

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria del Cinema e dei mezzi di comunicazione

Tesi di Laurea Magistrale

## Dal frame alla post-produzione: Workflow di compositing per la stop motion



**Politecnico  
di Torino**

### **Relatori**

Prof. Antonino Riccardo Antonio Silvio  
Prof. Gioia Niccolò

### **Candidato**

Pagliano Sasso Marco

Anno Accademico 2024-2025

*A nonno Raffaele,  
al piccolo Marco che  
sognava di diventare  
ingegnere*

## Abstract

Realizzare un contenuto cinematografico necessita di un sempre più rilevante lavoro di post-produzione, durante il quale ci si occupa di modificare, espandere, correggere e migliorare le immagini acquisite in fase di ripresa o provenienti dall'animazione 2D o 3D. La lavorazione del footage in una fase successiva alla sua produzione ha assunto, con l'avvento e l'affermazione del cinema digitale, un ruolo centrale nella realizzazione di contenuti, fornendo non solo un grande strumento di espressione alla creatività e potenzialmente infinite possibilità narrative, ma consentendo anche un raffinato uso della tecnica per finalità artistiche. Una parte fondamentale per la lavorazione di un contenuto audiovisivo professionale è il compositing: questo è il nome del processo che prevede la fusione di elementi visivi provenienti da fonti diverse, in un'unica immagine, con il fine di creare l'illusione che questi siano parte della stessa scena. Il documento di tesi "Dal frame alla post-produzione: workflow di compositing per la stop motion" ha l'obiettivo di analizzare l'intera fase di compositing di 2 cortometraggi realizzati con la tecnica della stop motion, o passo uno, cercando di comprendere quali siano le accortezze e le strategie di lavorazione più efficaci, ma anche più efficienti, per ottenere un risultato qualitativamente di livello. Il presente elaborato descriverà in primo luogo la stop motion, accennandone l'evoluzione e concentrandosi sullo stato dell'arte. Verranno successivamente analizzate le tecniche utilizzate nel processo di compositing, i principi teorici sui quali si basano ed i modi nei quali vengono implementati ed applicati. Le metodologie, gli strumenti e le risorse a disposizione di coloro che si occupano della post-produzione di un'opera, così come quelli di tutta l'industria cinematografica sono in costante aggiornamento, perciò a conclusione di questo documento si analizzeranno anche, alla luce del contesto attuale, possibili sviluppi ed evoluzioni delle tecniche utilizzate nei casi studio in oggetto. I cortometraggi oggetto di questa analisi sono *Per Dono*, prodotto da Fantasmagorie Studio (produttori associati Robin Studio e Finale Produzioni), diretto da Alison J. Forest e *Sequencial* prodotto da COLA Animation, Robin Studio, Yellow Tapir, Wildstream e diretto da Bruno Caetano. I due prodotti hanno visto la propria fase di post-produzione curata da Robin Studio s.r.l., che ha reso possibile la realizzazione di questo progetto di tesi, consentendo al sottoscritto di contribuire in prima persona ad una porzione del processo di lavorazione del girato. Nello specifico, le scene al centro dello studio hanno consentito di affrontare una vasta gamma di problematiche tipiche della fase di compositing, vista la necessità di eseguire diverse operazioni di miglioramento, di correzione e di integrazione di elementi digitali all'interno degli shot.

# Ringraziamenti

Questo lavoro di tesi non sarebbe mai stato possibile senza la disponibilità e la professionalità di Robin Studio, che mi ha accolto negli ultimi 6 mesi e mi ha dato la possibilità di mettere mano a produzioni dall'altissima professionalità, permettendomi di toccare per la prima volta con mano, quello che è ed è sempre stato il lavoro dei miei sogni. Ringrazio di cuore tutti i ragazzi dello studio, che mi hanno fatto sentire a casa in un ambiente tanto sereno quanto competente, pieno di ragazzi appassionati e da cui ho imparato molto durante la mia permanenza.

Un grazie particolare va poi al Prof. Niccolò Gioia, la cui sconfinata passione per il suo lavoro mi ha contagiato e con il quale ho condiviso non solo il tavolo di lavoro, ma anche tante preziose giornate di lavoro, che sono certo porterò nel mio bagaglio professionale per il resto della mia carriera.

Un sentito ringraziamento anche al Prof. Riccardo Antonino, che ha reso possibile questa mia esperienza presso lo studio, consentendomi di scrivere la mia tesi proprio su ciò che vorrei fosse il mio futuro.

Ringrazio i miei amici e colleghi che in questi anni di università hanno camminato al mio fianco: nello specifico ci tengo a ringraziare Nicolò, Lucia, Filippo e Federico assieme ai quali ho affrontato questa magistrale tra avventure, sclerate, nottate per le consegne last minute, tantissime risate, pazzie avventure e con cui sono felice di aver condiviso tutta questa magistrale, dall'inizio fino alla fine. "Suolo!" a voi amici miei, ovunque le nostre strade ci porteranno, avrete sempre un posto speciale nel mio cuore.

Ringrazio poi mamma, papà e nonna, per avermi supportato sempre ed in ogni circostanza durante questi 25 anni di vita, permettendomi sempre di inseguire i miei sogni e raggiungere i miei obiettivi, oltre tutte le avversità e le difficoltà. Grazie per avermi cresciuto e reso la persona che sono oggi, per aver sempre creduto in me e per avermi sempre appoggiato nei miei sogni più pazzi ed ambiziosi.

Grazie a tutti gli amici che mi sono stati vicino in questi anni di università, sopportando i miei scleri, le mie lamentele e i miei racconti complessi ed inutili sull'università.

Un grazie speciale al mio Fri, che in questi anni mi ha supportato e sopportato, dandomi forza sempre. Infine l'ultimo ringraziamento, forse il più banale, ma voglio farlo a me stesso, per non aver mai mollato, nonostante le difficoltà, nonostante fisica, nonostante i pianti, difficoltà, le infinite ore davanti al computer e gli scleri. Grazie per non aver mollato mai, aver combattuto anche quando lasciare tutto sarebbe stata la cosa più semplice, ma grazie di non aver smesso di lottare per il tuo sogno. Piccolo Akemonini, sono fiero di te.

# Indice

<b>1</b>	<b>La Stop Motion e il compositing</b>	<b>5</b>
1.1	Definizione e tecniche della stop motion . . . . .	5
1.2	Importanza del compositing nella stop motion . . . . .	6
1.3	Compositing: stop motion vs live action . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Tecniche e strumenti di compositing nella Stop motion</b>	<b>9</b>
2.1	Chroma key e green screen . . . . .	10
2.1.1	Principi fondamentali . . . . .	10
2.1.2	La distanza cromatica nei diversi spazi colore . . . . .	11
2.1.3	Fasi del processo di Chroma key . . . . .	13
2.2	Rimozione e correzione dei difetti . . . . .	17
2.2.1	Rimozione dei Rig . . . . .	17
2.2.2	Correzione difetti visivi . . . . .	19
2.3	Gestione della coerenza visiva . . . . .	21
2.4	Software e strumenti di Compositing . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Influenza della Produzione sul Compositing</b>	<b>25</b>
3.1	Pre-produzione . . . . .	25
3.2	Produzione . . . . .	28
3.2.1	I marker . . . . .	28
3.2.2	Clean Plate . . . . .	29
3.2.3	Motion blur . . . . .	30
3.2.4	Gestione dei file . . . . .	30
3.3	Post-produzione . . . . .	31
3.3.1	Conforming del footage . . . . .	31
3.3.2	Import del footage nel software . . . . .	31
3.3.3	Stabilizzazione del footage . . . . .	32
3.3.4	Chroma key . . . . .	32
3.3.5	Compositing ed integrazione degli elementi digitali . . . . .	34
3.3.6	Inserimento di elementi CGI . . . . .	35
3.3.7	Lavorazione del colore . . . . .	36

<b>4</b>	<b>Ottimizzazione post-produzione per la stop motion</b>	<b>38</b>
4.1	Conforming . . . . .	38
4.2	Stabilizzazione . . . . .	38
4.3	Chroma key . . . . .	40
4.4	Integrazione elementi digitali . . . . .	40
<b>5</b>	<b>I casi studio</b>	<b>42</b>
5.1	Le opere . . . . .	42
5.2	Chroma key . . . . .	45
5.2.1	Chroma Key "Standard" . . . . .	45
5.2.2	Chroma key con sfocati molto pronunciati . . . . .	46
5.2.3	Chroma Key complesso . . . . .	47
5.3	Rimozione Rig . . . . .	49
5.4	Correzione dei difetti . . . . .	52
5.5	Set Extension . . . . .	57
<b>6</b>	<b>Analisi dei risultati</b>	<b>61</b>
6.1	Footage vs Prodotto lavorato . . . . .	61
6.2	Sfide incontrate e soluzioni adottate . . . . .	63
6.3	Sviluppi futuri . . . . .	64
<b>7</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>66</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>68</b>

*You shouldn't take life and results too  
seriously,  
it's not important to be better,  
to be stronger.  
You have to work hard, but at the same  
time, try to enjoy*  
[VALENTINO ROSSI]

# Capitolo 1

## La Stop Motion ed il Compositing

La stop motion è una delle forme più antiche ed affascinanti di animazione, che affonda le sue radici fin negli albori del cinema; soltanto negli ultimi 40 anni ha però visto, anche grazie all'avvento dirompente del cinema digitale, una forte spinta verso il grande pubblico e verso un'evoluzione stilistica e tecnologica senza precedenti. La digitalizzazione del cinema e delle produzioni ha portato con sé il compositing, affermatosi come parte imprescindibile della post-produzione, abbattendo alcune barriere che per la stop motion “analogica” sembravano invalicabili e fornendo possibilità di espressione artistica e contenutistica pressoché illimitate.

Questo capitolo esplorerà marginalmente i più importanti sviluppi storici e tecnici della stop motion, evidenziandone le differenze rispetto alle produzioni di animazione 2D e 3D e rispetto a quelle live action. Si analizzerà quindi il ruolo cruciale del compositing nella stop motion moderna, sottolineando come questa non contribuisca soltanto alla coerenza visiva delle immagini, ma anche all'espansione delle libertà creative che possono impreziosire un contenuto.

### 1.1 Definizione e tecniche della stop motion

“La stop-motion potrebbe essere generalmente definita come la creazione dell'illusione di movimento o performance, registrata attraverso fotogrammi successivi di pellicola esposta, manipolando, di solito a mano, un oggetto solido, un pupazzo o un'immagine ritagliata, in un contesto fisico spaziale. Oggigiorno una risposta netta tende a essere un po' imprecisa, poiché la maggior parte delle tecniche di animazione contiene alcuni elementi e principi che si sovrappongono ad altri.” Questa è la definizione generale di stop motion data da Barry Purves.

Questa tecnica di animazione, nota anche come passo uno, utilizza quindi principalmente oggetti reali, materiali e tangibili, manipolati manualmente e fotografati fotogramma per fotogramma: i frame catturati, se riprodotti in sequenza ad opportuna velocità, permettono di generare l'illusione di un movimento continuo, dovuta alla persistenza retinica. La stop motion, si differenzia dalle altre forme di animazione 2D o 3D, per il suo forte legame con il mondo fisico, attraverso la costruzione materiale di personaggi (i puppet) e

di scenografie, che richiedono il sapiente intervento di artigiani ed artisti le quali esigenze e capacità si sono evolute parallelamente a questa forma di animazione.

I puppet sono stati, nel corso del tempo, soggetto di grande studio ed hanno visto un'importante evoluzione che li ha portati a passare dall'averne uno "scheletro", detto in gergo armatura, realizzato in legno, a delle versioni molto moderne, con arti di metallo ed articolazioni attentamente ingegnerizzate. La finitura esterna del puppet, che ne definisce l'apparenza estetica vera e propria, veniva in principio realizzata in cotone per poi diventare, sempre più diffusamente, realizzata in plastilina a tal punto da rendere, l'animazione realizzata con questo tipo di personaggi, una vera e propria sotto branca della stop motion che prende il nome di claymation o clay animation.

Negli ultimi decenni poi, hanno fatto il loro ingresso nel mondo della stop motion anche altre tecnologie di produzione dei personaggi, come ad esempio la stampa 3D, potente ponte tra la modellazione 3D tanto cara al mondo digitale e la tangibilità dell'animazione passo uno. Solo di recente inoltre, sono entrati in fase di sperimentazione alcuni puppet realizzati interamente o in parte, in silicone, con la speranza che siano meno delicati e quindi più semplici da gestire per gli addetti ai lavori rispetto a quelli in plastilina.

Le caratteristica principale della stop motion, ovvero la cattura del movimento dei soggetti e la loro attenta manipolazione frame dopo frame, non ha solo un impatto importante sulla resa visiva del prodotto finale, ma anche una radicale importanza in tutto il processo produttivo. Tutta la fase di pre-produzione infatti richiede, uno studio approfondito e dettagliato dei set che verranno costruiti e delle inquadrature che verranno realizzate: la necessità di realizzare singolarmente ogni fotogramma infatti, implica, ad esempio, sia poco conveniente, avere del "girato extra" per offrire una maggiore libertà decisionale in fase di montaggio.

L'animazione in stop motion, di solito realizzata a 24 o 25 frames per secondo, può vedere per ognuno dei frame un'immagine diversa, prendendo il nome di animazione on ones, oppure si può mantenere uno stesso fotogramma per 2 frames, realizzando così un'animazione on twos.

La tecnologia digitale ha fornito poi, un grande apporto alla realizzazione di questo tipo di contenuti animati, rendendo fondamentale la fase di post produzione al fine di ottenere i contenuti dal look complessivo piacevole e credibile ai quali siamo abituati oggi.

## **1.2 Importanza del compositing nella stop motion**

La natura tangibile e fisica dei progetti in stop motion, che conferisce a queste produzioni un aspetto così realistico e familiare, nasconde però delle necessità produttive che rendono imprescindibile il contributo della post produzione e del compositing.

I puppet, ad esempio hanno bisogno, durante le fasi di ripresa, di essere mantenuti in posizioni fisse e stabili: per creare quindi animazioni in cui il soggetto si trova a mezz'aria o magari in bilico, è fondamentale l'utilizzo di rig, cioè delle strutture in genere realizzate con bracci metallici articolati che consentono di dare al puppet qualsiasi posizione nello spazio. Questi vengono quindi rimossi dalla scena durante il processo di compositing dell'immagine finale. La stabilità del soggetto ripreso è importante che venga mantenuta non soltanto durante le più complicate fasi di movimento del personaggio, ma anche nei

momenti meno dinamici: in questi casi, si usa solitamente fissare i puppet al suolo sul quale devono poggiare, praticando dei fori su quest'ultimo ed utilizzandoli per bloccare il personaggio con delle viti. Questa tecnica, ottima per garantire che il personaggio non si muova in modo non desiderato tra uno shot e l'altro, ha la controindicazione di richiedere la presenza di questi fori nella scenografia e sul puppet, che vanno quindi rimossi in post produzione: per farlo possono essere utilizzate diverse tecniche quali maschere, clone stamp, riempimento in base al contesto o generativo.

Un altro aspetto fondamentale che consente di dare realismo alla scena consentendo allo stesso tempo di ampliare le possibilità narrative è l'utilizzo della tecnica del chroma key, che consente di inserire elementi digitali all'interno dell'immagine.

Una parte fondamentale della coerenza visiva di un progetto animato in stop motion, così come accade anche per i prodotti live action che fanno uso di VFX, è data da come le componenti aggiunte digitalmente nella scena influenzano e interagiscono con il resto dell'inquadratura: luci, ombre, scie, riflessi, fisica e tutti gli altri elementi comuni per lo spettatore, devono essere coerenti con il contesto della narrazione e risultare realistiche, così da conferire al look dell'immagine omogeneità e credibilità.

Queste ed altre tecniche del compositing, verranno analizzate nel dettaglio in paragrafi successivi di questo elaborato.

### **1.3 Compositing: stop motion vs live action**

Il compositing di un progetto animato in stop motion e quello di uno live action hanno molti aspetti in comune, ma presentano anche alcune differenze sostanziali dovute alle peculiarità delle diverse tipologie di azione e di riprese che vengono effettuate.

Alcuni personaggi, come animali o creature immaginarie, in un prodotto live action vengono inseriti come elementi in CGI sia per ridurre i costi, sia per motivi di fattibilità pratica. La presenza di questi personaggi in un'opera in stop motion al contrario, può essere integrata già dal momento della ripresa della scena, in quanto risulta decisamente più semplice realizzare figure immaginarie o con comportamenti irrealistici con dei puppet, con le giuste proporzioni e movimenti in relazione con il resto degli elementi dell'inquadratura. Quanto detto per questi personaggi vale nella maggior parte dei casi, eccezion fatta per quei progetti nei quali le esigenze narrative o le scelte stilistiche della produzione richiedano espressamente l'interazione tra puppet ed elementi 3D. L'integrazione di elementi animati diversi dai personaggi è invece un punto in comune tra le due tipologie di contenuto audiovisivo: esplosioni, fumo ed in generale elementi particellari difficilmente sono realizzabili in maniera da essere integrati nell'inquadratura nel momento della ripresa per la stop motion, mentre risultano fattibili per il live action ma spesso l'aggiunta in post produzione risulta più controllabile ed economica, quindi viene favorita.

La post produzione è utile anche per risolvere un'altra problematica dell'animazione stop motion che non è invece presente nel girato live action: il movimento manuale frame by frame degli elementi presenti in scena infatti, comporta spesso dei piccoli movimenti che possono risultare sgradevoli o poco naturali nel prodotto finito. Quando queste imperfezioni hanno un impatto troppo rilevante nell'economia dell'inquadratura, la loro correzione consente di donare alla scena un aspetto più coerente ed armonioso.

Il chroma key è un altro tipo di lavorazione che accomuna entrambe le tipologie di produzione: per quanto riguarda la stop motion, viene utilizzato per isolare i puppet e gli oggetti di scena dal background. Questa soluzione viene impiegata nella maggior parte dei casi per estendere il set, aggiungere il cielo ed in generale completare tutti gli elementi in secondo piano. Nel live action invece l'utilizzo principale è quello di integrazione degli attori in mondi creati digitalmente o per l'aggiunta di VFX. La stessa tecnica quindi viene utilizzata nel primo caso per mantenere l'aspetto tangibile e caratteristico della stop motion, mentre nel secondo per rendere credibile l'esistenza e l'interazione dei personaggi in un contesto in cui gli attori non si trovano fisicamente.

Un altro elemento che differenzia i due tipi di prodotto è la gestione del movimento e di quello che in gergo si chiama motion blur, ovvero la sfocatura da movimento. Nel girato live action è infatti consuetudine avere a che fare con questo fenomeno, che si manifesta con diversa intensità a seconda della velocità di movimento dei soggetti dell'inquadratura, della shutter speed (la velocità dell'otturatore della macchina da presa) e dagli fps scelti per girare. Questo fenomeno, in una ripresa derivata dall'animazione in stop motion non è invece presente: catturare singolarmente ogni frame infatti, impedisce che si crei questo tipo di sfocatura di movimento. In passato, quando la computer grafica non era ancora abbastanza evoluta da risultare credibile e facilmente integrabile all'interno delle scene, veniva utilizzata la stop motion: si parla in questo caso di go motion, in quanto si cerca di ricreare l'effetto realistico del motion blur muovendo il soggetto durante lo scatto. Questa tecnica è stata ormai totalmente soppiantata dalla CGI che consente un controllo molto più semplice e versatile del motion blur. La Sfocatura di movimento in un prodotto stop motion, può comunque essere integrato, se necessario per scelte stilistiche, in modo fittizio, attraverso gli strumenti forniti dai software di post produzione.

Le differenze e le similitudini analizzate, riflettono non solo delle sfide tecniche, ma anche le possibilità uniche di ciascuna tipologia di medium, dimostrando come la post produzione ed il compositing nello specifico si possano adattare ed evolversi per soddisfare al meglio le esigenze di qualsiasi produzione.

La stop motion, con le sue peculiarità stilistiche e visive, trova quindi nel compositing un alleato importantissimo per superare limiti tecnici ed espandere le possibilità narrative. Un prodotto animato in stop motion ha il grande pregio di fondere la tradizione dell'artigianalità dei soggetti con la tecnologia e l'innovazione della lavorazione delle immagini, riuscendo a mantenere un'identità espressiva caratteristica e senza tempo seppur in costante evoluzione.

Nel capitolo successivo di questo documento si analizzeranno nel dettaglio tutte le tecniche di compositing sopra citate, applicate nei casi studio presi in esame, descrivendone strumenti, metodologie ed accorgimenti utili al fine di ottenere un risultato convincente in termini di qualità.

## Capitolo 2

# Tecniche e strumenti di compositing nella Stop motion

Il compositing rappresenta una fase fondamentale del processo di post produzione di un contenuto in stop motion perché consente di ovviare ad alcune limitazioni intrinseche di questa tecnica di animazione. Come da definizione, il compositing si basa sull'integrazione di elementi visivi provenienti da fonti diversi al fine di creare un'unica immagine armoniosa ed in linea con lo stile scelto per il progetto, garantendone al tempo stesso il mantenimento della qualità e della coerenza estetica e logica. Nel caso specifico della stop motion, il compositing non fornisce solamente uno strumento di supporto tecnico, ma anche un mezzo espressivo che consente di valorizzare l'artigianalità della tecnica e sostenere la sospensione dell'incredulità nello spettatore.

La natura fisica e tangibile che caratterizza la stop motion, con la sua attenzione ai dettagli e ai materiali, comporta però delle imperfezioni e delle sfide tecniche. Tra queste rientrano la presenza in scena di rig utilizzati per sostenere i puppet, le variazioni di illuminazione e le imperfezioni accidentali nei set o nei modelli. Senza il supporto fornito dalla post produzione, queste problematiche comprometterebbero la qualità visiva dell'opera finale oppure richiederebbero di rigirare lo shot comportando, viste le necessità produttive della stop motion, un importante impiego di risorse ulteriori. L'uso di tecniche avanzate e di strumenti digitali, permette non solo di correggere questi difetti, ma anche di integrare elementi visivi che risulterebbero complessi da produrre fisicamente, come background, effetti particellari o animazioni aggiuntive o realizzate con diverse tecniche di animazione ed in generale ampliando le possibilità narrative della stop motion. In questo capitolo verranno analizzate le principali tecniche utilizzate nel compositing applicato alla stop motion, come chroma key, maschere per la rimozione dei rig, strumenti per la correzione delle imperfezioni, evidenziando così come questa fase della produzione fornisca un punto di contatto tra la tangibilità di questa tecnica di animazione e l'innovazione tecnologica.

## 2.1 Chroma key e green screen

Il chroma key è senza dubbio una delle tecniche di post produzione più utilizzate nel modo del cinema o in generale della produzione multimediale, che consente di integrare elementi visivi reali ed elementi digitali nella medesima immagine. Consiste nella rimozione dello sfondo o di una porzione dell'immagine, solitamente verdi o blu, e della loro sostituzione con altri elementi digitali come immagini, video o ambientazioni generate in 2D o 3D. Il principio alla base del funzionamento di questa tecnica è il seguente: i pixel che corrispondono al colore dello sfondo vengono resi trasparenti, mentre il resto dell'immagine non viene modificato: vengono quindi sfruttate le caratteristiche cromatiche di ogni singolo pixel per determinare una separazione tra il foreground ed il background, così che quest'ultimo possa essere sostituito. L'implementazione tecnica e pratica di questo che all'apparenza può sembrare un concetto basilare, nasconde molteplici sfide legate sia alla precisione dell'algoritmo, sia alle caratteristiche di ripresa ed alle peculiarità visive di soggetti e sfondi inquadrati. Alcune delle sfide più importanti per gli algoritmi di chroma key sono ad esempio soggetti con contorni complessi, sfocatura dovuta alla profondità di campo o al movimento dei soggetti (questa non presente nella stop motion per le caratteristiche in precedenza già descritte).

### 2.1.1 Principi fondamentali

il chroma key tradizionale si basa sull'utilizzo di un colore uniforme, detto colore chiave (key color) come riferimento per identificare lo sfondo da rimuovere. Tale colore viene scelto in modo tale che sia più distante possibile dalle tonalità presenti nel soggetto che deve essere isolato dallo sfondo: da qui deriva quindi la scelta di utilizzare per la maggior parte dei casi il verde o il blu. Questi colori sono infatti colori poco influenti sulle tonalità tipiche dell'incarnato umano e pertanto consentono agli algoritmi di funzionare meglio con questi soggetti o con puppet che vogliono ricreare le sembianze.

L'obiettivo principale degli algoritmi di Keying è in termini matematici, di analizzare ogni pixel per poter ricavare il valore di trasparenza, detto valore alpha ( $\alpha$ ) Questo valore determina quanto un pixel appartenga al primo piano, e quindi debba essere opaco e di conseguenza visibile nell'immagine elaborata, o quanto appartenga allo sfondo, e quindi vada reso trasparente nel risultato finale. La formula matematica base che consente di ricavare il valore di alpha è:

$$\alpha = 1 - \frac{|C - C_{key}|}{T} \quad (2.1)$$

Dove:

- $C$  è il colore del pixel analizzato
- $C_{key}$  è il colore dello sfondo (ad esempio  $[0,255,0]$  per il verde puro in RGB)
- $T$  è una soglia che definisce la tolleranza cromatica dell'algoritmo
- $|\cdot|$  rappresenta una misura di distanza cromatica

## 2.1.2 La distanza cromatica nei diversi spazi colore

I colori e la distanza cromatica possono essere espressi utilizzando diversi spazi colore che hanno caratteristiche ed utilità diverse:

- Spazio colore RGB

Lo spazio colore RGB rappresenta tutti i colori come una combinazione di rosso (R), verde (G) e blu (B). è lo spazio colore in generale più semplice sia da comprendere che da implementare, ma non tiene conto della percezione umana e delle differenze cromatiche (ad esempio due colori con differenze simili in RGB possono essere percepiti come molto diversi o molto simili dall'occhio umano). In questo spazio colore la distanza cromatica è calcolata come:

$$d(C, C_{\text{key}}) = \sqrt{(R - R_{\text{key}})^2 + (G - G_{\text{key}})^2 + (B - B_{\text{key}})^2} \quad (2.2)$$

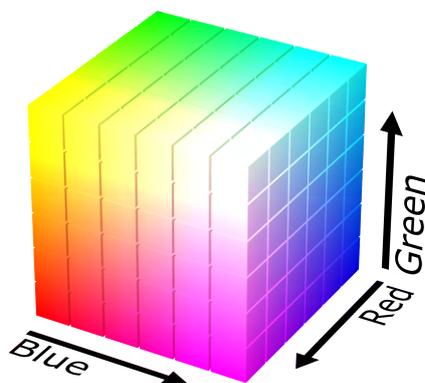


Figura 2.1: Spazio colore RGB mappato su un cubo

- Spazio colore HSV

Questo spazio separa ogni colore in 3 componenti distinte: tonalità (Hue, H), saturazione (saturation, S) e valore o luminosità (value, H). questo tipo di struttura consente di descrivere i colori in modo intuitivo, agevolando la loro distinzione e manipolazione in applicazioni grafiche o di elaborazione delle immagini. Nel dettaglio, il valore di Hue rappresenta un tipo di colore emesso e viene espresso come un angolo di valore tra  $0^\circ$  e  $360^\circ$  su un cerchio cromatico dove  $0^\circ$ =Rosso,  $120^\circ$ =verde,  $240^\circ$ =Blu. La saturazione indica invece quella che può essere descritta come l'intensità del colore. Ha un valore che varia tra 0 che indica un colore completamente desaturato (grigio) e 1 che rappresenta invece un colore completamente saturo, cioè alla sua massima vivacità: maggiore è la saturazione del colore, minori saranno le tonalità neutre (bianco, grigio, nero) in esso contenute. Il valore o luminosità rappresenta

invece quanto chiaro o scuro il colore appare: anche questa componente varia tra 0 (nero completo, assenza di luce) e 1 (massima luminosità per quella tonalità). In questo spazio colore la distanza cromatica viene ricavata dalla formula:

$$d(C, C_{\text{key}}) = \sqrt{(H - H_{\text{key}})^2 + (S - S_{\text{key}})^2 + (V - V_{\text{key}})^2} \quad (2.3)$$



Figura 2.2: Ruote colori di Hue, Value e Saturation

- Spazio colore YUV

Questo spazio, uno dei più utilizzati nella trasmissione, compressione ed elaborazione delle immagini, prevede la separazione della luminanza (Y) che rappresenta le informazioni sulla luminosità e la cromaticanza (U e V) che riflette invece le informazioni sui colori. La luminanza è nello specifico la luminosità percepita di un pixel, cioè quanto chiaro o scuro appare e viene ricavata come combinazione pesata di rosso (R), verde (G) e blu (B) con le seguenti valenze:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B$$

Questi pesi assegnati ad ognuna delle componenti rispecchiano la sensibilità dell'occhio umano, che risulta più reattivo al verde e meno al blu. In generale il parametro Y rappresenta quindi l'informazione in bianco e nero dell'immagine.

La cromaticanza U cattura la differenza tra il colore blu B e la luminanza Y ed è pertanto ricavata dalla formula:

$$U = 0.429(B - Y)$$

La cromaticanza V, in modo analogo a quella U, cattura la differenza tra il colore rosso e la luminanza Y, venendo ricavata mediante la formula:

$$V = 0.877(R - Y)$$

In questo spazio colore la distanza cromatica viene ricavata dalla formula:

$$d(C, C_{\text{key}}) = \sqrt{(U - U_{\text{key}})^2 + (V - V_{\text{key}})^2} \quad (2.4)$$

Abbiamo fino a questo punto i principi teorici sui quali si basa il processo di keying; ora analizzeremo nel dettaglio le fasi di questo processo, vedendo quali sono nel dettaglio operazioni da fare sul software che si sceglie di utilizzare per la rimozione del green screen o del blu screen.

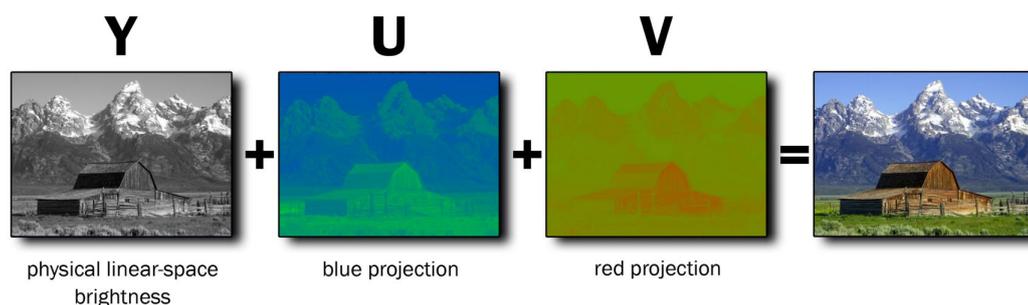


Figura 2.3: Come un'immagine viene rappresentata nello spazio colore YUV

### 2.1.3 Fasi del processo di Chroma key

#### Fase 1: identificazione del colore chiave

La scelta del colore chiave è il primo passo di questo importante lavoro che permette di isolare il background dai soggetti della scena. La scelta del colore deve da utilizzare viene fatta in relazione alla scena da riprendere: in generale si usa il verde in quanto possiede una maggiore intensità luminosa rispetto ad altri colori e soprattutto garantisce un ottimo contrasto con i toni della pelle umana. Spesso capita però di non poter utilizzare uno schermo verde perché in scena compaiono elementi che non devono essere rimossi dallo stesso colore o comunque di tonalità di verde cromaticamente vicine a quella scelta per il background: in questi casi viene quindi scelto di utilizzare il blu screen. Un altro fattore discriminante tra la scelta di uno fondale verde o blu può essere la presenza o meno in scena di materiali che assorbono o reagiscono in maniera particolare alla luce riflessa dal background. Questo dimostra quanto sia importante che coloro i quali si occuperanno della post produzione siano presenti fin dalle fasi di pre produzione ed allestimento del set, affinché possano in accordo con gli altri reparti, operare scelte ponderate al fine di rendere più efficiente il lavoro di tutti.

Sempre durante la fase di allestimento del set, è importante rendere più omogeneo possibile lo sfondo, riducendo al minimo possibile le variazioni di tonalità e di luminosità del colore scelto come chiave: questo permetterà all'algoritmo di keying di essere più preciso e consentirà di poter impostare una tolleranza più bassa, andando ad escludere dal processo tutti i colori che davvero non devono essere interessati. Assume quindi una grande importanza l'illuminazione del green screen nella scena, in modo che non abbia zone più luminose e porzioni più in ombra. Quando possibile, è anche consigliabile mantenere distanti i soggetti dell'inquadratura dal fondale, in modo da evitare che le ombre vadano a cadere sul colore scelto per il keying, ma anche per ridurre il fenomeno dello spill.

Lo spill si verifica quando un oggetto (in questo caso il green screen), troppo vicino ad un altro (il soggetto dell'inquadratura) riflette sul secondo la propria componente colore dominante (il verde), causando una contaminazione cromatica che potrebbe ostacolare il processo di keying. Questo fenomeno inoltre, se non considerato nella fase relighting della scena, andrebbe ad introdurre un riflesso colorato sugli oggetti che ad esempio non

potrebbe essere generato dal fondale aggiunto in post produzione, andando a generare un'incoerenza nell'immagine finale. Per ridurre il fenomeno dello spill, oltre alla distanza dal background, si consiglia quindi di utilizzare per il green screen o per il blue screen un materiale opaco e poco riflettente.

## **Fase 2: generazione della Maschera Alpha**

La seconda fase prevede tutti gli step necessari per la generazione di una maschera alpha. Nelle scene in cui è possibile o necessario, chi si occupa della realizzazione del chroma key disegna quella che in gergo viene chiamata garbage matte: la maschera più grossolana di quelle che vedremo nel processo di keying, che consente di escludere dalla procedura una porzione del frame (garbage significa spazzatura in inglese). Questa viene costruita inserendo manualmente i vertici che servono per disegnarne la sagoma (ed eventualmente animando la posizione di questi punti a seconda delle esigenze della scena). La garbage matte ha la doppia utilità di escludere dal keying alcune porzioni dell'immagine, rendendo più semplice la manipolazione dei parametri dell'algoritmo, ed allo stesso tempo di ridurre l'area su cui applicare il chroma key, accelerando così le tempistiche di elaborazione.

La fase successiva che porta a creare un'opportuna maschera alpha è il calcolo del valore alpha: questo viene fatto calcolando, pixel per pixel, la distanza cromatica dal colore scelto come chiave, nel modo descritto nel paragrafo precedente. Questa operazione consente di ottenere un primo risultato ancora grezzo, che può essere affinato con diverse tecniche ed accortezze. In primo luogo una regolazione fine del parametro della soglia di tolleranza (T) permette di considerare le possibili variazioni cromatiche presenti nel green/blu screen: bisogna però prestare particolare attenzione a questo parametro, in quanto una soglia troppo stretta potrebbe andare ad escludere alcuni pixel che fanno parte del soggetto mentre una troppo larga potrebbe includere nell'immagine finale una porzione dello sfondo che invece dovrebbe essere rimossa.

La maschera finale in genere deriva dal lavoro di keying dell'algoritmo, unito con la garbage matte disegnata dall'addetto al compositing e da altre due maschere da quest'ultimo generate mediante gli strumenti messi a disposizione dal software: la Hard matte e la soft matte. La hard matte è una maschera cosiddetta rigida (hard per l'appunto) che nasce con lo scopo di delineare e distinguere quali siano le aree dell'immagine che devono essere chiaramente opache da quelle che invece essere completamente trasparenti. È in sostanza un modo di raffinare la generazione della maschera finale, andando evidenziare chiaramente quali pixel non debbano essere influenzati dal processo di keying. Volendo ordinare non solo in ordine cronologico nella lavorazione ma anche secondo il livello di dettaglio crescente le maschere utilizzate abbiamo prima la garbage matte, poi la hard matte ed infine la soft matte. Quest'ultima, detta anche maschera morbida, è generata per manipolare con precisione i bordi dei soggetti e quindi la transizioni tra le porzioni della maschera finale con  $\alpha=1$  e quelle con  $\alpha=0$ .

Viene quindi utilizzata per gestire e lavorare al meglio porzioni di immagine con trasparenze, le sfocature, aree con eventuale motion blur o bordi con forme particolarmente complesse come per esempio per i capelli.

Una volta completata anche la generazione della soft matte, la maschera finale può essere generata già con una buona precisione. È nella norma poi, per rifinire ulteriormente il risultato finale, applicare degli ulteriori modificatori alla maschera con lo scopo di rendere

più realistico e piacevole il risultato ottenuto: nello specifico si ricorre all'utilizzo di modificatori di erosione/dilatazione e di blur.

Il primo, come si evince dal nome, consente di dilatare o erodere i bordi della maschera, così poter ad esempio evitare delle contaminazioni dello sfondo oppure includere più dettaglio nei soggetti da mantenere nell'immagine. Questo risulta spesso utile nelle situazioni in cui il keying non riesce, nonostante tutte le accortezze sopra citate, ad essere molto preciso. Blurrare cioè sfocare ulteriormente i bordi della maschera alpha finale consente invece di preservare del dettaglio in alcune zone della maschera, specialmente dove è presente una sfocatura importante (nei casi studio si vedrà che questo fattore è stato ampiamente utilizzato per gestire le sfocature dovute alla profondità di campo con cui lo shot è stato ripreso).

### **Fase 3: Compositing finale**

Il risultato finale si ottiene poi unendo il soggetto isolato dal suo background originale, con il nuovo sfondo proveniente da un'altra fonte. L'obiettivo è quello di ottenere un'immagine in cui il soggetto ed il background siano integrati in modo realistico e coerente, come se la ripresa li comprendesse entrambi fin dal principio. In questa fase è necessario non solo accertarsi che il soggetto sia posizionato correttamente rispetto allo sfondo, ma è necessario apportare altre correzioni all'immagine per dare un aspetto realistico anche alle luci, ai colori ed alla profondità di campo: una scarsa attenzione a questi aspetti porterebbe ad un risultato finale che potrebbe apparire poco coerente e pertanto poco credibile, compromettendo tutto il look della scena.

La prima operazione che in genere viene eseguita è la rimozione del color spill: il color spill è quel fenomeno che si verifica quando il colore del background si riflette sul soggetto (soprattutto sui bordi o su superfici più chiare), causandone una contaminazione cromatica visibile. Per arginare questo fenomeno si utilizzano delle tecniche che prendono il nome di tecniche di spill suppression: queste prevedono l'utilizzo di alcuni metodi di clamping e l'esecuzione di operazioni di unspill.

I metodi di semplice clamping prevedono di limitare il valore del canale del verde utilizzando come riferimento i valori di rosso e blu (in caso di spill blu si utilizzano come riferimento il rosso ed il verde). Questa soluzione può però causare due problemi collaterali: hue shift, ovvero uno spostamento della tonalità di colore dovuto all'alterazione del bilanciamento cromatico (particolarmente evidente se l'immagine presenta gradienti di colore particolarmente complessi) e brightness drop, cioè una perdita complessiva di luminosità poiché spesso è proprio il verde il canale dominante in termini di luminanza. È stato quindi introdotto, per ovviare a queste problematiche, l'utilizzo di un filtro iterativo basato su un guided filter: questo approccio unisce la rimozione del verde con un processo iterativo che attraverso la diffusione, permette di regolare automaticamente le differenze di colore tra i diversi canali. Vengono in primo luogo definiti due valori, detti di spill difference, che rappresentano il livello di contaminazione cromatica rispetto al canale rosso e a quello blu.

Questi valori vengono calcolati come:

$$D_{i,R} = C_{i,B} - C_{i,G}$$

Successivamente si applica il guided filter modificando la formula per includere questi valori:

$$D_{i,c,t} = \overline{a_{i,c,t}} \bullet I_{i,t} + \overline{b_{i,c,t}}, \quad c \in \{R, B\}$$

Dove  $t$  è il numero di iterazione ed  $I_{i,t}$  è l'immagine composita aggiornata ad ogni iterazione.

Ogni iterazione prevede l'aggiornamento dell'immagine, propagando le modifiche per migliorare la coerenza cromatica. La formula per aggiornare il risultato dopo ogni iterazione è:

$$I_{i,c,t+1} = \max(I_{i,G,t} + D_{i,c,t}, I_{i,c,t})$$

Ciò impedisce la diffusione eccessiva del verde mantenendo comunque la consistenza del colore. Il fenomeno che causa lo spill non desiderato è sì un effetto che va corretto nell'immagine, ma allo stesso tempo una caratteristica del mondo reale: tutti gli oggetti quando vicini tra loro, influenzano le componenti cromatiche gli uni degli altri, ognuno in modo diverso a seconda del materiale e del colore, riflettendo la luce che li colpisce verso i nostri occhi e verso gli altri elementi vicini a loro. Diventa quindi fondamentale riuscire a ricreare questo effetto con coerenza in base al nuovo background che viene inserito, affinché anche questo influenzi con i suoi colori ed i suoi materiali, i soggetti che gli stanno davanti. La tecnica del light wrap è quella che consente di ottenere in modo più realistico questo effetto (verrà analizzata nel dettaglio in un paragrafo successivo dedicato alla gestione delle luci e della coerenza visiva).

Un ulteriore intervento molto importante da effettuare nella fase di compositing dell'opera quando si esegue la sostituzione di un elemento (nello specifico del fondale) mediante il chroma key è quello di eseguire il matching della profondità di campo (depth of field, dof): un'inquadratura dei soggetti con una profondità di campo molto ampia fa sì che, per un risultato credibile, anche lo sfondo debba essere a fuoco mentre una dof più stretta accentuerà la sfocatura del background. Eseguire con precisione questa operazione è fondamentale per creare l'illusione che lo sfondo aggiunto in post produzione ed il soggetto appartengano entrambi all'immagine fin dal momento della ripresa. Il matching della profondità può essere effettuato "manualmente", cioè applicando delle maschere o degli effetti di blur ai livelli o alle porzioni di questi, vista la loro posizione della scena dovrebbero essere più sfocati di altri: questa modalità operativa, consente di ottenere un risultato soddisfacente nonostante si affidi totalmente alla percezione umana dell'addetto al compositing.

È possibile invece ottenere un risultato più preciso utilizzando una simulazione di obiettivi, che simula il vero e proprio effetto della profondità di campo con tutte le sue caratteristiche e differenze rispetto ad un semplice blur; qualora disponibili, è infine anche possibile utilizzare per il matching, delle mappe di profondità. Le depth map (mappe di profondità) consentono al software di calcolare automaticamente la sfocatura da applicare ad un oggetto a seconda della sua distanza dal punto focale e dall'ottica utilizzata per girare l'inquadratura. L'aggiunta di una sfocatura viene anche applicata in genere, sui contorni della maschera alpha generata dal processo di keying, per rendere ulteriormente più credibile la fusione delle immagini: questo processo prende il nome di edge blending. Nello specifico l'edge blending può prevedere sia il semplice inserimento di un blur sui

bordi (edge blur) sia l'inserimento di una sfumatura progressiva dei bordi (feather) per renderli meno evidenti e quindi più realistici.

Queste sono le operazioni che in generale vengono effettuate quando si esegue un chroma key quando si vuole sostituire il green screen utilizzato background sul set con un altro fondale, indipendentemente che questo provenga dal mondo 2D, del 3D o che sia girato live action. È altresì importante specificare che queste procedure sono quelle che vengono eseguite in un caso generico e che ogni shot richiede delle accortezze specifiche e potrebbe necessitare di ulteriori passaggi ed integrazioni per ottenere un risultato qualitativamente soddisfacente.

## **2.2 Rimozione e correzione dei difetti**

La stop motion è uno degli stili di animazione più affascinanti ed allo stesso tempo stimolanti dal punto di vista della tecnica: la manipolazione frame by frame degli oggetti di scena, dei puppet ed in generale di tutti gli elementi del set comporta una grande sfida per gli addetti ai lavori, introducendo d'altro canto anche la possibilità che tra un fotogramma e l'altro ci siano degli spostamenti accidentali, della polvere che entra in scena, disallineamenti degli oggetti o ombre ed altri elementi indesiderati.

Correggere questi difetti permette quindi di mantenere la coerenza visiva, favorisce la sensazione di fluidità nell'animazione e consente di ottenere un risultato finale di livello. Nel capitolo precedente si è trattata l'importanza della stabilità dei puppet ed in generale di tutti gli elementi di scena che viene garantita, quando necessario, da rig o da fori praticati sulla superficie di contatto dei personaggi con il pavimento che consentono di avviarli a quest'ultimo: questi elementi saranno inevitabilmente presenti nell'inquadratura ed è quindi fondamentale che vengano rimossi con precisione affinché non lascino tracce nel footage e allo stesso tempo non risulti visibile l'artefatto che è stato utilizzato per nasconderli.

In questo paragrafo verranno quindi descritte alcune delle strategie che si possono adottare per correggere questi difetti.

### **2.2.1 Rimozione dei Rig**

I rig sono i supporti fisici che vengono utilizzati per sostenere gli oggetti di scena in equilibrio precario, fluttuanti o i puppet che a seconda della loro costruzione necessitano di un ulteriore supporto (oltre alle viti nei piedi) per compiere tutti i movimenti dell'animazione e restare comunque fermi nella posizione desiderata tra la ripresa di un frame e l'altro. Questi supporti, nonostante siano essenziali durante la produzione, devono essere rimossi dal footage finale, richiedendo quindi l'intervento della post-produzione per eliminarli dalla scena e poter mantenere la sospensione dell'incredulità nello spettatore, che non vedrà ciò che ha mantenuto in posizione gli elementi in scena tra un frame e l'altro. Rimuovere i rig dall'immagine è un'operazione che a seconda dello shot, può risultare più o meno complessa e può richiedere di operare una scelta tra uno dei seguenti approcci oppure una combinazione di questi: utilizzo del clone tool, rimozione grazie ad un clean plate, applicazione di maschere eventualmente animate o chroma key (utilizzato in pochi casi).

La tecnica in genere più utilizzata per eliminare dall'inquadratura un rig è l'utilizzo di un clean plate: in gergo cinematografico il clean plate è un'inquadratura del set senza gli oggetti di scena, gli attori (o i puppet nel caso della stop motion) e tutti gli altri elementi che si muovono nel background: se nella scena è presente un movimento di camera, questo deve essere riprodotto anche durante la fase di ripresa del clean plate, eventualmente utilizzando il camera control (controllo elettronico della camera per poter ripetere con precisione lo stesso movimento) per ottenere una ripresa perfettamente sovrapponibile a quella con i personaggi. Una volta giunti alla fase di post produzione quindi, è necessario utilizzare una maschera (additiva se applicata sul clean plate o sottrattiva se applicata sul girato dove è presente il rig da rimuovere) eventualmente animata per seguire i movimenti della scena, e sovrapporre i livelli delle due immagini: in questo modo il rig non sarà più visibile nella scena finale. La maschera utilizzata può essere generata sia disegnandone (ed animandone) i vertici manualmente, eseguendo così un lavoro certamente più dispendioso in termini di tempo ma allo stesso tempo che offre massima libertà di manipolazione, sia affidandosi agli algoritmi messi a disposizione dal software che si utilizza per il compositing per definire i contorni della maschera: in after effects ad esempio, è possibile disegnare una maschera manualmente e poi lasciare che il software la animi automaticamente con l'opzione di tracking, oppure è possibile servirsi del rotobrush, una funzionalità che consente all'operatore di selezionare un oggetto attorno al quale verrà automaticamente tracciata ed animata una maschera secondo il riconoscimento dell'oggetto previsto dall'algoritmo. È importante affinché il risultato di queste operazioni sia qualitativamente soddisfacente, che le condizioni di luce e la qualità di registrazione del plate, devono essere esattamente le medesime della scena in cui il plate va inserito per evitare che vi siano delle incongruenze tra le parti che vengono sovrapposte, rivelando così l'artefatto.

Il plate della scena di norma viene realizzato prima di girare l'inquadratura con gli oggetti di scena e i protagonisti (attori o puppet che siano), così che il set non sia ancora stato alterato dalla loro interazione con lo stesso e così da non doverlo ripristinare in seguito soltanto per girare il plate.

## 2.2.2 Correzione difetti visivi

Un altro strumento spesso utilizzato per la correzione di difetti visivi più piccoli presenti nell'inquadratura è il clone stamp tool (timbro clone): questa funzionalità offerta sia dai software di fotoritocco sia da quelli di post-produzione video si basa sul principio del campionamento dei pixel. L'operatore deve definire 3 parametri affinché questo strumento funzioni correttamente:

- Source point (punto di origine): è la porzione dell'immagine da dove vengono prelevati i pixel da copiare e può essere fissa nel frame oppure può adattarsi dinamicamente al contenuto dell'immagine;
- Target point (punto di destinazione): è la porzione dell'immagine dove i pixel presi dal source point vengono clonati, sovrapponendosi secondo delle proprietà definite dal brush, ai pixel dell'immagine originale;
- Brush (pennello): permette di definire il modo in cui i pixel del punto di origine vengono copiati nel punto di destinazione: è a tutti gli effetti un pennello tipico di tutti i software di elaborazione delle immagini.

È inoltre possibile selezionare la modalità di fusione con la quale i pixel clonati vengono applicati sull'immagine originale. Lo strumento del clone tool ha alcuni benefici ed alcuni svantaggi che lo rendono perfetto per essere applicato in determinate situazioni quali:

- Rimozione di macchie, polvere o peli indesiderati: caratteristica intrinseca della stop motion sono la sua tangibilità e anche la necessità di manipolare molto il set e gli oggetti presenti in scena, aumentando esponenzialmente la possibilità di introdurre in camera polvere, macchie e movimenti indesiderati degli elementi dell'inquadratura;
- Rimozione di piccoli rig, cavi di sostegno o piccoli supporti: questo tipo di elementi, a volte necessari per la realizzazione dello shot, possono essere rimossi anche con questa tecnica, clonando sopra quelli dello sfondo;
- Ripristino dell'uniformità delle superfici: alcune superfici, tessuti o textures possono avere alcuni difetti come crepe, imperfezioni ed irregolarità che possono essere corretti con il clone stamp tool, clonando sulle imperfezioni i pixel di parti dell'oggetto su cui queste non sono presenti.

Una buona norma quando si utilizza questo potente strumento è quella di prestare attenzione all'uniformità e alla coerenza delle "pennellate": è infatti fondamentale accertarsi che non risulti visibile in modo evidente il pattern che si sta clonando, altrimenti l'effetto finale risulterà poco credibile. Questa accortezza, unita ad una corretta regolazione dei parametri di flusso e opacità del brush, consente di ottenere un risultato di qualità.

Il clone stamp tool risulta un buono strumento in alcune circostanze come per piccole correzioni o la rimozione di rig poco invasivi, mentre è sconveniente da utilizzare in scene molto dinamiche o con un alto livello di dettaglio in movimento, in quanto sarebbe necessario tracciare sia la posizione dei pixel sorgente sia quella dei pixel destinazione e ciò dovrebbe essere fatto con grande precisione, altrimenti il risultato potrebbe non essere accurato e quindi rivelare l'artefatto.

Un'altra tecnica per rimuovere dall'immagine alcuni difetti è l'utilizzo di maschere unite ad altri strumenti: le maschere consentono di rimuovere delle porzioni di immagine per sostituirlle con un clean plate come visto in precedenza, oppure con altre immagini realizzate con diverse modalità come il riempimento generativo in base al contenuto o mediante l'impiego dell'intelligenza artificiale.

I passaggi da seguire per lavorare con le maschere sono i seguenti:

- Creazione della maschera: si disegna la maschera attorno all'oggetto da rimuovere utilizzando gli strumenti messi a disposizione dal software utilizzato: possono essere tracciate maschere rettangolari, tonde o di forma a piacere, definendone la posizione dei vertici. Disegnare una maschera precisa e che segue, ove possibile, le forme di ciò che deve essere rimosso, agevolerà un eventuale algoritmo di tracking utilizzato nella fase successiva;
- Animazione della maschera: se la porzione di immagine da rimuovere non è statica nel frame ma si muove, allora sarà necessario animare la maschera affinché ne segua il movimento. Il processo di animazione della maschera può avvenire in maniera manuale, spostandone i vertici quando necessario, oppure attraverso algoritmi di tracking integrati nel software utilizzato: il primo rende tutto il processo molto dispendioso in termini di tempo impiegato per realizzare il tracking, ma consente un controllo diretto e completo su ogni movimento della maschera. Nel secondo caso invece, l'animazione della maschera diventa quasi automatica, ma richiede delle risorse computazionali maggiori e potrebbe comunque necessitare di un ulteriore intervento da parte dell'operatore per correggere eventuali imperfezioni generate dall'algoritmo di tracking;
- Selezione della modalità di sovrapposizione della maschera: una volta tracciata ed animata la maschera, è fondamentale scegliere come si vuole che questa interagisca con il livello del footage. Questa impostazione influirà, qualora si lavorasse con un software a livelli, sull'ordinamento dei livelli stessi: ad esempio se si sceglie di utilizzare una maschera additiva il layer che contiene la maschera andrà posizionato sopra il layer con il resto dell'inquadratura in modo che la maschera si sovrapponga alla parte da rimuovere;
- Impostazione del feather della maschera: per fondere al meglio la maschera, e quindi il suo contenuto, con il resto dell'immagine è possibile regolare il parametro del feather. Questo valore andrà a stabilire il livello di sfumatura da applicare ai bordi della maschera, consentendo di ottenere una transizione graduale tra la maschera stessa ed il resto del frame. In questo modo non saranno nettamente visibili i bordi della maschera, rendendo così credibile il risultato finale.

Questi strumenti offrono una vasta gamma di possibilità per correggere eventuali difetti visivi presenti nello shot: per una buona resa finale nello shot è fondamentale l'abilità di coloro che si occupano della post produzione dell'inquadratura affinché non sia visibile l'artefatto utilizzato per rimuovere il problema.

## 2.3 Gestione della coerenza visiva

L'intero processo di compositing di una scena, che sia girata in stop motion o che sia live action, ha come caposaldo il creare e mantenere nell'inquadratura la coerenza visiva: ogni elemento presente nei fotogrammi fin dal momento della realizzazione dello shot, così come tutte le parti aggiunte o modificate in post produzione, devono integrarsi armoniosamente in un'immagine finale che risulti credibile e piacevole per lo spettatore.

Una delle prime caratteristiche che consentono di ottenere la resa visiva desiderata è senza dubbio quella di ottenere un corretto matching dei colori: risulta infatti fondamentale che tutti gli elementi della scena siano cromaticamente coerenti, di modo che il look complessivo appaia naturale e credibile. La prima scelta da effettuare è quella del riferimento cromatico che condizioni tutti gli elementi della scena e determini quali correzioni vanno applicate alle parti dell'immagine di origine diversa da quella del riferimento scelto. Un corretto ed uniforme bilanciamento del bianco è altresì importante per eliminare eventuali variazioni cromatiche introdotte dalle luci utilizzate per illuminare gli oggetti integrati nella scena durante il compositing.

L'uniformità cromatica della scena finale viene poi raggiunta utilizzando gli strumenti di color grading forniti dal software utilizzato durante questa fase di post-produzione: correzioni di tonalità, modifiche alla saturazione delle immagini, regolazione delle varie curve di colore permettono quindi di ottenere un risultato qualitativamente soddisfacente se combinato con le altre tecniche di lavorazione viste in precedenza.

Conferire armonia cromatica ad una scena significa far sì che tutti i colori presenti nell'immagine funzionino insieme, con coerenza ed allo stesso tempo in modo funzionale ai fini della narrazione: le scelte cromatiche infatti permettono, oltre a conferire un aspetto credibile alla scena, di trasmettere allo spettatore sensazioni, emozioni e consentono di guidare lo sguardo dove le necessità comunicative desiderano.

## 2.4 Software e strumenti di Compositing

Tutte le tecniche di lavorazione e manipolazione delle immagini in precedenza descritte, vengono messe in atto attraverso l'utilizzo di software specifici e che sono diventati, con il passare del tempo, sempre più potenti ed avanzati, fornendo così libertà espressive, narrative ed artistiche impossibili o comunque molto più complesse ai tempi del cinema analogico.

Lo scopo principale di questi applicativi è quello di permettere di mettere in atto tutto ciò che viene inteso come compositing e modifica delle immagini (in questo caso specifico di un flusso video): consentono quindi di ovviare ad alcune problematiche produttive che altrimenti limiterebbero le possibilità narrative dell'opera.

In termini più generici di potenzialità, si può dire che questi software permettono di:

- Sovrapporre livelli: unire quindi immagini e/o video, mantenendo tra questi coerenza visiva e consentendone l'integrazione;

- Applicare correzioni di colore: regolare le tonalità, la saturazione, la luminosità, il bilanciamento dei colori al fine di ottenere una scena uniforme e coerente con ciò che si vuole trasmettere;
- Generare maschere e tracciati: permettono di disegnare delle maschere o dei tracciati, che consentono di applicare determinati effetti o modifiche soltanto ad alcune porzioni dell'immagine; ciò permette la correzione di difetti visivi e l'integrazione migliore di elementi compositi;
- Aggiungere effetti visivi: simulare luci, ombre, nebbia, riflessi delle ottiche, gestire il motion blur, ed in generale arricchire con ulteriori dettagli la scena.

I software di compositing e di post produzione si possono suddividere in 2 grandi famiglie, che si differenziano per il tipo di approccio utilizzato per consentire all'utente di manipolare le immagini: esistono infatti applicativi che lavorano con i livelli ed applicativi che funzionano attraverso l'utilizzo di nodi. I primi sistemano ogni elemento dell'immagine su un livello ed il risultato finale verrà generato dalla sovrapposizione di tutti i livelli che compongono il frame. Questo tipo di approccio è in generale più intuitivo in quanto di più immediata comprensione: ciò che si trova in un livello più in alto nella gerarchia, starà davanti a ciò che è invece più in basso.

Il principale e più diffuso rappresentante dei software che adottano questo tipo di approccio è sicuramente Adobe After Effects: la sua grande popolarità, merito della sua duttilità e della perfetta compatibilità con gli altri software della suite Adobe, lo rende il riferimento per quanto riguarda i software che lavorano a livelli. Proprio grazie alla grande diffusione di cui questo applicativo si è reso protagonista, nel tempo molti sviluppatori hanno deciso di creare i propri plugin per questo programma, espandendone ulteriormente le potenzialità (già molto ampie per gli utenti più esperti che, utilizzando delle expression in linguaggio di programmazione JavaScript standard, possono personalizzare il comportamento e le proprietà di ogni livello).



Figura 2.4: Interfaccia di Adobe After Effects

Questo tipo di approccio, benché sia di immediata comprensione, può risultare sconveniente e di complessa gestione quando i progetti sono formati da molti livelli, alcuni magari anche duplicati più volte (e quindi con nomi molto simili) ma con piccole variazioni, rallentando così il flusso di lavoro e complicando anche un eventuale necessità di manipolazione del file da parte di più membri del team di post produzione.

A queste difficoltà fa fronte il secondo tipo di approccio al compositing, ossia quello a nodi: i software che utilizzano questo approccio rappresentano ogni elemento ed ogni operazione da eseguire sull'immagine come un nodo di un diagramma di flusso. Questo consente, a discapito dell'immediatezza, di gestire agilmente progetti molto grandi e complessi: in generale quindi questo tipo di approccio, e di conseguenza i software che lo utilizzano, vengono scelti per le produzioni di altissimo livello e grande complessità.

Un approccio basato sui nodi, oltre ad avere un'ottima scalabilità, consente più agilmente di agire sulle modifiche che vengono applicate al footage in quanto ogni singola operazione rappresenta un nodo del grafo, rendendo per tanto immediato accedervi e modificarne i parametri.

Il software di riferimento per il compositing a nodi è senza dubbio Nuke di Foundry: consente di utilizzare strumenti molto potenti, permette una gestione raffinata delle maschere e del rotoscoping, mette a disposizione algoritmi molto precisi per il tracking sia 2D che 3D e in generale è lo standard dell'industria per l'integrazione di elementi CG in una scena. Nuke è sì il software preferito dalle grandi produzioni ma il costo della licenza può risultare proibitivo per le piccole produzioni, per tanto tra i software a nodi si è molto diffuso anche Fusion (incluso in DaVinci Resolve): questo si è contraddistinto per essere il più user friendly tra i software a nodi e per la praticità derivante dalla sua integrazione con DaVinci Resolve.

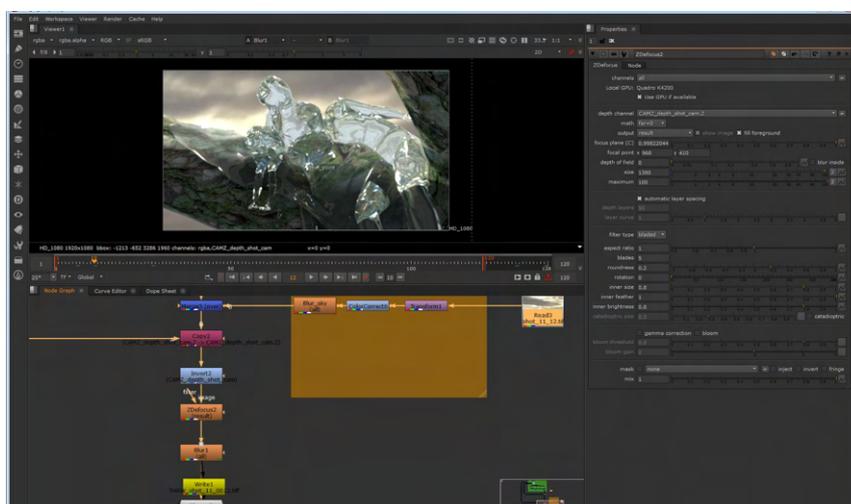


Figura 2.5: Interfaccia di Nuke di Foundry

In questo capitolo si è esplorato il fondamentale apporto del compositing alla stop Motion e come le tecniche post produzione consentano di preservare il look unico e caratteristico di questa tipologia di animazione: dal chroma keying al rotoscoping, dalle maschere al clone stamp tool, tutti questi potenti strumenti e processi di lavorazione consentono di ottenere immagini coerenti, piacevoli da vedere e permettono di superare tutti i limiti fisici e di fattibilità di una produzione così strettamente legata alla realtà come quella di un opera passo uno. Questi chiaramente non sono le uniche armi a disposizione della post produzione per correggere, ampliare, migliorare ed espandere le immagini catturate durante le riprese: ogni shot, scena e prodotto infatti può avere particolari esigenze di lavorazione che possono essere soddisfatte soltanto con ulteriori strumenti forniti dai software utilizzati o tecniche più specifiche. Quelle analizzate in questo capitolo sono però le metodologie più diffuse di correzione dell'immagine e che permettono nella maggior parte dei casi, di ottenere un risultato qualitativamente soddisfacente.

Il prossimo capitolo si occuperà di analizzare come e quando queste tecniche vengono utilizzate durante la lavorazione del prodotto e come la necessità di utilizzarle influenzi tutto il processo produttivo, fin dall'inizio e non solo nelle fase di post produzione come si potrebbe erroneamente pensare.

## Capitolo 3

# Influenza della Produzione sul Compositing

Realizzare un'opera in stop motion e la relativa post-produzione richiede una lavorazione unica nel suo genere: a differenza dell'animazione 2D o 3D infatti è necessario realizzare fisicamente tutti (o comunque la maggior parte) degli elementi presenti nell'inquadratura, i set ed i personaggi.

Questo richiede un grande e fondamentale studio di pre-produzione il quale influenzerà tutto il flusso di lavoro, post-produzione compresa: nel seguente paragrafo quindi si descriveranno le accortezze da tenere a mente al fine di agevolare ed ottimizzare il compositing e la post produzione.

### 3.1 Pre-produzione

La progettazione dell'identità visiva di un prodotto è una delle prime fasi dello sviluppo dell'opera, e risulta fondamentale per tutto il processo produttivo: scegliere chiaramente e fin dall'inizio dei lavori il look che si vuole dare alle immagini, lo stile e le peculiarità visive che caratterizzeranno il progetto permette sia di indirizzare i lavori di tutti gli artisti ed artigiani coinvolti, sia di agevolare il lavoro di chi si occupa del compositing, che si troverà a dover integrare nella scena elementi cromaticamente e stilisticamente coerenti con il resto dell'inquadratura, riducendo la necessità di interventi in post-produzione.

Restando in tema di look visivo del prodotto, la scelta dei materiali e dei colori da utilizzare sia nel set che si andrà a realizzare, sia per quanto riguarda il character design, è molto importante anche in ottica compositing: scegliere materiali più o meno riflettenti o utilizzare nei soggetti determinati colori può avere importanti ripercussioni sul lavoro di post-produzione. Un materiale molto riflettente o cromato ad esempio, implicherà che questo possa mostrare in camera parte di ciò che sta attorno al set o dietro la camera, andando a minare la credibilità dell'immagine: è possibile ovviare questo fenomeno andando a nascondere o modificare il riflesso con una maschera, ma qualora fosse importante ai fini narrativi è possibile, a discapito dei costi e dei tempi di lavorazione, ottenere una

ricostruzione dei riflessi mediante l'utilizzo di una replica virtuale e completamente immersiva del set oppure con la creazione di quella che in gergo viene chiamata Reflection map, cioè un'immagine in genere 2D che viene utilizzata per simulare i riflessi su una versione digitale del materiale riflettente che poi verrà compositato su quello reale.

La necessità di utilizzare la tecnica del chroma key ha un'importante rilevanza anche nella fase di set dressing: scegliere opportunamente quale colore utilizzare per il fondale in relazione ai colori presenti sia sul set sia nei personaggi e nei loro look renderà molto più preciso e efficace il processo di keying. Nel caso studio che verrà esaminato in seguito, questa problematica verrà analizzata nel dettaglio e verranno mostrate più nello specifico quali soluzioni si possono adottare per ovviare a queste problematiche: le suddette soluzioni sono sempre da considerarsi come delle opzioni applicabili nel caso in cui risulti impossibile o sconsigliato rigirare lo shot, ma un'accurata e corretta scelta del fondale fin dalle fasi iniziali della produzione è sicuramente ciò che consentirà di ottenere una resa finale migliore e con il minore sforzo produttivo.

Tutti i tipi di progetti, e quindi anche quelle per i prodotti in stop motion, fanno grande affidamento alla fase di pre-visualizzazione per capire quali siano le necessità produttive: assumono quindi grande importanza gli artisti che si occupano di realizzare storyboard e animatic, grazie ai quali tutto il team ha modo di rendersi conto nel concreto di quali difficoltà si possono presentare durante la realizzazione del prodotto. La pre visualizzazione risulta fondamentale per quanto riguarda i prodotti girati sia in live action che in passo uno in quanto, a differenza di quanto avviene per l'animazione 2D o 3D, alcune scelte come il tipo di camera o i movimenti di quest'ultima per realizzare l'inquadratura non sono poi modificabili in post produzione, rendendo minimo il margine di manovra e le possibilità di correzione applicabili.

Visualizzare al di là della sola sceneggiatura il prodotto finale, permette inoltre alla figura del VFX supervisor (o di chi in generale si occupa della post-produzione in progetti più piccoli) di individuare in anticipo eventuali problematiche che influirebbero negativamente sulla resa o sul processo di lavorazione delle immagini andando, ove possibile, a risolvere queste difficoltà fin dal principio.



Figura 3.1: Esempio di Storyboard

Durante la pre-produzione, l'allestimento e la preparazione del set hanno poi una grande rilevanza: per un prodotto in stop motion è infatti fondamentale riuscire a garantire una grande stabilità di ogni elemento sul set e dei personaggi, per mantenere la coerenza tra un frame e l'altro, nonostante la necessità di animare manualmente ogni movimento, per ogni frame della scena. Avere una buona stabilità dei ciò che compare nella scena, non solo renderà l'animazione più realistica, ma ridurrà al minimo la necessità di effettuare correzioni in post-produzione, agevolando il lavoro e riducendo al minimo gli artefatti da utilizzare ed evitando così creare inconsistenze nell'immagine.

Quando tutti questi aspetti sono ben definiti e delineati, con il benestare di tutti i reparti che si occupano delle diverse fasi della lavorazione, si può dare il via alla produzione.

## 3.2 Produzione

Le scelte compiute durante la pre-produzione vedono la loro applicazione durante la fase di produzione vera e propria, dove si va a girare la scena sul set e, nel caso della stop motion, si animano i personaggi frame by frame andando a dare vita a tutti i movimenti presenti nella scena. Anche in questa fase è di cruciale importanza mettere in atto alcuni accorgimenti che consentono di agevolare tutta la post-produzione del prodotto: primo tra questi prestare attenzione alla posizione della camera.

Avere un posizionamento della camera costante durante tutto lo shot è fondamentale per evitare spostamenti accidentali che implicherebbero poi una correzione dell'immagine in post-produzione. La macchina da presa è poi soggetto, inevitabilmente, di altre attenzioni come ad esempio quella della lunghezza focale da utilizzare per la ripresa: una focale troppo lunga infatti, produrrebbe un'immagine con uno sfocato molto pronunciato, andando a complicare di molto le operazioni di keying: una sfocatura molto accentuata, specialmente sui bordi del soggetto da isolare dal fondale infatti, renderebbe complesso per l'algoritmo utilizzato identificare con precisione i bordi della figura, producendo così in output un risultato poco preciso. Questo non può e non deve limitare le scelte stilistiche infatti, come si vedrà successivamente in alcune scene del caso studio in esame, è possibile operare un keying efficace anche in queste condizioni limite, intervenendo più finemente nell'impostazione dei parametri dell'algoritmo ed eventualmente utilizzando alcuni stratagemmi che possono rendere il risultato ulteriormente più realistico e gradevole.

Le limitazioni derivanti dalla scelta della lunghezza focale possono influenzare l'immagine finale anche in un altro senso: scegliere una focale troppo corta, una distorsione eccessiva dell'immagine, che va considerata quando si vanno integrare elementi provenienti da altre fonti nella scena: è possibile impostare nei software di post produzione la lente utilizzata per girare la scena, così che questa distorsione venga considerata quando si inseriscono degli ulteriori elementi nella scena (lo stesso va fatto anche nei motori di rendering 3d di modo che anche le immagini da questi prodotte tengano conto di questo fenomeno).

Sempre per agevolare il lavoro di compositing, è possibile inserire nella scena dei marker per il tracking: questi risulteranno utili per agevolare il software nell'individuare il movimento di un oggetto o quello della camera.

### 3.2.1 I marker

L'utilizzo dei marker durante le riprese risulta una componente molto importante affinché l'algoritmo di tracking funzioni in maniera efficace, perchè consentono di individuare dei punti di riferimento chiari ed affidabili all'interno del footage: questo permette di poter stabilizzare l'immagine con maggiore semplicità, rimuovere più agevolmente dall'inquadratura gli oggetti su cui questi marker sono applicati o inserire nell'ambiente elementi 3d con migliore accuratezza.

Sul set, a seconda delle esigenze, si possono utilizzare diverse tipologie di marker, che si differenziano per forma e posizionamento nella scena:

- Dot markers (punti di contrasto): piccoli adesivi o segni di un colore fortemente contrastante con lo sfondo o rispetto agli elementi animati, sono particolarmente indicati per il tracking di oggetti in movimento.

- Croci o simboli specifici: forme particolari, di colore sempre contrastante con il fondale, utilizzate per fornire un tracking preciso quando serve integrare nella scene elementi in CG
- Pattern a più punti: strutture di marker più complesse utili per ricavare, oltre alle informazioni di movimento, anche indicazioni sulla profondità e sulla rotazione di un oggetto

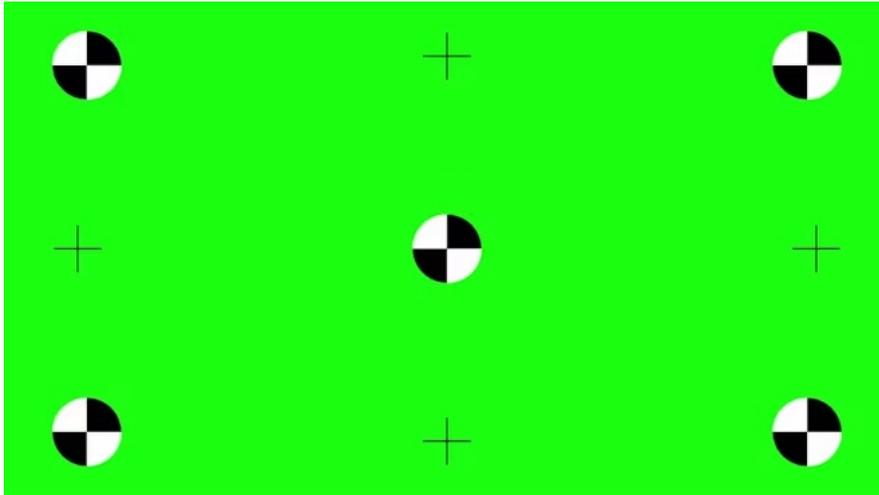


Figura 3.2: Esempio di alcuni possibili marker

Buone norme per il posizionamento e la scelta dei marker:

- Distribuzione uniforme: i marker devono essere distribuiti in modo uniforme su tutto il fondale o la superficie che deve essere tracciata
- Distanza e simmetria: l'utilizzo di marker troppo ravvicinati e con pattern molto simmetrici potrebbe causare qualche problema all'algoritmo
- Colori ad alto contrasto: utilizzare marker con colori molto contrastanti rispetto allo sfondo rende semplice per l'algoritmo identificarli con precisione e seguirne meglio il movimento.

### **3.2.2 Clean Plate**

Un altro aspetto fondamentale per la fase di post-produzione e che va tenuto presente sul set, specialmente nei lavori in stop motion, è la cattura di un clean plate: avere una ripresa del set senza personaggi o oggetti animati è cruciale per effettuare senza problemi la rimozione di elementi indesiderati (come ad esempio i rig) dall'inquadratura. Nel capitolo precedente si è infatti analizzato come, attraverso l'utilizzo di maschere, è possibile sovrapporre il clean plate alle parti da cancellare dall'immagine, nascondendole così dall'immagine.

### 3.2.3 Motion blur

Il motion blur, solitamente non presente nei progetti in stop motion, può essere comunque inserito in digitalmente durante il compositing se previsto dalle scelte stilistiche: in questi casi potrebbe essere utile, per ottenere poi esattamente il risultato desiderato, girare una reference del livello di motion Blur che si vuole, riprendendo un movimento di un oggetto o una persona della troupe, settando opportunamente la velocità dell'otturatore e gli fps della camera. Grazie a questo riferimento, chi si occuperà di aggiungere il motion Blur alla ripresa, avrà la possibilità di lavorare autonomamente, evitando così l'approccio trial and error alla ricerca di una resa finale che soddisfi il direttore della fotografia o comunque in generale chi ha potere decisionale su questo tipo di scelte.

### 3.2.4 Gestione dei file

Gestire in modo efficace ed ordinato i file di ogni singolo take, può sembrare un aspetto di poco conto ma quando si lavora a progetti con molte scene, ognuna delle quali con diversi take composti da decine o centinaia di file (uno per ogni frame) diventa necessario per garantire un work flow di post-produzione organizzato, fluido, e comprensibile a tutti coloro che dovranno lavorare con i file di progetto. È buona norma seguire una struttura ad albero per le cartelle dei file dove si organizzano i file nel seguente modo:

- Footage Raw
  - Scena 1
    - \* Take 1
      - File Raw Scena1\_Take1
    - \* Take 2
      - File Raw Scena1\_Take2
    - \* Clean Plate
    - \* File di progetto compositing scena1
  - Scena 2
    - \* Take 1
      - File Raw Scena2\_Take1
    - \* Take 2
      - File Raw Scena2\_Take2
    - \* Clean Plate
    - \* File di progetto compositing scena2

È inoltre fondamentale avere più copie di backup di tutto il footage: specialmente quando si gira in Raw ed ad alta risoluzione, questo può risultare molto impegnativo in termini di spazio di archiviazione richiesto, ma il costo è nettamente inferiore a quello che sarebbe il danno conseguente ad un'eventuale perdita dei dati.

Tutte queste accortezze se seguite, dovrebbero agevolare e snellire il lavoro di post produzione del progetto

## **3.3 Post-produzione**

Una volta completate le riprese ed organizzati i file giunto il momento di iniziare le fasi manipolazione dei file ottenuti dalle riprese e delle immagini. Prima di poter importare i file nel software prescelto per la post-produzione è però necessario effettuare l'operazione di conforming del footage.

### **3.3.1 Conforming del footage**

Questa fase, necessaria soltanto per i lavori in stop motion, dove si ha un file separato per ogni frame, è importantissima per preparare i file al vero e proprio processo di compositing. Durante la ripresa infatti si utilizzano dei software specifici per questo tipo di prodotti, come Dragonframe di DZED Systems: questo applicativo, tra le altre funzionalità, consente di visualizzare un "ghost" del frame appena girato così da riuscire a muovere gli oggetti ed i puppet in maniera coerente.

In fase di ripresa (ed anche in seguito) è possibile catalogare informazioni rispetto ad ogni singolo frame, ad esempio se è corretto, se va duplicato per ottenere l'animazione corretta (quando si anima on two's) o se addirittura va scartato perché contenente qualche errore: tutte queste informazioni vengono utilizzate quando si mette in atto la fase del conforming, dalla quale si otterrà come risultato tutta la sequenza di fotogrammi dell'animazione finita, nel giusto ordine, con i frame duplicati quando necessario e senza i frame superflui.

Ora che il footage è stato conformato e nelle cartelle dei take sono presenti soltanto i frame utili all'animazione finale, è possibile iniziare la lavorazione con il software di post produzione scelto.

### **3.3.2 Import del footage nel software**

I file lavorati e conformati da Dragonframe sono quindi pronti per essere importati nel software, prestando alcune attenzioni molto importanti in questa fase: gli applicativi, quando si selezionano i file da aggiungere al progetto, consentono di impostare alcuni parametri per definire come il girato deve essere interpretato dal sistema. Una differenza tra il live action e la stop motion si palesa proprio in questa fase: questi settings prevedono di impostare ad esempio il frame rate al quale si sta lavorando, il profilo colore da utilizzare, il time code ed altre informazioni che, specialmente quando si importano file per la stop motion, quindi con tutti i frame separati l'uno dall'altro, non sono sempre reperibili dai metadata dei file stessi.

Impostare correttamente questi valori ed avere la accortezza di farlo in modo uniforme durante la lavorazione di tutti gli shot dell'opera, permetterà di evitare che si presentino problemi di coerenza tra le diverse clip (questi problemi procedendo con la post-produzione del prodotto possono poi avere un impatto sempre maggiore e distruttivo sul compositing, quindi vanno evitati fin da subito prestando particolare attenzione a questa fase di import dei file)

### **3.3.3 Stabilizzazione del footage**

Durante le riprese con la camera statica è possibile che, tra un frame e l'altro, la posizione della macchina da presa vari leggermente, modificando così la stabilità dello shot. Esiste, per risolvere questa problematica, la possibilità di applicare un algoritmo di stabilizzazione al footage, così da rimuovere questo tipo di movimenti.

Anche un'inquadratura che prevede un movimento di camera potrebbe necessitare di essere stabilizzata: in questo caso però, non si cerca di rimuovere completamente il movimento della macchina (che è voluto ed ha un intento ben preciso nella narrazione dell'opera), ma si cerca di renderlo più fluido: soprattutto per quanto riguarda la stop motion infatti, il movimento di camera potrebbe risultare "scattoso" e se non eseguito correttamente o attraverso il motion control, potrebbe risultare poco piacevole alla vista.

In generale gli algoritmi di stabilizzazione dell'immagine operano in questo modo:

1. **Analisi del movimento:** l'algoritmo identifica dei punti di interesse, in genere punti di alto contrasto il cui movimento può essere tracciato semplicemente attraverso i vari frame. Seguendo la traiettoria di movimento di questi punti, si calcola la traiettoria del movimento della camera, individuando così un eventuale movimento portante ed i movimenti accidentali.
2. **Smoothing della traiettoria:** a questo punto la traiettoria individuata viene smussata utilizzando algoritmi matematici.
3. **Inserimento delle trasformazioni:** si utilizzano delle trasformazioni geometriche per cercare di compensare movimenti indesiderati della camera, applicando in modo opportuno rotazione, traslazione e scala del frame
4. **Gestione dei bordi:** le trasformazioni applicate nel punto precedente possono introdurre degli spazi vuoti ai bordi dell'immagine, che possono venire in gestiti in diversi modi, come attraverso l'utilizzo del riempimento generativo, ingrandimento dell'immagine o riempimento in base al contesto.

### **3.3.4 Chroma key**

Ultimata la stabilizzazione dell'immagine è possibile, ove necessario, procedere con la fase di keying per rimuovere il green (o blue) screen, isolando in modo opportuno i soggetti preparando così il footage per il compositing di un nuovo fondale.

L'operazione di keying viene eseguita applicando un modificatore alla clip già importata in timeline (o nella composizione del programma a nodi): in genere gli algoritmi di keying offrono, mediante l'interfaccia del programma di post-produzione, la possibilità di impostare e manipolare tutti i parametri utili per l'elaborazione. La prima operazione da eseguire una volta scelto l'algoritmo di keying è la selezione del colore chiave: questo può essere fatto sia selezionando il colore in modo puntuale (scegliendo quindi come riferimento il colore di un singolo pixel), sia scegliendo un'area più ampia da cui campionare la componente cromatica da utilizzare come chiave. Alcuni algoritmi, come il *Primatte Keyer 6* di RedGiant, utilizzato nel caso studio che verrà analizzato in seguito, consentono inoltre di indicare manualmente quali siano le porzioni dell'immagine da considerare

durante il keying e quali invece vadano ignorate: ciò consente un controllo più fine delle operazioni, evitando così che l'utilizzo del solo colore come discriminante per mantenere o rimuovere una porzione di immagine, causi la cancellazione non desiderate di parti del soggetto o della scenografia che invece andrebbero mantenute.

I moderni algoritmi di keying sono strumenti incredibilmente potenti, soprattutto se confrontati con quelli utilizzati in passato, ed offrono molte possibilità di personalizzazione su un'ampia gamma di parametri: direttamente dall'interfaccia messa a disposizione dal software è possibile scegliere se e come utilizzare hard e soft matte, senza doverle definire separatamente, impostando anche un eventuale valore di Blur dell'una rispetto all'altra. Sempre dall'interfaccia utente è possibile definire i valori (percentuali) di matte Black point e matte White point, per definire nel dettaglio come viene generata la alpha mask che consente di rimuovere il background: questi valori stabiliscono rispettivamente quale è la soglia di tolleranza sotto la quale un pixel viene considerato completamente nero (o completamente bianco) nella maschera alpha e quindi da rimuovere dall'immagine (o da mantenere nel frame). Ottenere il corretto setting di questi parametri consentirà di mantenere al meglio le trasparenze nell'immagine, senza rinunciare ai dettagli ed isolando correttamente i soggetti dal background.

Quando ad esempio la maschera generata dal software presenta zone di transizione (zone grigie nella maschera alpha), aumentare il valore di matte White point, aumenterà la definizione di quelle porzioni di immagini, mentre aumentare il matte black point, diminuirà la parte di soggetto mantenuta.



Figura 3.3: Esempio di una maschera Alpha ottenuta dopo il keying

Tra i parametri personalizzabili messi a disposizione dagli algoritmi al fine di migliorare la resa finale del processo di keying, si ha anche la possibilità di impostare un feather o del Blur ai bordi della maschera, per rendere migliore la regione di transizione tra le parti da mantenere e quelle da rimuovere: è però importante considerare che queste porzioni di immagine ed il loro impatto nel risultato finale, vengono influenzati anche da altre fasi del compositing quali ad esempio quella dell'inserimento del light wrap o la manipolazione dell'edge blending.

Alcuni plugin di chroma keying permettono di gestire (solitamente in maniera non troppo precisa) anche il processo di rimozione dello spill: vengono messi a disposizione dell'utente alcuni parametri che permettono di controllare sia l'intensità della correzione di colore sia il bilanciamento cromatico della correzione applicata.

La correzione dello spill, qualora non fosse sufficiente quella implementata nell'algoritmo di keying, è sempre possibile mediante tool di correzione del colore o appositi strumenti di soppressione dello spill (spill suppression/spill killer).

### **3.3.5 Compositing ed integrazione degli elementi digitali**

Una volta isolati i soggetti dal background da rimuovere e completata la fase di impostazione dei parametri dell'algoritmo di keying, il processo di post-produzione può proseguire con l'inserimento degli elementi digitali, cioè il vero e proprio compositing.

Compositare le immagini non significa solamente sovrapporre correttamente i livelli (o i nodi) contenenti tutte diverse porzioni del frame finale che vanno unite, ma anche applicare una serie correzioni e miglioramenti mirati al rendere omogeneo il look di tutti gli elementi, rendendo così la scena credibile: prospettiva, scale, luci, colori, ombre e riflessi devono essere considerati affinché il risultato finale sembri naturale e non faccia emergere l'integrazione artificiale nell'immagine.

Quando si importa nell'immagine un contenuto proveniente da una fonte diversa dal girato, il primo aspetto da considerare è quello della scala: è infatti fondamentale che la dimensione dell'elemento inserito sia coerente con il footage e che le sue proporzioni siano corrette rispetto agli altri elementi nell'inquadratura.

Un ulteriore dettaglio all'apparenza poco rilevante ma che invece gioca un ruolo importante in termini di resa finale del prodotto è la distorsione della lente: l'ottica che si utilizza per girare la scena introduce infatti un fattore di distorsione dell'immagine dovuto alle caratteristiche costruttive della lente stessa (alcune in modo meno evidente, alcune in modo più marcato): questa alterazione dell'immagine va tenuta presente quando si inseriscono elementi nell'immagine. In questa fase si decide quindi se rimuovere artificialmente la distorsione nel girato (questa opzione raramente è quella che viene utilizzata) o se invece inserire una distorsione coerente con quella della lente utilizzata per girare anche sugli elementi da compositare: in genere questo viene fatto rimuovendo l'alterazione dal girato, per poi applicarla nuovamente sull'immagine completa di tutti gli elementi, facendo sì che il risultato finale sia omogeneo e coerente per tutto ciò che compone la scena. Un procedimento simile viene applicato anche per la gestione della grana: ogni camera ed ogni sensore infatti introducono nell'immagine un rumore, a volte appena percettibile, ma che potrebbe risultare più evidente qualora dopo il compositing ci fossero nello shot alcune porzioni di immagine con questa grana ed alcune che invece non lo presentano.

Analogamente come si opera per la distorsione dell'immagine quindi, si utilizza uno strumento di denoising per rimuovere il rumore dal girato (ed eventualmente anche dagli altri elementi che andranno integrati nell'immagine) e successivamente al compositing, viene aggiunto al frame del rumore, magari coerente con quello che aveva la macchina da presa utilizzata. Il passaggio della rimozione del noise va effettuato dopo il processo di stabilizzazione del footage (e prima del keying, in quanto il rumore potrebbe interferire con

l'individuazione del colore chiave) mentre la grana deve poi essere aggiunta nuovamente nell'immagine come ultima fase prima dell'esportazione del lavoro finito.

Sistemati scaling, distorsione della lente e rumore, l'attenzione dell'operatore addetto al compositing si porta sull'ottenere il giusto matching della prospettiva.

All'interno dello shot infatti possono esserci movimenti di camera, volontari o accidentali, che vanno ad alterare la prospettiva degli oggetti ripresi nella scena: questa variazione del punto di osservazione va considerata, altrimenti potrebbe risultare evidente l'artefatto utilizzato per aggiungere digitalmente degli elementi nella scena. A differenza di quanto accade nelle produzioni live action dove il movimento di camera è fluido, nella stop motion questo avviene in step discreti, introducendo alcuni fattori che vanno considerati come la necessità di avere un match moving molto preciso, reso ancora più importante dall'assenza di motion Blur. Il match moving, ovvero la tecnica che permette di ottenere digitalmente i dati del movimento della camera, così da poter integrare con coerenza gli oggetti aggiunti nell'immagine in post-produzione, è basato principalmente su due principi: il tracking planare ed il camera tracking.

Il primo è una tecnica di tracking 2D che viene utilizzata principalmente quando i movimenti di camera non sono molto complessi e quando gli elementi da integrare nell'immagine sono bidimensionali: questa tecnica è spesso sufficiente per sostituire ad esempio il fondale con la tecnica del matte painting, oppure quando è necessario inserire elementi dalla componente prevalentemente planare; può essere impiegato anche nella stabilizzazione del footage per la correzione di piccoli movimenti indesiderati.

Il camera tracking invece, consente di eseguire un'analisi tridimensionale del movimento della camera, garantendo così la possibilità di mantenere la coerenza prospettica degli elementi che vengono inseriti nell'immagine: viene infatti utilizzata per inserire oggetti modellati in 3D all'interno dell'immagine o per estendere il set fisico con degli ambienti digitali (set extension). Questa tecnica è inoltre fondamentale per inserire effetti visivi che devono tenere conto della profondità come la pioggia o delle esplosioni.

Il software di analisi del movimento utilizza, sia per il tracking 2D che per quello 3D, identifica nell'immagine dei punti di tracking, che si muovono con la camera, ed utilizza la combinazione dei dati del loro spostamento per ricavare con esattezza il movimento effettuato dalla camera: è possibile definire sia quali siano questi punti di tracking sia quanti devono essere in modo manuale oppure lasciare che l'applicativo li ricavi in automatico.

### **3.3.6 Inserimento di elementi CGI**

Un'opera in stop motion potrebbe richiedere, a discrezione della produzione e delle scelte artistiche adottate, l'inserimento degli elementi 3D.

In un prodotto passo uno questo può essere motivato da molteplici fattori tecnici dovuti sia alla fattibilità pratica (ed in stop motion) di ciò che si vuole realizzare, sia alle libertà narrative offerte da questo tipo di scelta.

Uno dei motivi che può portare la produzione a scegliere di integrare nell'opera elementi CGI è sicuramente natura della stop motion: alcuni fenomeni come fulmini ed esplosioni per esempio, sarebbero molto difficili da ricreare in una condizione abbastanza stabile da poter essere mantenuta per tutto il tempo necessario per la manipolazione degli elementi in scena e la loro animazione frame by frame. Inserire questo tipo di fenomeni in post

produzione, magari adattandone le caratteristiche di animazione e frame rate, può quindi portare a riuscire ad integrarli in maniera ottimale nello shot, senza introdurre ulteriori complicazioni nella già delicata fase di ripresa.

Un ulteriore utilizzo della CGI largamente diffuso nelle produzioni stop motion è quello dell'animazione: le grandi produzioni, per realizzare le espressioni facciali dei puppet, possono permettersi di realizzare molteplici versioni dei volti, così da poter animare anche i diversi movimenti del volto direttamente in camera. Creare tutte le varianti di un viso per ogni possibile espressione ed anche tutte le fasi intermedie tra un'espressione e l'altra potrebbe però richiedere molto tempo o addirittura non essere economicamente sostenibile, specialmente per le produzioni più modeste: in questi casi la soluzione migliore è quella di animare le espressioni facciali in 3d per poi compositarle opportunamente sul puppet, riducendo così di gran lunga i costi ed i tempi di animazione. Così come visto per il caso precedente e come vale per tutte le integrazioni 3D che vengono fatte ad un progetto stop motion, è anche in questo caso fondamentale considerare e adattare il frame rate dell'animazione a quello di tutta l'opera (a meno che non si voglia sottolineare la differenza stilistica e realizzativa dei due elementi).

Anche per quanto riguarda la set extension il mondo del 3D può agevolare una produzione stop motion: creare scenografie fisiche molto grandi può risultare complesso e costoso a tal punto da preferire integrare ed espandere il set con elementi CGI.

Qualunque sia la necessità per la quale si decide di inserire elementi 3D all'interno dell'inquadratura, rimangono sempre i medesimi i passaggi da seguire per una corretta integrazione tra gli elementi digitali ed il girato:

- Match della scala e della prospettiva;
- Camera tracking;
- Inserimento nello shot;
- Relighting.

Queste sono soltanto alcune delle motivazioni che possono portare una produzione a scegliere di integrare nel proprio lavoro in stop motion elementi in 3D. Nella maggior parte dei casi la necessità è quella di mantenere il look caratteristico di fisicità e tangibilità degli elementi in scena, pertanto è fondamentale che fin dalla loro fase di creazione, anche i modelli 3D che verranno aggiunti al girato rispecchino queste caratteristiche: risulterebbe strano infatti avere alcuni elementi dell'inquadratura soggetti alle imperfezioni ed alle irregolarità distintive della stop motion, convivere nella scena con elementi invece perfettamente definiti e modellati.

### **3.3.7 Lavorazione del colore**

Il processo di compositing a questo punto giunge ad una fase molto importante per la credibilità delle immagini ottenute, cioè la lavorazione dei colori: nonostante si cerchi durante tutta la produzione di dare un look simile a tutte porzioni della scena che verranno compostate insieme, è possibile che piccole differenze di illuminazione o di scelte cromatiche vadano a rendere incoerente il risultato finale. Correggere opportunamente

i colori diventa quindi fondamentale per ottenere un'immagine credibile: bilanciamento del bianco, esposizione e contrasto, dominanti cromatiche, saturazione e tonalità sono soltanto alcuni dei valori che devono essere manipolati ed allineati tra tutti gli elementi che comporranno il frame finale. Prima che qualsiasi modifica al colore dell'immagine venga apportata, è bene accertarsi che tutte le sorgenti che si stanno utilizzando vengano interpretate dal software con il corretto profilo colore (questo eviterà che i colori del footage vengano sfalsati rendendo inutile ogni lavorazione sui parametri cromatici) e che si stia utilizzando per lavorare un monitor calibrato, senza alterazioni al bilanciamento dei colori o del bianco, che renderebbero errata la percezione dei colori da parte dell'operatore.

Appurata la correttezza di questi due fattori, è possibile procedere con la color correction, ovvero la correzione del colore finalizzata a far sì che non si noti più la diversa provenienza degli elementi che compongono l'immagine, ottenendo quindi l'uniformità e la coerenza attese dallo shot. La temperatura colore dell'immagine, l'esposizione, la saturazione, la tonalità ed il contrasto costituiscono a questo punto della lavorazione, un efficace strumento per rendere omogenee tra loro tutti gli elementi che compongono l'immagine, preparandola poi al passaggio successivo.

La successiva fase di manipolazione del colore è quella del color grading : mentre la lavorazione appena discussa prende il nome di color correction, il color grading consiste nel modificare l'aspetto della scena per dare il look desiderato a tutta l'inquadratura, contribuendo così a creare l'identità visiva complessiva del prodotto. Questo significa che i cambiamenti cromatici apportati all'immagine in questo momento della lavorazione non sono strettamente necessari per rendere il risultato più credibile, ma sono spesso frutto di una scelta stilistica della produzione, volta all'uniformare l'aspetto di tutto il prodotto o a conferire all'inquadratura una particolare nota narrativa ed espressiva.

Le LUT (look-up tables) sono un'ottima base per il color grading: le LUT sono delle tabelle di conversione che modificano i colori dell'immagine ottenendo un look specifico. I software che consentono di operare la modifica dei colori, mettono a disposizione alcune LUT, così come fanno anche i produttori di macchine da presa i quali, consci delle caratteristiche dei loro prodotti e delle immagini che generano, forniscono agli utenti delle LUT specifiche; chi ricopre la figura del colorist nella produzione ha la possibilità di modificare a sua discrezione ogni LUT, così da ottenere la configurazione più adatta alle necessità dell'opera. Nelle produzioni più grandi spesso viene adottata la strategia di realizzare una o più LUT ad hoc per tutta la produzione, così da agevolare e uniformare il lavoro dei colorist, evitando discrepanze stilistiche tra le inquadrature.

Utilizzare le Look-up table non è l'unica operazione che viene effettuata per eseguire il color grading: un'ulteriore modifica dei parametri di bilanciamento dei colori, esposizione e contrasto, unita con operazioni di color matching e regolazione delle curve colore, conferiscono all'immagine il suo aspetto definitivo, il quale spesso viene poi testato su diversi monitor così da garantirne una buona resa nella maggior parte delle condizioni di fruizione del contenuto.

# Capitolo 4

## Ottimizzazione post-produzione per la stop motion

La post-produzione nella stop motion presenta, come visto nei paragrafi precedenti, sfide e problematiche specifiche che ne differenziano alcuni passaggi della lavorazione rispetto a quanto si farebbe per del girato live action. Adottare un workflow efficiente, che consenta di ridurre al minimo gli errori e soprattutto la necessità di operare interventi manuali frame by frame diventa quindi fondamentale, così da poter agevolare tutta la catena produttiva e consentire a chi si occupa di compositing di concentrarsi più sul lato artistico del proprio lavoro: per questo motivo di seguito verranno analizzate alcune possibili pratiche da introdurre nel proprio flusso di lavoro affinché questo risulti più snello ed efficace.

### 4.1 Conforming

La fase di conforming del girato, come discusso in precedenza, è fondamentale per produrre del footage pronto per essere importato nel software di post-produzione.

L'utilizzo di applicativi specifici come Dragonframe permette di agevolare questo processo: se si sta facendo un'animazione on twos (dove quindi ogni fotogramma viene mantenuto per due frame durante la riproduzione, richiedendo ad esempio 12 immagini per un animazione a 24 fps) il software si occuperà di duplicare tutti i frame contrassegnati come corretti, così da ottenere il numero corretto di frame su cui proseguire con le lavorazioni successive. Durante il conforming, non solo vengono duplicati i frame se necessario, ma vengono anche scartati tutti quelli indicati durante la fase di ripresa come contenenti degli errori, riducendo così il tempo necessario sia in fase di ripresa (si evita di dover eliminare ogni volta un frame "sbagliato"), sia in fase di post-produzione (il footage derivante dal conforming conterrà solo i fotogrammi corretti, consentendo di iniziare subito con la post-produzione).

### 4.2 Stabilizzazione

Nonostante l'utilizzo di supporti rigidi o di motion control, resta la possibilità che tra un frame e l'altro ci siano dei micro-spostamenti indesiderati o che il movimento di camera,

se effettuato manualmente, non sia sufficientemente fluido. Questo tipo di problematiche, ove possibile, è preferibile che venga evitato direttamente sul set: avere del footage che richiede poca se non alcuna stabilizzazione garantisce di ottenere un risultato migliore. Durante le riprese ciò può essere fatto utilizzando una specifica funzione di Dragonframe ossia la Onion Skin: questa consente di vedere, sovrapposti all'inquadratura che si sta per scattare, alcuni frame precedenti, consentendo così all'animatore di vedere ancora prima di scattare, se la posizione di tutti gli elementi dell'immagine è corretta rispetto ai fotogrammi precedenti, così da poter realizzare l'animazione in maniera ottimale.

Tuttavia questa accortezza potrebbe non essere sufficiente, per tanto è consigliabile avere nel set alcuni marker di tracking fissi nella scena, così da migliorare l'efficacia della stabilizzazione software che viene applicata in post-produzione.

Tutti i software utilizzati per compositing e post-produzione possiedono diversi algoritmi di stabilizzazione dell'immagine, pertanto con ottimizzazione di questo processo, ci si può riferire all'utilizzare l'algoritmo migliore contestualmente allo shot che si sta lavorando: scegliere lo strumento più adeguato al tipo di movimento da stabilizzare ed alle caratteristiche dell'inquadratura consentirà di ottenere un risultato migliore in tempi più brevi.

Di seguito alcuni tipi di stabilizzazione che si possono scegliere ed in quali condizioni funzionano in maniera ottimale:

- Stabilizzazione basata su punti di riferimento: generalmente utilizzata se nella scena ci sono elementi statici utilizzabili dall'algoritmo come punti di riferimento;
- Stabilizzazione con algoritmi di optical flow: utilizzato se nel cottage sono presenti oscillazioni leggere e casuali, non adatto alla stop motion in quanto cerca di creare delle posizioni intermedie tra un frame e l'altro, che non ci possono essere per natura stessa della stop motion;
- Stabilizzazione basata su tracking planare: impiegata quando il movimento della camera non è lineare; in queste condizioni, nonostante un funzionamento simile, funziona meglio del tracking puntuale perchè cerca di tracciare una superficie invece che singoli punti;
- Stabilizzazione con retargeting o scalatura dinamica: la stabilizzazione potrebbe introdurre delle oscillazioni indesiderate ai bordi dell'inquadratura, che con questo tipo di stabilizzazione vengono sistemate, pur mantenendo centrata correttamente l'immagine.

## 4.3 Chroma key

Il processo di Keying dell'immagine, così come il conforming e la stabilizzazione, può essere ottimizzato per ottenere un risultato soddisfacente riducendo al minimo le tempistiche di elaborazione (in relazione alle performance della macchina che si sta utilizzando per la lavorazione): esistono infatti alcune accortezze che, se seguite, possono agevolare il lavoro degli algoritmi e diminuire il numero di interventi manuali necessari da parte dell'operatore.

Uno di questi stratagemmi potrebbe essere, dopo aver rimosso (con maschere, riempimento generativo o timbro clone) eventuali marker presenti sul fondale, utilizzare strumenti di color correction in modo selettivo sul fondale per renderne più uniforme il colore. Questa operazione è consigliabile nei casi in cui il background non sia uniforme, cosa che complicherebbe il lavoro di riconoscimento del colore chiave.

Alcuni strumenti di keying come Primatte Keyer offrono delle funzioni di riconoscimento automatico del fondale, snellendo in modo importante il lavoro di definizione del colore chiave da parte dell'operatore: questi algoritmi non sempre riescono a fornire un risultato ottimale, richiedendo quindi un intervento da parte dell'addetto che si occupa del keying; cercare di uniformare il colore del fondale, riduce quindi la necessità di questi interventi manuali.

Esistono situazioni piuttosto comuni in cui un solo colore chiave non è sufficiente per ottenere un risultato ottimale: è possibile, in questi casi, eseguire keying multipli sovrapposti, così da poter definire più colori da identificare e rimuovere dall'immagine ed ottenere un risultato più preciso. Questo tipo di lavorazione è considerabile un'ottimizzazione dal punto di vista del risultato ottenuto, a discapito delle tempistiche di elaborazione: si esegue infatti 2 volte il processo di keying, il che rende tutto il processo più lento ma sicuramente più efficace.

Restando in tema di ottimizzazione del risultato finale, l'utilizzo di algoritmi di blur automatico dei bordi della maschera, di light wrap ed edge blend sicuramente migliora la resa del prodotto finale, anche se (soprattutto il light wrap) vanno ad incidere negativamente sul carico computazionale: sta quindi all'operatore riuscire a trovare il giusto compromesso tra la resa finale e le tempistiche di elaborazione, in relazione alle specifiche che il prodotto deve rispettare.

In tutti questi casi, ed in generale per tutte le operazioni di keying, è possibile ridurre l'elaborazione necessaria da parte del calcolatore per il processo utilizzando delle garbage matte, ossia delle maschere che, come visto in precedenza, vanno ad escludere dal keying determinate porzioni dell'immagine, riducendo anche drasticamente il numero di pixel da analizzare.

## 4.4 Integrazione elementi digitali

L'integrazione degli elementi digitali da comporre nello shot è un'altra fase la cui ottimizzazione consente di migliorare tutto il workflow di produzione. In primis, così come per l'intero workflow, ove possibile, lavorare con dei file proxy leggeri consente di manipolare con fluidità il flusso video su cui si lavora, riducendo più possibile i caricamenti

dei file a massima risoluzione (ad oggi si lavora spesso con file di risoluzione superiore al 4K): è ovviamente impossibile azzerare completamente l'utilizzo dei file full resolution in quanto alcune operazioni come il keying, il rotoscoping di precisione ed il painting richiedono la massima accuratezza che con risoluzione scalata non sarebbe possibile (spesso è necessaria una precisione nell'ordine del pixel per avere un risultato qualitativamente soddisfacente).

In tema di ottimizzazione del workflow di integrazione dei elementi (2D o 3D che siano) ottimizzare, la prima risorsa utile sono gli strumenti di auto-matching dei colori o la creazione di preset di color grading: per garantire la coerenza cromatica tra gli elementi aggiunti e lo shot infatti si possono utilizzare sia le funzionalità fornite dai software di post-produzione sia creare dei preset personalizzati. La prima soluzione sfrutta ciò che mettono a disposizione applicativi come DaVinci e Nuke per trasformare i colori di un elemento "target" in modo che sia coerente con quelli di una "sorgente": per lavori meno complessi questo strumento può essere funzionale a sufficienza, riducendo di molto il tempo che l'operatore deve dedicare al color matching. In Alcune circostanze più complesse o con necessità particolari il matching automatico potrebbe non essere sufficiente o non lavorare nella maniera desiderata: in questi casi è consigliabile utilizzare il secondo metodo, ovvero la creazione di preset di color correction personalizzati. Questa strategia, consente di applicare il lavoro di correzione del colore eseguito ad hoc una sola volta, su tutti gli elementi da comporre nell'immagine: una soluzione di questo tipo consente la massima personalizzazione cromatica degli elementi dell'inquadratura riducendo al minimo gli interventi manuali necessari.

L'ordine con cui si organizzano gli effetti che vengono applicati ai vari elementi dell'immagine è un altro fattore che influenza in modo importante il tempo di elaborazione e rendering: per ridurre le risorse richieste dal software per apportare le modifiche al footage è utile infatti applicare prima gli effetti di trasformazione (scala, rotazione, posizione) e le maschere ed applicare poi successivamente, gli effetti più pesanti come Blur, glow e light wrap. I software di post produzione sono in genere applicativi molto pesanti e bisognosi in termine di risorse computazionali, per tanto in ogni situazione, specialmente durante il rendering, è consigliabile non utilizzare la macchina su cui si sta lavorando per altre attività, lasciando così a disposizione del programma tutte le risorse disponibili.

Queste piccole accortezze consentono di ottenere sempre il miglior risultato possibile contenendo al massimo le tempistiche di lavorazione e rendering.

# Capitolo 5

## I casi studio

Conclusa la descrizione del workflow di post-produzione e delle possibili strategie da implementare per migliorarne l'efficienza specie per i prodotti in stop motion, questo capitolo si concentrerà sull'analisi del lavoro svolto presso Robin Studio s.r.l.s che ha consentito al sottoscritto di lavorare in prima persona ad una porzione del compositing di due prodotti nei quali lo studio ricopre il ruolo di produttore.

I casi studio in oggetto nello specifico sono due cortometraggi realizzati con la tecnica della stop motion, ognuno con delle particolari esigenze di lavorazione: questi progetti hanno consentito di applicare e testare le tecniche in precedenza descritte, consentendo di comprenderne le caratteristiche, i vantaggi ed i limiti sul campo.

Dopo una breve descrizione delle opere, verrà quindi analizzato nel dettaglio come sono state trattate alcune scene, fino ad ottenere il risultato finale: questo consentirà di esplicitare come alcune delle problematiche presenti nel footage originale sono state gestite ed aggirate.

### 5.1 Le opere

Il primo dei cortometraggi in oggetto è *Per Dono*, prodotto da Fantasmagorie Studio (produttori associati Robin Studio e Finale Produzioni), diretto da Alison J. Forest.

L'opera, realizzata con la tecnica della stop motion affronta la tematica delle relazioni familiari e della distanza genitore-figlio. Il corto racconta la storia di Paolo, un padre costretto dal proprio lavoro a passare molto tempo lontano dalla famiglia, composta dalla moglie Sofia e dalla figlia Bea. Paolo cerca di colmare il vuoto lasciato dalla sua assenza nella vita della piccola Bea con numerosi regali i quali diventano, man mano che Bea diventa grande, nient'altro che un ricordo della distanza che li separa e del loro rapporto sempre più conflittuale. Durante uno dei molti viaggi di lavoro però, un "sogno di consapevolezza" fa capire all'uomo che il suo comportamento nei confronti della figlia che sta crescendo non fa altro che aumentare in lei il senso di abbandono da parte del padre: durante questa visione, Paolo capisce la necessità di Bea di avere, ora che è grande così come quando era bambina, un padre amorevole al suo fianco, che la supporti nel momento di bisogno e la sostenga nei momenti importanti della sua vita. Proprio in uno di

questi, il giorno della sua festa di laurea, un inaspettato incontro tra i due, sottintendendo la comprensione dei propri errori da parte di Paolo, fa tornare il sereno nel rapporto genitore-figlia.

La narrazione ha un andamento emotivo progressivo che si origina fin dal racconto dell'infanzia di Bea e di come Paolo cerchi di dimostrare il suo amore nei confronti della figlia riempiendola di regali. La presa di coscienza di Paolo, enfatizzata da un momento particolarmente concitato nel suo sogno, è il culmine dell'andamento emotivo del racconto, che si conclude poi con il riavvicinamento dei due. Per quanto riguarda il look del prodotto, spicca il contrasto tra il look tangibile e materico della stop motion con il quale sono realizzati tutti i personaggi in scena e le ambientazioni, e lo stile scelto per i cieli, che si avvicina allo stile di un dipinto e sfiorando il surreale durante il sogno di Paolo.

Il processo di compositing svolto su quest'opera è stato quindi importante per raggiungere il look finale desiderato dalla produzione. Il lavoro si è concentrato in prima battuta sul Chroma Keying, fondamentale per isolare i personaggi e poter inserire alla loro spalle il background con lo stile caratteristico descritto in precedenza. Lavorare su questa fase del compositing del corto è stato particolarmente stimolante in quanto alcune scelte stilistiche come l'utilizzo di focali molto lunghe che generano sfocature molto pronunciate, non ideali per gli algoritmi di keying; anche alcune scelte produttive come l'utilizzo di alcuni green screen laddove un blue screen sarebbe stato più efficace ha richiesto di adottare alcuni stratagemmi specifici per rendere migliore il risultato finale.

Successivamente ci si è occupati della rimozione dei rig, la cui presenza in scena era inevitabile in alcuni shot dove i personaggi si muovono attraverso tutto lo spazio dell'inquadratura. Una peculiarità delle opere in stop motion, ovvero la loro fisicità e tangibilità, porta con se anche il rischio, vista la necessità di manipolare numerose volte i puppet per animarli frame by frame, di dover intervenire per rimuovere peli ed altre imperfezioni che possono comparire nell'inquadratura anche soltanto per pochi frame (sia sui personaggi che su tutto il set, come ad esempio nelle scene con la sabbia ripresa in camera). In alcuni shot è si è poi effettuata, per scelte produttive, l'estensione o la modifica parziale della scenografia così da renderla più ricca ed allo stesso tempo realistica. Durante la fase di ripresa dell'opera è stato effettuato un ottimo lavoro per quanto riguarda la stabilizzazione delle immagini (in uno shot è anche stato utilizzato il motion control, cioè il movimento della camera controllato elettronicamente così da poter girare più volte lo shot o poter realizzare dei clean plate sempre con lo stesso movimento dell'inquadratura), ma nonostante ciò in qualche scena è stato ritenuto opportuno applicare della stabilizzazione software, così da migliorare il movimento di camera o ancor di più rimuovere alcuni movimenti accidentali della stessa che si sono presentati nel footage.

La seconda opera su cui il sottoscritto ha avuto la possibilità di lavorare è *Sequential* prodotto da COLA Animation, Robin Studio, Yellow Tapir, Wildstream e diretto da Bruno Caetano. Questo prodotto ibrida la tecnica della stop motion con elementi ed animazioni in 2D, dando così vita ad un'interessante di stili e tecniche permettono di raccontare le vicissitudini di un giovane che si ritrova ad affrontare le sue paure personali e le avversità della vita: sono i sogni del protagonista a guidarlo, nel corso degli anni, in questo suo percorso introspettivo che lo porterà a capirsi e crescere. Si tratta in sostanza di una storia fantastica di crescita unita alla ricerca di un percorso di ispirazione.

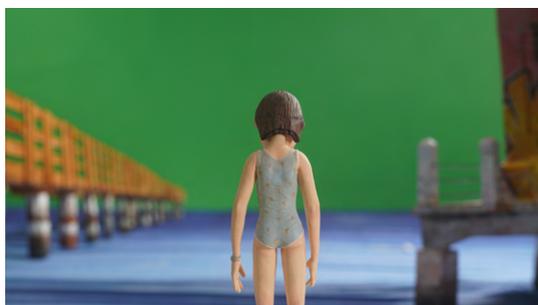
Nei capitoli e nei paragrafi seguenti verranno discusse ed analizzate diverse tecniche e lavorazioni tipiche delle fasi di compositing e verranno presi in esempio soltanto le scene dell'opera *Per Dono*, in quanto il sottoscritto ha avuto l'opportunità di curarne la maggior parte della fase di compositing (mentre ha potuto lavorare soltanto ad alcune scene di Sequential), trovandosi ad affrontare una vasta gamma di problematiche che verranno quindi di seguito discusse.

## 5.2 Chroma key

Uno degli interventi più rilevanti in termini sia di impatto nel risultato finale sia di tempo impiegato nel perfezionamento del lavoro è stato il chroma keying, cioè la rimozione del fondale (green screen o blue screen) per isolare i soggetti in primo piano e poter integrare nuovi background. Per questa lavorazione lo studio si è provvisto di una licenza del plugin Maxon RedGiant VFX per Adobe After Effects: questo software ha consentito di aggiungere ai già numerosi strumenti offerti da After Effects, un ulteriore set di algoritmi molto potenti per il compositing come Primatte Keyer 6 (utile per il keying) e SuperComp (che consente di migliorare le impostazioni di fusione ed integrazione dei diversi layer che compongono lo shot finale).

### 5.2.1 Chroma Key "Standard"

Il keying di questo shot si può classificare come “standard”: questa inquadratura infatti non presenta particolari difficoltà per l’algoritmo di Primatte Keyer 6 ad eccezione della gestione della sfocatura molto pronunciata sui pilastri che sostengono il ponte, il quale keying è infatti stato gestito separatamente, mediante l’utilizzo di garbage matte. In questa inquadratura, per quanto riguarda i setting impostati per effettuare il keying, una volta selezionato con l’apposito strumento il colore chiave, è stato impostato un valore di matte black point (il cui ruolo all’interno della generazione maschera alpha è stato descritto all’interno del paragrafo 3.3.4 di questo elaborato) il 26% più alto rispetto a quello di default, per consentire di eliminare alcune porzioni di una tonalità di verde diversa da quella scelta come chiave ma che andavano comunque rimosse dall’inquadratura.



Footage Originale



Risultato dopo il keying

Isolare la figura di Bea e del faro alla sua destra, viste le componenti cromatiche presenti, ha richiesto per ripristinare i colori originali degli elementi, la necessità di utilizzare lo spill killer (nome utilizzato da RedGiant VFX per indicare il proprio algoritmo di spill suppression).

La gestione del keying del ponte è avvenuta separatamente per far fronte a 2 diverse necessità: la prima è quella di gestirne l’isolamento dallo sfondo nonostante la pronunciata sfocatura (specialmente della porzione elementi più lontani dal punto di osservazione), la seconda è derivante invece da una scelta produttiva. Osservando attentamente il footage originale infatti, si nota che il ponte ha il parapetto da un solo lato (quello verso il centro

dell'inquadratura), pertanto è stato necessario non solo isolare il colore verde del background, ma anche l'azzurro del mare, così da ricavare una maschera alpha che preservasse solamente le colonne ed il parapetto, per poterlo poi duplicare, restituendo l'effetto di un ponte completo: per fare ciò si è scelto quindi di utilizzare Primatte keyer in 2 iterazioni separate, una per rimuovere separatamente l'oggetto dal background costituito dal green screen ed un'altra per isolare le colonne dal mare (utilizzando quindi come colore chiave quello del mare): questa fase di espansione digitale del set verrà approfondita in un paragrafo successivo.

## 5.2.2 Chroma key con sfocati molto pronunciati

Le decisioni del direttore della fotografia riguardo le focali da utilizzare per le inquadrature hanno non solo un importante impatto nel look complessivo dell'opera, ma anche nella fase di post-produzione: in questo esempio, il primo piano di Paolo è girato con una focale molto lunga, facendo sì che la parte di ombrellone in alto a destra dell'inquadratura e le dune sullo sfondo risultino molto sfocate: questo rende complicato il lavoro dell'algoritmo di keying in quanto i bordi degli oggetti non sono ben definiti e per tanto difficili da separare con precisione dal background. Per ottenere un risultato soddisfacente è quindi stata adottata una strategia piuttosto semplice ma altrettanto efficace: in prima battuta è stato effettuato il keying dello shot in maniera standard, esattamente come previsto nel punto precedente, selezionando quindi il colore chiave e modificando i parametri di matte black point e matte white point per ottenere il migliore risultato possibile.

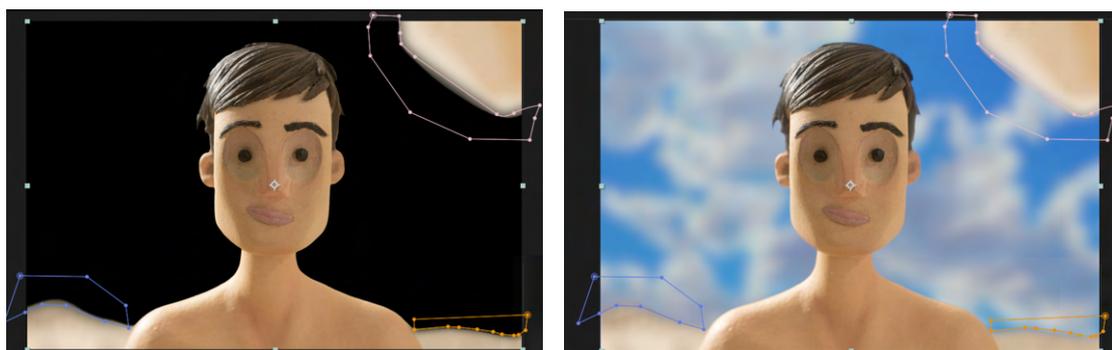


Footage Originale



Risultato dopo il keying

Alla luce di quanto ottenuto da questa prima fase, sono state poi applicate al footage 3 maschere in corrispondenza di queste aree più critiche per quanto riguarda la sfocatura. Queste maschere sono state poi impostate come sottrattive (ciò significa che ogni pixel contenuto all'interno della maschera verrà rimosso dal layer, coerentemente con i parametri ed il tracciato della maschera) ed è stato settato un valore di mask feather molto alto: così facendo si va a creare un effetto di sfocatura "fittizia" sulle aree facenti parte racchiuse dalla maschera.



Maschere applicate

Risultato finale

### 5.2.3 Chroma Key complesso

Durante il compositing sono alcune scene hanno richiesto, a causa di alcune scelte di produzione, delle attenzioni particolari per quanto riguarda il keying: queste scene nello specifico sono relative alla festa di laurea di Bea, dove si è scelto di utilizzare un green screen per consentire poi la sostituzione del background. Questa scelta una volta giunti alla post-produzione, si è rivelata piuttosto infelice in quanto la corona d'alloro che indossa la ragazza per festeggiare il suo successo accademico è anche verde (si di una tonalità molto più scura di quella del green screen, ma cromaticamente non molto distanti), complicando quindi il lavoro dell'algoritmo di keying che dovrà identificare il colore del fondale senza però rimuovere alcuna porzione della corona.



Figura 5.4: Footage Originale

Per ottenere quindi un risultato preciso anche sulla corona, anche questa così come avvenuto per il ponte analizzato al punto 4.2.1, questa è stata gestita in maniera separata dal resto dell'inquadratura. In prima battuta si è effettuato il keying dello shot in modo

che il risultato fosse ottimale solamente per quanto riguarda il corpo e il viso di Bea ed escludendo quindi dal keying sia la corona che la figura della madre Sofia.

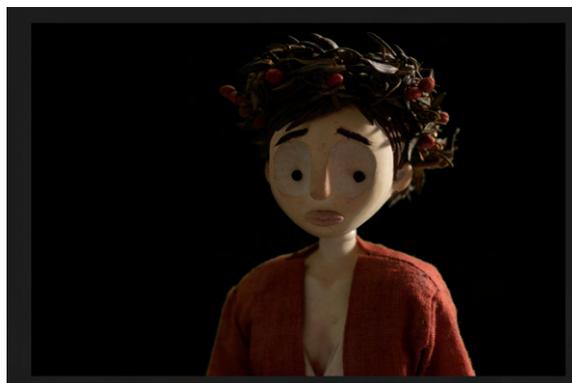
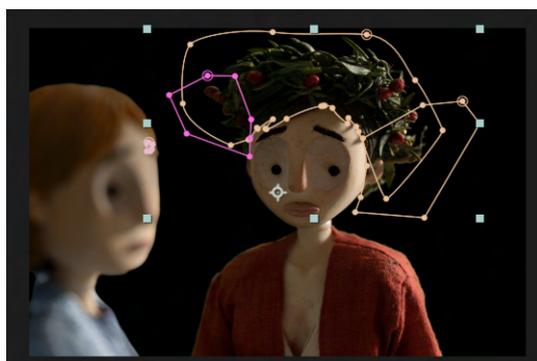
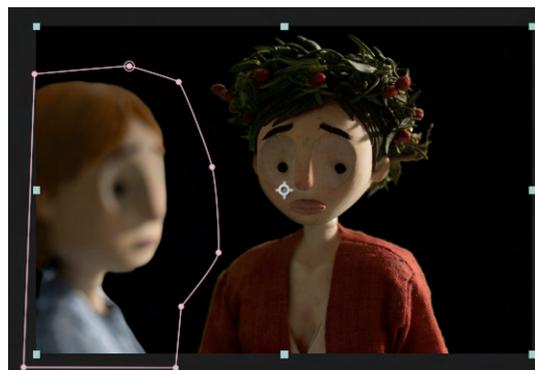


Figura 5.5: Keying eseguito non considerando i problemi sulla corona

Soltanto in un secondo momento si è effettuato il keying su Sofia e sulla corona di alloro, ottimizzandone i parametri in modo che non vi fosse alcuna perdita di dettaglio sui bordi: si vuole sottolineare il lavoro effettuato per mantenerne il dettaglio ed anche il colore.



Maschere applicate sulla corona



Maschere applicate su Sofia

Per selezionare con precisione la porzione di immagine (cioè solo la corona) da sovrapporre al livello con il volto di Bea, si è optato per l'utilizzo di 3 maschere separate, così da agevolare l'algoritmo di tracking che ne ha animato il movimento. Una volta ottenute le maschere che con precisione includono la corona senza includere porzioni del viso di Bea, si è provveduto a selezionare il colore chiave, impostando i parametri di Primatte Keyer in modo da preservare tutti i dettagli delle foglie della corona stessa: a questo punto, visto che utilizzare uno spill suppressor (o anche lo spill killer di RedGiant) avrebbe comportato una variazione poco gradevole del colore delle foglie della corona, che è stato quindi corretto per risultare il più naturale ed armonioso possibile, utilizzando uno strumento di color correction applicato esclusivamente sul layer in questione. Il keying della

silhouette di Sofia ha richiesto solamente 1 sola maschera che comprendesse l'intera figura della donna e una lieve modifica dei parametri di Primatte Keyer per ottenere un keying efficace

La combinazione di queste 3 differenti fasi di keying consente di ottenere un risultato finale soddisfacente.



Figura 5.7: Risultato finale

### 5.3 Rimozione Rig

La fase successiva al chroma keying è quella della rimozione dei rig: i rig sono, come descritto in precedenza, i supporti in genere metallici che vengono utilizzati per sostenere e mantenere stabile il puppet (o qualsiasi altro oggetto che viene animato) per poter consentire la ripresa ed il movimento dei personaggi frame by frame. A seconda di quanto questi oggetti sono ingombranti e presenti nella scena, si possono adottare diverse soluzioni per rimuoverli in maniera efficace. È importante specificare che se il rig non si sovrappone in alcun frame con il green (o blue) screen, l'ordine con cui queste operazioni vengono eseguite è sostanzialmente ininfluenza sul risultato finale.

Analizziamo quindi alcune operazioni di rimozione del rig: In questa scena in cui Paolo cammina sulla spiaggia, il rig è fondamentale per mantenere la stabilità del puppet durante tutta la camminata: nonostante infatti il personaggio sia ancorato al terreno con delle viti fissate nei piedi, queste non sono sufficienti a garantirne la necessaria solidità, specialmente per la parte superiore del corpo. Questo è il motivo che porta ad utilizzare il rig, innestato nella schiena del pilota, nel lato nascosto alla camera, per semplificarne e nascondere la rimozione.

Quando si devono utilizzare delle maschere per nascondere, aggiungere o modificare delle porzioni di inquadratura, è buona norma utilizzare più maschere di piccole dimensioni e dalla forma non troppo complessa: utilizzare maschere di questo tipo invece che maschere più grandi e geometricamente più complesse, anche se a primo impatto potrebbe sembrare una scelta controproducente ai fini di ottimizzare il lavoro, quando si opera con queste ci si rende conto che sia utilizzando il tracking automatico della posizione delle maschere, sia



Figura 5.8: Foro di fissaggio del puppet

muovendone i vertici “manualmente”, utilizzare maschere più piccole non solo velocizza il lavoro dell’operatore nel frame by frame, ma aumenta anche notevolmente la precisione con cui gli algoritmi di tracking riescono a seguire gli oggetti che la maschera circonda.



Figura 5.9: Maschere utilizzate per la rimozione del rig

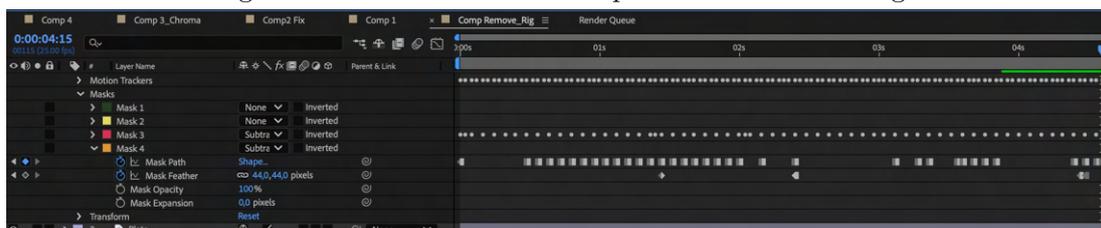


Figura 5.10: Livelli utilizzati per la rimozione del rig

Quindi una volta definite e animate opportunamente le maschere necessarie rimuovere il rig, è necessario settarne correttamente le impostazioni come il feather e la modalità di funzionamento: per il primo parametro, come detto in precedenza, questo determina quanti pixel vengano utilizzati per creare una sfocatura attorno alla maschera, così da

renderne invisibile il bordo. Il secondo parametro, ovvero la modalità di sovrapposizione della maschera, stabilisce come il software debba gestire i pixel contenuti all'interno della maschera stessa: tra le varie opzioni disponibili, in questo caso, si è optato per una maschera sottrattiva, la quale rimuove dal livello su cui è applicata i pixel che la contengono. In questo modo, è quindi sufficiente inserire nel livello sottostante a quello delle maschere appena impostate, un clean plate: inserire il plate al di sotto del livello con la maschera sottrattiva permetterà di vedere, laddove vi erano i pixel rimossi dalla maschera, proprio l'immagine senza il puppet o l'oggetto di scena ed il suo rig. Questo è soltanto uno dei modi le maschere possono essere utilizzate per rimuovere un rig, infatti si potrebbe anche operare nella maniera inversa, ovvero creando l'opportuna maschera in modo che sia additiva, applicandola poi al livello che contiene il plate e poi sovrapponendola al livello con il rig da rimuovere, andando di fatto a "nascondere" il rig.

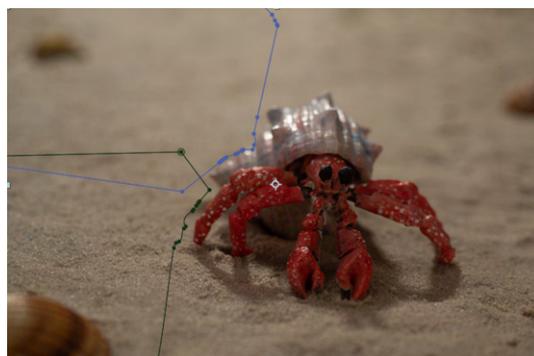


Figura 5.11: Risultato finale

Un'altra situazione di rimozione del rig particolarmente interessante è stata quella affrontata nella scena dove il paguro cade ed esce dalla conchiglia: la rimozione del rig che sosteneva il paguro è stata complicata dal fatto che la zona in cui il supporto si trovava, a causa della lunghezza focale scelta per girare l'inquadratura, era sfocata.



Footage originale



Maschere applicate sul rig del paguro

Questo ha complicato l'utilizzo delle maschere, richiedendo un lavoro molto preciso e delicato su dove impostare il confine della maschera durante tutto lo shot: il Blur dell'immagine infatti, ha ridotto di molto la precisione dell'algoritmo di tracking della maschera ed obbligando di fatto ad animare manualmente, per ogni frame, la posizione dei vertitici della maschera stessa.



Figura 5.13: Risultato finale

## 5.4 Correzione dei difetti

Alcuni shot hanno poi presentato delle ulteriori necessità di lavorazione dato che, una volta in camera, venivano alla luce in maniera troppo evidente alcune imperfezioni dei puppet o dei set, che sono quindi state corrette. Tra le scene che hanno richiesto questi interventi, vi è anche quella del paguro appena discussa: come si può notare dal footage originale infatti, la zona delle zampe del piccolo paguro, vicino all'attaccatura del corpo, presenta delle zone nere, dove la struttura del puppet è scoperta e ben visibile. Secondo la produzione era quindi necessario intervenire per sistemare il problema: in questo shot nello specifico, la zona da sistemare non era molto estesa, dunque si è optato per la tecnica che prevede utilizzare il clone stamp tool. Utilizzare questo strumento prevede, come spiegato nei capitoli precedenti, di selezionare una porzione dell'immagine che sarà l'origine per poi copiarne i pixel nel punto destinazione desiderato. Ad ogni livello contenute queste correzioni è stata poi applicata una maschera in corrispondenza delle zone modificate, così che soltanto la porzione del frame interessata venisse "sovrascritta" nel footage originale. In questo shot, a seconda della zona modificata e del movimento che questa compieva tra un frame e l'altro, si è scelto se spostare opportunamente la "pennellata" in modo che il suo movimento fosse solidale con quello del paguro oppure se terminare il ciclo di vita di quella traccia e crearne una nuova direttamente nel nuovo frame.



Footage originale, evidenziati i difetti in oggetto



Clone Paint applicato su una porzione dell'immagine



Risultato Finale

Un'altra correzione di questo tipo è stata implementata sui primi piani di Paolo nella prima scena del cortometraggio: in queste inquadrature infatti, la manipolazione di ogni frame del volto ha portato ad essere molto visibile in camera lo sporco presente sul puppet, costituito da polvere e piccoli peli. Per rimuovere questi difetti anche in questo caso è stato utilizzato il clone stamp tool, con la differenza che è stato applicato frame by frame, dato che la posizione dello sporco è casuale e più semplice da controllare in questo modo piuttosto che spostando le pennellate.



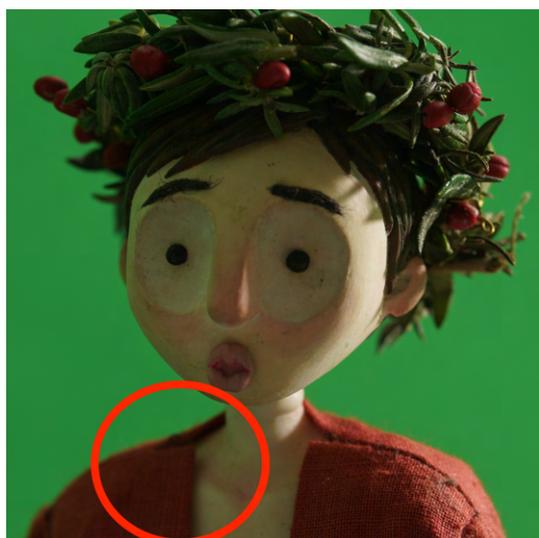
Footage originale



Risultato ottenuto con Clone Paint

Le difficoltà di gestire un set su cui era presente molta sabbia nel contesto dell'animazione stop motion è emersa notevolmente nelle scene ambientate sulla spiaggia. In alcune di queste inquadrature è stato quindi necessario correggere dei piccoli movimenti involontari della sabbia, andando a prendere con una maschera alcuni frame in cui questa non aveva spostamenti indesiderati ed andando poi a mettere in loop (cioè in riproduzione continua per tutta la durata della clip) quei frame: così facendo, ed impostando opportunamente il livello di feather da applicare alla maschera, si è nascosto ogni movimento non intenzionale della sabbia lungo tutto lo shot.

Un ulteriore intervento che è stato necessario operare è emerso una volta visionato il footage realizzato durante la fase di ripresa: si è notato infatti che una porzione del vestito di Bea risultava mancante, lasciando scoperta una porzione della spalla. In questo caso si è optato per una soluzione diversa dal timbro clone in quanto la porzione da coprire è più grande rispetto a prima: si è deciso quindi di optare per l'utilizzo di una maschera che prende una porzione intera del vestito (con la forma corretta per il punto dove va inserito) e la mette nella posizione corretta. Questa operazione all'atto pratico prevede quindi la creazione di una maschera della parte che si vuole copiare e poi si modifica la posizione nel frame della porzione di immagine appena ricavata.



Footage originale



Risultato ottenuto con la maschera

Questa modalità operativa è consigliata nei contesti in cui la porzione da aggiungere al frame è piuttosto grande e quando la si utilizza è necessario poi che la maschera che si aggiunge si muova in modo solidale al resto dell'elemento di cui fa parte, dovendo quindi essere animata manualmente o attraverso il tracking dell'elemento stesso.

Durante il processo di compositing, anche un'altra tecnica è stata adottata per risolvere un problema emerso durante la revisione del footage: in un'inquadratura infatti, era presente dello sporco sulla lente durante la ripresa. Questa criticità sarebbe potuta essere applicando diverse tecniche di correzione dell'immagine, ma considerato il tipo di shot ed la posizione del difetto da rimuovere, in questo caso si è scelto di utilizzare il riempimento generativo dell'immagine condizionato dal contesto: analizzando il footage raw (cioè originale, non lavorato) si può notare che lo sporco sulla lente ha prodotto nell'immagine finale un'alone più scuro, in una zona dell'immagine molto sfocata ed interessata dall'animazione solo per pochissimi frame. Appurato quindi che l'opzione di utilizzare in quella porzione dell'inquadratura una maschera che andasse a schiarire la zona più scura, non avrebbe prodotto un risultato qualitativamente soddisfacente, si è deciso di utilizzare il riempimento generativo condizionato dal contesto: questa scelta ha consentito di operare la correzione dell'immagine in tempistiche piuttosto rapide e con un risultato di qualità ottima. Il funzionamento di questa tecnica è piuttosto semplice: in primo luogo è necessario rimuovere dall'immagine la porzione che si vuole ricreare, andando di fatto a lasciare un vuoto (costituito da pixel che resteranno trasparenti) nel punto interessato, ad esempio utilizzando una maschera sottrattiva. È importante sottolineare che questa fase deve essere eseguita su tutti i livelli che costituiscono l'immagine nel momento in cui si va ad operare: si può quindi scegliere di andare ad applicare la maschera sottrattiva su ogni singolo livello oppure si può creare una pre-comp con tutti i livelli, indicando così al software di accorparli in un unico livello ed interpretarli come un unico layer. A questo punto, il tool di riempimento generativo in base al contesto di After Effects andrà

a generare automaticamente la porzione di immagine mancante nel frame: in questa fase è opportuno impostare correttamente lo strumento, scegliendo il metodo di fusione e la tolleranza in modo da ottenere il risultato migliore possibile. Il tool di riempimento generativo dell'immagine è molto potente, ma è importante che venga utilizzato con cura e consapevolezza in quanto è abusarne potrebbe portare a risultati di bassa qualità: l'utilizzo di questo strumento non è consigliabile in tutte quelle situazioni in cui la porzione dell'immagine da correggere è in un punto d'attenzione molto importante oppure molto evidente nell'animazione. Questo algoritmo infatti (al momento) non è in grado di prevedere come il contenuto della patch da applicare dovrebbe variare in base all'animazione della scena, rendendo quindi in queste situazioni, preferibile l'utilizzo delle altre tecniche analizzate in precedenza.



Footage originale



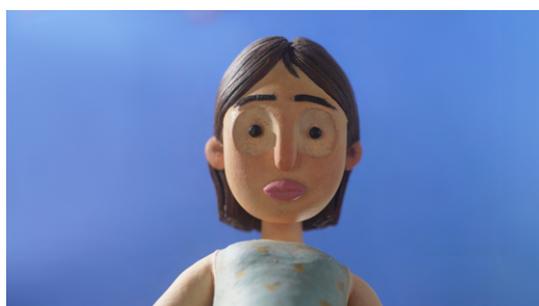
Risultato con riempimento generativo

La correzione dei difetti visivi è stata la fase, insieme al chroma keying, che ha occupato la maggior parte del tempo dedicato alla post-produzione delle opere ed è stato essenziale per garantire la resa finale pulita e precisa voluta dalla produzione, senza però andare ad intaccare la fisicità e tangibilità tipiche dei prodotti in stop motion. Ogni intervento è stato quindi studiato affinché si utilizzasse lo strumento più adatto a seconda dello shot, riuscendo così ad ottimizzare sia il workflow di lavoro sia la qualità del risultato finale. L'obiettivo guida di tutte queste correzioni è stato quello di preservare la naturalezza dell'immagine, evitando allo stesso tempo che piccoli errori commessi durante la fase di ripresa intaccassero l'intero processo produttivo del prodotto richiedendo delle sessioni di reshoot, che avrebbero non solo rallentato la realizzazione dell'opera, ma anche influito negativamente sul budget a disposizione.

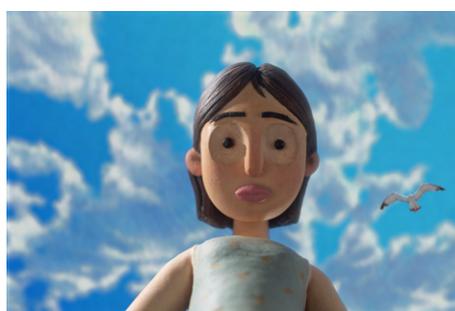
## 5.5 Set Extension

Le operazioni di keying sono nella maggior parte dei casi, finalizzate alla sostituzione del background, andando di fatto a cambiare digitalmente la scenografia e l'ambiente in cui si svolge l'azione. La set extension è proprio la fase della post-produzione che si occupa di ampliare, espandere e modificare il set, introducendo nell'immagine elementi 2D o 3D che andranno a rendere il risultato finale più realistico e soddisfacente, consentendo allo stesso tempo di limitare i costi e le tempistiche per la produzione fisica di questi assets.

La principale operazione di set extension eseguita su *Per Dono* è senza dubbio stata quella della sostituzione del fondale, dove al posto del green (o blue) screen rimosso durante il processo di keying, è stato inserito un nuovo fondale, in genere il cielo, realizzato separatamente e con un preciso stile da un'artista.



Footage originale



Risultato dopo il keying

La sostituzione del background però non si limita all'inserire sotto al livello del footage quello contenente il nuovo cielo, ma richiede una serie di passaggi fondamentali per la credibilità dell'inquadratura: in primo luogo sono state animate le nuvole ed (ove presente) il mare, così da ridurre il senso di staticità della scena e conferire maggiore realismo. In secondo luogo, una volta scelta la corretta scala per il fondale, in modo che insieme al footage creasse un risultato complessivo credibile ed armonioso, è stato applicato un effetto di sfocatura sull'intero livello del background, impostato in modo tale che il blur fosse coerente con la lunghezza focale utilizzata per lo shot, in modo che la sfocatura del fondale fosse in linea con quella presente sugli altri elementi della scena.

La sostituzione del cielo in alcuni casi non è stata l'unica scelta impiegata per espandere e migliorare il set: nelle scene sulla spiaggia ad esempio, il fondale sarebbe sembrato molto vuoto, quindi si è optato per inserire delle ulteriori dune di sabbia alle spalle dei personaggi, così da riempire l'inquadratura. L'impiego di queste ulteriori dune come background è stato preventivato fin dalla pre-produzione del prodotto e dunque il footage che le conteneva è stato opportunamente realizzato durante le riprese, consentendo così di realizzare un set più spoglio per tutte le scene "animate", consapevoli del fatto che sarebbe poi stato riempito in un secondo momento. Le inquadrature di questi elementi aggiuntivi sono state realizzate con un green screen in modo da poter estrarre, con le tecniche viste in precedenza, soltanto le dune e poterle combinare, modificare ed inserire opportunamente nelle diverse inquadrature.



Fondale con sfocato molto pronunciato



Fondale a fuoco



Footage dune aggiuntive



Footage dune aggiuntive

Un caso particolare di set extension affrontato durante la post-produzione di *Per dono* è stato quello necessario per la prima inquadratura della scena del banchetto per la laurea di Bea: in questo shot la camera esegue una carrellata orizzontale che va a riprendere tutti i personaggi presenti nella scena, i quali si trovano a celebrare l'evento su una terrazza che affaccia sul mare. Dalla terrazza si vedono, in lontananza, un castello ed una scogliera: questi due elementi sono soggetto di particolare attenzione in quanto, per effetto della parallasse ed a causa del movimento di camera, la loro posizione rispetto al girato dovrà variare in maniera diversa se confrontata con quella delle nuvole. La parallasse è il fenomeno visivo per il quale, a seconda della loro distanza dal punto di osservazione, gli oggetti sembrano spostarsi in modo diverso rispetto allo sfondo quando varia la posizione dell'osservatore: in questo caso l'effetto finale sarà che gli oggetti più vicini alla camera sembreranno muoversi più velocemente rispetto a quelli lontani. Per ricreare in fase di compositing questo effetto ottico presente nel mondo reale e quindi cruciale per ottenere un buon realismo dalla scena, sono stati animati in maniera indipendente sia il livello contenente il castello sia il livello con la scogliera. La scelta è ricaduta sull'animazione manuale della posizione di questi due elementi frame by frame piuttosto che sull'utilizzo di un camera tracker che andasse a ricostruire un ambiente tridimensionale a partire dal footage, perchè l'algoritmo di after effects in questa particolare inquadratura, non era in grado di identificare abbastanza punti di tracking per generare un ambiente 3D tale da

poter inserire nella posizione corretta i due elementi. Attraverso un approccio trial and error quindi, si è cercato di ricreare un buon livello di parallasse per ottenere un risultato realistico e credibile.



Figura 5.21: Set esteso con cielo, mare e castello

Un altro esempio di set extension lo ritroviamo nei frame in cui viene ripreso il mare, dove si ha il molo sulla sinistra ed il faro sulla destra: questa inquadratura è stata utilizzata sia nella prima scena del corto, per dare contesto ed una collocazione spaziale alla storia, sia nella scena del sogno di Paolo, il quale è stato compositato davanti al mare per dare l'impressione che lui fosse effettivamente in spiaggia a guardare l'orizzonte. In questa inquadratura sono state effettuate ben due operazioni di set extension: la prima delle due per correggere un difetto di posizionamento del faro durante la ripresa. Analizzando il footage originale infatti, si può notare che il faro non è nella corretta posizione ma risulta storto se guardato dal punto di vista della camera: questo difetto è stato quindi corretto creando un nuovo livello del footage, contenente una maschera che consentisse di vedere a schermo, sovrapposto al faro storto, il faro ruotato in modo da essere nella posizione corretta.

La seconda operazione di set extension eseguita su questa scena riguarda invece il parapetto del molo il quale, nel girato raw risulta incompleto. Soffermendosi su questo dettaglio è infatti semplice notare che il parapetto è presente soltanto da un lato del molo (quello rivolto verso il centro dell'inquadratura): per ovviare a questa problematica è quindi stato necessario, sempre dopo avere effettuato il keying in modo opportuno come descritto in precedenza, ricavare attraverso una maschera, la sola porzione di parapetto da inserire alle spalle del footage principale, così da dare la corretta impressione di profondità (per riuscire a trasmettere correttamente questa sensazione visiva è stato importante modificare anche in minima parte la rotazione e la scala del parapetto originale).



Figura 5.22: Footage Originale



Primo utilizzo



Secondo Utilizzo

La set extension in generale si è quindi rivelata un aspetto cruciale del processo di post-produzione delle opere, permettendo di agevolare la realizzazione dei set fisici (riducendone anche i costi) e consentendo allo stesso tempo di non avere limiti nelle scenografie e nel loro apporto al look finale del prodotto. Modificare digitalmente i set, aggiungendo fondali o correggendo piccoli errori provenienti dalla fase di ripresa, ha permesso di mantenere credibili le ambientazioni create dagli artigiani, migliorando l'impatto visivo delle scene e contribuendo ad arricchire l'unicità stilistica delle opere. Le operazioni eseguite sul footage non si sono limitate ad una sostituzione dello sfondo, ma hanno richiesto un'attenta analisi e gestione di scala, prospettiva, parallasse, profondità di campo e tutti gli altri parametri che caratterizzano il mondo reale ed il modo in cui il nostro occhio ci consente di vederlo, riuscendo così a ricreare un'ambientazione realistica, naturale e piacevole alla vista.

In conclusione di questo capitolo, si può affermare che il lavoro di post-produzione di un'opera sia un processo tanto tecnico quanto creativo, che attraverso l'utilizzo e la conoscenza degli strumenti digitali di cui fa uso, dà un contributo molto importante al look complessivo del prodotto. Ogni intervento, dal più piccolo ritocco alla più complessa integrazione di fondali o elementi digitali, contribuisce all'impatto narrativo ed alla credibilità dell'opera, dimostrando che il compositing e la post-produzione più in generale, non sono soltanto un processo di rifinitura del lavoro fatto durante le riprese, bensì un'importante fase per la riuscita artistica e tecnica del prodotto finale.

## Capitolo 6

# Analisi dei risultati

L'intero processo di post-produzione analizzato e descritto nei capitoli precedenti ha consentito di ottenere, partendo dal footage originale girato con la tecnica della stop motion, un prodotto completo dal punto di vista visivo, rifinito in ogni dettaglio ed allineato con le esigenze estetiche e narrative decise dalla produzione; in questo capitolo verranno quindi analizzati i risultati ottenuti e, valutando le osservazioni ricavate dall'esperienza e dai rapporti avuti con il resto della produzione, si delineeranno quali possibili implementazioni possono essere fatte nel workflow di compositing per la stop motion al fine di ottimizzare l'intero processo

### 6.1 Footage vs Prodotto lavorato

Applicare le tecniche di chroma keying ha consentito isolare con buona precisione gli elementi in scena, permettendo poi di eliminare i fondali utilizzati in fase di ripresa per sostituirli con quelli creati dagli artisti del digitale. Ottenere un buon keying, nonostante la massiccia presenza di sfocati molto pronunciati per via delle scelte stilistiche del progetto, ha richiesto un importante lavoro di affinamento dei parametri di keying che, uniti con l'utilizzo di alcuni stratagemmi per rendere il risultato più realistico, hanno permesso di avere a detta della produzione, un risultato qualitativamente soddisfacente.

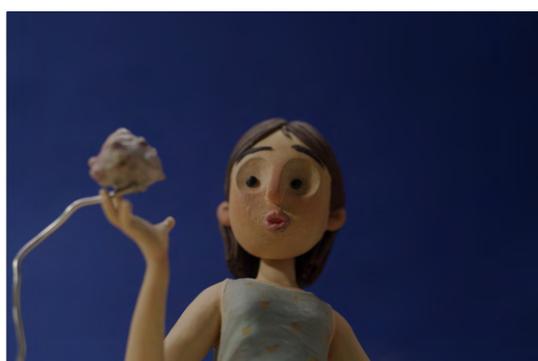


Footage Originale

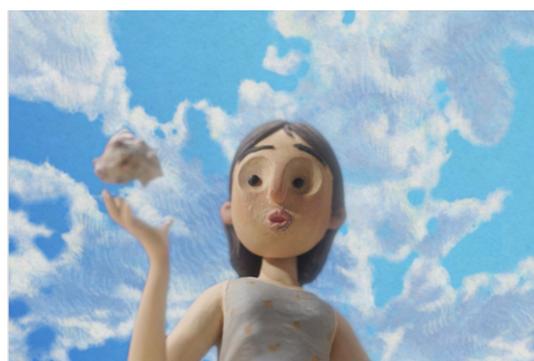


Risultato finale

La rimozione dei rig necessari per l'animazione con la tecnica della stop motion ha contribuito allo stesso modo alla resa finale del prodotto: rimuovere in modo efficace ed al contempo impercettibile ha permesso di esaltare le peculiarità dell'animazione passo uno, preservando la fisicità dei puppet ma conferendo loro anche l'illusione di avere una vita propria. Il fase di rimozione dei supporti è quindi stato fondamentale per ottenere un risultato credibile, esaltando il sapiente lavoro che gli animatori hanno saputo fare durante le giornate di ripresa.



Footage Originale



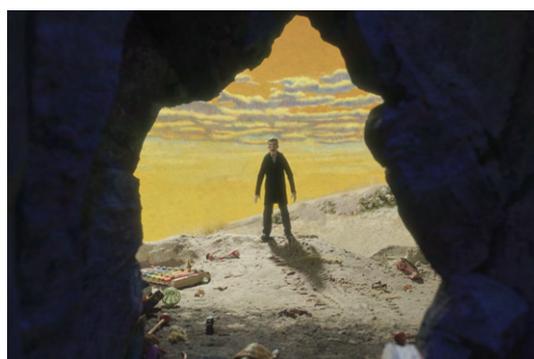
Risultato finale

Le operazioni finalizzate alla set extension hanno permesso di ampliare e ridefinire le ambientazioni dell'opera, migliorando la composizione delle inquadrature e favorendone il realismo. Aggiungere elementi come le dune, il parapetto del molo o sostituire tutti i fondali ha permesso di ottenere delle inquadrature d'effetto, piacevoli allo sguardo e coerenti con il mondo reale.

Confrontare alcune di queste inquadrature tra il prima ed il dopo la lavorazione dimostra quanto la set extension si sia rivelata fondamentale per arricchire l'immagine senza compromettere le caratteristiche estetiche di un prodotto in stop motion.



Footage Originale



Risultato finale

Alcuni elementi del footage originale la cui presenza sarebbe risultata problematica nel prodotto finale come ad esempio imperfezioni e sporco sui puppet, sporco sulla lente e movimenti involontari della camera o degli elementi in scena, sono stati opportunamente corretti e lavorati in modo da nascondere le criticità. L'utilizzo di maschere e di strumenti come il clone stamp tool o il riempimento generativo hanno permesso di affrontare queste sfide tecniche, riuscendo a rendere le problematiche del footage originale impercettibili nell'opera finale.

Il refining delle immagini, eseguito attraverso la color correction e l'utilizzo di strumenti di compositing avanzato come il SuperComp di RedGiant hanno garantito al prodotto un look realistico, ricco di cura dei dettagli e di realismo, che rende più naturale l'integrazione delle diverse fonti che compongono i frame finali dei cortometraggi, aggiungendo elementi fondamentali come il light wrap e l'edge blur. Queste tecniche hanno consentito di ottenere immagini omogenee e coerenti, rendendo gli elementi aggiunti digitalmente alla scena indistinguibili dal footage.

## 6.2 Sfide incontrate e soluzioni adottate

L'intero processo di compositing presenta, durante tutte le sue lavorazioni, numerose sfide tecniche e creative che durante la post-produzione di un'opera vengono affrontate con approccio metodico e mirato. Nel corso del compositing delle opere in questione sono emerse alcune problematiche che hanno richiesto di adottare soluzioni specifiche, al fine di ottenere un risultato visivamente coerente e qualitativamente di livello. Di seguito verranno quindi illustrate alcune di queste sfide e le soluzioni adottate per risolverle.

Una delle principali difficoltà è sicuramente stata la gestione del chroma key su elementi e zone molto sfocate a causa della profondità di campo: il normale algoritmo di keying su cui si basa il plug-in utilizzato (Primatte Keyer 6) durante la lavorazione infatti, non sempre in queste circostanze riusciva a restituire un output ottimale, rendendo quindi necessario un approccio più articolato. La soluzione a questo problema, adottata nella maggior parte di queste situazioni, è stata l'utilizzo di maschere dedicate alla ricostruzione della sfocatura nelle aree più delicate, riuscendo a restituire un risultato soddisfacente senza però inficiare troppo negativamente sulle tempistiche di lavorazione.

Un'altra sfida rilevante è stata la rimozione del rig in queste aree con molto blur, come nel caso del paguro in movimento. La sfocatura causata dalla lunghezza focale ha reso infatti poco definito il confine tra la conchiglia del paguro e la struttura del rig, rendendo quasi impossibile utilizzare qualsiasi algoritmo di tracking dello stesso. Per questo motivo si è optato per un tracking manuale, andando a posizionare frame by frame i vertici della maschera, garantendo così di la rimozione efficace del supporto senza però introdurre artefatti sul puppet.

Anche la gestione della parallasse nella scena della festa di laurea ha rappresentato un ostacolo importante. La soluzione adottata in questo caso per riuscire ad ottenere un risultato coerente con il movimento di camera è stata anche in questo caso quella di optare per un approccio manuale, in quanto il set non forniva abbastanza punti di tracking per l'algoritmo, specialmente dove sarebbe dovuto essere inserita la porzione di immagine digitale. In questo caso quindi, l'approccio trial and error ha portato ad ottenere un risultato adeguato.

Vista la caratteristica della stop motion di richiedere la manipolazione frame by frame degli elementi in scena, si è reso necessaria un'attenta analisi di ogni inquadratura del girato, per scovare anche minimi movimenti involontari della camera, del puppet o del set, così da poter intervenire per rimuovere questi problemi. Diversi sono stati gli approcci impiegati per queste specifiche circostanze ma tutte, come descritto nel capitolo precedente, hanno permesso di correggere queste imperfezioni, permettendo di mantenere la fluidità e l'armonia dell'animazione.

Infine la necessità di mantenere una buona coerenza visiva tra gli elementi presenti sul set e quelli aggiunti digitalmente ha richiesto un attento lavoro di compositing delle immagini, agevolato dall'impiego di strumenti messi a disposizione dai software utilizzati per manipolare i colori ed aggiungere il light wrap ai soggetti. Riuscire ad ottenere poi un buon matching tra la profondità di campo presente nel footage e quella ricostruita sugli elementi inseriti nell'inquadratura a posteriori, ha conferito a tutti gli shot un look più realistico ma allo stesso tempo ha consentito di preservare il look caratteristico delle opere.

## **6.3 Sviluppi futuri**

Avere la possibilità di lavorare in prima persona al compositing di due opere in stop motion ha consentito al sottoscritto di sperimentare con mano quali siano le tecniche ed il workflow impiegati durante la post-produzione, così riuscire a comprendere con esattezza quali siano le necessità a cui gli sviluppi tecnologici e procedurali potrebbero in futuro rivolgere la loro attenzione al fine di ottimizzare l'intero processo produttivo.

Alla luce del contesto attuale, senza dubbio una delle direzioni più interessanti e promettenti da questo punto di vista è l'utilizzo avanzato di algoritmi di machine Learning ed intelligenza artificiale per automatizzare i task più ripetitivi. Grazie a questi strumenti, lavorazioni come il tracking, la rimozione dei rig o di altri difetti visivi nelle immagini potrebbe diventare sempre più immediata, andando così a ridurre notevolmente le tempistiche di lavorazione e contestualmente permettendo di impiegare le risorse risparmiate

in fasi della lavorazione più influenti e artistiche. Per quanto rapida ed inevitabile, l'evoluzione di questi strumenti non potrà mai sostituire l'apporto umano al compositing, ma certamente potrà agevolare il lavoro degli addetti alla post-produzione, che attraverso un impiego consapevole e mirato di questi strumenti, riusciranno a rendere il loro lavoro sempre più efficiente ed efficace.

L'intelligenza artificiale non è però l'unica implementazione che si può prevedere ai fini di ottimizzare il lavoro di post produzione: in generale, potrebbe essere utile focalizzarsi su una standardizzazione del workflow per la gestione dei file e l'organizzazione del progetto. Strutturare in modo efficiente tutta la pipeline di produzione infatti agevolerebbe il lavoro, specialmente per i team più grandi, permettendo di migliorare le tempistiche ed allo stesso tempo ridurre al minimo gli errori.

Un'altra modifica che potrebbe essere fatta al flusso di lavoro, con l'evolversi delle tecnologie in merito, è quella riguardante l'acquisizione dati sul set. L'avvento e la riduzione dei costi delle strumentazioni necessarie per la cattura di dati che possono essere importanti in fase di compositing, come ad esempio la costruzione di depth map del set, potrebbe semplificare e migliorare la gestione automatica della profondità di campo e (insieme all'accurato utilizzo dei giusti marker) della parallasse: la credibilità delle scene potrebbe trarre grande beneficio da questi strumenti, senza richiedere al contempo un importante impiego di risorse, umane e computazionali.

L'evoluzione della post-produzione, per la stop motion e non solo, è strettamente legata all'innovazione tecnologica ed all'ottimizzazione dei workflow. Introdurre strumenti complessi ed avanzati come l'intelligenza artificiale per automatizzare i processi ripetitivi, così come l'utilizzo di apparecchiature dedicate alla raccolta dati sul set, rappresenta una possibilità concreta di rendere tutto il processo produttivo più funzionale e efficiente, sia per gli studi più grandi che per le produzioni di dimensioni più modeste.

In generale per il futuro, l'obiettivo potrebbe essere quello di integrare nel workflow tutti i tool che il progresso metterà a disposizione, permettendo di focalizzare il lavoro sugli aspetti più creativi, e facendo in modo che le limitazioni ed i rallentamenti ad oggi presenti non siano più tali: il lavoro degli addetti alla post-produzione ed al compositing non verrà sostituito, ma soltanto agevolato dagli strumenti che saranno a disposizione, e le loro competenze saranno ancora fondamentali per la riuscita ottimale di tutte le produzioni.

## Capitolo 7

# Conclusioni

La stop motion è una potente forma d'arte che vive in equilibrio tra la tradizione e l'innovazione, tra la fisicità degli oggetti, dei materiali e le possibilità illimitate offerte dal mondo della post-produzione digitale. Le fasi di compositing analizzate in questo elaborato dimostrano come la post-produzione non sia soltanto uno strumento per correggere le imperfezioni o integrare elementi digitali nelle immagini, ma anche una componente creativa e tecnica determinante per la definizione del look finale del prodotto e imprescindibile per la buona riuscita dell'intero progetto.

Negli ultimi anni, l'avanzamento tecnologico ha consentito di raffinare le tecniche e rendere più accessibili gli strumenti di post-produzione, permettendo di andare incontro con sempre maggiore efficienza ed efficacia alle problematiche storicamente più impattanti nella lavorazione di un contenuto audiovisivo: per la stop motion le fasi di rimozione dei rig, sostituzione dei background, set extension e correzione dei difetti sono sempre state importanti per mantenere la credibilità dell'opera e la magia che questa tecnica di animazione riesce a trasmettere nello spettatore. Le innovazioni tecnologiche attuali, così quelle future, non sostituiranno l'abile lavoro degli animatori e degli addetti alla post-produzione, anzi lo miglioreranno, fornendo loro strumenti che consentano di esprimere in modo efficace la loro abilità e la loro creatività, andando ad assottigliare sempre più i limiti del loro lavoro.

Le tecniche di compositing applicate nei casi studio e descritte in questo elaborato, hanno evidenziato come il workflow possa e debba essere ottimizzato in modo da aumentare l'efficienza della produzione senza compromettere la qualità artistica del prodotto finale. L'intelligenza artificiale ed il suo sempre più ampio impiego, anche nei software di post-produzione, aprono questo mondo a nuovi scenari, promettendo di agevolare le parti più tediose di questo lavoro e consentendo agli artisti di utilizzare le proprie risorse per aggiungere valore creativo all'opera a cui mettono mano.

Questo progetto di tesi dimostra che la stop motion, nonostante sia una tecnica ben radicata nel mondo fisico e materiale, può sfruttare gli strumenti messi a disposizione dalla tecnologia e dal mondo digitale, per valorizzare al massimo tutta la fase di post-produzione, riuscendo così a mantenere le proprie peculiarità visive e narrative di questo tipo di opere. In questo contesto, riuscire ad avere un workflow ottimizzato al meglio, che consenta di ridurre al minimo gli errori e le tempistiche di lavorazione, è fondamentale per

realizzare ed impreziosire ogni progetto. La sfida di oggi e domani è quella di integrare ogni innovazione al meglio delle sue potenzialità nel processo produttivo: guardare al futuro significa accogliere le novità, senza dimenticare le proprie radici. La stop motion è affascinante per questo motivo: ogni progresso nella tecnica (e nella post-produzione), ogni tecnologica che permette di superare i vecchi limiti, si fondono con l'artigianalità e la fisicità dei personaggi e delle ambientazioni, dando vita ad un potente medium, un punto d'incontro tra passato, presente e futuro.

# Bibliografia

- [1] Barry Purves *Basics Animation 04: Stop-motion*. AVA Publishing, 2010
- [2] Adobe *Adobe After Effects User Guide*. <https://helpx.adobe.com/after-effects/user-guide.html> .
- [3] Disney Research Zurich -Yagiz Aksoy, Tunc , Ozan Aydin, Marc Pollefeys, and Aljosa Smoli´ *Interactive High-Quality Green-Screen Keying via Color Unmixing*. Disney Research Zurich, 2010
- [4] Maxon, *RedGiant VFX User Guide*. [https://help.maxon.net/rg/en-us/#html/OVERVIEW.html?TocPath=\\_\\_\\_\\_\\_1](https://help.maxon.net/rg/en-us/#html/OVERVIEW.html?TocPath=_____1) .
- [5] Susan Zwerman Jeffrey A. Okun *The VES Handbook of Visual Effects: Industry Standard VFX*. Taylor & Francis, 2010.
- [6] Steve Wright *Digital Compositing for Film and Video Production Workflows and Techniques* Taylor & Francis, 2017.
- [7] Ron Brinkmann *The Art and Science of Digital Compositing, Techniques for Visual Effects, Animation and Motion Graphics* Elsevier Science, 2008.
- [8] Lee Lanier *Professional Digital Compositing, Essential Tools and Techniques* Wiley, 2010.