

A cura di  
Enzo Cichello  
Gaia Guardavaccaro

# L'ARTE CINETICA COME STRUMENTO DIDATTICO PER L'ANALISI DEI SISTEMI DI TRASMISSIONE DEL MOTO







**Politecnico  
di Torino**

Dipartimento  
di Architettura e Design

Corso di Laurea in  
Design e Comunicazione Visiva

A.A. 2020/2021

Tesi di Laurea

# **L'Arte Cinetica come strumento didattico per l'analisi dei sistemi di trasmissione del moto**

**Relatore**

Prof. Walter Franco

**Candidati**

Enzo Cichello

s237288

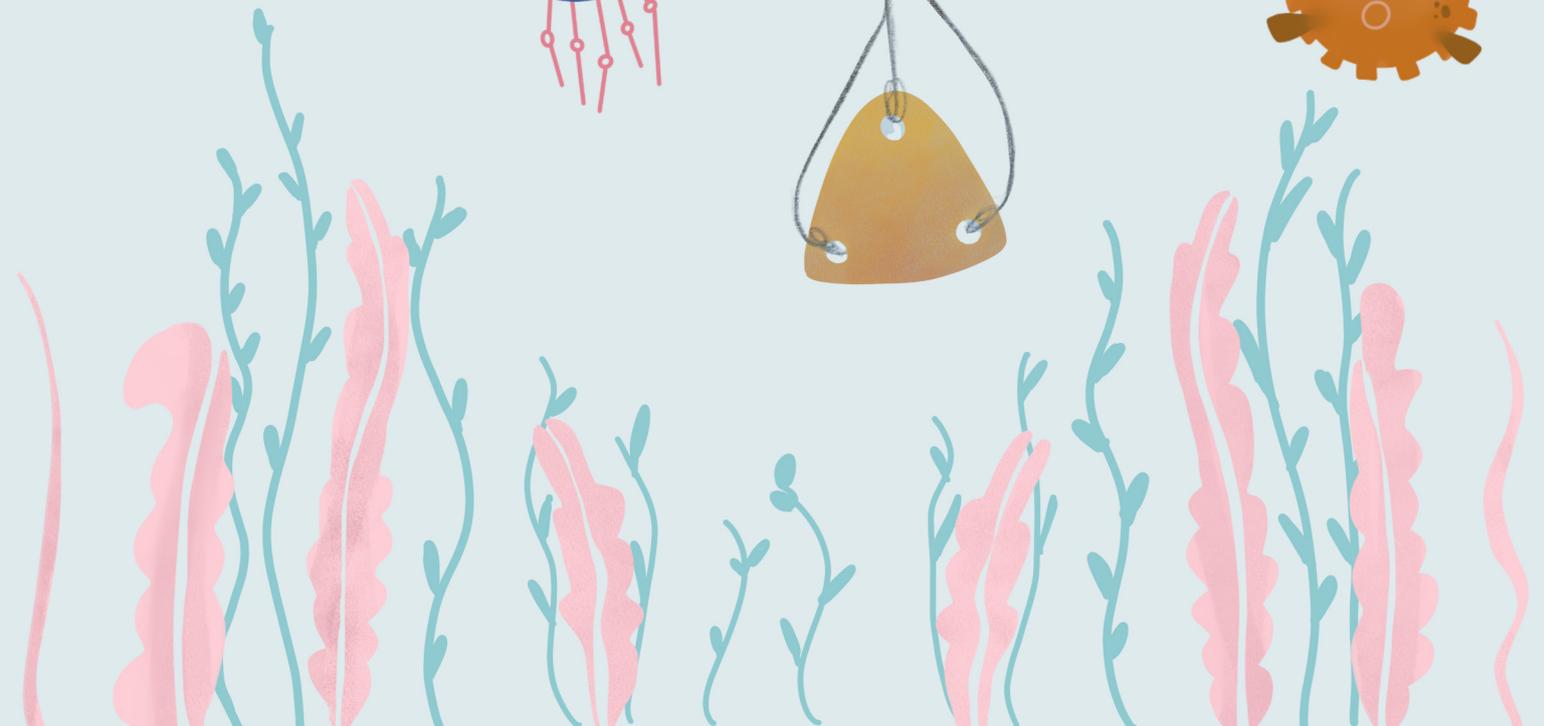
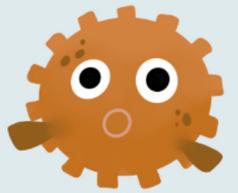
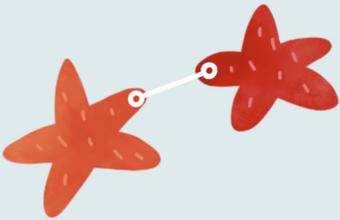
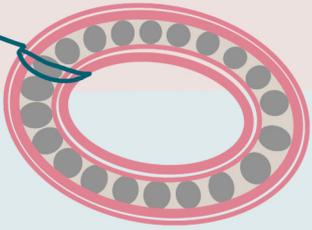
Gaia Guardavaccaro

s233968



*a chi non ha mai smesso di lottare*

SEND  
HELP!



Lo studio della *cinematica* e della *meccanica* rappresenta spesso un grande scoglio per il progettista industriale, che si vede affogare in un mare popolato da strani pesci palla a *ruote dentate*, meduse a *catena cinematica* e innamorate stelle marine che vanno sempre in *coppia rotoidale*. Si sente *vincolato* all'acqua con uno o più *gradi di libertà* e non riesce a stare a galla in quanto al piede ha appesa un pesante *membro ternario* che lo trascina velocemente verso il fondo. Il progettista, in alto mare, si agita sempre di più, ma non conoscendo la meccanica non sa che le sue gambe rappresentano un potente *motore*.

Scopo di questa tesi è fornire un *cuscinetto* di salvataggio al progettista in alto mare e aiutarlo a comprendere la meccanica adoperando un linguaggio che da sempre è caro all'essere umano: *l'arte*.

# INDICE

Introduzione .....	13
--------------------	----

## 1 IL DESIGN DI PRODOTTO TRA ARTE E MECCANICA

1.1 Il designer di prodotto: chi è e cosa fa.....	17
1.2 L'importanza del "saper fare" .....	17
1.3 Il prodotto inserito nello spazio: una comunicazione continua .....	18
1.4 Artista e designer e come l'arte può svolgere un ruolo cruciale nella progettazione di un prodotto.....	18

## 2 L'ARTE CINETICA E LA SUA STORIA

2.1 Arte cinetica: Op Art e Arte Programmata.....	23
2.2 La nascita dell'arte cinetica.....	23
2.3 L'Arte Cinetica contemporanea e la KAO.....	26
2.4 Uno sguardo complessivo: i momenti salienti e il futuro dell'Arte Cinetica.....	26

## 3 FONDAMENTI DI MECCANICA

3.1 Terminologia di base.....	31
3.2 Le tipologie di moto.....	33
3.3 Sistemi di trasmissione e trasformazione del moto.....	34
3.3.1 <i>Meccanismi articolati</i> .....	34
3.3.1.1 <i>Quadrilatero di Grashof</i> .....	34
3.3.1.2 <i>Parallelogramma articolato</i> .....	35
3.3.1.3 <i>Meccanismo biella-manovella</i> .....	35
3.3.1.4 <i>Manovellismo glifo oscillante</i> .....	36
3.3.1.5 <i>Giogo scozzese</i> .....	37
3.3.2 <i>Ruote di frizione</i> .....	37

<b>3.3.3 Ruote dentate</b> .....	38
<b>3.3.3.1 Ruote cilindriche a denti dritti</b> .....	39
<b>3.3.3.2 Ingranaggi conici</b> .....	40
<b>3.3.3.3 Meccanismo vite senza fine - ruota elicoidale</b> .....	40
<b>3.3.3.4 Meccanismo a camma</b> .....	41
<b>3.3.4 Flessibili</b> .....	41
<b>3.3.4.1 Cinghie</b> .....	41
<b>3.3.4.2 Funi</b> .....	43
<b>3.3.4.3 Catene</b> .....	44
<b>3.3.4.4 Rigidezza dei flessibili</b> .....	45
<b>3.3.4.5 Paranchi</b> .....	46
<b>3.3.5 Vite - madre vite</b> .....	47

## 4 OPERE E ANALISI DI TRASMISSIONE DEL MOTO

<b>4.1 Criteri di selezione delle opere</b> .....	51
<b>4.2 Le opere e la loro analisi</b> .....	51
<b>4.2.1 Anemone</b> .....	52
<b>4.2.1.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	53
<b>4.2.2 Ascension</b> .....	54
<b>4.2.2.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	55
<b>4.2.3 Birdsong</b> .....	56
<b>4.2.3.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	57
<b>4.2.4 Char MK</b> .....	58
<b>4.2.4.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	59
<b>4.2.5 Colibrì</b> .....	60
<b>4.2.5.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	61
<b>4.2.6 Cosmographic voyager</b> .....	64
<b>4.2.6.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	65
<b>4.2.7 De Rode Draad</b> .....	66
<b>4.2.7.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	67

<b>4.2.8 Field</b> .....	68
<b>4.2.8.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	69
<b>4.2.9 Gear wall</b> .....	70
<b>4.2.9.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	71
<b>4.2.10 Gramophone</b> .....	72
<b>4.2.10.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	73
<b>4.2.11 Hamlet</b> .....	74
<b>4.2.11.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	75
<b>4.2.12 Happy apple tree</b> .....	76
<b>4.2.12.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	77
<b>4.2.13 Lift</b> .....	78
<b>4.2.13.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	79
<b>4.2.14 Machine with eggshells</b> .....	80
<b>4.2.14.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	81
<b>4.2.15 Meta-Matic n.10</b> .....	82
<b>4.2.15.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	83
<b>4.2.16 Plaudens vela</b> .....	84
<b>4.2.16.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	85
<b>4.2.17 Relativetimepieces</b> .....	86
<b>4.2.17.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	87
<b>4.2.18 Sisyphus</b> .....	88
<b>4.2.18.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	89
<b>4.2.19 Solstice clock</b> .....	90
<b>4.2.19.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	91
<b>4.2.20 Spinning heart machine</b> .....	92
<b>4.2.20.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	93
<b>4.2.21 The nose knows</b> .....	94
<b>4.2.1.1.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	95
<b>4.2.22 The unwelcome dinner guest</b> .....	96
<b>4.2.2.1.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	97
<b>4.2.23 Ticker</b> .....	98
<b>4.2.23.1 Analisi trasmissione del moto</b> .....	99

4.2.24 <i>Two flags</i> .....	100
4.2.24.1 <i>Analisi trasmissione del moto</i> .....	101
4.2.25 <i>Variable applause machine</i> .....	102
4.2.25.1 <i>Analisi trasmissione del moto</i> .....	103

## 5 CONSIDERAZIONI FINALI.....107

<b>Ringraziamenti</b> .....	109
<i>Enzo</i> .....	111
<i>Gaia</i> .....	113
<b>Bibliografia</b> .....	115
<b>Sitografia</b> .....	117
<b>Filmografia</b> .....	120
<b>Immagini</b> .....	121



# INTRODUZIONE

Tutto è in movimento, persino la terra su cui poggiamo i piedi: non lo sembra, eppure lo è. Questo perché i movimenti non sono tutti uguali: ci sono movimenti più timidi e impercettibili, come i petali di un fiore che si aprono al nuovo giorno ed altri irrompenti ed egocentrici, come il battito d'ali di un falco.

Tutti i progetti nascono in un mondo bidimensionale, su carta o sullo schermo di un pc, ma sono destinati a far parte di un mondo in tre dimensioni. Proprio come l'essere umano, si **muovono e reagiscono alle sollecitazioni esterne**: sono fatti per essere utilizzati e non per esser inchiodati al muro, pertanto è fondamentale comprendere come questi si debbano muovere in armonia con lo spazio che li circonda.

Le discipline che si occupano rispettivamente dell'equilibrio e del moto dei corpi sono la statica e la meccanica. Spesso appaiono al designer, abituato ad avere sempre le mani in pasta, come materie puramente teoriche e **noiose**, piene di **numeri e calcoli fini a se stessi**. Di conseguenza il designer, annoiato da cotanta teoria, percepisce tali discipline inutili e distanti dalla propria professione.

**Tematica affrontata** in questo studio sono i **sistemi di trasmissione del moto**, base del movimento e tipici della disciplina della **meccanica**.

**Scopo** di codesta tesi è **avvicinare il designer** a questa materia con un **approccio differente**, in cui viene mostrata non solo la teoria ma anche la sua applicazione pratica, servendosi dell'**arte** come strumento per incuriosire, affascinare e stimolare.



*“Design is the method of putting form and content together. Design, just as art, has multiple definitions, there is no single definition. Design can be art. Design can be aesthetics. Design is so simple, that’s why it is so complicated.”*

*Paul Rand*

**IL DESIGN  
DI PRODOTTO  
TRA ARTE E  
MECCANICA**



Il **design** è una disciplina **dinamica**, è il letto di un fiume che prende vita da due sorgenti distinte tra loro, che si ritrovano poi a danzare in armonia lungo lo stesso alveo per poi sfociare nel mare della conoscenza. Allo stesso modo l'approccio artistico-umanistico e quello tecnico-scientifico trovano il loro punto d'incontro nella figura del designer che, servendosi di entrambe le discipline, le mette in relazione. Il design, dunque, è la disciplina della **relazione**, del **dialogo**. In questo capitolo, dopo aver illustrato la figura del designer, sono discussi:

- da un lato l'apporto **tecnico-scientifico** con un focus particolare sulle discipline che regolano l'equilibrio e il movimento, marcando l'importanza di tali conoscenze per il designer;
- dall'altro l'apporto **artistico-umanistico**, con focus sulla funzione dell'arte nel design, e di come il suo linguaggio possa raggiungere lo scopo didattico, obiettivo del lavoro di tesi.

## 1.1 Il designer di prodotto: chi è e cosa fa

Alla luce di quanto affermato qualche riga più su, sorge spontaneo associare l'immagine del designer non più all'idea di creativo, ma di **creatore di relazioni**. Nello specifico il designer di prodotto coadiuva il lato espressivo a quello tecnico per progettare o anche solo migliorare un prodotto, relazionando gli *aspetti estetici* quali forma, colore, espressività, gli *aspetti umanistici* come l'ergonomia, l'interazione con l'utente e quelli *tecnici* come lo studio statico/ dinamico, i materiali impiegati, la produzione e lo smaltimento.

## 1.2 L'importanza del "saper fare"

Nel libro *Da cosa nasce cosa*, riguardo al saper progettare, Bruno Munari afferma:

*"Progettare è facile quando si sa come si fa. Tutto diventa facile quando si conosce il modo di procedere per giungere alla soluzione di qualche problema, e i problemi che si presentano nella vita sono infiniti: problemi semplici che sembrano difficili perchè non si conoscono e problemi che sembrano impossibili da risolvere." (Munari, 1992).*

Il libro appena citato si sofferma sul metodo progettuale, ma dalle parole di Munari traspare l'importanza del *saper fare*, del *saper operare*.

Il designer di prodotto, come qualsiasi altra figura lavorativa, per poter operare ha bisogno di conoscenze e di rigore. Lo **studio dei movimenti** e delle **forze che determinano il moto** è fondamentale in quanto, come vedremo, ogni progetto è destinato a vivere in un mondo in tre dimensioni, un mondo dinamico.

### 1.3 Il prodotto inserito nello spazio: una comunicazione continua

La vita ci insegna che **siamo soggetti all'azione di forze** già dalla nascita. Appena nati sfidiamo la forza di gravità aggrappandoci alle pareti del box o al mobile del soggiorno a cui mamma tiene tanto, nella goffa speranza di riuscire a mettere un passo dietro l'altro senza cadere. Nel momento in cui i genitori rimuovono le ruote di ausilio dalla nostra bicicletta ci accorgiamo che non è più così semplice mantenere l'equilibrio; stessa cosa vale quando mettiamo da parte i braccioli e ci rendiamo conto che non è scontato restare a galla.

Quante volte si cade prima di imparare a camminare? Quante ginocchia ci si sbuccia prima di acquisire l'equilibrio in bicicletta? Quanta acqua si beve prima di imparare a nuotare? Tutto questo ci insegna che, volenti o nolenti, si è costantemente sottoposti all'azione di forze e solo facendo esperienza, comunicando con l'ambiente esterno si riesce ad apprendere la *tecnica*.

Allo stesso modo qualsiasi oggetto ha a che fare col mondo esterno: un quadro deve restare appeso alla parete senza cadere, un tavolo con piano a ribalta deve potersi richiudere per eliminare l'ingombro, un ombrello deve aprirsi per riparare dalla pioggia e resistere alle sollecitazioni del vento. Gli oggetti però, a differenza dell'essere umano, non possono apprendere da soli, ed è proprio per questo che la meccanica viene in nostro aiuto.

Durante la progettazione lo **studio del movimento** è fondamentale per far sì che l'oggetto si muova **secondo le direttive del progettista**, che ha avuto modo di conoscere le forze e le componenti del movimento durante gli studi.

### 1.4 Artista e designer e come l'arte può svolgere un ruolo cruciale nella progettazione di un prodotto

Sorge spontaneo chiedersi: *<Perché adoperare proprio l'arte come strumento? Cosa ha in comune con il design?>*

In effetti **artista** e **designer** sono due **professioni** nettamente **differenti**, ma con una **caratteristica comune** molto importante.

Nel 1979 Bruno Munari mette per iscritto le principali **differenze tra l'artista e il progettista industriale**. Tali differenze si possono sintetizzare come segue (Munari, 1979):

- l'artista lavora in solitudine, il designer in gruppo
- l'artista opera per l'élite, il designer per la comunità
- il lavoro dell'artista è frutto di emozioni improvvisi, il designer opera per risolvere un

problema esistente

- per l'artista l'estetica è tutto, per il designer invece l'estetica è il risultato logico legato alla soluzione del problema.

Nonostante tutte queste differenze, l'artista e il designer hanno una caratteristica in comune molto importante: la *comunicazione*.

L'arte nasce proprio dal bisogno di comunicare, di esternare le proprie emozioni, i propri pensieri e stati d'animo. La risposta a questa comunicazione è però **soggettiva**, in quanto ogni spettatore coglie nell'opera d'arte una sfumatura differente ed elabora una propria idea.

Nel design la comunicazione è altrettanto importante, se non decisiva, ma è **oggettiva**: l'utilizzatore deve comprendere senza difficoltà la funzione del prodotto. La capacità di un prodotto di comunicare con l'utilizzatore è un fattore molto importante, chiamato *affordance*. Padre di questo termine è lo psicologo statunitense James Gibson, che nel 1979 lo impiega per la prima volta nella sua opera "Un approccio ecologico alla percezione visiva". L'*affordance* è dunque una qualità fisica dell'oggetto, che suggerisce all'utilizzatore le modalità più appropriate per adoperarlo.



*“Kinetic Art was created by artists who pushed the boundaries of traditional, static art forms to introduce visual experiences that would engage the audience and profoundly change the course of modern art”*

*Theo Jansen*

**L'ARTE  
CINETICA  
E LA SUA  
STORIA**



Prima di illustrare le opere, scomporle e analizzarle dal punto di vista meccanico, è opportuno analizzare lo **scenario storico-artistico** in cui tali creazioni si collocano. L'analisi dello scenario, infatti, è un tema estremamente importante per il designer non solo nella creazione, ma anche nell'analisi dell'esistente. A tal proposito nei seguenti paragrafi verrà illustrato il movimento di Arte Cinetica attraverso le sue **caratteristiche**, i suoi **obiettivi principali** e la sua evoluzione durante gli anni in modo da fornire al designer uno **strumento atto a comprendere l'espressività delle opere presentate**.

## 2.1 Arte Cinetica: Op Art e Arte Programmata

L'Arte Cinetica è un movimento artistico nato in Europa alla **fine degli anni '60 del XX Secolo**. Il termine *cinetico* deriva dal greco kinētikós, derivato di kinêin, che significa "muovere", difatti la corrente artistica si basa sull'introduzione del **movimento** nell'opera d'arte, non in termini di rappresentazione (come lo era stato per il Futurismo), ma in **termini concreti**. L'Arte Cinetica possiede **numerose sfumature**, come evidenziato dal critico Frank Popper in "*Origins and development of Kinetic Art*" (Popper, 1968) [fig. 2.3] e che si possono sintetizzare come segue:

- il movimento è frutto di una **reazione psico-fisica**, ovvero l'opera d'arte ricorre ad espedienti percettivi e rende partecipe lo spettatore del risultato finale. Questo tipo di arte si evolverà sotto il nome di **Optical Art**, ovvero arte che si esprime attraverso illusioni ottico-percettive.
- il movimento è **proprio dell'opera**: gli oggetti si muovono nello spazio tridimensionale grazie all'ausilio di **meccanismi** più o meno complessi e possono prendere vita con o senza l'ausilio dello spettatore. Questo ramo sarà denominato **Arte Cinetica o Programmata** in Italia e **Kinetic Art** nel resto del mondo.

È fondamentale quindi comprendere la differenza tra le due sfumature dell'Arte Cinetica in quanto in questa trattazione saranno prese in considerazione tutte quelle **opere dotate di un meccanismo**, pertanto appartenenti all'**Arte Programmata**.

## 2.2 La nascita dell'Arte Cinetica

Questa nuova corrente artistica mette le sue radici nel dopoguerra, guidata dallo **sviluppo tecnologico** e dalla passione per il **movimento**, ereditato dal Futurismo. Come scrive Paolo Bolpagni, infatti, <<L'intento è di superare la nozione tradizionale di arte come espressione, e di puntare al coinvolgimento dello spettatore non sul piano puramente formale o emozionale, ma su quello percettivo e psicologico>> (Bolpagni, 2014).

Precursori del movimento nascente sono **Bruno Munari** con le sue Macchine inutili e **Alexander Calder** con i Mobiles. Entrambe le creazioni, infatti, possono essere presentate come un insieme di elementi bidimensionali collegati tra di loro, che si muovono nel vuoto per mezzo di fenomeni naturali.

Già nel 1952, con il *Manifesto del Macchinismo*, Bruno Munari invitava i suoi colleghi ad abbandonare la “*polverosa tavolozza*” e conciliare l’arte con le macchine.

*“Il mondo, oggi, è delle macchine.*

*Noi viviamo in mezzo alle macchine, esse ci aiutano a fare ogni  
cosa, a lavorare e a svagarsi. Ma cosa sappiamo noi dei loro  
umori, della loro natura, dei loro difetti animali, se non attraverso  
cognizioni tecniche, aride e pedanti?*

*Le macchine si moltiplicano più rapidamente degli uomini,  
quasi come gli insetti più prolifici; già ci costringono  
ad occuparci di loro, a perdere molto tempo per le loro cure,  
ci hanno viziati, dobbiamo tenerle pulite, dar loro da mangiare  
e da riposare, visitarle continuamente, non far loro mai mancar nulla.*

*Fra pochi anni saremo i loro piccoli schiavi.*

*Gli artisti sono i soli che possono salvare l’umanità da questo pericolo.*

*Gli artisti devono interessarsi delle macchine,  
abbandonare i romantici pennelli, la polverosa tavolozza, la tela e il telaio;  
devono cominciare a conoscere l’anatomia meccanica, il linguaggio meccanico,  
capire la natura delle macchine, distrarle  
facendole funzionare in modo irregolare, creare opere d’arte  
con le stesse macchine, con i loro stessi mezzi.*

*Non più colori a olio ma fiamma ossidrica, reagenti chimici,  
cromature, ruggine, colorazioni anodiche, alterazioni termiche.  
Non più tela e telaio ma metalli, materie plastiche, gomme e resine sintetiche.*

*Forme, colori, movimenti, rumori del mondo meccanico  
non più visti dal di fuori e rifatti a freddo, ma composti armonicamente.*

*La macchina di oggi è un mostro!*

*La macchina deve diventare un’opera d’arte!*

*Noi scopriremo l’arte delle macchine!”*

*(Munari, 1952)*

Fondamentale per l'Arte Cinetica è l'anno 1955, in cui si tiene la mostra *Le Mouvement* presso la *Galerie Denise Rene di Parigi* [fig.2.1]. A questo evento prendono parte personaggi di grande rilievo come il già citato **Alexander Calder**, lo scultore svizzero **Jean Tinguely** e il pittore-scultore venezuelano **Jesus Rafael Soto**. Nella mostra parigina, oltre ad emergere artisti cinetici, iniziano a delinearsi anche le *due diramazioni dell'Arte Cinetica*: da un lato la ricerca dell'**illusione ottica** e dall'altro il **movimento reale**. A coronamento della mostra fu redatto il libro "*Le Mouvement, The Movement*" (Bordier, 1955).



[fig. 2.1] Mostra Le Mouvement del 1955 a Parigi

I fine anni '50 e inizio '60 sono molto prolifici, infatti vedono la nascita non solo di numerosi gruppi, ma anche di mostre e manifesti riguardanti il movimento.

Nel 1959 in Italia nasce il **Gruppo T**, che nell'anno successivo organizza la prima mostra italiana, *Mirrorama 1*, alla Galleria Pater di Milano. Negli stessi anni sorgono in Germania il **Gruppo ZERO** guidato da Otto Piene (fondato 1957) e il **GRAV** (Gruop de Recherche d'Art Visuel) in Francia (1960).

Nel 1959, con il suo manifesto *Für Statik*, **Jean Tinguely** loda il movimento ed esorta l'abbandono della staticità con le seguenti parole: <<Tutto si muove. L'immobilità non esiste. Non lasciatevi dominare da antiquati concetti di tempo>> e ancora <<... Resistete alla paura angosciosa che vi porta a fermare il movimento, a pietrificare gli istanti e ad uccidere ciò che è vivo ... Smettetela di dipingere il tempo. Smettetela di costruire cattedrali e piramidi destinate a cadere in rovina.>> (Tinguely, 1959).

Nel corso degli anni '60 l'Arte Cinetica si diffonde dall'Europa al resto del mondo, facendo emergere artisti di rilievo come **George Rickey**, negli Stati Uniti e **Abraham Palatnik**, nell'America Latina.

## 2.3 L'Arte Cinetica contemporanea e la KAO

Nel 2011 lo scultore cinetico svizzero **Ralfonso Gschwend** fonda, assieme ad altri due artisti cinetici, la **KAO**, ovvero Kinetic Art Organization. L'associazione conta più di 1.000 membri sparsi in più di 60 Paesi del mondo, rendendo così la KAO la più grande associazione di Arte cinetica in tutto il mondo (Ralfonso, 2020).

Grazie alla collaborazione con Debby Coles-Dobay, public art professional, sono nate la *Kinetic Art Exhibit* e il *Symposium*. I due, infatti, sostengono l'Arte cinetica non solo come espressione artistica, ma anche come momento di condivisione. Obiettivo dell'associazione è quindi non solo raggruppare gli artisti e gli appassionati, ma creare confronto proprio grazie alla domanda che ci viene in mente quando osserviamo un'opera d'arte cinetica: <<Com'è fatto? Come si muove?>>.

Il movimento artistico non si è esaurito nel corso degli anni, anzi ha portato ad un numero sempre crescente di artisti sparsi in tutto il mondo.

## 2.4 Uno sguardo complessivo: i momenti salienti e il futuro dell'Arte Cinetica

Nella *figura 2.2* sono stati riportati lungo una **linea temporale** i momenti salienti che hanno portato allo sviluppo del movimento di Arte Cinetica. È possibile notare come tale movimento sia stato preceduto da **idee** espresse mediante manifesti già **a inizio anni '50** e si sia tramutato in **concrete associazioni sul finire degli anni '50 / inizio anni '60**. Da quel momento in poi il movimento non si è più esaurito, anzi ha portato, grazie alle tecnologie emergenti, a forme di espressione del movimento in linea con il contemporaneo. Grazie alla **KAO** e ai nuovi mezzi di comunicazione, è venuta a crearsi una rete di personaggi interconnessi in tutto il mondo, volti alla ricerca dell'espressione attraverso il movimento, grande costante della società odierna. Sul sito web *kineticus.org* è possibile consultare il database degli artisti cinetici e tenere traccia delle new entry.

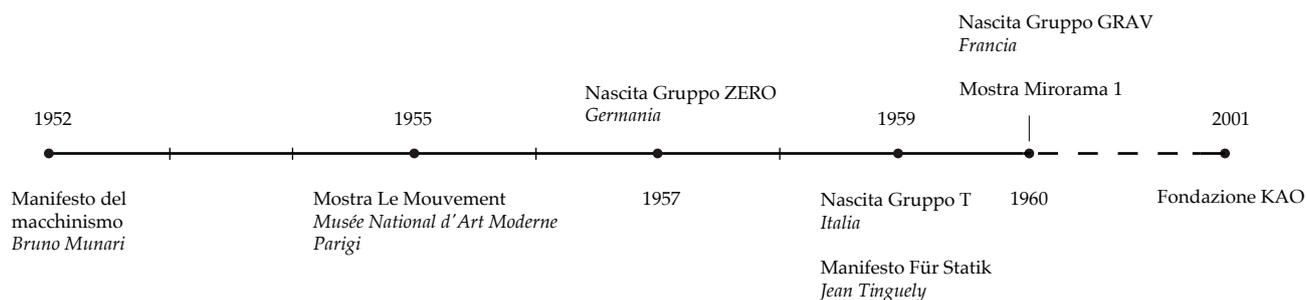
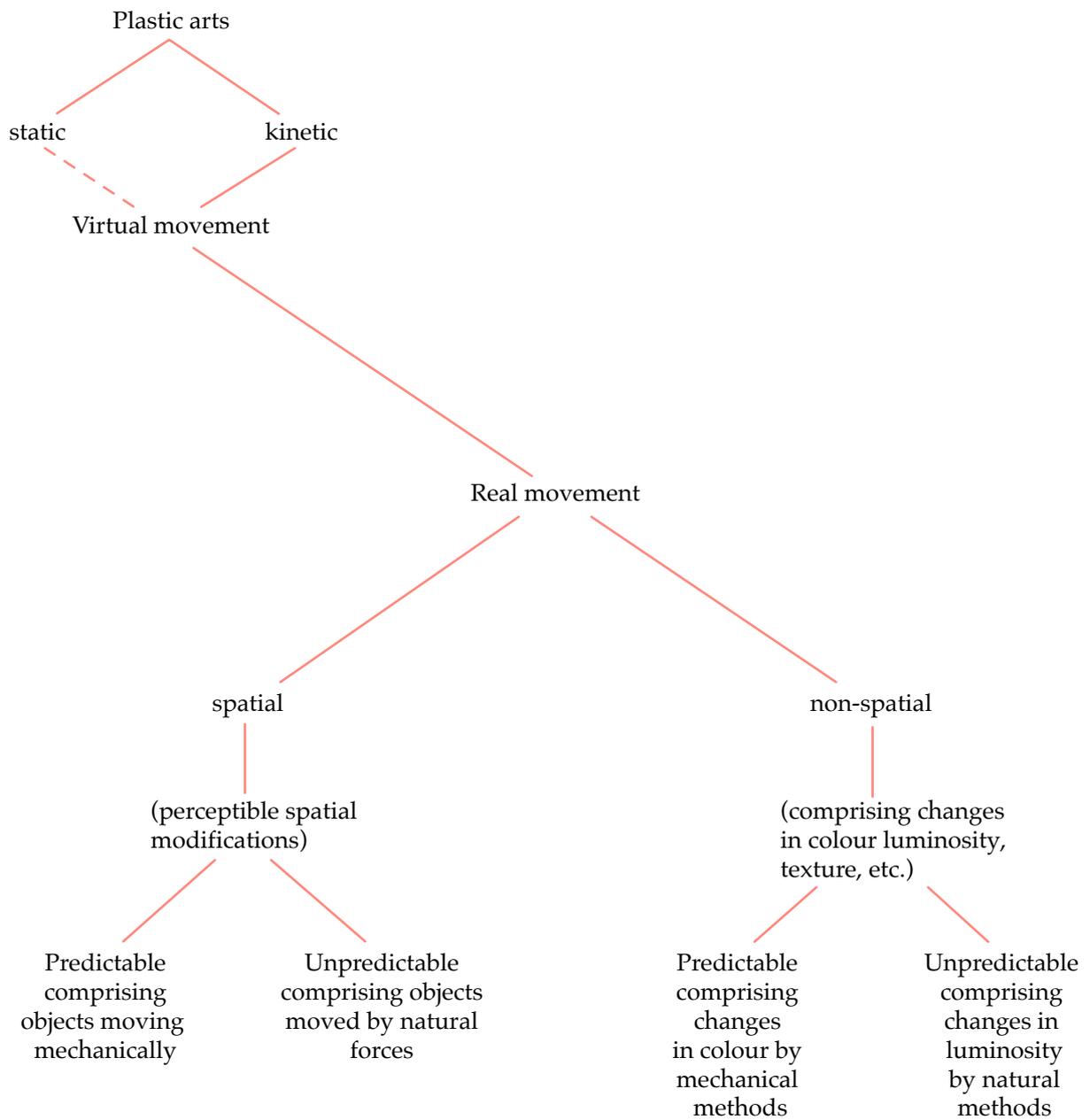


Fig. 2.2 Linea del tempo



[fig. 2.3] Classificazione dell'Arte Cinetica secondo Popper Frank



*“The wall between art And Engineering exists only in the mind ”*

*Theo Jansen*

**FONDAMENTI  
DI  
MECCANICA**

**3**

Per poter realizzare un movimento desiderato è opportuno operare con criterio, ed è qui che viene in nostro aiuto la **meccanica applicata**, quel ramo dell'ingegneria che si occupa dello studio dei dispositivi meccanici servendosi della meccanica teorica. Le creazioni d'Arte Cinetica, prima ancora di essere opere sono delle macchine, che mostrano la loro utilità non nel campo pratico ma in quello espressivo.

Oggetto di questo capitolo è il tema della **trasmissione e trasformazione del moto**.

### 3.1 Terminologia di base

Prima di entrare nel cuore dei sistemi di trasmissione del moto è opportuno fissare alcune definizioni basilari ma di estrema importanza per comprendere la trattazione successiva.

**Elemento cinematico:** è la zona di un membro che permette il collegamento con un altro membro e di conseguenza il moto relativo.

**Membro:** corpo rigido che presenta almeno un elemento cinematico.

**Molteplicità di un membro:** numero di elementi cinematici presenti sul membro. Si parla dunque di membri binari, ternari, etc.

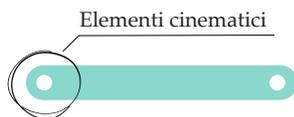


Fig. 3.1 Membro binario

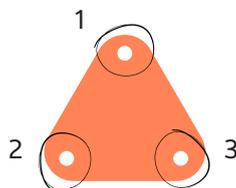


Fig. 3.2 Membro ternario



Fig. 3.3 Membro quaternario

**Coppia cinematica:** sistema di due membri collegati attraverso elementi cinematici che ne definiscono il tipo di moto relativo. Secondo la classificazione di Reuleaux le coppie cinematiche possono essere *inferiori* se il contatto che si verifica è di tipo superficiale o *superiori* per contatti puntiformi o lineari.

**Gradi di libertà di una coppia cinematica:** numero di parametri indipendenti necessari per definire la posizione relativa tra due membri che la costituiscono.

**Molteplicità di una coppia cinematica:** numero di membri collegati meno uno.

**Catena cinematica:** insieme di membri collegati tra di loro per mezzo di elementi cinematici. Una catena cinematica può essere aperta [fig. 3.4] se almeno un membro presenta un solo elemento cinematico, oppure chiusa [fig.3.5] se tutti i membri hanno almeno molteplicità due.



Fig. 3.4 Catena cinematica aperta

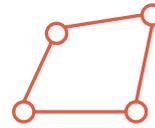


Fig. 3.5 Catena cinematica chiusa

**Telaio:** membro fisso di una catena cinematica.

**Meccanismo:**

- insieme di corpi collegati in modo da poter trasmettere o comunque rappresentare un moto relativo
- catena cinematica in cui un membro è vincolato al telaio
- sistema atto a trasmettere e trasformare il moto.

**Meccanismo articolato:** meccanismo che presenta solo coppie rotoidali e prismatiche.

**Movente:** membro del meccanismo sul quale agiscono le forze esterne che servono ad azionarlo. Tali forze compiono lavoro positivo, detto anche lavoro motore.

**Cedente:** membro del meccanismo sul quale agiscono le forze esterne che compiono lavoro negativo, detto lavoro resistente.

**Macchina:** meccanismo con cedente in grado di compiere lavoro lungo una data traiettoria.

**Manovella:** membro che compie rotazione intera intorno al punto fisso del telaio [fig. 3.6].

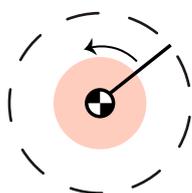


Fig. 3.6 Manovella

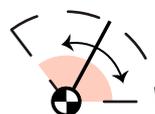


Fig. 3.7 Bilanciere

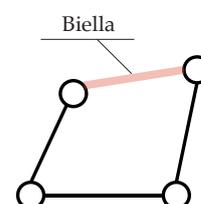


Fig. 3.8 Biella

## 3.2 Le tipologie di moto

Il moto può essere considerato sotto un aspetto **temporale** ed uno **spaziale**. Per quanto riguarda l'aspetto temporale esistono due tipi di moto: **intermittente** se si arresta per un intervallo di tempo prima che inizi il ciclo successivo e **continuativo** se è costante nel tempo. Secondo il profilo spaziale, invece, il moto si distingue in: **alternativo** se durante il ciclo il moto si inverte, **unidirezionale** se la grandezza cinematica aumenta e **a passo di pellegrino** se presenta un esteso movimento iniziale seguito poi da un movimento più corto nel senso opposto.

Ponendo sull'asse delle ordinate la componente spaziale e sull'asse delle ascisse quella temporale è possibile schematizzare i diversi tipi di moto come segue [fig. 3.9]:

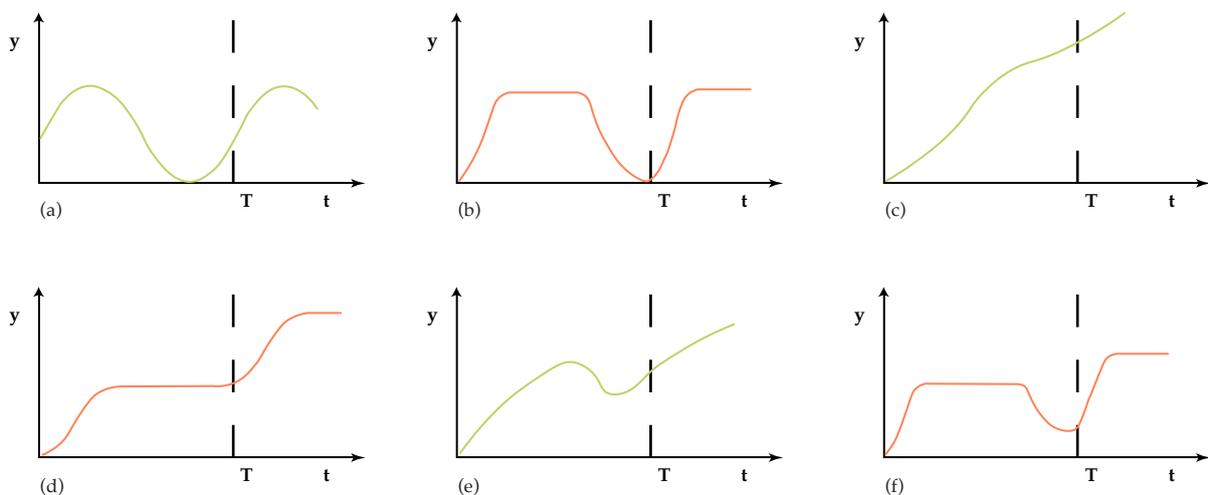
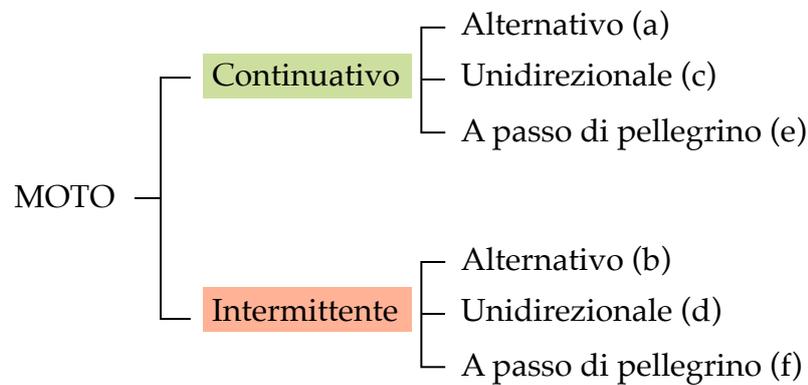


Fig. 3.9 Le principali tipologie di moto

### 3.3 Sistemi di trasmissione e trasformazione del moto

Per poter comprendere il movimento è opportuno conoscere i principali elementi di trasmissione e trasformazione del moto.

La **trasmissione** del moto si verifica da *movente* a *cedente* e, quando trasmette il moto cambiandone le proprietà cinematiche e dinamiche si parla di **trasformazione** del moto.

I sistemi più comuni saranno trattati qui di seguito e sono: i *meccanismi articolati*, le *ruote di frizione*, le *ruote dentate*, i *flessibili* e i sistemi *vite-madrevite*.

#### 3.3.1 Meccanismi articolati

Un meccanismo articolato è una catena cinematica che presenta solo coppie rotoidali e prismatiche. Se gli assi delle coppie rotoidali sono paralleli tra loro e perpendicolari al piano contenente gli assi delle coppie prismatiche, tutti i membri si muovono parallelamente ad und stesso piano e quindi si ottiene un meccanismo articolato piano.

In questa categoria rientrano:

##### 3.3.1.1 Quadrilatero di Grashof

Un quadrilatero articolato è composto da quattro membri:

- un movente (manovella o bilanciere)
- un cedente (manovella o bilanciere)
- una biella
- un telaio

Dette:

**L** lunghezza del membro più lungo (longest)

**S** lunghezza del membro più corto (shortest)

**P** e **Q** lunghezza dei due restanti membri

se:

$$S+L \leq P + Q$$

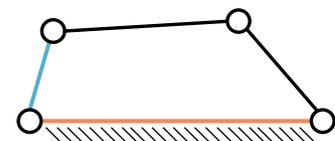


Fig. 3.10 Quadrilatero di Grashof

il quadrilatero si dice **di Grashof** [fig. 3.10].

Nel caso in cui tale disuguaglianza non fosse verificata il quadrilatero è detto **non di Grashof**.

È possibile quindi prevedere se un'asta del quadrilatero si comporterà da manovella o da bilanciere. In un quadrilatero di Grashof:

- ci sono una manovella e un bilanciere quando il lato più corto è manovella ed è adiacente

al telaio

- ci sono due manovelle se il telaio è il lato più corto

- ci sono due bilancieri se la biella è il lato più corto.

Nei quadrilateri non di Grashof riscontriamo sempre due bilancieri.

### 3.3.1.2 Parallelogramma articolato

Quando i membri più corti hanno egual lunghezza il sistema diviene un parallelogramma articolato [fig. 3.11] e tali membri rimangono sempre paralleli tra loro.

$$AB=DC \text{ e } BC=AD$$

$$AD // BC \text{ e } DC // AB$$

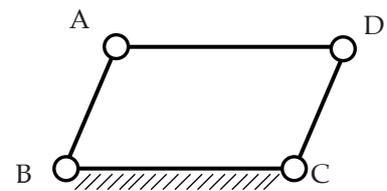


Fig. 3.11 Parallelogramma articolato

### 3.3.1.3 Meccanismo biella-manovella

Il meccanismo biella manovella [fig.3.12] è costituito da **due membri binari** che sono **incernierati nel punto B**. Il **membro più corto (O-B)**, viene chiamato **manovella** ed ha **lunghezza  $r$**  (raggio di manovella) mentre il secondo **membro (B-P)** è chiamata **biella** ed ha **lunghezza  $l$** . La **manovella** ruota intorno ad un punto fisso O detto piede di manovella ed è in grado di eseguire una **rotazione completa**.

La prima estremità della **biella** è **incernierata alla manovella nel punto B**, mentre l'altra estremità è **incernierata al corsoio nel punto P** ed è libera di scorrere all'interno di una guida descrivendo un **moto rettilineo di tipo alternato**.

Il meccanismo biella manovella serve dunque per trasformare il **moto circolare** della manovella nel **moto rettilineo alternato** del corsoio e viceversa.

I punti **P<sub>ms</sub>** e **P<sub>mi</sub>**, rappresentano rispettivamente il punto più esterno ed il punto più interno che vengono raggiunti dal corsoio quando la manovella si allinea con la biella. La distanza che separa i due punti è pari a due volte la lunghezza della manovella ( $r$ ).

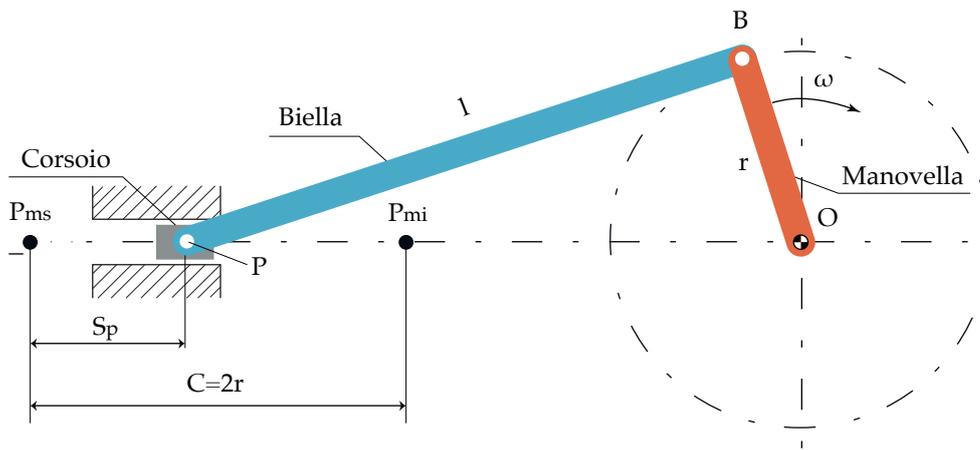


Fig. 3.12 Meccanismo biella-manovella

### 3.3.1.4 Manovellismo glifo oscillante

Il meccanismo a glifo oscillante [fig. 3.13] consente la trasformazione del **moto rotatorio continuo** della manovella in un **moto traslatorio alternativo** della slitta. La manovella è imperniata al corsoio che a sua volta è libero di scorrere dentro la scanalatura del glifo. Il glifo è vincolato all'estremità inferiore da una cerniera fissa e viene fatto oscillare dalla rotazione del corsoio. La slitta, che può essere collegata all'estremità superiore del glifo attraverso una biella, compie una corsa di una lunghezza pari alla corda dell'arco.

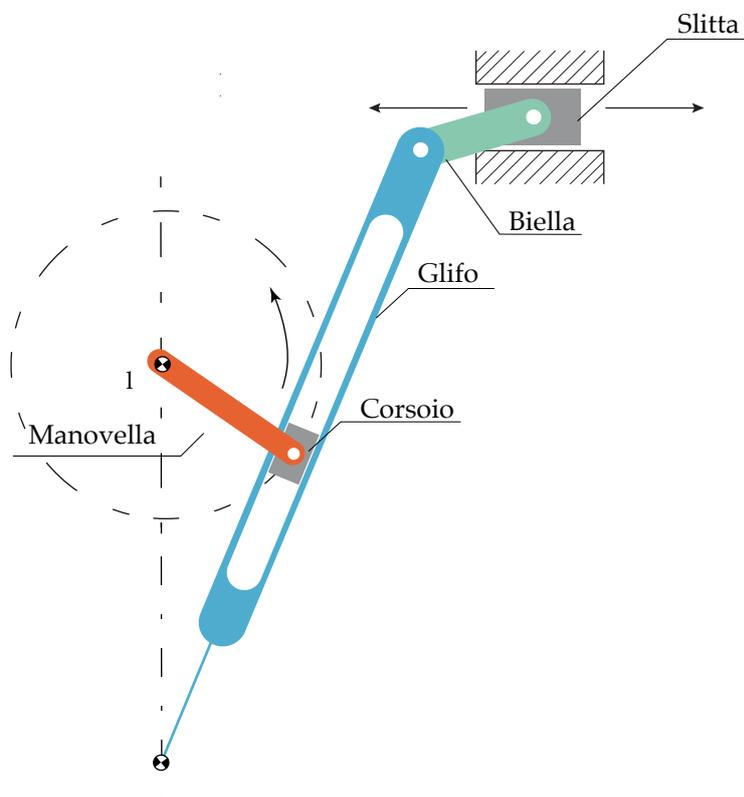


Fig. 3.13 Manovellismo glifo oscillante

### 3.3.1.5 Giogo scozzese

Il Giogo Scozzese [fig. 3.14] è un meccanismo che trasforma il **moto rotatorio continuativo unidirezionale** in **moto rettilineo continuativo alternativo** o viceversa.

Il meccanismo è composto da una manovella dotata di un perno al quale si collega una piastra per mezzo di un'asola perpendicolare all'asta stessa. La rotazione della manovella permette ai perni di scorrere all'interno dell'asola con un movimento lineare alterno facendo muovere di conseguenza la piastra avanti e indietro.

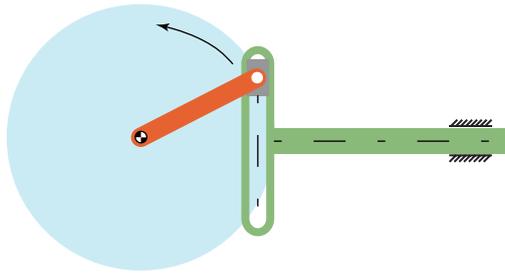


Fig. 3.14 Meccanismo di giogo scozzese

### 3.3.2 Ruote di frizione

Le ruote di frizione sono formate da una ruota motrice che trasmette il moto alla ruota condotta mediante le **forze di attrito**. Ruote di frizione *cilindriche* trasmettono il moto lungo alberi paralleli, le ruote di frizione *coniche* invece, trasmettono il moto lungo alberi concorrenti.

Come mostrato in figura 3.15 la ruota 2, collegata all'albero condotto è premuta tramite una molla contro la ruota 1 collegata all'albero motore e il suo centro può scorrere lungo una guida prismatica di un telaio fisso. Con una forza premente sufficiente, l'attrito statico tra le due ruote nel punto di contatto A permette la trasmissione del moto, pertanto tra le due ruote si verifica un accoppiamento di forza.

Definiamo:

$O_1$  asse dell'albero motore

$O_2$  asse dell'albero condotto

$r_1$  raggio della ruota 1

$r_2$  raggio della ruota 2

Ognuno dei due corpi ruota attorno al proprio centro di rotazione fisso con rispettiva velocità angolare  $\omega_1$  e  $\omega_2$ .

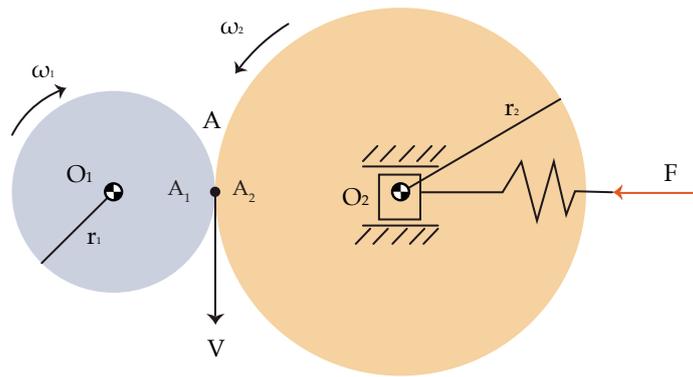


Fig. 3.15 Ruote di frizione

Il rapporto di trasmissione  $i$  è così definito:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Nel punto A avviene il contatto tra le due ruote, in corrispondenza dei punti  $A_1$  e  $A_2$  appartenenti alle rispettive ruote. Dunque:

$$V_{A1} = \omega_1 r_1 \qquad V_{A2} = \omega_2 r_2$$

Nel moto relativo tra due corpi, il punto A è centro di istantanea rotazione, per cui avviene un rotolamento puro di una ruota sull'altra. Nel moto assoluto, i punti  $A_1$  e  $A_2$  hanno stessa velocità, per cui se  $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$  allora il rapporto di trasmissione sarà:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

### 3.3.3 Ruote dentate

Le ruote dentate permettono la trasmissione del moto tra **assi paralleli, concorrenti o sghembi**. La trasmissione avviene mediante l'ingranamento dei denti a profilo coniugato, attraverso il quale viene trasmessa la coppia nominale dall'albero motore. La ruota dentata che imprime il moto è detta motrice, quella che viene trascinata è la ruota condotta.

Le ruote dentate possono essere di **diverse tipologie**:

### 3.3.3.1 Ruote cilindriche a denti dritti

I denti si sviluppano **parallelamente** all'asse della ruota e vengono ricavati a cavallo di circonferenze ideali denominate **circonferenze primitive**. Sono proprio le circonferenze a definire il comportamento cinematico delle due ruote.

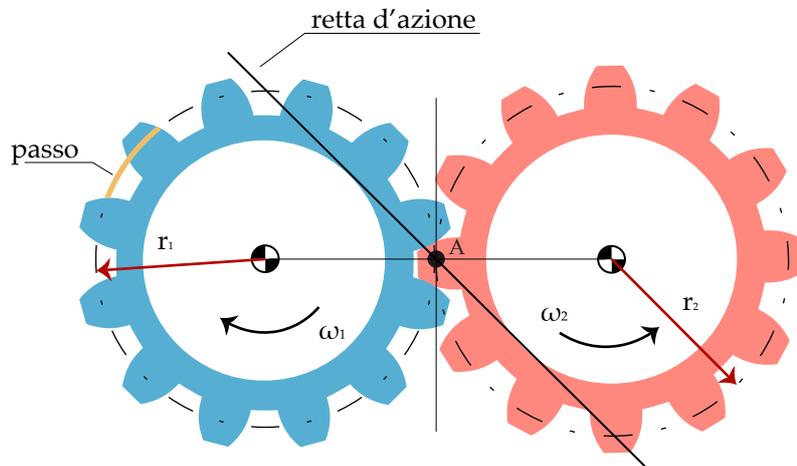


Fig. 3.16 Ruote cilindriche a denti dritti

In riferimento alla *fig. 3.16* definiamo:

$z_1$  e  $z_2$  numero dei denti delle rispettive ruote

$p$  passo, ovvero la lunghezza dell'arco compreso tra due punti corrispondenti di due denti successivi

Si ottiene:

$$pz_1 = 2\pi r_1$$

$$pz_2 = 2\pi r_2$$

da cui:

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

Poichè le due circonferenze primitive rotolano l'una sull'altra senza strisciare, nel punto ideale di contatto A si ha:

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

di conseguenza:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

se:

$i > 1$  e  $\omega_1 > \omega_2$  l'ingranaggio è *riduttore* e il rapporto di riduzione coincide con  $i$ .

$i < 1$  e  $\omega_1 < \omega_2$  l'ingranaggio è *moltiplicatore* e il rapporto di moltiplicazione è  $1/i$ .

### 3.3.3.2 Ingranaggi conici

Vengono adoperati quando bisogna trasmettere il moto tra **assi complanari e non paralleli**. Sono denominati così in quanto le superfici primitive sono coniche. Definiamo il rapporto di trasmissione:

$$i_{1/2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

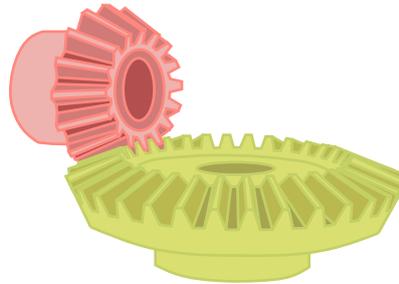


Fig. 3.17 Ingranaggi conici

### 3.3.3.3 Meccanismo vite senza fine - ruota elicoidale

L'ingranaggio vite senza fine-ruota elicoidale è impiegato per trasmettere il moto tra **assi sghembi**. Si compone di una **vite senza fine** che ingrana tangenzialmente una **ruota cilindrica elicoidale**, con angolo d'elica molto grande ( $70^\circ$ - $80^\circ$ ) e basso numero di denti. La vite è così denominata in quanto la sua perpetua rotazione ha il solo scopo di essere trasmessa alla ruota dentata. Sul rapporto di trasmissione influiscono l'inclinazione del filetto della vite e il numero dei denti della corona ( $z$ ). Ad ogni rotazione della vite la ruota si sposta di un dente se la vite è a filetto singolo, di due denti se la vite è a doppio filetto e così via. Definiamo il rapporto di trasmissione  $i$ :

$$i_{1/2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

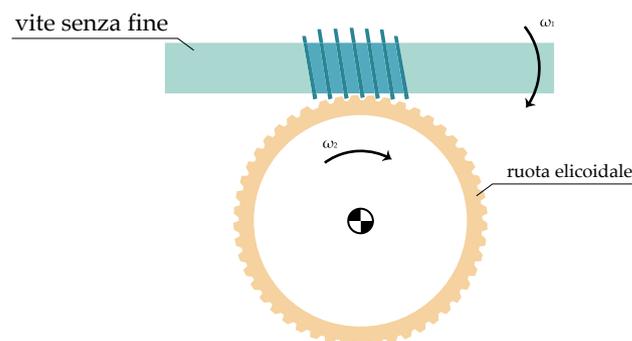


Fig. 3.18 Vite senza fine-ruota elicoidale

### 3.3.3.4 Meccanismo a camma

I meccanismi a camme sono ampiamente utilizzati per convertire moti continui in alternati. Si compongono di due elementi tenuti in posizione dal telaio: il **movente** mette in moto il **cedente** attraverso il contatto diretto. Il meccanismo a camma più diffuso è quello che effettua la trasformazione del moto rotatorio uniforme della camma in moto alterno di tipo traslatorio o rotatorio del cedente.

A distinguere il meccanismo non è solo il tipo di moto, ma anche la forma della camma che può essere piana, cilindrica, conica, sferica, ecc. e la conformazione dell'elemento cinematico a contatto con la camma: in questo caso ci sono **cedenti a spigolo vivo (a)**, **cedenti a piattello (b)** e **cedenti a rotella (c)** [fig. 3.19].

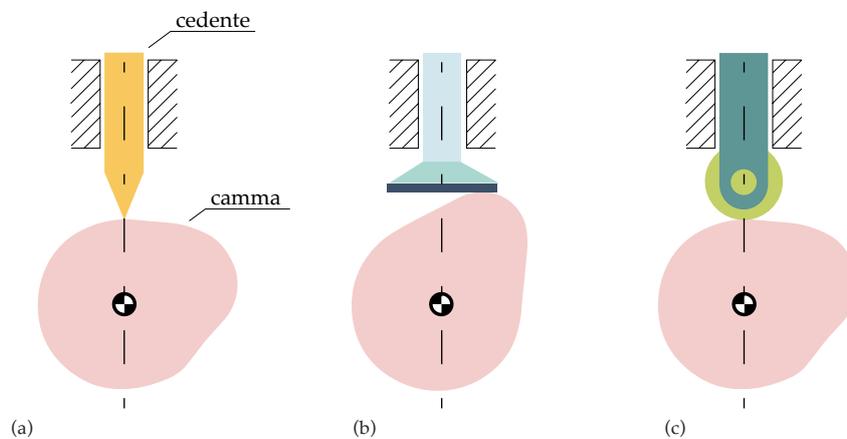


Fig. 3.19 Tipologie di cedenti

### 3.3.4 Flessibili

Servono a trasmettere il moto rotatorio tra **alberi paralleli** e vengono impiegati quando c'è una **notevole distanza tra gli alberi** o per realizzare una **trasmissione più economica** rispetto le ruote dentate. In questa categoria rientrano: cinghie, funi e catene.

#### 3.3.4.1 Cinghie

La trasmissione con cinghie avviene mediante l'**aderenza tra il flessibile e le due pulegge** (motrice e condotta) montate sui rispettivi alberi. Le più comuni hanno sezioni piane o trapezoidali e possono essere realizzate con diversi materiali, come cuoio, gomma e materiali plastici.

Le **cinghie piane** hanno sempre sezione rettangolare e si avvolgono su pulegge con superficie esterna cilindrica o bombata per migliorare la stabilità.

Le **cinghie trapezoidali**, invece, hanno una sezione trapezoidale e si accoppiano con pulegge sempre a sezione trapezoidale [fig. 3.20].

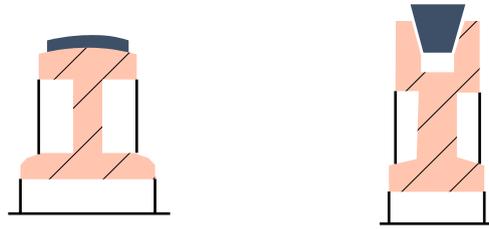


Fig. 3.20 Sezione di cinghia piana (sinistra) e trapezoidale (destra)

Supponendo che durante il moto ci sia aderenza tra pulegge e flessibile e che questo sia ideale o perfetto e inestensibile, ne consegue che la lunghezza rimanga costante [fig. 3.21].

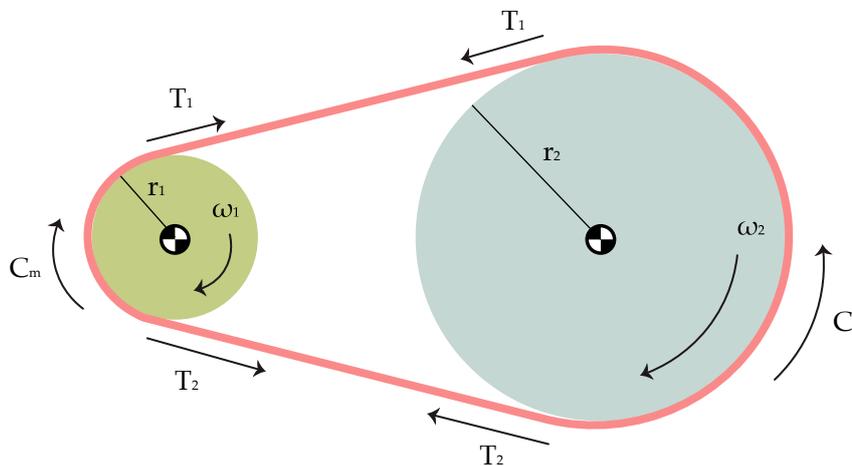


Fig. 3.21 Trasmissione con cinghia

In questo caso si avrebbe:

$$V_{\text{flessibile}} = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

Definiamo quindi il rapporto di trasmissione  $i$  :

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

Determiniamo ora le azioni scambiate tra cinghia e pulegge.

$C_m$  è la coppia motrice,  $C_r$  la coppia resistente

$T_2$  è la forza agente sul tratto di cinghia traente e  $T_1$  la forza agente sul tratto cedente.

Se la massa è trascurabile  $T_1$  e  $T_2$  restano costanti lungo i rispettivi tratti d'azione.

Per l'equilibrio del sistema puleggia motrice - cinghia a regime si ha:

$$C_m = (T_2 - T_1) r_1$$

Per l'equilibrio del sistema puleggia condotta - cinghia a regime si ha:

$$C_r = (T_2 - T_1) r_2$$

È possibile dedurre quindi il rapporto tra  $C_m$  e  $C_r$ :

$$\frac{C_m}{C_r} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{i}$$

### 3.3.4.2 Funi

Differiscono dalle cinghie in quanto sono costituite da fili avvolti tra di loro. Tali fili possono essere di natura tessile o metallica. In base alla loro struttura vengono classificate due tipologie:

**Funi spiroidali o trefoli** sono costituite da uno o più strati di filo avvolti a spirale attorno ad un nucleo centrale. Se i fili che le costituiscono sono solo tondi, le funi vengono dette *normali* [fig.3.22], se invece sono composte da fili tondi nello strato interno e sagomati in quello esterno vengono dette *chiuse* [fig. 3.23].

**Funi a trefoli** [fig. 3.24] sono formate da un nucleo interno detto anima, attorno al quale sono avvolti ad elica uno o più strati di trefoli. L'anima può essere metallica o tessile.

In base al senso di avvolgimento dei fili si possono ottenere due diversi tipi di comportamento:

- se i fili sono concordi le funi sono poco flessibili e con tendenza a svolgersi, ma hanno un basso logorio.
- se i fili sono discordi le funi sono più flessibili, non hanno tendenza a svolgersi ma si logorano con più facilità.

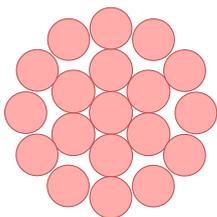


Fig. 3.22 Fune a spirale normale

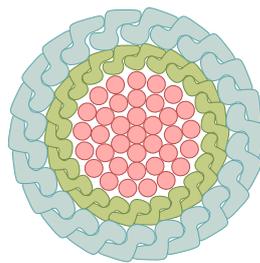


Fig. 3.23 Fune a spirale chiusa

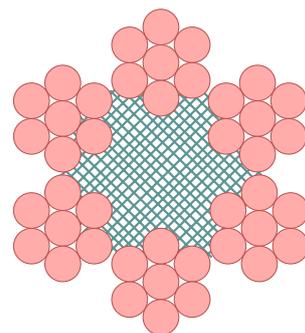


Fig. 3.24 Fune a trefoli

### 3.3.4.3 Catene

Le catene sono composte da elementi meccanici rigidi collegati tra di loro mediante accoppiamenti snodati. Possono essere di tre tipologie:

- **ordinarie**: sono costituite da anelli chiusi concatenati. Queste permettono la trasmissione di forti carichi ma a bassa velocità [fig. 3.25].

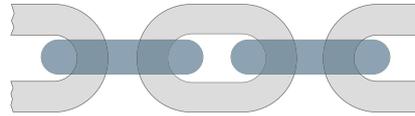


Fig. 3.25 Catena ordinaria

- **articolate**: sono formate da piastre collegate a perni mediante accoppiamenti rotoidali. A differenza della prima tipologia, permettono una trasmissione veloce [fig. 3.26].

- **a rulli**: derivano dalle catene articolate, ma sui perni presentano dei rulli liberi, in modo tale da sostituire l'attrito di strisciamento con l'attrito di rotolamento [fig. 3.27].

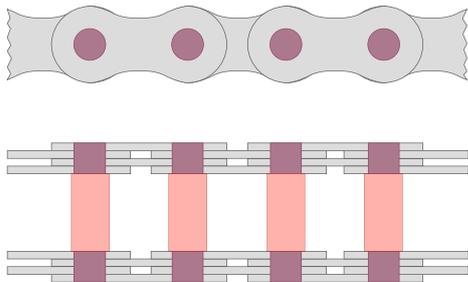


Fig. 3.26 Catena articolata

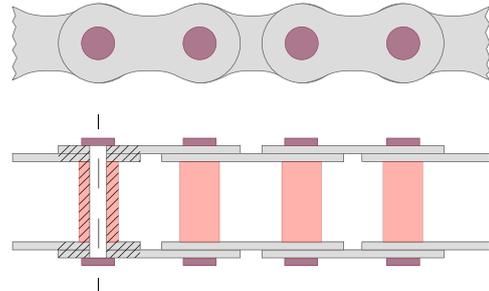


Fig. 3.27 Catena a rulli

- **catene silenziose**: le piastre sono sagomate in modo da appoggiare perfettamente sui denti del rocchetto, in modo da consentire un funzionamento cinematicamente corretto e ridurre eventuali giochi [fig.3.28].

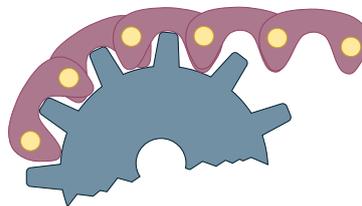


Fig. 3.28 Catena silenziosa

Il rapporto di trasmissione  $i$  è mediamente costante. Se denominiamo  $r_1$  ed  $r_2$  i raggi primitivi di ruota motrice 1 e condotta 2 e  $\omega_1$  e  $\omega_2$  le velocità angolari delle rispettive ruote:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

### 3.3.4.4 Rigidezza dei flessibili

Quando si parla di flessibili non è sempre possibile considerarli come ideali, pertanto è importante considerare la **rigidezza**. Nel momento in cui si avvolgono o si svolgono dalla rispettiva puleggia, questi manifestano una certa resistenza nel cambiare la propria forma: si parla dunque di rigidezza elastica e rigidezza anelastica.

Definiamo:

$e$  la distanza tra la fune e la parallela al carico tangente alla puleggia

$Q$  la forza resistente

$T$  la forza di trazione

La **rigidezza elastica** [fig. 3.29] è dovuta a un'incompleta flessibilità. Questo fenomeno si verifica in funi e cinghie. La fune discosta dalla puleggia di una quantità pari ad  $e$  dalla parallela al carico tangente alla puleggia. Questo avviene perchè essendoci una rigidezza non nulla, è richiesto un momento flettente per assumere la curvatura della puleggia. Tale momento vale  $T \cdot e = Q \cdot e$ . Non si ha perdita di energia, in quanto l'energia potenziale elastica accumulata durante l'avvolgimento viene restituita interamente nello svolgimento.

La **rigidezza anelastica** [fig. 3.30] è dovuta all'attrito interno che tende ad opporsi al cambiamento di forma della fune e si manifesta in cinghie, funi e catene. Ruotando in senso orario, gli scostamenti  $e_1$  ed  $e_2$  risultano essere differenti tra di loro e disposti come in figura. In questo caso si verifica una perdita di energia. Il ramo che si avvolge tende a mantenere la forma rettilinea, mentre il ramo che si svolge ha assunto la curvatura della puleggia e tende a mantenerla prima di riassumere forma rettilinea. In questo caso:

$$T = Q \frac{r + e_1}{r - e_2}$$

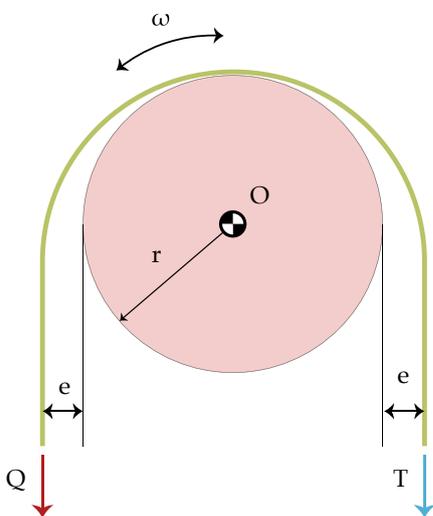


Fig. 3.29 Rigidezza elastica

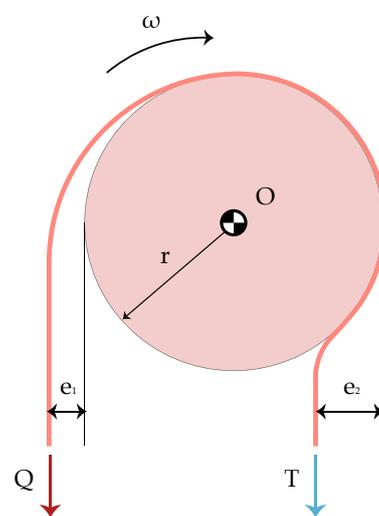


Fig. 3.30 Rigidezza anelastica

### 3.3.4.5 Paranchi

I paranchi sono sistemi composti da **due bozzelli, uno fisso e uno mobile**, nei quali sono **impennate delle pulegge**, attorno alle quali si avvolge una *fune*. Vengono utilizzate per sollevare carichi di notevole entità con l'applicazione di forze ridotte.

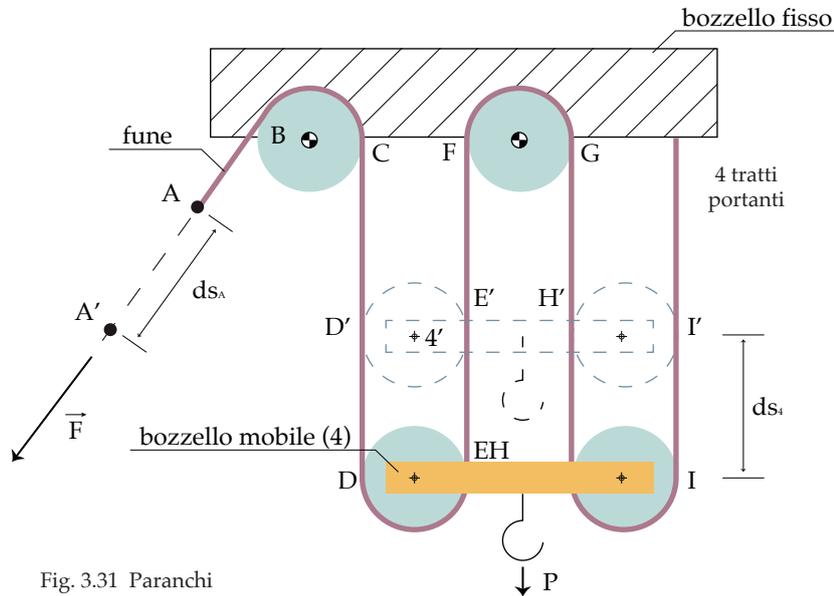


Fig. 3.31 Paranchi

Nello specifico è importante determinare la relazione che sussiste tra lo spostamento della fune e lo spostamento del bozzetto mobile e quella tra la forza  $F$  e il carico da sollevare  $P$ . In riferimento alla figura 3.31 si può notare che in un istante di tempo  $dt$  l'estremo  $A$  si porta in  $A'$  compiendo spostamento  $ds_A$  e il bozzello mobile compie spostamento verticale  $ds_4$ . Poichè la fune è inestensibile, la lunghezza di essa all'istante  $t$  sarà uguale a quella all'istante  $t+dt$ , per cui:

$$\overline{A'A} = \overline{D'D} + \overline{E'E} + \overline{H'H} + \overline{I'I} \quad \text{ovvero} \quad ds_A = 4ds_4$$

di conseguenza:

$$V_A = \frac{ds_A}{dt} = 4 \frac{ds_4}{dt} = 4V_4$$

quindi con  $n$  tratti portanti, detta  $V_G$  la velocità del gancio:

$$V_A = n V_G$$

Il rendimento del sistema sarà quindi dato dal rapporto tra la potenza ottenuta e quella applicata:

$$\eta = \frac{PV_G}{FV_A} = \frac{PV_G}{FnV_G} = \frac{P}{Fn}$$

La forza necessaria a sollevare il carico  $P$  a velocità costante è quindi:

$$F = \frac{P}{\eta n}$$

Il rendimento del paranco può essere valutato considerando il rendimento di ogni singola puleggia, che dipende dall'attrito al perno e dalla rigidità della fune.

### 3.3.5 Vite - madrevite

Il sistema vite-madrevite è un sistema che consente la trasformazione di un moto circolare in moto rettilineo ed è composto da:

- una **vite**, ovvero una barra cilindrica con filettatura elicoidale
- una **madrevite**, ovvero il pezzo forato e filettato, sede in cui si infila la vite.

Il sistema permette non solo di ottenere avanzamenti graduali precisi, ma anche di generare forze elevate impiegando motori a bassa potenza. Per poter realizzare una trasmissione, i membri devono essere opportunamente vincolati ed è possibile evidenziare due schemi tipici, che chiameremo schema A e B.

**Schema A** [fig. 3.32]: la vite è vincolata al telaio fisso per mezzo di una guida prismatica, pertanto può traslare lungo il suo asse, invece la madrevite è vincolata al telaio attraverso una cerniera e di conseguenza può solo ruotare. È possibile far traslare la vite lungo il suo asse applicando una coppia  $C$  alla madrevite.

**Schema B** [fig. 3.33]: in questo caso la vite è vincolata al telaio con cerniera e può ruotare, la madrevite invece, vincolata con coppia prismatica, può solo traslare. Pertanto, applicando una coppia  $C$  alla vite avviene la traslazione della madrevite.

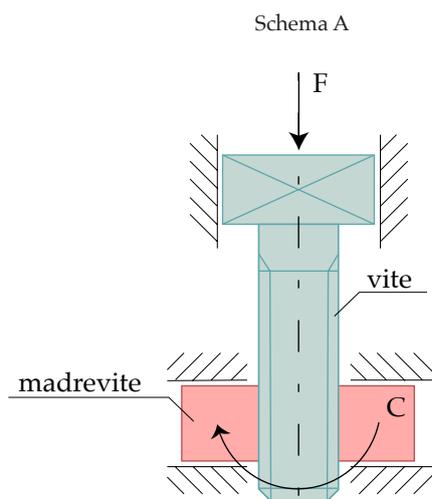


Fig. 3.32

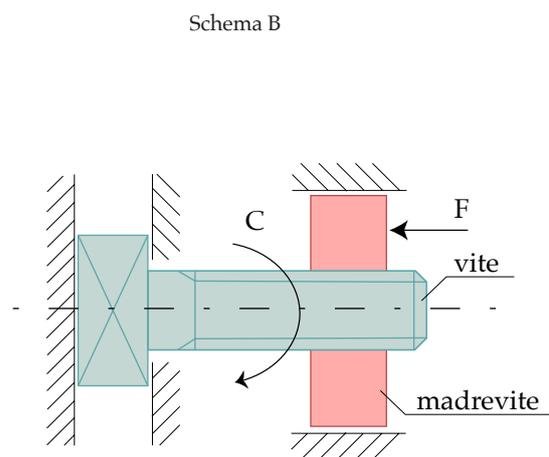


Fig. 3.33



*“Just as one can compose colors or forms, so one can compose motions”*

*Alexander Calder*

**OPERE E  
ANALISI DI  
TRASMISSIONE  
DEL MOTO**

**4**

La seguente selezione presenta 25 opere illustrate in ordine alfabetico, appartenenti al movimento d'Arte Cinetica di cui discusso in precedenza, toccando un lasso temporale che va dal 1959 al giorno d'oggi, dagli anni di esordio dell'Arte Cinetica alla sua evoluzione odierna. Il lavoro raccoglie artisti famosi come Jean Tinguely, Arthur Ganson, lasciando allo stesso tempo spazio a personalità emergenti.

Per poter illustrare al meglio ogni opera ed il suo funzionamento meccanico, il lavoro presenta:

- una **scheda di presentazione** che riporta le immagini, un codice QR che rimanda al video dell'opera in movimento, le caratteristiche artistico-compositive e note sull'autore;
- una **scheda analitico-meccanica** in cui vengono illustrati e analizzati i sistemi di trasmissione del moto impiegati.

Nell'analizzare le opere è stata messa in atto la metodologia empirica che sin dal primo anno viene insegnata al designer: l'**autopsia**. Seguendo tale procedimento, ogni opera è stata smembrata, scomposta in parti più semplici e analizzata da capo a coda, da movente a cedente, in modo da avere una visione complessiva del suo funzionamento.

## 4.1 Criteri di selezione delle opere

Le opere di seguito riportate sono state sottoposte ad un accurato processo di selezione. Per raggiungere lo scopo didattico che si prepone questo studio, sono state prese in considerazione le opere appartenenti al movimento di **Arte Cinetica** che presentano un movimento reale nello spazio fornito da un **sistema di trasmissione del moto**. A causa della vastità delle opere presenti e dalla loro diffusa presenza lungo il territorio internazionale, non è stato possibile visionare personalmente tutte le opere e di conseguenza sono state selezionate opere i cui **meccanismi** risultano essere **ben esplicitati** dal materiale ricercato (foto, video, articoli).

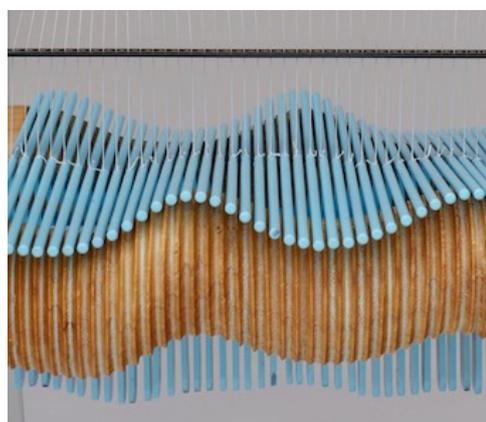
Poichè ogni opera è il risultato artistico di una composizione di movimenti, ogni scheda di analisi riporta un *QR code* che rimanda al video originale in cui è possibile visionare l'opera in funzionamento.

## 4.2 Le opere e la loro analisi

Passiamo dunque alla presentazione delle opere e alla relativa analisi.

# ANEMONE

di Reuben Margolin, 2017



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

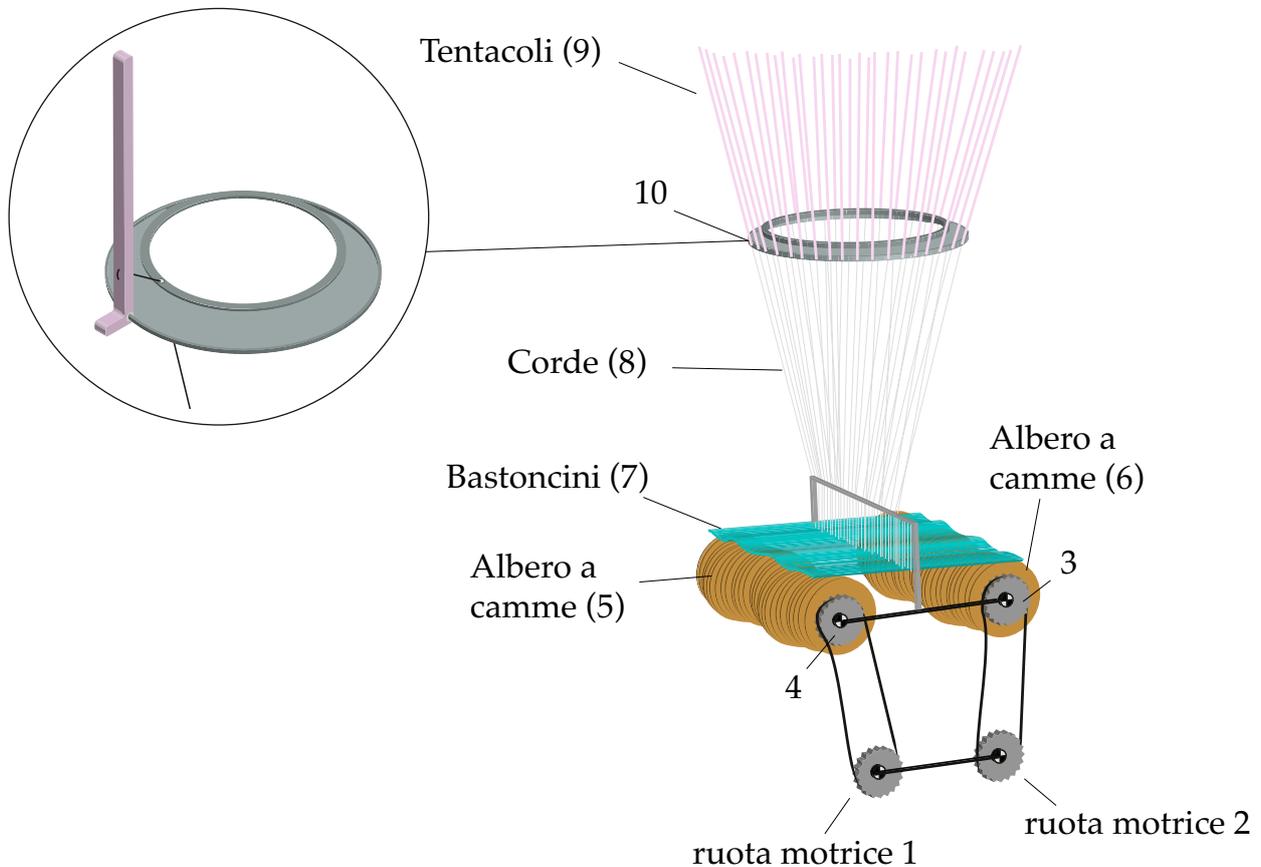


Dall'osservazione del **mondo acquatico** nasce Anemone, opera d'arte cinetica ispirata all'omonima creatura che da secoli popola i mari. Vestita dei tipici colori sgargianti e con un movimento lento e ondulatorio, l'opera cattura subito l'attenzione dello spettatore, rendendolo partecipe della leggiadra danza marina. 48 barre in acciaio ondeggiando attorno un cerchio d'alluminio, movimentate da corde tese. Margolin riesce a riprodurre sulla terraferma la bellezza e la perfezione di una creatura marina.

## L'AUTORE

Reuben Margolin è un noto scultore cinetico americano, famoso per le sue imponenti installazioni. Il suo lavoro si ispira alla natura e, unito alla perfezione della matematica, diventa arte. La sua abilità principale è la lavorazione del legno, infatti tale materiale è estremamente ricorrente nelle sue opere. Nel 2009 ha tenuto un brillante discorso sull'arte cinetica a Pop Tech, mentre nel 2012 è stato ospite a Ted Talk, dove ha discusso della sua passione preferita: la lavorazione del legno.

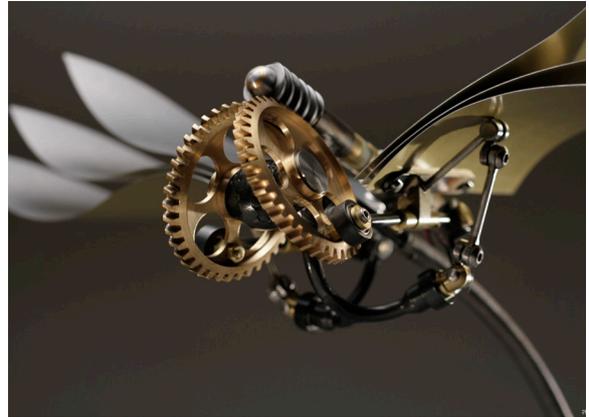
# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Due motori elettrici mettono in moto le **due ruote dentate inferiori** (1,2) che trasmettono la rotazione alle **ruote dentate superiori** (3,4) per mezzo di una **catena**. Gli **alberi di rotazione** (5-6) dei due ingranaggi superiori sono degli alberi a camme. Su di essi sono appoggiati dei **bastoncini metallici** (7) che vengono movimentati dalla rotazione dei due alberi. Al centro di ogni bastoncino è annodata una singola **corda** (8) che scorre prima attraverso l'anello centrale in alluminio, per poi annodarsi sul rispettivo membro che rappresenta il **singolo tentacolo** (9). I tentacoli hanno una forma a L e sono incernierati attorno l'**anello esterno** (10). Di conseguenza, in base alla **tensione** esercitata dalla corda, i singoli tentacoli (9) ruotano attorno l'anello esterno, conferendo il tipico moto ondulatorio dell'anemone.

# ASCENSION

di Bob Potts, 2014



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

*\*il video appartiene alla piattaforma Vimeo. Per visionarlo è necessario registrarsi*

Scan me!



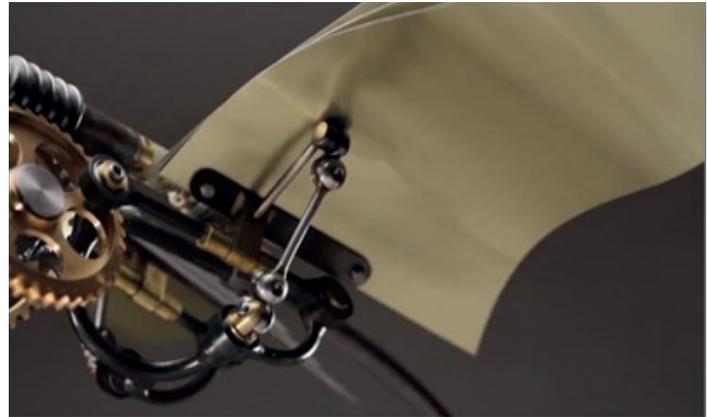
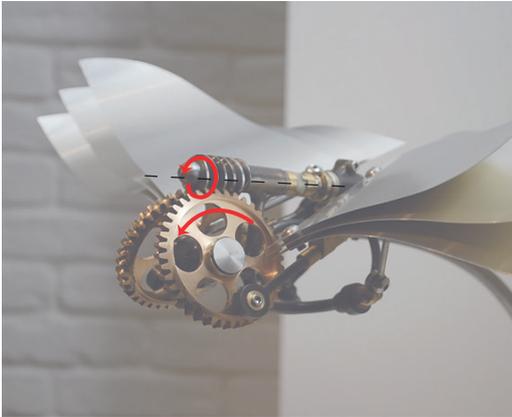
Grazie all'ausilio della meccanica e alla precisione dei movimenti, Potts riesce a riprodurre la grazia di una **libellula** che intraprende la sua ascensione verso il cielo. La parola libellula deriva dal latino *libra* e vuol dire bilancia, infatti al centro dell'opera sembra proprio regnare il concetto di **equilibrio**: la scultura mantiene la sua staticità sulla superficie d'appoggio grazie alla zavorra posta sulla base e nel contempo libera la grazia dell'insetto servendosi di una perfetta simmetria dei meccanismi.

## L'AUTORE

Bob Potts è un falegname appassionato di meccanica e crea sculture cinetiche in un fienile del 1850, il suo laboratorio personale. È affascinato dalla natura, protagonista indiscussa delle sue opere e musa ispiratrice.

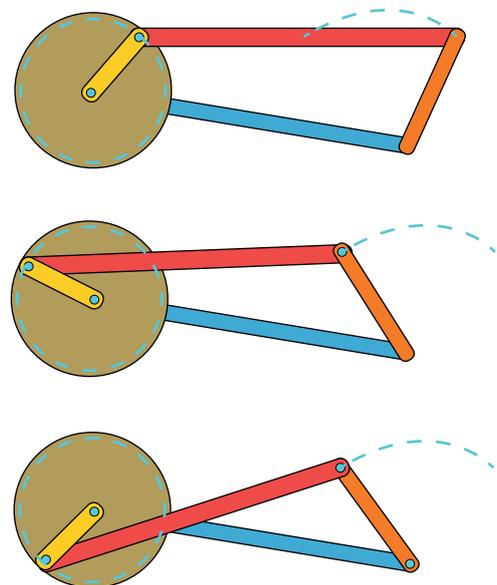
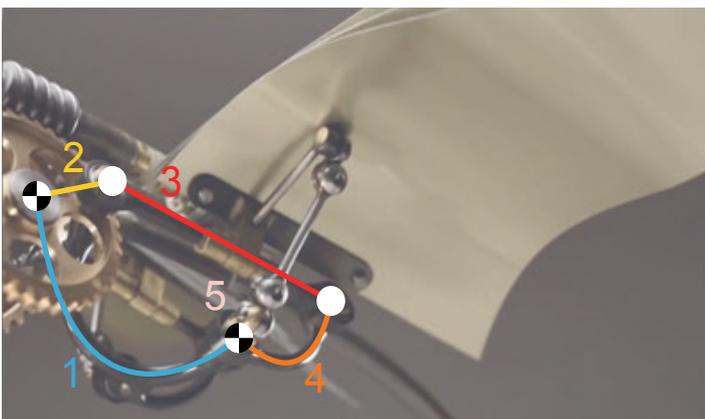
Per la progettazione non si avvale di alcun software, anzi realizza prototipi in legno che lo aiutano a perfezionare geometrie e movimenti.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Il meccanismo di trasmissione è costituito da una **vite senza fine** azionata da un motore e due ruote elicoidali inclinate in modo da poter mantenere il contatto con la vite. All'estremità delle ruote elicoidali è presente una coppia rotoidale che connette le ruote con gli altri membri del meccanismo spaziale, formando un **quadrilatero di Grashof** manovella-bilanciere, che trasforma il moto rotatorio continuo della ruota elicoidale (manovella) in un moto rotatorio alternato del membro 4 (bilanciere).

## Schema del meccanismo

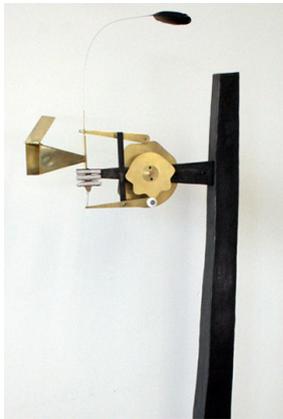


Il meccanismo è composto da:

- 4 **membri binari** (telaio, manovella, biella e bilanciere)
- 4 **coppie rotoidali**

# BIRDSONG

di Martin Smith, 2014



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

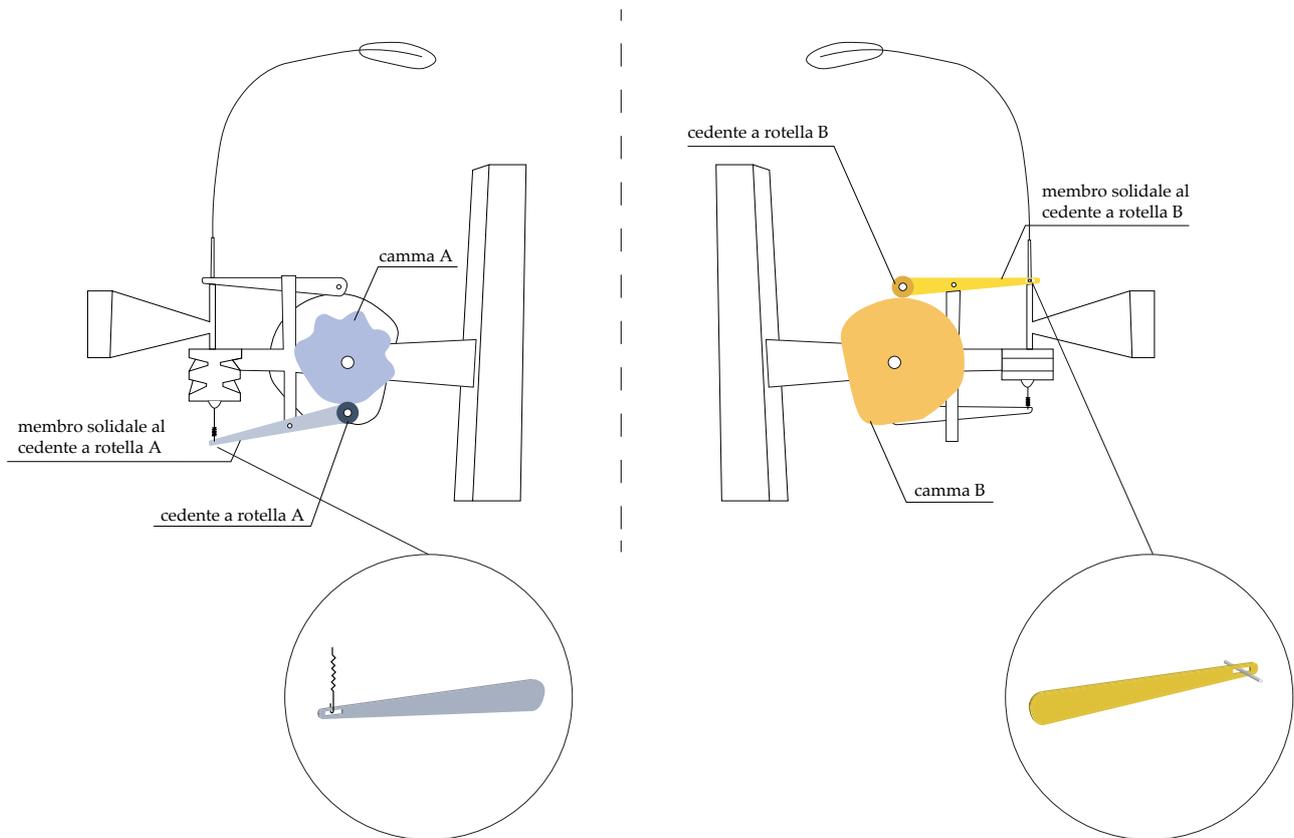


Birdsong è una scultura cinetica concepita come **sveglia della natura**, infatti il suono che produce è simile al **cinguettio** di un uccello, che è ottenuto grazie al passaggio d'aria all'interno di un soffiato. Nell'opera è incorporato un timer analogico che attiva il meccanismo.

## L'AUTORE

Martin Smith è un artista che opera su larga scala: è famoso per le sue opere architettoniche di notevoli dimensioni che interagiscono con lo spettatore e con lo spazio circostante, ma si occupa anche di arte cinetica, soffermandosi sui temi della precisione, della ripetizione e delle regole. Nel suo portfolio è possibile trovare commissioni, concorsi e lavori pubblici. È direttore artistico e co-fondatore dell'etichetta di design Laikingland, che si occupa di oggetti cinetici ironici, giocosi e nostalgici.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



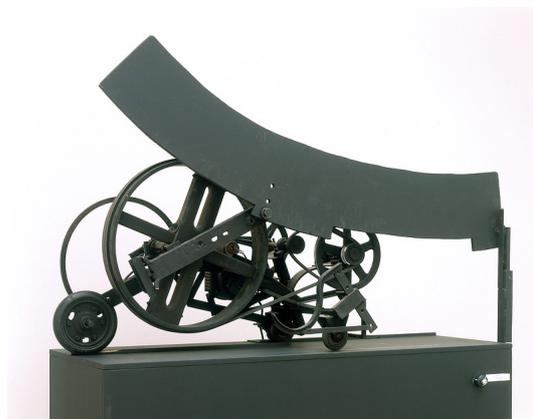
È possibile individuare nella scultura due caratteristiche principali, dettate ognuna da un meccanismo a se stante: il cinguettio e il movimento della coda.

**Cinguettio:** è generato attraverso l'azionamento di un soffietto. La **camma A**, alimentata dal motore elettrico, trasferisce la sua rotazione al **cedente a rotella A** e, attraverso il membro ad esso solidale, aziona la **molla** posta sulla base del soffietto, che fornisce pressione al soffietto, producendo il cinguettio caratteristico dell'uccellino. Sulla sommità, invece, il soffietto è intelaiato alla cassa acustica.

**Movimento di coda:** anche questo avviene attraverso una camma, questa volta di dimensioni maggiori. Anche in questo caso la **camma B**, alimentata dal motore elettrico, trasferisce la rotazione al **cedente a rotella B** e, attraverso il membro ad esso solidale, movimentata un **pistone** che scorre longitudinalmente e a cui è agganciata la piuma della coda.

# CHAR MK

di Jean Tinguely, 1966-67



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

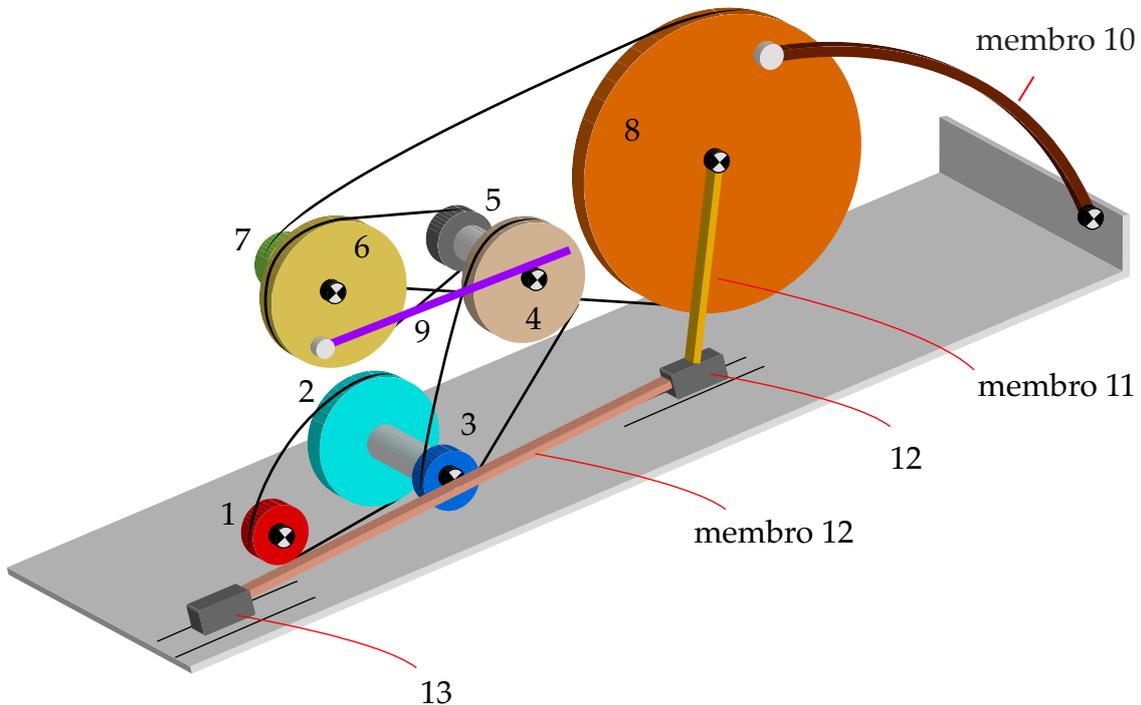


Una macchina realizzata con rottami metallici ed elementi meccanici cammina avanti e dietro sul piedistallo, stridendo e cigolando. La scelta **monocromatica** è funzionale al concentrare l'attenzione dello spettatore sulla **componente meccanica**, che emerge **nuda e cruda**. In Char MK Tinguely concretizza la sua passione per le macchine e in particolare mette in evidenza la **disperazione**, in quanto condannate a ripetere monotonamente gli stessi movimenti.

## L'AUTORE

Jean Tinguely è stato uno scultore svizzero particolarmente noto per le sue sculture cinetiche, macchine nude e crude, ribelli e folli ma allo stesso tempo monotone e disperate, proprio come l'emergente società moderna. Dopo aver studiato pittura e scultura alla Scuola d'Arte di Basilea, si trasferì a Parigi nel 1953, luogo in cui nacquero le sue famose sculture *meta-meccaniche*. Dal 1996 il Museo Tinguely, a Basilea, raccoglie tutte le sue opere, dalle sculture, alle fotografie, ai suoi disegni, per omaggiare l'artista che ha trasformato il movimento in arte.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La macchina è composta da una serie di **pulegge** collegate tra di loro con delle **funi** per trasmettere il moto da una puleggia all'altra. Un **motore elettrico** aziona la rotazione della prima puleggia (1) e, attraverso una fune trasmette la rotazione alla seconda puleggia (2) che a sua volta trasmette il moto alla puleggia 3 solidale allo stesso asse. La puleggia 3 è collegata con la 4, quest'ultima trasmette la rotazione alla puleggia 5 posizionata sullo stesso asse. La puleggia 5 trasmette il moto alle pulegge 6 e 7. Sulla superficie della puleggia 6 è incernierata la biella 9, che scorre sulla ruota 4. Infine la 7 trasmette la rotazione alla puleggia 8 su cui è incernierato il membro (10), che a sua volta è fissata al telaio. La biella 10 trasforma la **rotazione** della puleggia 8 nel **movimento traslatorio** della macchina dovuto anche ai due **pattini** (12,13) collegati alla puleggia 8 che scorrono lungo dei binari o guide.

# COLIBRÌ

di Derek Hugger, 2015



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



Colibrì è una scultura cinetica organica realizzata interamente in legno che, grazie all'ausilio di organi meccanici, imita in maniera perfetta il **volo** dell'uccello. Come affermato dall'artista, ogni singola parte è stata meccanizzata per garantire una **trasmissione** del moto **meticolosamente sincronizzata**. L'azionamento è manuale e avviene attraverso il giro di una manovella.

## L'AUTORE

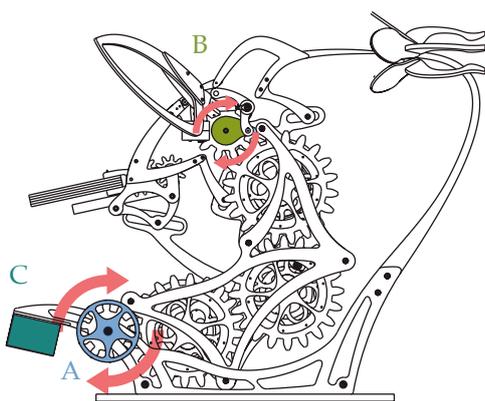
Derek Hugger è un artista statunitense che mescola nelle sue opere arte, design e ingegneria. Ha iniziato i suoi studi nel campo dell'Ingegneria Meccanica, ma come egli afferma nell'intervista di BBISHOPPCM's World, ha deciso di modificare il suo percorso in Graphic Design e Animazione in quanto non attratto dalla matematica e dalla troppa teoria.

Ad oggi egli continua a praticare entrambe le discipline, mostrando l'importanza dell'ingegneria nell'animazione e nel Design.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO

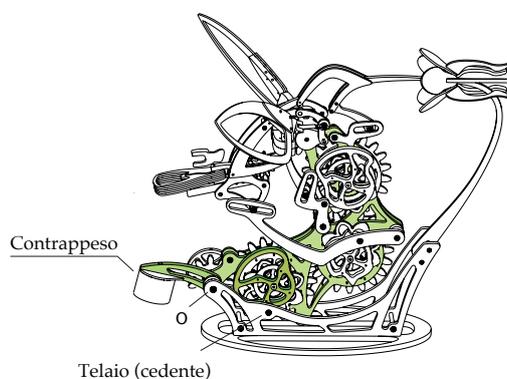
Poichè complessa, analizzeremo la scultura suddividendone il meccanismo in quattro parti.

## 1. Ruote dentate a denti dritti



Il moto è ottenuto mediante l'uso di una rete di **ingranaggi a denti dritti** che inizialmente si estende orizzontalmente, per poi salire verticalmente. Il movente ed il cedente hanno un numero pari di denti, pertanto il **rapporto di trasmissione è uguale ad 1**. Le ruote intermedie (di rinvio) hanno il doppio dei denti della ruota motrice ma non hanno nessuna influenza sul rapporto finale di trasmissione. La ruota motrice è azionata da una **manovella (A)**, mentre il cedente, ruotando, aziona la seconda **manovella (B)** che ha la funzione di far muovere le ali.

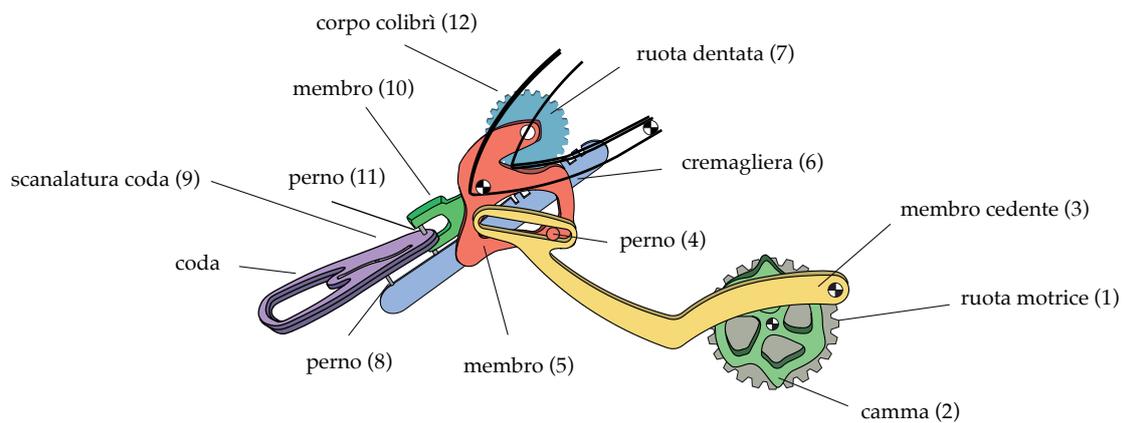
## 2. Movimento di avvicinamento e allontanamento del colibrì dal fiore



La **camma D** viene messa in rotazione dalla **ruota dentata solidale** allo stesso albero di trasmissione. La camma spinge l'intero meccanismo su cui è collegato il colibrì, incernierato al telaio soltanto nel punto **O**, permettendo all'uccello di allontanarsi quando la testa della camma entra in contatto con la base del telaio che fa da cedente, per poi ritornare alla posizione di partenza avvicinandosi al fiore una volta finito il contatto.

La spinta è facilitata dal **contrappeso** che ha il ruolo di ridurre il più possibile il carico sul fondo della ruota a camme.

### 3. Meccanismo apertura coda Colibrì



La **ruota motrice 1** mette in moto la rotazione della **camma 2** posizionata sullo stesso asse di rotazione.

A sua volta la camma spinge il **membro cedente 3** imperniato ad una estremità al telaio mentre all'altra è dotato di una scanalatura all'interno del quale scorre il **perno 4** fissato al **membro 5** a sua volta fissato al corpo del colibrì.

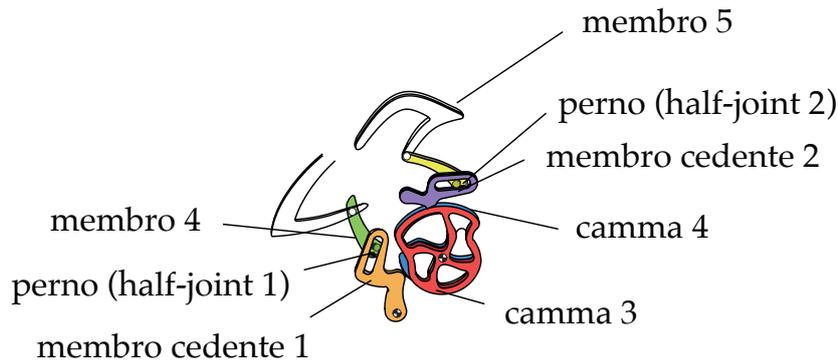
La **cremagliera 6** è posizionata all'interno del membro 5 ed è incernierata insieme alla coda al **membro 10** attraverso il **perno 11**. Gli estremi della cremagliera sono semplicemente poggiati sui perni che collegano le due facce del membro 5. La cremagliera è a sua volta accoppiata con una **ruota dentata (7)** fissata al membro 5. Il membro 3 spinge il membro 5 permettendo alla cremagliera di **traslare** rimanendo sempre a contatto con la ruota 7.

Sulla cremagliera è vissato un **perno (8)** che si inserisce a sua volta nella **scanalatura (9)** presente sulla coda incernierata sul membro 10. La coda è formata da 4 pinne sovrapposte, ognuna delle quali presenta una scanalatura indipendente all'interno del quale scorre il perno 8. Quando la cremagliera si porta in avanti raggiungendo il punto di distanza massimo dalla coda il perno scorre all'interno delle scanalature delle pinne che a loro volta si muoveranno per poter accoglierlo.

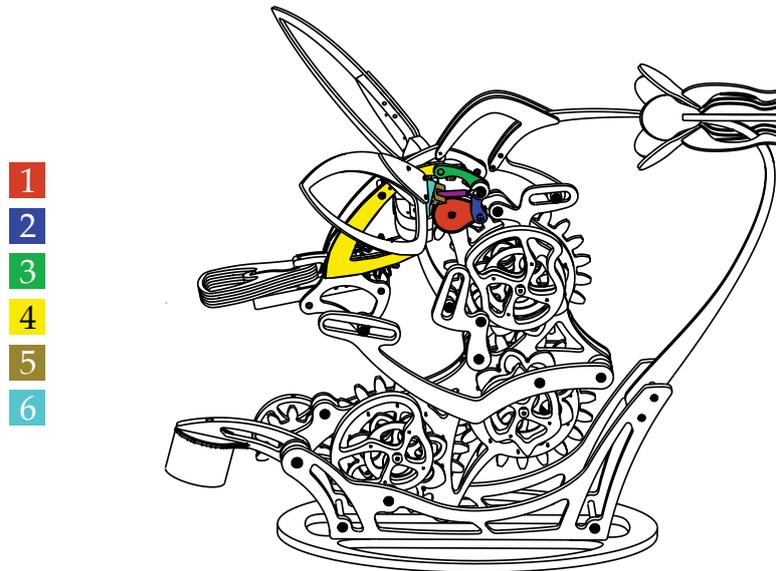
### 4. Meccanismo camme 3 e 4

Le **camme 3 e 4** sono posizionate sullo stesso albero di trasmissione e guidano rispettivamente il movimento del **corpo** e della **testa** del colibrì. La camma 3 trasmette il moto al membro cedente 1 che a sua volta è accoppiato al membro 4 con un perno (**half-joint 1**) inserito all'interno della scanalatura del membro 4 che a sua volta è collegato al corpo. Il meccanismo usato per il movimento della testa è uguale con la camma 4 che muove il membro cedente

2, a sua volta collegato tramite un altro perno al membro 5 che è incernierato alla testa del colibri.



#### 4. Meccanismo movimento ali



Il movimento delle ali è guidato dalla **manovella 1** posizionata sull'albero motore collegato all'ultima delle ruote dentate. La manovella, insieme ai membri **2, 3 e 4** (telaio) formano un **quadrilatero di Grashof manovella- bilanciere** con il membro **2** che fa da **biella** e il membro **3** incernierato al telaio **che oscilla alternativamente** ad ogni giro della manovella. Sulla biella è inoltre collegata un' **asta** in direzione quasi perpendicolare rispetto alla biella che a sua volta è incernierata alle ali attraverso il **membro ad U (5)**. Quest'ultimo è collegato ad un altro **membro ad U (6)** posizionato verticalmente e incernierato al telaio, che ne permette la **rotazione sull'asse z** (verticale). Le ali quindi si muovono avanti e indietro grazie alla **spinta del pistone** guidato dalla manovella 1, allo stesso tempo le ali possono **socchiudersi e aprirsi grazie ai membri 5 e 6** che ne permettono la rotazione sull'asse z.

# COSMOGRAPHIC VOYAGER

di Bob Potts, 2010



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



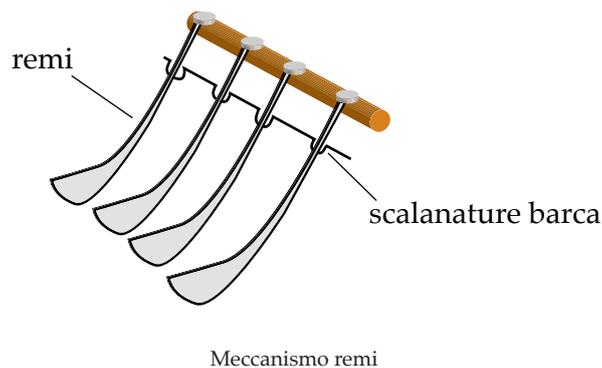
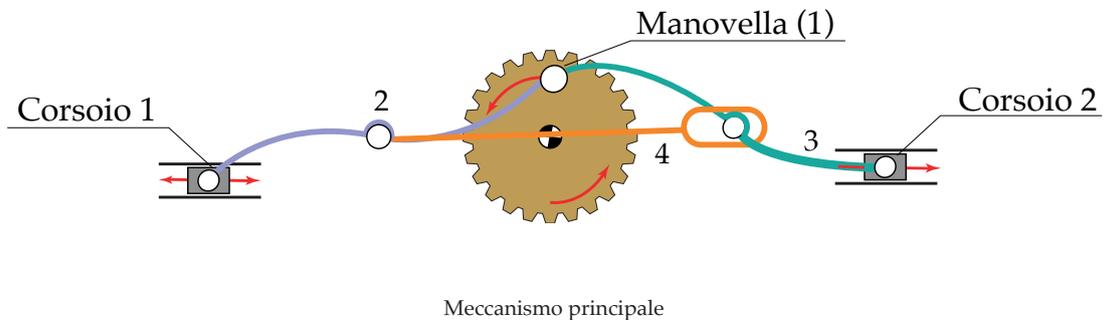
Ritorna il tema della grazia visiva, della **perfezione**, della **leggiadria dei movimenti** raggiunta attraverso dispositivi meccanici. L'intento di Potts è ricreare una *nave degli spiriti*, un'imbarcazione simile a quelle funerarie egizie che, dopo aver trasportato il faraone, divenivano oggetti sacri destinati ad essere sepolti a loro volta nell'area della tomba del sovrano. Il movimento dei remi riprende la propulsione ritmica della squadra di rematori, per i quali la **sincronia** è un elemento fondamentale nel far muovere l'imbarcazione.

## L'AUTORE

Bob Potts è un falegname appassionato di meccanica e crea sculture cinetiche in un fienile del 1850, il suo laboratorio personale. È affascinato dalla natura, protagonista indiscussa delle sue opere e musa ispiratrice.

Per la progettazione non si avvale di alcun software, anzi realizza prototipi in legno che lo aiutano a perfezionare geometrie e movimenti.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Il meccanismo di trasmissione è costituito da una **ruota elicoidale** posizionata al centro della barca che viene azionata a motore. La ruota funge da **manovella** e trasmette il moto agli altri membri della catena cinematica costituita dai **membri ternari 2 e 3** collegati entrambi alla ruota con una coppia rotoidale. Al centro i due membri ternari sono collegati tra di loro attraverso l'asta 4 dotata di una scanalatura alla sua estremità in cui scorre il perno collegato al membro 3. Alle due estremità inferiori, i membri 2 e 3 sono collegati con delle **coppie rotoidali** ai due corsoi che scorrono orizzontalmente all'interno delle rispettive guide. Sull'asta 3 infine sono incernierati i **remi** che a loro volta scorrono lungo le rispettive scanalature presenti sulla barca.

Il meccanismo quindi trasforma il **moto rotatorio continuo** della ruota elicoidale che funge da manovella in un **moto assiale alternato**.

# DE RODE DRAAD

di Jennifer Townley, 2011



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale aprì la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



De Rode Draad è un nome olandese, che tradotto in italiano significa *Il filo rosso*. Caratteristica dell'opera è infatti un filo rosso che, quasi danzando, assume diverse forme, guidato dal meccanismo sottostante. L'opera in questione è un'opera da parete, un **quadro cinetico** in continua mutazione. Il meccanismo di fondo riporta lo stesso colore della tela, quasi a voler mimetizzarlo per mettere in risalto le forme compositive del filo danzante. Intento di Jennifer Townley è infatti illustrare gli **ingranaggi** e i loro **cambiamenti compositivi** attirando però l'attenzione dello spettatore mediante le forme realizzate dal filo rosso, protagonista indiscusso.

## L'AUTORE

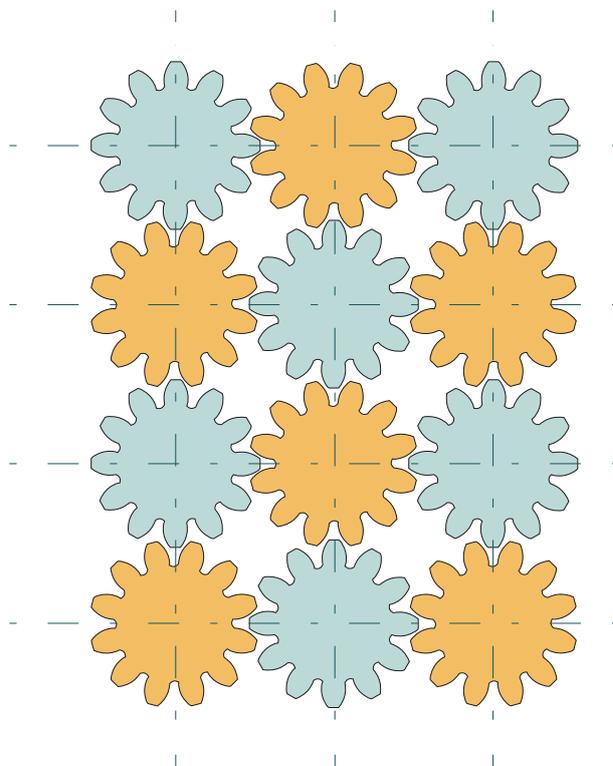
Jennifer Townley è un'artista olandese laureata presso la Royal Academy of Fine Art dell'Aia. Il suo lavoro si focalizza sulla creazione di sculture cinetiche caratterizzate non solo da un movimento lento, continuo e ripetitivo, ma anche dal cambiamento nella configurazione dell'opera. La passione per la scienza, la geometria e la meccanica portano alla creazione di sculture cinetiche che hanno un risultato quasi ipnotico nei confronti dello spettatore.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO

Il movimento del filo rosso è guidato da un meccanismo composto da **dodici ruote dentate** organizzate su una griglia ortogonale di 4x3. Il meccanismo è azionato mediante un motore elettrico, che movimenta la ruota motrice e, di conseguenza, trasmette il moto alla ruota adiacente e così via.

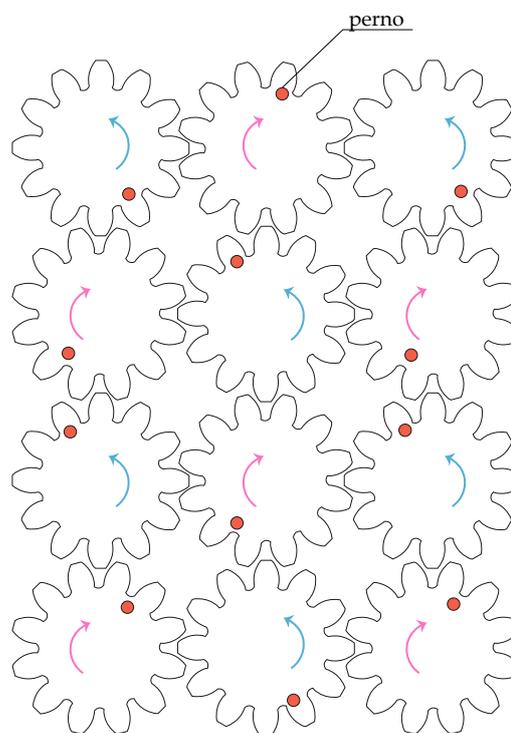
Le ruote presentano tutte dodici denti, stessa dimensione e sono poste a gruppi di quattro su assi paralleli, come mostrato nella figura a destra.

Poichè le ruote hanno numero uguale di denti, il **rapporto di trasmissione** risulta essere **pari a 1** e, di conseguenza, ruotano tutte alla stessa velocità.



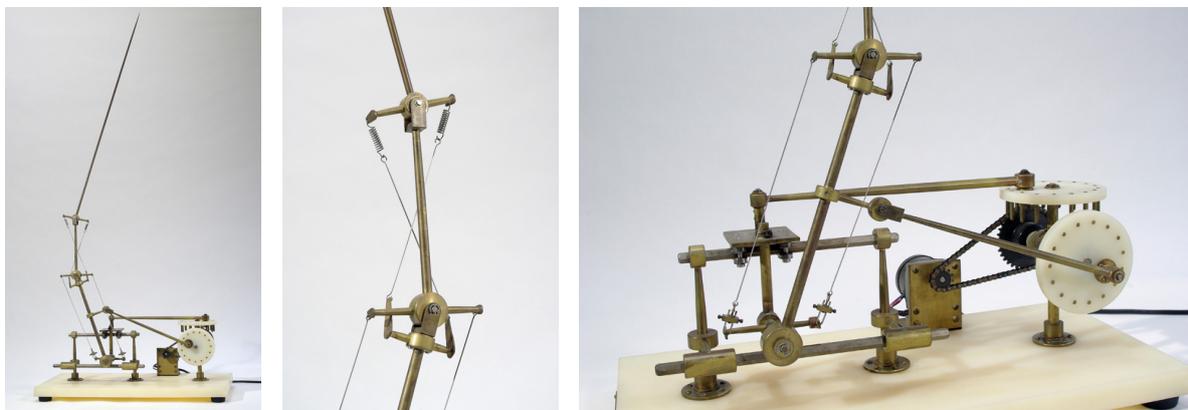
In particolare **sei** ruote girano in **senso antiorario** e **sei** ruote in **senso orario**.

Su ogni ruota è fissato un **perno**, attorno il quale è avvolto il filo rosso. Grazie al movimento delle ruote il filo rosso può ruotare attorno i perni e comporre motivi geometrici.



# FIELD

di Chris Fitch, 1994



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

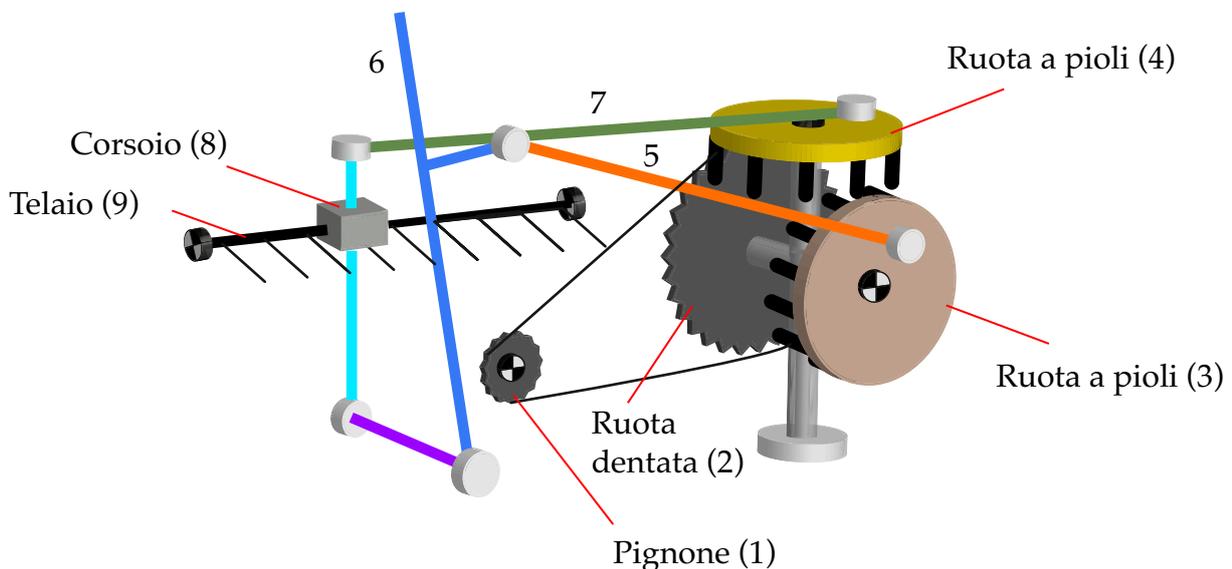
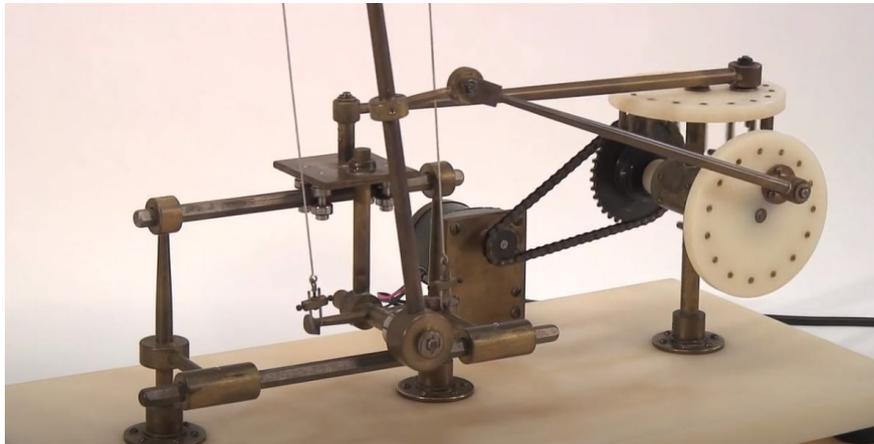


Se ci si sofferma ad osservare un filo d'erba che viene scosso dal vento ci si accorgerà che il suo moto è estremamente particolare e somiglia ad una **danza**. È proprio questo movimento che ha ispirato l'opera di Chris Fitch. La sua scultura rappresenta la ricerca della **grazia del movimento** del filo d'erba e mostra senza filtri la composizione meccanica necessaria a riprodurlo.

## L'AUTORE

Chris Fitch è uno scultore e inventore. La sua arte risente del suo background lavorativo nell'area dell'animazione in stop motion e della progettazione industriale. Dal 1990 al 1992 è stato assistente artistico del famoso Arthur Ganson (Chris Fitch, Curriculum vitae). Da oltre trent'anni si occupa della realizzazione di sculture cinetiche.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Un motore elettrico aziona la rotazione di un **pignone (1)** che trasmette il moto alla **ruota dentata (2)** attraverso una **catena**. Il pignone 2 aziona la rotazione della **ruota a pioli (3)** solidale allo stesso albero che a sua volta trasmette il moto alla **ruota 4** posizionata su un asse perpendicolare rispetto alla ruota 3 attraverso i pioli delle due ruote.

Sulla ruota 3 vi è imperniato il **membro 5** che, collegato al membro 6 attraverso una coppia rotoidale, trasforma il **moto rotatorio** della ruota 3 nel **movimento oscillante** dell'**membro 6**, rappresentante il filo d'erba.

Il **membro 7**, imperniato sulla ruota a pioli (4), trasmette il moto al **corsoio (8)** che scorre lungo il **telaio (9)**. Inoltre il corsoio è collegato al membro 6, trasmettendogli così il **movimento traslatorio**.

# GEAR WALL

di David Dumbrell, 2020



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

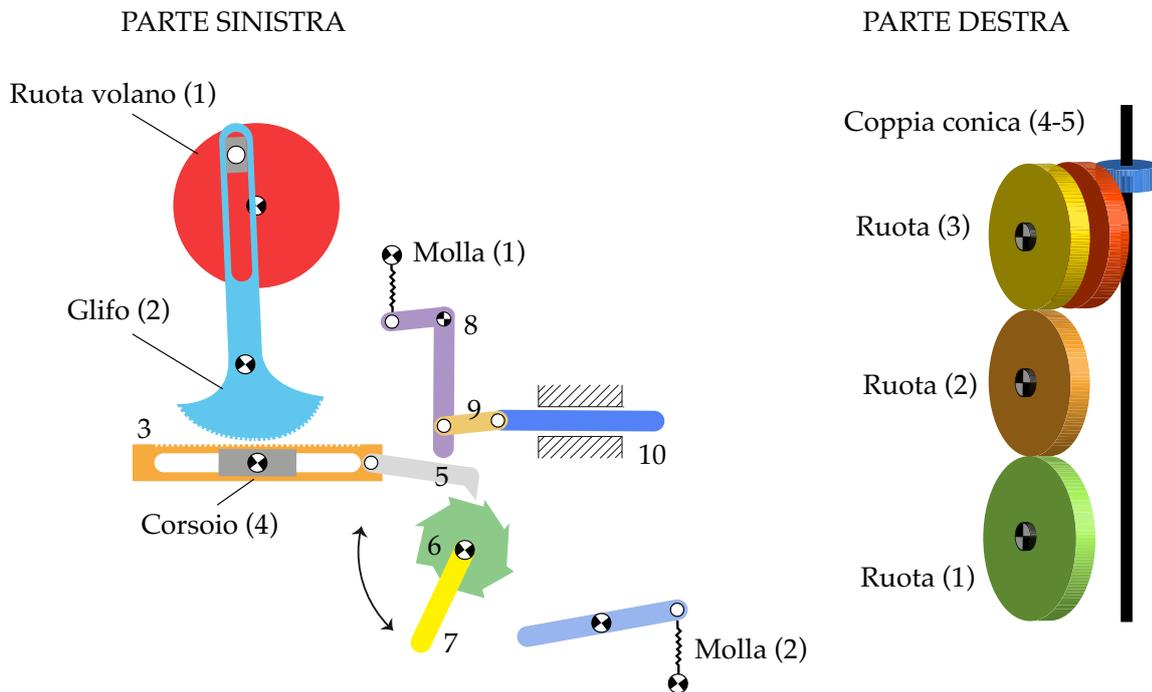


Gear wall è il secondo pezzo di David Dumbrell realizzato per Science World di Vancouver, concepito per entrare a far parte di un muro di ingranaggi nella sezione Eureka del **museo della scienza**. Protagonisti della scena sono due robottini in acciaio. Il movimento del primo robottino, apparentemente senza senso, serve per **trasferire il moto** al suo compagno che, a sua volta, mediante l'azionamento di ruote dentate, aziona un albero che ricorda le palline clic clac degli anni '70.

## L'AUTORE

David Dumbrell è uno scultore canadese, appassionato dagli automi. La sua arte concilia l'abilità manuale della lavorazione del legno e dei metalli alla creatività del designer e alla complessità dell'ingegneria e dell'elettronica. La sua passione nasce sin da giovane, dal fascino di scoprire il movimento e il funzionamento di tutto ciò che lo circondava. Nel tempo ha affinato le sue abilità, includendo successivamente il movimento motorizzato.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La scultura può essere visivamente suddivisa in quattro parti:

- **parte sinistra:** è caratterizzata da un meccanismo a **glifo oscillante** che viene azionato da un motore elettrico che avvia la rotazione della **ruota volano (1)**. Il glifo (2), che alla sua estremità prende la forma di un ingranaggio semicircolare, è accoppiato alla **dentiera** presente sul **membro 3**, che a sua volta è dotato di una scanalatura entro cui è fissato un **corsoio (4)** che ne permette il movimento lineare. Il **moto rotatorio** della ruota (1) viene trasformato nel **moto lineare alternato** del membro 3.

- **parte centrale inferiore:** è caratterizzata da un **meccanismo a cricchetto** dove il **dente (5)** è incernierato al membro 3 mentre alla **ruota dentata (6)** è solidale un' **asta (7)**, che ne segue la rotazione.

- **parte centrale superiore:** Il **membro (8)** è un membro a squadra incernierato al telaio, incernierato sulla sommità ad una **molla** appartenente al telaio e sul fondo al membro 9. Quando il membro 7 entra in contatto con il membro 8, la molla si tira, trasferendo attraverso il sistema appena descritto il moto al **membro 10**, che scorre lungo la guida e con la mano posta alla sua estremità, avvisa *simbolicamente* il compagno di destra che è il suo turno.

- **parte destra:** è costituita da una serie di ingranaggi connessi tra di loro in posizione verticale. La **ruota 1** rappresenta il **movente** che trasmette il moto sia alla **ruota 2** che all' **automata**, il quale è incernierato sull' **asta** solidale alla ruota. Infine la terza ruota trasmette la rotazione alla **coppia conica (4-5)** posizionata dietro la ruota sullo stesso asse di rotazione che a sua volta mette in **rotazione** l' **asse verticale**.

Infine la terza ruota trasmette la rotazione alla **coppia conica (4-5)** posizionata dietro la ruota sullo stesso asse di rotazione che a sua volta mette in **rotazione** l' **asse verticale**.

# GRAMOPHONE

di Nik Ramage, 2014



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

*\*il video appartiene alla piattaforma Vimeo. Per visionarlo è necessario registrarsi*

Scan me!



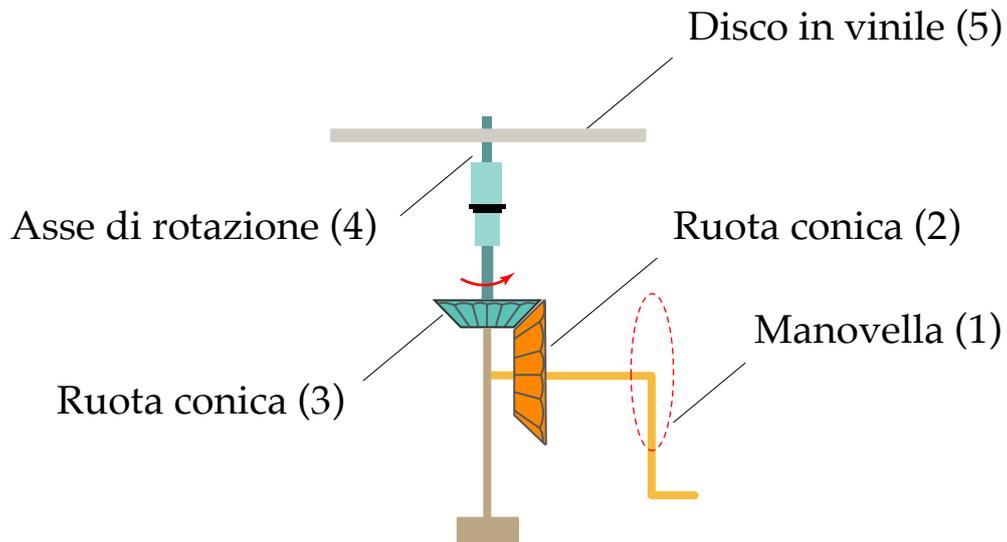
Realizzato con **pezzi di recupero**, Gramophone è un grammofono manuale **Lo-fi**. Mediante una manovella è possibile azionare il meccanismo e, pertanto, deciderne anche la velocità di riproduzione. Il meccanismo è completamente a vista e si mostra allo spettatore in tutta la sua interezza.

## L'AUTORE

Nik Ramage definisce le sue creazioni *macchine inutili*, ovvero macchine che non hanno uno scopo definito, se non quello di strappare un sorriso all'osservatore e allo stesso tempo farlo riflettere sui paradossi della vita. Le sue opere sono nude, si mostrano per quello che sono e non nascondono i meccanismi.

Con un background da graphic designer, Ramage si è riscoperto un artigiano e autodidatta in meccanica delle macchine. Oggetti usati, umorismo e movimento sono gli ingredienti base delle sue sculture cinetiche.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



L'azionamento manuale di una manovella mette in rotazione la ruota conica (2) che, situata perpendicolarmente alla ruota conica 3, ne trasmette il moto. La ruota conica 3 è solidale all'asse di rotazione, a cui è solidale anche il disco in vinile, pertanto la rotazione della ruota conica 3 viene trasferita all'albero e di conseguenza al disco.

# HAMLET

di Kazuaki Harada, 2014



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

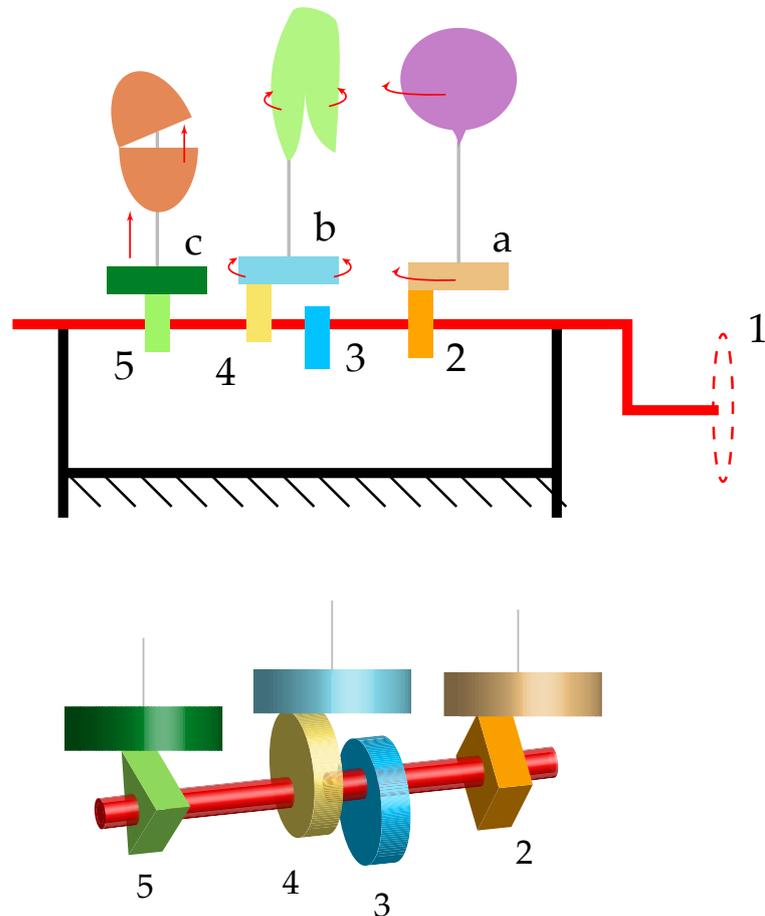


Un prosciutto, una rapa e un ravanella si muovono su un tagliere un po' insolito che non serve per affettarli, bensì funge da palcoscenico. I tre personaggi stanno infatti **recitando** l'Amleto, una delle tragedie shakespeariane più diffusa nel mondo. I personaggi scelti non sono casuali, sono solo dei **pessimi attori**. In Inghilterra infatti un attore inesperto è definito *ham actor* ovvero attore di prosciutto, in Francia *acteur de navet* ovvero attore di rapa e *Daikon haiyū* in Giappone ovvero attore ravanella.

## L'AUTORE

Kazuaki Harada ha sviluppato la sua passione per automi e sculture cinetiche a seguito della lettura del libro "Automata: Movable Illustration" dell'artista giapponese Aquio Nishida. Nel 2002 ha abbandonato la sua professione di impiegato in una tipografia per dedicarsi alla creazione di sculture cinetiche in legno, passando dal seguire passo passo le guide per la costruzione di automi, al creare opere personali. L'ispirazione nasce da ciò che lo circonda: abbozza il progetto, realizza il prototipo per testare la meccanica e infine produce il pezzo completo.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La **manovella 1** viene azionata manualmente e trasmette la rotazione alle **quattro camme (2,3,4,5)** solidali all'asse di rotazione della manovella. Le camme trasmettono il moto a loro volta alle **tre ruote (a,b,c)** ognuna delle quali è collegata con un filo di ferro ad uno dei 3 alimenti presenti sulla superficie del tagliere. La **camma 2** è **quadrata** e aziona la **rotazione** della **ruota a** collegata al ravanello grazie alla sua **posizione estrema** rispetto al baricentro della ruota a.

La **camma 5**, **triangolare**, si trova invece al centro rispetto alla ruota c pertanto la ruota cedente non viene fatta ruotare ma soltanto **traslare**.

Infine la ruota centrale, che ha una rotazione alternata, viene movimentata dalle **camme 4 e 3** entrambe **circolari** e posizionate ai due lati della ruota. Il cedente b ruota in senso **antiorario** quando entra in contatto con la testa della **camma 3** posizionata sul lato sinistro. Viceversa invece quando viene mossa dalla testa della **camma 4** il cedente b ruota in **senso orario**.

# HAPPY APPLE TREE

di Steven White, 2009



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

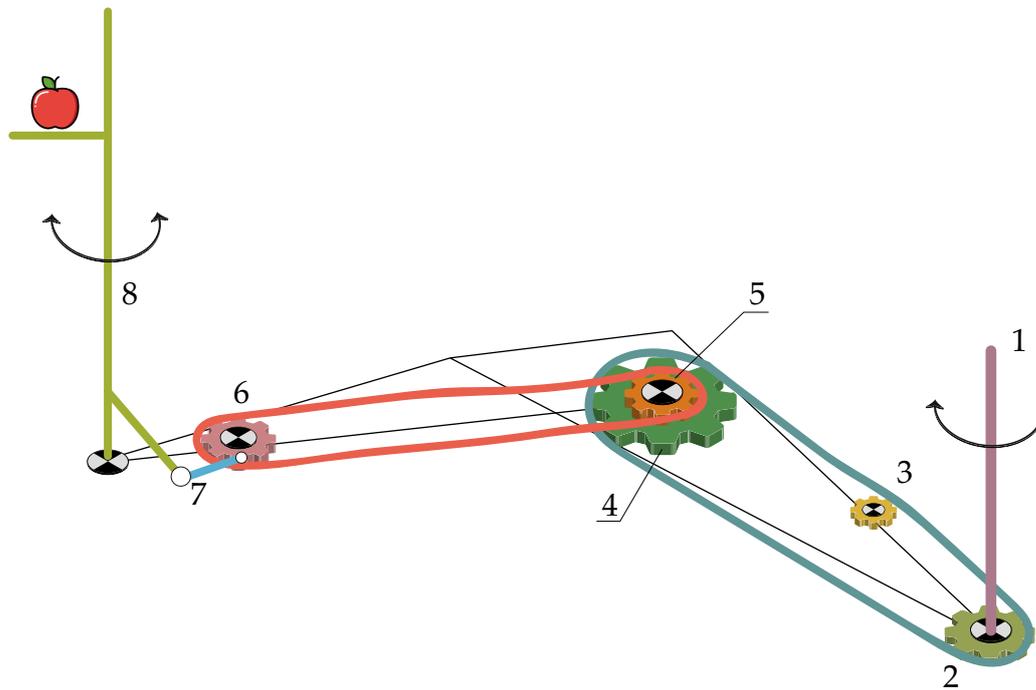


Ideatore del Combine Project, Steven White ha creato una collezione di sculture cinetiche partendo da **attrezzatura agricola dismessa**. In particolare *Happy apple tree* è ricavata dalla riconversione di una **mietitrebbia** del 1964 e dal recupero delle **Happy Apple**, giocattoli Fisher Price del 1972. Il meccanismo, azionato manualmente, fa roteare un albero sui cui bracci sono collocate delle mele che, ondeggiando, producono un suono metallico. Un'attrezzatura dismessa riprende vita trasformandosi in un melo.

## L'AUTORE

Steven White si è laureato in arti visive presso la Queen's University di Kingston, luogo in cui ha potuto apprendere quelle che sono poi diventate le basi su cui ha costruito la sua carriera artistica, ovvero saldatura, lavorazione del legno, cemento e gesso. Unite alla creatività e alla passione per la riconversione di vecchia strumentazione, le sue competenze l'hanno condotto all'importante mostra personale Combine Project, esposta poi in diverse gallerie. Oltre a creare, esercita anche la professione di insegnante d'arte in una scuola privata di Collingwood ON.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La **manovella 1**, azionata manualmente, innesta la rotazione dell'albero a cui è solidale la **ruota dentata 2**. Per mezzo di una **catena**, tale ruota trasmette il suo moto alle **ruote 3 e 4**. Sopra la ruota 4 è incernierata un'altra **ruota dentata (5)** che, trovandosi sullo stesso asse di rotazione, inizia anch'essa a ruotare, trasmettendo il moto alla **ruota dentata 6** attraverso una **catena**. Perpendicolarmente alla superficie della ruota 6 (**manovella**) è incernierato il **membro 7**, collegato a sua volta all'asta fissata rigidamente al **membro 8** che funge da **bilanciere**, fornendo un **moto rotatorio alternato** alla parte verticale. Sul membro 8 sono fissate rigidamente le aste su cui poggiano le mele.

# LIFT

di Jennifer Townley, 2009



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

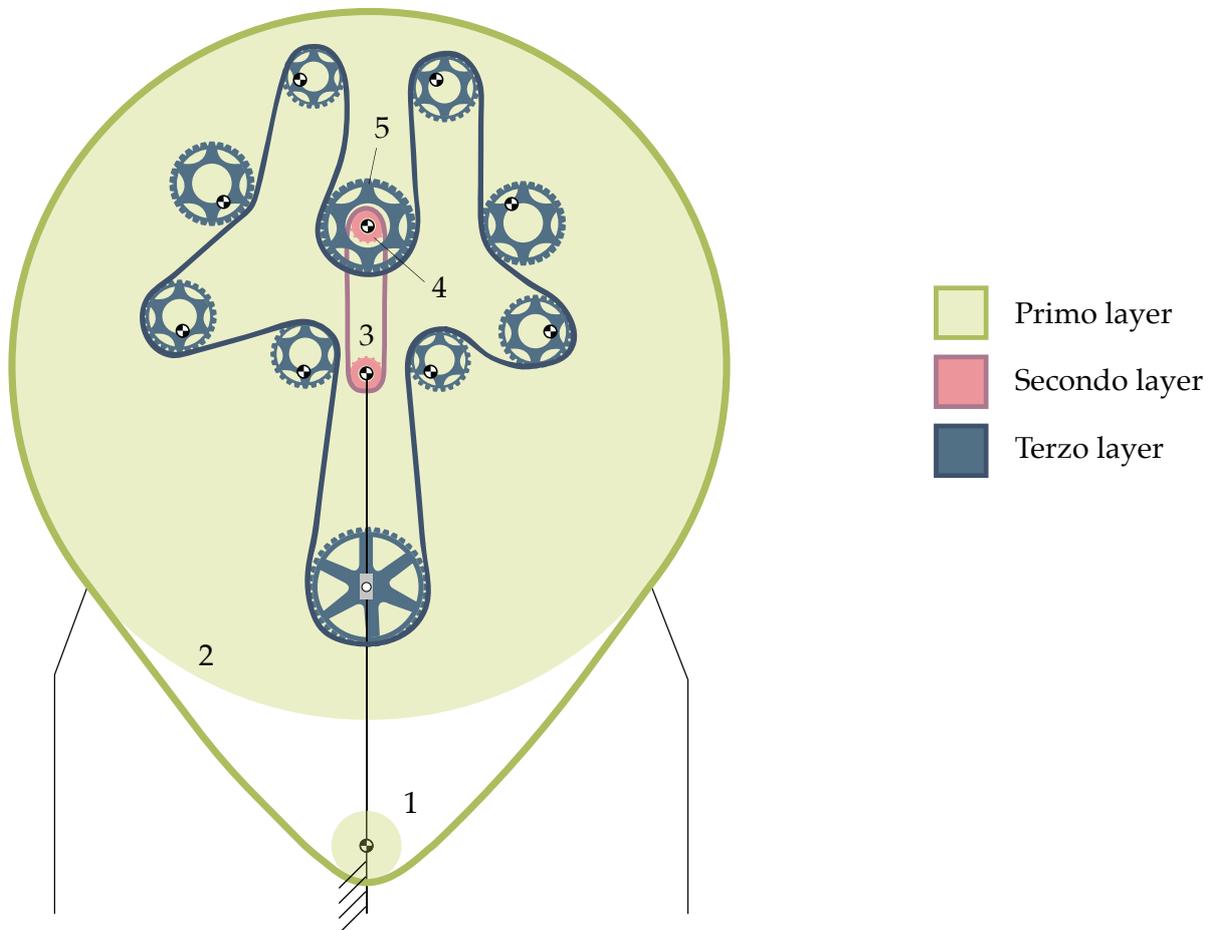


Undici ruote dentate sembrano **danzare** attorno alla catena metallica come un ballerino di danza aerea compone la sua danza tra i tessuti drappeggianti. Il movimento è conferito dalla ruota grande collocata al centro della scultura che, ruotando a velocità costante, avvia la trasmissione meccanica. Le ruote più piccole si muovono a velocità diverse a causa della loro differente dimensione mentre dei pesi in ottone si abbassano per mantenere in tensione la catena. Ne consegue un **movimento organico**, armonioso ed **imprevedibile**, capace di incantare lo spettatore.

## L'AUTORE

Jennifer Townley è un'artista olandese laureata presso la Royal Academy of Fine Art dell'Aia. Il suo lavoro si focalizza sulla creazione di sculture cinetiche caratterizzate non solo da un movimento lento, continuo e ripetitivo, ma anche dal cambiamento nella configurazione dell'opera. La passione per la scienza, la geometria e la meccanica portano alla creazione di sculture cinetiche che hanno un risultato quasi ipnotico nei confronti dello spettatore.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La trasmissione del moto avviene su **tre piani differenti**, paralleli tra di loro.

**Primo layer** una **cinghia** trasmette il moto dalla puleggia motrice (1) alla puleggia condotta (2) che, oltre a rappresentare lo sfondo dell'opera, ha anche una funzione meccanica. Tale puleggia ha impennata ad essa una piccola ruota dentata (3) e, nel momento in cui la puleggia viene messa in rotazione, trasferisce il moto alla ruota dentata.

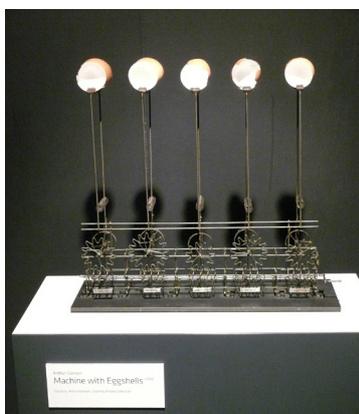
**Secondo layer**: la ruota dentata 3 trasmette il moto alla ruota dentata 4 attraverso una **catena**. La ruota dentata 4 è solidale alla ruota 5 e, mettendo in moto l'albero, trasferisce il moto alla ruota dentata 5.

**Terzo layer**: la ruota dentata 5 è collocata sullo stesso piano delle restanti ruote dentate e, attraverso una **catena** trasmette il moto ad esse.

Le ruote dentate collocate sul terzo livello sono incernierate al telaio in modo eccentrico e possono ruotare attorno al proprio perno.

# MACHINE WITH EGGSHELLS

di Arthur Ganson, 1994



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



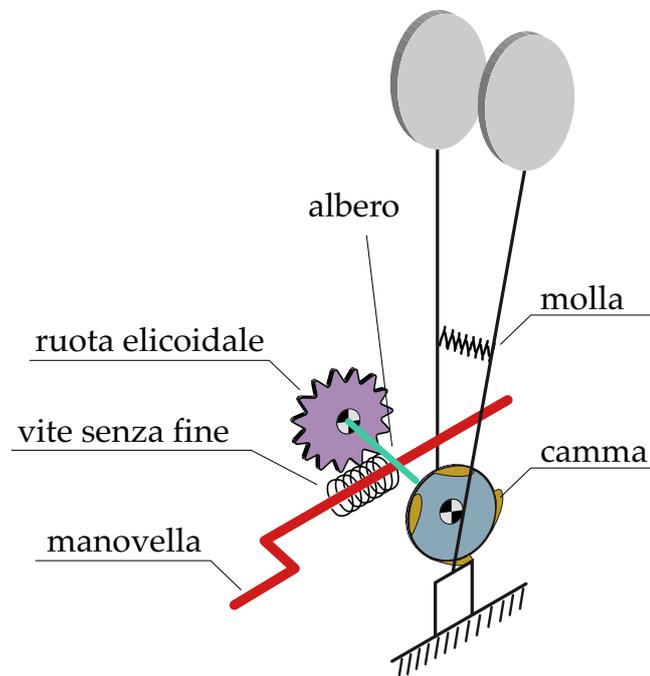
Ganson sperimenta il **potenziale sonoro** dell'uovo, creando una macchina basata sui **rapporti di trasmissione**. Il ritmo è determinato dal numero di rapporti dei denti presenti sui cinque ingranaggi.

Il suono prodotto dallo scontrarsi dei gusci sembra ricordare un messaggio in codice morse.

## L'AUTORE

Arthur Ganson è uno dei più famosi scultori cinetici, creatore di opere ironiche e stravaganti. La sua arte nasce dalle emozioni, dalle riflessioni giocose su ciò che lo circonda. L'esplorazione del movimento per Ganson inizia sin da bambino, quando si divertiva ad animare scene creando flipbooks (Ganson, TED 2008). La sua arte unisce la sua passione per il movimento e il rigore logico alla gioia di poter creare con le sue mani: ne derivano dunque opere che si servono del rigore della meccanica, ma che non hanno uno scopo reale, se non quello di esprimere e suscitare emozioni.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



L'opera può essere suddivisa in cinque parti ed è possibile analizzarne **una sola parte** per comprendere l'intero funzionamento del meccanismo in quanto l'opera si compone di meccanismi iterati. Il meccanismo che è alla base del funzionamento è riportato nella figura sovrastante. È importante sottolineare che Ganson si avvale di componenti meccaniche *non ortodosse* e realizzate in fil di ferro, ma pur sempre riconducibili a meccanismi classici.

Una **manovella** azionata manualmente porta in rotazione la **vite senza fine**, che trasferisce la rotazione alla **ruota elicoidale**. Solidale all'asse di rotazione della ruota elicoidale vi è una **camma**, realizzata con delle protuberanze sul retro. Ruotando, la camma inclina l'asse su cui è posto il guscio dell'uovo e, grazie alla presenza di una **molla**, quando la pressione viene rilasciata, l'asse ritorna in posizione retta ma con l'**energia elastica** derivante dallo stiramento della molla. In questo modo il guscio posteriore urta contro quello anteriore.

Questa struttura si ripete per cinque volte, in quanto sull'asse di rotazione della manovella sono poste cinque viti senza fine, che azionano rispettivamente il proprio meccanismo appena illustrato.

# META-MATIC N. 10

di Jean Tinguely, 1959



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

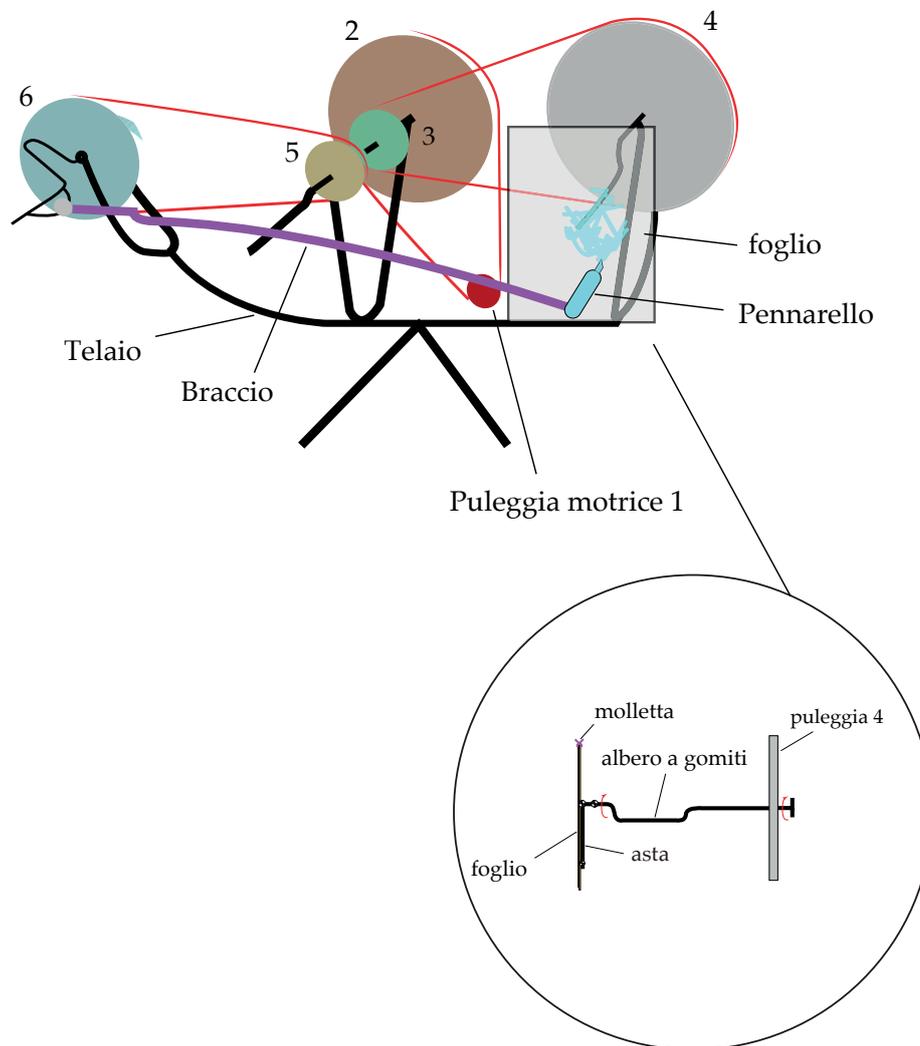


Le meta-matics sono delle macchine che **generano** delle **opere d'arte**. I disegni astratti sono prodotti per mezzo di un braccio azionato a motore che regge gli strumenti di disegno scelti dallo spettatore. Il risultato è una composizione casuale di linee e punti che ricorda l'**arte astratta** del '900.

## L'AUTORE

Jean Tinguely è stato uno scultore svizzero particolarmente noto per le sue sculture cinetiche, macchine nude e crude, ribelli e folli ma allo stesso tempo monotone e disperate, proprio come l'emergente società moderna. Dopo aver studiato pittura e scultura alla Scuola d'Arte di Basilea, si trasferì a Parigi nel 1953, luogo in cui nacquero le sue famose sculture *meta-meccaniche*. Dal 1996 il Museo Tinguely, a Basilea, raccoglie tutte le sue opere, dalle sculture, alle fotografie, ai suoi disegni, per omaggiare l'artista che ha trasformato il movimento in arte.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Un motore elettrico innesta la rotazione della **puleggia motrice 1** che a sua volta trasmette il moto per mezzo di una **fune** alla **puleggia 2** e alle **pulegge 3 e 5** che si trovano sullo stesso albero di trasmissione. La **puleggia 3** trasmette la **rotazione** alla **4** sempre tramite una **fune** che a sua volta muove il **foglio** incernierato sullo stesso albero motore. La **puleggia 5** invece trasmette il moto alla numero **6** mettendo in rotazione l'**albero a gomiti** su cui è avvitato il braccio che sostiene il **pennarello**. Il **tremolio** dell'intera scultura è dovuto al fatto che le **funi non sono perfettamente aderenti alle pulegge** per cui rimane sempre un po' di gioco, non tanto però da impedire la trasmissione del moto. Inoltre il **braccio** viene movimentato anche dall'**albero motore centrale** ed essendo elastico è in **continua oscillazione**.

# PLAUDENS VELA

di Theo Jansen, 2013



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

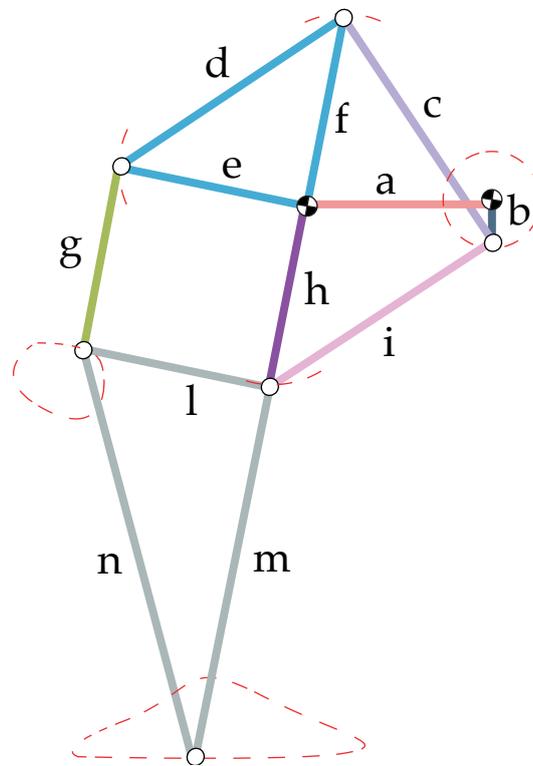


Theo Jansen definisce le sue opere *Strandbeest*, una parola danese che letteralmente significa *animale da spiaggia*. Tali opere, infatti, sono studiate per camminare lungo le spiagge olandesi sfruttando l'energia fornita dal **vento**. Jansen realizza tali sculture connettendo tubi gialli in PVC con nastro adesivo, elastici e fascette di serraggio. Plaudens vela appartiene a queste creature da spiaggia ed è nominata così per via della grande superficie di tessuto impiegata come vela, per permettere alla scultura di camminare anche in presenza di **vento debole**.

## L'AUTORE

Theo Jansen è uno dei più famosi scultori cinetici, conosciuto in particolare per i suoi Strandbeest. Le sue sculture si collocano a metà tra arte e ingegneria. La sua arte ha raggiunto anche il campo automotive, infatti nel 2006 ha preso parte allo spot pubblicitario *Defining innovation* della nota casa automobilistica BMW. Nota di menzione è anche la sua partecipazione al Ted talk nel 2007, intitolata "My creations, a new form of life".

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Nell'opera può essere evidenziato un **meccanismo guida** che si ripete per tutte le altre gambe, un meccanismo ad un singolo grado di libertà composto da **otto membri**.

In figura è rappresentato lo schema di una gamba del meccanismo costituito da una **manovella (b)**, due **bilancieri (f,h)** e **due bielle (c,i)**, tutti collegati con delle cerniere.

La gamba è composta da 6 parti:

- 1) un **membro ternario** (fde);
- 2) un **quadrilatero** superiore e inferiore ab-cf e ab-hi (meccanismo manovella-bilanciere);
- 3) un quadrilatero composto dai membri eh-gl (meccanismo doppio bilanciere o **parallelogramma articolato**);
- 4) un **membro ternario** rigido lmn che rappresenta il piede;
- 5) un **telaio** a che unisce le due cerniere fisse;
- 6) infine la **punta** del piede che è rappresentata dal punto di connessione tra i membri m e n.

La rotazione della manovella permette al piede di alzarci ad una certa altezza, che viene definita altezza del gradino, per poi tornare alla posizione di partenza al termine del ciclo di rotazione della manovella.

# RELATIVTIMEPIECES

di Studio Mieke Meijer, 2010



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

*\*il video appartiene alla piattaforma Vimeo. Per visionarlo è necessario registrarsi*

Scan me!

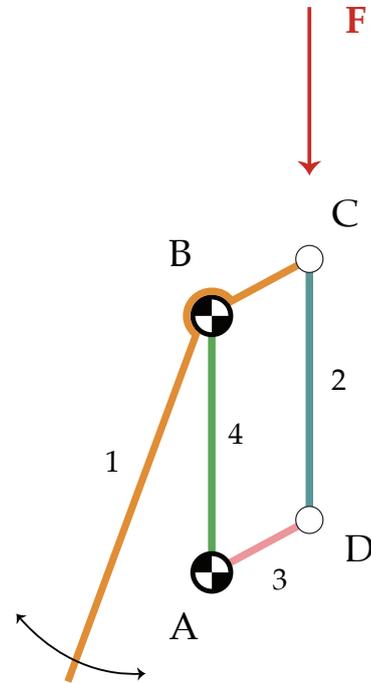


Il progetto Relativtimepieces è stato realizzato in occasione della mostra “*Matter of time*” del team Dutch Invertuals. Il progetto si compone di tre pezzi, ognuno dei quali mostra lo scorrere del tempo in base ad una misura differente: temperatura, volume e massa. Di rilievo per l’analisi è la scultura che esprime il **tempo in funzione della massa**. Utilizzando un quadrilatero articolato viene riprodotto il movimento della lancetta dell’orologio.

## L'AUTORE

Fondato da Mieke Meijer e Roy Letterlé, Studio Mieke Meijer è uno studio olandese che opera a cavallo tra architettura e design, sia nel pubblico che nel privato. Si basa sulla sinergia di due professioni differenti (Meijer è designer e Letterlé ingegnere strutturale) per creare sistemi scalabili e adattabili a diversi ambienti. Attualmente insegnano presso la Design Academy di Eindhoven e la University of the Arts di Utrecht.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO

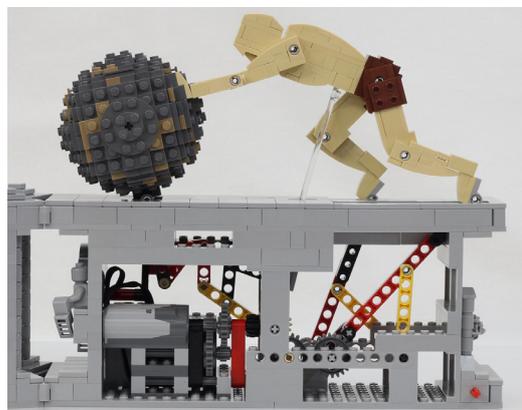


Il meccanismo è formato da 4 membri e presenta quattro cerniere, di cui due fisse. Il **membro 1** si comporta da **bilanciere**, in quanto compie **moto rotativo alternativo** attorno al punto fisso del telaio.

La forza, costituita dal peso che la sabbia esercita sul piattino e di conseguenza impressa sulla cerniera C, attiva la **traslazione** del **membro 2**, la **rotazione** dei **membri 3 e 1**; quest'ultimo in base al suo movimento segna la misura del tempo espressa in base alla massa.

# SISYPHUS

di Jason Allemann, 2015-18



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale aprì la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



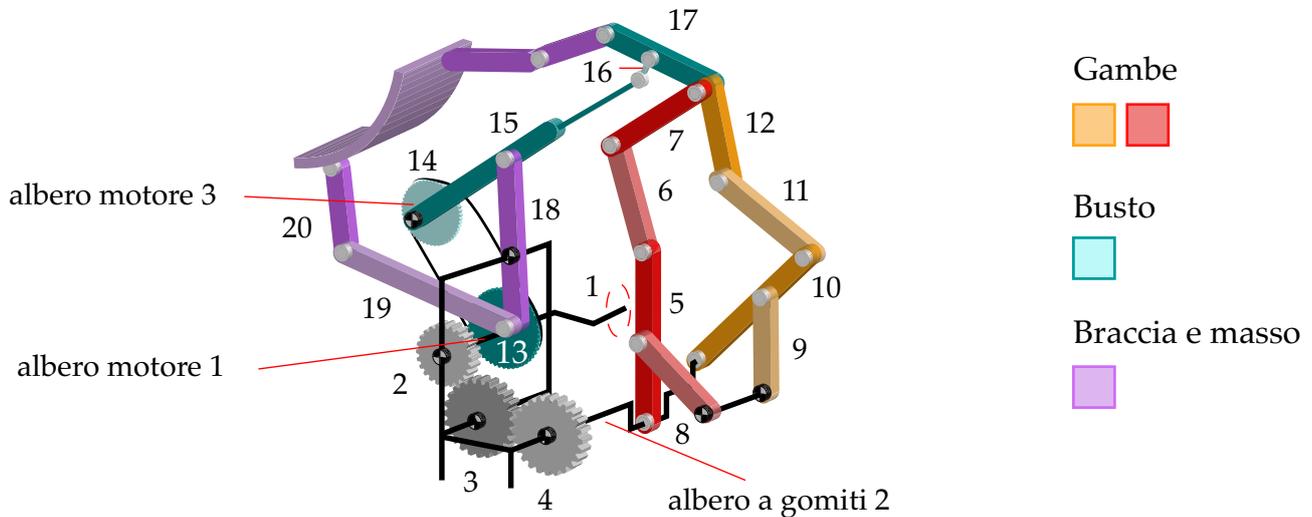
La creatività non ha limiti ed è così che Jason Allemann realizza un pezzo di arte cinetica esclusivamente con **mattoncini Lego**. L'opera richiama il famoso mito greco di Sisifo, condannato dagli dei a trascinare un grande masso lungo il pendio di una collina ma, una volta arrivato in cima, il masso sarebbe caduto nuovamente a valle, costringendo così Sisifo ad uno sforzo **perpetuo**. La scultura può essere azionata con una manovella o a motore e la sua base si può aprire per rivelare la meccanica interna.

L'opera è stata progettata nel 2015 e rivisitata dall'autore stesso nel 2018.

## L'AUTORE

Jason Allemann, assieme alla sua partner Kristal, progetta e costruisce utilizzando i mattoncini Lego. La sua passione nasce sin da bambino e diventa per lui uno slancio nel momento in cui vengono commercializzati i primi kit con sistema programmabile Mindstorms. Nel corso degli anni il suo hobby lo ha portato alla fondazione di JK Brickworks, piattaforma sulla quale condivide i suoi lavori.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Per l'analisi di questa scultura sono stati individuati **tre meccanismi** che guidano il movimento di **tre elementi diversi** evidenziati da 4 colori : le gambe in rosso e giallo, il busto in azzurro e le braccia più il masso in viola.

**Gambe:** l'intero meccanismo è guidato dall'**albero motore 1** che viene azionato dalla **manovella (1)** e che guida attraverso gli **ingranaggi 2,3 e 4** l'**albero a gomiti 2**.

Su questo asse sono incernierate con delle coppie rotoidali i membri a molteplicità 3 che sono a loro volta collegati alle due diadi che rappresentano le gambe (**membri 6, 7 e 11,12**). I membri 5 e 10 sono inoltre collegati al telaio attraverso i membri 8 e 9.

**Busto:** l'**albero motore 1** guida anche l'**albero motore 3** attraverso una **catena** che trasmette la rotazione della **ruota dentata 13** solidale all'albero 1, alla **ruota dentata 14** solidale all'albero motore 3. Quest'ultimo a sua volta guida lo spintone del **corpo 15** incernierato sulla **ruota 14** che sostanzialmente si comporta come gli spintoni delle gambe.

**Braccia e massa:** Lo spintone 15 allo stesso tempo è connesso al masso attraverso i membri **18, 19 e 20** collegati con delle coppie rotoidali. In questo modo mentre il corpo oscilla in avanti anche il masso si muove in avanti.

# SOLTICE CLOCK

di Animaro Design, 2019-20



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

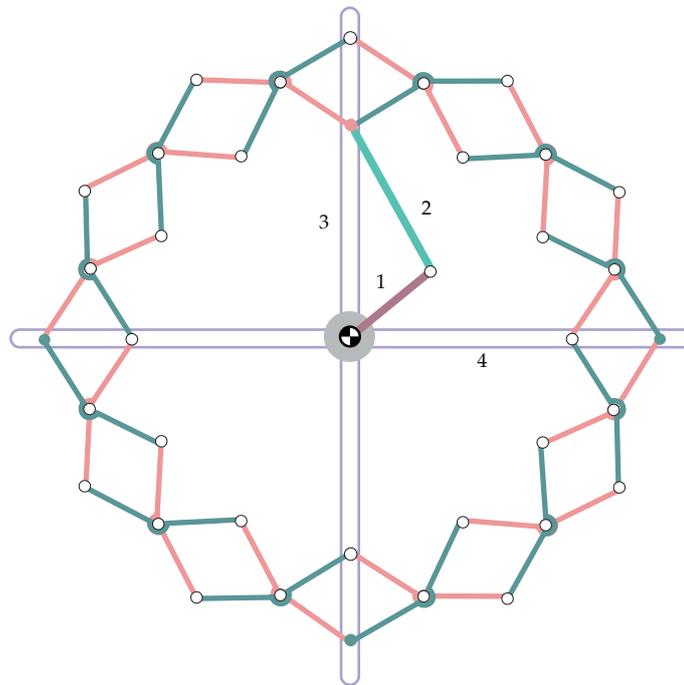


Soltice è un **orologio dinamico**, un pezzo d'arte cinetica che vuole celebrare il movimento meccanico e ricreare una connessione tra oggetto e utilizzatore. Il suo funzionamento ricorda quello delle antiche meridiane, che permettevano di conoscere l'orario in base alla posizione dell'ombra dello stilo. Il **ciclo** di Solstice dura **dodici ore**: a mezzogiorno, quando il sole è alto nel cielo, l'orologio raggiunge la massima apertura, fino a richiudersi al minimo alle ore 18.00. Dispone di una singola lancetta ed è pensato come orologio per indicare le ore, fornendo così una **visione del tempo più rilassata**.

## L'AUTORE

Animaro è uno studio che si occupa di forniture design con sede a Londra. Unisce arte e ingegneria per la creazione di oggetti dinamici e giocosi. Fondata nel 2016 dall'architetto e designer Matt Gilbert, ha come scopo proprio la creazione di oggetti cinetici e personalizzabili.

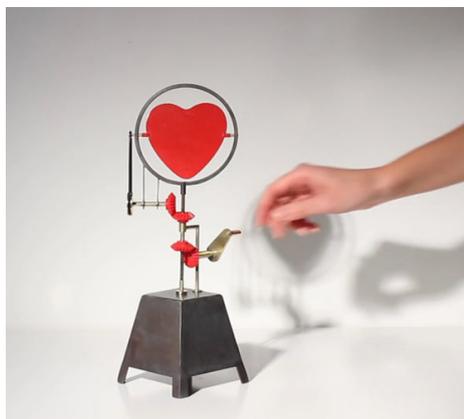
# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La **lancetta delle ore (1)** è una **manovella**, ed è collegata alla cornice dell'orologio mediante il **membro 2**. L'azionamento elettrico mette in rotazione la lancetta (1), che di conseguenza, attraverso un **half joint**, attiva la **traslazione** lungo l'asse z del corsoio e la **rotazione** dei membri ad esso collegato. In particolare le guide dei corsoi sono due (3 e 4), perpendicolari tra di loro e ognuna di esse regola lo slittamento di quattro corsoi. Il movimento della cornice si trasmette attraverso un **meccanismo articolato piano**, vincolati ogni  $90^\circ$  con half joint. Quando la manovella è posizionata a  $90^\circ$  il meccanismo è nella sua **massima estensione**; di contro, dopo il compimento di due quadranti, ovvero quando si ritrova a  $-90^\circ$ , il meccanismo si ritrae e raggiunge la sua **minima estensione**. Il movimento riprende e, dopo aver percorso altri due quadranti, il meccanismo si ritroverà nella posizione di partenza, di massima estensione.

# SPINNING HEART MACHINE

di Martin Smith, 2015



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

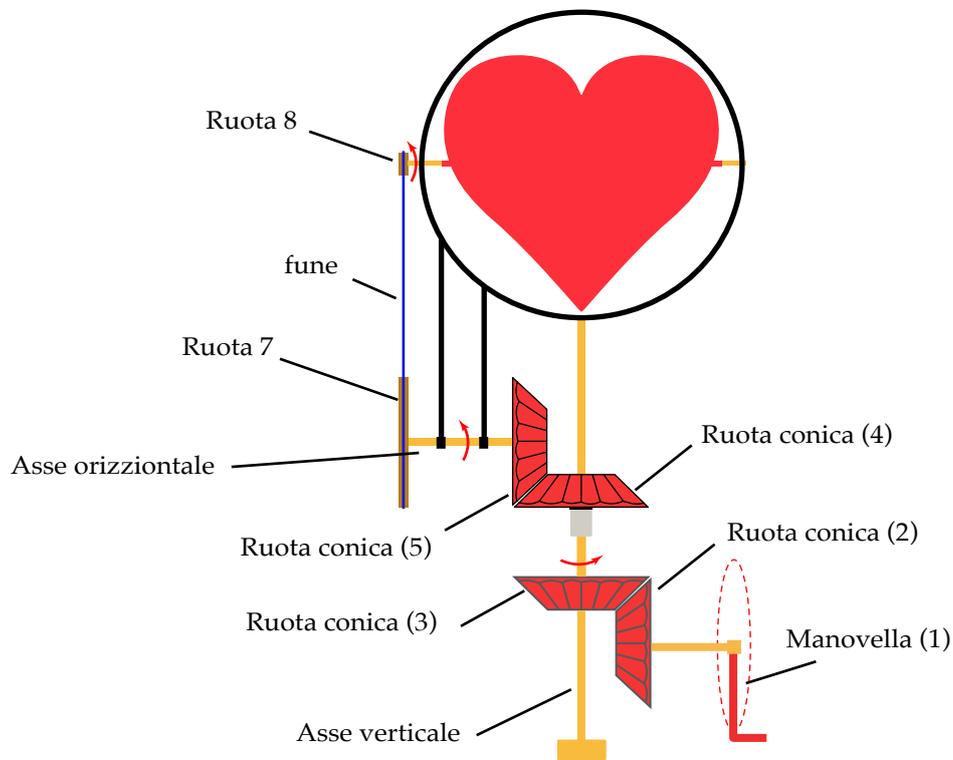


Spinning heart machine è un'opera cinetica che vuole **celebrare l'amore**. In lingua inglese, la dichiarazione d'amore "*mi fai battere il cuore*" può essere tradotta anche in "*you make my heart spin*". Martin Smith riprende questo concetto e realizza una scultura cinetica che, azionata da una manovella, fa letteralmente girare il cuore.

## L'AUTORE

Martin Smith è un artista che opera su larga scala: è famoso per le sue opere architettoniche di notevoli dimensioni che interagiscono con lo spettatore e con lo spazio circostante, ma si occupa anche di arte cinetica, soffermandosi sui temi della precisione, della ripetizione e delle regole. Nel suo portfolio è possibile trovare commissioni, concorsi e lavori pubblici. È direttore artistico e co-fondatore dell'etichetta di design Laikngland, che si occupa di oggetti cinetici ironici, giocosi e nostalgici.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La **manovella (1)** viene azionata manualmente e mette in moto la rotazione di un primo ingranaggio composto da **due ruote coniche ad assi perpendicolari**. La **ruota conica superiore (3)** ruotando trasmette il moto al **cerchio** posto in cima alla scultura, solidale allo stesso asse di rotazione. Quest'ultimo trasmette la rotazione all'**asse orizzontale** su cui è impernato che a sua volta genera la rotazione della **ruota 5** intorno alla **ruota 7**, che rimane bloccata. Ancora la **ruota 5**, solidale all'asse orizzontale aziona la rotazione della **ruota 7** che a sua volta trasmette il moto alla **ruota 8** attraverso una **fune**. La ruota 8 infine fa ruotare il **cuore** all'interno del cerchio solidale allo stesso asse.

# THE NOSE KNOWS

di Cecilia Schiller, 2014



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



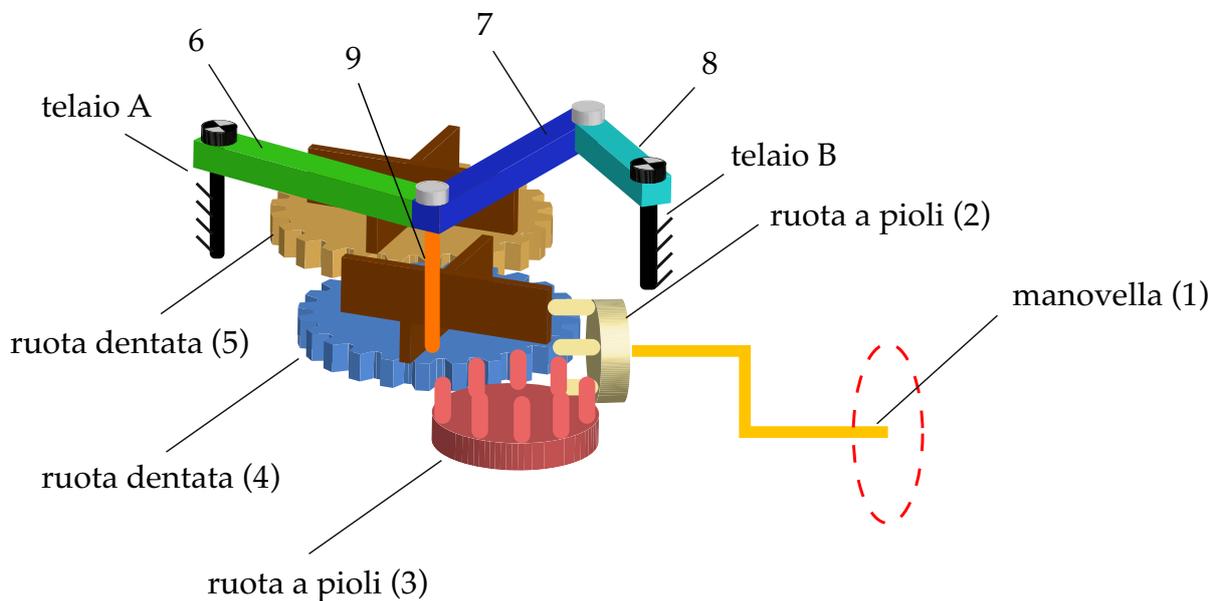
Una simpatica scenetta illustra un cagnolino mentre fiuta. Il meccanismo è stato studiato nel minimo dettaglio affinché la **traiettoria** compiuta dall'animale formasse il **numero 8**.

Il meccanismo è lasciato volutamente a vista in quanto ritenuto molto interessante dall'artista stessa.

## L'AUTORE

Cecilia Schiller realizza piccole sculture cinetiche interattive dal 2019. Il suo intento è proprio quello di coinvolgere lo spettatore e renderlo parte di una narrazione nel momento in cui mette in moto l'opera. Le sculture sono tutte realizzate a mano, complice la sua esperienza nell'intaglio e lavorazione del legno. Oltre alla creazione, Cecilia Schiller offre anche lezioni private e mette a disposizione kit originali su [crankyheartautomata.com](http://crankyheartautomata.com).

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Una **manovella (1)** che viene azionata manualmente mette in rotazione la **ruota a pioli (2)** solidale allo stesso asse che a sua volta trasmette il moto alla seconda **ruota a pioli (3)** in posizione perpendicolare rispetto alla prima. I pioli della ruota 2 azionano il movimento della **ruota dentata 4** e di conseguenza della **ruota 5**. Su entrambe le ruote dentate sono fissati dei setti radiali in legno. Da un lato all'altro della scatola sono presenti due parallelepipedi che rappresentano il **telaio (A-B)** su cui sono incernierati i **membri 6 e 8** connessi tra di loro dal **membro 7** con delle **coppie rotoidali**.

Sul membro centrale (7) è fissata un' **asta verticale (9)** su cui da un lato è fissato il cagnolino mentre dall'altra parte l'asta scende fino quasi a toccare la ruota dentata sottostante. Quando gli ingranaggi iniziano a ruotare, le eliche colpiscono l'asta, azionando il movimento del membro 7 su cui è incernierato il cagnolino.

# THE UNWELCOME DINNER GUEST

di Dug North, 2012



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!



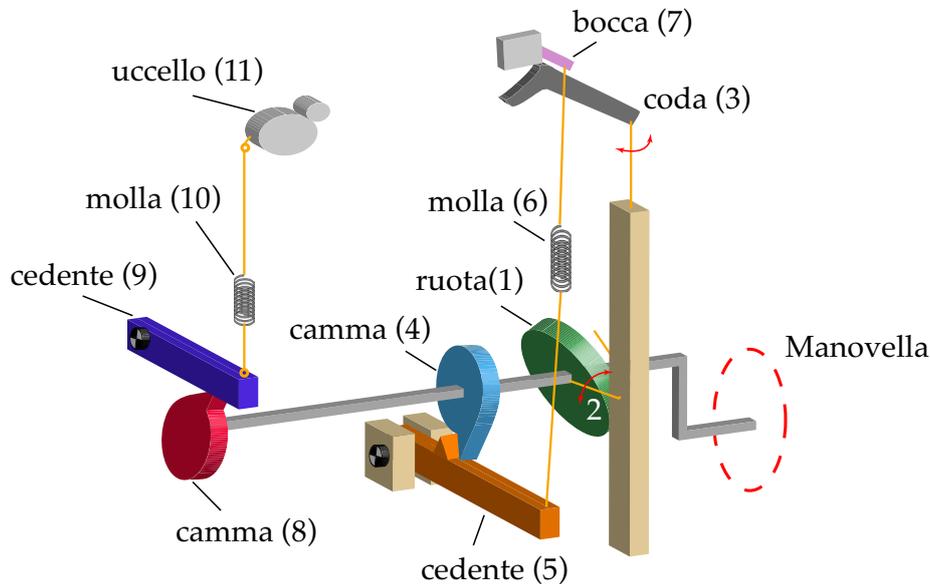
La scultura, realizzata interamente in legno, riproduce una **scenetta quotidiana**: un uccellino ruba la cena al cagnolino che cerca di protendersi verso di lui ma, legato al palo, può solo abbaiare infuriato.

La scultura ha riscosso un notevole successo durante la World Maker Fair del 2012 ed è anche presente sulla rivista *Gizmos & Gadgets*, dove viene illustrato il processo di creazione.

## L'AUTORE

Douglas Ian North è un artista che colloca la sua passione tra arte e tecnologia. Laureatosi in antropologia presso l'Università del Vermont ha infatti deciso di frequentare un master in Studi scientifici e tecnologici presso il Rensselaer Polytechnic Institute. Il suo lavoro si concretizza nel privato: realizza collezioni di automi unendo creatività ed elementi meccanici. È autore anche di una rubrica trimestrale per il Cabaret Mechanical Teatre.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Il meccanismo può essere **suddiviso in 3 parti** ognuna delle quali riguarda il movimento di 3 componenti diversi: il movimento della coda, quello della bocca del cane, e dell'uccello. tutti e 3 i componenti vengono movimentati a partire dalla **rotazione** della **manovella** che viene azionata manualmente.

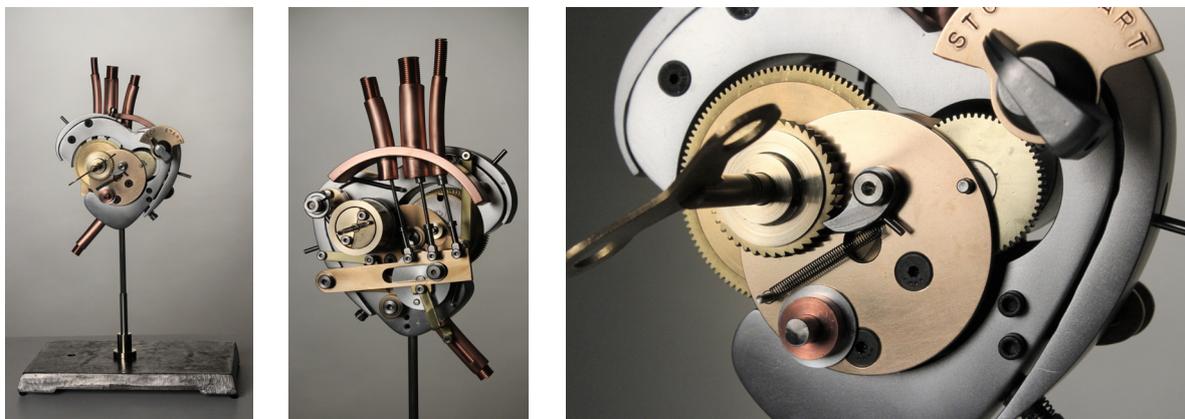
**Coda:** La **ruota 1** è posta leggermente inclinata sull'asse della manovella e ruotando colpisce il **filo di ferro (2)** che spunta dalla colonna e che termina agganciandosi alla coda determinandone il movimento rotatorio alternato.

**Bocca:** La **camma 4** viene messa in rotazione dalla manovella trasmette il moto al **cedente 5** incernierato da un lato al telaio dall'altro lato invece è agganciato ad un filo di ferro che termina agganciandosi al **membro 7** e al cui centro è posizionata la **molla 6**. Quando la testa della **camma 4** tocca la punta del **cedente 5** si ha il momento di massima tensione della molla e quando la camma non tocca più il cedente la molla scatta facendo scattare anche il **membro 7**.

**Uccello:** Il meccanismo che determina il movimento dell'uccello è molto simile a quello precedente. La **camma 8** trasmette il moto al **cedente 9** su cui è imperniato un filo di ferro con al centro un'altra **molla (10)** collegato all'uccello.

# TICKER

di Mark Galt, 2017



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

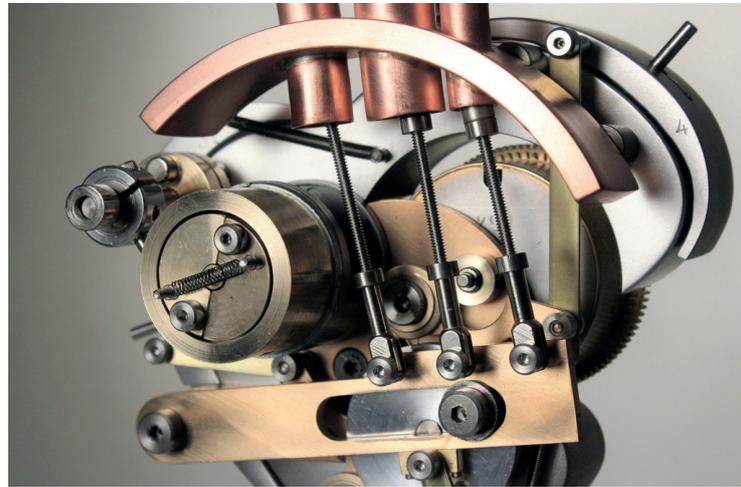


Inizialmente prototipato come regalo per un amico che ha subito un intervento al cuore, Ticker è diventato un pezzo d'arte con una doppia lettura: da un lato può essere interpretato come il **ciclo vitale**, il cuore che batte e da' la vita e quando si ferma ne restituisce una nuova; d'altra parte riprende una tematica molto presente al giorno d'oggi, la **protesi cardiaca**, che è in grado di salvare molte vite.

## L'AUTORE

Mark Galt, originario della California settentrionale, ha intrapreso il processo di creazione già da piccolo: a otto anni intagliava il legno, a dodici progettava circuiti elettronici e a sedici ha iniziato a lavorare i metalli. Ha studiato ingegneria per due anni e successivamente ha intrapreso una carriera tecnico/ingegneristica presso una serie di laboratori di fisica, che gli hanno permesso di affinare le sue abilità. Dal 2007 ha intrapreso la strada della scultura meccanica, ricevendo consensi e riconoscimenti.

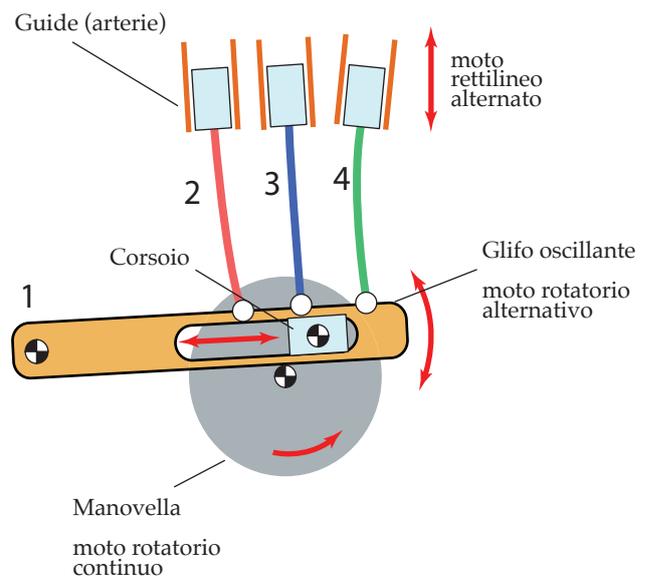
# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



In questa scultura si possono analizzare **due meccanismi** diversi: un primo meccanismo serve per rappresentare il *pompaggio del sangue* all'interno delle arterie, mentre il secondo rappresenta i *battiti del cuore*. Entrambi i meccanismi sono azionati grazie ad un meccanismo a **carica manuale**.

La rappresentazione del sangue che viene pompato nelle arterie viene realizzata con un meccanismo a **glifo oscillante**.

Il glifo (1) è incernierato da un lato al telaio mentre dall'altro lato presenta una scanalatura all'interno del quale scorre un perno collegato alla manovella costituendo così un **accoppiamento prismatico**. Il ruolo del corsoio è fondamentale per trasformare il **moto rotatorio continuo** della manovella nel **movimento oscillante** del glifo. Questo movimento oscillante viene trasmesso ai membri 2,3,4 incernierati al glifo che a loro volta scorrono all'interno delle rispettive guide che rappresentano le arterie.



# TWO FLAGS

di Nik Ramage, 2019



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

*\*il video appartiene alla piattaforma Vimeo. Per visionarlo è necessario registrarsi*

Scan me!



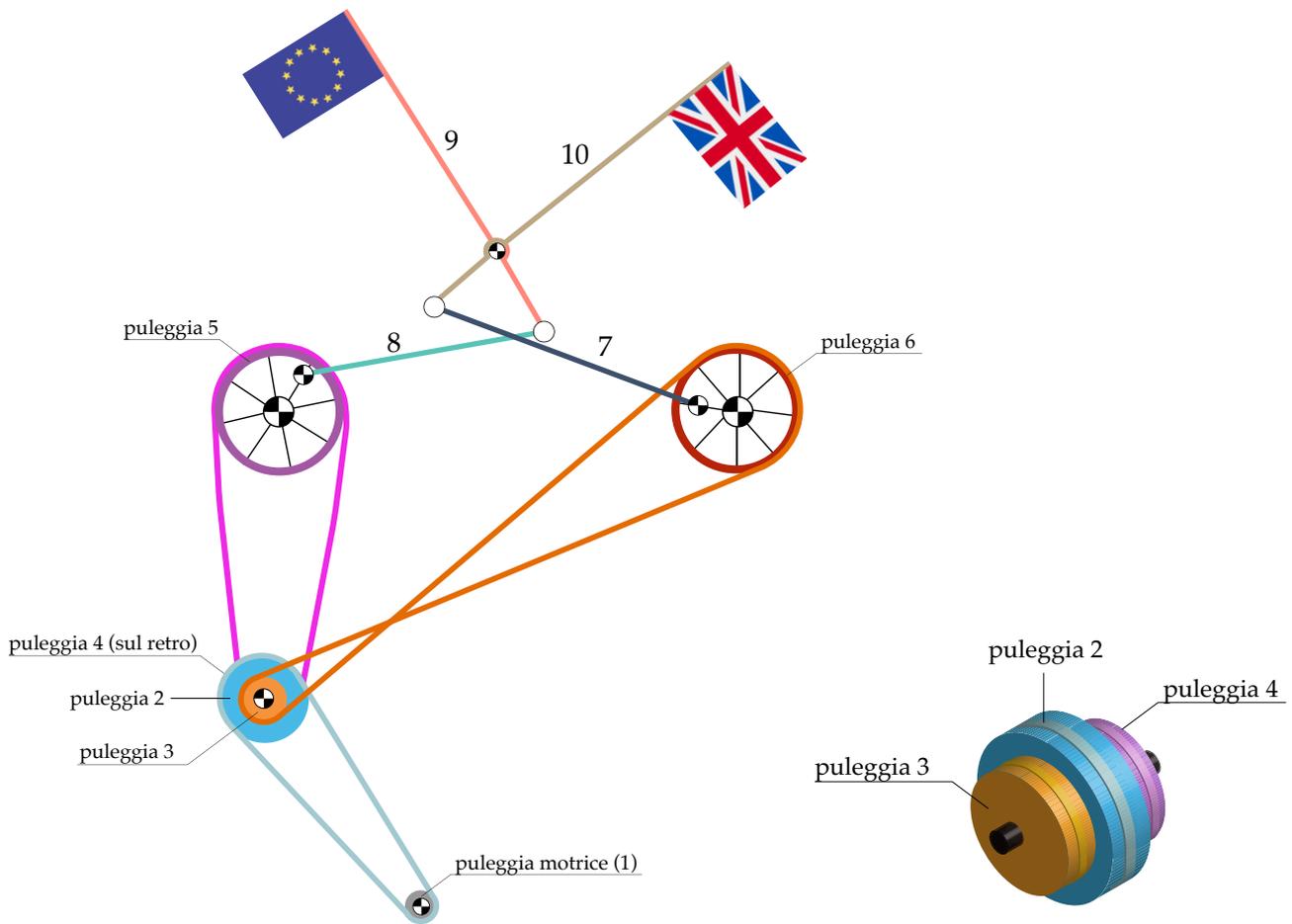
L'opera **Two flags** è stata realizzata nel 2019 in occasione dell'**uscita del Regno Unito dall'Unione Europea**. Nik Ramage ha voluto racchiudere questo momento in un'opera d'arte cinetica. Le protagoniste sono due bandiere: una del Regno Unito e l'altra dell'Unione Europea. Le due bandiere danzano come quando vengono agitate al vento, ma a guidarle non è la mano di un uomo bensì un meccanismo. Il movimento delle due bandiere non è casuale, infatti è possibile notare come per un istante queste si **incontrino** e assumano quasi una sincronia, per poi continuare ad agitarsi **opposte** l'una all'altra.

## L'AUTORE

Nik Ramage definisce le sue creazioni *macchine inutili*, ovvero macchine che non hanno uno scopo definito, se non quello di strappare un sorriso all'osservatore e allo stesso tempo farlo riflettere sui paradossi della vita. Le sue opere sono nude, si mostrano per quello che sono e non nascondono i meccanismi.

Con un background da graphic designer, Ramage si è riscoperto un artigiano e autodidatta in meccanica delle macchine. Oggetti usati, umorismo e movimento sono gli ingredienti base delle sue sculture cinetiche.

# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



La **puleggia motrice (1)**, azionata dal motore elettrico, trasferisce la sua rotazione alla **puleggia 2** per mezzo di una cinghia. La puleggia 2 ha solidali al suo albero di rotazione altre due pulegge, una sul davanti e una sul retro (3 e 4), pertanto la sua rotazione attiva la rotazione anche di queste ultime pulegge. La **puleggia 4** trasferisce la rotazione alla **puleggia 5** per mezzo di una cinghia; la puleggia 3, invece, trasmette la **rotazione inversa**, in quanto la cinghia che la collega alla puleggia 6 è **incrociata**.

Alle pulegge 5 e 6 sono incernierati rispettivamente i membri 8 e 7. Questi ultimi sono collegati con delle cerniere ai due membri che rappresentano le bandiere: il membro 8 è collegato al 9 e il membro 7 è collegato al 10.

Nella figura a destra è possibile visionare il dettaglio delle pulegge 2, 3 e 4.

# VARIABLE APPLAUSE MACHINE

di Martin Smith, 2019



## L'OPERA IN MOVIMENTO

Per accedere al contenuto multimediale apri la fotocamera e inquadra il QR code qui a destra.

Scan me!

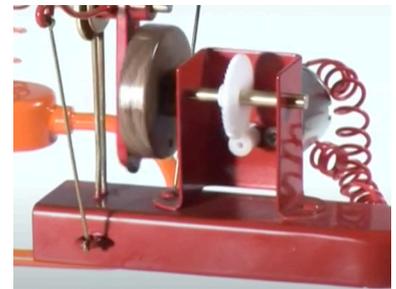
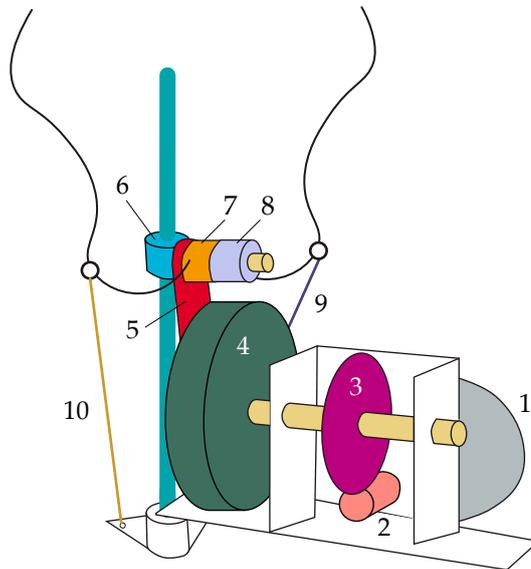


Variable applause machine si propone come un'**opera ironica**: batte le mani per incoraggiarti. Lo stesso autore la presenta come una macchina da utilizzare quando le tue idee sono brillanti ma nessuno è d'accordo. Attraverso una manopola è possibile non solo azionare la macchina, ma anche regolarne la velocità, passando così da un applauso sarcastico ad entusiasta. Dell'opera sono presenti due versioni: la prima del 2008 e la rivisitazione più recente del 2019.

## L'AUTORE

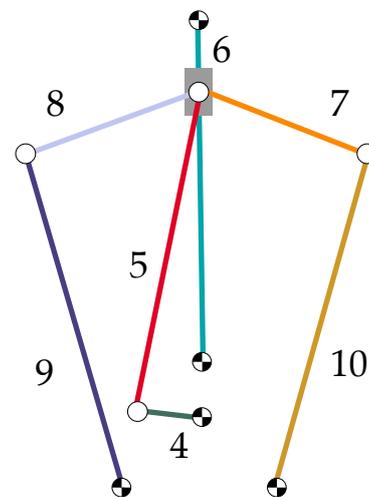
Martin Smith è un artista che opera su larga scala: è famoso per le sue opere architettoniche di notevoli dimensioni che interagiscono con lo spettatore e con lo spazio circostante, ma si occupa anche di arte cinetica, soffermandosi sui temi della precisione, della ripetizione e delle regole. Nel suo portfolio è possibile trovare commissioni, concorsi e lavori pubblici. È direttore artistico e co-fondatore dell'etichetta di design Laikingland, che si occupa di oggetti cinetici ironici, giocosi e nostalgici.

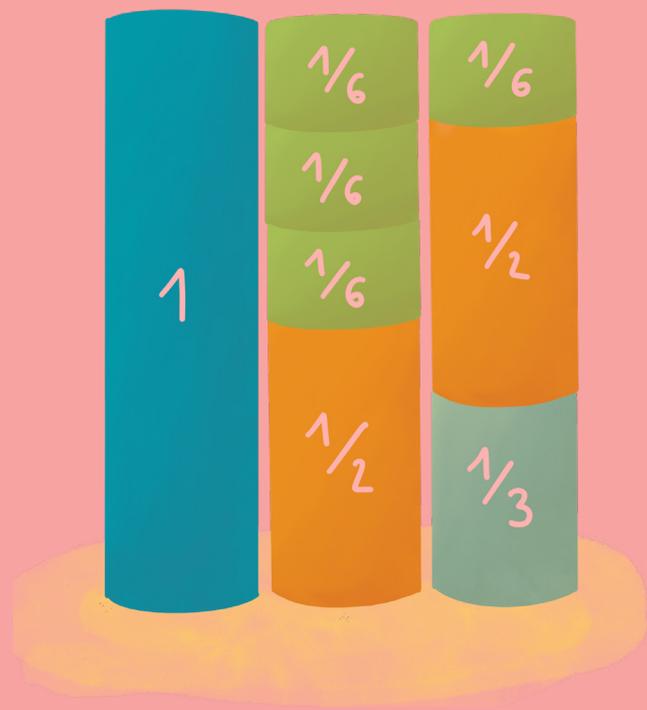
# ANALISI TRASMISSIONE DEL MOTO



Un **motore elettrico** (1) aziona la rotazione di una **vite senza fine** (2) che trasmette il moto alla ruota elicoidale (3), trasferendo così il moto su assi perpendicolari. La ruota elicoidale (3) è solidale all'albero di rotazione e, di conseguenza, aziona la rotazione della ruota 4, solidale allo stesso albero. La ruota può essere considerata come una manovella e, attraverso la biella (5) imperniata ad essa da un'estremità e al corsoio (6) dall'altra, il moto si trasforma da **rotatorio** in **traslatorio alternato**.

Il meccanismo alla base del movimento delle braccia può essere schematizzato come di fianco. La ruota (4) è una manovella a cui è incernierato il membro 5, che scorre sul corsoio e a sua volta ha incernierati i membri 7 e 8. Tali membri, presentano a loro volta una cerniera che li collega rispettivamente ai membri 10 e 9. Questi ultimi membri non sono incernierati al telaio, in modo tale da poter ruotare per fornire il movimento delle braccia desiderato.





*“I never teach my pupils. I only attempt to provide the conditions in which they can learn”*

*Albert Einstein*

# CONSIDERAZIONI FINALI

# 5

La manovella che ha messo in moto il progetto di tesi è stata ruotata da **Theo Jansen** che, con le sue sculture camminanti, ha da subito catturato la nostra attenzione.

Il lavoro si era inizialmente posto l'obiettivo di ricercare altre forme d'arte che utilizzassero elementi meccanici, per poi analizzarli nel dettaglio.

Durante la **fase di ricerca** però, la bellezza e la complessità delle opere ricercate ha suscitato in noi grande curiosità e voglia di andare oltre l'apparenza e comprenderne il funzionamento. In quel momento abbiamo compreso che il lavoro svolto poteva avere un grande potenziale: se era riuscito a catturare così tanto la nostra attenzione, perchè non utilizzarlo per far avvicinare il giovane designer alla meccanica? Così, come una puleggia condotta da una cinghia incrociata, abbiamo invertito la nostra rotta e abbiamo lavorato affinché con lo sviluppo di tale materiale ad apprendere non fossimo soltanto noi tesisti, ma potenzialmente anche altri designer.

L'**approccio didattico**, infatti, riveste una notevole importanza: il modo in cui uno studente si avvicina ad una determinata materia non dipende solo dal suo impegno: non bisogna solo spiegare, bisogna anche *coinvolgere, creare l'interesse* che la materia a primo impatto non fornisce.

Specialmente in un corso di laurea come quello di Design e Comunicazione Visiva, in cui la **comunicazione** riveste un ruolo fondamentale, è opportuno lavorare sulla comunicazione dei contenuti; bisogna fornire non solo la teoria, ma anche la sua applicazione pratica.

Nello specifico, spiegare i sistemi di trasmissione del moto elencando semplicemente termini e formule è come visionare un video in stop motion guardando le immagini sparse su una bacheca, senza montaggio video. Da un'immagine all'altra cambia poco, non si riesce istintivamente a cogliere il movimento; se tutte queste immagini invece vengono presentate diversamente e montate in sequenza, allora sì che si può visionare il video nella sua interezza.

L'impiego di **opere d'Arte Cinetica** ci ha permesso di utilizzare un linguaggio antico, che da sempre accomuna i popoli senza bisogno di traduzioni: l'arte. L'arte è uno strumento molto potente, in quanto è in grado di incuriosire, affascinare, sorprendere senza parlare.

Attraverso l'**analisi dei sistemi di trasmissione del moto** abbiamo avuto modo di approfondire un tema estremamente importante nella scienza dei meccanismi, che le poche ore a disposizione non ci hanno permesso di approfondire adeguatamente a lezione.

In conclusione, ci auguriamo che il nostro lavoro possa arrivare a rappresentare non solo un cuscinetto di salvataggio per il giovane designer, ma che si possa evolvere e presentare ulteriori opere e attori operanti nel campo dell'Arte Cinetica, verso un approccio più amorevole per la meccanica.



# RINGRAZIAMENTI

Ci teniamo a ringraziare infinitamente il nostro relatore Walter Franco per averci fatto appassionare alla scienza dei meccanismi durante il corso di Meccanica per il Design. In particolare vogliamo ringraziarlo per la passione e la dedizione che infonde nell'insegnamento e soprattutto per la sua metodologia didattica, che rende simpatiche nozioni a primo impatto noiose. Un grande grazie, perchè il suo approccio didattico è stato non solo un mezzo di riflessione, ma anche una fonte d'ispirazione durante la stesura di questa tesi.

Grazie anche al Politecnico di Torino, che ha accolto, ospitato e fatto sentire a casa due studenti alle prese con la loro prima esperienza da fuorisede. Siamo estremamente orgogliosi che il nostro percorso sia iniziato da qui.



## ENZO

Il mio primo grazie va la mia famiglia per avermi sempre sostenuto e spronato a non gettare la spugna nei momenti difficili.

Ringrazio la mia collega e amica Gaia con cui ho condiviso gran parte di questo percorso.

Infine ringrazio don Alberto e i miei amici dell'housing Agnelli, in particolare Francesco per aver gioito insieme a me dopo ogni esame superato e per aver sopportato tutte le mie ansie e le mie paure.



## GAIA

Il primo (grande) ringraziamento va alla mia mamma, che mi ha sempre sostenuta, spronata e lasciata libera di scegliere con la mia testa. Grazie per i sacrifici che hai fatto per me e per aver sopportato i 1.019 km che ci separavano senza mai farmeli pesare.

Grazie al mio Amore, Lorenzo, che è stato non solo il mio ragazzo, ma anche il mio coinquilino, chef di pasta col tonno durante le sessioni, compagno di pause studio, sollevatore delle mie pesanti valigie: grazie per essere stato sempre al mio fianco, per aver creduto in me.

Grazie ai miei nonni e agli zii, a cui voglio un mondo di bene, per aver sopportato in silenzio la mia assenza e avermi accolta calorosamente quelle tre volte l'anno che "scendevo". Anche se non mi rimaneva molto tempo per telefonarvi eravate (e siete) sempre nel mio cuore.

Grazie al mio collega e amico, Enzo, che *mannaggia al destino* non ho conosciuto già dal primo anno. Grazie per aver scelto di intraprendere questo progetto di tesi insieme a me, per aver sopportato le mie infinite lamentele ed essere stato la mia ruota motrice nei momenti di sconforto. Purtroppo la DAD dell'ultimo periodo ci ha ostacolati non poco, ma ci rifaremo con la magistrale!

Grazie all'olio essenziale di lavanda (*perchè no*) che ha alleviato i dolori causati dalle troppe ore passate al pc.

Infine, ultimo ma non per importanza (*solo per farlo stare un po' sulle spine*) mio fratello Dario, grazie semplicemente di esistere e di regalarmi sorrisi, sei un pilastro fondamentale, ricordalo.



# BIBLIOGRAFIA

- Bolpagni P.** (2014), *Arte cinetica*, Lulu.com Editore, Brescia
- Brett G.** (1968), *Kinetic Art, the language of movement*, Studio Vista Ltd, Londra
- Burnham J.** (1975), *Beyond modern sculpture, The effects of science and technology on the sculpture of this century*, George Braziller Inc., New York
- Chau C.** (2014), *Movement and Time in the Nexsus between Technological Modes with Jean Tinguely's Kineticism*, Arts Journal, s.l.
- Chen G.** (Novembre 2015), *The History and Evolution of Kinetic Art*, International Journal of Social Science and Humanity, Vol.5, No. 11, USA
- Ferraresi P.** (2007), *Meccanica applicata*, Clut Editrice, Torino
- Getty Conservation Institute** (2018), *Keep it moving? Conserving Kinetic Art*, Getty Publications, Los Angeles
- Holden S.** (Febbraio 2019), *The kinetic architecture of Jean Tinguely's culture stations*, The Journal of Architecture, UK
- Isgro M. C.** (2017), *The Animate Object of Kinetic Art 1955-1968*, Publicly Accessible Penn Dissertations 2353, Pennsylvania
- Jansen T.** (2007), *The Great Pretender*, Nai Uitgevers Pub, Rotterdam
- Jenkins J.** (1989), *Motion Motion Kinetic Art*, Gibbs Smith, USA
- Kac E.** (1996), *Palatnik, Pioneer of Kinetic Art*, Leonardo, Vol. 29, No. 2, The MIT Press, Massachusetts
- Kinetic Art Organization** (2013), *International collection of essays about kinetic art*, Self-publishing, Palm Beach
- Art in motion, *Kinetic art experiences and artists who create them!*, Palm Beach, 2020, Volume 2
- Malina F. J.** (1974), *Kinetic Art: Theory and Practice*, Dover Publications, New York
- Mohsenizadeh M.** (Novembre 2017), *Kinematic Analysis and simulation of Theo Jansen Mechanism*, Proceedings of the Fifteenth Annual Early Career Technical Conference, The University of Alabama, Alabama

**Munari B.** (2017), *Artista e designer*, Laterza, Bari

- *Che cosa sono le macchine inutili e perchè* (Luglio 1937) La Lettura, Milano

- *Da cosa nasce cosa* (2017), Laterza, Bari

**Özer A, Akyuz U.** (Gennaio 2017), *The Species of the Kinetic Sculpture*, Idil Journal of Art and Language, Ankara

**Popper F.** (1968), *Origins and development of Kinetic Art*, Littlehampton Book Services Ltd, Worthing

**Selz P.** (1966), *Directions in Kinetic Sculpture*, University of California, USA

**Yılmaz B.** (Gennaio 2014), *Art Engineering and Kinetic Art*, Journal of Arts & Humanities, Vol. 03, No. 12: 16-21, USA

# SITOGRAFIA

**Art & Electronic Media, Cory's Yellow Chair**

<https://artelectronicmedia.com/en/artwork/corys-yellow-chair-2/>

**Art Dream Guide, Cronologia avvenimenti dell'arte moderna e contemporanea 1955, Artdreamguide,**

[http://www.artdreamguide.com/\\_hist/\\_cronologia/1955-event](http://www.artdreamguide.com/_hist/_cronologia/1955-event)

**Arte.it (2021), 30 anni senza Jean Tinguely**

<http://www.arte.it/basilea/30-anni-senza-jean-tinguely-lo-sculitore-che-trasform%C3%B2-il-movimento-in-arte-18365>

**Artigianeide (2014), Water Droplet Automata: la simulazione di una goccia in caduta**

<https://artigianeide.wordpress.com/2014/05/16/water-droplet-automata-la-simulazione-di-una-goccia-in-caduta/>

**Behance (2018), Water Droplet Automata**

<https://www.behance.net/gallery/66922275/Water-Droplet-Automata>

**Cecilia Schiller (2014), The Nose Knows**

<https://ceciliaschiller.com/automata/the-nose-knows/>

**Chris Fitch Design, Field**

<http://chrisfitchdesign.com/pages/Field1.html>

**Chris Fitch Design, CV**

[http://chrisfitchdesign.com/pdfs/Resume-CV\\_2020.pdf](http://chrisfitchdesign.com/pdfs/Resume-CV_2020.pdf)

**Coleccionsolo, Nik Ramage**

<https://coleccionsolo.com/artists/nik-ramage/>

**Collezionedatiffany, Breve storia dell'arte cinetica, programmata e optical.**

<https://www.collezionedatiffany.com/storia-arte-cinetica-programmata-optical-1955-1970/>

**Crafted Vancouver, David Dumbrell**

<https://craftedvancouver.com/craftspeople/david-dumbrell/>

**David Dumbrell**

<https://daviddumbrell.com/>

**Derek Hugger**

<https://www.derekhugger.com/>

**Dezeen (2008), Applause Machine by Martin Smith**

<https://www.dezeen.com/2008/11/23/applause-machine-by-martin-smith/>

**Deezen (2012), Bird Song with a Found Feather by Martin Smit/Laikingland**

<https://www.dezeen.com/2012/10/05/bird-song-with-a-found-feather-by-martin-smith-and-laikingland/>

**Facebook, kinetic art organization**

<https://www.facebook.com/kineticartorganization>

**Felipe Pantone**

<https://www.felipepantone.com/subtractive-variability>

**Indiegogo, Solstice - the Kinetic Clock**

<https://www.indiegogo.com/projects/solstice-the-kinetic-clock#/>

**Jennifer Townley, Inverta**

<http://www.jennifertownley.com/>

**JK Brickworks (2018), Redesigning Sisyphus**

<https://jkbrickworks.com/sisyphus-kinetic-sculpture/>

**Kineticus.org**

<https://www.kineticus.org/>

**LTWID (2021), The Mouvement Paris 1955 lo sviluppo delle arti cinetiche**

<https://ltwid.com/the-mouvement-paris-1955-lo-sviluppo-delle-arti-cinetiche/>

**Marko Apparatus, Ticker**

<http://markoapparatus.com/portfolio/ticker/>

**Mechanical Art Devices Gallery, Bob Potts**

<https://www.madgallery.net/geneva/en/creators/bob-potts>

**Mechanical Art Devices Gallery, Jennifer Townley**

<https://www.madgallery.net/geneva/en/creators/jennifer-townley>

**Mechanical Art Devices Gallery, sculpture cinetiche**

[https://www.madgallery.net/files/press/bob-potts/\\_texts/Bob\\_Potts\\_IT.pdf](https://www.madgallery.net/files/press/bob-potts/_texts/Bob_Potts_IT.pdf)

**Muyudesign, Artista di installazioni meccaniche, Kazuaki Harada, Hamlet**

<http://www.muyudesign.com/2019/06/kazuaki-harada.html>

**NeoCha (2015), Kazuaki Harada & His Automatons**

<https://neocha.com/magazine/kazuaki-harada-and-his-automaton/>

**Queensu, Steven White (BFA '95)**

<https://www.queensu.ca/bfa/alumni/steven-white-bfa-95>

**Reuben Margolin, Anemone**

<https://www.reubenmargolin.com/waves/anemone/>

**Smith Automata, Martin Smith**

<https://smithautomata.co.uk/>

**Steven White**

<http://stevenwhite.ca/site/>

**Studio Mieke Meijer (2010), Relativtimepieces**

<https://www.miekemeijer.com/relativtimepieces>

**The Editorial, Arthur Ganson # 61**

<https://www.theeditorial.com/essay/2015/6/15/arthur-ganson>

**The Kid Should See This (2018), Tantalus Mackerel and a School of Fish automata**

<https://thekidshouldseethis.com/post/tantalus-mackerel-and-a-school-of-fish-automata-chris-fitch>

**ThisIsColossal (2014), A hand-cranked automation that mimics the effect of a raindrop hitting water**

<https://www.thisiscolossal.com/2014/03/hand-cranked-automaton-mimics-the-effect-of-a-raindrop-hitting-water/>

**Utne (2010), The Art and Sound of Obsolescence**

<https://www.utne.com/arts/art-and-sound-sculpture-steven-white/>

**Van Abbe Museum, Char M.K.**

<https://vanabbemuseum.nl/en/collection/details/collection/?lookup%5B1673%5D%5Bfilter%5D%5B0%5D=id%3AC807>

# FILMOGRAFIA

**Interview With Derek Hugger,Colibri**

<https://www.youtube.com/watch?v=gI4Gih4U-Lc>

**Arthur Ganson: Moving sculpture (TED 2008)**

<https://www.youtube.com/watch?v=bPfn01Ndc1g>

**Ted.com, Theo Jansen, My creations, a new form of life**

[https://www.ted.com/talks/theo\\_jansen\\_my\\_creations\\_a\\_new\\_form\\_of\\_life#t-430244](https://www.ted.com/talks/theo_jansen_my_creations_a_new_form_of_life#t-430244)

**Reuben Margolin: On Kinetic Art**

<https://www.youtube.com/watch?v=D2HF-1xjpP8>

# IMMAGINI

## CAPITOLO 2

### 2.1 Mostra Le Mouvement, 1955, Parigi

<https://www.collezionedatiffany.com/storia-arte-cinetica-programmata-optical-1955-1970/>

### 2.2 Linea del tempo dell'Arte Cinetica

Rielaborazione personale

### 2.3 Classificazione dell'Arte Cinetica

Popper F., (1968), *Origins and development of Kinetic Art*, Littlehampton Book Services Ltd, Worthing

## CAPITOLO 4

### 4.1 Anemone

<https://www.reubenmargolin.com/waves/anemone/>

### 4.2 Ascension

<https://www.madgallery.net/geneva/en/press/bob-potts>

### 4.3 Birdsong

<https://www.dezeen.com/2012/10/05/bird-song-with-a-found-feather-by-martin-smith-and-laikingland/>

### 4.4 Char MK

<https://vanabbemuseum.nl/en/collection/details/collection/?lookup%5B1673%5D%5Bfilter%5D%5B0%5D=id%3AC807>

### 4.5 Colibrì

<https://www.derekhugger.com/>

### 4.6 Cosmographc Voyager

<https://theinspirationgrid.com/fantastic-kinetic-sculptures-by-bob-potts/>

### 4.7 De Rode Draad

<http://www.jennifertownley.com/de-rode-draad>

#### **4.8 Field**

<http://chrisfitchdesign.com/pages/Field5.html>

#### **4.9 Gear wall**

<https://www.youtube.com/watch?v=HW0xmavaK90>

#### **4.10 Gramophone**

<https://artshopandgallery.co.uk/exhibitions/nik-ramage-rounds/>

#### **4.11 Hamlet**

<https://www.spoon-tamago.com/2015/02/26/whimsical-wooden-automata-by-kazuaki-harada/>

#### **4.12 Happy apple tree**

<http://stevenwhite.ca/site/artwork-2/combine-project/>

#### **4.13 Lift**

<http://www.jennifertownley.com/>

#### **4.14 Machine with eggshells**

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arthur\\_Ganson-Machine\\_with\\_Eggshells-AEC-001.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arthur_Ganson-Machine_with_Eggshells-AEC-001.jpg)

#### **4.15 Meta-Matic n.10**

<https://www.myswitzerland.com/it-it/scoprire-la-svizzera/citta-cultura/arte-cultura/art/metamatic-no-10/>

#### **4.16 Plaudens vela**

<https://www.strandbeest.com/strandbeest/2013-plaudens-vela>

#### **4.17 Relativtimepieces**

<https://www.miekemeijer.com/relativtimepieces>

#### **4.18 Sisyphus**

<https://jkbrickworks.com/sisyphus-kinetic-sculpture/>

#### **4.19 Solstice clock**

<https://www.indiegogo.com/projects/solstice-the-kinetic-clock#/>

#### **4.20 Spinning heart machine**

<https://www.laikingland.co.uk/the-spinning-heart-machine-by-martin-smith-72-p.asp>

#### **4.21 Subtractive variability**

<http://www.casestudyo.com/2019/06/subtractive-variability-auto/>

#### **4.22 The nose knows**

<https://ceciliaschiller.com/automata/the-nose-knows/>

#### **4.23 The unwelcome dinner guest**

<https://www.youtube.com/watch?v=BFCMAP1uqlQ>

#### **4.24 Ticker**

<http://markoapparatus.com/portfolio/ticker/>

#### **4.25 Two flags**

<https://nikramage.com/work/flag-waver/>

#### **X Variable applause machine**

<https://www.artofplay.com/products/applause-machine>

#### **X Water experiment n.33**

<https://www.behance.net/gallery/66922275/Water-Droplet-Automata>







**Politecnico  
di Torino**