

PEGASO INTERNATIONAL – Higher Education Institution
(Istituzione di Appartenenza)



Corso di Dottorato in
Diritto, Educazione e Sviluppo

in co-tutela con

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE
(Istituzione Ospitante)



Corso di Dottorato in
Metodi, Modelli e Tecnologie per l'Ingegneria



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE

Corso di Dottorato in
Metodi, Modelli e Tecnologie per l'Ingegneria

Curriculum: Ingegneria Meccanica e Gestionale

Ciclo XXXIV

ARTE CINETICA E MECCANISMI:
NUOVE TENDENZE ED APPLICAZIONI

SSD: ING-IND/13 (Meccanica Applicata alle Macchine)

Coordinatore del Corso (Unicas)
Chiar.mo Prof. Fabrizio Marignetti

Dottoranda
Sonia Caterino

Supervisore (Unicas)
Chiar.mo Prof. Giorgio Figliolini

Supervisore (Pegaso International)
Chiar.ma Prof. ssa Angela Vivona

ABSTRACT

This dissertation investigates the fundamentals of Kinetic and Robotic Art, still of significant relevance today, in light of the great technological development that has taken place in recent years in the fields of mechanics, electronics and information technology (mechatronics). The latter has greatly influenced the world of art, both from a purely artistic and aesthetic point of view, and in terms of the emotional message conveyed to the spectator, who is the ultimate user of the work of art itself.

Kinetic or programmed art began in Germany in the 1950s thanks to an artistic movement called ZERO. This current spread like wildfire to numerous countries, including Italy, through the formation of other groups that remained very active in the following two decades, and became relevant again in modern times.

Zero was the first artistic movement to anticipate Abstract Expressionism, Pop Art, Op Art, Minimalism, etc., because it was the first to create mobile installations or dynamic structures and realise an innovative form of art no longer based on the components of classical painting or on the typical elements of the natural world, but conceived using mechanised industrial products, and creating a thought that linked the two basic concepts of science and technology and transformed them into an artistic expression.

The main objective of kinetic art is a complete reconsideration of the artistic space, involving the viewer as protagonist, on the one hand, and the sense of motion as an innovative artistic element with infinite expressive potential on the other.

In particular, Kinetic Art focuses on the more psychological and gestalt-like structural aspects of the movement of the artwork, thus creating innovative dynamic structures, which are not only interesting machines from an engineering point of view, but also particularly attractive structures in terms of their artistic and expressive aspect, with the aim of psychologically capturing the viewer's attention.

This research expresses the particular importance that the kinetic installations of artist and physicist Theo Jansen have in this artistic context. With his recent, complex artistic achievements, Jansen provides us with an excellent example of Kinetic Art, as a product of the synergy effect achieved between art and movement.

Jansen is an exponent of the evolution of Kinetic Art, not the kind that thrives on virtual movements (electronics and information technology), but the kind that sees as its protagonists animated structures that come to life thanks to the action of the wind and in any case are destined to a designed motion by which they come to life and acquire an accomplished meaning (mechanics and mechatronics).

Particularly significant are the Strandbeesten (beach beasts) capable of walking autonomously on the shoreline under the sole action of the wind, which succeeds in its action thanks to the aid of light materials and scientific-mathematical calculations.

The structures created lead back to significant scientific contributions in the field of mechanisms - with particular reference to the lines of research of walking machines and walking & climbing robots - and, more generally, in the kinematics of mechanisms, but also and above all in the field of art, since they represent examples of Kinetic Art in which the fourth dimension of movement is added to the three spatial dimensions of sculpture or to the typical two dimensions of painting, which was also extended to the third dimension with the introduction of axonometry and perspective.

The kinetic and robotic art presents contents of both social and technological development, as well as contents that can be spread in new methods of education, through the teaching of innovative technological processes based on the use of 3D printers and Additive Manufacturing, but also strongly engineering contents, such as those of the kinematics and mechanisms of Robotics.

To highlight the idea of motion (movement), the horse was chosen as an example of perfect movement in nature but which can be reproduced with the same perfection in the movement of machines.

In fact, this animal appears to our eyes as having harmonious but above all powerful movements, given its musculature, which is easily visible through its limbs.

A large part of the research was devoted to the equestrian statue of the "Knight of Toledo" by William Kentridge, the South African artist emphasising the movement of the horse in spite of the static nature of the work itself, made of corten steel.

The research also included artistic projects such as the presentation of works composed of freehand drawings made with the aid of charcoal pencils, tempera colours and watercolours, photographs, as well as the realisation of the engineering part of a kinetic artwork, which required skills in the area of engineering.

This paper seeks to reveal the close relationship between art and technology, or, more precisely, between art and robotics, highlighting a new and superior synthesis between organic life and technology.

Kinetic art does not represent an escape from the earthly world towards a dimension governed by technology, but a creative capacity to express the artistic and social thought of our time in technological ways.

INDICE

ABSTRACT.....	I
Lista delle Figure	IV
Lista delle Tabelle.....	VI
INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: Arte cinetica dalla nascita ai nostri tempi	3
1.1 Arte cinetica dalla nascita ai nostri tempi.....	3
1.2 Cenni storici.....	5
1.3 La riscoperta dell'arte cinetica	15
1.4 Il gruppo Zero, il gruppo T, il gruppo N, il GRAV	16
1.5 Arte cinetica e arte programmata	17
1.6 Arte cinetica – arte programmata – apparentemente una meteora	20
1.7 La fascinazione del dispositivo meccanico	23
1.8 Gli artisti che meglio hanno rappresentato l'arte cinetica oltre gli anni Settanta.....	24
1.9 1965: si approda oltre oceano al MoMa di New York	25
1.10 Periodo storico 2000 – 2016.....	27
1.11 Theo Jansen	28
CAPITOLO 2: Il cartone animato come evoluzione del movimento	35
2.1 Cenni storici.....	35
2.2 Il teatro ottico	35
2.3 Stop motion	36
2.4 Animazione 2D (Vector based animation)	38
2.5 Animazione in 3D (Computer animation).....	38
CAPITOLO 3: Il cavaliere di Toledo	40
3.1 Il cavaliere di Toledo di William Kentridge: analisi dell'opera.....	40
3.2 William Kentridge	44
CAPITOLO 4: Il meccanismo articolato del cavallo.....	60
4.1 Gambe posteriori: sintesi cinematica.....	61
4.2 Gambe anteriori: sintesi cinematica	65
4.3 Testa: sintesi cinematica.....	68
4.4 Cavallo: animazione e simulazione	69
CONCLUSIONI	79
BIBLIOGRAFIA	80

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1. 1 - Opera di Tinguely	3
Figura 1. 2 - Sculture telemagnetiche	4
Figura 1. 3 - Immagini Optical	5
Figura 1. 4 - Marcel Duchamp - ruota di bicicletta	6
Figura 1. 5 - Gruppo Zero	7
Figura 1. 6 - Umberto Boccioni-Rissa in Galleria 1910	8
Figura 1. 7 - Carlo Carrà - Il Cavaliere Rosso 1913	8
Figura 1. 8 - Giacomo Balla - Il cane al guinzaglio.....	8
Figura 1. 9 - Otto Piene.....	9
Figura 1. 10 - Gruppo T	10
Figura 1. 11 - Gruppo N.....	10
Figura 1. 12 - Immagini Optical	10
Figura 1. 13 - Immagini Optical	10
Figura 1. 14 - Teo Jansen.....	11
Figura 1. 15 - Balletti luminosi-Otto Piene.....	12
Figura 1. 16 - Dinamo-Mack	12
Figura 1. 17 - Lucio Fontana, con il suo concetto di spazio, attraverso buchi, tagli, pietre e crateri.	13
Figura 1. 18 - Piero Manzoni	13
Figura 1. 19 - Yves Klein per l'immaterialità delle sue architetture d'aria e per le sue tele monocromatiche.....	13
Figura 1. 20 - Carlo Carrà - I Funerali dell'Anarchico Galli 1901	18
Figura 1. 21 - G. Colombo Struttura Fluida 1961	19
Figura 1. 22 - G. Colombo Strutturazione ritmica pulsante 1964.....	19
Figura 1. 23 - G. Colombo	19
Figura 1. 24 - Morandini.....	23
Figura 1. 25 - Alfano.....	23
Figura 1. 26 - Takis, Elettromagnetic Sphere del 1979	24
Figura 1. 27 - Theo Jansen Strandbeest	30
Figura 1. 28 - Theo Jansen Strandbeest	31
Figura 1. 29 - Theo Jansen Strandbeest	31
Figura 1. 30 - Theo Jansen Strandbeest	32
Figura 1. 31 - Theo Jansen Strandbeest	32
Figura 1. 32 - Prototipo in 3D cavallo Theo Jansen	34

Figura 2. 1 - Prima locandina Biancaneve e i 7 nani	36
Figura 2. 2 - Locandina La sposa cadavere	37
Figura 2. 3 - Locandina Il piccolo principe	37
Figura 2. 4 - Locandina Toy Story.....	39
Figura 3. 1 - Il Cavaliere di Toledo di William Kentridge	40
Figura 3. 2 - Foto metropolitana fermata Via Toledo.....	41
Figura 3. 3 - Foto metropolitana fermata Via Toledo.....	42
Figura 3. 4 - Mosaico Kentridge particolare San Gennaro	43
Figura 3. 5 - Particolare mosaico uscita metropolitana	43
Figura 3. 6 - Immagine mosaico Kentridge	44
Figura 3. 7 - Disegni William Kentridge	45
Figura 3. 8 - Disegni William Kentridge	46
Figura 3. 9 - Il cavaliere di Toledo ore 15.00	47
Figura 3. 10 - Il cavaliere di Toledo ore 12.00	47
Figura 3. 11 - Il Cavaliere di Toledo ore 12.00 lato opposto alla figura precedente .	48
Figura 3. 12 - Il naso di Gogol.....	49
Figura 3. 13 - Tecnica a carboncino su foglio ruvido.....	50
Figura 3. 14 - Tecnica a matita su foglio ruvido.....	51
Figura 3. 15 - Tecnica a china su foglio ruvido	51
Figura 3. 16 - Tecnica a china su foglio ruvido	52
Figura 3. 17 - Tecnica a china su foglio ruvido	52
Figura 3. 18 - Tecnica a matita su foglio ruvido.....	53
Figura 3. 19 - Tecnica a matita su foglio ruvido.....	54
Figura 3. 20 - Tecnica a china, matite colorate su foglio ruvido	54
Figura 3. 21 - Tecnica a matita ed acquerello su foglio ruvido	55
Figura 3. 22 - Tecnica a matita ed acquerello su foglio ruvido	56
Figura 3. 23 - Tecnica a china su foglio ruvido	57
Figura 3. 24 - Tecnica a china ed acquerello su foglio ruvido.....	57
Figura 3. 25 - Tecnica a china su foglio ruvido	58
Figura 3. 26 - Tecnica a carboncino su foglio ruvido.....	58
Figura 3. 27 - Tecnica a carboncino su foglio ruvido.....	59
Figura 4. 1 - Meccanismo della gamba posteriore destra	62
Figura 4. 2 - Meccanismo della gamba posteriore destra installata sul corpo del cavallo	63

Figura 4. 3 - Meccanismo della gamba posteriore sinistra installata sul corpo del cavallo	64
Figura 4. 4 - Cavallo in movimento	66
Figura 4. 5 - Meccanismo delle gambe anteriori	67
Figura 4. 6 - Meccanismi di entrambe le gambe anteriori	68
Figura 4. 7 - Meccanismo di trasmissione del moto rotatorio alternativo alla testa del cavallo	69
Figura 4. 8 - Meccanismo complessivo del cavallo imbizzarrito	70
Figura 4. 9 - Meccanismo complessivo: simulazione delle traiettorie	71
Figura 4. 10 - Meccanismo complessivo: traiettorie dei punti di ingresso e uscita del pantografo	72
Figura 4. 11 - Meccanismo complessivo: vettori velocità in ingresso e uscita dal pantografo	73
Figura 4. 12 - Meccanismo complessivo: fotogramma a) dell'animazione.....	74
Figura 4. 13 - Meccanismo complessivo: fotogramma b) dell'animazione	74
Figura 4. 14 - Meccanismo complessivo: fotogramma c) dell'animazione.....	75
Figura 4. 15 - Meccanismo complessivo: fotogramma d) dell'animazione	75
Figura 4. 16 - Meccanismo complessivo: fotogramma e) dell'animazione.....	76
Figura 4. 17 - Meccanismo complessivo: fotogramma f) dell'animazione	76
Figura 4. 18 - Meccanismo complessivo: fotogramma g) dell'animazione	77
Figura 4. 19 - Meccanismo complessivo: fotogramma h) dell'animazione	77
Figura 4. 20 - Meccanismo complessivo: fotogramma i) dell'animazione	78
Figura 4. 21 - Meccanismo complessivo: fotogramma l) dell'animazione	78

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 1 - Dimensioni dei singoli link di entrambi i meccanismi delle gambe posteriori	65
Tabella 2 - Dimensioni dei singoli link e/o tratti dei meccanismi delle gambe del lato destro.....	68

INTRODUZIONE

L'Arte Cinetica e Robotica, è ancora significativamente attuale in considerazione del grande sviluppo tecnologico avutosi negli ultimi anni nei campi della meccanica, elettronica ed informatica (meccatronica), il quale ha inevitabilmente condizionato il mondo dell'arte, sia dal punto di vista puramente artistico ed estetico, che per il messaggio emotivo trasmesso allo spettatore, quale fruitore ultimo della stessa opera d'arte.

L'Arte Cinetica e/o Programmata, iniziò con un movimento artistico nato negli anni '50 a Düsseldorf in Germania e denominato Gruppo Zero, che si è poi esteso a macchia d'olio in altri paesi, tra cui l'Italia, attraverso la formazione di altri gruppi, che sono rimasti molto attivi nei due decenni successivi, per poi tornare attuali nei tempi moderni. Infatti, il Gruppo Zero risulta essere antesignano delle correnti artistiche che a breve si sarebbero affermate, ovvero l'Espressionismo Astratto, la Pop Art, l'Op Art, il Minimalismo. In quanto anticipatore di nuove forme dell'espressione artistica, *mobili o strutture dinamiche*, abbandonando i colori della pittura, discostandosi dalle sole ispirazioni provenienti dalla natura, ed aprendosi ad un nuovo mondo industriale, dove la facessero da padrone il pensiero scientifico e tecnologico.

Il focus dell'A.C. è principalmente quello di ripensare il perimetro artistico, rendendo gli spettatori parte attiva dell'insieme, e di fatto attribuendo al movimento il vero pilastro da cui attingere per dare forza e potenza espressiva all'opera d'arte. In particolare, *l'Arte Cinetica* focalizza gli aspetti strutturali più propriamente *psicologici e gestalistici*, realizzando *strutture dinamiche* innovative, ossia non solo dei macchinari interessanti dal punto di vista ingegneristico, ma anche delle strutture particolarmente attraenti per il loro effetto artistico ed espressivo, con il fine di catturare psicologicamente l'attenzione dello spettatore.

In questo contesto artistico, di particolare importanza sono le installazioni cinetiche dell'artista olandese Theo Jansen con le sue recenti e complesse realizzazioni artistiche rappresenta un eccellente esempio di Arte Cinetica, quale prodotto di effetto sinergico ottenuto tra arte e movimento. Jansen è un'esponente dell'evoluzione dell'arte cinetica, non di quella che vive dei movimenti virtuali (elettronica-informatica), ma di quel filone che vede protagoniste strutture animate mosse (meccanica-meccatronica) dal vento e comunque destinate ad un moto progettato con il quale prendono vita ed hanno senso compiuto. Particolarmente significative sono le *Stranbeesten* (bestie da spiaggia) capaci di camminare autonomamente sulla battigia sotto la sola azione del vento, in quanto contengono rilevanti contributi scientifici nel campo dei meccanismi, con particolare riferimento ai filoni di ricerca delle *walking machines* e dei *walking &*

climbing robots, nonché, più in generale, nella *cinematica dei meccanismi*; ma anche nel campo artistico, poiché rappresentano, esempi di *Arte Cinetica* in cui è aggiunta la quarta dimensione del movimento, alle tre spaziali delle sculture o alle tipiche due della pittura, la quale fu anch'essa estesa alla terza dimensione con l'introduzione dell'assonometria e della prospettiva. Dall'intuizione del fisico-artista Theo Jansen, che grazie ai suoi principi, basati sul movimento di animali composti in sculture meccanizzate mosse naturalmente, ha espresso nella ricerca un forte interesse nelle sculture già esistenti, che hanno in sé l'idea del movimento: come il Cavaliere di Toledo. L'opera di William Kentridge presente a Napoli, si compone di lamine di acciaio, che creano il movimento, sfruttando l'azione mutevole della luce del giorno; per cui alla staticità dell'opera viene introdotto un movimento che scompone i canoni della scultura classica e della sua immobilità, così come Jansen propone nelle sue opere.

L'*Arte Cinetica e Robotica* presenta contenuti di *Sviluppo*, sia sociale, che tecnologico, nonché contenuti spendibili in nuovi metodi di *Educazione*, attraverso l'insegnamento di processi tecnologici – innovativi, basati sull'utilizzo di stampanti 3D e l'Additive Manufacturing.

L'elaborato dottorale si sviluppa su aspetti storico – artistici, e comunicativi dell'arte cinetica, con l'ausilio di opere d'arte e documenti storici, di artisti e fisici che hanno contribuito alla sua nascita. Il motivo fondamentale della ricerca è stato fornito dagli studi cinematici dei corpi; al fine di disegnare, progettare e realizzare la parte ingegneristica di un'opera d'arte cinetica, che richiede le competenze in area ingegneristica, che sono per l'appunto presenti nel Dottorato di ingegneria. La ricerca si pone l'obiettivo di produrre il prototipo cinetico 3D di un cavallo e del suo movimento, nonché alla realizzazione di disegni, operati con diverse tecniche creative.

Si evidenzia che i due Dottorati, l'uno in *Diritto, Educazione e Sviluppo* e l'altro in *Metodi, Modelli e Tecnologie per l'Ingegneria*, presentano in questo specifico lavoro, contenuti interdisciplinari affini, ossia quelli ingegneristici e quelli storico - artistici di cui la presente Tesi di Dottorato si compone.

CAPITOLO 1: ARTE CINETICA DALLA NASCITA AI NOSTRI TEMPI

1.1 Arte cinetica dalla nascita ai nostri tempi

La trattazione di questo primo capitolo di ricerca dottorale mira alla ricostruzione storica, puntuale, dell'Arte Cinetica (A.C.), partendo dalla sua nascita. Successivamente vengono riscontrati e messi in luce i momenti di massima espressione di questo movimento artistico, per poi approdare, dopo un periodo di declino, che potremmo definire "silente" (pochi artisti che operano in modo discreto tra il 1970 ed il 2000), ad una vera e propria rinascita, dove l'ARTE CINETICA ritorna con veemenza ad entusiasmare il pubblico in mostre internazionali di tutto rispetto e dal grande blasone. Di seguito la sintesi storica che verrà sviluppata mediante ricerca bibliografica, riviste scientifiche e partecipazione a seminari sull'argomento.

1952: BRUNO MUNARI tra i primi artisti del laboratorio italiano;

1955: Mostra "Le Mouvement di Parigi".

MOSTRA EPOCALE QUELLA DEL 1955 A PARIGI: si passa dall'illusione ottica al movimento reale determinato da: "naturale" (CALDER) e "meccanico" (TINGUELY – SCHOFFER) a TAKIS scultore greco che inizia a sperimentare i magneti e a creare le "sculture telemagnetiche", esposte per la prima volta nel 1959 alla Galerie Iris Clert. Un vero pioniere dell'arte cinetica che non smette mai di produrre sino alla sua morte recente, nel 2019.

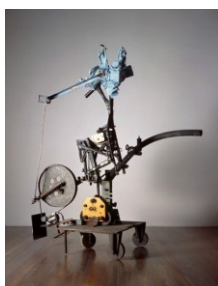


Figura 1. 1 - Opera di Tinguely



Figura 1. 2 - Sculture telemagnetiche

Di seguito gli artisti che hanno designato l'arte cinetica come vera e propria corrente artistica:

- ZURIGO 1958-1959: si ufficializza la nascita dell'Arte Cinetica – partecipa italiano ENZO MARI;
- DUSSELDORF 1961: nasce il Gruppo Zero dallo scultore OTTO PIENE, da Heinz Mack e Gunter Uecker;
- PADOVA 1960: GRUPPO N: con Biasi e Costa;
- MILANO 1960: GRUPPO T con Boriani – De Vecchi – Anceschi – Colombo – Varisco;
- 1960 – 1970: VICTOR VASARELY: pittore ungherese, naturalizzato francese che assieme a Bridget Riley, fonda il movimento artistico dell'Optical Art (Fenomeni ottici e luminosi);
- ZAGABRIA 1961-1965, nasce “Nuova Tendenza” – con italiano GETULIO ALVIANI;
- NEW YORK 1965: “The Response Eye” – MOMA – 180.000 visitatori.

DOPO UN PERIODO DI DECADENZA DEL MOVIMENTO, L'ARTE CINETICA TORNA CON VEEMENZA TRA IL 2000 ED IL 2016.

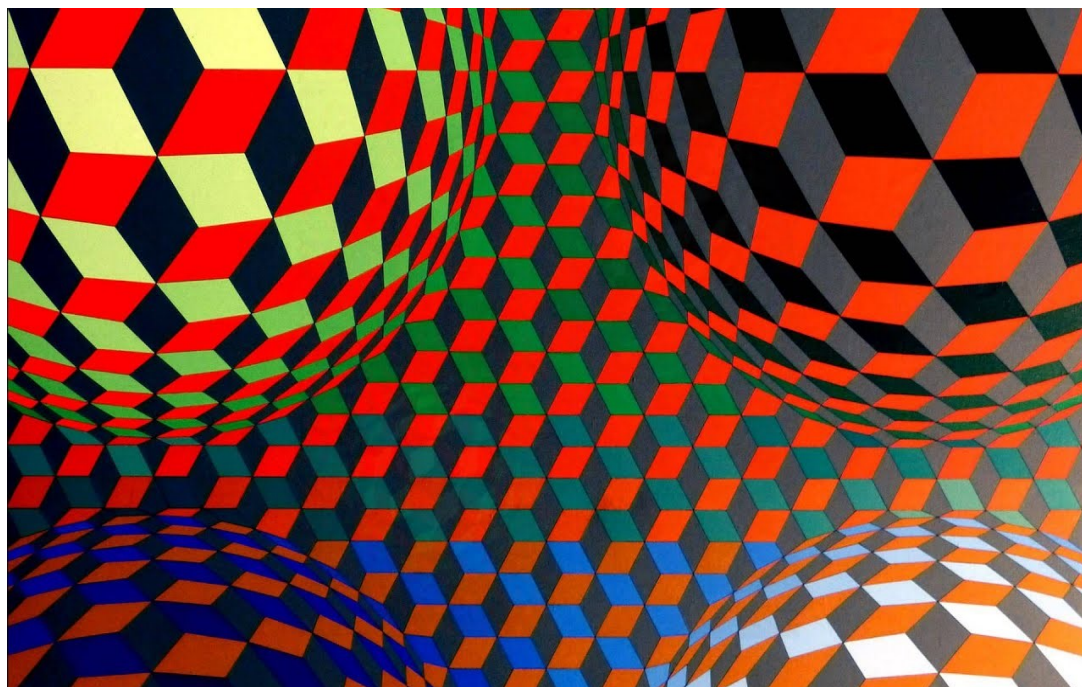


Figura 1. 3 - Immagini Optical

1.2 Cenni storici

L'A.C. si sviluppa subito dopo i conflitti mondiali del ventesimo secolo quando ormai era in decadenza l'astrazione di forme geometriche.

La parola cinetica deriva dal termine greco Kinesis, ovvero movimento.

Si può quindi sostenere che arte cinetica è arte in movimento.

Il focus dell'attenzione è rivolto allo studio dei meccanismi e della visione, nonché ai fenomeni ottici e della luce. Il proposito dell'A.C. è quello di valicare, quasi eclissare tutte le forme d'arte di ispirazione tradizionale dove sostituire alla sola manifestazione visiva, entusiasmando lo spettatore in termini di emozioni e di nuove percezioni.

La storia ci ha dettato diverse correnti, che con il loro intento miravano al cambiamento percettivo dell'opera stessa, il futurismo è tra le correnti artistiche che hanno affrontato il sopracitato pensiero; la visione che da movimento ad un'opera,

i colori che hanno un dinamismo volto a creare un vero e proprio flusso di immagini e di linee sequenziali.

In un certo qual modo gli artisti “cinetici”, si accostano allo studio del futurismo, creando con gli stessi ideali, un percorso tra ARTE e TECNOLOGIA.

I primi passi della corrente cinetica risalgono al periodo tra il 1913 ed il 1920, dove Marcel Duchamp realizza la cosiddetta ruota di bicicletta. Un altro precedente, stavolta italiano, fu definito negli anni '30 da Bruno Munari, con le macchine inutili.



Figura 1. 4 - Marcel Duchamp - ruota di bicicletta

Il maestro d'arte italiano sprona i compagni di viaggio a discostarsi da strumenti e supporti dell'arte tradizionale per cominciare a produrre installazioni artistiche con l'ausilio dei meccanismi. Un presagio che si concretizzerà con la genesi dell'arte cinetica. Il vero successo di questa corrente artistica, arriva tra gli anni '50 e '60, quando la stessa acquisisce forza e vigore grazie all'attività di famosi gruppi di lavoro artistici:

- Groupe De Recherche d'art visuel;
- Movimento Gruppo Russo;
- Gruppo Zero.



Figura 1. 5 - Gruppo Zero

Quest'ultimo, nato in Germania nel 1961, rappresenta un vero e proprio superamento dell'informale alla preparazione delle basi, per un'arte progettuale.

Le opere cinetiche puntano l'attenzione sullo studio dei meccanismi della visione, del movimento e sui fenomeni ottici della luce. Vengono usati colori, figure geometriche per creare effetti ottici, movimenti creati da motori di azione, sfruttando lo spazio e creando uno spazio-cornice dell'opera concepita.

Lo spettatore osserva l'arte cinetica e ne è coinvolto sul piano percettivo e psicologico, maturando nel suo pensiero lo stretto rapporto tra arte e tecnologia.

E proprio su questi postulati e principalmente sul concetto che l'arte si trasformi in un energico congegno in grado di generare su chi fruisce l'opera d'arte, un coinvolgimento necessario alla sua attivazione.

Come nel futurismo dove l'opera era unica, ma in essa non vi era la singola espressione, ma bensì una successione di fotogrammi strutturati da una veloce cadenza, che è l'essenza dell'opera stessa.

Nell'arte cinetica, figlia del futurismo, l'argomento artistico diventa il frutto di un'intera progettualità la cui messa in opera non può prescindere da puri interventi manuali ed artigianali, ma dall'inserimento della tecnologia a fondamento del movimento.

Le terminologie associate ai fenomeni noti del futurismo, ieri come oggi, si sono manifestate con un concetto tendente al generico, il cui utilizzo può essere applicato ad un mobile o un oggetto ed un'opera architettonica. Quando fu concepito e quindi ebbe i natali il termine Futurismo, nel 1909, dalla copiosa fantasia di Filippo

Tommaso Marinetti, che nel corrente anno pubblicò il primo manifesto del Futurismo sull'edizione 'Le Figaro' del 20 febbraio, già si esprimevano le idee futuriste come un nuovo percorso artistico, ricco di idee in movimento. Questo rappresentava un concetto ed un contenuto ben definito che identificava un movimento di pensiero artistico che decideva di allontanarsi dall'impressionismo e da tutto quello che era l'arte appartenuta al secolo precedente.

Nel corso dei primi del '900, Marinetti incontra un Gruppo artistico di talentuosi ed esordienti pittori italiani, disposti a collaborare per ispirarsi alle idee futuriste:

Carlo Carrà, Giacomo Balla e Umberto Boccioni.



Figura 1. 6 - Umberto Boccioni-Rissa in Galleria 1910



Figura 1. 7 - Carlo Carrà - Il Cavaliere Rosso 1913



Figura 1. 8 - Giacomo Balla - Il cane al guinzaglio

Le linee, i colori delle opere futuriste sono dinamiche, la velocità del colore scorre sulla tela, come a voler sfuggire e uscire dall'opera stessa.

La voglia di far muovere il soggetto ritratto nell'opera, con molteplici arti ripetuti in sequenza, corpi che si susseguono fino a diventarne uno solo. L'idea del movimento del soggetto rappresentato, si associa e si abbraccia l'Arte Cinetica, che agevolata dai tempi correnti, riesce ad applicare all'arte, l'evoluta tecnologia disponibile a creare cinematismi, e quindi movimenti. Il Gruppo Zero, è alla continua ricerca di tecniche cinetico-visuali, al fine di rendere più comprensibile il concetto di un mondo reale che muta continuamente, in modo da modificare nello spettatore il senso di percezione dello spazio fisico.

In effetti si sviluppa una nuova espressione d'arte che va ad occuparsi del movimento generato da meccanismi, elettro meccanismi, elettromagnetismi dove le opere prodotte sono pensate in funzione del loro movimento.

Una forma innovativa con singolari punti d'incontro tra scienza e tecnologia, alla quale si interessa anche l'italiano Bruno Munari, Alessandro Calder, e Sol LeWitte.

Gli artisti del Gruppo zero, intuiscono che il senso dello spazio reale muta e diventa sempre più dinamico.

Per il Gruppo, la fruizione dell'opera d'arte diventa un concetto che muta in continuo. Evidenziando evidenti punti di contatto con Fluxus (altro Gruppo artistico del momento). L'arte cinetica per il Gruppo Zero, punta sui valori essenziali della percezione visiva, capace di intrattenere il fruitore dell'opera che diventa parte attiva, ad esempio: Suggestendo fenomeni visivi diversi, con lo spostamento del punto di vista dell'osservatore, come fa l'artista Gillo Dorfles, in "Ambiguità Gestaltica", oppure come fa' Otto Piene nei suoi lavori sfruttando il metallo e l'azione della luce.

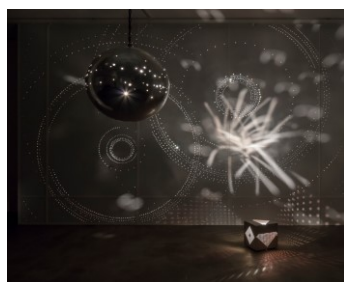


Figura 1. 9 - Otto Piene

Si evince dai meccanismi artistici sopra citati, l'evidente aggancio con gli studi dinamici del futurismo, i nuovi artisti dell'arte cinetica studiano il movimento in chiave non solo rappresentativa, ma reale, sfruttando il movimento concepito in tutti i modi possibili; fili collegati fra di loro, che si intercorrono creando fluidità all'opera stessa; luci posizionate in un percorso precostruito, che grazie al movimento di macchine e motori, crea forme come persone e/o animali che si muovono in uno spazio, che all'osservatore appare senza confini.

Il Gruppo Zero è un vero polo di innovazione artistica e tecnologica, un vento di ispirazione di significative mode europee di quegli anni, quali il Gruppo T ed il Gruppo N in Italia, e altre diverse sperimentazioni di Gruppi dell'Optical Art, presenti in tutta Europa (Movimento che sperimenta la percezione visiva dell'opera, che si trasforma in base al punto di vista da cui viene osservato).



Figura 1. 10 - Gruppo T



Figura 1. 11 - Gruppo N

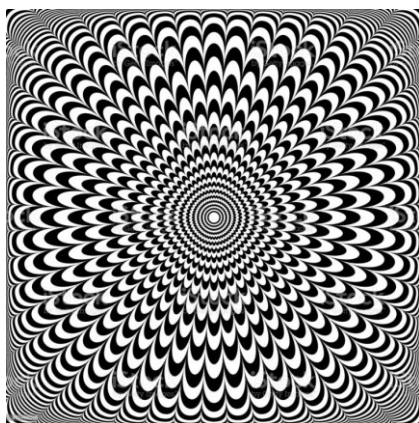


Figura 1. 12 - Immagini Optical

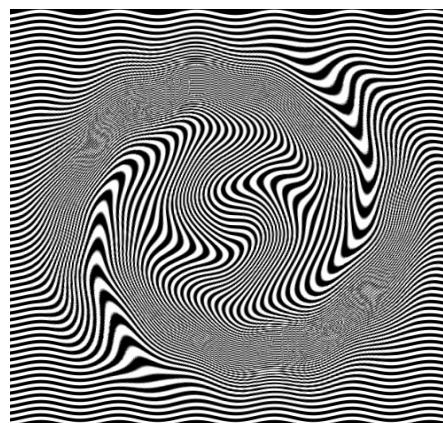


Figura 1. 13 - Immagini Optical



Figura 1. 14 - Teo Jansen

Il pensiero dell'arte cinetica e quindi del Gruppo Zero, nasce nell'insofferenza di molti artisti, alcuni di essi dotati di studi tecnici-ingegneristici, ad esempio THEO JANSEN, laureato in Fisica che applica gli studi di meccanica e cinetica alla forma d'arte, come in un aspetto onirico, creando forme che si muovono in uno spazio, e coinvolgendo lo spettatore che

sembra muoversi assieme all'opera stessa.

Gli artisti dell'arte cinetica si ribellano alla standardizzazione ed al livellamento verso il basso, con conseguente decadimento culturale; in questa ribellione nasce la voglia di confrontarsi con spazi comunicativi più aperti, modificando espressioni, materiali ed applicazioni. Come se ci si trovasse di fronte ad una ripartenza del fenomeno artistico, dov'era fondamentale:

1. Rompere con il passato;
2. Definire una linea precisa tra vecchio e nuovo.

Da qui la denominazione "Zero", ovvero la voglia di azzerare tutto quello che precedeva la nascita dell'arte cinetica.

Difatti si mettono in campo tutti quei possibili tentativi per distaccarsi ed allontanarsi dai canoni tradizionali dell'arte, ovvero dalle solite espressioni legate al tradizionale quadro pittoreo o alla tipica scultura.

Cambiano i mezzi espressivi e mutano in materiali di cui l'artista si serve. Si abbandonano i colori ad olio e si passa a nuovi supporti quali plastiche e metalli.

Per ottenere risultati dinamici, gli artisti adottano varie soluzioni:

si servono di elementi strutturali organizzati in modo seriale e ritmico (come le trame seriali di Otto Piene);

- Superfici ritmicamente cosparse di chiodi di (Günther Uecker)
- Sorgenti luminose e di effetti di riflessione (è il caso delle superfici in alluminio di HEINZ MACK) e delle strutture riflettenti di ADOLF LUTHER

- Dell'elemento motorio con il risultato di ottenere effetto di luce legato al movimento degli oggetti, come nel caso di "balletti luminosi" di PIENE e dalla "dinamo" di MACK.

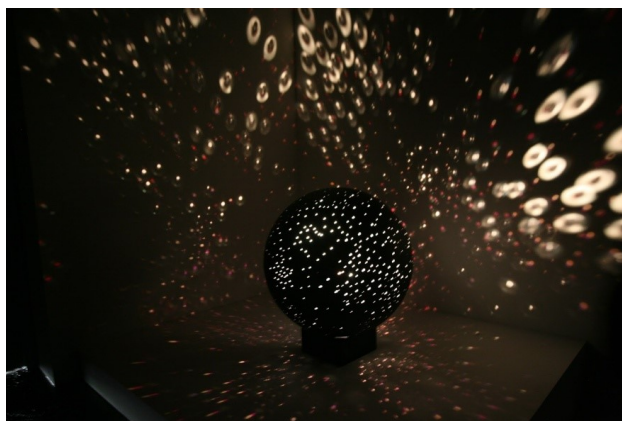


Figura 1. 15 - Balletti luminosi-Otto Piene



Figura 1. 16 - Dinamo-Mack

Dal 1957 in avanti l'atelier dell'artista Otto Piene a Dusseldorf, diventa il loro simbolo dei meetings effettuati dagli artisti cinetici.

Le iniziative del Gruppo si concretizzavano con diverse mostre, collettive, serali ed autogestite. Queste mostre, consentivano un vero e proprio confronto tra le varie tendenze artistiche d'avanguardia. Proprio con lo sviluppo incessante di mostre il movimento diventa una "calamita" che attrae artisti di pari pensiero dislocati tra Milano e Parigi.

Come nella famosa mostra intitolata "DAS ROTE BILD" del 24.04.1958, dove 50 artisti mostrano opere pulite nel colore e minimal.

Il gruppo riuscì a trarre linfa ed ulteriore rigore dal confronto con artisti della scena europea che sposarono la stessa idea di pensiero.



Figura 1. 17 - Lucio Fontana, con il suo concetto di spazio, attraverso buchi, tagli, pietre e crateri.



Figura 1. 18 - Piero Manzoni



Figura 1. 19 - Yves Klein per l'immaterialità delle sue architetture d'aria e per le sue tele monocromatiche.

Con il tempo, altri artisti si associano alle idee del famigerato Gruppo, ad es. Enrico Castellani, Arman (Armand Pierre Fernandez), Francois Morellet.

L'interesse collettivo all'arte cinetica di un significativo numero di artisti del periodo portò ad una vera e propria corrente di "arte allargata", in cui tutti gli esponenti si interessavano al moto di natura meccanica ed elettromeccanica, con opere pensate solo in relazione al moto il quale produce l'effetto cinetico, ovvero una forma che si modifica nel tempo, dove alla base esiste sempre un determinato programma. Da qui il nome di arte programmata figlia di A.C.

Sicuramente questa nuova corrente artistica muove nuovi punti d'incontro che nascono per offrire una visione dinamica ed armonia dell'arte come recitava il maestro Bruno Munari.

Per gli artisti "Zero" diventano significativi e prioritari esclusivamente i concetti di moto e di tempo, senza i quali non si può concepire un'installazione artistica. Oltre alle opere – scultura, assemblaggi e luci proiettate, viene concepito anche il caro vecchio quadro, ma lo stesso viene elaborato in base a giochi di tranelli ottici, che mutano in base all'osservatore, per cui ampiamente lontani dal concetto del classico quadro dipinto.

In moltissime mostre, manifestazioni ed eventi, soprattutto al Museo of Modern Art di New York (MoMa) organizzata da William C. SEITZ, che nel catalogo della presentazione mostra, scrive *"è chiaro ed evidente quanto siano vicini i confini della ricerca, della scienza e della tecnologia a quelli delle opere artistiche più rigorose, e ciò al tempo stesso ci ricorda quanto siano vicine all'arte alcune immagini della scienza e della tecnologia"*.

Molti scienziati, architetti, ingegneri, subiscono il fascino dell'arte cinetica, pur non essendo capaci di metterne in atto l'aspetto artistico naturalmente; in quel periodo florido di mostre, i protagonisti della scena tecnologica ed ingegneristica si mostravano pronti ad intervenire verbalmente, paragonando opere d'arte ai loro lavori scientifici. Ciò dimostrava una vera vittoria dell'arte cinetica, perché capace di mostrare al mondo una rivoluzione significativa che abbracciava mondi che fino ad allora erano completamente separati.

Bisogna dire, però, che le opere cinetiche mantengono vivo il loro appeal grazie ad un senso di stupore e meraviglia ingenerato nello spettatore. In altre parole, lo stupore di chi osserva è probabilmente l'effetto-causa dell'opera stessa.

La trovata "cinetica", è stata per i critici d'arte avversi a tale movimento, un motivo per dare all'opera in sé un minor valore artistico.

Molti critici americani attaccano infatti duramente l'arte cinetica e l'optical art, sostenendo che non si avesse a che fare con una forma di arte, ma esclusivamente con fenomeni di artefici e sotterfugi un'illusione ottico-visivi, prodotto da motori e sistemi operativi. C'è da dire che allo stesso successo riscosso in così poco tempo, si manifesta un'effettiva decadenza della corrente artistica.

1.3 La riscoperta dell'arte cinetica

Ormai da quindici anni con decorrenza 2010 si è assistito ad un re interessamento attorno all'A.C. Questo fenomeno di riscoperta ha riguardato tutto il sistema mondiale dell'arte.

Tutto ciò si deve gran parte agli storici e critici, Lea Vergine e Marco Meneguzzo, che definiscono l'arte cinetica come l'ultima avanguardia artistica, portando l'attenzione sia su importanti riviste come Flash Art e testi quali "Breve storia dell'arte cinetica, programmata e optical".

Un vero e proprio manoscritto che inneggia l'arte cinetica come un esperimento artistico riuscito, capace di indottrinare nuove correnti contemporanee, così come il futurismo è stato per l'arte cinetica.

Ma si parla di rivalutazione dell'arte cinetica anche in rassegne importanti, presso la biennale di Venezia negli anni 90. Ma è solo tra la fine dell'ultimo decennio ed il primo degli anni 2000 che si assiste ad una progressiva riscoperta di questo movimento nato nella metà degli anni 50.

Questo processo passa attraverso miriadi di piccole e grandi mostre in Italia ed all'estero; per l'Italia ad esempio la mostra curata da marco Meneguzzo ripropone la mostra "ARTE PROGRAMMATA AL MUSEO ANGELO BOZZOLA DI GALLIATE", nel 2000, riproponendo la stessa esposizione molto innovativa del 1962, presso il negozio Olivetti di Milano.

Si arriva così, attraverso altre famosissime mostre, all'anno 2013, con la mostra intitolata DINAMO CENTURY OFF LIGHT AND MOTION IN ART che si svolge al grand palais di Parigi.

O all'esposizione intitolata ARTE CINETICA E PROGRAMMATA che si svolge alla galleria internazionale di arte moderna di Roma.

Basti pensare a pochi numeri per comprendere come sia ritornata ad essere apprezzata l'arte cinetica, le aste battono cifre lunghissime, dal 2000 al 2010 i prezzi dei principali artisti cinetici crescono del 128%.

1.4 Il gruppo Zero, il gruppo T, il gruppo N, il GRAV

Affrontare le esperienze dei gruppi artistici nati fra 1958 ed il 1963 significa entrare in un unico pensiero che si sviluppa con modalità d'espressione diverse, ma con un unico filo conduttore "fare arte con la tecnica e l'ingegneria".

Naturalmente l'aspetto geografico ed i condizionamenti dei paesi d'origine degli artisti che componevano i gruppi, ha molto attuato alla diversità delle opere prodotte; ricordiamo che il Gruppo Zero, costituito da Piene, Mack, Uecker (molti altri artisti in seguito entreranno a far parte del gruppo zero) nasce in Germania con l'idea di azzerare ogni conoscenza precedentemente precostruita, conservando però il pensiero dell'innovazione che gli artisti delle epoche passate avevano provato ad attuare, maggiormente legati all'estrema sensibilità delle figure dei colori e soprattutto della luce di cui si componevano i loro quadri; gli artisti del gruppo zero fanno tesoro degli studi attuati dagli artisti del Futurismo. Il Gruppo T si compone a Milano con artisti del calibro quali: Anchesi, Boriani, Varisco, De Vecchi, Colombo che positivamente condizionati dagli artisti tedeschi decide di comporsi per fare dell'Arte cinetica un Arte programmata, stesse idee, stessi stimoli, stessa voglia di fare dell'arte un'esperienza legata alle nuove tecnologie.

Allo stesso modo si compone il Gruppo N di Padova, Massironi, Biasi, Chiggio, Landi, Costa, che fanno dell'arte programmata una strada assolutamente rivoluzionaria per affrontare la nuova concezione formale dell'arte. Il gruppo N entra completamente nel campo dell'arte programmata sia con opere

bidimensionali, che esplorano le variazioni ottiche della superficie, sia con gli oggetti nella loro spazialità.

A Parigi si forma fra il 1960 e il 1968 il GRAV con un gruppo di sei artisti: Garcia, Rossi, Sobrino, Morellet, Le Parc, Stein, Vaserey, gli stessi autori mirano ad un'Arte programmata in una funzione strettamente sociale, prodotto collettivo che sfrutta gli effetti cinetici ed ottici per coinvolgere l'osservatore ed assegnargli un ruolo attivo di determinata importanza. La sigla GRAV (groupe de recherche d'art visuel) sta nel sintetizzare l'arte come espressione collettiva dell'azione della genesi del prodotto finale, poiché il risultato di un'azione collettiva è qualcosa di più della somma delle singole azioni in quella che con felice espressione Argan definisce Arte Gestaltica.

Il GRAV capovolge i ruoli, con la svalorizzazione dell'artista a vantaggio della sollecitazione dello spettatore, per un nuovo rapporto fra pubblico ed arte.

1.5 Arte cinetica e arte programmata

Sono state denominate come “l'ultima vera avanguardia”.

La vera essenza dei concetti delle due correnti (figlie dello stesso pensiero) sta nel rappresentare la realtà come un'altra possibile visione della stessa, che non accavalla il vecchio pensiero, ma lo modernizza rendendolo attuale, dinamico e fruibile allo spettatore, che si concentra sull'opera e ne percepisce il pensiero e la messaggistica, grazie agli strumenti tecnologici ed ingegneristici usati per comporre l'opera stessa.

Pochi movimenti come questo, e poche espressioni artistiche hanno avuto tanti precedenti e tanti padri nobili come Tinguely, Schoffer, che hanno così fortemente abbracciato il pensiero cinetico, reinventando il loro modo di produrre arte e andando ancora più indietro con gli anni; il Movimento futurista che, sospinto dallo slancio del dinamismo, attraversò una fase di sviluppo delle arti visive e delle arti applicate profondamente collegate e radicate con la storia stessa delle arti e incredibilmente proiettate verso le avventure del futuro e della modernità.

Percorre il pensiero su come grandi artisti, come Boccioni e Carrà, avrebbero potuto usare o meglio sfruttare le molteplici possibilità che la tecnica ingegneristica gli avrebbe offerto, in un immediato futuro. Probabilmente oggi avremmo un

Cavaliere Rosso che si muove in uno spazio che sembra infinito, dove le zampe dell'imponente cavallo si intercorrono realmente in una velocità non solo visiva, ma reale e dinamica, oppure nei Funerali dell'anarchico Galli 1911 (New York Museum of Modern Art) importantissima opera che affronta il dinamismo e il pensiero della velocità dell'azione, dove le linee di forza assumono una carica psichica ed emotiva di espressione drammatica dell'evento vissuto.



Figura 1. 20 - Carlo Carrà - I Funerali dell'Anarchico Galli 1901

È piacevole immaginare come opera cinetica I Funerali dell'anarchico Galli, al pari di un'installazione composta da figure appena accennate magari da fili d'acciaio che creano una tumultuosa rissa grazie all'utilizzo di motori e catene di velocità, che con luminose scie, sviluppano la stessa drammaticità del quadro dipinto dal grande pittore.

La ricerca Futurista non è nient'altro che la ricerca della velocità del movimento legato all'espressione, che è l'opera stessa.

Da ciò si evince il medesimo pensiero dell'arte Cinetica, che apprende quello che la corrente Futurista offre, ossia, materiale e studio per una nuova arte applicata.

Il Gruppo Zero si identifica in questo aspetto e fa della sua arte una scelta formale con l'utilizzo di alcuni materiali per creare opere, ad esempio opere di Uecker che creano una sorta di inganno della dinamica, la luce che diffonde che crea illusioni percettive, le ombre dei chiodi nelle sue strutture oppure come nelle opere dell'italiano Gianni Colombo del Gruppo T, con la sua opera *Strutturazione fluida*

del 1961 composta da metalli, vetro ed elettromotore o nell'opera *Strutturazione ritmica pulsante* - 1964 con plexiglas, lampade, base in legno ed alluminio.



Figura 1. 21 - G. Colombo Strutturazione Fluida 1961



Figura 1. 22 - G. Colombo Strutturazione ritmica pulsante 1964

Giovanni Anceschi altro esponente del gruppo T che dopo aver studiato filosofia alla Statale di Milano si appassiona agli studi della decorazione ed insieme Achille Funi nel 1959 fonda l'omonimo gruppo. Di chiara matrice Cinetica o meglio Programmata le sue opere più celebri, *Strutturazione cilindrica virtuale* 1963 materiali vari ed uso di elettromotori.

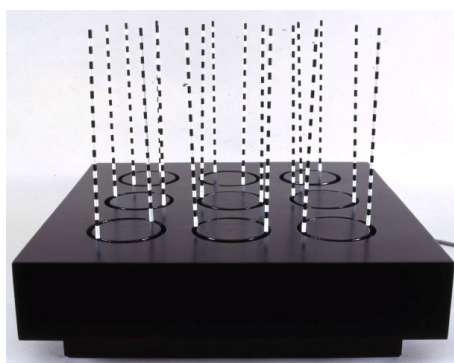


Figura 1. 23 - G. Colombo

Le produttive esperienze di questi intraprendenti gruppi Cinetici non sono esenti da critiche dei vari studiosi d'arte del periodo, in quel 1963 tutta la nuova tendenza nelle sue diverse accezioni è accolta IV Biennale internazionale di San Marino organizzata da Argan (critico, scrittore e curatore di diverse mostre del periodo) intitolata provocatoriamente "Oltre l'informale".

Vi vengono premiati il gruppo N di Padova e il Gruppo Zero di Dusseldorf.

La rassegna vuole dimostrare la validità artistica di quelle scelte, anche se la stessa è accompagnata da momenti di fecondi dibattiti dove nascono le prime polemiche sulle produzioni dei gruppi sopracitati. Numerosi critici non ne apprezzano l'identità socio culturale e criticano l'estremo atto di cancellare tutto il percorso che fino ad allora l'arte aveva fatto, anche se ben presto anche i più assidui contestatori dell'arte cinetica si schiereranno dalla parte di chi fino ad allora aveva creato un movimento ed un ideale senza precedenti.

Quando al Loeb Student Center di New York, Munari presenta la mostra "Kinetic ART" con i gruppi T ed N, l'arte programmata sembra essere oramai sgombra da critiche e da severe osservazioni.

Nel 1964 la Biennale di Venezia accoglie gli artisti dell'arte programmata e ne esalta il pensiero, proiettandola verso l'infinito mondo dell'arte.

1.6 Arte cinetica – arte programmata – apparentemente una meteora

All'inizio degli anni 60, ci si trovò di fronte ad una marcia davvero trionfale del movimento cinetico, che si percepiva progredire ben oltre la semplice corrente artistica.

In tutto il mondo ormai, l'euforia e lo slancio nei confronti di questa nuova ideologia artistica, metteva in discussione l'aspetto classico dell'arte; nell'arte cinetica tutto è un'esperienza formata da esperimenti, tecnica, pensiero ingegneristico, calcoli matematici ed infine lo spettatore che è parte attiva dell'opera creata.

In Italia, le esposizioni delle opere cinetiche furono davvero tante, ma soprattutto organizzate in luoghi che nulla avevano a che fare con l'arte degli anni precedenti:

I negozi Olivetti;

I negozi Danese.

Fino ad arrivare ai templi dell'arte mondiale: la biennale di Venezia, i premi artistici di San Marino, grandi esposizioni a Padova, Genova, Torino, Venezia, in Francia a Parigi, con le esposizioni nei più grandi musei di arte contemporanea così come a Marsiglia ed a Lione.

In Germania il Gruppo Zero, antesignano dell'arte cinetica, propone opere oramai in tutto il mondo, dando origine ad un'arte che oggi definiremo la vera avanguardia.

Tutti i Gruppi prima formatisi con grande entusiasmo, pionieri della nuova arte, convivono creando un'arte che li accomuna e li dirige verso un unico obiettivo: restare insieme per rafforzare un'idea.

Ma la storia ci insegna che un artista nasce solo, che la sua idea è unica e prevede una forza dinamica ma soprattutto soggettiva. Infatti l'esperienza dell'unione degli artisti, diventa sì produttiva, ma ha anche in sé, una tempistica.

Il Gruppo T chiude la serie di mostre con l'ultima dal titolo "MIRIORAMA", nel 1964.

Il Gruppo N, conclude la sua esperienza artistica nonostante timidi e sporadici fenomeni di ripartenza.

Di fatti in troppi decidono di abbandonare e pochi perseverano ma con scarsa determinazione.

Altri continuano quasi in un anarchico procedere come Munari, Alviani, Biasi, Colombo, e Grazia Varisco, proseguendo con un certo accanimento la loro avventura artistica.

Il Gruppo Zero scompone i suoi adepti perché parla di sé e dell'egocentrismo artistico, che sottolinea le note caratteriali di ogni autore.

Che ama l'unione delle diversità delle persone, ma non resiste sino alla fine, perché l'artista è unico e solitario nel suo creare.

OTTO PIENE, HIENZ MACK, GUNTHER UECKER, JVES KLEIN, PIERO MANZONI, LUCIO FONTANA, JEAN TINGUELY, JOSEPH BEUYS, e tutti gli altri si scompongono per tornare in un'unica persona, così come una idea che nasce, matura, si applica e poi muore.

L'intera organizzazione mondiale dell'arte, aveva dapprima accettato e fornito significativa ospitalità al movimento arte cinetica, perché espressione della modernità e delle nuove tecnologie.

Ma allo stesso tempo era prevedibile che il sistema prima o poi fagocitasse la nuova creatura che aveva in seno, altrimenti, avrebbe dato spazio alla propria distruzione.

L'arte cinetica morta ormai di cause naturali, ha lasciato negli anni settanta una ricca vastità di progresso artistico, come non aveva mai fatto sino ad allora nessuno.

Lascia agli artisti che verranno la voglia di evadere da un mondo fatto di schemi e preconcetti, che il mondo dell'arte non riesce assolutamente a digerire.

In effetti l'arte cinetica muore sì di arte naturale, ma è anche sopraffatta da una nuova corrente americana "LA POP ART", padroneggiata da Andy Warhol, che domina la scena del mercato mondiale artistico con i suoi esperimenti pubblicitari e le sue serigrafie. I suoi amici, artisti della sopracitata corrente, hanno estimatori illustri, tra cui governatori, politici, attori e addirittura componenti della CIA;

La pop art regna ormai da sola sul mercato e sulle mostre mondiali, lasciando all'arte cinetica per alcuni anni, il ricordo di un esperimento fatto in collettività.

Gli artisti cinetici, per alcuni anni minacciano i grandi musei e le grandi gallerie di non esporre sin quando in Europa prevarranno le avanguardie americane.

Ma i semi della crisi e della dissoluzione dell'arte cinetica, erano già in atto.

Anche se negli anni settanta la corrente artistica ormai volgeva al declino, in modo veloce ed impressionante, fu l'idea che ne era alla base, che non cessò di esistere, perché troppo profonde erano le radici del movimento e troppo significative erano state le proposte operative.

Lo stesso difatti continuò a vivere in tutti i decenni successivi, con artisti che seppur isolati, continuavano la creazione dell'opera cinetica, a discapito del mercato e delle sue leggi.

Grazie alla determinazione ed alla caparbia di questi artisti, che sono stati il trampolino di lancio della clamorosa riscoperta e la nuova ripartenza con tutti i necessari adattamenti, all'inizio degli anni 2000.

Gli artisti meritevoli di questo nuovo rilancio dell'arte cinetica sono grandi personalità come:

Morandini, Alfano, Glattfelder, il Gruppo Sincron, Agostini, Costantini

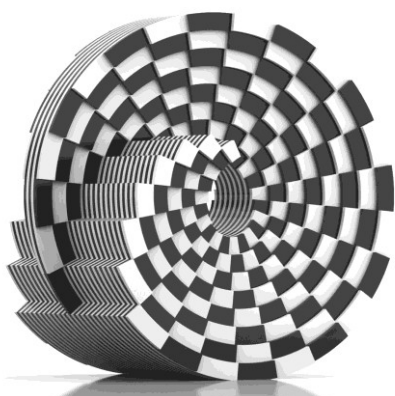


Figura 1. 24 - Morandini

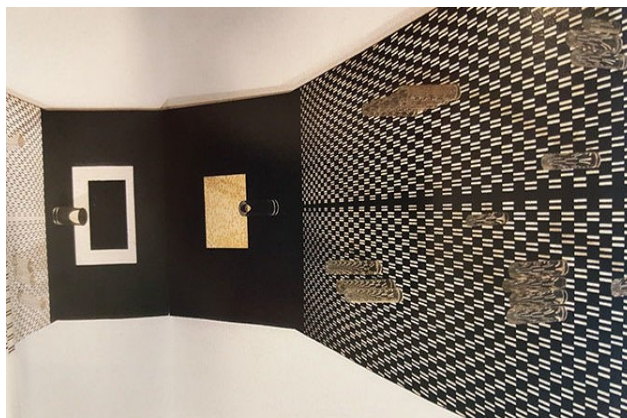


Figura 1. 25 - Alfano

1.7 La fascinazione del dispositivo meccanico

Fin dai primi passi del dibattito internazionale sull'arte cinetica, si è discusso su questo paradigma su questo nuovo ambito di studio artistico.

I grandi critici ne apprezzano l'idea che sottolinea il movimento meccanico, ma ne percepiscono la vasta gamma di effetti che vanno ben oltre il solo dinamismo.

La capacità dell'opera di compiere tali effetti, cioè di funzionare, riveste pertanto una grande importanza e quindi la curiosità degli addetti del settore, è quella di pensare che l'opera azionata a motore ha un fascino indiscusso, perché coinvolge lo spettatore, lo incuriosisce e lo destabilizza.

Ma se l'opera per svariati motivi tecnici o di semplice errore umano, perde la sua azione, ovvero il movimento che lo identifica, cosa succede all'installazione prodotta?

Il lavoro risulta vano perché perde del suo fondamento creativo oppure assume un nuovo valore aggiuntivo?

È Ulrich Lang uno dei primi critici a porsi domande che riguardavano il funzionamento delle macchine operanti nelle opere cinetiche ossia: Funziona l'opera cinetica che non funziona?

Il mancato funzionamento del meccanismo svuota il senso dell'opera, il suo significato e la sua esistenza, convinzioni che si contrappongono alle teorie di altri.

Secondo Argan, e secondo i grandi curatori di mostre e critici di arte, si può definire l'opera d'arte cinetica l'idea stessa di opera d'arte, perché frutto di una programmazione precedentemente pensata, che non è messa in discussione da un piccolo incidente di percorso e per questo non meno apprezzabile.

Naturalmente gli artisti che operano con tele e colori ad olio non hanno mai avuto pensieri di questo tipo, ma l'arte cinetica è anche questo.

L'inceppo del meccanismo oppure l'errore umano.

1.8 Gli artisti che meglio hanno rappresentato l'arte cinetica oltre gli anni Settanta

Panayiotis Vassilakis, noto anche come TAKIS, era un artista greco autodidatta e scultore dell'arte cinetica.

Lascia la Grecia nel 1954 per la scoperta dell'Europa ma è a Parigi che lascia un segno profondo nella sua poetica.

Entra in contatto con gli artisti Yves e Tinguely e condizionato dalle loro opere inizia a sperimentare le sculture "telemagnetiche" esposte per la prima volta nel 1959 alla Gallerie Iris Clert. Questo uso dell'elettromagnetismo viene considerato un'invenzione inedita e l'anno seguente riceve il brevetto del ministero dell'industria FRANCESE, riconoscimento che lo consacra come pioniere dell'arte cinetica e innalza la sua reputazione sulla scena artistica internazionale.



Figura 1. 26 - Takis, Elettromagnetic Sphere del 1979

Tra le opere più note c'è Elettromagnetic Sphere del 1979 ora esposta alla Tate MODERN, UNA INSTALLAZIONE COMPOSTA da filo metallico, lacci e una sfera sospesa tra un pendolo e un amplificatore che riproduce suoni disarmonici.

Memorabile è la performance svoltasi sempre alla Galerie Iris Clert nel 1960 dal titolo "l'impossible un homme dans l'espase" dove il poeta francese S. Beiles, rimaneva sospeso nel vuoto da campi magnetici.

Le sue opere sono entrate a far parte delle collezioni di tutto il mondo; Pompidou, MoMa, Guggenheim, la Tate Modern di Londra.

L'intera opera di Takis viene incentrata sull'immaginazione dello spazio, sulla sua musica e sull'infinito.

Dell'arte l'artista afferma: "l'uomo sfugge di peso attraverso l'onnipotenza dell'arte che è tanto amore quanto scienza".

Dietro la sperimentazione artistica sull'elettromagnetismo Takis nascondeva qualcosa di più ambizioso, la ricerca di un materiale che gli permettesse di canalizzare l'energia, il cosmo e le forze della natura.

Nasce ad Atene nel 1925 e muore all'età di 93 anni, ovvero il 10 agosto del 2019.

Così scrisse del suo lavoro, nel 1983, Pierre Restany, critico d'arte e fondatore del movimento Nouveau Réalisme, frequentato durante il periodo parigino così rilevante per l'autore: "la mitologia esiste, perché io vivo con essa: è la mia natura, la mia cultura, la mia atmosfera e il mio studio... Così potrebbe parlare Takis, l'ultimo dei grandi autori greci. Vive l'arte come una figura leggendaria sperimenta il suo destino. È subito Dedalo e Orfeo, l'architetto ingegnere e il poeta musicista... L'intera opera di Takis è incentrata sull'immaginazione dello spazio, sulla sua musica e sull'infinito. L'uomo sfugge di peso attraverso l'onnipotenza dell'arte, che è tanto amore quanto scienza".

1.9 1965: si approda oltre oceano al MoMa di New York

Il 23 febbraio 1965 si svolse al MoMA l'inaugurazione della mostra The Responsive Eye (curata da William C. Seitz), che celebrava la cosiddetta Op Art, l'arte ottica. Fra gli autori, Victor Vasarely, Bridget Riley e il collettivo italiano

Gruppo N. De Palma si «intrufola» il giorno della prima e intervista gli invitati (tra cui David Hockney); il suo interesse è giustificato, perché è ciò che il suo cinema si impegnerà a fare, «stimolare l'occhio» dello spettatore.

La mostra curata da Seitz, tra i primissimi studiosi di espressionismo astratto, estremo progressista della comprensione dei sistemi ottici usati dai surrealisti e dagli impressionisti, il responsabile della mostra selezionò 102 artisti che cercavano il modo in cui l'occhio rispondeva alle esperienze con elementi fondamentali dell'arte: colore, motivo, luce e spazio.

Gli artisti provenivano da 19 diversi paesi, molti da campi come l'ingegneria, design, architettura, scienza, sociologia e psicologia.

Questi artisti si sono rilevati ottimi studiosi della percezione visiva, in quanto gli stessi, provenienti dall'optical art, e dall'arte cinetica, fanno della visione il fulcro dello studio del movimento.

102 artisti per 123 opere. Si esponevano opere di Vasarelj, Albers, Rilej, ma anche nomi collettivi di gruppi italiani e spagnoli; il gruppo N italiano, e l'Equipo spagnolo 57.

Le favolose opere misero in discussione che il processo del vedere non è solo meccanico, ma legato al sistema nervoso che ne è pienamente coinvolto, modificando la percezione delle esperienze.

Un programma televisivo, andato in onda sempre nel 1965, intitolato "Eye on New York" che ha ampiamente riguardato la mostra *The Responsive Eye*, documenta l'incredibile esposizione con interviste di spettatori che hanno avuto la fortuna di assistervi.

Gli spettatori mostrano un coinvolgimento, gli stessi infatti si muovono attraverso le gallerie, come se fossero laboratori di esposizione, quartieri per ottici, oppure negozi di elettronica. Una chiara consapevolezza delle problematiche legate alla percezione si stava verificando nel pubblico, e questo ha dato alla mostra un carattere di spettacolo. Nello stesso programma, il curatore della mostra Seitz, ascolta con attenzione le interviste degli spettatori ed espone una sua preoccupazione: *"L'arte moderna fa parte della vita moderna e con questa mostra sembrano fondersi le due cose, e questo è qualcosa che tutti volevamo, ma bisogna*

essere accorti perché da questa fusione potrebbe cambiare il carattere dell'arte e non tutti potrebbero comprenderne il messaggio”.

1.10 Periodo storico 2000 – 2016

Dal 2010 riparte un rilancio-recupero dell'arte cinetica. Le opere cinetiche hanno continuato ad essere attenzionate, seppur con minor slancio, su riviste quali “Flash Art” e rassegne importanti quali ad esempio “La Biennale di Venezia”.

Si pensi ad esempio alle mostre dei vari gruppi italiani che si tennero alla biennale del 1945, ma è solo tra l'inizio degli anni 2000 che si assiste ad un lento ma progressivo processo di riscoperta di questo movimento nato alla metà degli anni '50.

Processo che passa attraverso miriade di piccole e grandi mostre, all'estero ed in Italia.

Tra le prime più importanti, soprattutto da un punto di vista scientifico ed ingegneristico, possiamo ricordare Strategies de participation del gruppo Grav, che si tiene a Le magazin centre d'Art Contemporain di Grenoble nel 1998 e per l'Italia di grande effetto è stata la mostra Arte Programmata al Museo “Angelo Bozzola di Galliate” curata da Marco Meneguzzo nel 2000, che ripropone l'omonima esposizione presso il negozio Olivetti di Milano.

Sempre nel 2000 la Galleria Niccoli di Parma, organizza la mostra “Arte cinetica e programmata”; un'altra importante esposizione si svolse in Germania nel 2006, la mostra aveva il titolo Light Art from Artificial light organizzata da ZKM di KARLSRUHE.

Ancora nel 2007 il museo Reina sofia di Madrid inaugura Kinetic utopia.

Si arriva nel 2013 alla mostra Djnamo di Parigi, e all'esposizione arte cinetica e programmata alla galleria nazionale di arte moderna di Roma.

Nel 2014 il Museo House Konstruktiv di Zurigo organizza la mostra intitolata ed in onore di Victor Vasarelj

Per il 2015 è da citare l'importantissima mostra Alberto Biasi – Start up e Environment al Marca di Catanzaro.

Tutte queste mostre, come era inevitabile, hanno avuto un forte effetto sul mercato e molte gallerie d'arte iniziano a dedicare retrospettive ai componenti della corrente cinetica.

Naturalmente le aste non sono rimaste a guardare, infatti nel periodo 2000-2010 i prezzi dei principali artisti cinetici crescono fino al 128%.

Un esempio fu sicuramente l'asta Riley le cui opere nelle aste, che si tengono tra il 2000 ed il 2006, superano il milione di dollari decine di volte, un trend quello dell'asta Riley che fa quasi impallidire il mercato di Vasarely che in quell'anno stabiliva il record di 800.000 dollari; allo stesso tempo cominciano a salire le quotazioni dei padri dell'arte cinetica, come Tinguely e Calder.

Sotheby's organizza un'asta per i grandi artisti cinetici con opere che andavano dagli anni '40 sino agli '80 ed un range di prezzo dai 100.000 ai 500.000 dollari.

Per quanto riguarda gli italiani, c'è da ricordare l'asta Perception del 2015, con una crescita esponenziale del 100% del valore opere.

Gli artisti cinetici italiani, seppur hanno dato un contributo significativo all'affermazione dell'arte cinetica, oggi hanno perso molto terreno e visibilità internazionale.

Di fatti le loro mostre personali diventano sempre più a carattere puramente domestico, fermandosi all'interno dei confini nazionali.

1.11 Theo Jansen

Artista olandese, nato nel 1948, famoso per la composizione nel campo della cinetica di incredibili creazioni al confine tra il prospetto artistico e la progettazione ingegneristica.

Tra le sue creazioni troviamo delle grandi composizioni mobili costruite connettendo ed articolando tubi in pvc, del tipo in uso, un'elettrotecnica per la canalizzazione dei cablaggi di impianti elettrici, assemblati con elastici, nastri adesivi e fascette serrafile.

Le sue opere animate deambulanti, si muovono in uno spazio senza tempo e si confondono tra il reale ed il surreale. Lo stesso Jansen afferma che i confini tra arte ed ingegneria esistono solo nelle nostre menti.

Quando si parla di Theo Jansen (1948) viene spesso fatto il nome di Leonardo da Vinci. Le opere dell'artista olandese, infatti, grandi sculture cinetiche chiamate Strandbeests (animali da spiaggia), richiamano alla mente lo spirito del grande Leonardo: nell'attenzione per il mondo naturale e soprattutto nella capacità di coniugare arte e scienza in una pratica unica e armonica.

Le sue prime esperienze di arte cinetica risalgono al 1980, quando un disco volante di colore nero, realizzato su un'ossatura di tubi in pvc, seminò il panico volando nei cieli di DELFT, sostenendosi in aria grazie all'elio, di cui era riempito, accompagnando il suo volo con un segnale acustico e l'accensione di luci lampeggianti, ovviamente l'opera si chiamava Ufo.

Fu un esperimento molto riuscito anche perché la mancanza di termini di paragoni visivi, in un cielo di velata foschia facevano apparire l'oggetto di dimensioni più grandi di cui effettivamente erano (appena 4 metri). La polizia intervenne per le diverse denunce e ascoltando le persone che avevano assistito, le stesse dichiaravano di aver visto oggetto volante di dimensioni vicine ai 30 metri. L'oggetto sparì fra i cieli e le nuvole, probabilmente atterrò in Belgio, ma non fu mai ritrovato.

L'esperienza fu ripetuta l'anno successivo nei cieli di Parigi.

L'artista – fisico, da sempre innamorato dell'arte, tra il 1984 ed il 1986 realizza THE PAINTING MACHINE, un dispositivo di pittura automatica su muro, grazie all'utilizzo di una pistola a spruzzo, che si azionava rilevando la luce nel buio, grazie ad un sensore ottico. L'ingegno funziona solo quando vi è assenza di luce.

Grande successo è stata la realizzazione di animali della spiaggia (Strandbeesten), una sorta di scheletri animati attivati dal vento, ai quali ha iniziato a dedicarsi sin dagli anni '80. Le prime opere di animali di spiaggia erano state pensate solo per essere esposte sulle spiagge olandesi, ma non erano ancora in grado di muoversi. Solo in un secondo momento Jansen si cimenta nella sfida tecnica che consisteva nel dare loro un movimento autonomo e per creare tutto ciò, l'artista utilizza pali a vento poste sul dorso delle strutture che attivano il meccanismo di deambulazione laterale delle creature.

Durante il loro movimento, le sculture si muovono in base alla direzione del vento.

Nelle evoluzioni delle opere Strandbeesten, vedremo delle fasi che si susseguono per migliorare il movimento delle stesse, difatti l'artista-fisico, seleziona i modelli al computer riproducendo nelle sue creature, gli stessi meccanismi con cui la selezione naturale agisce sull'evoluzione della specie vivente.

Spinto da questo studio, Jansen ha creato nel tempo altre generazioni di animali da spiaggia, in grado di muoversi sulla sabbia, sotto la spinta del vento, con un ingegnoso movimento sviluppato dalle gambe.

Con il tempo Jansen ha migliorato la capacità di immagazzinare autonomamente l'energia, sotto forma di aria compressa, un grande passo verso l'autonomia delle opere che hanno possibilità di muoversi anche in assenza di vento.



Figura 1. 27 - Theo Jansen Strandbeest



Figura 1. 28 - Theo Jansen Strandbeest



Figura 1. 29 - Theo Jansen Strandbeest



Figura 1. 30 - Theo Jansen Strandbeest



Figura 1. 31 - Theo Jansen Strandbeest

L'estetica e l'impatto visivo che caratterizza queste opere da spiaggia è assolutamente impressionante. Trattasi di sculture cinetiche molto leggere nonostante le grandi dimensioni, che attraverso sensori meccanici e pneumatici in grado di percepire la presenza di acqua e quindi cambiare direzione oltre che avvertire l'intensità di venti oltre il limite consentito a non far inclinare e quindi cadere l'opera stessa. L'arrivo di un forte vento infatti attiva perni attivati da pistoni pneumatici che ancorano l'intera struttura al terreno. Le strutture immagazzinano aria in batterie di bottigliette che la rilasciano al bisogno.

Trattasi apparentemente di robot analogici che nascono al computer prevedendo la presenza di un cervello centrale. Le opere non sono propriamente dei robot, atteso la tecnologia ed il linguaggio che vi sottende, ma è altresì chiaro che siamo a cavallo tra ingegneria, biomeccanica e controllo computazionale.

In effetti la robotica essendo una branca della scienza contemporanea, che negli ultimi decenni ha donato all'arte un significativo supporto che ha innalzato il potere del messaggio artistico, affiancandola al movimento e animandola con il suo potere cinetico.

Quando si guarda ai confini possibili tra questi due ambiti di ricerca si è portati a pensare che la robotica sia legata alla costruzione di strutture in grado di interagire con l'uomo o di sostituirlo in specifiche azioni.

Solo grazie all'intervento degli artisti cinetici che hanno contribuito in modo ampio alla presenza di tecnologia nelle loro opere d'arte, gli scienziati, gli architetti, gli ingegneri hanno ben compreso il potere visivo ed espressivo di un'opera supportata da un motore elettrico. Gli stessi attori della tecnologia, sopra citati e come ben rappresentati da Jansen, hanno donato all'arte il loro sapere scientifico e quindi si sono distaccati dal loro mondo esclusivamente fatto di canoni tecnologici, per fondersi con convinzione verso ciò che più gli attraeva, ovvero l'arte cinetica.

Jansen presta la sua conoscenza a sculture magnifiche composte da molteplici materiali che insieme danno leggerezza ai movimenti con una fluidità mai vista prima; gli animali che costruisce sembrano esseri reali, così come l'Ufo creò il panico sui cieli di DELFT, così le creature in spiaggia rendono lo spettatore quasi ammutolito nel vedere gigantesche opere che apparentemente pari al vero, in realtà sono mossi da un movimento naturale, pensato e progettato.

Le creature di Jansen fragili e leggere nella loro struttura si comportano come un ibrido, tra animali meccanici automatizzati e animali veri. Sono macchine morbide che cercano una loro dignità nello spazio installativo, reclamando una propria esistenza per mezzo di lenti movimenti. Dal 1986 al 2008 l'artista cura con cadenza bisettimanale una colonna sul quotidiano DE VOLKSKRANT come opinionista e collabora nella comprensione dell'algoritmo usato nelle sue opere cinetiche.

Nel 2005 riceve il premio speciale all'innovazione conferito dalla giuria del PRIX ARS ELECTRONICA. Nel 2007 partecipa alle iniziative del TED – Technology Entertainment design di Monteray in Canada, dove ha presentato il progetto sugli animali da spiaggia; nello stesso anno tiene lezioni alla New York Academy of Sciences. Nel 2009 Jansen ha portato al DELFT DESIGNED ENGINEERING AWARD una presentazione sul tema “la creazione di nuove forme di vita. Nel 2016 Jansen mediante programma SOLIDWORKS 3D, simula il movimento di un cavallo, mediante una manovella che dà libero spazio alla creatività ed allo stesso tempo allo studio del meccanismo in base a precisi algoritmi, ma con estrema semplicità riesce a far comprendere anche a chi non ha competenze ingegneristiche, come far muovere un oggetto, una figura. Il programma divide in due parti l'animale, il corpo e la testa. Il primo è collegato da una manovella centrata sul corpo che dà vita agli arti inferiori in movimento, semplicemente azionando manualmente un meccanismo. La testa accompagna i movimenti degli arti come una conseguenza dello stesso.



Figura 1. 32 - Prototipo in 3D cavallo Theo Jansen

CAPITOLO 2: IL CARTONE ANIMATO

COME EVOLUZIONE DEL MOVIMENTO

2. L'Arte Cinetica è il naturale percorso dell'idea che l'artista ha di produrre bellezza ed armonia, non solo attraverso l'illusione ottica, ma anche il susseguirsi di visioni incessanti attraverso il movimento dato dall'ausilio della tecnologia.”

2.1 Cenni storici

Animazione tradizionale (Celanimation)

La storia dell'animazione è alquanto complessa, il suo percorso evolutivo viene raccontato negli anni come l'evoluzione del movimento che appare in tutte le sue sfumature, meccaniche, grafiche ed espressive.

Possiamo dare una sorta di inizio all'animazione tradizionale con gli spettacoli di Lanterna magica.

La lanterna magica era uno strumento di proiezione di immagini dipinte su vetro.

Risalente al diciassettesimo secolo, questo strumento consisteva nell'inserire immagini dipinte, in una apposita scatola chiusa contenente una candela ed un foro sul quale veniva applicata una lente, i dipinti venivano proiettati su una parete e raccontavano in sequenza la storia. Il procedimento è del tutto analogo ad un moderno proiettore di diapositive.

2.2 Il teatro ottico

Negli anni che seguirono il teatro ottico (1888) sostituì il meccanismo della lanterna magica. Il dispositivo, inventato dal francese Reynaud, consisteva in una serie di lastre di vetro dipinte a mano dallo stesso, montate su bande di pelle; ogni banda era collegata alle altre attraverso dei nastri metallici forati che si agganciavano all'ingranaggio dal tamburo rotante. Il primo lavoro realizzato con questa tecnica fu “Fantasmagorie del 1908” di Emile Conl.

Ma la prima espressione innovativa nel campo della animazione la troveremo in “Biancaneve e i sette nani 1937 della Walt Disney productions”, la tecnica adottata era la Celanimation consisteva nel disegnare su un supporto trasparente ogni

sequenza di immagini, i disegni precedentemente operati venivano riprodotti in fasi sequenziali; si creava così l'illusione del movimento (vedi disegni).

Il supporto dove l'artista disegnava era il rodovetro, un foglio trasparente in acetato di cellulosa che veniva appoggiato su un tavolo illuminato nella parte bassa, i fogli impilati uno dietro l'altro venivano filtrati dalla luce mettendo in evidenza le parti che dovevano mimare il movimento, in questo modo, il disegnatore riusciva a concentrarsi solo sul personaggio al quale avrebbe dovuto dare il movimento lasciando lo sfondo immutato.



Figura 2. 1 - Prima locandina Biancaneve e i 7 nani

2.3 Stop motion

Lo stop motion viene sperimentata alla fine del 1800 dall'industria cinematografica, per poter inserire nelle pellicole cinematografiche l'effetto "magia di oggetti" che si animavano. Questa tecnica può essere vista come un primo passo verso la tecnica degli effetti speciali.

Il primo cortometraggio realizzato in stop motion è "The humptydumpty circus" 1898 di Albert Smith, ma a consacrare definitivamente questa tecnica è stato

sicuramente il film “King Kong”1933 diretto da Merien Cooper, dove fu possibile far muovere il gigantesco gorilla protagonista del film.

Grazie a questa innovativa tecnica l’animazione entrava nel mondo del cinema come supporto essenziale in scene dove si prevedevano movimenti difficili da realizzare nella realtà. La tecnica, con il suo percorso evolutivo, viene applicata ancora in questi anni, soprattutto quando si vuole dare un effetto lento e vissuto al cartone animato come nel caso di “Night BeforeChristmas” del 1993 e del story animation “La sposa cadavere” 2005, prodotti da Tim Barton oppure del “Piccolo Principe” 2015 di Mark Osborne.



Figura 2. 2 - Locandina La sposa cadavere



Figura 2. 3 - Locandina Il piccolo principe

Lo stop motion è una tipologia di animazione che prevede la manipolazione fisica dell’oggetto reale per simularne il movimento.

Il movimento si divide in più fasi:

vengono scattate una serie di fotografie diverse per ogni frame (singole immagini visibili da un nastro videomagnetico), in questa procedura sono necessarie l’utilizzo di scenografie in miniatura, pupazzi modellabili e fotocamere con obiettivi macro (obiettivi a ridotta distanza di messa a fuoco).

Fra una fotografia e l'altra i pupazzi vengono modificati negli arti e nelle espressività del viso, per poi essere inseriti nella mini scenografia simulando il movimento.

2.4 Animazione 2D (Vector based animation)

La tecnica iniziò a prendere forma verso la fine degli anni 90, si trattava di una progressione tecnologica dell'animazione tradizionale, ossia, prevedeva sempre un lavoro di sovrapposizioni e sequenze ma con l'ausilio di disegni effettuati al computer con l'utilizzo di programmi quali, Adobe flash Professional oppure di Adobe After Effects.

Tutto ciò introdusse una notevole semplificazione nel lavoro dell'animatore e soprattutto una sostanziale velocità nel creare nuovi cartoni animati.

La diffusione e l'importanza di questa tecnica fu sicuramente opera di internet. Difatti moltissime opere animate circolavano sulle reti di collegamento.

Nel 1997 fu prodotta la prima opera animata con la tecnica del 2D "The Goddamn George Liquid Program" si trattava della prima serie animata realizzata in Adobe Flash.

2.5 Animazione in 3D (Computer animation)

Nel 1995 la giovane casa di produzione PIXAR Animation Studios (rilevata da Steve Jobs nel 1986) realizzava in collaborazione con la Walt Disney pictures, il primo lungometraggio d'animazione sviluppato con la tecnica in 3D.

Si trattava del film animato "Toy Story il mondo dei giocattoli".

Il film era diretto dallo stesso animatore-disegnatore di immagini, Jonh Lasseter.

Possiamo dire che da quel giorno il mondo dell'animazione cambiò completamente.

La tecnica avveniva attraverso il movimento di oggetti in uno spazio tridimensionale composto da poligoni (morphtarget animation) dove l'animatore poteva animare liberamente andando ad agire su uno schema simile all'apparato scheletrico, questo sistema è chiamato RIGGING e permette di dividere in segmenti oggetti oppure parti del corpo per produrne il movimento.

In un successivo passaggio lo scheletro, dell'oggetto o del corpo viene ricoperto da un superficiale strato chiamato TEXTURE, dove è possibile associare uno o più materiali che permettono di dare un effetto simile alla superficie degli oggetti.

Rispetto all'animazione in 2D, il soggetto che si muove è sempre presente durante la fase di animazione, perché si tratta di un oggetto tridimensionale e non di un disegno realizzato sempre e nuovamente in ogni scena animata.

Molto interessante, in questa rivoluzionaria tecnica, è l'inserimento di modelli 3D con la tecnica della MOTION CAPTURE.

Questa tecnica prevede l'utilizzo di sensori che collegati ad un soggetto da animare permettono di digitalizzare il movimento e di cambiare espressioni facciali, ottenendo risultati molto realistici.



Figura 2. 4 - Locandina Toy Story

CAPITOLO 3: IL CAVALIERE DI TOLEDO

3.1 Il cavaliere di Toledo di William Kentridge: analisi dell'opera



Figura 3. 1 - Il Cavaliere di Toledo di William Kentridge

In questa terza fase dell'elaborato dottorale si analizzerà la statua equestre “Il cavaliere di Toledo” dell'artista sudafricano William Kentridge.

Si può certamente dire che il motore trainante del percorso lavorativo della ricerca ha trovato le sue radici proprio in quest'opera. Di per sé, il concetto di

scultura, come molti altri termini nel mondo dell'arte, si è evoluto con il passare del tempo, d'altronde la scultura contemporanea e quella classica differiscono in fatto di regole e nelle pratiche di realizzazione. La scultura del nostro tempo è composta di svariati e nuovi materiali, sabbia, gomma, ferro e altre composizioni più complesse e audaci fino a giungere alle sculture digitali realizzate attraverso programmi di grafica. L'opera di Kentrige è parte di un complesso pensiero evolutivo che l'artista applica con particolare maestria. Grazie agli elementi che la compongono, infatti, l'opera si predispone ad un dinamismo tale da volerne approfondire la visione artistica che, ad una prima osservazione mette in evidenza, punti, paragoni e similitudini, fra l'opera di Kentrige e la visione dell'arte cinetica. Il cavaliere di Toledo è un'opera realizzata nel 2012 da Kentrige, è situata presso l'uscita dell'omonima stazione. La stessa stazione più volte citata per la sua bellezza, è stata definita la più bella d'Europa. La stazione è stata progettata dall'architetto spagnolo Oscar Tusquets ed è stata concepita per essere quasi una galleria d'arte sotterranea. L'interno del soffitto che copre le scale mobili è caratterizzato da due grandi mosaici che creano (foto metrò) un movimento di luci man mano che il passeggero percorre le scale. Di per sé già il concetto del mezzo pubblico in movimento richiama immediatamente ai concetti basilari dell'arte cinetica, ossia il movimento non solo come meccanismo proposto dalle macchine, ma motore che segna lo sguardo prospettico dell'arte cinetica.

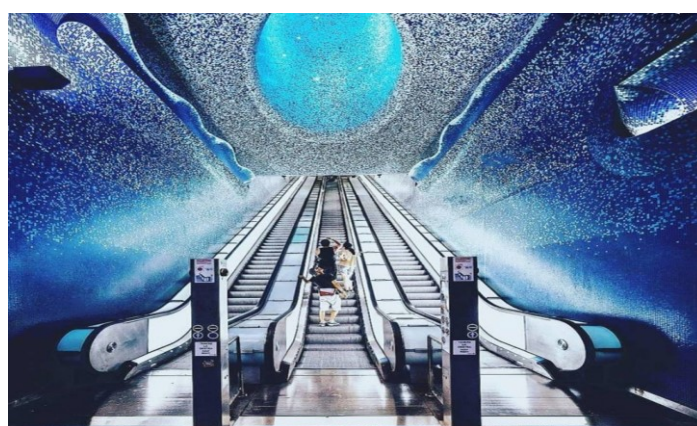


Figura 3. 2 - Foto metropolitana fermata Via Toledo



Figura 3. 3 - Foto metropolitana fermata Via Toledo

La stazione, come già scritto, è essa stessa già un'opera d'arte che trova la sua conclusione con la statua di Kentridge, che conclude con un'opera d'arte a cielo aperto.

Il movimento della “metropolitana opera d'arte “(ovviamente rappresentato dal mezzo di trasporto) si conclude con una scultura che sottolinea un altro movimento dato dal soggetto rappresentato, Il cavaliere di Toledo.

La statua appartiene ed è parte del patrimonio artistico della stazione.

È proprio il progettista spagnolo Tusquets Blanca in sinergia con il coordinatore artistico Achille Bonito Oliva (critico d'arte, saggista e promotore della corrente artistica transavanguardia) a chiedere a Kentridge di collaborare alla conclusione e all'abbellimento della nascente fermata di via Roma.

In realtà, Kentridge non realizza soltanto la statua del cavaliere di Toledo, infatti all'interno del tunnel della metropolitana troviamo diversi interventi dell'artista, come i magnifici mosaici in cui Kentridge si rappresenta (autoritratto) fra la gente del popolo insieme a San Gennaro, il Santo tanto adorato dal popolo di Napoli.



Figura 3. 4 - Mosaico Kentridge particolare San Gennaro

Un altro mosaico invece, raffigura due persone con un carretto pieno di simboli della repubblica partenopea del 1700 con un gatto che, in molto esplicito, si ispira ai mosaici di Pompei.

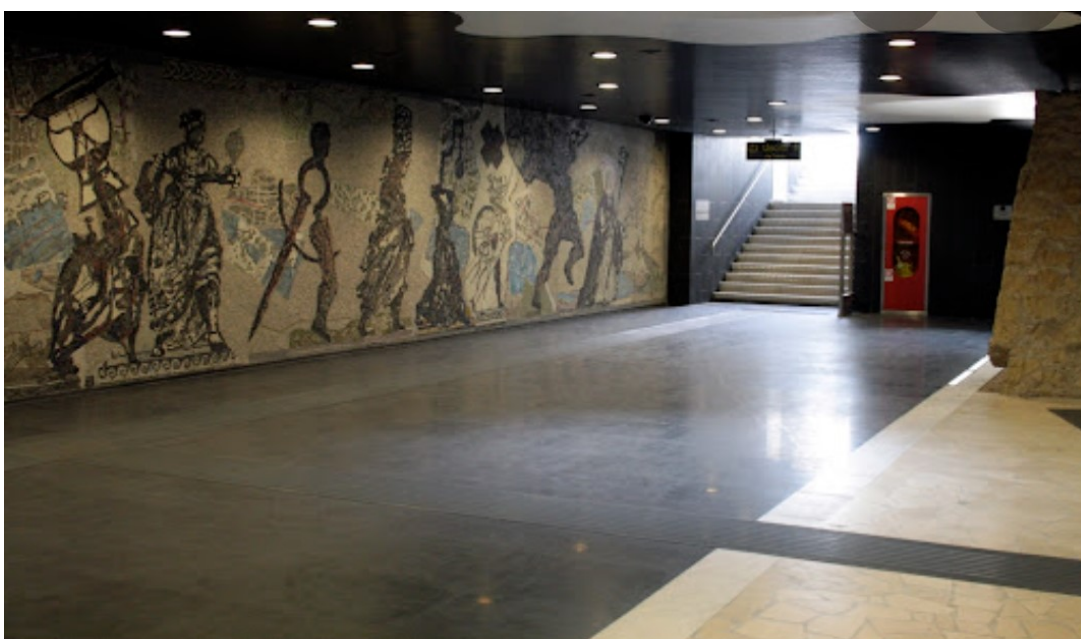


Figura 3. 5 - Particolare mosaico uscita metropolitana



Figura 3. 6 - Immagine mosaico Kentridge

La statua equestre realizzata in superficie è alta circa 6 (sei) metri ed è costruita con uno speciale acciaio che si auto protegge dalla corrosione dagli agenti atmosferici tramite una speciale patina superficiale costituita da ossidi dei suoi elementi di lega, che riveste completamente l'opera.

Il rivestimento protettivo che ricopre la statua impedisce il progressivo estendersi della corrosione e varia la sua tonalità con il passare del tempo.

La patina protettiva ha permesso in questi anni di vedere l'opera con delle leggere variazioni di colore.

3.2 William Kentridge

Nell'antologia e nelle riviste d'arte che raccontano i percorsi dell'arte, ci si sofferma spesso sugli artisti che l'hanno concepita, come menti atte alla creazione che in una loro personale percorso umano, psicologico ed emotivo, abbiano creato un'opera che narra una visione del tutto individuale di un pensiero e quindi dell'opera stessa.

William Kentridge nasce a Johannesburg nel 1955 studia arte ma anche recitazione, si trasferisce a Parigi dove comincia a lavorare nel campo della recitazione e della regia teatrale.

Le sue due passioni ossia l'arte e la recitazione trovano nella città di Parigi un buon connubio artistico, dove l'autore matura idee e sviluppa creazioni che formano il suo personale concetto d'arte.

Kentridge sviluppa un particolare interesse per l'animazione.

Negli anni ottanta realizza film di animazione con i suoi disegni che hanno spesso come protagonisti animali.

Si evince dai percorsi e dalle preferenze dell'artista, una particolare attitudine verso il movimento e le sue molteplici espressioni.

Come già trascritto nel secondo capitolo dell'elaborato dottorale, i disegni animati simboleggiano, a loro modo, il rapporto che esiste fra arte e movimento, ed il loro valore artistico e spesso paragonato al pensiero portante dell'arte cinetica dove l'opera d'arte si esprime attraverso mutevoli condizioni, sia in termini di movimento oggettivo dell'opera sia attraverso l'occhio dello spettatore che la osserva.

Kentridge percepisce l'importanza delle sue espressioni e sviluppa con particolare maestria disegni animati che danno vita a storie dove egli stesso ne cura la regia. Lo studio e la passione per il teatro hanno sicuramente dato una particolare professionalità ai suoi lavori rendendo i suoi disegni animati delle piccole opere d'arte. Le sue opere sono in gran parte riprese del disegno in divenire, un continuo cancellare e ridisegnare fino a trovare la giusta posizione ed il giusto carattere espressivo dei suoi personaggi. L'artista continua questo processo meticoloso alterando ogni disegno fino alla fine della scena.



Figura 3. 7 - Disegni William Kentridge



Figura 3. 8 - Disegni William Kentridge

I lavori per i disegni animati, hanno sicuramente condizionato l'artista nella creazione della statua (il Cavaliere di Toledo), dove i mutevoli movimenti dettati dalla luce che si riflette sull'opera sembrano studiati come in una sequenza animata. Nell'opera "Il cavaliere di Toledo" l'artista sembra aver creato un connubio perfetto fra scultura e movimento. Come già trascritto, l'opera è alta 6 metri ed è in acciaio (acciaio cor-ten) ed è posta su una base marmorea di circa 100 cm.

Osservando l'opera ci si rende conto subito della sua maestosità, infatti la stessa è visibile da diversi metri di lontananza.

Il suo aspetto austero è sicuramente dato, non solo dall'altezza ma anche dal tipo di materiale adottato

Le piastre o lamine d'acciaio incastrate e saldate in orizzontale ed in verticale, creano un perfetto equilibrio nella scultura che riesce a dare allo spettatore una sensazione di leggerezza che è in completa contraddizione con il tipo di materiale usato.

Gli effetti del chiaro scuro sono sicuramente il vero fulcro dell'opera, infatti le lamine che formano la figura del cavallo danno un movimento diverso alla scultura nelle diverse ore del giorno, ossia, a seconda di come le lamine vengono illuminate dai raggi del sole, l'opera si mostra in modo diverso e con un diverso movimento.



Figura 3. 9 - Il cavaliere di Toledo ore 15.00



Figura 3. 10 - Il cavaliere di Toledo ore 12.00



Figura 3. 11 - Il Cavaliere di Toledo ore 12.00 lato opposto alla figura precedente

Geniale il modo in cui l'artista rappresenta l'animale, il suo aspetto austero ci riconduce all'importanza che avevano questi magnifici animali nelle guerre feroci che l'uomo ha affrontato nel corso della storia.

Il cavallo come fedele amico di battaglia che insieme al suo cavaliere affronta con coraggio le difficili imprese del tempo.

Molto audace è la scelta del cavaliere che l'artista decide di far cavalcare sull'imponente cavallo, infatti, il cavaliere è in realtà un naso.

La scelta di questo soggetto ha uno scopo ben preciso, contestare i totalitarismi.

L'opera è infatti un omaggio a Gogol, un importante autore russo che scrisse un romanzo intitolato "il naso".



Figura 3. 12 - Il naso di Gogol

La storia racconta di un barbiere che un giorno si ritrova in tasca il naso di un cliente. Il naso appartiene ad un importante assessore che cerca disperatamente di recuperarlo ma nel frattempo il naso va in giro per la città divertendosi delle assurdità delle persone che si inchinano con ossequioso rispetto solo perché il naso indossa un uniforme. Kentridge impiega gran parte delle sue conoscenze in quest'opera, l'aspetto teatrale e la conoscenza dei meccanismi del movimento hanno contribuito non poco alla sua realizzazione. La mimesi espressiva, tanto approfondita nei suoi studi teatrali hanno reso nello sguardo del cavallo una consapevolezza che sembra realizzarsi in un'espressione quasi severa. Mentre lo studio della regia e lo studio sul movimento, adottato nei suoi disegni animati hanno contribuito al dinamismo dell'opera. Nonostante il tipo di materiale adottato la scultura sembra sorreggersi con una certa leggerezza. Allo sguardo dello spettatore attento l'opera interagisce con lo spazio esterno con equilibrio e i suoi arti delineati dai raggi del sole, sembrano muoversi lentamente quasi ad assumere in modo quasi impercettibile un cambio di posizione con il passare delle ore.

La posizione della scultura, con la zampa anteriore destra alzata sembra quasi voler dimostrare la forza e la fierezza dell'animale, mentre l'arto sinistro poggia su

una sfera, anch'essa d'acciaio, in questo modo la scultura trova un perfetto equilibrio nella sua posizione. La sfera d'acciaio è molto piccola rispetto alla statua e sembra quasi voler simboleggiare il mondo che si sottomette ai poteri. Se si guarda l'opera in modo frontale sembra quasi di osservare gli occhi anche se in questa scultura lo sguardo non è dato dalla presenza degli occhi, che volutamente non sono stati definiti dall'autore, per poter sottolineare al meglio la sua ineffabilità ma che allo stesso tempo è dato dalle lamine che formano il viso, rendendo comunque all'animale un'espressione fiera e severa. Come già scritto in precedenza, il famoso cavaliere che cavalca la statua non è nient'altro che un naso (omaggio a Gogol), ma il naso rappresentato da Kentridge sembra quasi sparire in rapporto alla grandezza della scultura, che osservata dal basso verso l'alto si perde nei frammenti di lamine. Probabilmente l'autore regala un'importanza maggiore al cavallo rispetto al suo cavaliere come a voler simboleggiare che chi detiene un potere è poca cosa rispetto al potere stesso. L'opera grida al suo attento spettatore che il potere sovrasta l'uomo che scompare perdendosi nella spirale dei suoi giochi.



Figura 3. 13 - Tecnica a carboncino su foglio ruvido

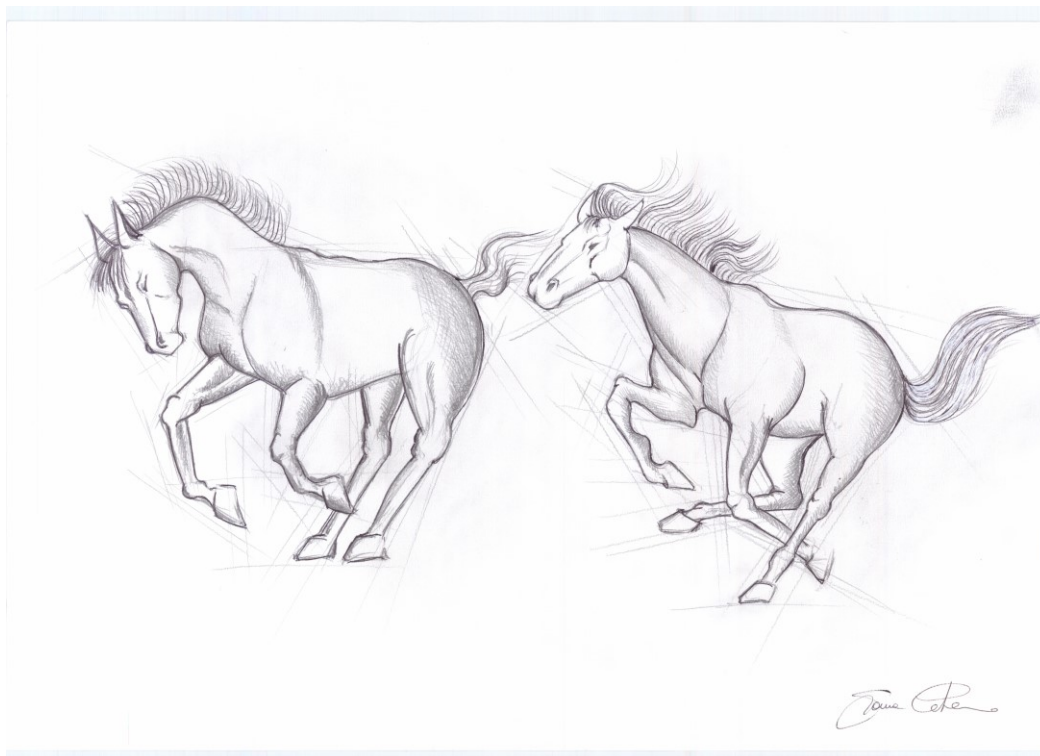


Figura 3. 14 - Tecnica a matita su foglio ruvido

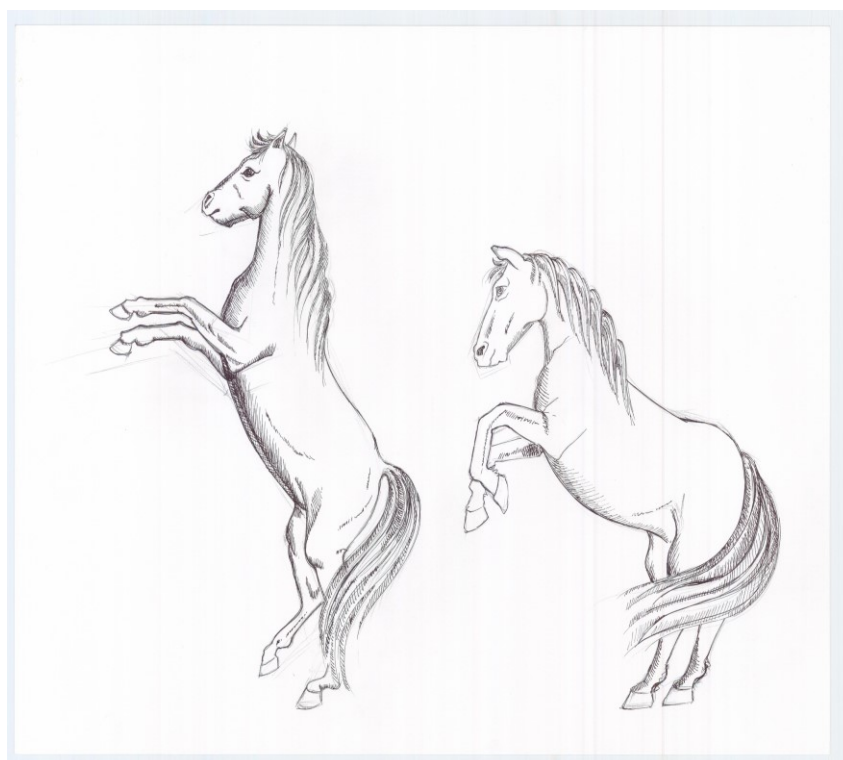


Figura 3. 15 - Tecnica a china su foglio ruvido

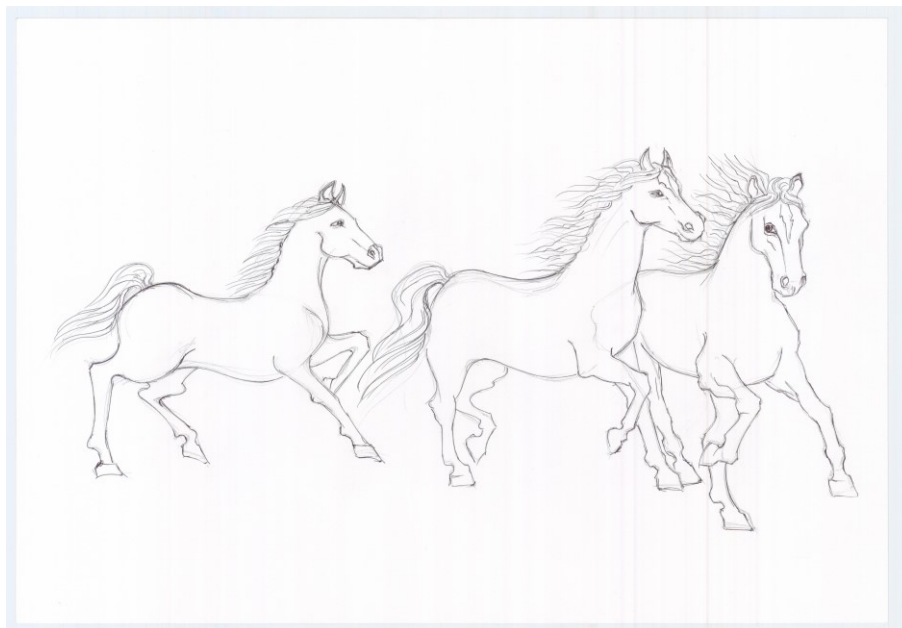


Figura 3. 16 - Tecnica a china su foglio ruvido

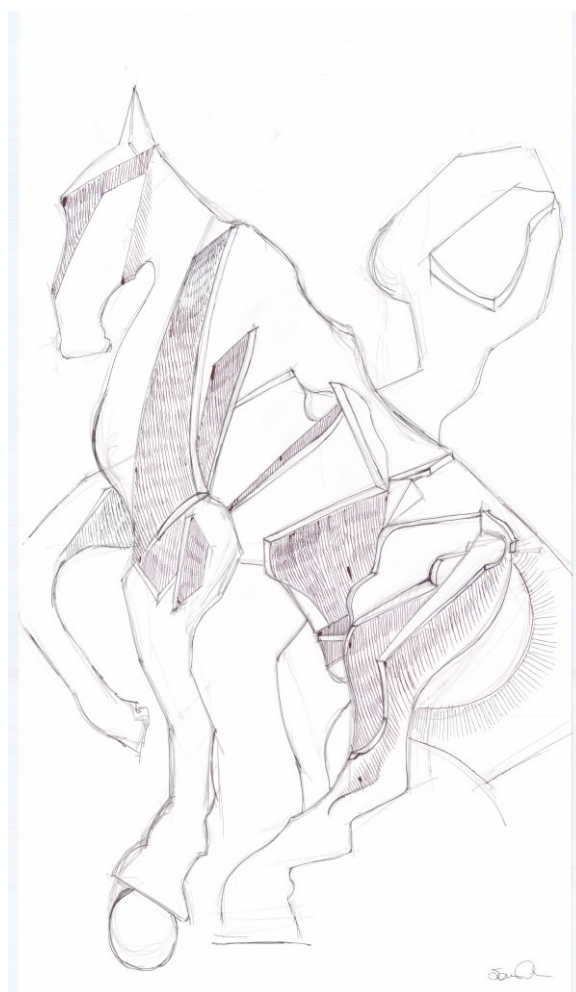


Figura 3. 17 - Tecnica a china su foglio ruvido

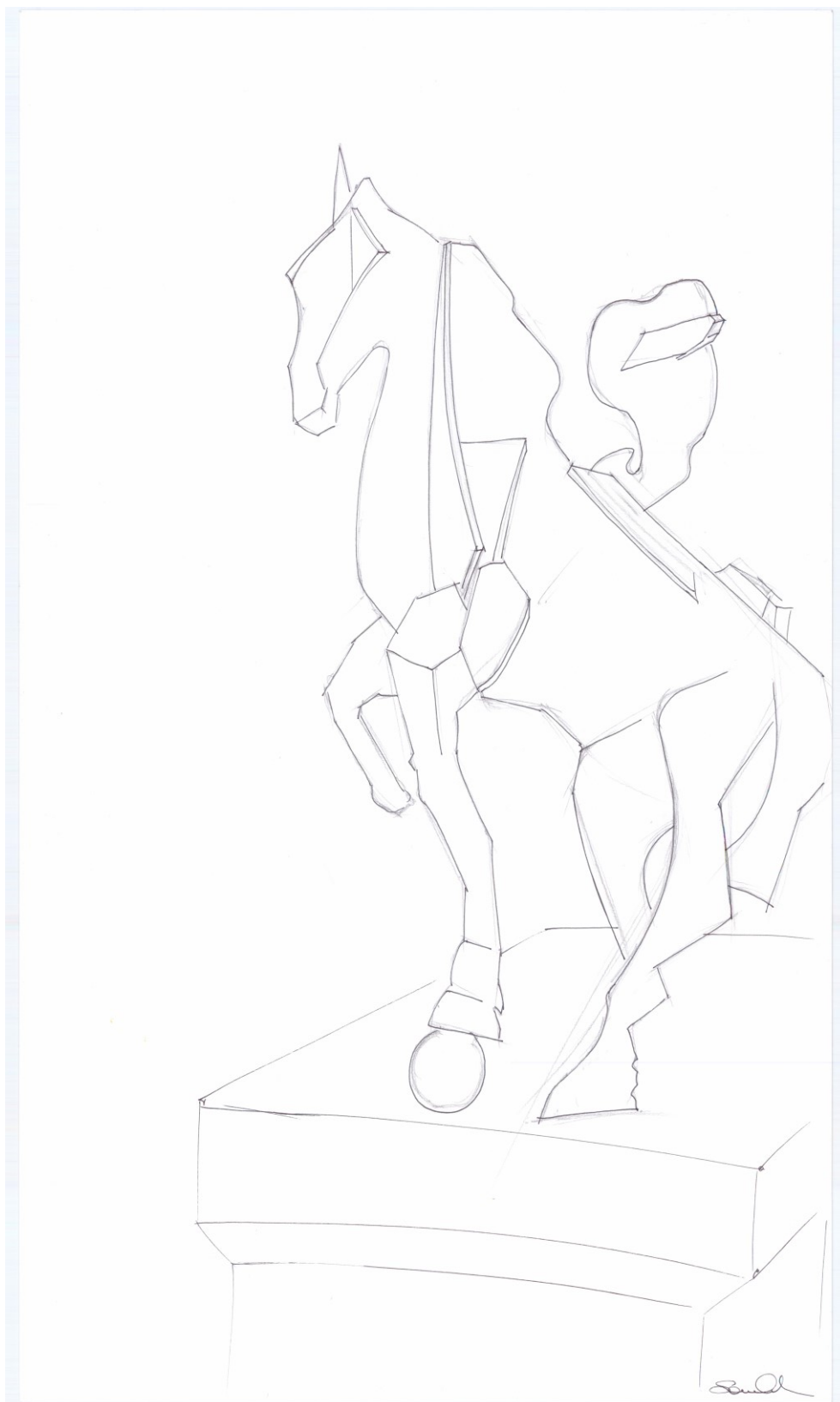


Figura 3. 18 - Tecnica a matita su foglio ruvido

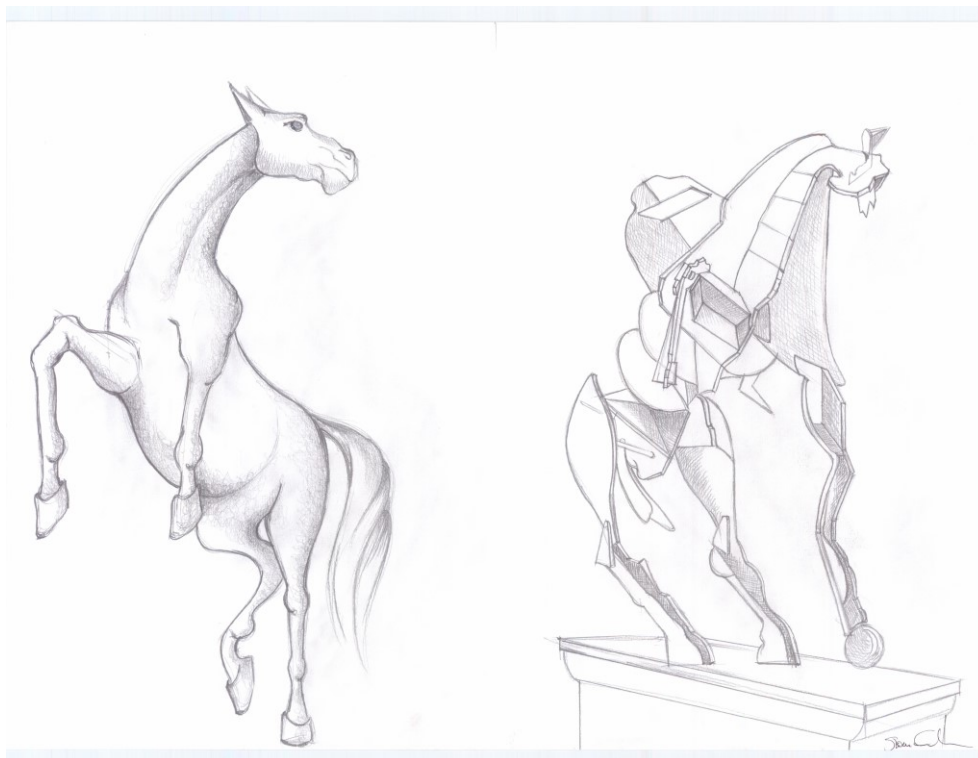


Figura 3. 19 - Tecnica a matita su foglio ruvido

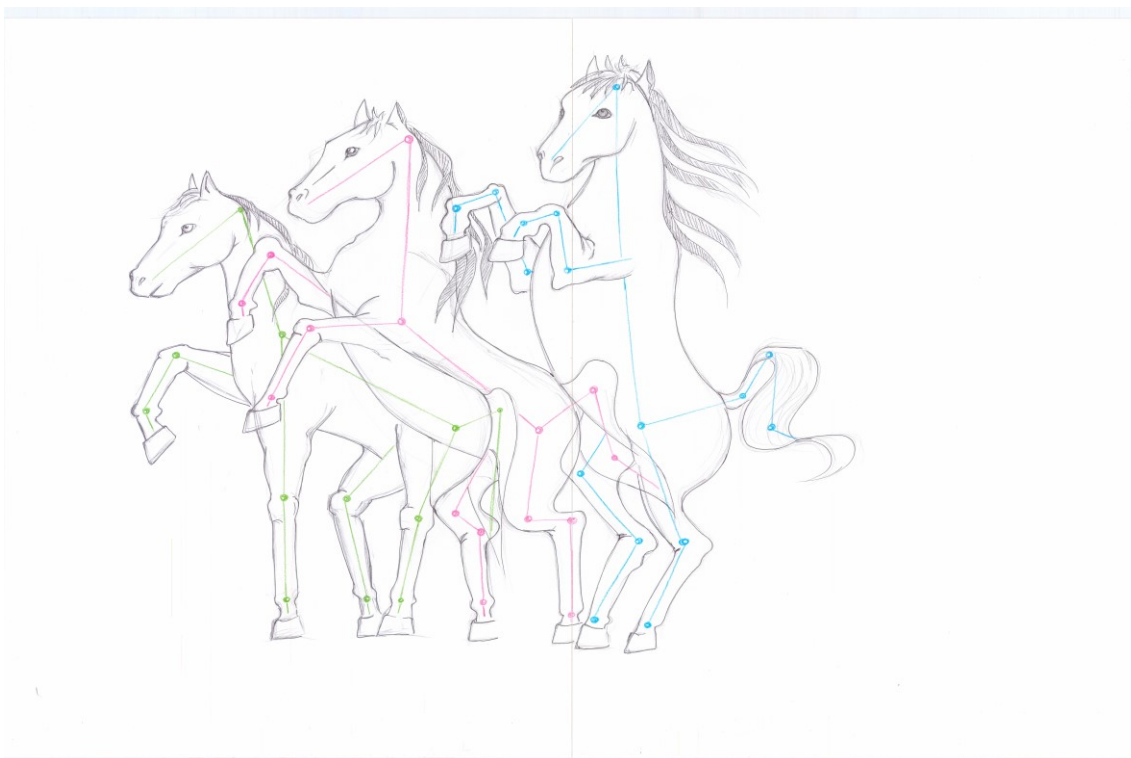


Figura 3. 20 - Tecnica a china, matite colorate su foglio ruvido



Figura 3. 21 - Tecnica a matita ed acquerello su foglio ruvido



Figura 3. 22 - Tecnica a matita ed acquerello su foglio ruvido

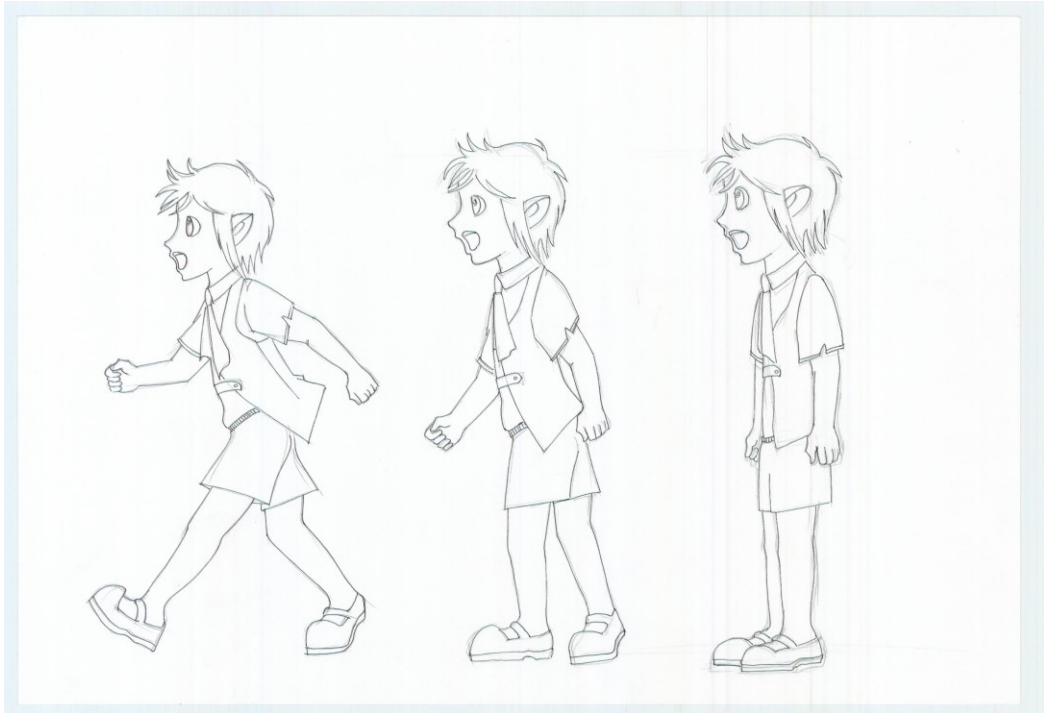


Figura 3. 23 - Tecnica a china su foglio ruvido

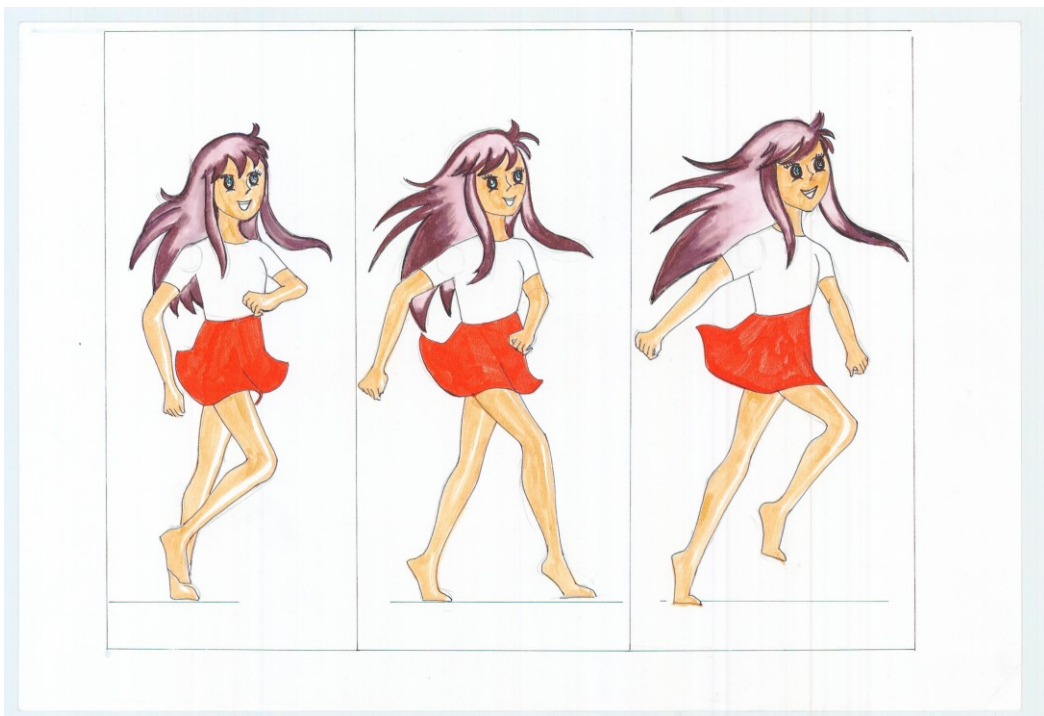


Figura 3. 24 - Tecnica a china ed acquerello su foglio ruvido

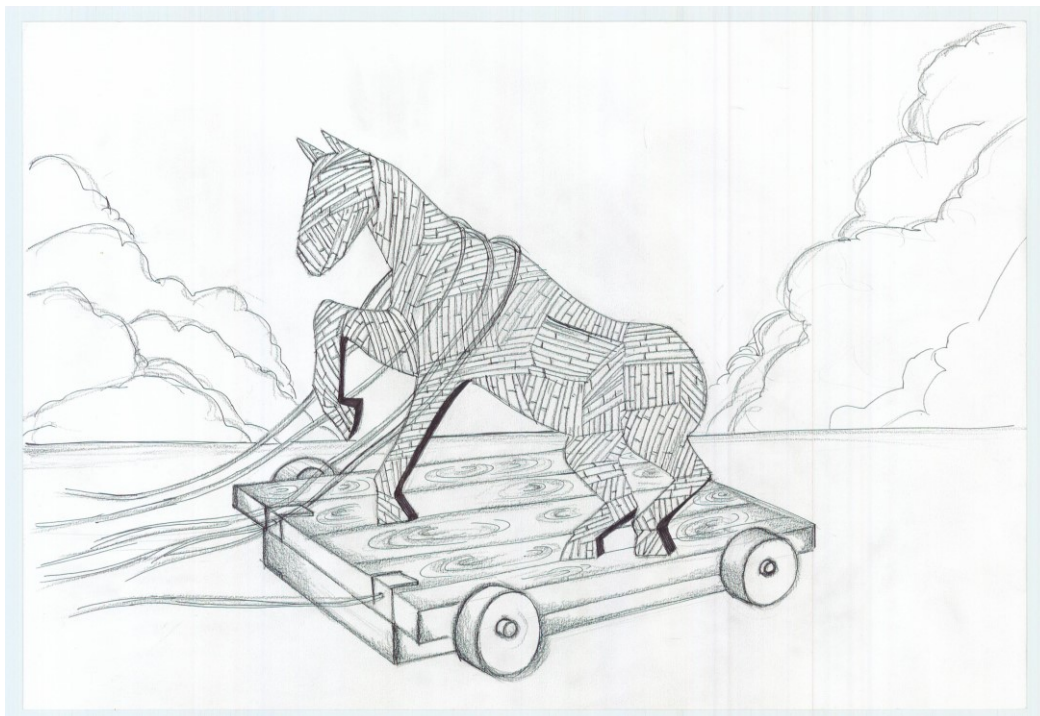


Figura 3. 25 - Tecnica a china su foglio ruvido

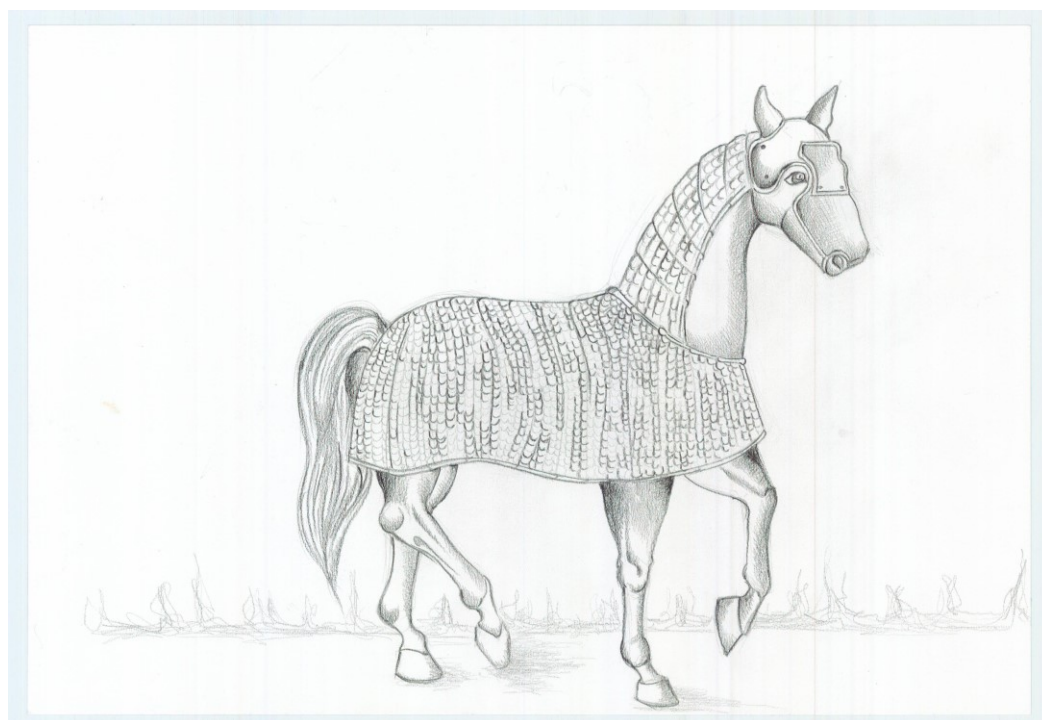


Figura 3. 26 - Tecnica a carboncino su foglio ruvido

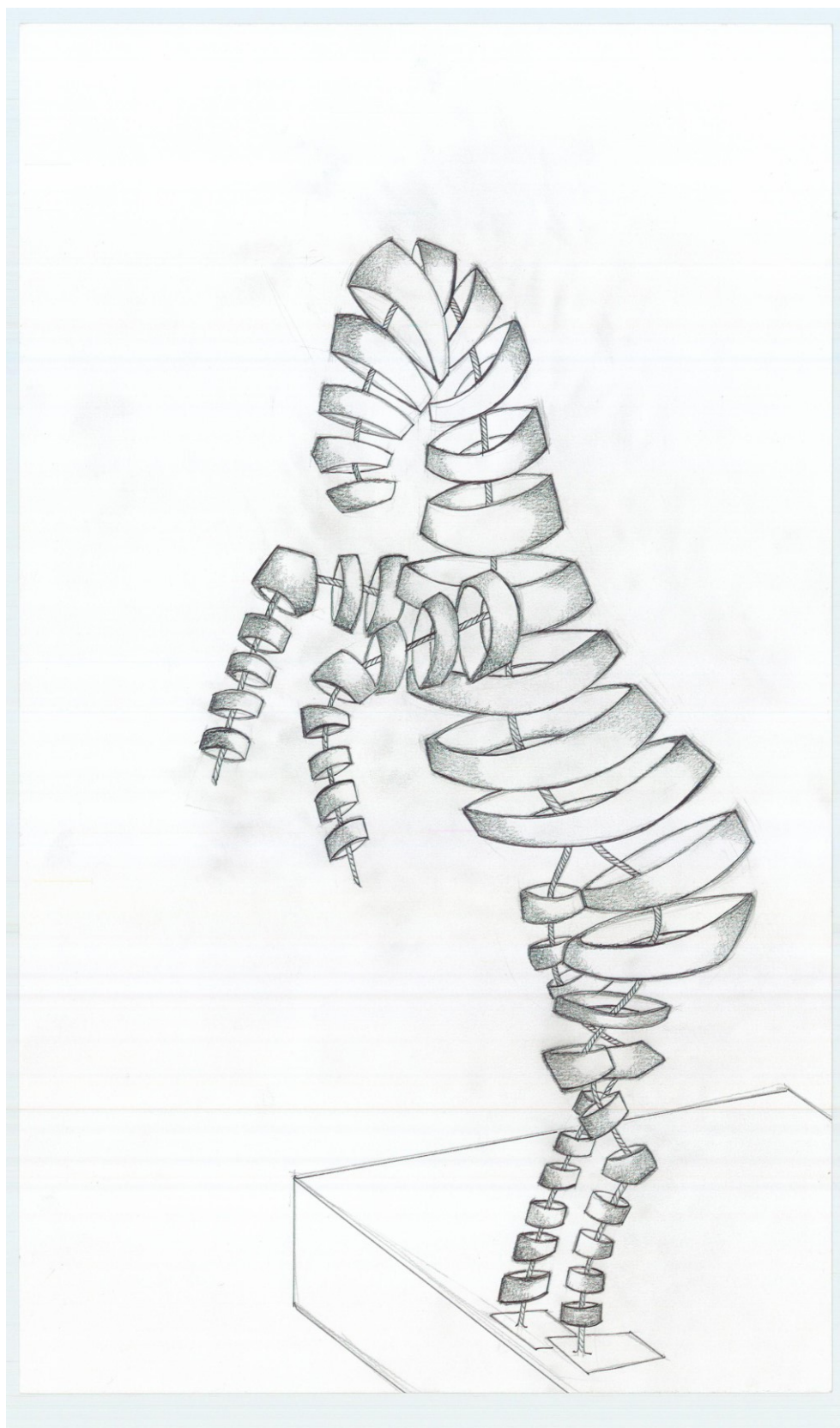


Figura 3. 27 - Tecnica a carboncino su foglio ruvido

CAPITOLO 4: IL MECCANISMO

ARTICOLATO DEL CAVALLO

4. Nel presente capitolo viene descritto il procedimento di sintesi cinematica dell'intero meccanismo articolato piano (*planar linkage*) del cavallo imbizzarrito di Toledo, quale significativo esempio di applicazione dell'Arte Cinetica.

A differenza delle meravigliose *walking machines* progettate, realizzate e sperimentate da Theo Jansen, che sono in grado di muoversi di moto assoluto rispetto al terreno (sistema fisso) e azionate dalla sola forza del vento, nel presente progetto di tesi Dottorale, si è voluto sviluppare un esempio innovativo di arte cinetica con l'intento di dare movimento al cavallo di Toledo, scegliendo di tenere fisso alla base il solo zoccolo posteriore sinistro, mentre il corpo, la testa e gli arti posteriori e anteriori, si muovono simulando il comportamento del cavallo imbizzarrito.

L'intero meccanismo presenta un solo grado di libertà, poiché mosso da una sola manovella, che è a sua volta azionata da un unico motore elettrico incorporato nel cavallo, che può essere alimentato da una batteria, rendendo l'intera realizzazione artistica cinetica completamente autonoma rispetto all'esterno, ossia facilmente trasportabile e installabile in qualsiasi ambiente interno o esterno.

Particolare attenzione è stata rivolta alla sintesi cinematica dei meccanismi degli arti inferiori e di quelli superiori, nonché alla movimentazione della testa, che saranno descritti singolarmente nel seguito, per poi giungere all'intero meccanismo articolato del cavallo, da cui sono state sviluppate diverse animazioni e simulazioni cinematiche al calcolatore in ambiente SolidWorks.

Come di consueto nella progettazione dei meccanismi, si procede dapprima con la sintesi di tipo (*type synthesis*), che consiste nello scegliere la particolare tipologia di meccanismo, tra quelli articolati, come quadrilateri, manovellismi, esalateri, quelli con coppie superiori, quali camme e rotismi, quelli a cavi, ossia composti da carrucole e/o pulegge e flessibili di vario genere, che meglio si adatta ad esplicare la funzione richiesta per la specifica applicazione.

Nella fattispecie, si sono scelti differenti meccanismi articolati (*linkages*) in grado di esplicitare ciascuno una specifica funzione, che opportunamente combinati tra loro, hanno consentito di ottenere un innovativo esempio di Arte Cinetica, nella forma del cavallo di Toledo, che è stato scelto come esempio artistico di riferimento.

Dopo questa fase fondamentale della progettazione cinematica, si è passati alla sintesi dimensionale (*dimensional synthesis*) di ciascun sottoinsieme dell'intero meccanismo articolato, al fine di generare le traiettorie desiderate per ogni zoccolo del cavallo e quindi, alla relativa implementazione al calcolatore per l'animazione e la simulazione.

4.1 Gambe posteriori: sintesi cinematica

Per quanto riguarda le gambe posteriori del cavallo, bisogna distinguere quella destra da quella sinistra, poiché si è deciso di tenere fisso alla base lo zoccolo sinistro e lasciare libero quello destro nel compimento di un passo in avanti.

Tuttavia, tali meccanismi sono sostanzialmente molto simili tra loro, poiché sono entrambi composti da un *pantografo* ed un *doppio parallelogramma articolato*, con la sola differenza, che la gamba destra è azionata da un quadrilatero articolato (*Chebyshev four-bar linkage*), del tipo manovella-bilanciere di Chebyshev, mentre quella di sinistra è azionata da un manovellismo eccentrico (*offset slider-crank mechanism*).

Le rispettive due manovelle del quadrilatero e del manovellismo sono rese solidali tra loro generando un unico meccanismo ad 1 g.d.l. (grado di libertà).

In particolare, il quadrilatero di Chebyshev ha la peculiarità di generare in un particolare punto di biella, una tipica traiettoria costituita da un tratto approssimativamente circolare ed uno approssimativamente rettilineo.

Questo meccanismo è anche noto come *λ -mechanism* per la sua somiglianza topologica alla lettera greca λ . Invece, il manovellismo eccentrico agente sulla gamba sinistra consente il contemporaneo moto traslatorio rettilineo alternativo del corpo del cavallo, mentre lo zoccolo della gamba destra compie un passo in avanti completamente in aria, ossia senza toccare la base.

La Fig. 4.1 mostra schematicamente il **meccanismo della gamba destra**, da cui si distinguono rispettivamente:

- 1) Il quadrilatero di Chebyshev A_0ABB_0 con il M punto di biella tracciante la traiettoria desiderata, ossia quella composta da un tratto approssimativamente circolare ed uno approssimativamente rettilineo;
- 2) Il doppio parallelogramma B_0BMC_0CN , che esplica la funzione di produrre una pura traslazione al *link* MN secondo la traiettoria imposta dal quadrilatero di Chebyshev;
- 3) Il pantografo $NEHMGF$, derivato dal parallelogramma articolato $MGFE$ e che trasmette la traiettoria del punto di biella N , o M , al punto H dello zoccolo, amplificandola di un fattore di scala 4 e ribaltandola rispetto ad un asse orizzontale;
- 4) Il doppio parallelogramma articolato $MLINEH$, che svolge la funzione di garantire una pura traslazione nel piano verticale dello zoccolo HI della gamba destra.

Quindi, l'intero meccanismo della gamba destra è azionato dalla manovella A_0A e produce una pura traslazione dello zoccolo HI mimando il moto di avanzamento in aria. Si precisa che le coppie rotoidali A_0 , B_0 e C_0 sono fissate al corpo del cavallo, il quale si muove anch'esso rispetto alla base fissa, per cui i 15 link del meccanismo della gamba destra di Fig. 4.1, insieme al corpo mobile del cavallo, che costituisce il sedicesimo corpo rigido dell'intera catena cinematica, sono tutti mobili rispetto alla base fissa. Questa caratteristica è meglio evidenziata nella Fig. 4.2, dove tale meccanismo è installato sul corpo del cavallo, rendendo l'idea dell'effettiva funzionalità.

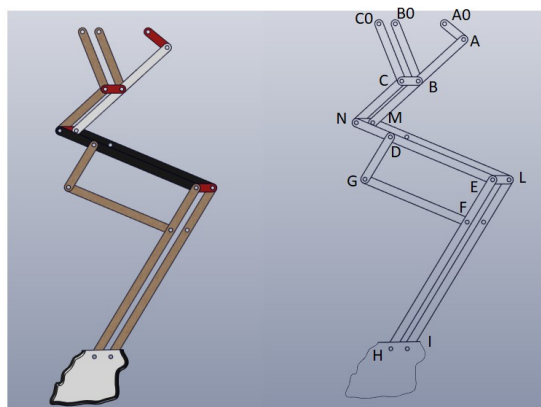


Figura 4. 1 - Meccanismo della gamba posteriore destra

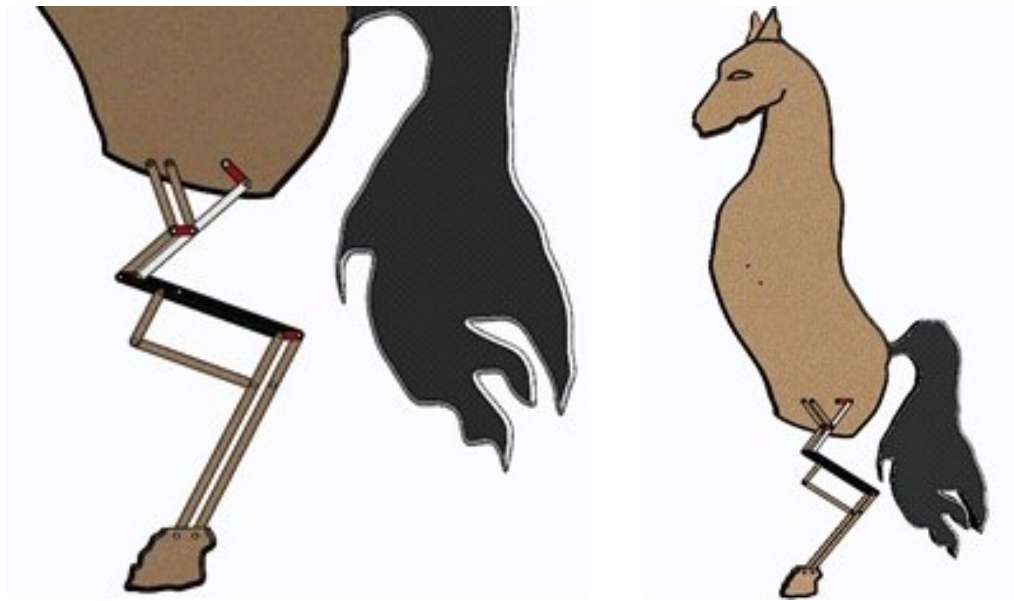


Figura 4. 2 - Meccanismo della gamba posteriore destra installata sul corpo del cavallo

Come sopra anticipato, il meccanismo della gamba posteriore sinistra si distingue da quella destra per il solo meccanismo di azionamento del pantografo, combinato con il rispettivo parallelogramma articolato, il quale rimane invece identico, ossia il quadrilatero di Chebyshev ed il rispettivo doppio parallelogramma articolato sono sostituiti da un manovellismo eccentrico del tipo slider-crank, così da garantire un moto traslatorio rettilineo orizzontale del corpo del cavallo, insieme a tutti i suoi meccanismi.

Infatti, con riferimento alla Fig. 4.3, si evince nella parte superiore, la presenza del manovellismo eccentrico, il cui pistone è solidale al link di input del pantografo, combinato con il suo parallelogramma articolato, che è l'analogo del link NM di Fig. 4.1. Tale pistone è vincolato a muoversi nella rispettiva guida rettilinea orizzontale, determinando, di conseguenza, un moto traslatorio rettilineo orizzontale anche allo zoccolo, con una corsa dello zoccolo che è amplificata di 4 volte per il fattore di scala 4 del pantografo. Questo comportamento riguarda il moto relativo dello zoccolo rispetto al corpo, ragionando sulla falsa riga di quanto fatto per il meccanismo della gamba destra, seppure con traiettoria diversa, ma, una volta progettato il meccanismo, o meglio la catena cinematica, secondo le specifiche di progetto richieste, si è deciso di fissare lo zoccolo alla base fissa, ottenendo la

traslazione rettilinea orizzontale del corpo del cavallo, insieme a tutti i meccanismi ad esso solidali, nonché il contemporaneo movimento della gamba sinistra.

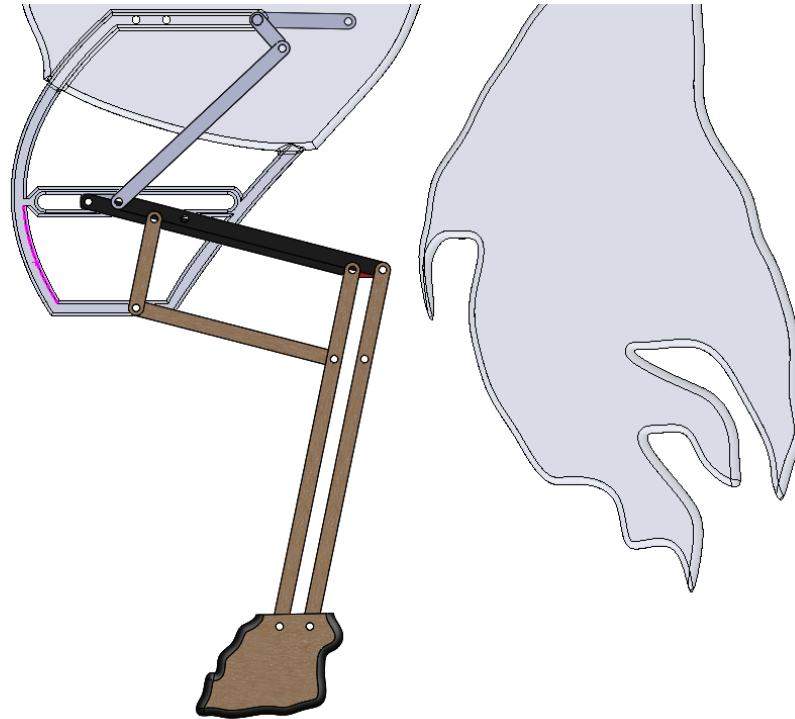


Figura 4. 3 - Meccanismo della gamba posteriore sinistra installata sul corpo del cavallo

La sintesi dimensionale dei meccanismi delle gambe posteriori è stata sviluppata secondo le specifiche di progetto finalizzate ad imitare il movimento del cavallo di Toledo, come riportato nella seguente Tab. 1, che riassume le dimensioni dei singoli link costituenti entrambi i meccanismi articolati della gamba destra e di quella sinistra.

In particolare, si distinguono il λ -mechanism, il 1° parallelogramma articolato con esso combinato, il pantografo, il 2° parallelogramma con esso combinato, ed il manovellismo eccentrico, o deviato, per l'azionamento della gamba posteriore sinistra. Infatti, relativamente al λ -mechanism ed al pantografo, si evidenzia che il primo meccanismo soddisfa le proporzioni richieste per ottenere una traiettoria rettilinea approssimata, ossia $A_0A = 3$, $A_0B_0 = 2 \times A_0A$ e $B_0B = AB = BM = 2.5 \times A_0A = 7.5$ ed il secondo soddisfa quelle necessarie per ottenere un fattore di scala $\chi = EH/FE = NE/ND = 4$.

Posizione	Dimensionamento		
Posteriore destro	AOA	3	Lamda mechanism
	BOB	7,5	
	AB	7,5	
	BM	7,5	
	AM	15	
	AOBO	6	
	COC	7,5	1° Parallelogramma
	COBO	2	
	CB	2	Pantografo
	ND	4,5	
	GF	13,5	
	NE	18	
	GD	6	
	FE	6	
	EH	24	2° Parallelogramma
	NM	2	
EL	2		
ML	18		
LI	24		
Posteriore sinistro	manovella	2,5	Manovellismo deviato
	Biella	14,8	
	prismatica	2	

Tabella 1 - Dimensioni dei singoli link di entrambi i meccanismi delle gambe posteriori

4.2 Gambe anteriori: sintesi cinematica

Le gambe anteriori del cavallo presentano una struttura ossea differente rispetto a quella delle gambe posteriori, per cui si è progettato un meccanismo articolato per entrambe le gambe anteriori che è completamente diverso da quello delle posteriori. La differenza più evidente consiste nel fatto che le gambe anteriori si piegano nelle diverse articolazioni verso l'interno del corpo, mentre quelle posteriori si piegano anch'esse all'interno, ma in verso contrario, come mostrato nel cavallo in movimento di Fig. 4.4.

Pertanto, si è sviluppata la sintesi cinematica di tipo (*type synthesis*) scegliendo ancora un meccanismo articolato, ma questa volta esso è composto da quadrilateri articolati incrociati (*crossed four-bar linkages*) che sono stati opportunamente

disposti in serie tra loro, così da generare una rotazione equiversa delle diverse bielle.

In particolare, con riferimento allo schema cinematico di Fig. 4.5, il meccanismo articolato delle gambe anteriori è composto da 2 quadrilateri articolati incrociati disposti in serie tra loro, di cui il primo è $P_0RQ_0Q_0$, dove Q_0 e P_0 sono cerniere fisse al corpo del cavallo, mentre R e Q sono le cerniere mobili, con QRT link di biella destinato alla movimentazione del secondo quadrilatero $SRTU$.



Figura 4. 4 - Cavallo in movimento

In particolare, le cerniere SRP_0 appartengono allo stesso corpo rigido, così come le cerniere QRT , che è anche la biella del primo quadrilatero, mentre lo zoccolo è solidale alla biella TUV del secondo quadrilatero.

Tale meccanismo presenta ancora 1 g.d.l. così come per le gambe posteriori ed è mosso dal movente P_0RS .

Come già sopra anticipato, si è adottato il medesimo meccanismo per entrambe le gambe anteriori, ma è stato imposto un adeguato sfasamento tra i due rispettivi membri moventi, così da simulare il comportamento del cavallo imbizzarrito.

Analogamente a quanto fatto per il progetto delle gambe posteriori, si è passati alla sintesi dimensionale (*dimensional synthesis*) del meccanismo delle gambe anteriori, così come riportato nella Tab. 2, che riassume le dimensioni di ciascun link e/o tratto, sia del meccanismo della gamba anteriore, che di quella posteriore destra.

Inoltre, si evince la presenza del quadrilatero articolato $AOPP_0$ che accoppia i movimenti delle due gambe del lato destro, poiché A_0O è solidale alla manovella motrice A_0A ed il bilanciere P_0P è solidale al membro P_0RS .

Tale quadrilatero articolato è del tipo manovella-bilanciere, così da convertire un moto rotatorio continuo, preso dalla medesima manovella motrice A_0A , in un moto rotatorio alternativo destinato alla movimentazione della gamba anteriore destra.

Nella Tab. 2, le dimensioni del meccanismo articolato delle gambe anteriori sono riportate in corrispondenza della dicitura *finger mechanism*, poiché si trovano in letteratura scientifica diversi esempi di utilizzo di meccanismi simili, con doppio quadrilatero incrociato, per la realizzazione di mani robotiche a prevalenza meccanica, ossia dotate di pochi gradi di libertà, ma in grado di imitare con buona approssimazione il comportamento della mano umana.

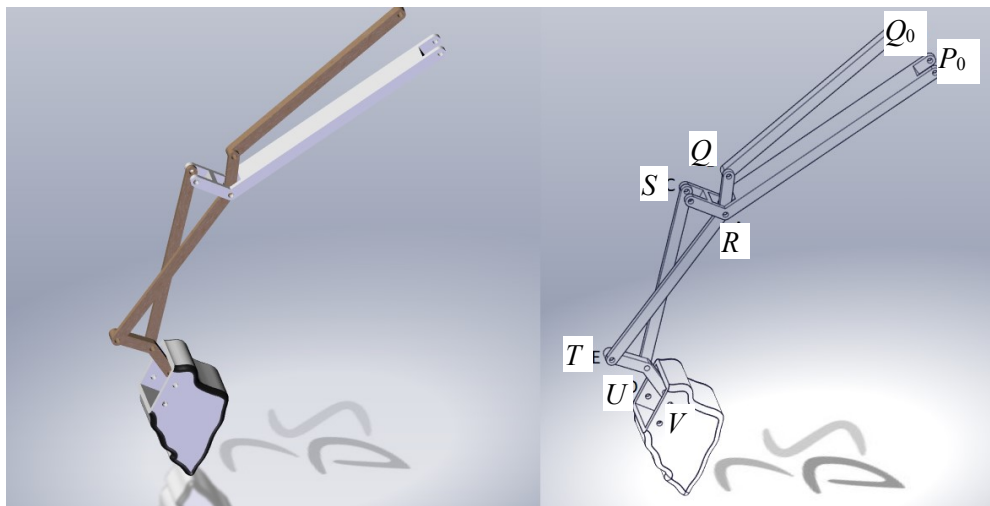


Figura 4.5 - Meccanismo delle gambe anteriori

DIMENSIONAMENTO

AOA	3	
BOB	7,5	Lamda mechanism
AB	7,5	
BM	7,5	
AM	15	
AOBO	6	
COC	7,5	1° Parallelogramma
COBO	2	
CB	2	
ND	4,5	Pantografo
GF	13,5	
NE	18	
GD	6	
FE	6	
EH	24	2° Parallelogramma
NM	2	
EL	2	
ML	18	
LI	24	
AOO	6	Quadrilatero articolato
OP	28	
POP	15,3	
POR	22,5	Finger mechanism
QOQ	19,5	
QR	3,5	
QOPO	3,5	
SR	3,5	
TR	17	
US	17	
TU	3,5	
UV	3	

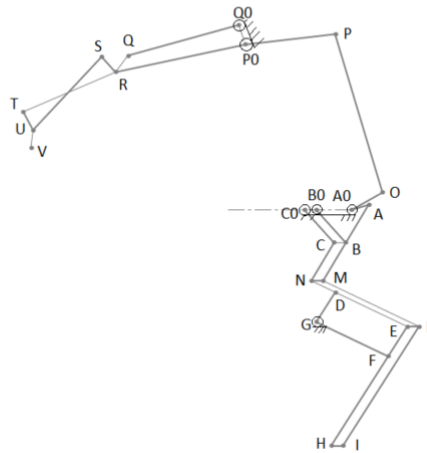


Tabella 2 - Dimensioni dei singoli link e/o tratti dei meccanismi delle gambe del lato destro

I meccanismi articolati di entrambe le gambe anteriori sono mostrati in Fig. 4.6 insieme al bilanciere del quadrilatero intermedio, che è destinato alla trasmissione del movimento dalla manovella motrice A_0A , cui è applicato l'unico motore elettrico di azionamento, al bilanciere movente di entrambi i meccanismi delle gambe anteriori.

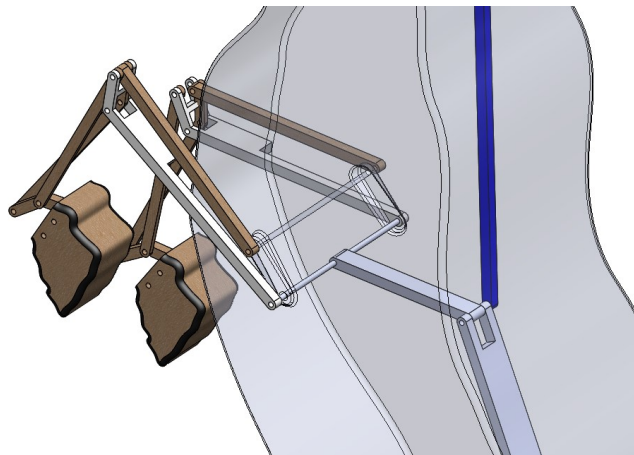


Figura 4. 6 - Meccanismi di entrambe le gambe anteriori

4.3 Testa: sintesi cinematica

Al fine di rendere più verosimile il comportamento reale del cavallo imbizzarrito, così come rappresentato dalla splendida opera artistica del cavallo di Toledo, ma aggiungendo nel contempo il movimento in un contesto di Arte Cinetica, si è ritenuto di prevedere anche l'oscillazione della testa del cavallo.

Pertanto, si è sviluppata la sintesi cinematica di questo ulteriore meccanismo articolato, che è destinato alla movimentazione rotatoria alternativa della testa, a partire sempre dalla stessa manovella motrice A_0A , così da ottenere comunque un meccanismo ad un solo grado di libertà ed un solo motore elettrico di azionamento. Questo quadrilatero è disposto in serie a quello che trasmette il moto dalle gambe posteriori a quelle anteriori, ottenendo così un esalatero di Watt con il membro ternario fisso al corpo del cavallo e del tipo manovella-bilanciere-bilanciere, da cui il moto rotatorio alternativo della testa, come da specifiche di progetto.

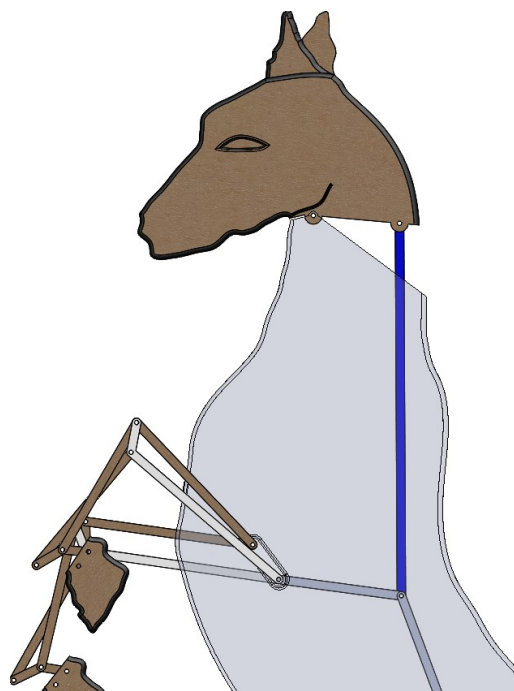


Figura 4. 7 - Meccanismo di trasmissione del moto rotatorio alternativo alla testa del cavallo

4.4 Cavallo: animazione e simulazione

Come singolarmente analizzato per ciascuno dei meccanismi delle gambe posteriori e anteriori, nonché per quello di movimentazione della testa, l'intero meccanismo del cavallo presenta un solo grado di libertà e risulta con il solo zoccolo posteriore sinistro fisso alla base, mentre le gambe posteriori e anteriori si muovono insieme alla testa ed al corpo simulando il comportamento complessivo di un cavallo imbizzarrito.

La Fig. 4.8 mostra un fotogramma dell'animazione prodotta in ambiente SolidWorks, da cui si evince il meccanismo con lo zoccolo posteriore sinistro fisso alla base.

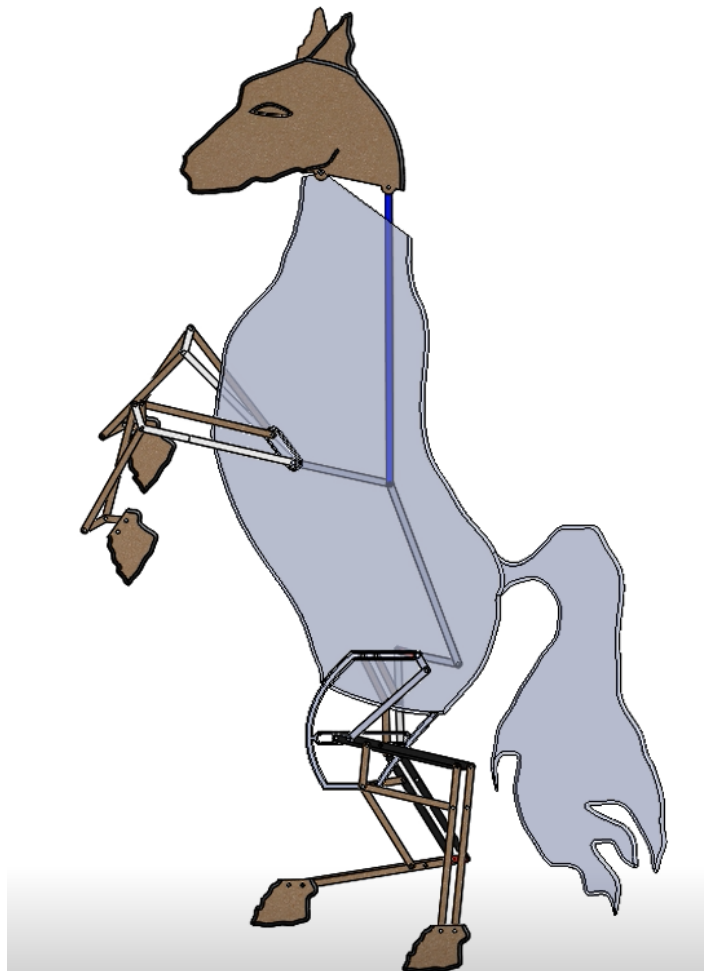


Figura 4. 8 - Meccanismo complessivo del cavallo imbizzarrito

La Fig. 4.9 mostra una simulazione del movimento del cavallo in cui sono tracciate anche le traiettorie di alcuni punti significativi, a cominciare dallo zoccolo posteriore destro con la tipica traiettoria imposta dal quadrilatero di Chebyshev, che è ribaltata e amplificata di 4 dal pantografo, nonché estesa in senso orizzontale per l'aggiunta del moto di trascinamento del tipo traslatorio rettilineo alternativo determinato dal meccanismo della gamba sinistra, e proseguendo con gli zoccoli delle gambe anteriori e la cerniera mobile della testa in moto oscillatorio rispetto al

corpo del cavallo. Queste traiettorie incrociate “a fiocco” sono dovute all’aggiunta del moto di trascinamento.

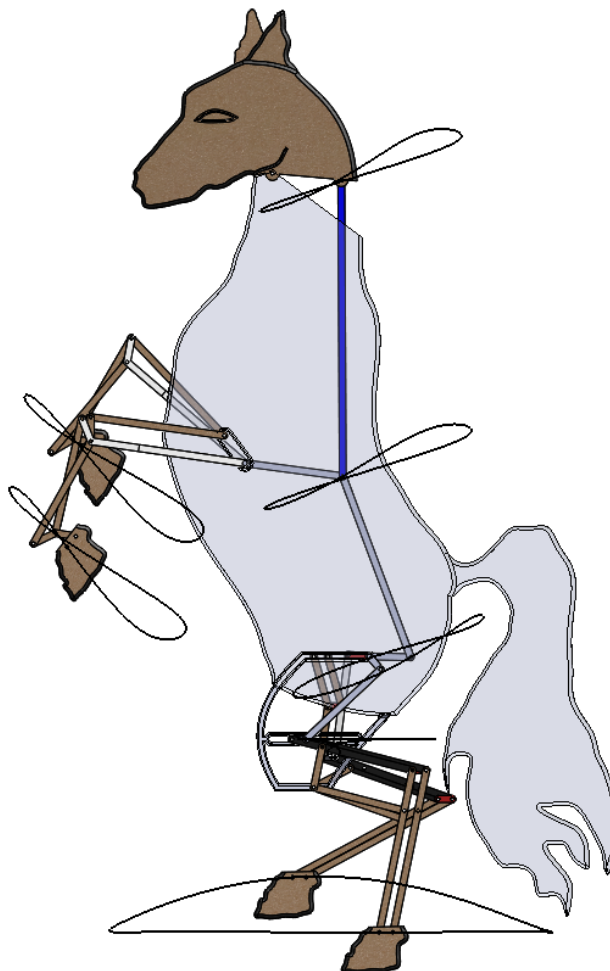


Figura 4. 9 - Meccanismo complessivo: simulazione delle traiettorie

Quale ulteriore dettaglio, la Fig. 4.10 mostra in vista assonometrica le traiettorie di ingresso e uscita del pantografo della gamba destra, ossia di quella che compie il movimento dello zoccolo in aria (*air phase*). Queste traiettorie apparirebbero semplicemente scalate di un fattore 4 dipendente dalle dimensioni del pantografo, ossia omotetiche, nonché speculari rispetto ad un asse perpendicolare all’asse del pantografo, perché la cerniera solidale al corpo del cavallo è quella intermedia, mentre quella superiore rappresenta l’input del movimento e quella inferiore (zoccolo) rappresenta l’output.

Invece, le traiettorie degli stessi punti appaiono nettamente diverse in Fig. 4.10 poiché sono mostrate nel moto assoluto, ossia quello riferito alla base fissa (zoccolo sinistro) e non nel moto relativo al corpo, come nel caso sopra descritto. Questo vuol dire che al moto di relativo al corpo, va sommato quello di trascinamento del corpo rispetto alla base fissa, che è puramente traslatorio con traiettorie rettilinee orizzontali. È interessante notare che la lunghezza del tratto rettilineo nel punto di input è la quarta parte di quella del tratto rettilineo nel punto di output (zoccolo destro), a conferma dell'effetto del fattore di scala 4 imposto dal pantografo.

Questo rapporto di scala 4 vale ovviamente anche per l'altezza massima di tali traiettorie, ossia l'alzata della traiettoria dello zoccolo destro nel compimento della fase aerea (air phase) è 4 volte quella della traiettoria di input, che è imposta dal quadrilatero articolato di Chebyshev o λ -mechanism.

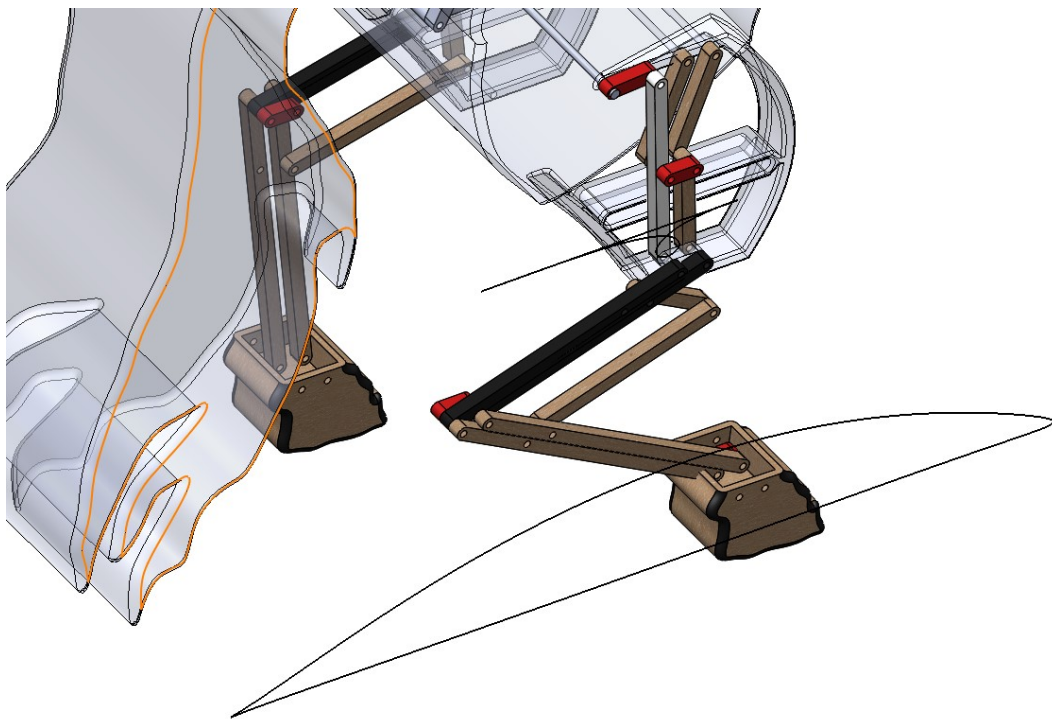


Figura 4. 10 - Meccanismo complessivo: traiettorie dei punti di ingresso e uscita del pantografo

Dopo aver validato la congruenza dei movimenti del cavallo attraverso l'animazione del moto assoluto rispetto al solo zoccolo sinistro ritenuto fisso rispetto alla base, sono state compiute diverse simulazioni cinematiche, analizzando e verificando le traiettorie di alcuni punti significativi dell'intero meccanismo

articolato, come già sopra descritto, ma anche determinando le velocità di tali punti per una velocità angolare costante della manovella motrice A_0A dell'intero meccanismo.

In particolare, la Fig. 4.11 mostra il fotogramma in cui il punto di input del pantografo della gamba destra sta percorrendo il tratto rettilineo approssimato della traiettoria, ossia il punto N di Fig. 4.1, da cui il punto H del pantografo di Fig. 4.1 sta percorrendo la propria traiettoria rettilinea approssimata e amplificata del fattore 4. Le frecce verdi rappresentano in scala i vettori delle rispettive velocità istantanee, da cui si evince che il punto H si sta muovendo molto più velocemente rispetto al punto N , nella simulazione cinematica del moto assoluto dell'intero meccanismo del cavallo.

Una successione di fotogrammi dell'animazione realizzata in ambiente SolidWorks è mostrata nelle Figs. da 4.12-4.21, (sequenze: a), b), c), d), e) e f), g), h), i), l)) del movimento continuo ad un solo grado di libertà con l'unica manovella motrice A_0A .

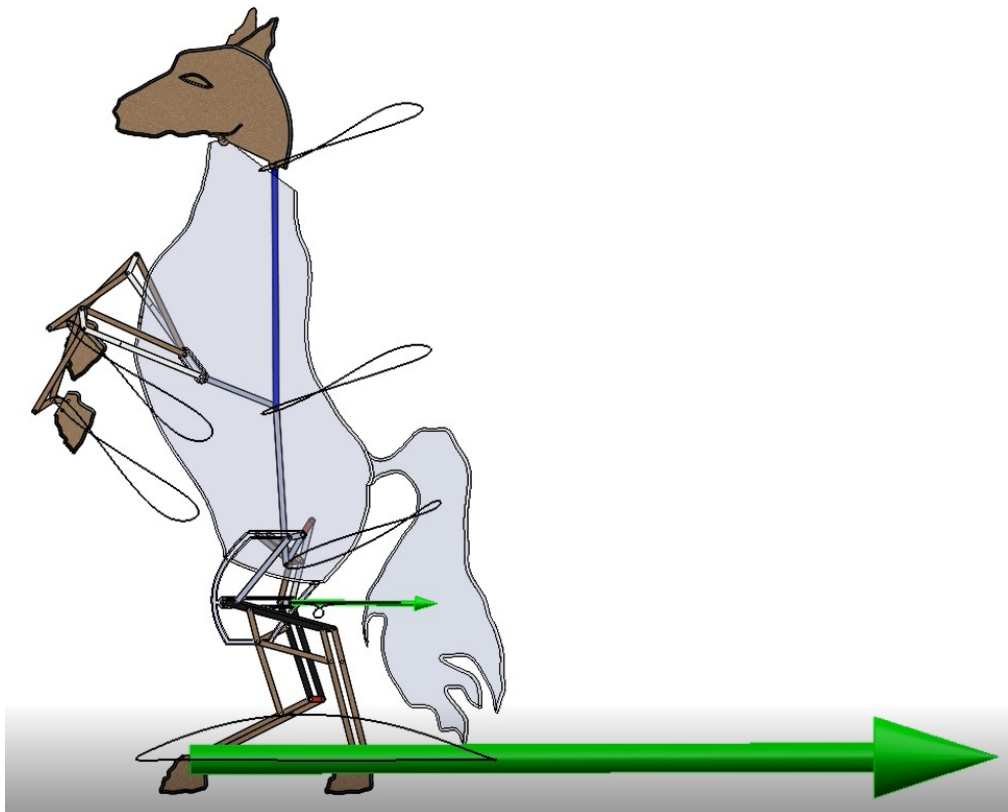


Figura 4. 11 - Meccanismo complessivo: vettori velocità in ingresso e uscita dal pantografo

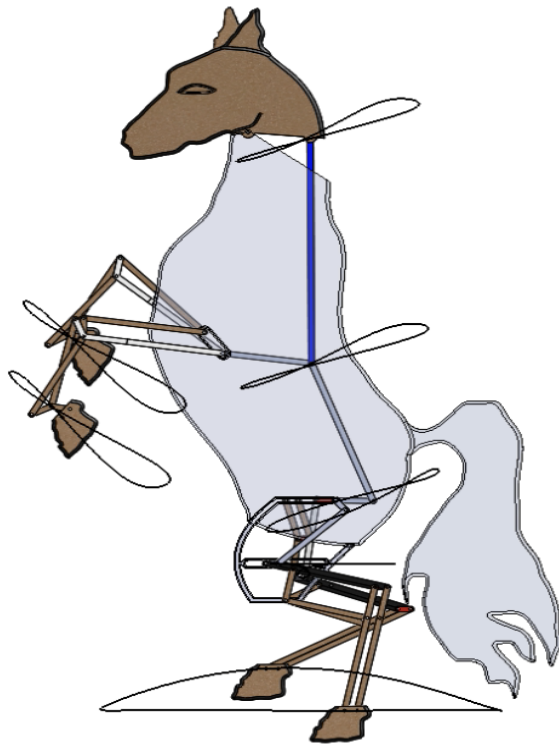


Figura 4. 12 - Meccanismo complessivo: fotogramma a) dell'animazione

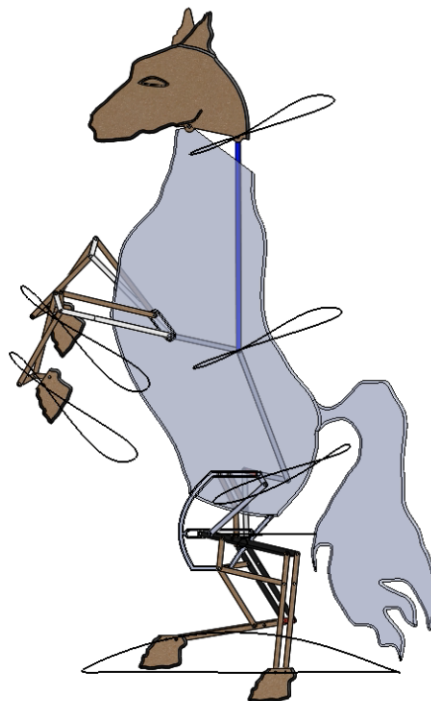


Figura 4. 13 - Meccanismo complessivo: fotogramma b) dell'animazione

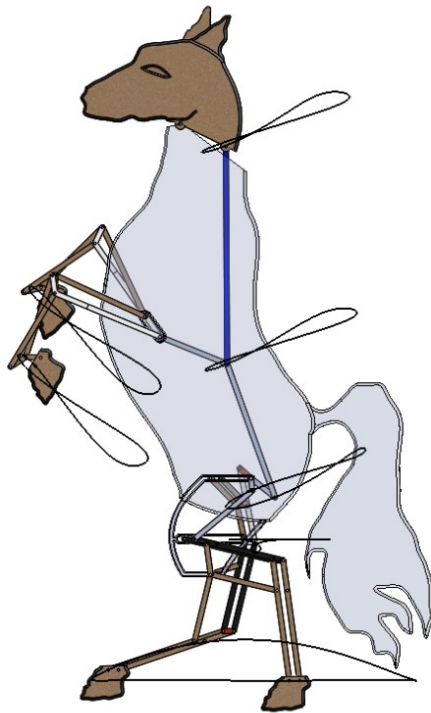


Figura 4.14 - Meccanismo complessivo: fotogramma c) dell'animazione

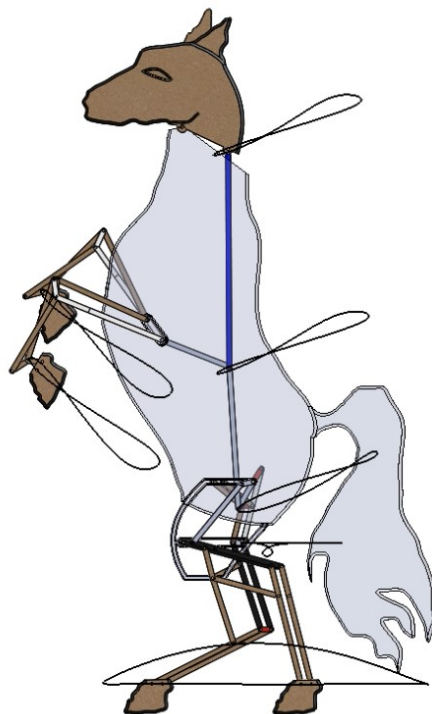


Figura 4.15 - Meccanismo complessivo: fotogramma d) dell'animazione

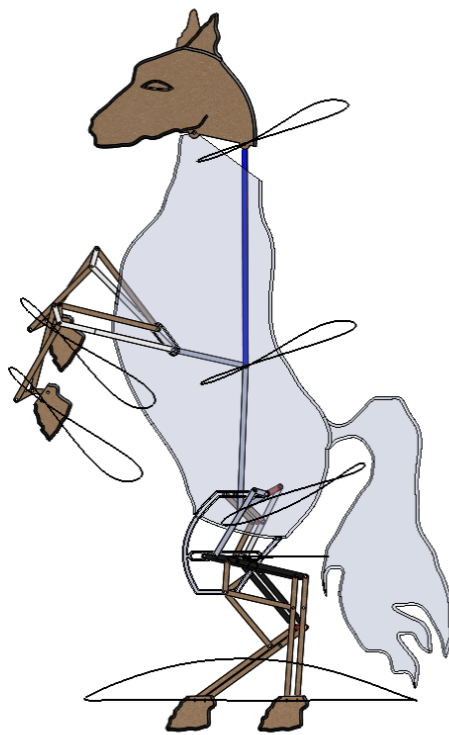


Figura 4. 16 - Meccanismo complessivo: fotogramma e) dell'animazione

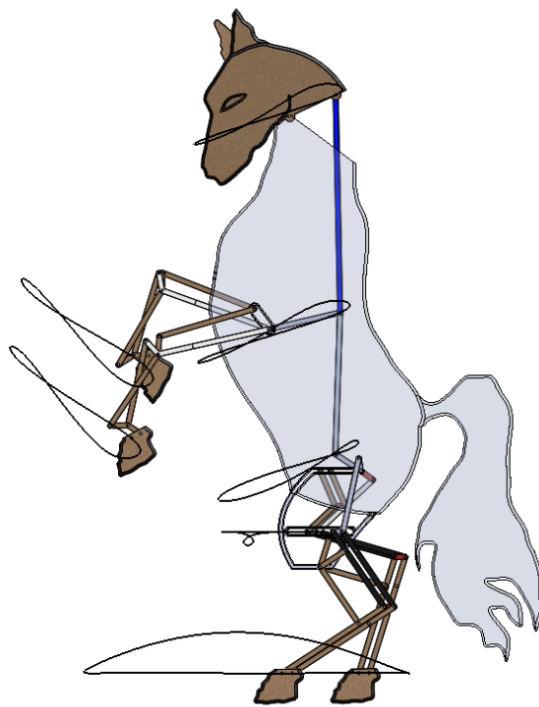


Figura 4. 17 - Meccanismo complessivo: fotogramma f) dell'animazione

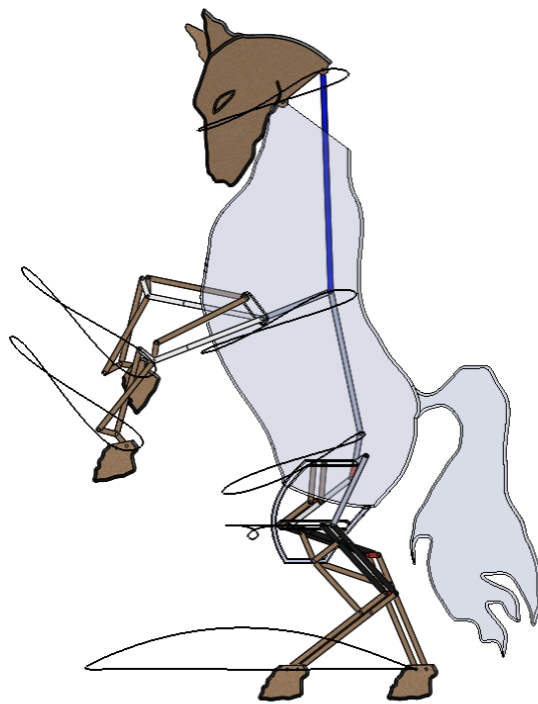


Figura 4. 18 - Meccanismo complessivo: fotogramma g) dell'animazione

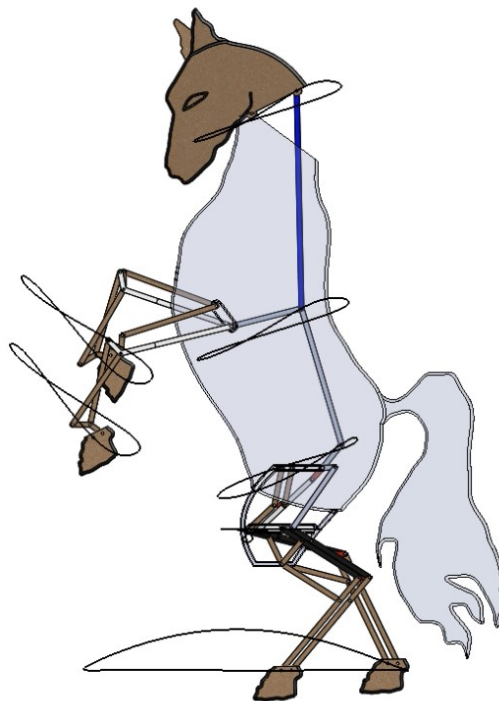


Figura 4. 19 - Meccanismo complessivo: fotogramma h) dell'animazione

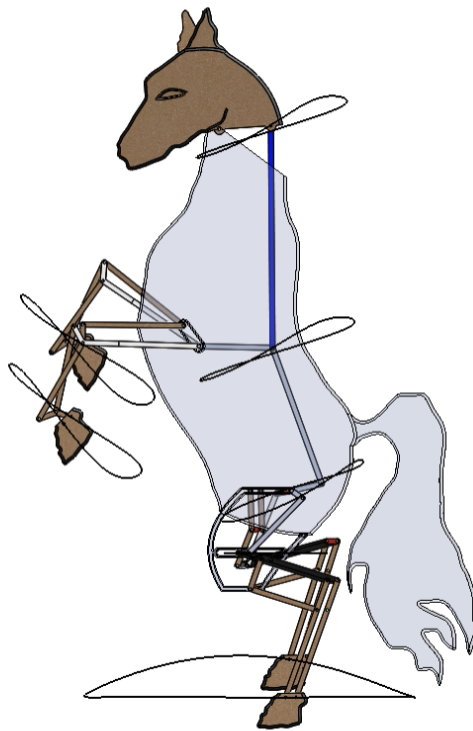


Figura 4. 20 - Meccanismo complessivo: fotogramma i) dell'animazione

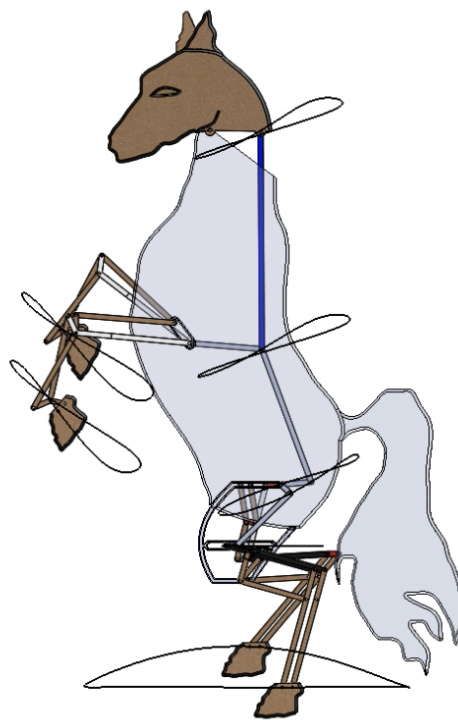


Figura 4. 21 - Meccanismo complessivo: fotogramma l) dell'animazione

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi Dottorale rappresenta un'applicazione scientifica originale e multidisciplinare. Originale perché la combinazione dei meccanismi utilizzati per il movimento dell'intero Cavallo non la si trova in pubblicazioni scientifiche. Multidisciplinare perché il Cavallo imbizzarrito ricostruito in una successione di fotogrammi dell'animazione realizzata in ambiente SolidWorks, è l'espressione più pura di come l'arte possa fondersi con la tecnologia, esattamente come il grande Leonardo Da Vinci aveva sempre ritenuto in molte delle sue manifestazioni tecnico – artistiche.

Il contributo dei due Enti in Co-tutela, Pegaso International e Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, ha significativamente rappresentato, in questo lavoro, un esempio virtuoso di collaborazione scientifica.

Non a caso diverse Accademie delle Belle Arti italiane stanno stringendo accordi con i migliori Politecnici del nostro bel paese, avendo intuito che arte e scienza possono avere bisogno una dell'altra, in un continuo confronto ispirato sempre alla crescita professionale e culturale. In questo senso, nel caso di specie, il Dottorato in “Diritto, Educazione e Sviluppo”, lato Istituto di appartenenza (Pegaso International), si è ben integrato in quello di Metodi, Modelli e Tecnologie per l'Ingegneria, lato Università Ospitante (Cassino), producendo un lavoro che coniuga abilmente l'anima artistica con quella scientifica; il quarto ed ultimo Capitolo della tesi Dottorale descrive all'uopo, il procedimento di sintesi cinematica dell'intero meccanismo articolato piano (*planar linkage*) del cavallo imbizzarrito di Toledo, quale significativo esempio di applicazione dell'Arte Cinetica.

BIBLIOGRAFIA

- Paolo Bolpagni, *Arte cinetica*, Casa Editrice lu.lu 2014.
- G. Mambrini, *Arte cinetica*, Editore D'ambrosio 2006.
- M. Meneguzzo E. Marteo, *Programmare l'arte cinetica*, editore Johan e Levi 2012.
- D. Quaranta, *Sopravvivenza programmata etiche e pratiche di conservazione dell'arte cinetica*, editore Kappabit 2020.
- FLASH ART rivista d'arte contemporanea, fondatore G. Politi H. Kontova Direttore G. Politi.
- S. Cavalier, *Cartoon storia mondiale del cinema d'animazione*, editore Atlante 2012.
- G. Alonge e A. Amaducci, *Passo uno. L'immagine animata dal cinema al digitale*, editore Lindau 2007.
- D. Giurlando, *Fantasmagoria. Un secolo (e oltre) di cinema d'animazione*, editore Marsilio 2017.
- G. Rondolino, *Storia del cinema d'animazione (dalla lanterna magica a Walt Disney)*, editore UTET 2005.
- Claudia Salaris, *Futurismo. L'avanguardia delle avanguardie*, editore Giunti 2018.
- Guido Davico Bonino, *Manifesti futuristi*, editore Rizzoli 2009.
- K.J. Waldron, G.L. Kinzel, *Kinematics, Dynamics, and Design of Machinery*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1999.
- N.P. Chironis, *Mechanisms and Mechanical Devices Source Book*, McGraw-Hill Inc., New York, 1991.
- P.L. Magnani, G. Ruggieri, *Meccanismi per Macchine Automatiche (Mechanisms for Automatic Machines)*, UTET, Torino (1986) (in Italian).
- J.E. Shigley, J.J. Uicker, *Theory of Machines and Mechanisms*, McGraw-Hill Inc., Singapore, 1981.
- Dijksmann, E. A., 1976, *Motion Geometry of Mechanisms*, Cambridge University Press, London, UK. 579.
- Hunt, K. H., 1990, *Kinematic Geometry of Mechanisms*, Oxford University Press, New York. 581.
- Erdman, A. G., and Sandor, G. N., 1990, *Mechanism Design: Analysis and Synthesis*, 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 582.
- Di Benedetto, A., and Pennestrì, E., 1993, *Introduzione alla Cinematica dei Meccanismi (Introduction at the Kinematics of Mechanisms)*, Vol. 1–3, Casa 583 Editrice Ambrosiana, Milan, Italy (in Italian).
- McCarthy, M. J., and Soh, G. S., 2010, *Geometric Design of Linkages*, 2nd ed., (Interdisciplinary Applied Mathematical Series), Springer, New York.
- Figliolini, G., Pennestrì, E., 2015. "Synthesis of quasi-constant transmission ratio planar linkages", *ASME J. of Mechanical Design*, 137 (10), 102301-12 pages.
- Figliolini G., Lanni C., 2019. Jerk and Jounce Relevance for the Kinematic Performance of Long-Dwell Mechanisms. In: Uhl T. (eds) *Advances in Mechanism and Machine Science*. IFToMM WC 2019. *Mechanisms and Machine Science*, vol 73, Springer, Cham, pp. 219-228.