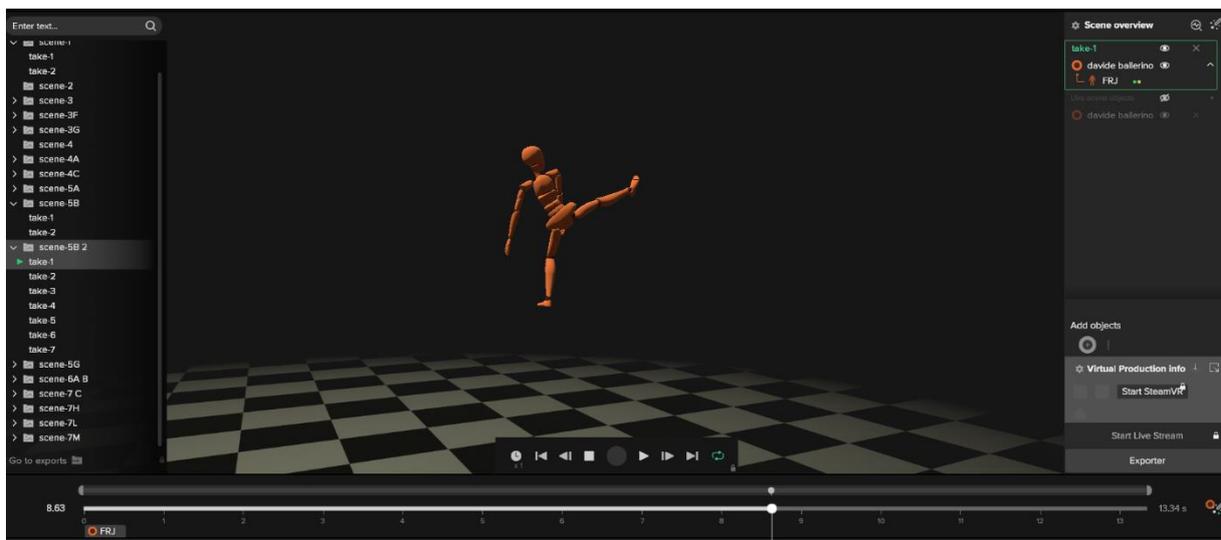


Figura 8.5 Sessione di motion capture con drift dei dati.

In tutte queste casistiche risulta necessario intervenire manualmente sui singoli *frames*. Questo processo è particolarmente lungo e difficoltoso e non sempre permette di risolvere al meglio le problematiche. Una volta applicati i filtri e apportato tutte le modifiche necessarie è sufficiente riprocessare i dati ed esportare il file.

Si noti che le modifiche apportate ai file tramite l'utilizzo dei filtri è sempre reversibile.

Infine, abbiamo esportato in formato FBX con le impostazioni scheletro di *Maya Human IK* a 24 fps.

8.1.2 Blender Clean-up

Una volta importato il file FBX all'interno di Blender abbiamo potuto analizzare nel dettaglio l'animazione. Il passo successivo è quello di fare il retarget dell'animazione, trasferire i dati dell'animazione dallo scheletro importato da Rokoko al nostro modello riggato. Questa operazione è stata abbastanza immediata grazie all'utilizzo di un add-on sviluppato da Rokoko per Blender: Rokoko ID. Effettuato il retarget dell'animazione si procede alla pulizia dei dati. Il nostro workflow utilizzato consiste nelle seguenti fasi:

1. Aprendo la finestra *Nonlinear Animation* compare nella timeline l'animazione importata, selezionandola e premendo il tasto TAB permette di editare i *keyframes*. Nella finestra *Graph Editor* è possibile ispezionare i singoli *keyframes*.

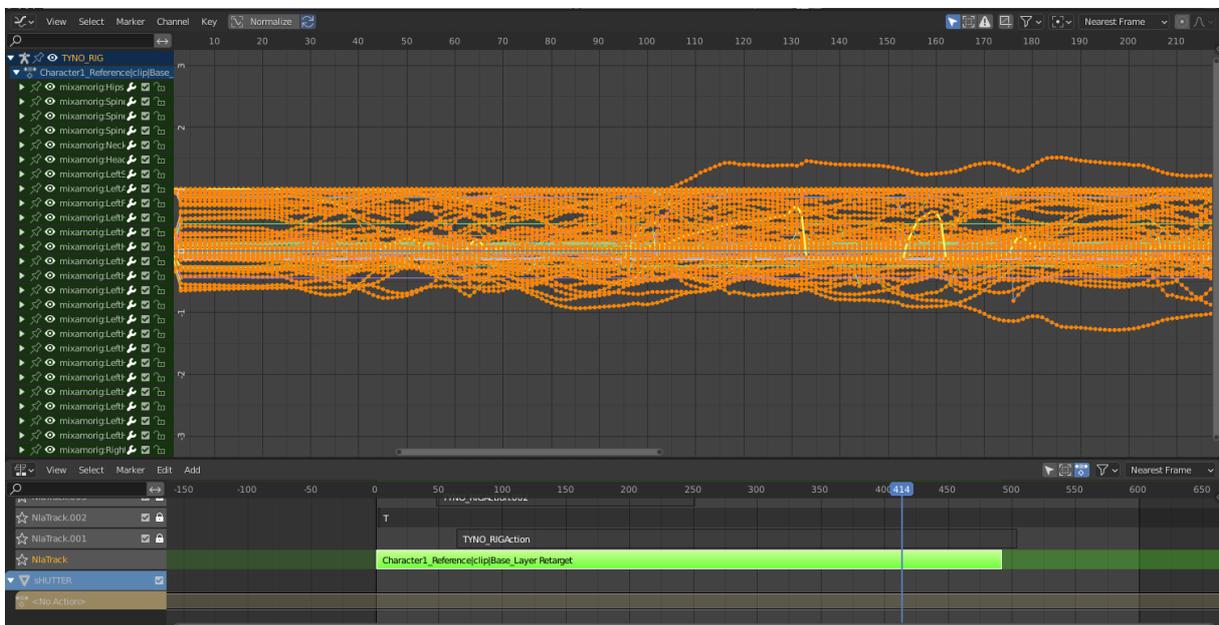


Figura 8.6 Keyframe animazione.

In questo caso sono selezionate tutte le ossa dell'armatura e di conseguenza i relativi *keyframes*. La lista delle ossa è nel pannello a sinistra o è sufficiente selezionarlo in pose mode dalla *viewport* sul modello stesso.

2. Isolando una delle ossa, ad esempio *Hips*, è possibile notare la presenza di forti discontinuità all'interno del grafico in **Figura 8.7**

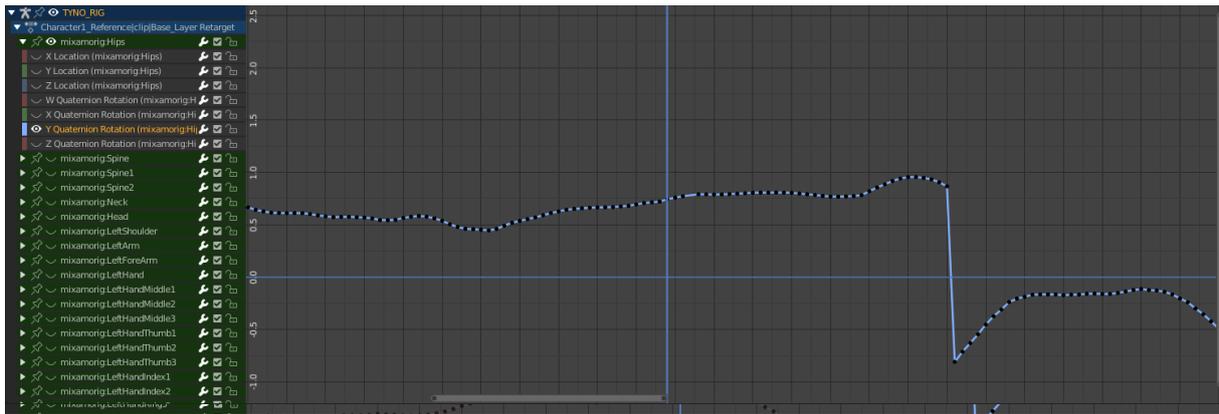


Figura 8.8 Riposizionamento keyframe.

Si può intervenire manualmente, riposizionando il keyframe o eliminandolo se è ininfluente il suo contributo alla definizione della f-curve.

3. Altre funzioni che possono essere utili sono clean Keyframe, che permettono di eliminare i keyframes superflui alla definizione della f-curve. Questo è particolarmente utile nei file di Rokoko a esportati a 100 fps. Infine, la funzione Smooth Keys è stata utilizzata per ridurre picchi o rumori taglienti alle curve di animazione. Questa funzione non comporta la cancellazione di keyframes ma modifica il valore in funzione alla media calcolata analizzando le chiavi vicine. Modificare i singoli frames comporta una modifica sostanziale potenzialmente irreversibile.

Un altro strumento molto importante è offerto dalla modalità di animazione delle nonlinear animation. Creando una nuova track NLA, è possibile aggiungere un livello animazione su

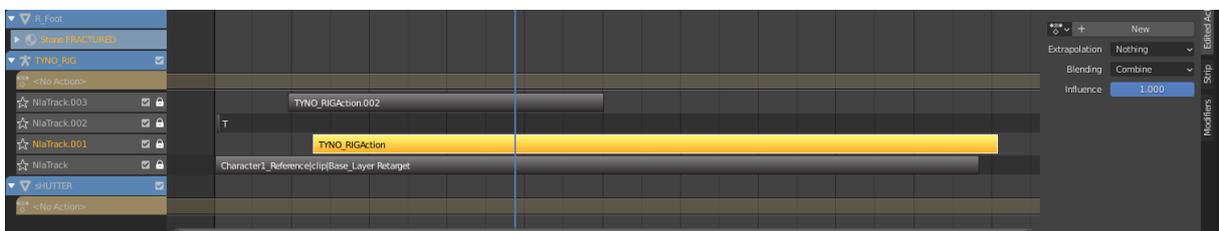


Figura 8.9 Track animazione nel tab nonlinear animation.

cui verranno salvate le modifiche delle pose. Ad esempio, nel caso in cui, ad un certo istante, dovesse esserci una penetrazione tra

braccio e gamba, è sufficiente aggiungere una nuova track NLA in modalità combine, posizionarsi alcuni frames prima e dopo la compenetrazione, aggiungere i keyframes, per evitare che la modifica della posa si ripercuota per tutta l'animazione, infine basta andare nel punto della compenetrazione e sistemare la posa del braccio.

8.2 VFX Breakdown

Di seguito verranno descritte le principali tecniche e metodologie utilizzate per la produzione degli effetti speciali del cortometraggio IO|OI analizzando alcune scene campione come esempio del lavoro svolto.

La scena analizzata è la scena 7M, cioè la chiusura del cortometraggio.

Per poter lavorare in maniera agevole uno step obbligato è la creazione di un *proxy*, che rappresenta l'equivalente del metraggio ma in risoluzione inferiore.

In **Figura 8.10** si può osservare un frame del girato.

La ripresa è a camera fissa.



Figura 8.10 Una delle scene durante la lavorazione in postproduzione.

8.2.1 Ricostruzione background

Il primo passaggio è stato quello di ricostruire il background dell'immagine. In questa scena è evidente uno dei problemi relativi alla *location* OGR. Non potendo appendere luci alle strutture o al soffitto, ed essendo un'inquadratura totale, si è stati costretti ad inserire una luce diegetica all'interno della scena. Per poterla rimuovere è stato creato un plate senza *performer* e con la luce spostata per ricostruire la parte occupata dalla luce stessa.

Il software utilizzato per editare l'immagine è stato Photoshop in cui, con l'utilizzo di una serie di strumenti, gli interventi fatti sono stati:

- eliminazione luce + ricostruzione parete;
- Eliminazione cassa nell'angolo a sinistra;
- Rimozione luci rosse + amplificatori e ripetitori Wi-fi sulle pareti laterali;
- Ricostruzione parete centrale.

Il risultato di questi passaggi si può vedere nella **Figura 8.11**



Figura 8.11 Muro ricostruito su Photoshop dopo il chroma key.

Per ricreare l'effetto di una luce rossa proveniente dalle finestre ed avere l'alone rosso sul profilo, sono stati puntate delle luci rosse sui vari blocchi di finestre.

È stata realizzata una ripresa in cui la luce veniva puntata su tutte le finestre. In post sono stati prelevati i frame provenienti dai vari puntamenti di luce e combinati. Infine, sono state create delle maschere per eliminare la porzione di immagine in corrispondenza del vetro sovrapposto ad un livello con lo sfondo rosso.

8.2.2 Chroma key

Per eliminare il verde del *green screen* posizionato sulla porta è stato utilizzato l'effetto *Keylight 1.2*.



Figura 8.12 Pannello di controllo dell'effetto Keylight 1.2

L'immagine mette in evidenza il pannello di interfaccia. È sufficiente con il *color picker* andare a campionare il colore che deve essere utilizzato come chiave e che il software utilizzerà per sostituire tutti i *pixels* corrispondenti in canale *alpha*. Modificando i valori presenti nel menù a tendina *Screen Matte* è possibile regolare la maschera che si sta generando.

Un altro effetto utile per eliminare la contaminazione di verde causate da riflessioni del *green screen* è *Advance Spill Suppressor*.

In figura si può osservare il risultato finale.



Figura 8.13 Risultato finale dopo l'applicazione dei vari effetti.

In alcune scene è stato necessario isolare con delle chiavi differenti per le varie tonalità di verde presente che presentavano delle variazioni in prossimità del fascio di luce rossa, del punto di contatto tra pavimento e green screen e di una porzione del muro ombreggiata dalla colonna. In quelle casistiche ho optato per eseguire un tracking della porta molto veloce sul software *Mocha*. Una volta estrapolate le maschere per porta, luce e pavimento ho applicato l'effetto *Keylight* per ciascuna di esse, combinate insieme applicando un feather per non rendere netti i bordi.

Nell'immagine **Figura 8.14** si possono vedere i tre livelli contenuti all'interno della composizione Matte final.

Nella composizione principale è stato inserito il livello Matte Final, al di sotto il footage della scena messo in modalità *Alpha matte*. Questa tecnica fa in modo che il livello superiore trasferisca le informazioni sul suo canale *alpha* a quello sottostante.

Nell'immagine **Figura 8.14** si può notare la disposizione dei livelli all'interno della composizione. Infine, al di sotto il livello del muro ricostruito.

Nell'immagine seguente sono illustrate le varie fasi di lavorazione.

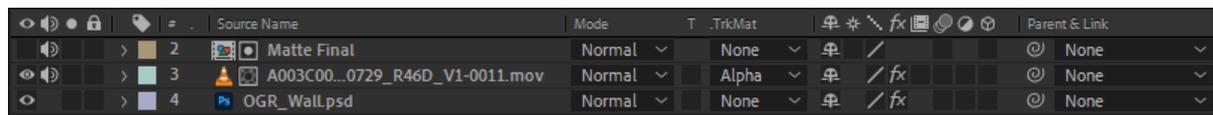


Figura 8.14 Layer After Effects.

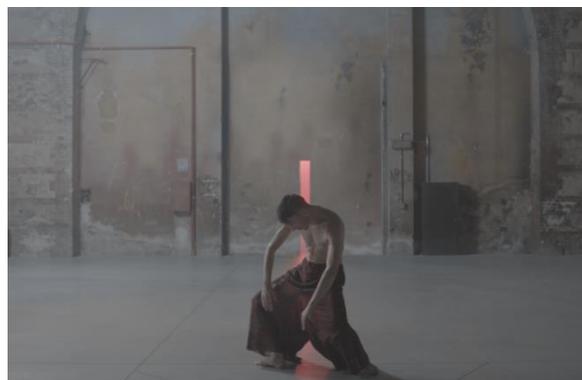
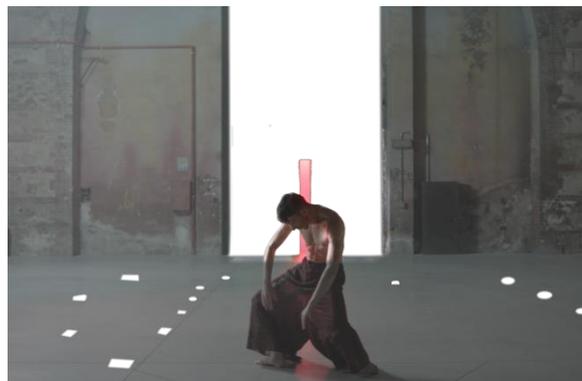


Figura 8.15 Sequenza fasi di lavoro su After Effects.

8.2.3 Object remove

Analizzando un'altra scena campione, è possibile illustrare il *workflow* adottato per la rimozione degli oggetti. In questi casi la camera era in movimento, quindi, è stato necessario ricorrere al *tracking* o a stratagemmi per trovare soluzioni alternative.

Per eliminare la maggior parte dei marker applicati, sia le croci arancioni sul green screen, sia i marker sul pavimento, è stato utilizzato l'effetto *Spot Clone Tracker*.

Nell'immagine **Figura 8.16** si può vedere la presenza dei quattro marker arancioni e due grigi e infine quelli verdi.

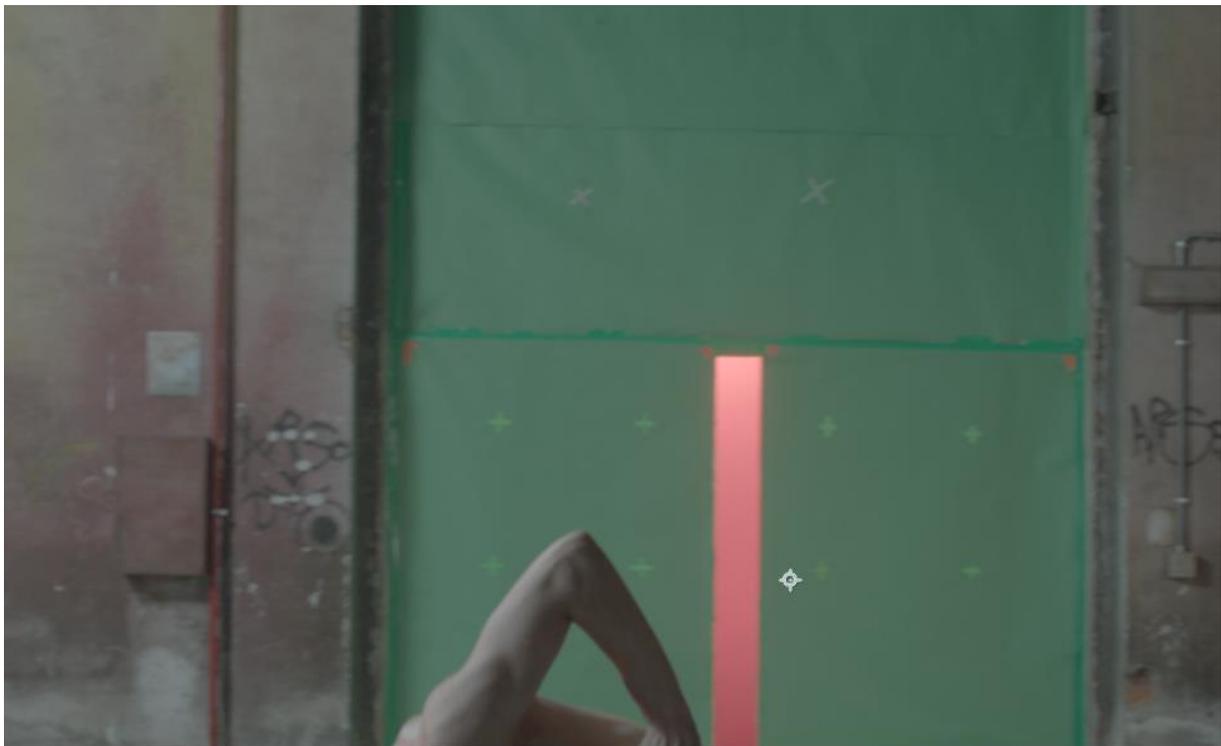


Figura 8.16 Frame del footage con marker arancioni sul green screen.

I marker verdi sono facilmente eliminabili con il *chroma key* aggiungendo, se necessario, un'ulteriore chiave per il verde più chiaro.

L'effetto sopraccitato permette di posizionare il cursore sull'oggetto che si vuole eliminare. Un cerchio azzurro rappresenta la zona da cui clonare la porzione di immagine che verrà sovrapposta a quella iniziale.

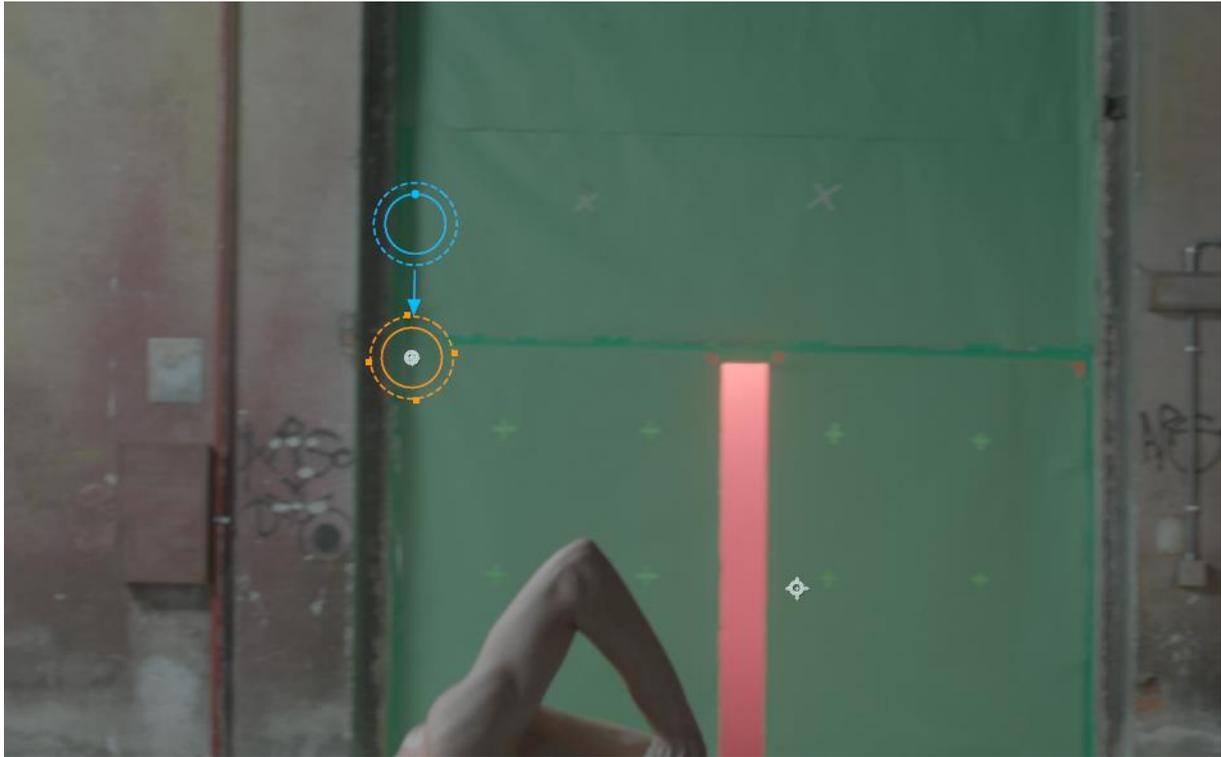


Figura 8.17 Posizionamento del marker sull'oggetto da eliminare.

Facendo partire il *tracking*, il software elabora i frame successivi e quelli precedenti seguendo il marker. È uno strumento molto veloce e comodo per la rimozione di piccoli oggetti.

Per rimuovere le luci led rosse sulle pareti e le americane su cui sono fissate è stata sfruttata la tecnica del *projection mapping*.

Il primo step consiste nel mascherare il ballerino in movimento, per facilitare il processo di tracking; è sufficiente una maschera poco definita animando pochi *keyframe* posizione.

Sulla clip con la maschera si applica *Track Camera*. Una volta processati i dati sarà possibile visualizzare i punti di track individuati. Se ne seleziona tre vicini e complanari per definire il piano e il punto d'origine.

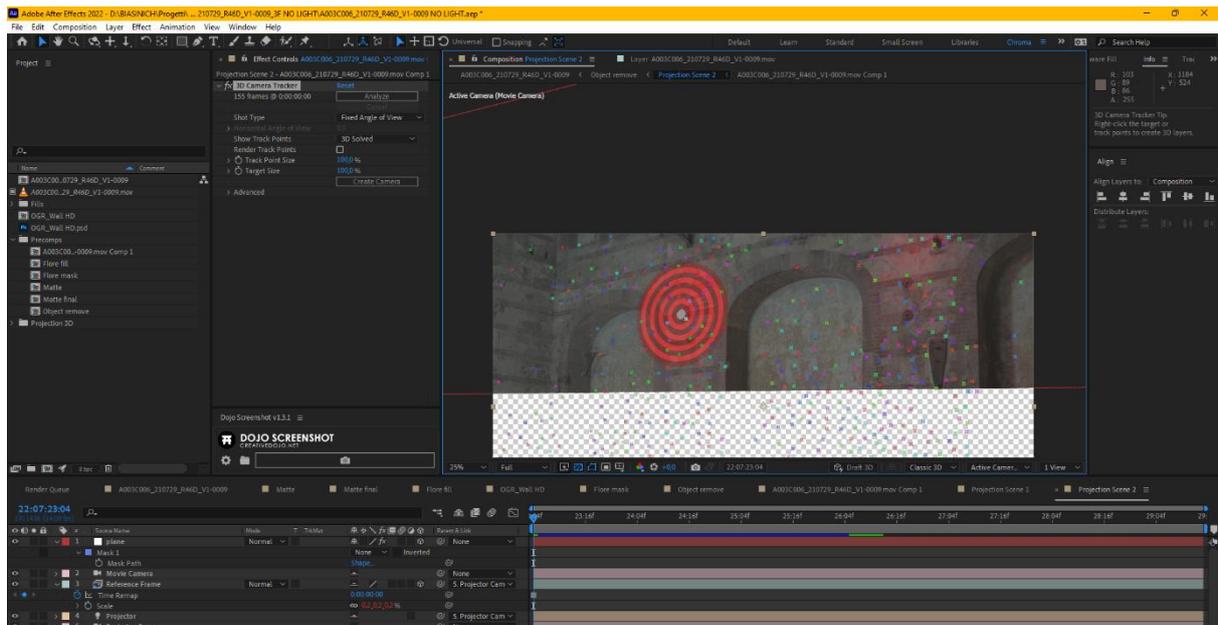


Figura 8.18 Applicazione del track della scena.

Selezionando i due livelli, la clip e la camera, con il tool *Projection 3D* si crea una nuova *projection*. Creato un nuovo livello in corrispondenza dell'origine, è sufficiente assegnare il frame del muro ricostruito su *Photoshop* di modo che segua il movimento della camera. Per evitare errori prospettici è consigliabile creare una maschera che copra solo l'oggetto da rimuovere applicando un feather per meglio fonderla all'interno della clip originale.

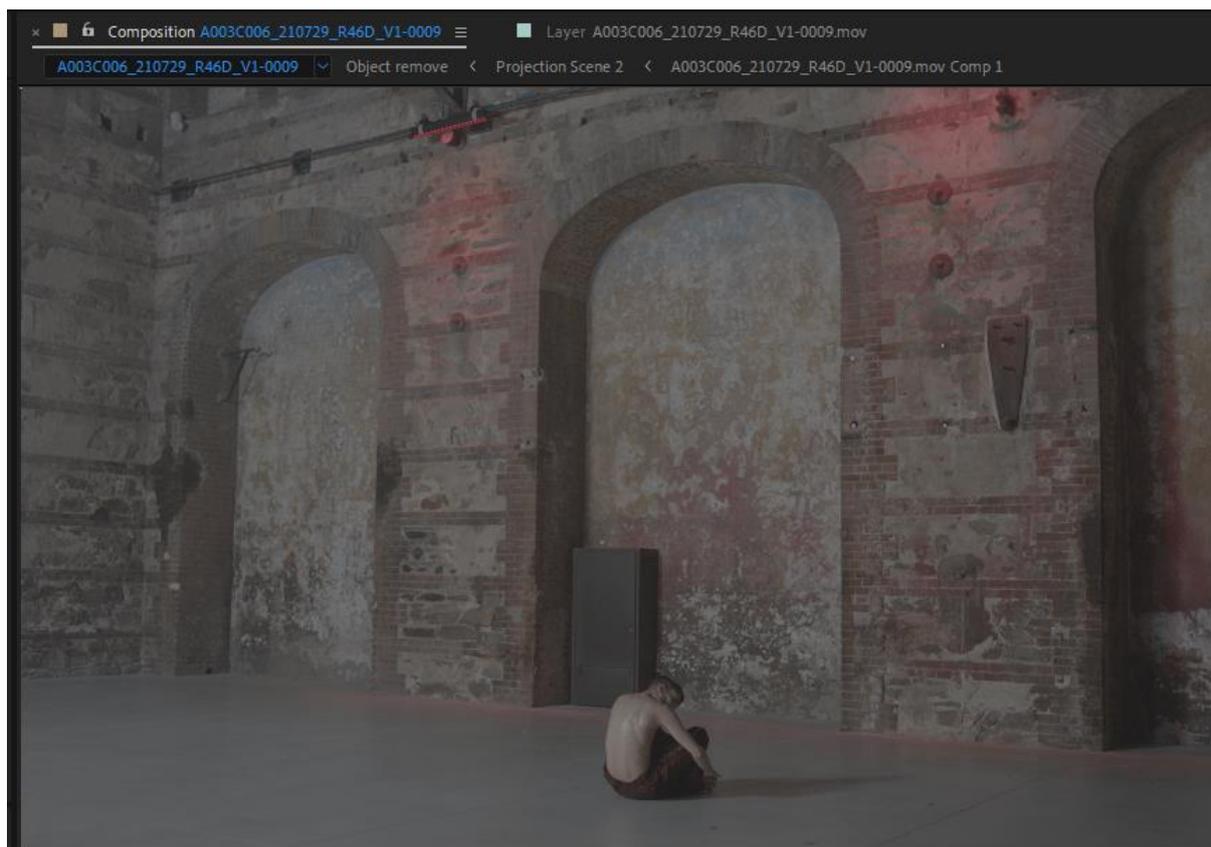


Figura 8.19 Porzione del muro prima della rimozione degli oggetti.

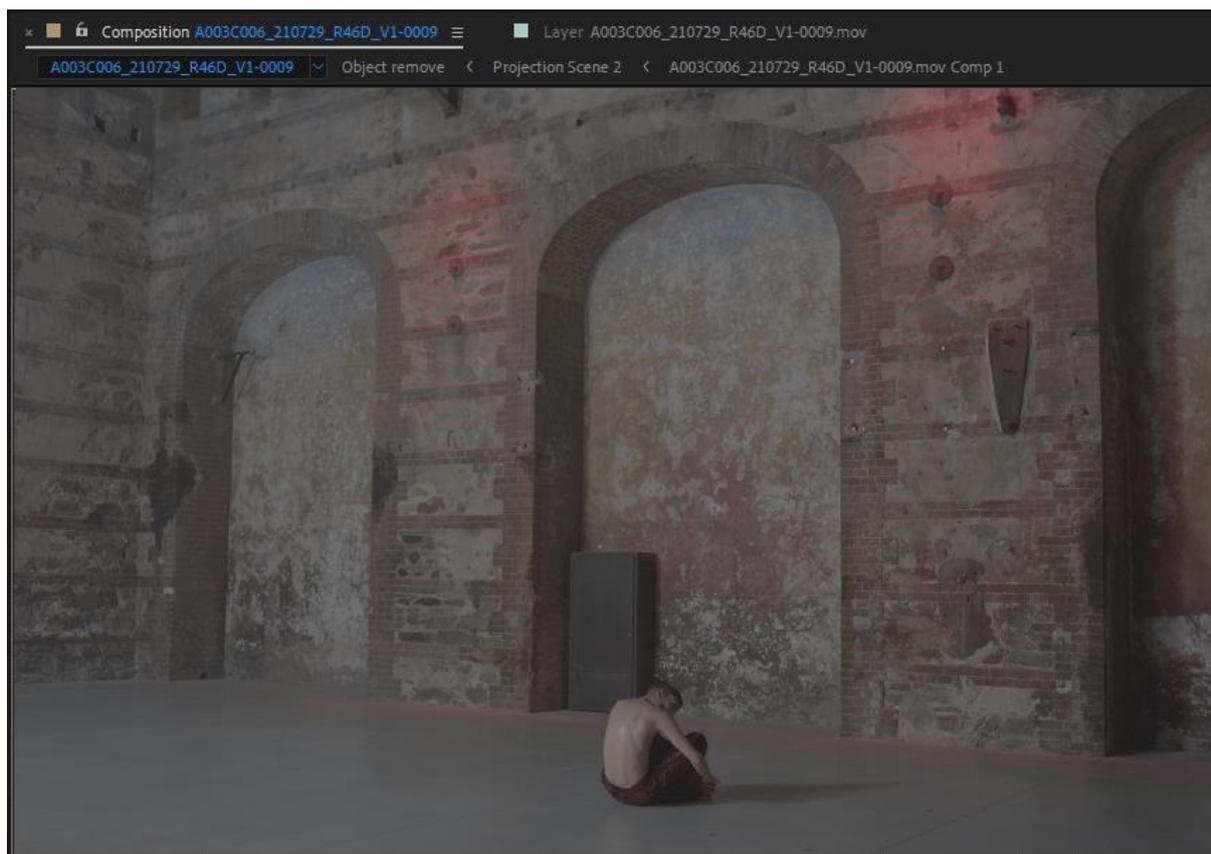


Figura 8.20 Porzione di muro dopo la rimozione degli oggetti.

8.2.4 Camera Matching

Camera matching, o calibrazione della camera, è un processo che consiste nella stima dei parametri della camera determinati sulla base delle caratteristiche dell'immagine: focale, orientamento e posizione della camera. Importando questi dati all'interno di software di modellazione 3D, è possibile posizionare la camera virtuale nella medesima posizione della reale, permettendo di integrare gli elementi 3D all'interno del *footage*.

Durante lo sviluppo di questo progetto sono stati seguiti diversi approcci per l'integrazione della statua in CGI all'interno del *footage*, sulla base della tipologia di ripresa: camera fissa o camera in movimento.

Per quanto riguarda le scene a camera fissa, è stato utilizzato un *software* gratuito: *fSpy*.

Questo programma sfrutta i punti di fuga per stimare i parametri della camera. Il punto di fuga di un'immagine viene definito posizionando i segmenti lungo i riferimenti principali presenti nell'immagine (palazzi, pavimento, finestre, muri, binari etc.)

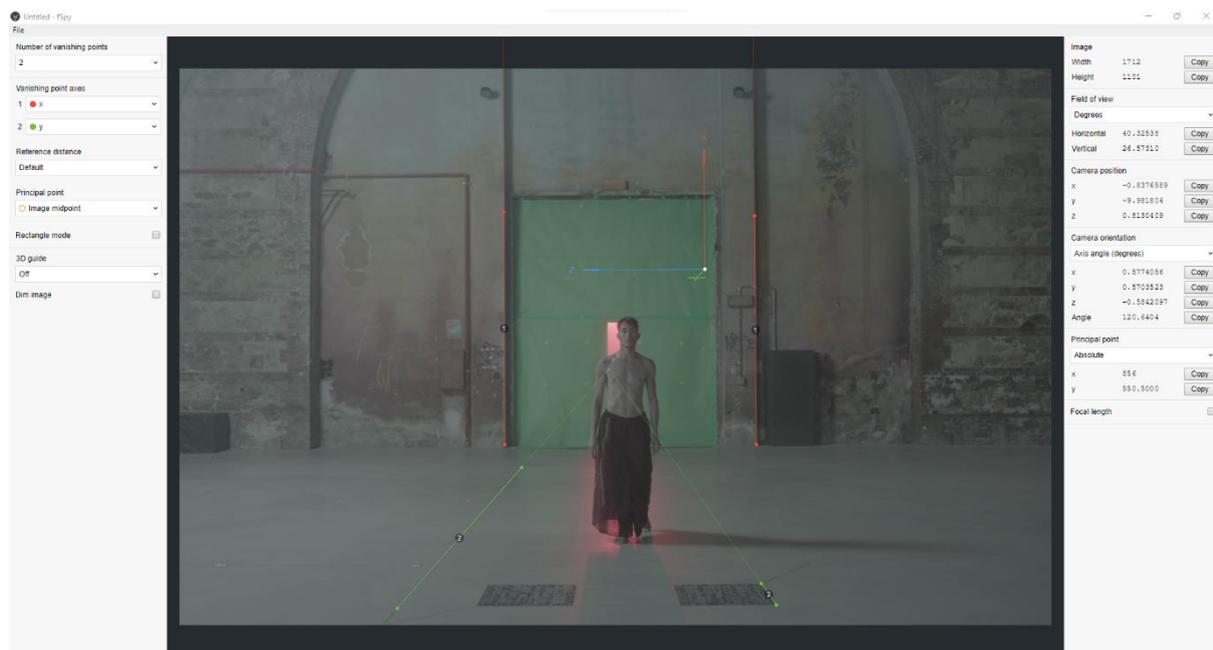


Figura 8.21 Anteprima del software fSpy.

I punti di fuga non possono essere calcolati in maniera accurata in caso di linee parallele, maggiore è l'angolo e più facilmente il software riesce a interpretare i dati.

I limiti di utilizzo di *fSpy* sono:

- l'utilizzo di lenti con grande distorsione (ad esempio lenti fisheye);
- Immagini in cui la prospettiva è stata modificata (ad esempio effetto del perspective control);
- Immagini 3D renderizzate con una camera ortografica;
- *Stitched panorama image*.

Il software permette, inoltre, di inserire delle quote nel caso in cui all'interno dell'immagine ci siano degli oggetti di cui è nota la dimensione.

Utilizzando un *add-on* su Blender è possibile integrare il file *.fspy*. Importato il file sarà aggiunta una camera con i parametri stimati dal software.

Le scene in cui è presente un movimento di camera, che sia uno lineare come una carrellata o quelli di una camera a mano, necessitano di un *3D tracking* per poter eseguire un camera solving che permetta di creare un match tra camera reale e virtuale.

Sono state utilizzate principalmente due tecniche.

Il primo approccio è quello di utilizzare After Effects, proprio perché il sistema di tracking della camera è automatico e sufficientemente preciso. Questo processo consiste nel creare una composizione con all'interno il footage da analizzare.

Un importante suggerimento è quello di andare a creare delle maschere, anche grezze, di tutti quegli elementi in movimento (in questo caso il ballerino) per ottenere un risultato soddisfacente. Sulla composizione si applica il *track* della camera. Questo processo può impiegare del tempo che varia in base alla durata, alla risoluzione della *clip* e alla potenza della *workstation* utilizzata.

Una volta finalizzato il processo, After Effects ci segnala un importante parametro, l'errore di tracking. Questo parametro definisce la bontà del *tracking* effettuato, minore è l'errore maggiore sarà la "stabilità" degli oggetti integrati all'interno del footage.

Ci siamo posti una soglia di circa 0.7. Dopo aver creato la camera, bisogna selezionare tre punti delle features individuate da After che siano complanari per definire il *floor* e fissare l'origine. A questo punto è possibile passare su Blender per integrare l'animazione della statua.

Un primo passaggio consiste nell'impostare l'esatto numero di *frames* e *frame rate* del *footage* nel progetto di Blender, dopo aver copiato i *keyframes* delle proprietà *orientation* e *position* della camera, con l'add-on *AE2Blender*, cliccando su create camera, è possibile importare i dati della camera.

Questo procedimento risulta essere molto comodo e veloce. Nelle scene in cui il ballerino occupava gran parte del frame non è stato possibile utilizzare il track camera di After Effects, poiché troppo impreciso. Abbiamo optato, quindi, per utilizzare il sistema di tracking, nonostante richieda una serie di accorgimenti rispetto ad altri *software*, poiché si è dimostrato il più accurato.

Una volta importata la clip all'interno del programma, è possibile andare a uniformare le caratteristiche come frame rate e numero di frame con il tasto *Set Scene Frames*.

A questo punto sono state aggiunte feature in corrispondenza dei marker che avevamo posizionato nella scena.

Per avere un buon risultato è importante che ci siano almeno 9 *feature* per ogni frame. Il *marker* deve essere contenuto nella *bounding box* mentre la *search box* deve essere di una grandezza maggiore.

Una volta analizzato i frames è possibile controllare l'errore di ogni feature, eventualmente eliminando quelle con un errore più elevato. Premendo su *Solve Camera Motion* sarà visibile il solve error della scena e infine *Set Up Tracking Scene*. Anche in questo caso selezionando tre *tracker* è possibile individuare il *floor* e l'origine. Se la distanza tra due *tracker* è nota, può essere impostata per avere adeguata la scala della scena.

8.2.5 3D Scene Setup

Quest'ultima fase ha rappresentato quella più critica. La resa dell'intero cortometraggio dipende dal fotorealismo della statua e degli effetti speciali introdotti.

Una volta ottenuta una scena con il *matching* delle camere, il primo passaggio consiste nell'integrare l'animazione della statua una volta sottoposta alle varie fasi di *cleanup* dei movimenti.

È stato fondamentale avere un montaggio in cui fossero presenti entrambi i ballerini per avere una reference visiva della coreografia.

Il problema relativo al *matching* è che le due performance, quella nel footage del ballerino reale, e quella del motion capture, sono state riprese in due momenti differenti e in spazi differenti. Nonostante la loro abilità nel rispettare i tempi e gli spazi dei passi di danza non è stato banale creare il giusto match.

Per fare questo, in alcuni casi, è stato necessario intervenire sui frames dell'animazione, rallentando o velocizzando alcuni movimenti.

Per avere un'ottima resa fotorealistica, i fattori che intervengono sono Modello, Illuminazione, Materiali impiegati e, infine, il Render.

Per avere un perfetto match tra la statua in CGI e il girato, è di grande importanza che l'illuminazione sia coerente: è importante, cioè, che le fonti luminose del modello abbiano medesima intensità, temperatura, colore, posizione e orientamento.

Questi non sono gli unici fattori. Infatti, a rendere fotorealistico il lavoro, non sono solo le luci dirette che vengono inserite ma tutte le altre componenti della luce che nascono dall'interazione con la materia, andando a creare riflessioni, rifrazioni, trasparenze e ombre. Risulta evidente, dunque, che è necessario ricostruire il contorno della statua.

Per quanto riguarda l'illuminazione, per ogni scena sono stati consultati gli appunti presi sul set con le bozze dello schema dell'illuminazione redatti anche dal *light plan* stilato dal direttore della fotografia. Dai parametri delle luci di Blender, si può impostare la temperatura, il colore, l'intensità e la dimensione della sorgente luminosa.

All'interno di un progetto 3D, per avere coerenza con le riflessioni, si importano le mappe HDR. Nel nostro caso, avevamo a disposizione il modello della stanza realizzato con la tecnica della fotogrammetria.

Infine, per ricreare le ombre del ballerino sulla statua e *l'ambient occlusion*, sono state utilizzate delle sagome bidimensionali o altri modelli della statua messi al posto del ballerino reale.

Il contributo della fotogrammetria è stato fondamentale per andare a ricreare le soggettive sulla statua.



Figura 8.22 Frame in cui è presente la ricostruzione del fondale in fotogrammetria.

Questo tipo di scene sono state pensate in fase di preproduzione come scene di sicurezza. Nel caso in cui ci fossero stati problemi relativi al *tracking* del girato o all'impossibilità di pulire l'animazione di Rokoko. Si tratta di animazioni realizzate completamente in CGI, in cui lo sfondo è dato proprio dal modello ricavato dalla fotogrammetria.

8.2.6 Render

Nella computer grafica, il rendering rappresenta il processo di resa, di restituzione grafica. Di tutti gli elementi della scena in 3D elaborati con Blender, sono state renderizzate solo la statua e le ombre sul pavimento.

L'export è stato fatto in EXR, un formato di file immagine ad alta gamma dinamica (HDR) sviluppato da Industrial Light & Magic. Questo supporta immagini multistrato, compressione lossy e lossless e pixel a 16 e 32 bit, utilizzato per la memorizzazione di immagini raster profonde per grafica di alta qualità [<https://en.wikipedia.org/wiki/OpenEXR>].

È stato utilizzato il nuovo render di Blender 3.0, Cycle X, in fase Beta per testare il miglioramento delle prestazioni annunciato nei tempi di render. Abbiamo cercato il giusto compromesso per un setting al fine di ottenere un ottimo fotorealismo e i tempi di render per rientrare nelle tempistiche delle scadenze.

8.2.7 Compositing

Una delle parti conclusive del workflow di questo progetto è il compositing. Rappresenta il momento e la tecnica di mettere insieme diversi elementi visivi cercando di creare l'illusione che facciano parte della stessa scena.

Questo è consistito nel combinare le due fasi di lavorazione parallele: la mia e quella del *VFX Supervisor*.

Anche il compositing è stato fatto utilizzando il software After Effects, creando un livello aggiuntivo a cui è stato sovrapposto il render della statua.

Per creare il color match tra la clip e il girato è stato utilizzato il plug-in sviluppato da Maxon, Supercomp.

In linea di massima si è cercato di uniformare i livelli di bianco e nero utilizzando gli scopes.

Infine, i files sono stati esportati da After Effects in formato DPX (Digital Picture Exchange) e inviati al regista che, insieme al direttore della fotografia, ha finalizzato la lavorazione, il montaggio finale, l'aggiunta del sonoro e la color.

9. Conclusioni

Realizzare questo progetto di tesi è stato un percorso davvero interessante, che mi ha dato la possibilità di crescere a livello professionale, in quanto ho avuto modo di implementare le mie conoscenze sul motion capture in un contesto creativo e sinergico.

Questo lavoro mi ha dato la possibilità di sperimentare e studiare, per la prima volta in prima persona, cosa significhi lavorare con la tecnologia del Motion Capture inerziale, assumendo un approccio critico e sperimentale per quanto riguarda i suoi limiti di utilizzo al fine di individuare il modo migliore per superare questi vincoli. Un ruolo dominante ha rappresentato la sperimentazione di una tecnica di animazione del motion capture, grazie alla strumentazione tecnica e alle competenze messe a disposizione dal professore Riccardo Antonino, e per tale motivo, ringrazio Robin Studio per avermi dato l'occasione di partecipare a questo progetto, per me, estremamente stimolante.

L'approccio al Motion Capture e le conoscenze acquisite, sia autonomamente sia di team, sono state condivise all'interno del gruppo di lavoro al fine di migliorare la resa del progetto.

Non meno importante al fine della resa del progetto è stata l'assegnazione della location: Officine Grandi Riparazioni di Torino. Lavorare all'interno di un luogo dalle atmosfere suggestive, che ha fatto letteralmente la storia del paese, è stato un onore oltre che un valore aggiuntivo al progetto.

Ho avuto modo di seguire personalmente tutte le fasi del lavoro, dalla preproduzione, produzione e postproduzione, studiando in maniera approfondita e dettagliata assieme al VFX Supervisor i vari step, cercando di trovare la soluzione migliore ogni qualvolta si individuavano dei passaggi critici.

La realizzazione di qualsiasi prodotto audiovisivo, dal film, ai prodotti commerciali, ai contenuti televisivi è il frutto della cooperazione e coordinazione di vari compartimenti che lavorano per uno stesso fine: trasformare l'idea nel prodotto finito. Le figure professionali che si celano dietro ad un progetto qualsiasi sono tantissime e variano in funzione del tipo di contenuto da realizzare e in base al budget a disposizione. A tal proposito ho avuto modo di toccare con mano quanto e come sia importante la comunicazione fra i vari reparti (luce, scenografia, corpo di ballo) al fine di lavorare in profonda sinergia.

Con questa tesi ho voluto dimostrare come sia possibile integrare il motion capture, tecnica ancora poco conosciuta all'interno del panorama italiano, nell'animazione e velocizzare, in

questo modo, il percorso produttivo mantenendo un elevato grado di realismo senza avere, necessariamente, un budget elevato.

Bibliografia

- [1] P. S. E. L. P. P. D. M. J. K. L. M. J. A. P. K. W. A. Szczesna, «Inertial Motion Capture Costume Design Study,» *Sensors*, p. 2, 2017.
- [2] C. S. A. S. D. A. Chaudhry, «Inertial Measurement Units,» pp. 3-7, 2018.
- [3] S. O. H. Madgwick, «An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays,» 2010.
- [4] D. Roetenberg, «Inertial and Magnetic Sensing of Human Motion,» 2006.
- [5] T. W. P. A. S. a. A. Ilham Arun Faisal, «A review of Accelerometer Sensor and Gyroscope Sensor in IMU Sensors on Motion Capture,» *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15:826-829, 2020.
- [6] B. Baker, «Applicare Sensor Fusion ad accelerometri e giroscopi,» *Digi-Key*, 30 01 2018.
- [7] A. R. J. Ragnihild Torvanfer Soldberg, «Optical or Inertial? Evaluation of two Motion Capture Systems for studies of dancing to electronic dance music,» in *Proceedings SMC 2016*, Hamburg, Germany, 2016.
- [8] T. Schenk, «Introduction to Photogrammetry,» Columbus, OH. GS400.02, 2005.

Sitografia

What is motion capture and How Does it Work in 2022,

<https://www.rokoko.com/insights/what-is-motion-capture-and-how-does-it-work-in-2022>

The complete guide to professional motion capture,

<https://www.rokoko.com/insights/the-complete-guide-to-professional-motion-capture>

Technical features Rokoko Smartsuit Pro,

<https://dynakinetix.com/product/smartsuit-pro-single/>

Games Village, Rokoko Smartsuit Pro Sistema motion capture economico,
<https://www.gamesvillage.it/6793559/rokoko-smartsuit-pro-sistema-mocap/>

Rokoko, Filters explained,
<https://support.rokoko.com/hc/en-us/articles/4410415474321-Rokoko-Studio-Filters-explained>

Motion capture for animation: the fascinating history behind the movies we know today,
<https://motionanalysis.com/blog/an-evolution-of-motion-capture-the-fascinating-history-behind-the-movies-we-know-today/>

How MEMS Accelerometer Gyroscope Magnetometer Work & Arduino Tutorial,
https://it.differbetween.com/article/mems_gyroscope_how_it_works

ATS, “Sensori Inerziali”,
<https://www.istitutoats.com/sensori-inerziali/>

Rokoko, “Filters explained”,
<https://support.rokoko.com/hc/en-us/articles/4410415474321-Rokoko-Studio-Filters-explained>

Storia del complesso delle ex Officine Grandi Riparazioni, Torino,
<https://eps-group.it/progetti/complesso-delle-ex-officine-grandi-riparazioni-ogr/>

“The Future of Filmmaking: Cinematography in the Age of Photogrammetry” (2021)
<https://blog.frame.io/2021/06/14/photogrammetry-future-of-filmmaking/>

Rotismo epicicloidale, un concentrato di potenza,
<https://vehiclecue.it/rotismo-epicicloidale-potenza/13384/#:~:text=Un%20rotismo%20epicicloidale%20%C3%A8%20un,per%20il%20suo%20aspetto%20funzionale.&text=Corona%20circolare%2C%20a%20dentatura%20interna,permette%20il%20rapporto%20di%20trasmissione>

Reference scultura nepalese,

<http://notasdecultura.blogspot.com/2010/08/mascaras-en-el-himalaya.html?m=1>

Reference arte preistorica,

http://zenakruzick.com/contemporary-art/contemporary_art-mort_golub-7314details.htm