



Dipartimento  
di Matematica  
e Informatica

Corso di Laurea  
in Informatica

# Cervello e computer: bellezza e segreti dei bit di tutti i giorni



cybersecurity • intelligenza artificiale • realtà virtuale • Android

Ciclo di seminari di divulgazione informatica  
in collaborazione con NOVA a.p.s.



Ferrara, 8–12 Giugno 2020



# Programma



Lunedì 8 Giugno: Carlo Giannelli

**Cyber security: istruzioni per l'uso** – Principi di sicurezza informatica



Martedì 9 Giugno: Guido Sciavicco

**Come imparano le macchine** – Principi di intelligenza artificiale



Mercoledì 10 Giugno: Marco Alberti

**Neuroni di bit** – Reti neurali e applicazioni



Giovedì 11 Giugno: Antonino Casile

**Informatica e percezione sensoriale** – L'ultima frontiera della realtà virtuale



Venerdì 12 Giugno: M. Roma, G. Turri, L. Travaglia – NOVA Ferrara

**La nascita di un'app Android** – Programmazione in Android





# Disclaimer

- La presentazione, il filmato, i materiali e i contenuti in essi inclusi sono di proprietà dell'Università di Ferrara
- Il diritto morale d'autore ("Proprietà Intellettuale") appartiene ai singoli docenti/relatori dell'evento
- L'utilizzo è concesso **per uso esclusivo e personale**
- Nessun altro utilizzo può essere legittimamente esercitato senza la previa autorizzazione scritta dell'Ateneo e dei proprietari del diritto morale d'autore
- Qualunque abuso verrà perseguito a norma di legge
- Per ulteriori informazioni visitare il sito **[dmi.unife.it/stageInformatica](http://dmi.unife.it/stageInformatica)**

Università di Ferrara  
Corso di Studi in Informatica

# Informatica e percezione sensoriale

## L'ultima frontiera della realta' virtuale

**Dr. Antonino Casile**  
**Istituto Italiano di Tecnologia**  
*Center for Translational Neurophysiology, Ferrara, Italy*

[https://www.researchgate.net/profile/Antonino\\_Casile](https://www.researchgate.net/profile/Antonino_Casile)  
[https://scholar.google.com/citations?user=uXOk\\_fkAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=uXOk_fkAAAAJ&hl=en)



Dipartimento  
di Matematica  
e Informatica



**Laurea** Ingegneria Informatica

Università di Pisa

**Dottorato** Neuroscienze Computazionali

Scuola Superiore S. Anna, Pisa

**PostDoc** Action Perception (behavior/modeling) –

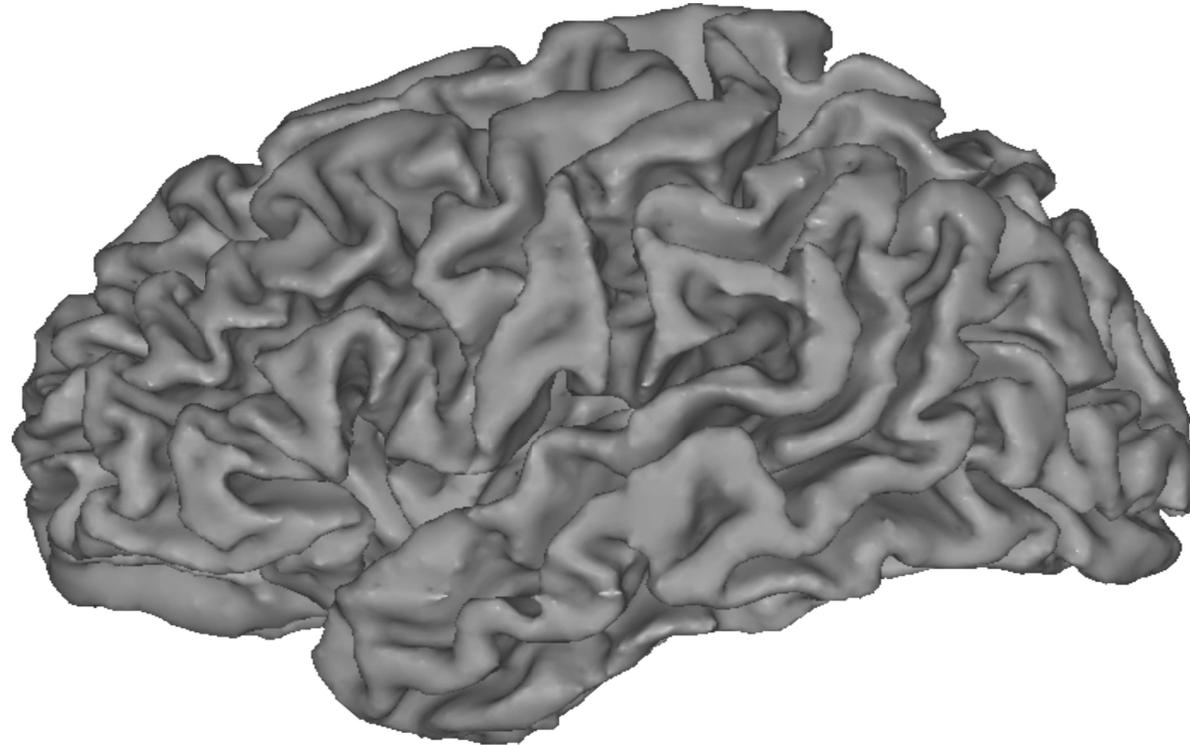
Università di Tuebingen, Germania

**PI** Action Perception (fMRI / neurophysiology)

Università di Tuebingen, Germania

**PI** Harvard Medical School, Boston, USA

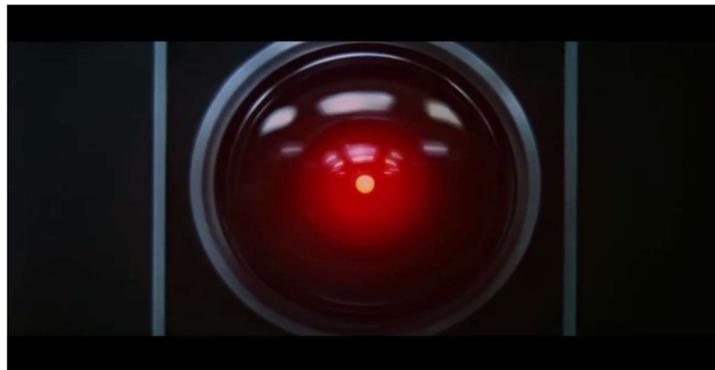
**PI** Istituto Italiano di Tecnologia



Domanda: Come fanno 1 Kg e mezzo (circa) di neuroni (e altro) a essere intelligenti?

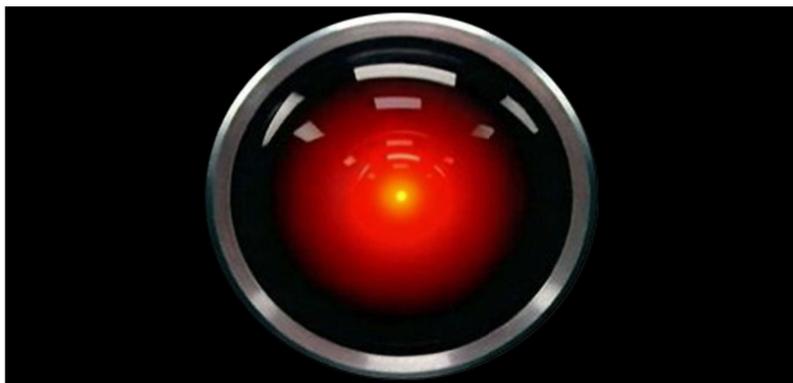


# Intelligenza: All'inizio pensavo che ...



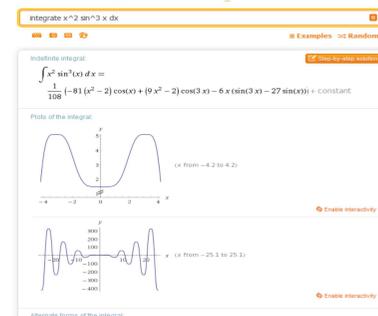
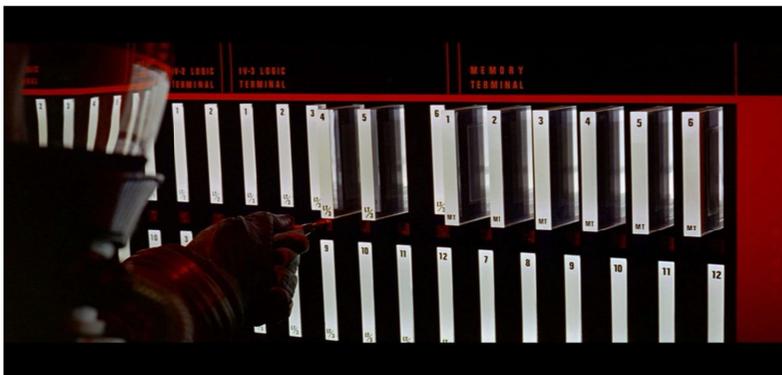


# Intelligenza: All'inizio pensavo che ...





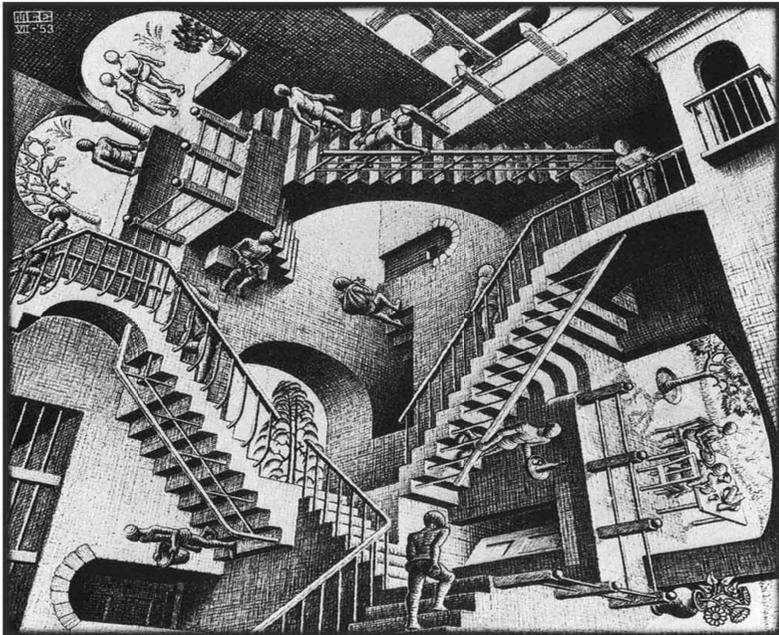
# Intelligenza: Poi ho realizzato che ...



Il nostro cervello **non** si è evoluto per giocare  
a scacchi o risolvere integrali!



... ma per sopravvivere in un ambiente esterno  
**complesso e dinamico**



M.C. Escher – Relativity, 1953



M. van Reymerswaele – Tax Collector, 1542

Quindi se volevo studiarlo dovevo partire da questi compiti!

# Visione “classica”

percezione e azione come un processo seriale



G. de la Tour – Le Tricheur, 1636-38



L. da Vinci – Dama con  
ermellino, 1489-90



J. W. Waterhouse – The listener, 1909

La percezione è un  
processo attivo

Farnese Atlas, 2<sup>nd</sup> century B.C.



Caravaggio – Il suonatore di liuto, 1596

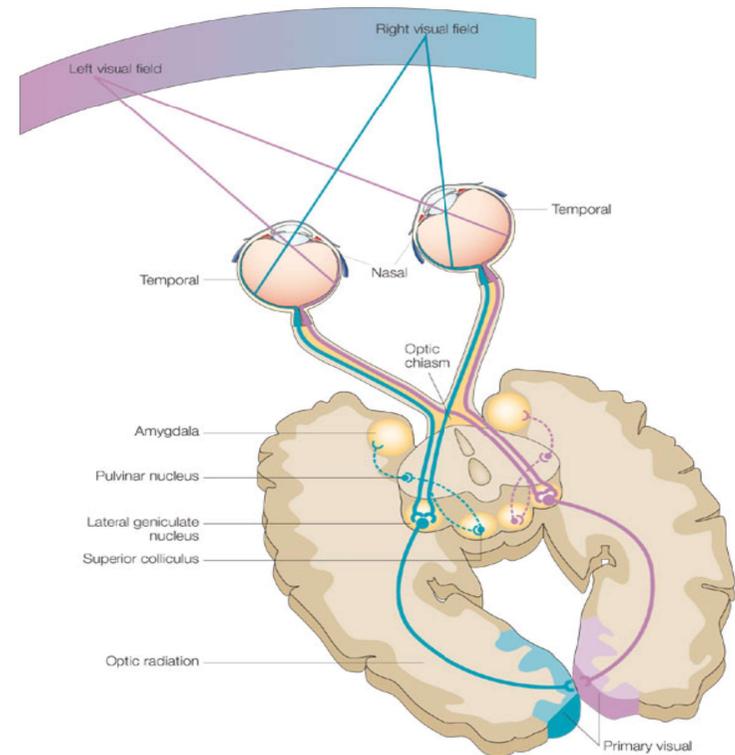
Agiamo sull'ambiente



La compresenza di stimolazione sensoriale e movimento crea dei “cicli” funzionali che rendono la percezione un processo inerentemente senso-motorio!

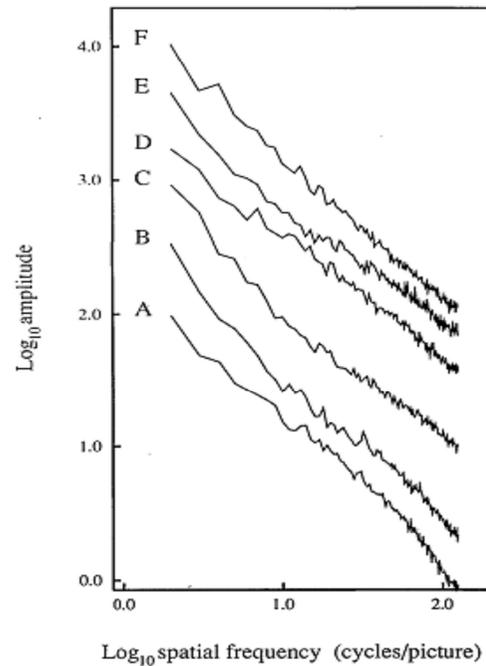
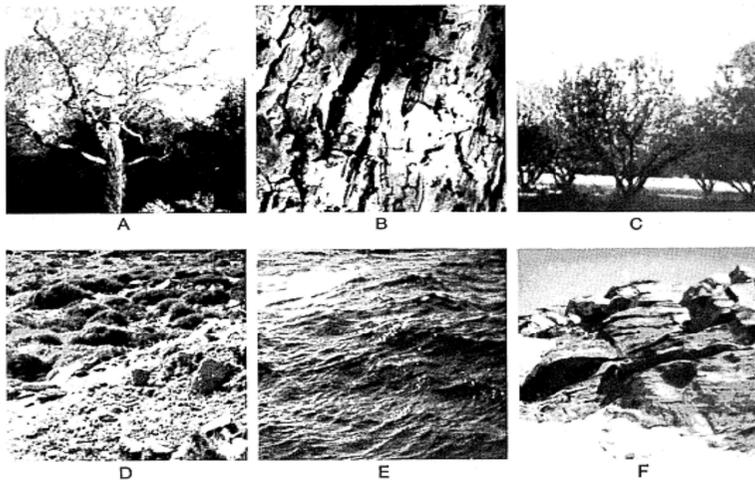
Fil rouge della mia ricerca:  
Questo non è un bug è una feature!

# Cosa viene “calcolato” nel sistema visivo?

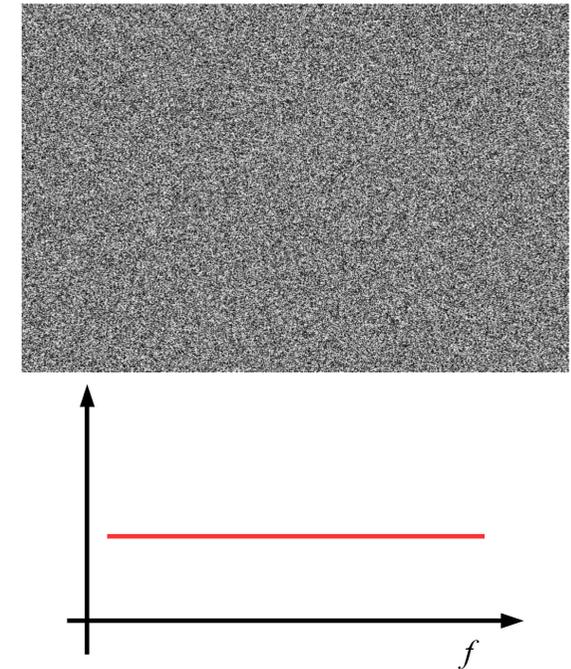


*“Il sistema visivo estrae messaggi ad alta entropia da un input sensoriale altamente ridondante”*

# Struttura statistica delle immagini naturali



rumore bianco



Lo spettro di potenza va come  $1/f^2 \rightarrow$  correlazioni ad ampia scala spaziale  
 Questo è il motivo per cui le immagini hanno un rapporto di compressione così alto!

(Field, 1987)



OK ... ma come?



Impressione soggettiva

# OK ... ma come?



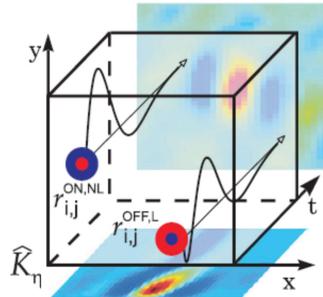
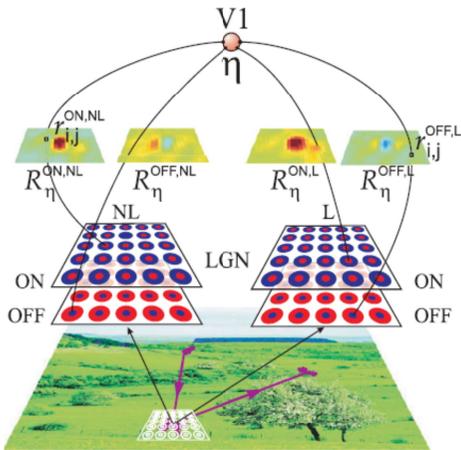
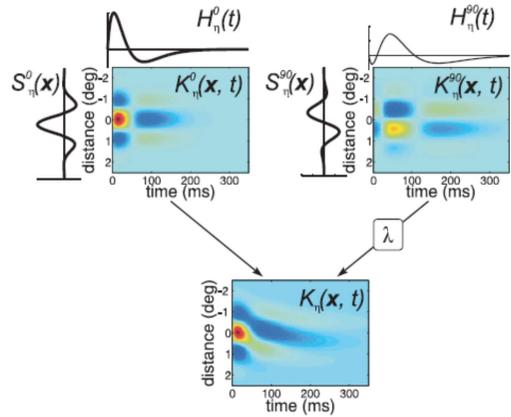
Impressione soggettiva



Realtà fisica

Quale e' la struttura statistica dell'input retinico naturalistico?

# Struttura statistica dell'input retinico



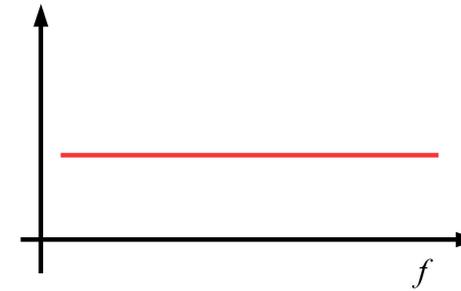
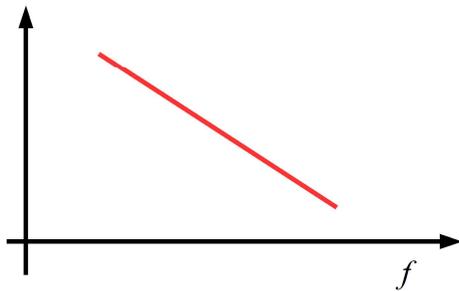
$$\begin{aligned}
 I_r(\mathbf{x}, t) &\approx I_r(\mathbf{x}, 0) + \nabla I_r(\mathbf{x}, 0)^T \cdot \xi(t) + \frac{1}{2} \xi^T(t) \cdot H(I_r(\mathbf{x}, 0)) \cdot \xi(t) \\
 &= I_r(\mathbf{x}, 0) + \frac{\partial I_r(\mathbf{x}, 0)}{\partial x} \xi_x(t) + \frac{\partial I_r(\mathbf{x}, 0)}{\partial y} \xi_y(t) \\
 &\quad + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 I_r(\mathbf{x}, 0)}{\partial x^2} \xi_x^2(t) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 I_r(\mathbf{x}, 0)}{\partial y^2} \xi_y^2(t) + \frac{\partial^2 I_r(\mathbf{x}, 0)}{\partial xy} \xi_x(t) \xi_y(t)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_r(\mathbf{f}, u) &= I(\mathbf{f})\delta(u) + if_x I(\mathbf{f})\xi_x(u) + if_y I(\mathbf{f})\xi_y(u) \\
 &\quad + \frac{1}{2} -f_x^2 I(\mathbf{f})\mathcal{F}\{\xi_x^2(t)\} - \frac{1}{2} -f_y^2 I(\mathbf{f})\mathcal{F}\{\xi_y^2(t)\} - f_x f_y I(\mathbf{f})\mathcal{F}\{\xi_x(t)\xi_y(t)\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{II} &= \langle |I_r(\mathbf{f}, u)|^2 \rangle_{I, \xi} \\
 &= \delta(u) \langle |I(\mathbf{f})|^2 \rangle_I (1 - |f|^2 \langle \mathcal{F}\{\xi^2(t)\} \rangle_\xi) + |f|^2 \langle |I(\mathbf{f})|^2 \rangle_I \mathcal{R}_{\xi\xi}(u) \\
 &= P_A(\mathbf{f})\delta(u) + |f|^2 P_S(\mathbf{f})\mathcal{R}_{\xi\xi}(u)
 \end{aligned}$$

Il mio background tecnico è stato **molto** utile

# Struttura statistica dell'input retinico



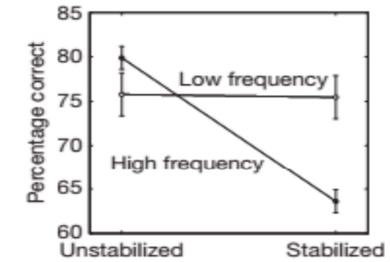
I movimenti oculari di fissazione contribuiscono a rimuovere le correlazioni presenti nell'input retinico



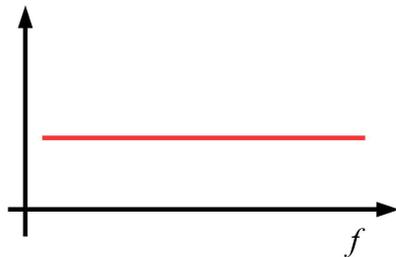
# Predizioni: I movimenti oculari ...



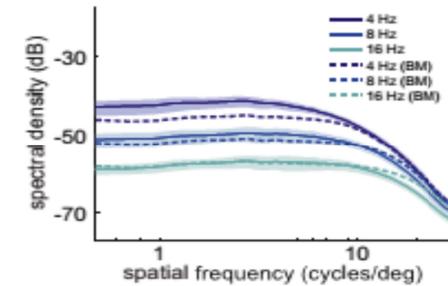
contribuiscono a edge detection (Canny, Sobel, Laplacian, etc.)



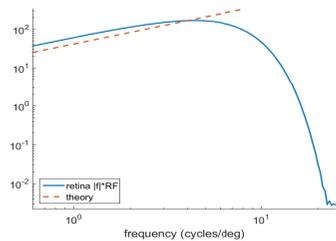
Rucci, Iovin, Poletti & Santini; Nature, 2007



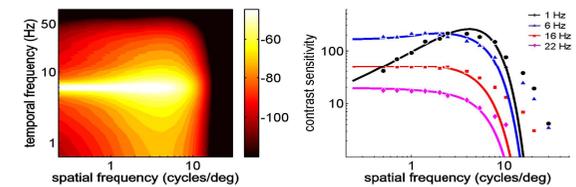
introducono una componente scorrelata nell'input retinico (compressione!)



Kuang, Poletti, Victor & Rucci, 2012; Current Biology



determinano le caratteristiche di risposta del sistema visivo



Casile, Victor & Rucci, 2019; eLife

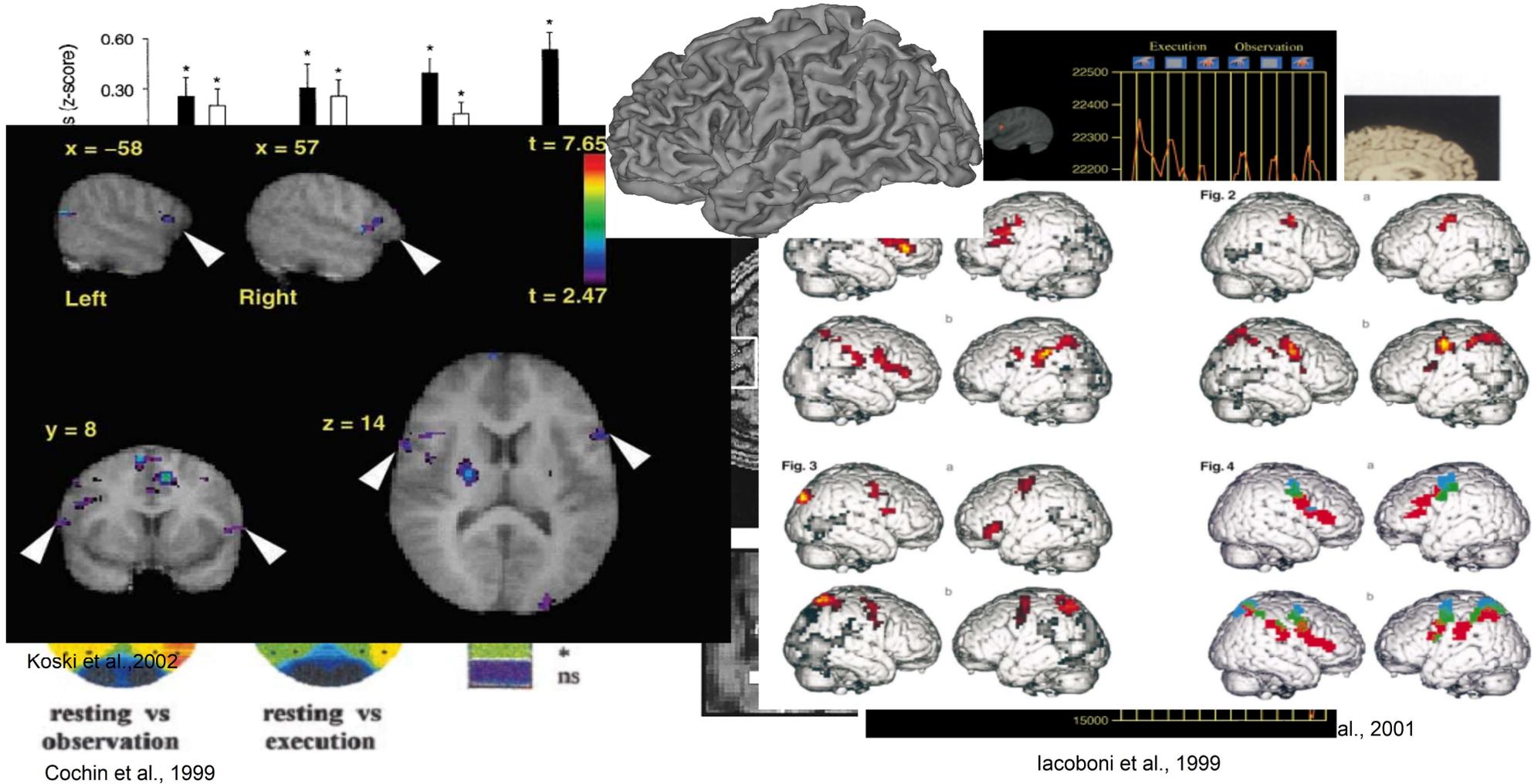
# Percezione delle azioni



Per interagire con gli altri dobbiamo essere in grado di interpretare correttamente comportamenti potenzialmente molto complessi.

**Domanda:** Come fa il cervello dei primati a svolgere questo compito computazionalmente **estremamente** complesso?

# La corteccia motoria è attiva durante la percezione di azioni





**Domanda:** Perché la corteccia motoria è attiva durante l'osservazione di azioni?



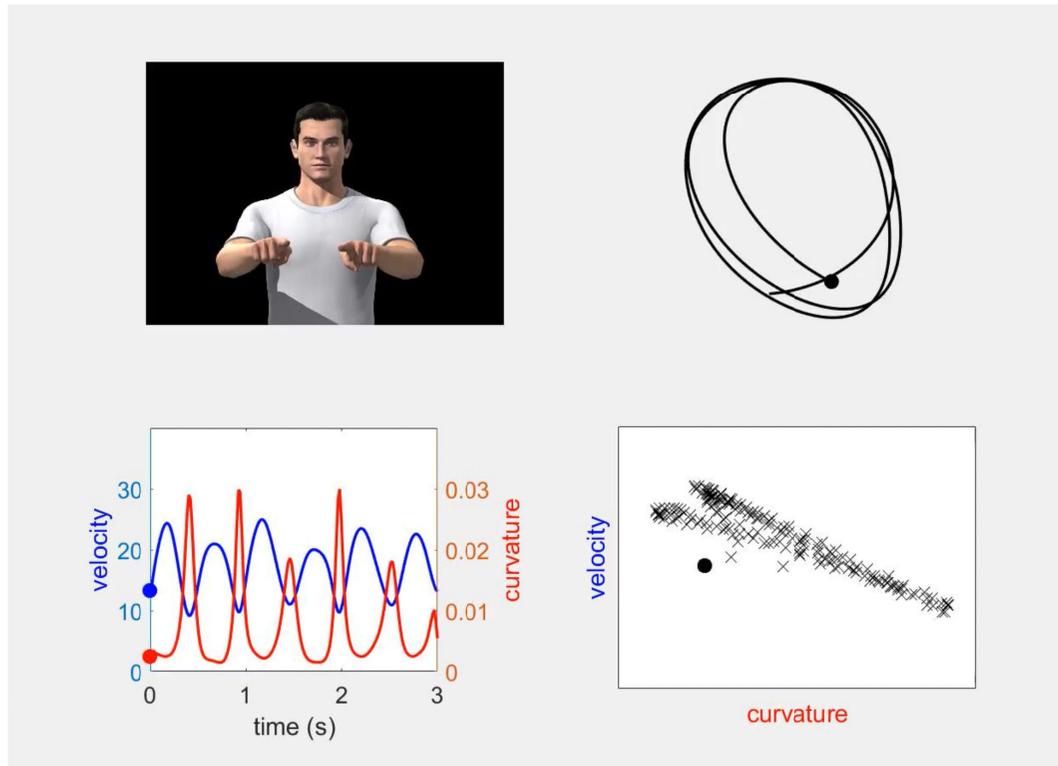
---

Quali caratteristiche di un'azione sono codificate  
nelle risposte delle aree motorie?  
*In altre parole: cosa rende un movimento "umano"?*

---

# Invarianti cinematici delle azioni umane

## 2/3 power law (*Lacquaniti, Terzuolo & Viviani, 1983*)



La 2/3 power law è presente in tipi di movimento molti diversi come movimenti oculari, di fonazione e del centro di massa del corpo durante la normale locomozione

**Domanda:** La cinematica è codificata nelle risposte visive delle aree motorie?



Le aree motorie si attivano durante l'osservazione di movimenti che non seguono la  $2/3$  power law?



# Invarianti cinematici delle azioni umane

**Problema:** Gli umani non riescono a produrre movimenti che violano la  $2/3$  power law (Viviani et al. 1987)

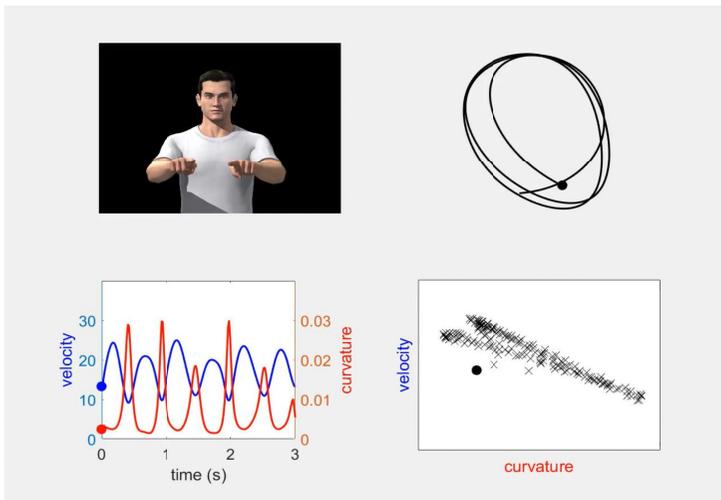


# Invarianti cinematici delle azioni umane

**Soluzione:** Usare la computer graphics  
per la generazione degli stimoli

**Soluzione:** Usare la computer graphics  
per la generazione degli stimoli

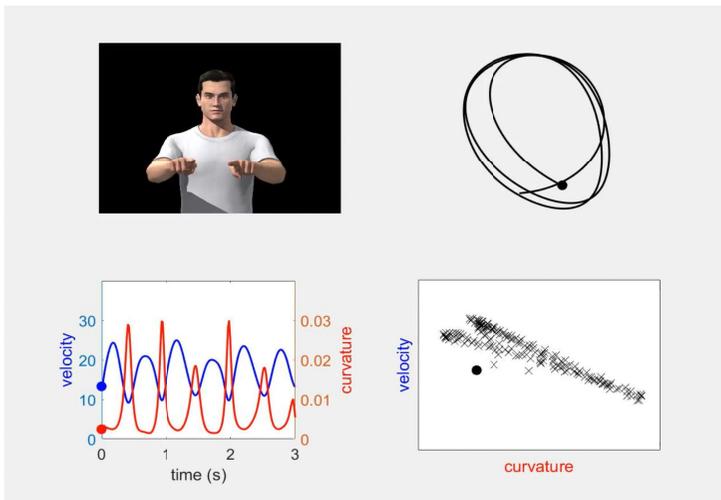
normal



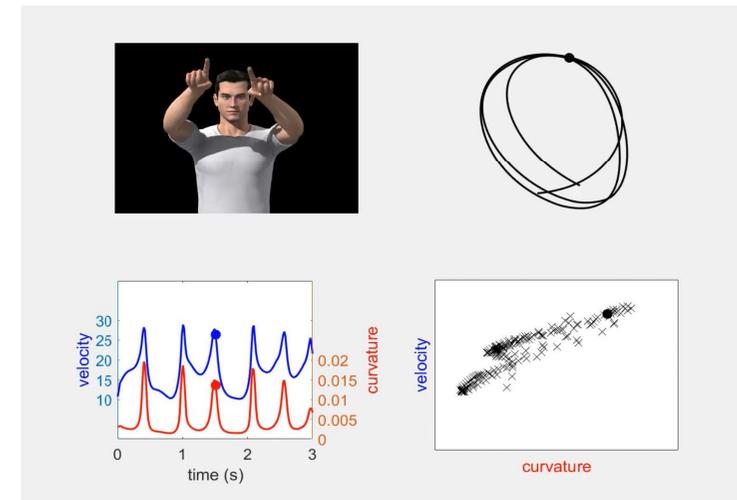
# Invarianti cinematici delle azioni umane

**Soluzione:** Usare la computer graphics  
per la generazione degli stimoli

normal



perturbed





# Invarianti cinematici delle azioni umane

normal



>

perturbed



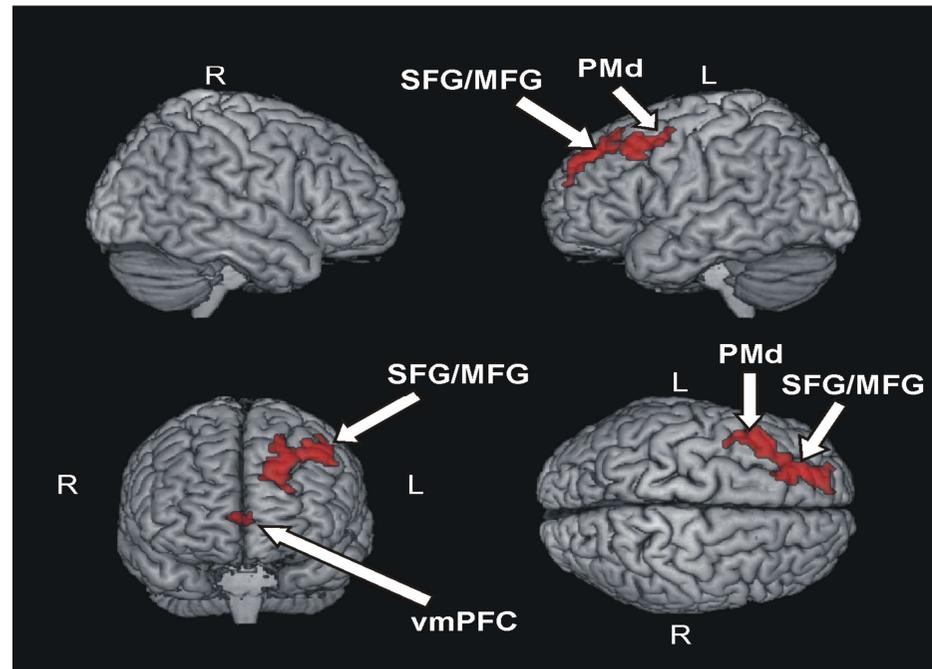
# Invarianti cinematici delle azioni umane

normal



>

perturbed



**Le aree motorie sono attivate in maniera più forte durante l'osservazione di azioni che seguono la 2/3 power law**

*Casile\*, Dayan\* et al. 2010 – Cerebral Cortex*



# Invarianti cinematici delle azioni umane

normal



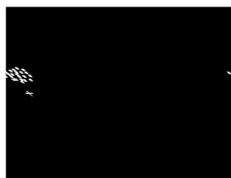
>

perturbed



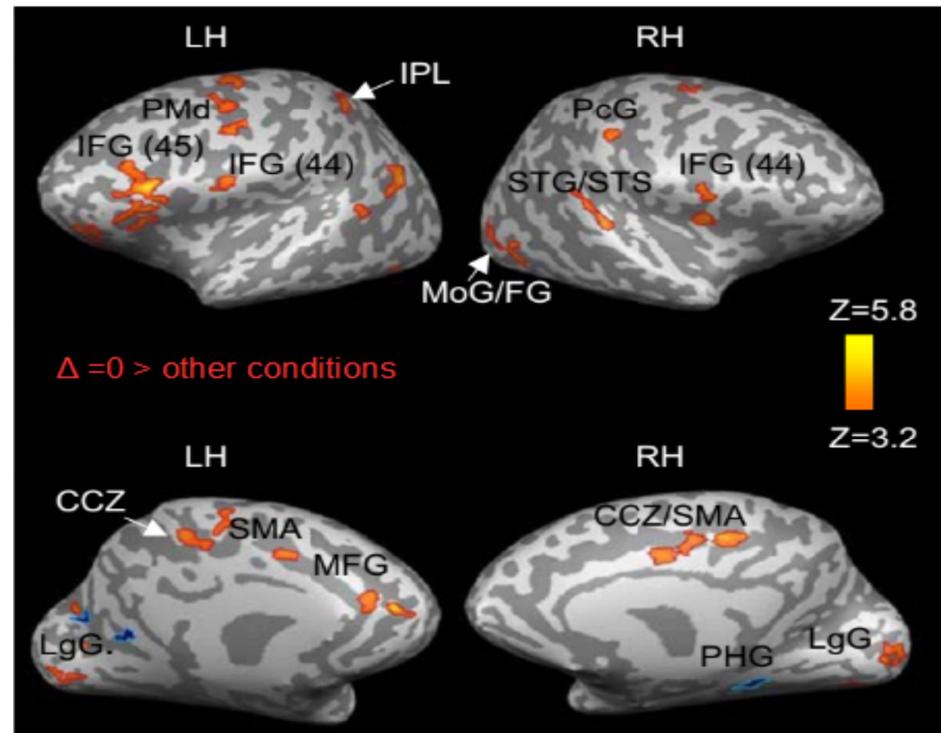
# Invarianti cinematici delle azioni umane

normal



>

perturbed

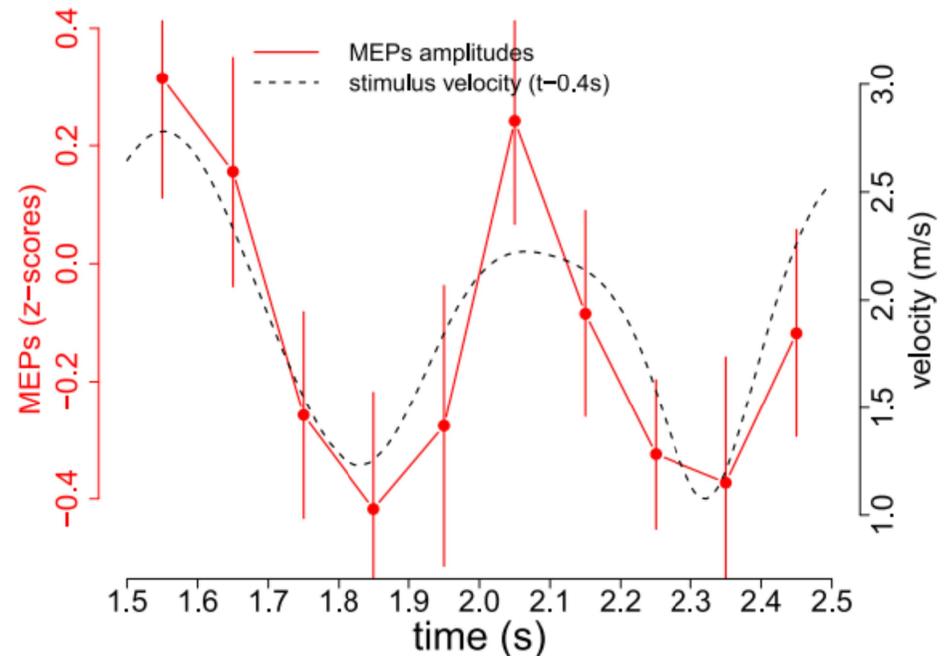


**Le aree motorie sono attivate in maniera più forte durante l'osservazione di azioni che seguono la 2/3 power law**

*Casile, Dayan et al. 2010 – Cerebral Cortex*

# Invarianti cinematici delle azioni umane

normal



**L'attivazione delle aree motorie segue il profilo temporale del movimento osservato**

*Agosta, Battelli & Casile 2016, NeuroImage*



# Next Steps – Real time animations



**Scopo scientifico: studiare come cambiare l'embodiment cambia la percezione**



# Next Steps – Acting in a virtual environment



Tesi di Laurea: Luca Galofaro & Luca Vitale

**Scopo scientifico: studiare come cambiare l'embodiment cambia la percezione**



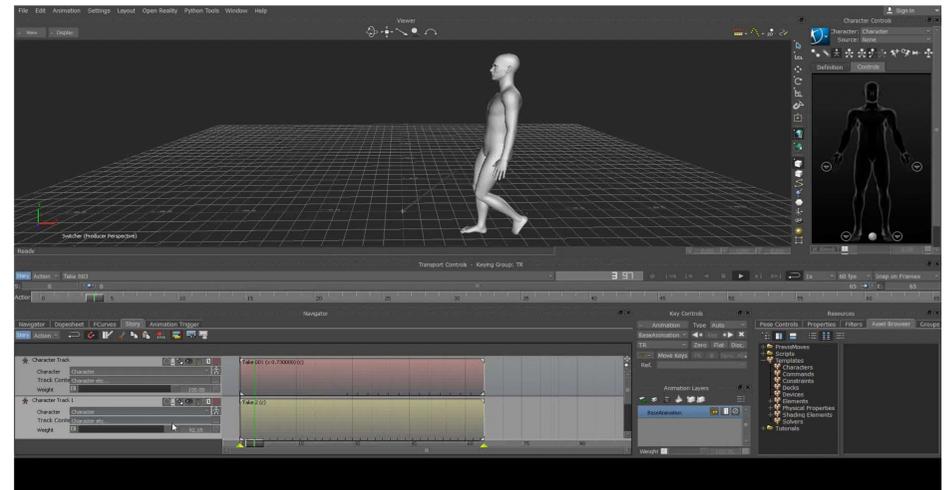
# Next Steps – High quality off-line animations



Tesi di Laurea: Riccardo Tessarin



# Next Steps – High quality off-line animations



Tesi di Laurea: Riccardo Tessarin

Scopo scientifico: (1) cambiare la cinematica; (2) generare “interpolazioni” di animazioni;  
(3) cambiare l’apparenza visive dell’avatar; ... the sky is the limit

*Esempio di uso di Unity*

*Grazie per l'attenzione!*

*Domande? Curiosità?*



**Dipartimento  
di Matematica  
e Informatica**

