

Facoltà di Ingegneria – Catania 11 Gennaio 2011

La Sfida della Complessità

**Pensare in modo non lineare
in un mondo di Reti Complesse**

Alessandro Pluchino



**Direzioni delle
Scienze Fisiche
dal XVI secolo**



**verso l'infinitamente
grande**

Cosmologia, Astronomia,
Astrofisica, Teoria della
Relatività Generale...

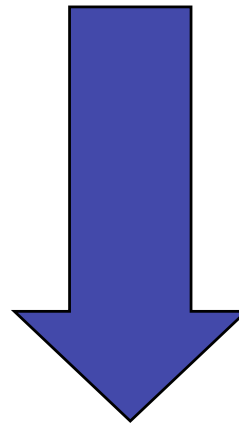


Direzioni delle Scienze Fisiche dal XVI secolo



verso l'infinitamente grande

Cosmologia, Astronomia, Astrofisica, Teoria della Relatività Generale...



verso l'infinitamente piccolo

Fisica Nucleare e particellare, Meccanica Quantistica, GUT, Teoria delle Stringhe, ...

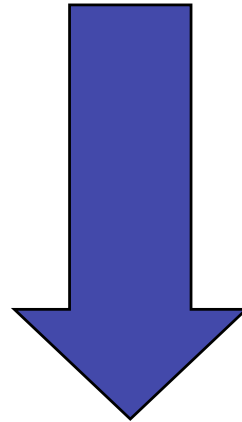


Direzioni delle Scienze Fisiche dal XVI secolo



verso l'infinitamente grande

Cosmologia, Astronomia, Astrofisica, Teoria della Relatività Generale...



verso l'infinitamente piccolo

Fisica Nucleare e particellare, Meccanica Quantistica, GUT, Teoria delle Stringhe, ...



Metà del XX secolo

verso l'infinitamente complesso





il Computer!

**...e la possibilità di
simulare i sistemi complessi!**

il XX Secolo e le Teorie delle tre "C"



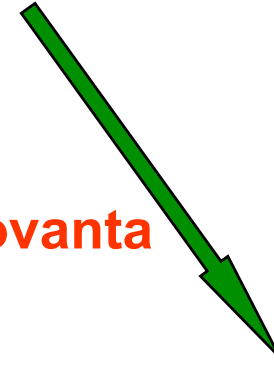
anni Settanta



anni Ottanta



anni Novanta



Teoria delle **C**atastrofi

Studia matematicamente i
"punti critici" che
modificano bruscamente il
comportamento di un
sistema



Teoria del **C**aos

Imprevedibilità,
autosimilarità, non-linearità,
sensibilità alle condizioni
iniziali, "effetto farfalla",
geometria frattale



Teoria della **C**omplessità

Sistemi dinamici lontani
dall'equilibrio, criticità auto-
organizzata, reti complesse,
fenomeni emergenti at the
"edge of chaos"



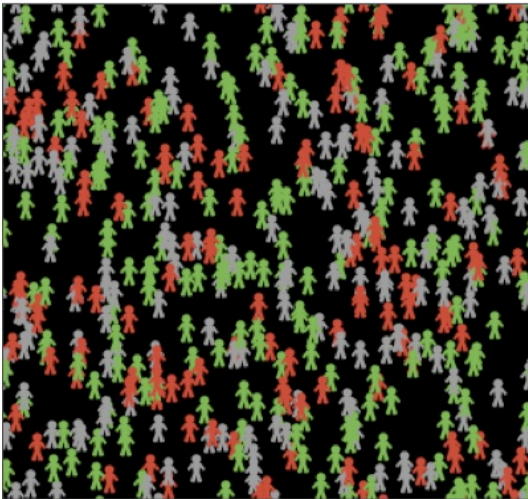
Ma...

...che cos'è un sistema complesso?

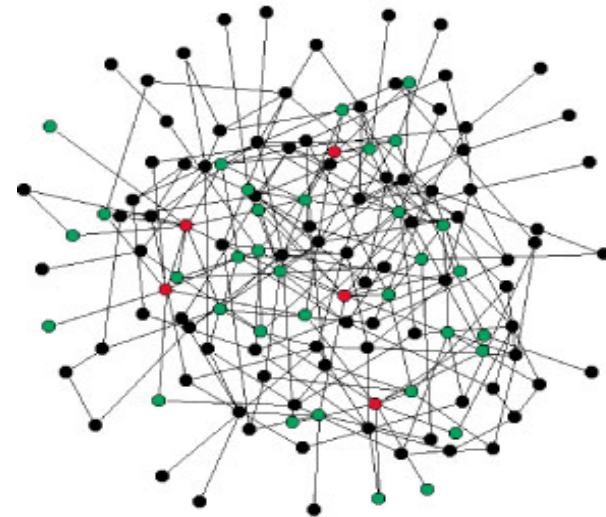


Due possibili descrizioni...

Da un punto di vista **dinamico** è possibile descrivere un sistema complesso come un insieme di **numerosi elementi o “agenti”** (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...) che **interagiscono, cooperano o competono** tra loro muovendosi all'interno di un certo **spazio** (reale o virtuale) e secondo certe regole



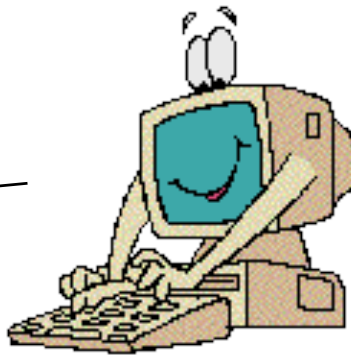
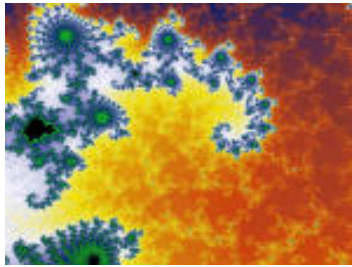
Da un punto di vista **topologico** (cioè se ci interessa sapere “**chi interagisce con chi**”) è anche possibile descriverlo come una **rete (network)** costituita da un certo numero di **nodi** (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...) collegati tra loro per mezzo di **links** che esprimono delle relazioni tra i nodi



Vedremo che in entrambi i casi il sistema complesso mostrerà delle proprietà e dei **comportamenti inaspettati e talvolta perfino sorprendenti**, molto spesso impossibili da prevedere basandosi solo sulle caratteristiche dei singoli elementi che lo costituiscono...



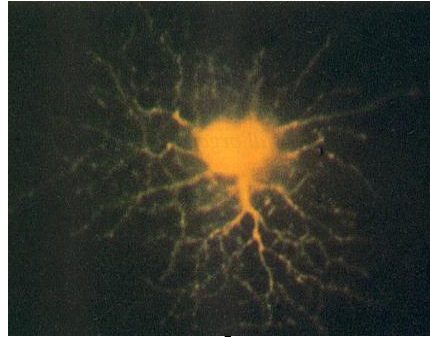
Autosimilarità e Frattali



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

Autosimilarità in natura

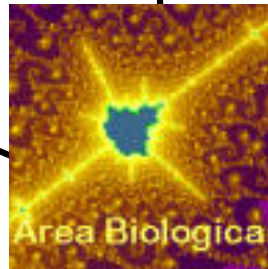
neuroni



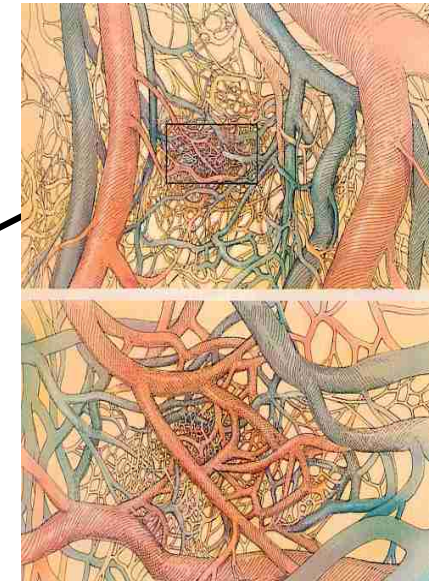
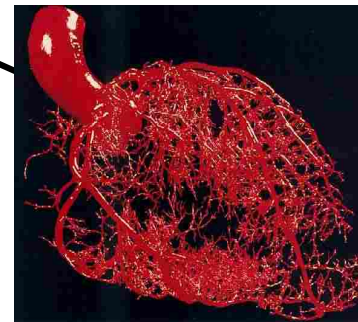
cavolfiore



foglie



cuore

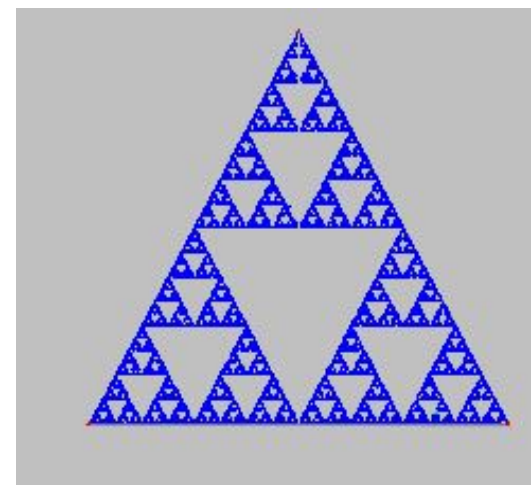


bronchi



Autosimilarità in matematica: i Frattali

Un **frattale** è un oggetto geometrico che si ripete nella sua struttura allo stesso modo su scale diverse, ovvero che non cambia aspetto anche se visto con una lente d'ingrandimento (auto-similarità e invarianza di scala).

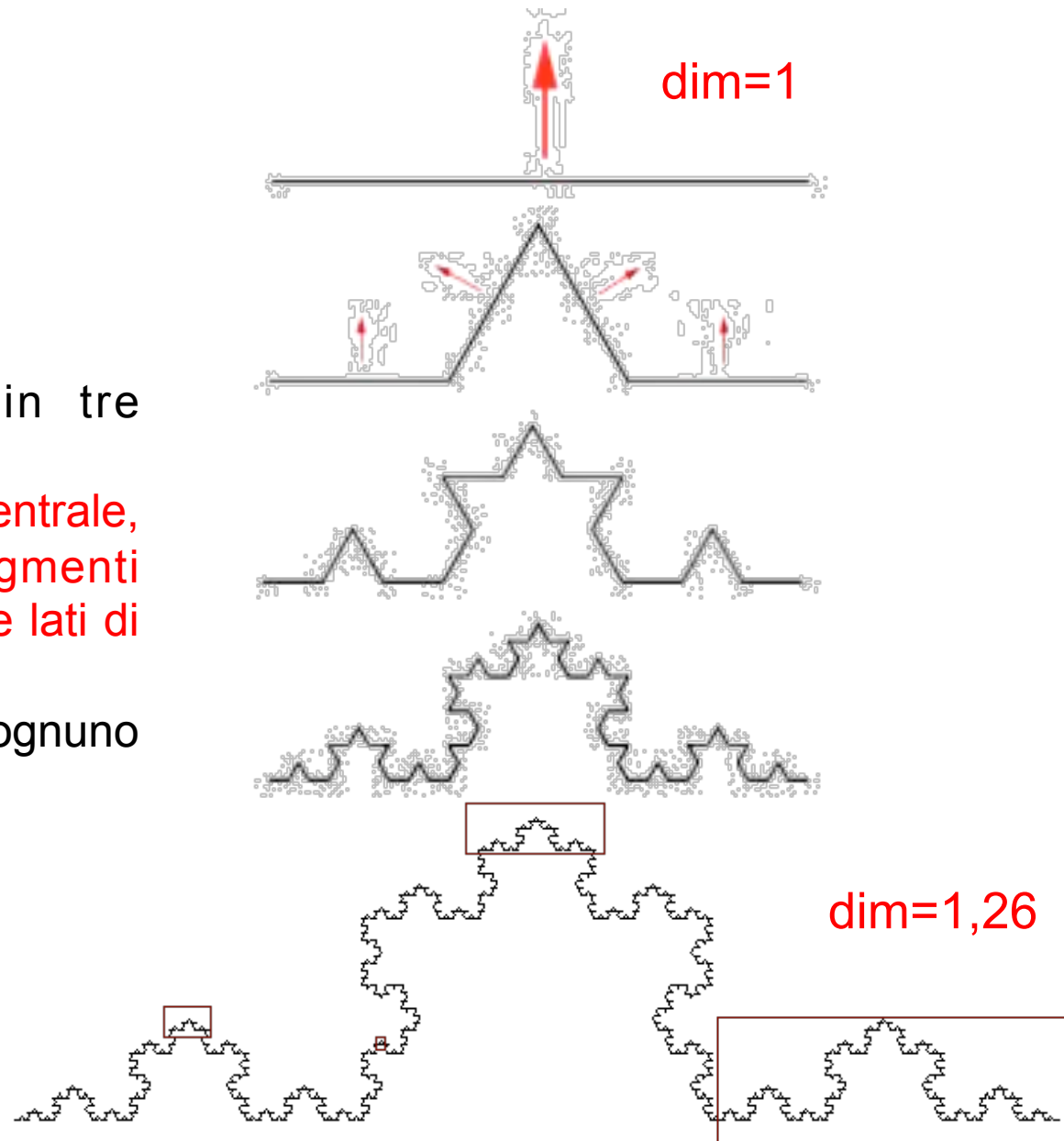


Il termine frattale venne coniato nel 1975 dal matematico francese **Benoît Mandelbrot**, e deriva dal latino **fractus** (rotto, spezzato), così come il termine frazione; infatti le immagini frattali sono considerate dalla matematica oggetti di dimensione frazionaria.

Autosimilarità in matematica

La curva di Koch

1. dividere il segmento in tre segmenti uguali;
2. cancellare il segmento centrale, sostituendolo con due segmenti identici che costituiscono i due lati di un triangolo equilatero;
3. tornare al punto 1 per ognuno degli attuali segmenti.



L'insieme di Mandelbrot

. $P_0 \rightarrow$ serie divergente

. $P_0 \rightarrow$ serie convergente

$$P_0 = x + i y$$

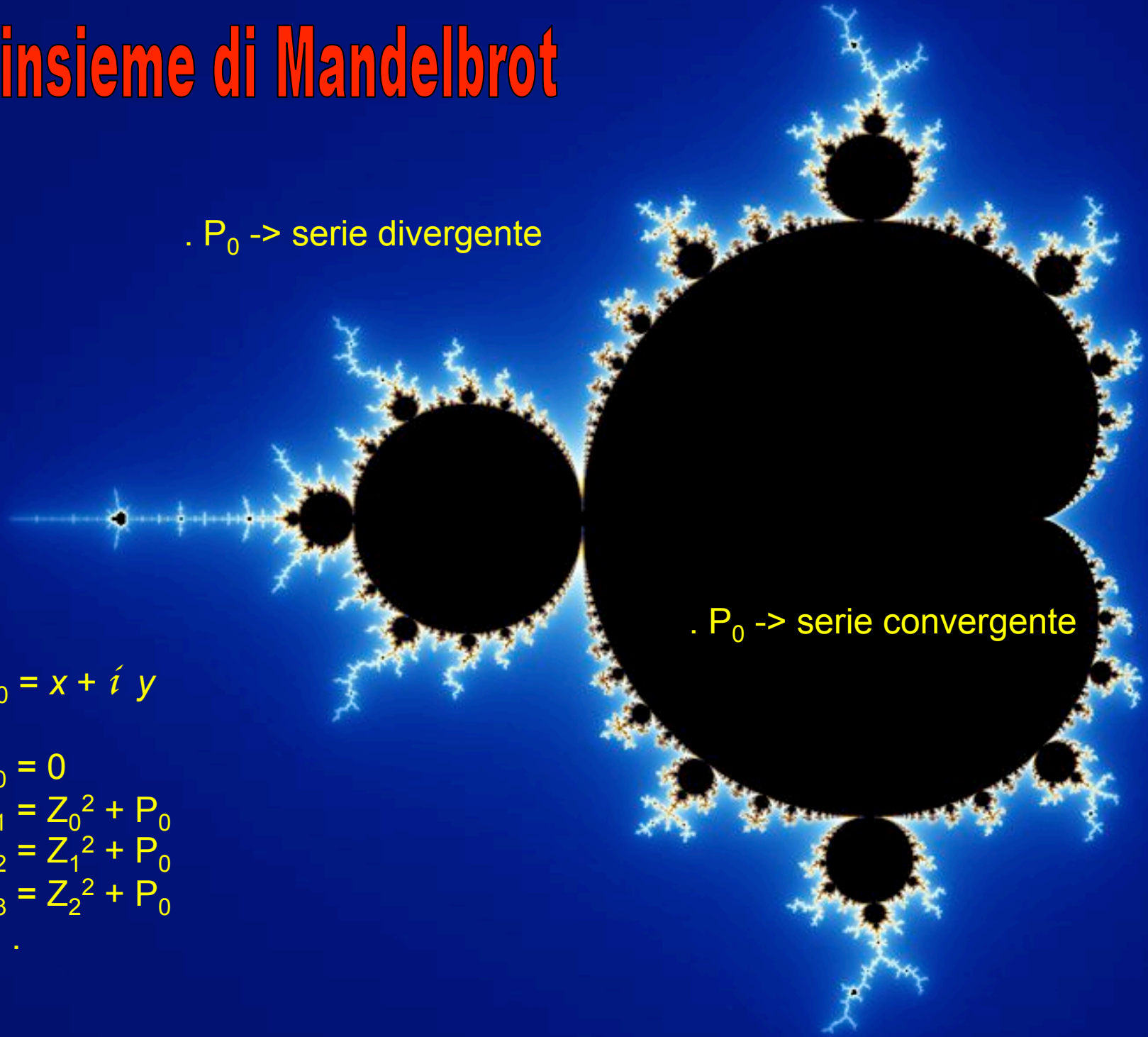
$$Z_0 = 0$$

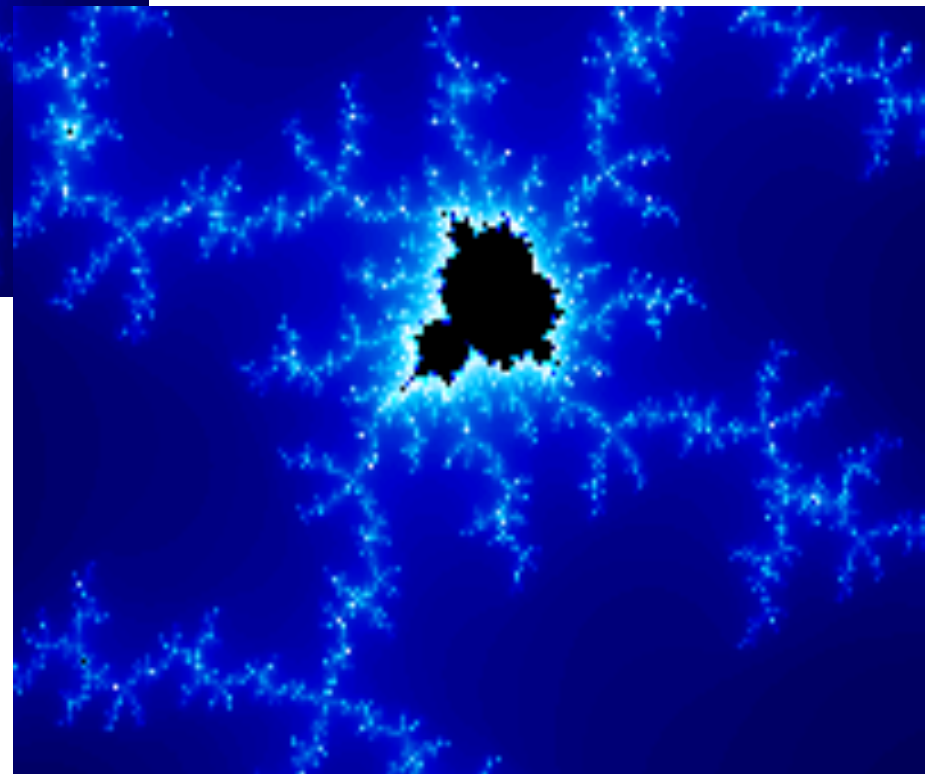
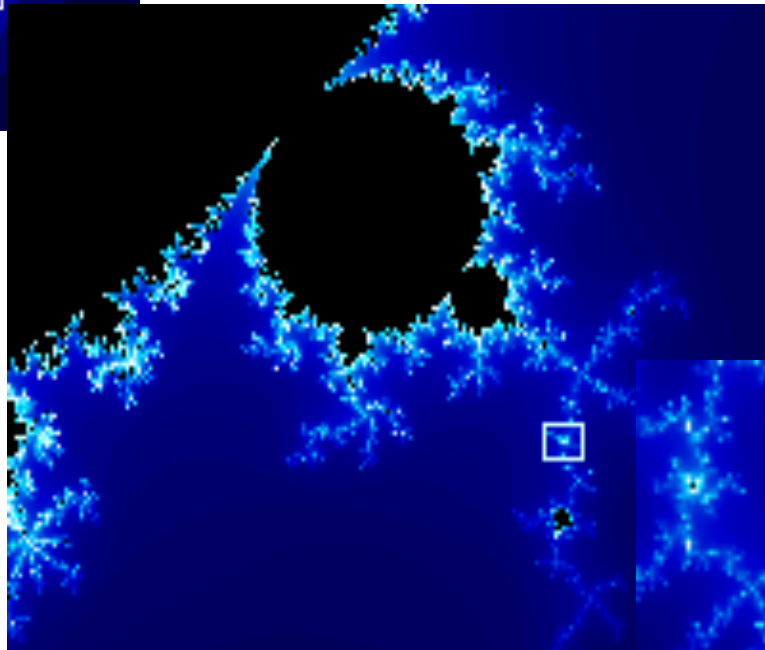
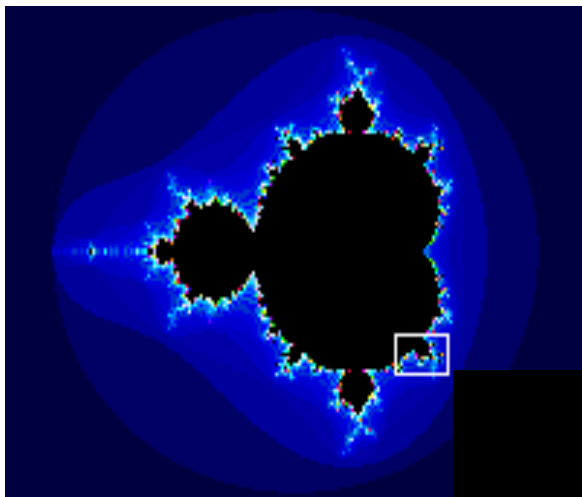
$$Z_1 = Z_0^2 + P_0$$

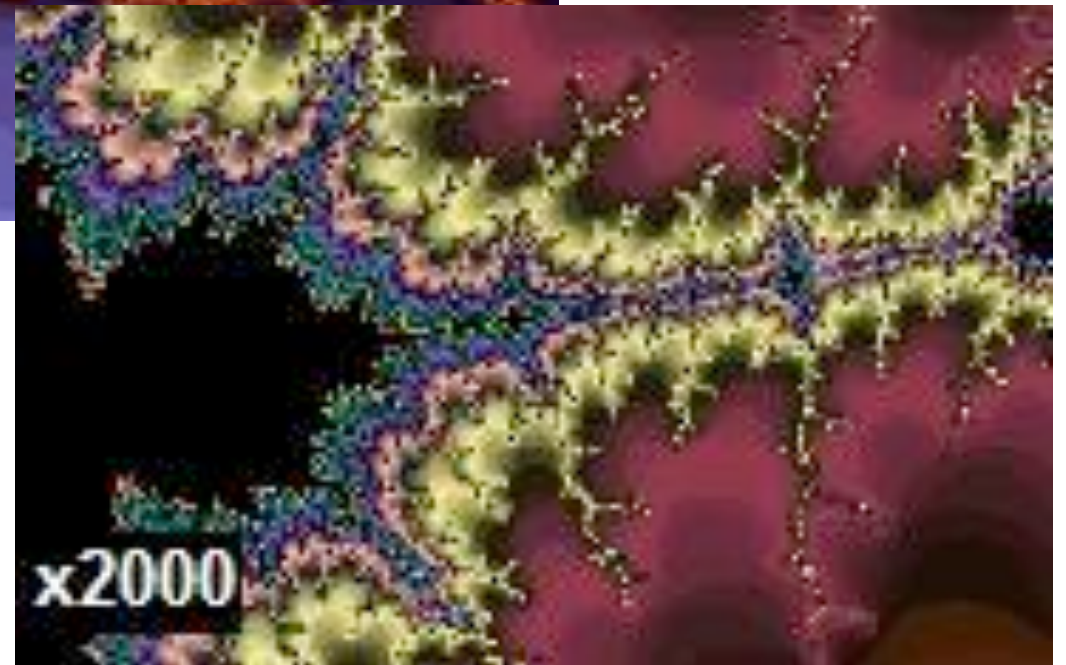
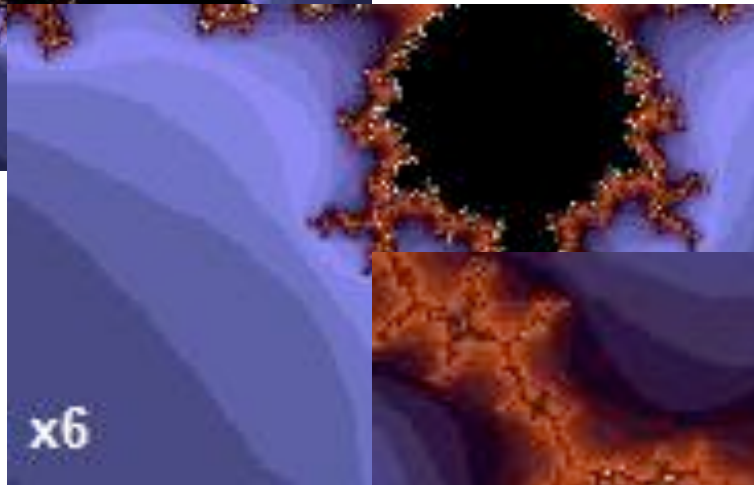
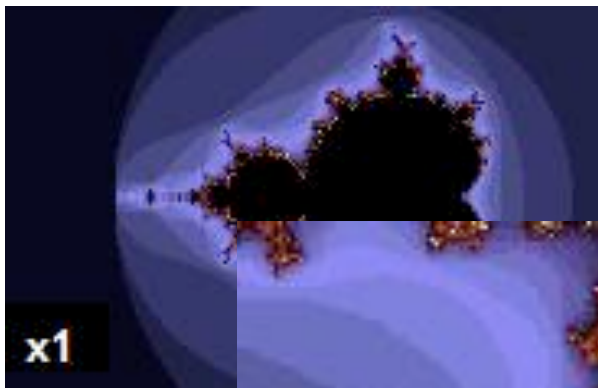
$$Z_2 = Z_1^2 + P_0$$

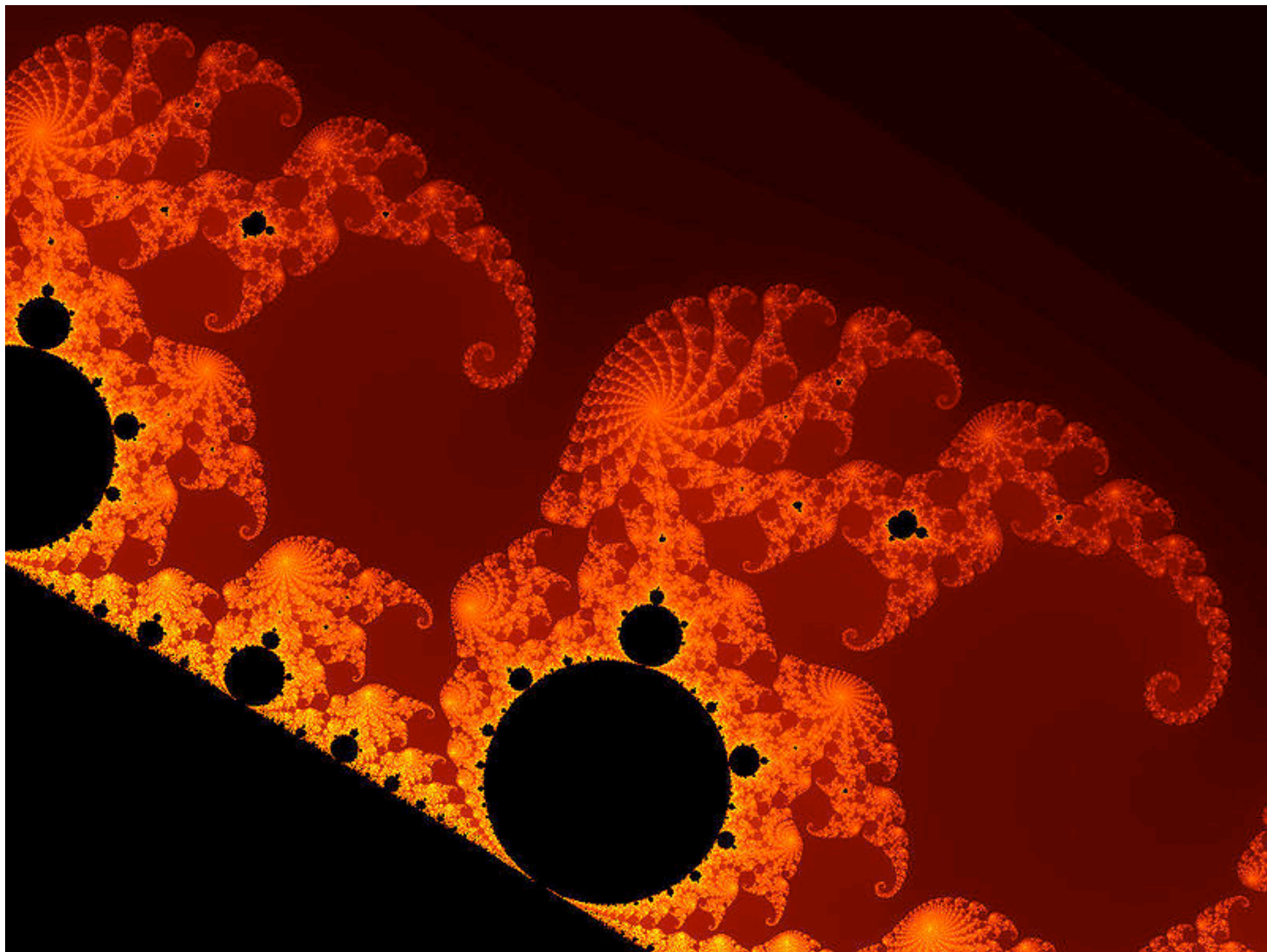
$$Z_3 = Z_2^2 + P_0$$

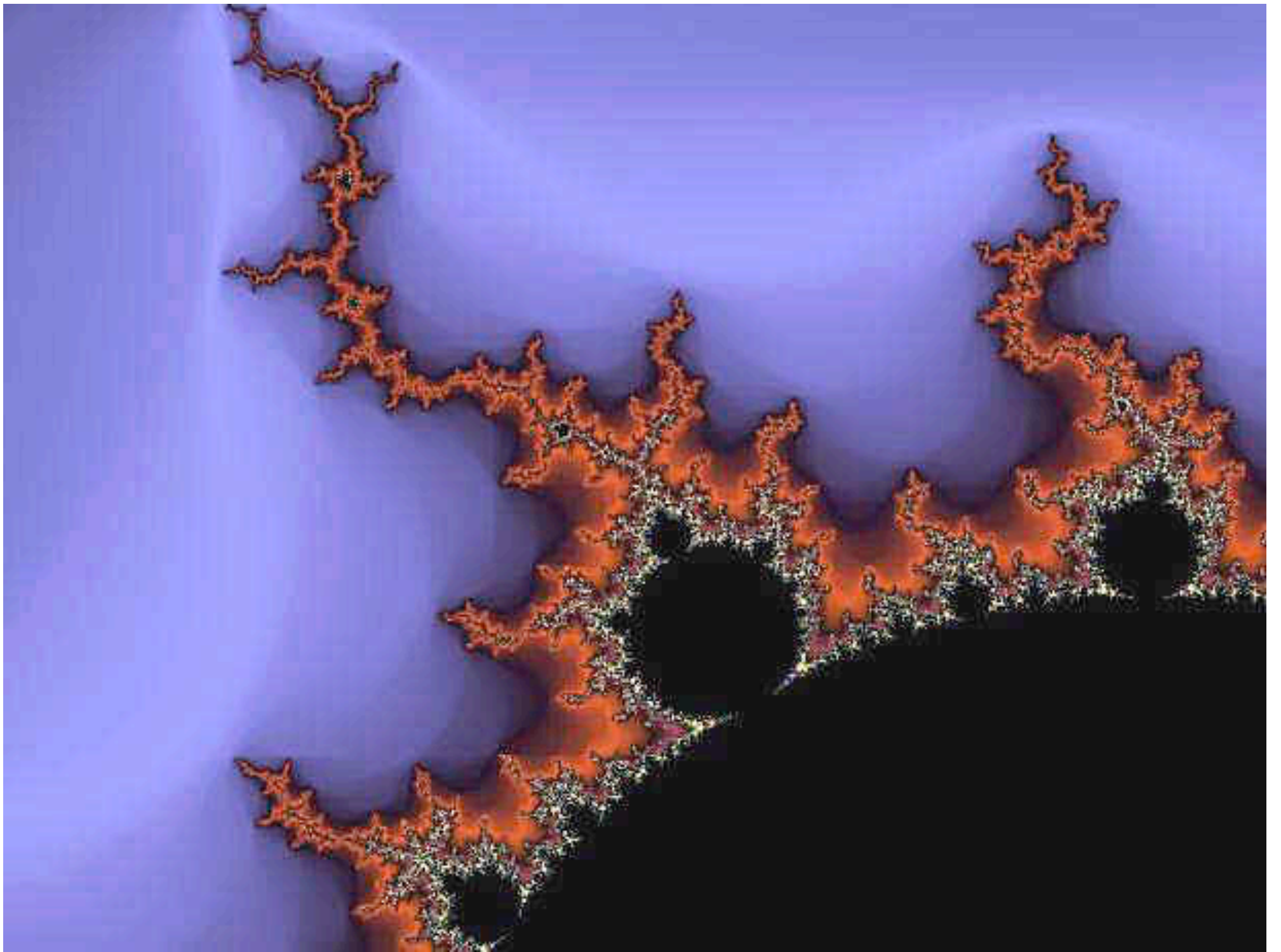
...

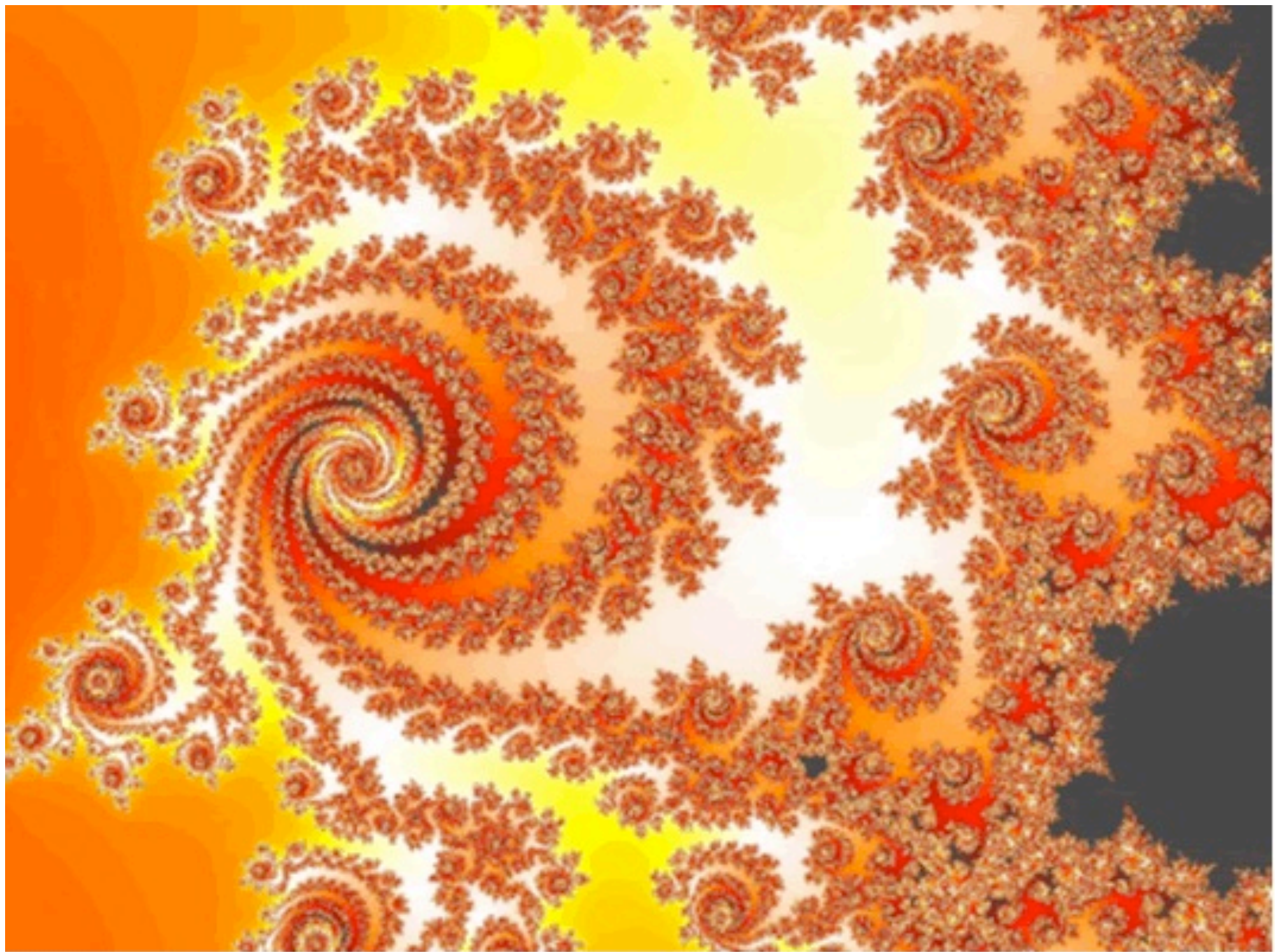


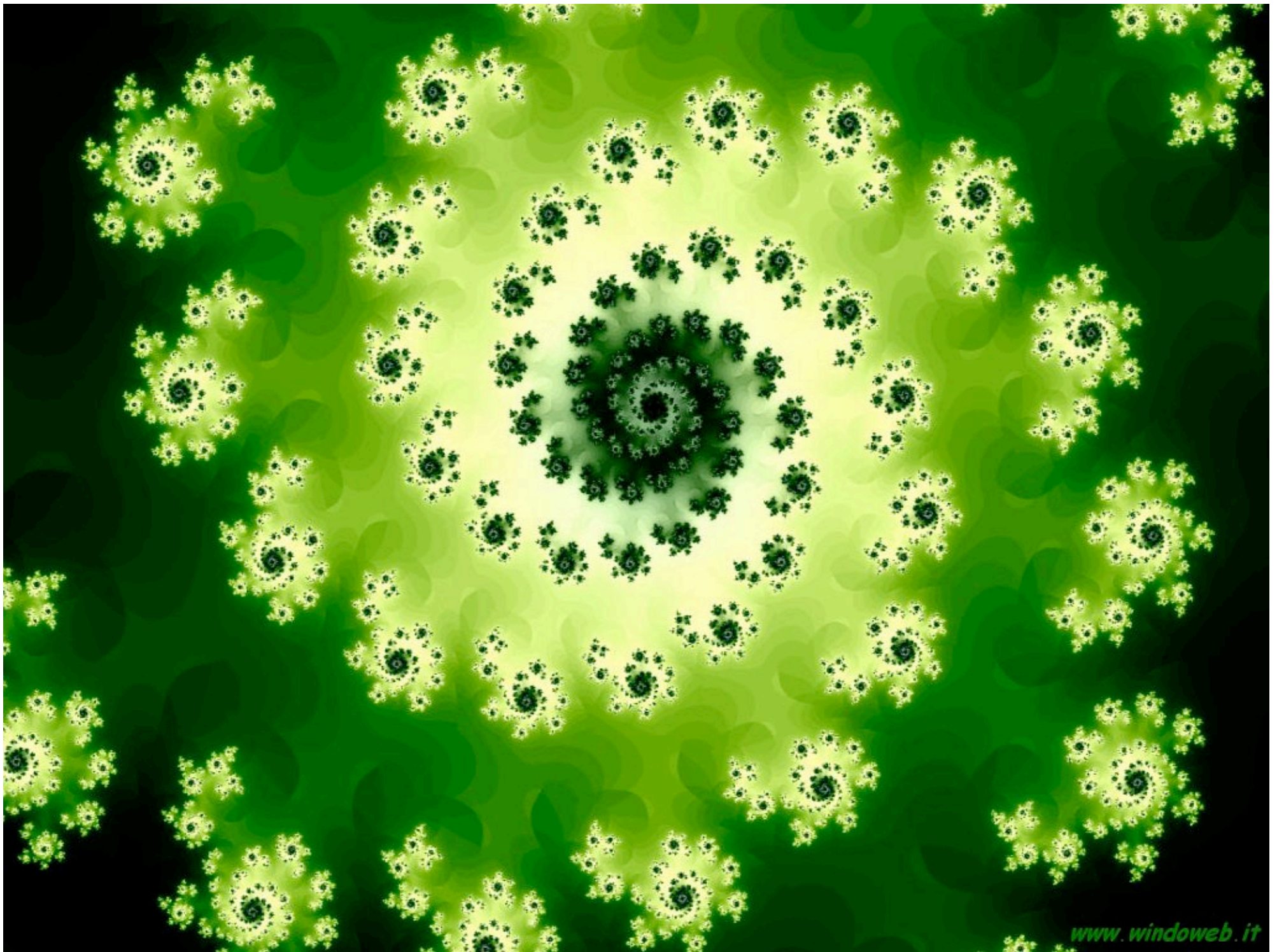




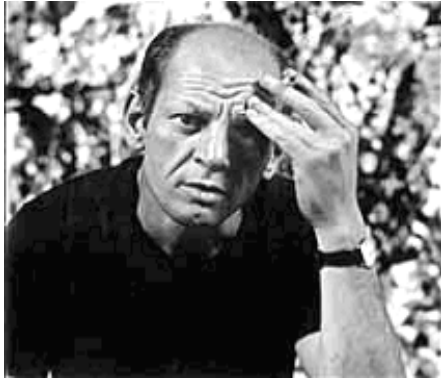






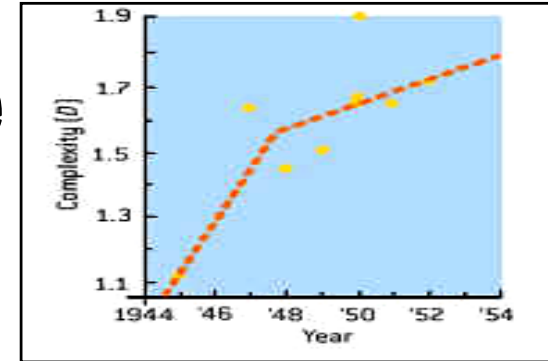


Autosimilarità nell'arte



**Jackson Pollock
(1912-1956)**

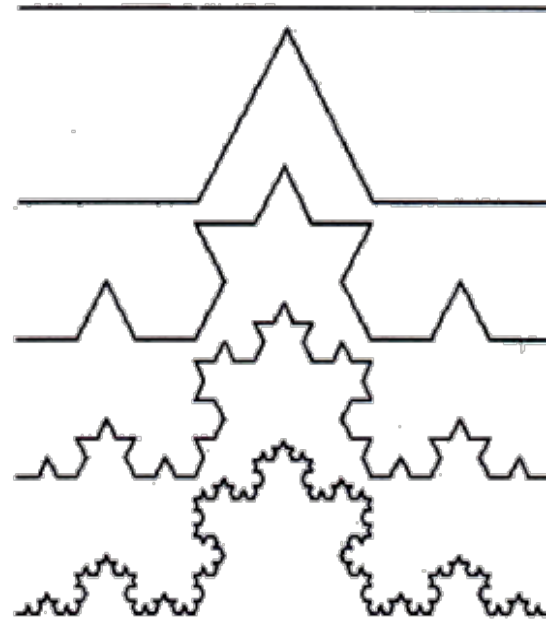
**Complessità nelle
opere di Pollock**



Blue Poles Number 11 (1952)



**Ma esiste
una 'firma'
dell'autosimilarità?**



PICCOLA DIGRESSIONE STATISTICA...

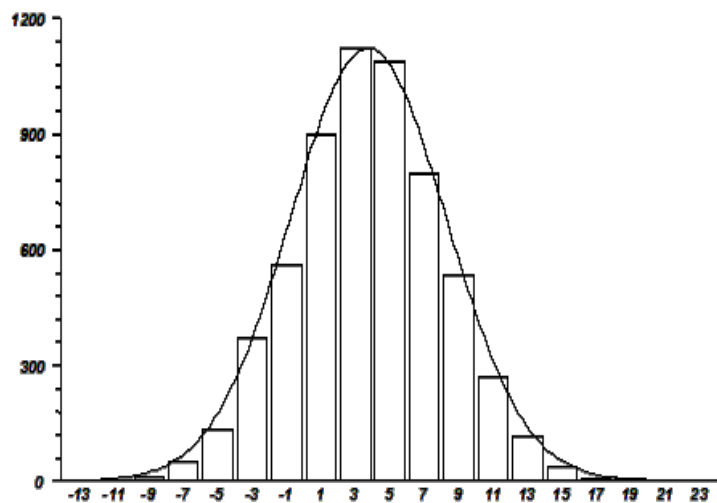
Qual'è la forma della distribuzione dell'altezza o del peso in una popolazione?



Qual'è la forma della distribuzione della ricchezza in una popolazione?

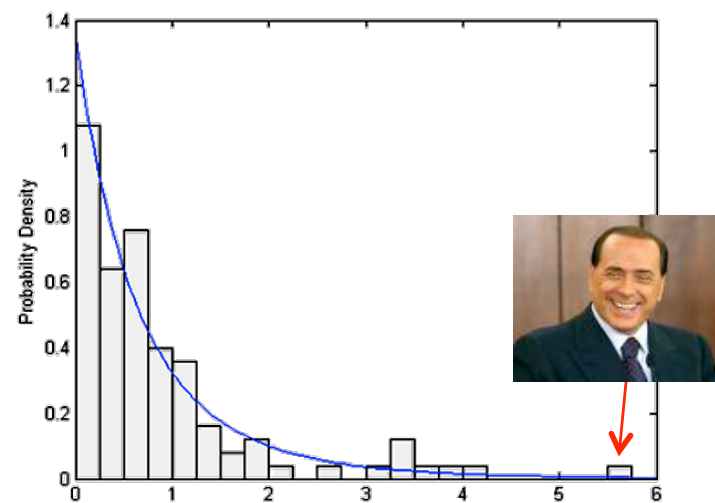


La curva Gaussiana



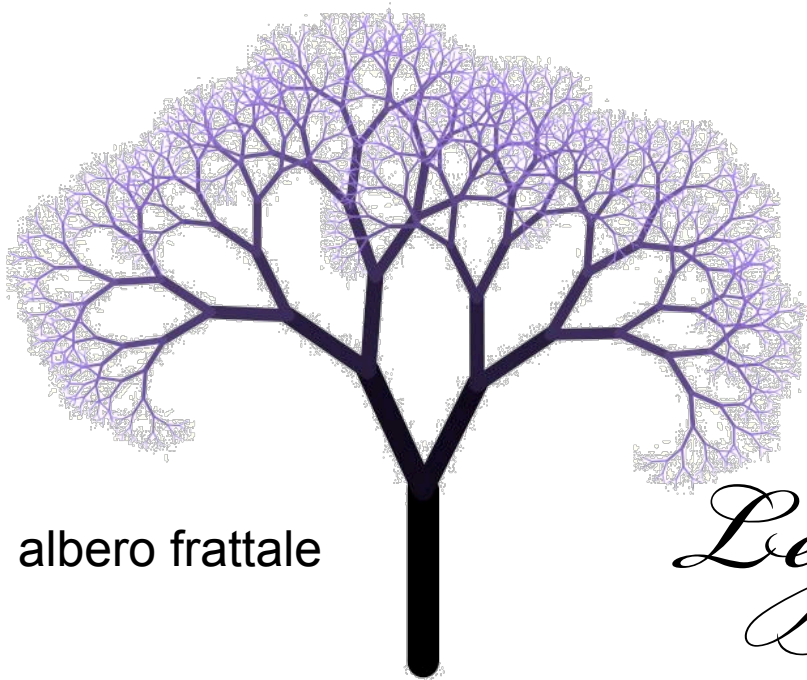
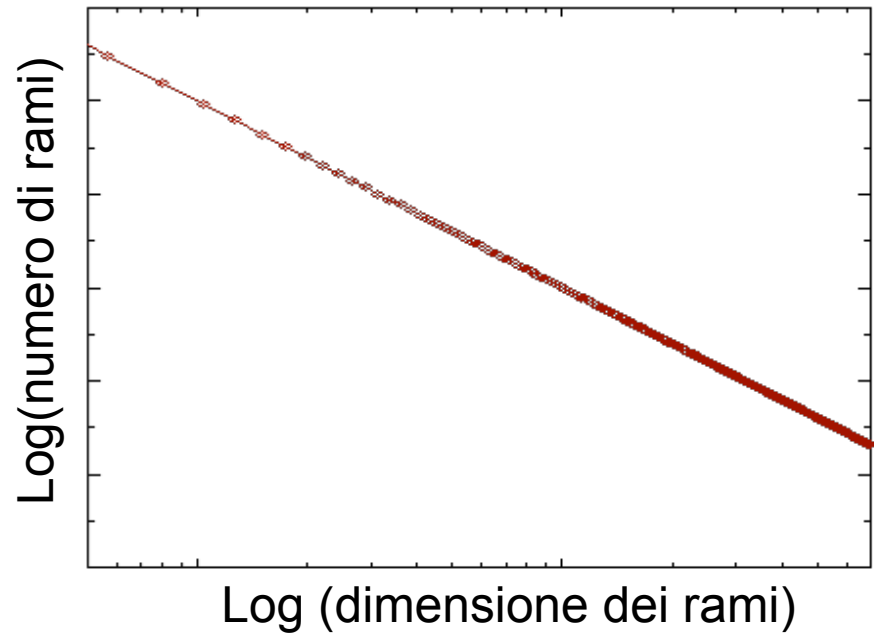
**Esiste una dimensione tipica
(la "media")**

La legge di potenza



**NON esiste una dimensione tipica
(invarianza di scala)**

La 'firma' matematica dell'autosimilarità e della invarianza di scala è la legge di potenza!
(power law)

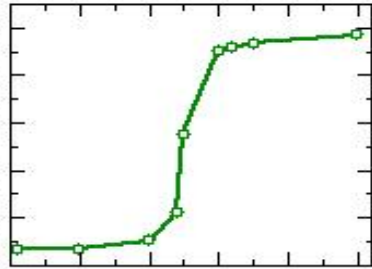


$$y = x^{-k}$$

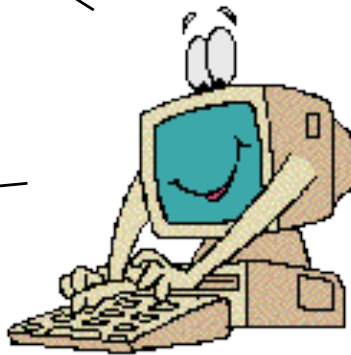
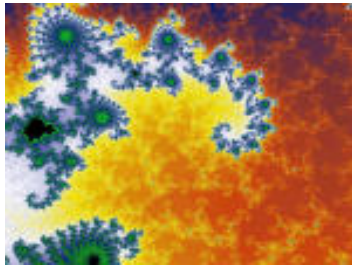
Legge di Potenza



Non linearità e Soglie Critiche



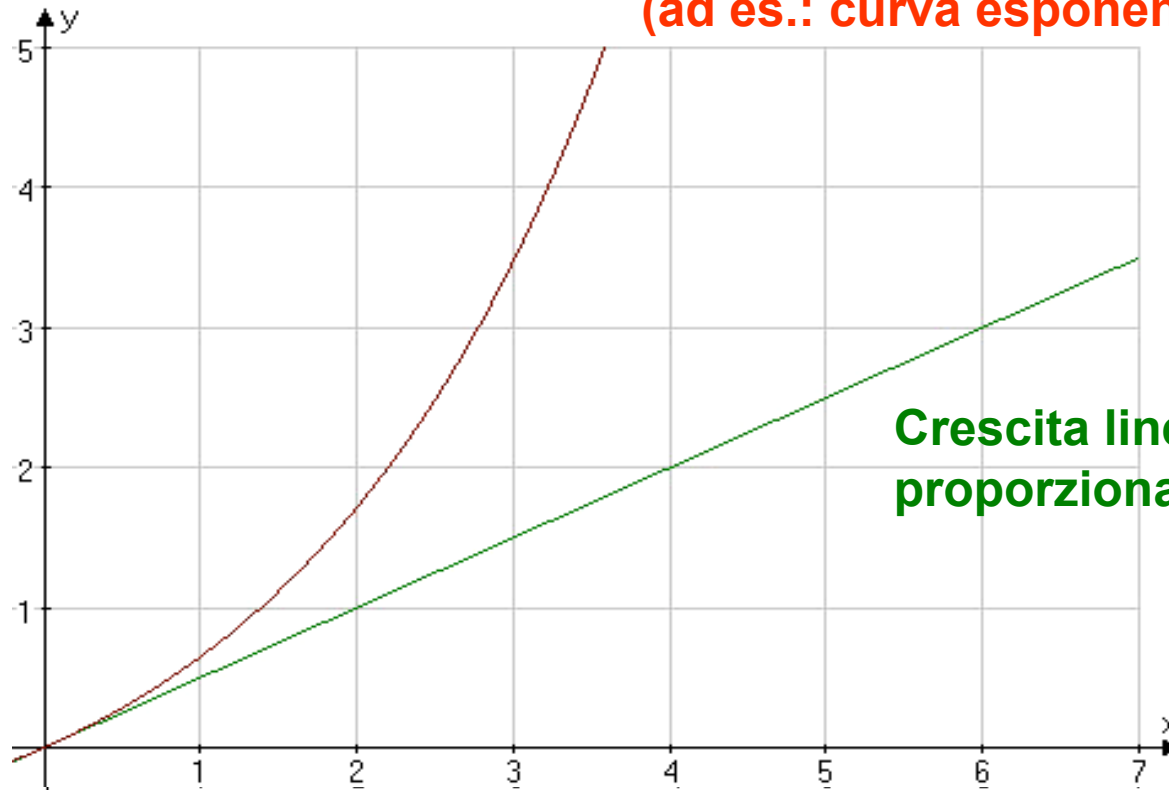
Autosimilarità e Frattali



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

Non linearità

Crescita non-lineare: l'effetto y non è più proporzionale alla causa x (ad es.: curva esponenziale)



Crescita lineare: l'effetto y è proporzionale alla causa x

Non linearità e fogli di carta

Domanda1: se si potesse piegare un **normale foglio di carta** (spesso circa 0.15mm) in due, poi di nuovo in due, e così via per **50 volte**, quale sarebbe lo **spessore finale** del foglio?



Risposta lineare: lo spessore di un elenco telefonico o al massimo l'altezza di un frigorifero

Risposta non-lineare: più della distanza tra la Terra e il Sole!!!

Infatti: $(0.15\text{mm}) \times 2 \times 2 \times 2 \dots \times 2 (50 \text{ volte})$
 $= 0.15\text{mm} \times 2^{50} = 169.000.000 \text{ Km}$



Non linearità e pulci

$t = 0$



$t = 1 \text{ ora}$



Domanda2: al tempo $t=0$ in un barattolo ci sono solo **due pulci** che però **raddoppiano** di numero ogni secondo; se le pulci impiegano 1 ora esatta per riempire completamente il barattolo, quanto tempo impiegheranno a **riempirlo per metà?**



Risposta lineare:

mezz'ora

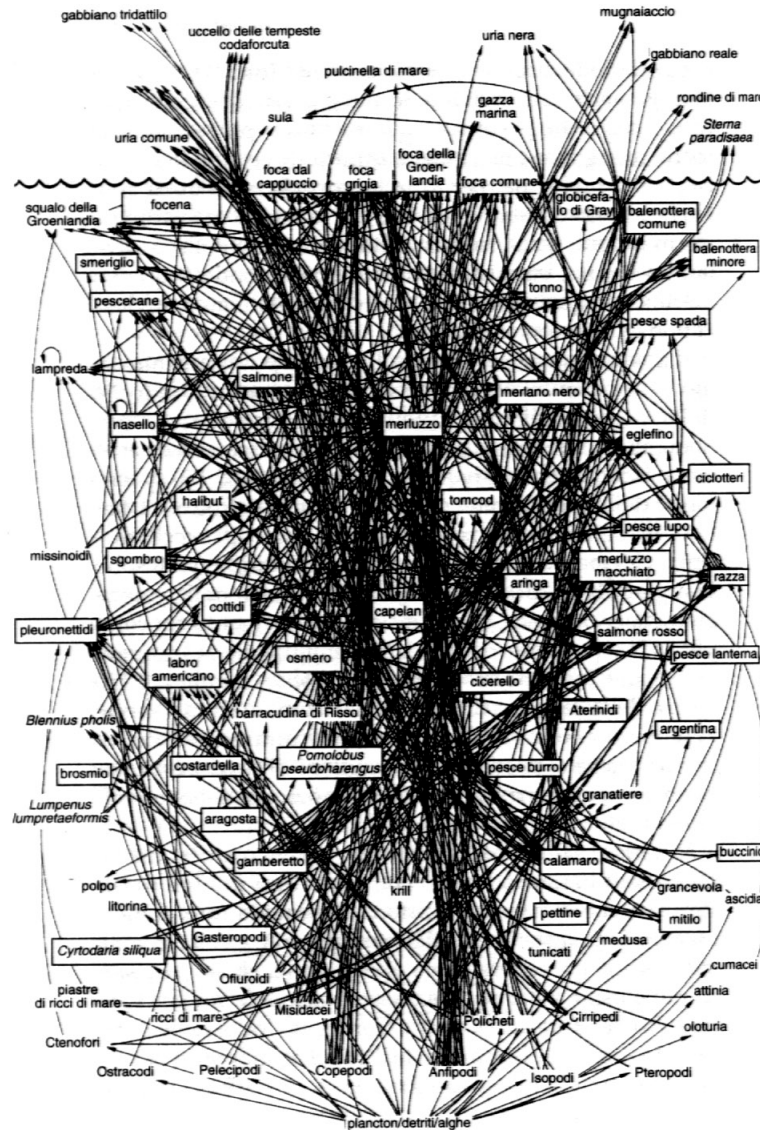
Risposta non-lineare:

59 minuti e 59 secondi!

Non linearità , foche e merluzzi

A metà degli anni '80 i merluzzi dell'Atlantico nordoccidentale cominciarono a scarseggiare...

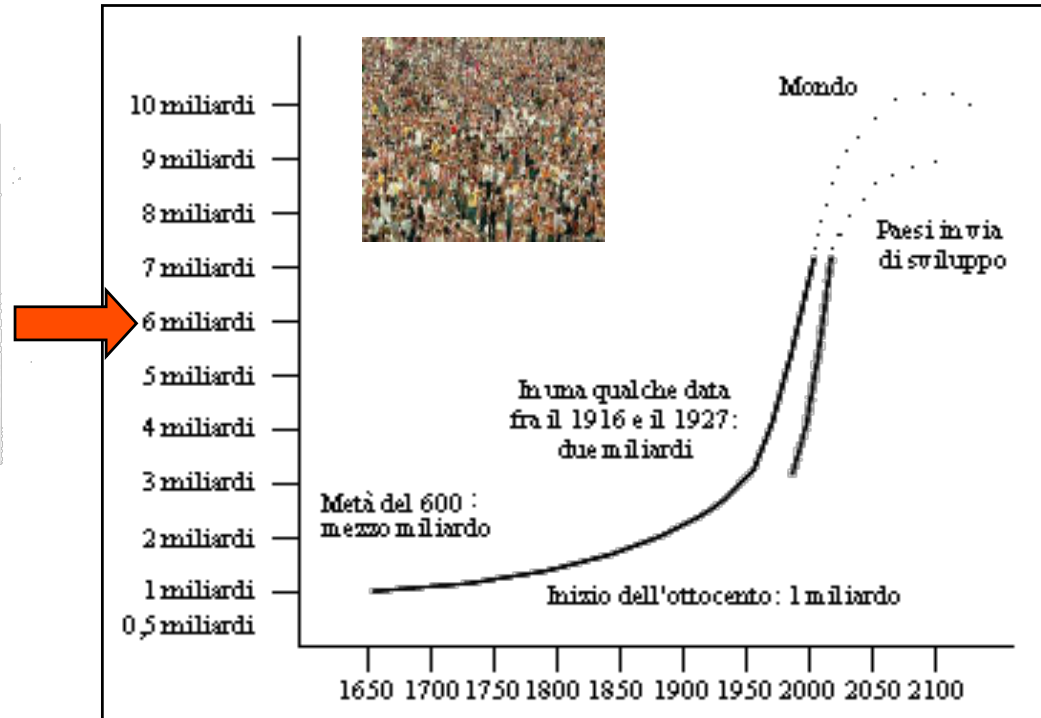
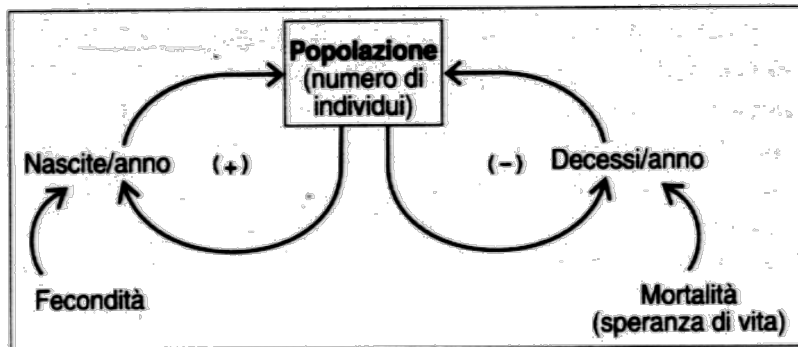
...e siccome le foche della Groenlandia si nutrono di merluzzi, il governo Canadese pensò di risolvere il problema "linearmente" e sterminò per diversi anni milioni di foche!



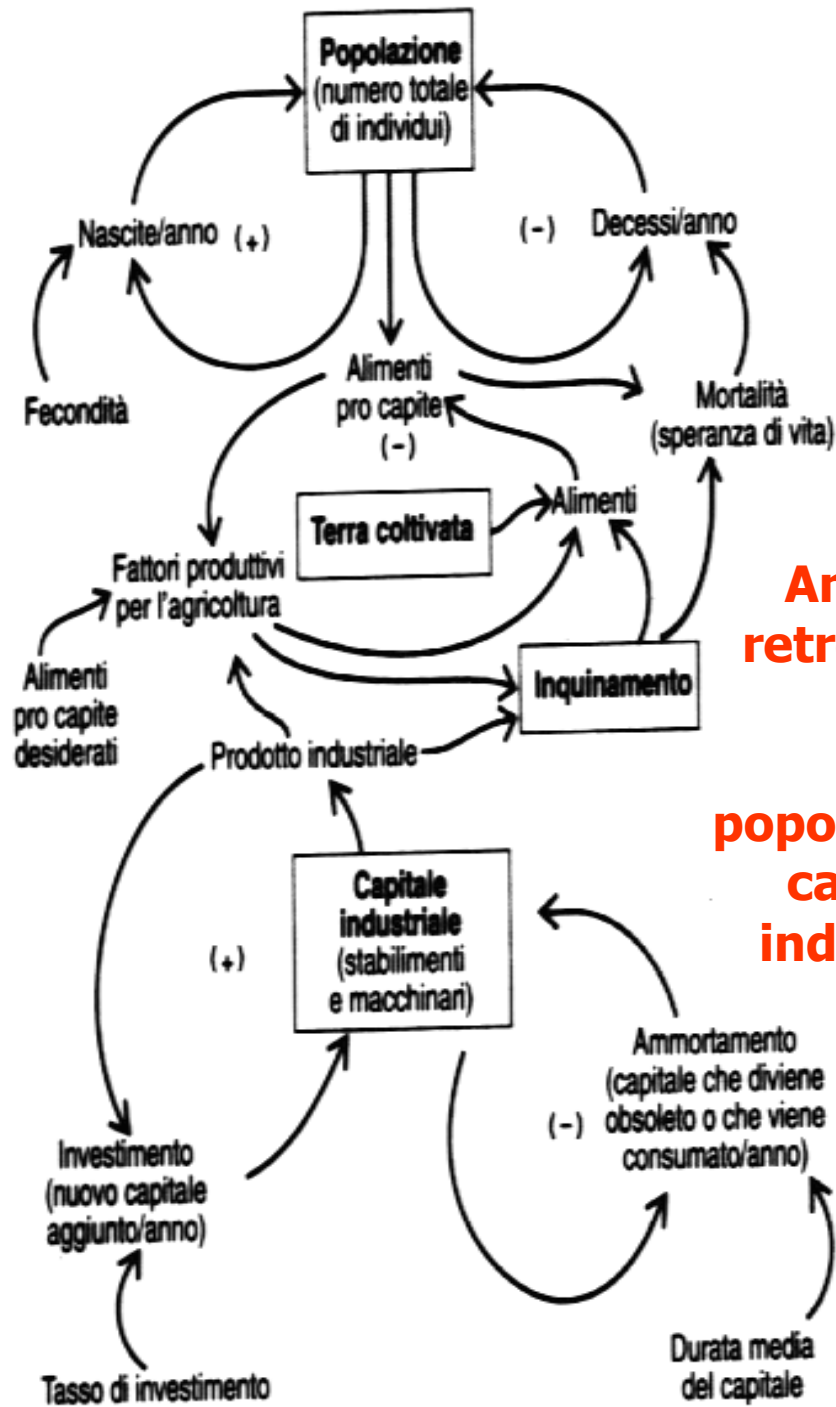
Ma la rete alimentare del nord atlantico è una rete complessa formata da 150 specie diverse che interagiscono in modo **altamente non lineare!**

L'alterazione del numero delle foche diede luogo a migliaia di catene di retroazioni, rendendo di fatto impossibile prevedere l'effetto sui merluzzi!

Crescita della popolazione terrestre

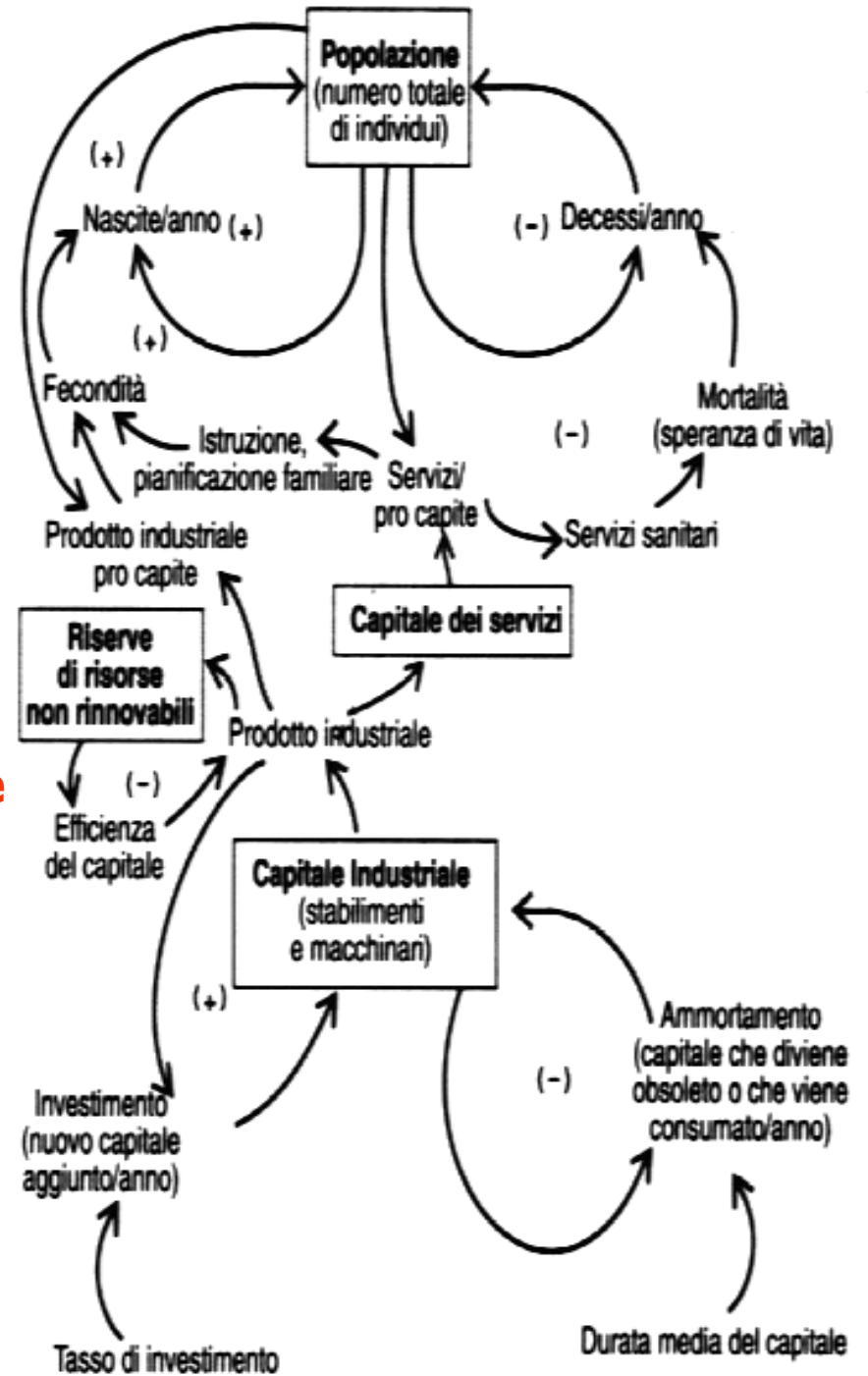


Gli anelli di retroazione (feedback) sono il motore della crescita esponenziale e sono spesso alla base dei fenomeni non-lineari



Anelli di retroazione di

popolazione e capitale industriale



Oltre i limiti dello sviluppo: ci avviciniamo ad un punto critico?



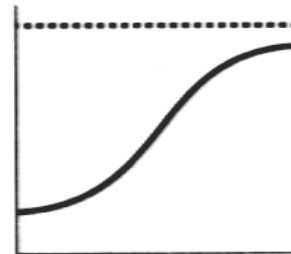
Quattro possibili modi di avvicinamento della popolazione mondiale alla capacità di carico del pianeta

(simulazioni "Mondo 3" - MIT e Club di Roma)



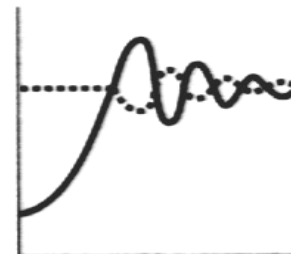
Si ha crescita continua se

- i limiti fisici sono molto lontani;
- oppure*
- i limiti fisici crescono anch'essi con andamento esponenziale.



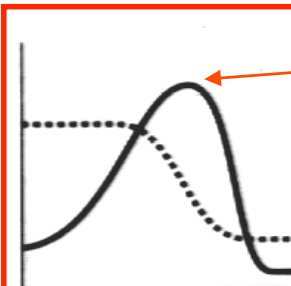
Si ha crescita sigmoide se

- i segnali provenienti dai limiti fisici sono precisi, istantanei e hanno risposte immediate;
- oppure*
- la popolazione o l'economia si limitano senza bisogno di segnali dall'esterno.



Si ha superamento e oscillazioni se

- i segnali o le risposte sono ritardati;
- oppure*
- i limiti non possono essere erosi o sono in grado di recuperare presto gli effetti dell'erosione.



PUNTO CRITICO?

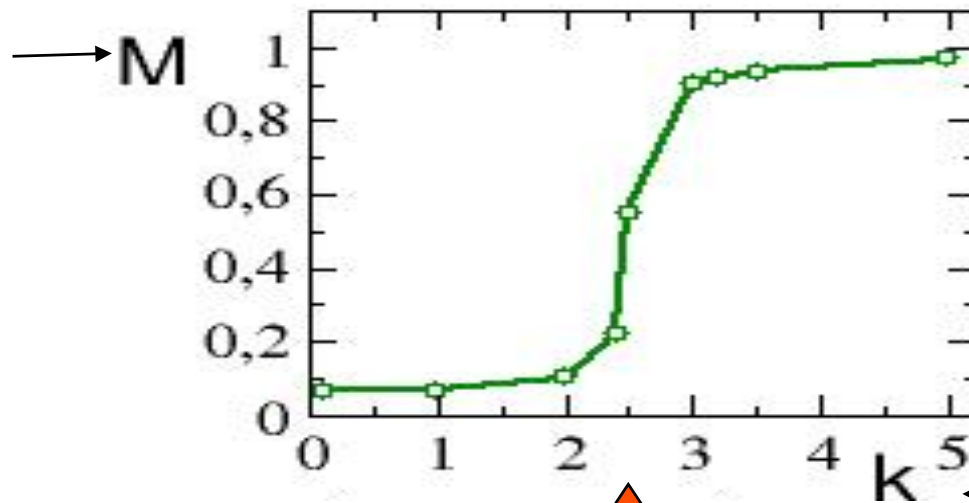
Si ha superamento e collasso se

- i segnali o le risposte sono ritardati;
- oppure*
- i limiti possono essere erosi (subire una degradazione irreversibile quando vengono superati)

Non linearità e Soglie critiche

I sistemi non lineari di solito non cambiano gradualmente ma attraversano delle **SOGLIE CRITICHE** dopo le quali la loro **struttura** (nello spazio) e/o il loro **comportamento** (nel tempo) cambia drasticamente...

parametro
d'ordine



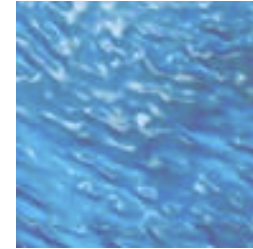
parametro di
controllo

Punto Critico

Soglie critiche in Fisica

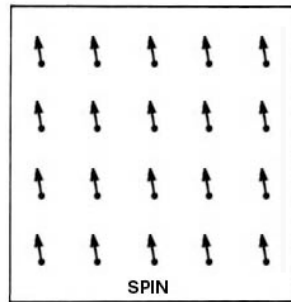


Ghiaccio

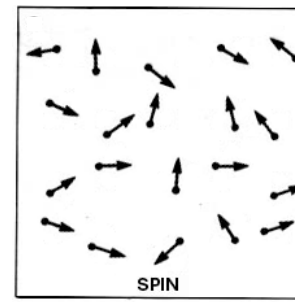


Acqua

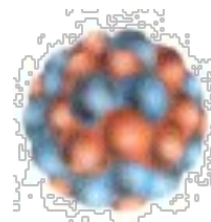
**TEMPERATURA
CRITICA**



Magnete ordinato



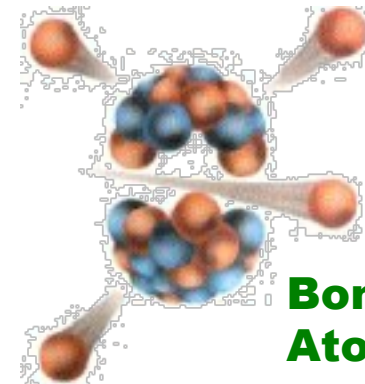
Magnete disordinato



Uranio



**MASSA
CRITICA**



**Bomba
Atomica**

Soglie critiche nella Percezione



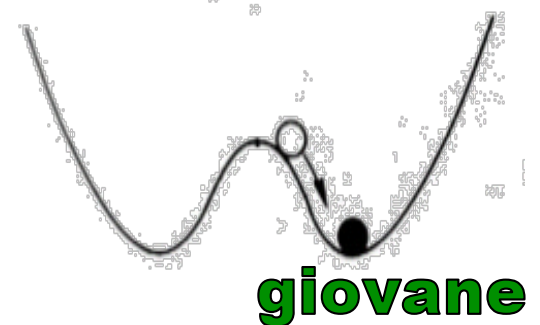
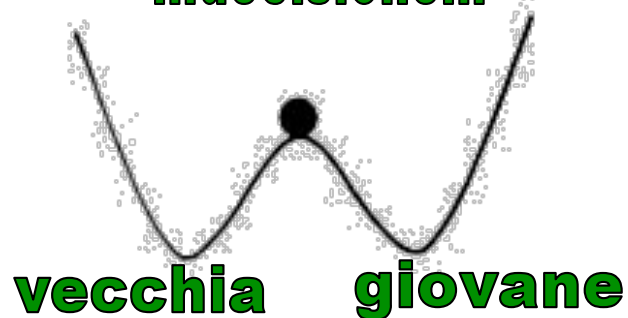
Rottura della simmetria!

indecisione...

giovane o vecchia?



Punto Critico





Effetto domino di Granovetter

Soglia di attivazione nelle risse



Gruppo A



Soglia media di attivazione: 4,5

La rissa inizia!

Gruppo B



Soglia media di attivazione: 1

Nonostante vi sia una minore soglia di attivazione media rispetto al gruppo A, qui manca l'elemento con soglia 0, quindi la rissa non inizia!

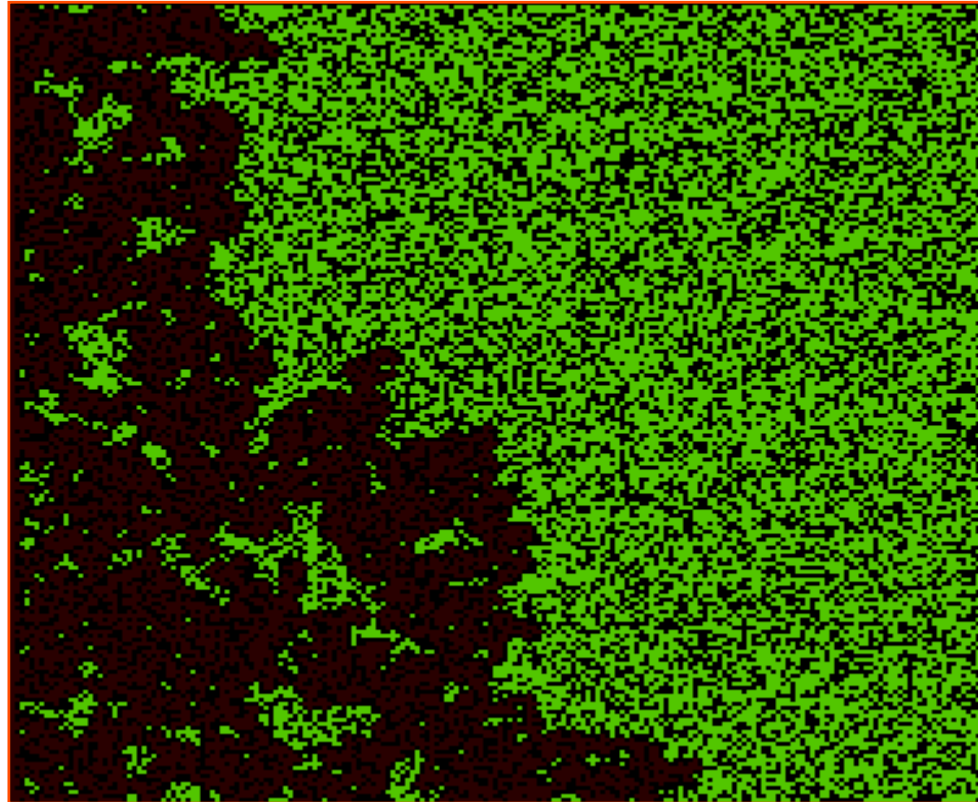
Gruppo A'



E' quasi identico al gruppo A, ma manca l'elemento con soglia 1: la rissa non inizia!



Soglie critiche nella propagazione degli incendi





gli incendi

le valanghe



i terremoti

l'estinzione delle specie



**I sistemi dotati di soglie critiche sono moltissimi, e molto diversi tra loro
Ma spesso hanno anche qualcosa in comune...**

**le mode o
le epidemie**



i crolli in Borsa

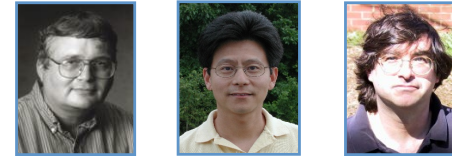
lo scoppio delle guerre



gli ingorghi del traffico

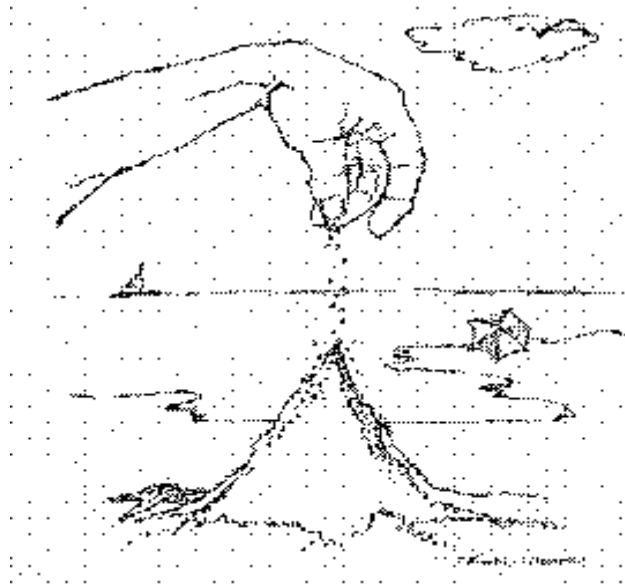


La Criticità Auto-organizzata



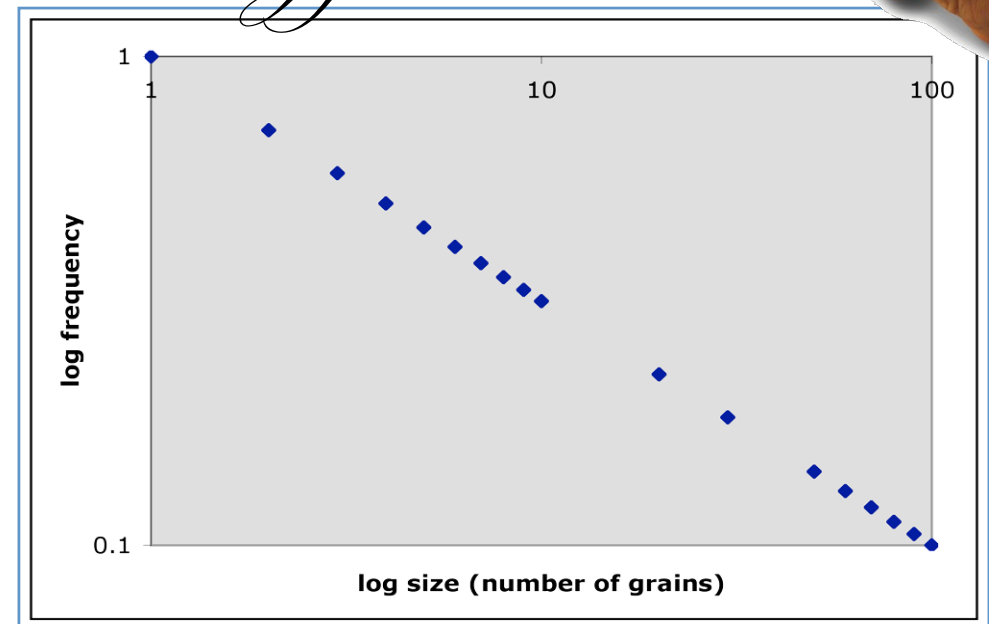
Nel 1987, studiando la **formazione delle “valanghe”** in un mucchietto di sabbia (sandpile), tre ricercatori americani, Per Bak, Chao Tang e Kurt Wiesenfeld scoprirono un importante meccanismo fisico generatore di complessità, noto come **“criticità auto-organizzata”**, il quale permette di capire come molti sistemi, apparentemente assai diversi tra loro, siano tutti riconducibili a un semplice modello matematico dotato della stessa logica di base ma anche di una stessa **“firma matematica”**....

Sandpile Model



P.Bak, C.Tang and K.Wiesenfeld, PRL 59 (1987)

La Legge di Potenza





i terremoti

le valanghe



gli incendi

Le guerre



i crolli in Borsa

Le epidemie



La presenza di **leggi di potenza e invarianza** di scala in molti sistemi fisici, economici o sociali, per quanto diversi tra loro, indica che tali sistemi si organizzano **spontaneamente** nel cosiddetto:

"Stato Critico"

Si tratta di una situazione di estrema instabilità situata al **confine tra ordine e disordine**, molto sensibile alle condizioni iniziali e fortemente dipendente dalla storia passata del sistema, nella quale **cause anche molto piccole possono produrre effetti di qualunque dimensione!**



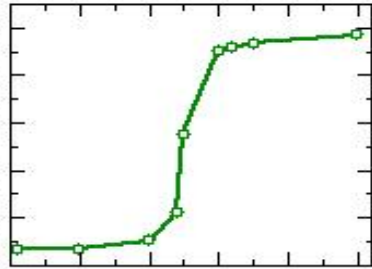
Mark Buchanan



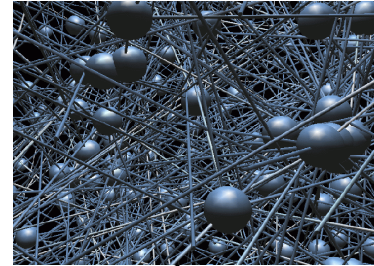
“Ubiquità. dal terremoto al crollo dei mercati, dai trend della moda alle crisi militari: la nuova legge universale del cambiamento”

**2001 - Mondadori
(collana Saggi)**

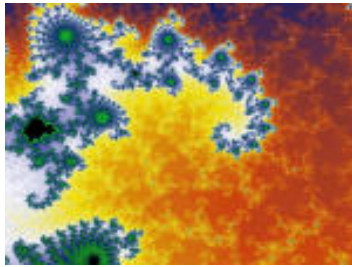
**Non linearità e
Soglie Critiche**



**Reti Complesse tra
Ordine e Caos**



**Autosimilarità e
Frattali**



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

Come si chiama questo attore?



Kevin Bacon

Il gioco di Kevin Bacon: trovare il “Numero di Bacon” di un attore



- Pensate ad un attore A

- Se A ha recitato personalmente in un film con Bacon...



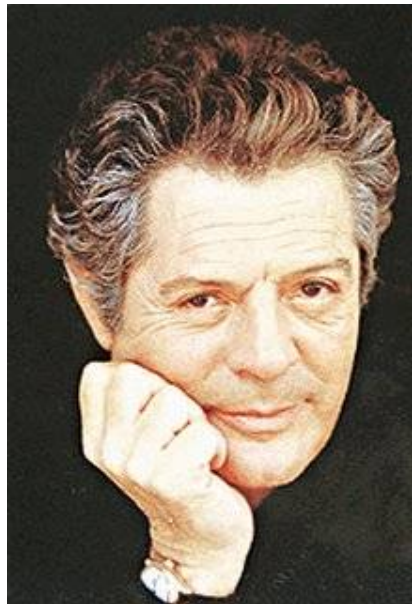
Ha un Numero
di Bacon $NB=1$

- Se A non ha mai recitato *personalmente* con Bacon,
ma ha recitato con qualcuno che a sua volta ha
recitato con Bacon...



Ha un Numero
di Bacon $NB=2$

...e così via...



Poppies are also flowers (1966)



Eli Wallach

NB=2

Misfit (1961)



Mystic River (2003)



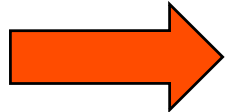
Broadway (2003)

Fay Wray

NB=2

A Few Good Men (1992)

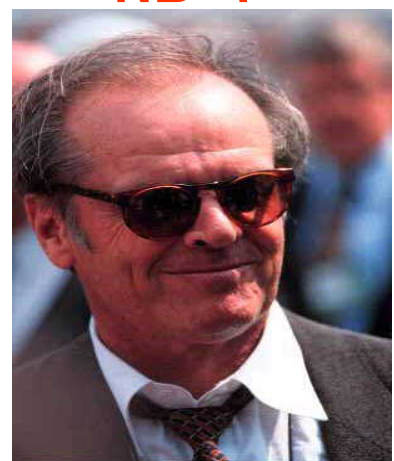
NB=1



NB=3



Hollywood on Parade (1932)



Numero medio di passaggi: 2,78

L'Oracolo di Bacon (1997, Virginia – USA)

UNIVERSITY *of* VIRGINIA

Computer Science

Research

Teaching

People

Community

Of interest to: [Prospective Students](#), [Members](#)

The Oracle of Bacon at Virginia

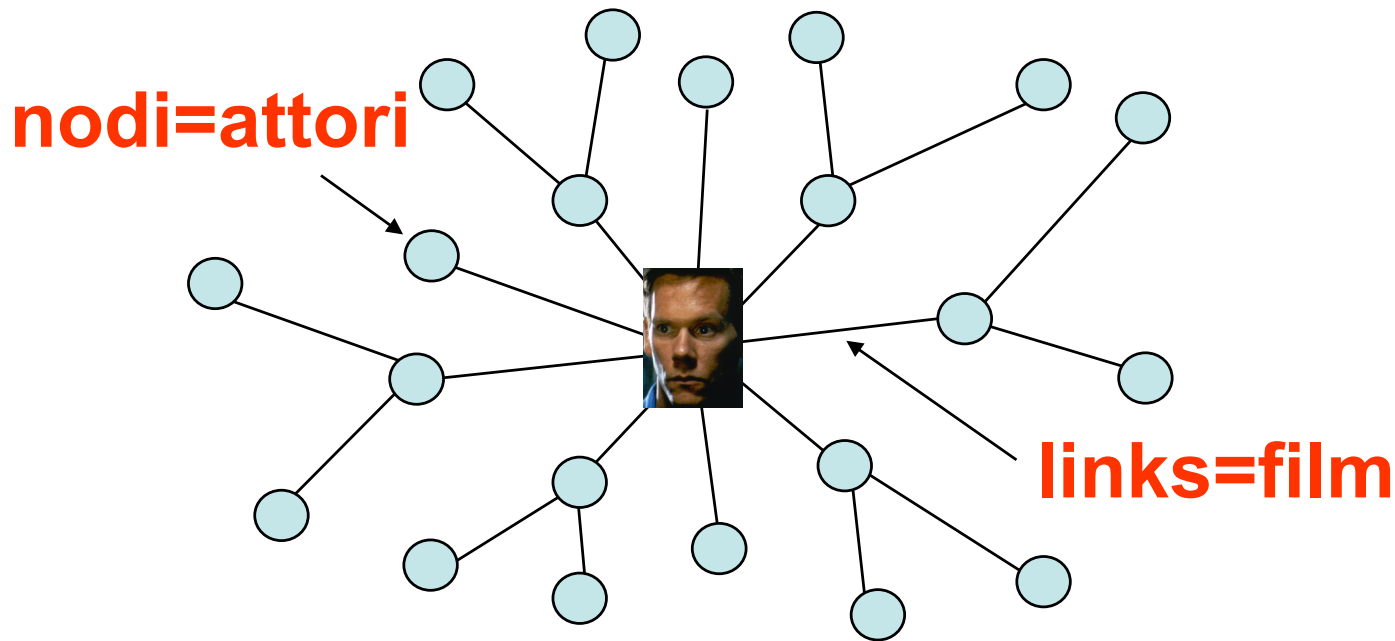
The [Oracle](#) says: [marcello mastroianni](#) has a Bacon number of 2.

[Marcello Mastroianni](#) was in [Poppies Are Also Flowers \(1966\)](#) with [Eli Wallach](#)
[Eli Wallach](#) was in [Mystic River \(2003\)](#) with [Kevin Bacon](#)

Enter the name of an actor or actress:

e.g. [Elvis Presley](#) or [Robert De Niro](#) or [Sarah Jessica Parker](#)

Rete di collaborazioni cinematografiche



Kevin Bacon sembra essere al centro della rete delle collaborazioni tra gli attori... ma è veramente così?

Ci dispiace per lui ma in realtà Kevin Bacon non ha proprio nulla di speciale!!!

Of interest to: [Prospective Students](#), [Members](#)

Star Links

[Need help?](#)

All actor and movie data used by the Oracle comes from the [Internet Movie Database](#).
Please also visit the [Oracle of Bacon at Virginia](#) page.



Department of Computer Science
School of Engineering, University of Virginia
151 Engineer's Way, P.O. Box 400740
Charlottesville, Virginia 22904-4740

Comments: <http://oracleofbacon.org/comments.html>
[Site directory](#), [Other addresses](#)
[Server statistics](#)

© Created by *Patrick Reynolds* and the *CS Web Team*

Rete delle collaborazioni tra attori



Alvaro Vitali

Mortacci
(1989)



**Vittorio
Gassmann**

Sleepers
(1996)



Brad Pitt



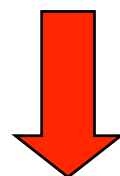
**Arnold
Schwarzenegger**

Last Party
2000 (2001)



**Philip
Seymour Hoffman**

Il Talento di
Mr.Ripley
(1999)



Renato Scarpa

Ravanello
Pallido (2001)



**Luciana
Littizzetto**

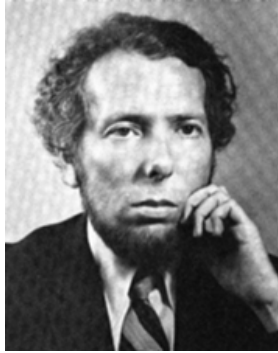
Lista di “centralità” nella rete di collaborazione degli attori (212250 actors)

Rank	Name	Average distance	# of movies	# of links
1	Rod Steiger	2.537527	112	2562
2	Donald Pleasence	2.542376	180	2874
3	Martin Sheen	2.551210	136	3501
4	Christopher Lee	2.552497	201	2993
5	Robert Mitchum	2.557181	136	2905
6	Charlton Heston	2.566284	104	2552
7	Eddie Albert	2.567036	112	3333
8	Robert Vaughn	2.570193	126	2761
9	Donald Sutherland	2.577880	107	2865
10	John Gielgud	2.578980	122	2942
11	Anthony Quinn	2.579750	146	2978
12	James Earl Jones	2.584440	112	3787
...				
876	Kevin Bacon	2.786981	46	1811
...				

**La rete degli attori è un “piccolo mondo”:
uno Small World!**

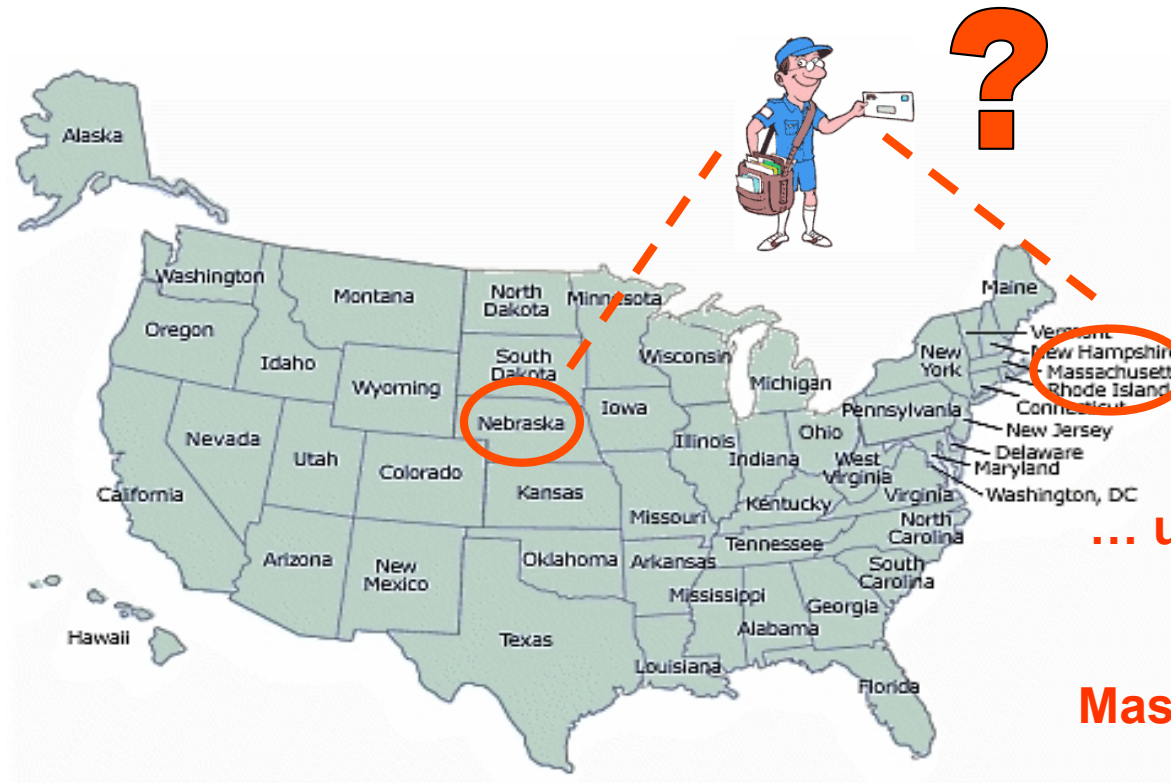


**Ma quanto è generale il fenomeno del
“piccolo mondo”?**



L'esperimento di Stanley Milgram (Harvard, anni '60)

160 persone
prese a caso ad
Omaha,
Nebraska...

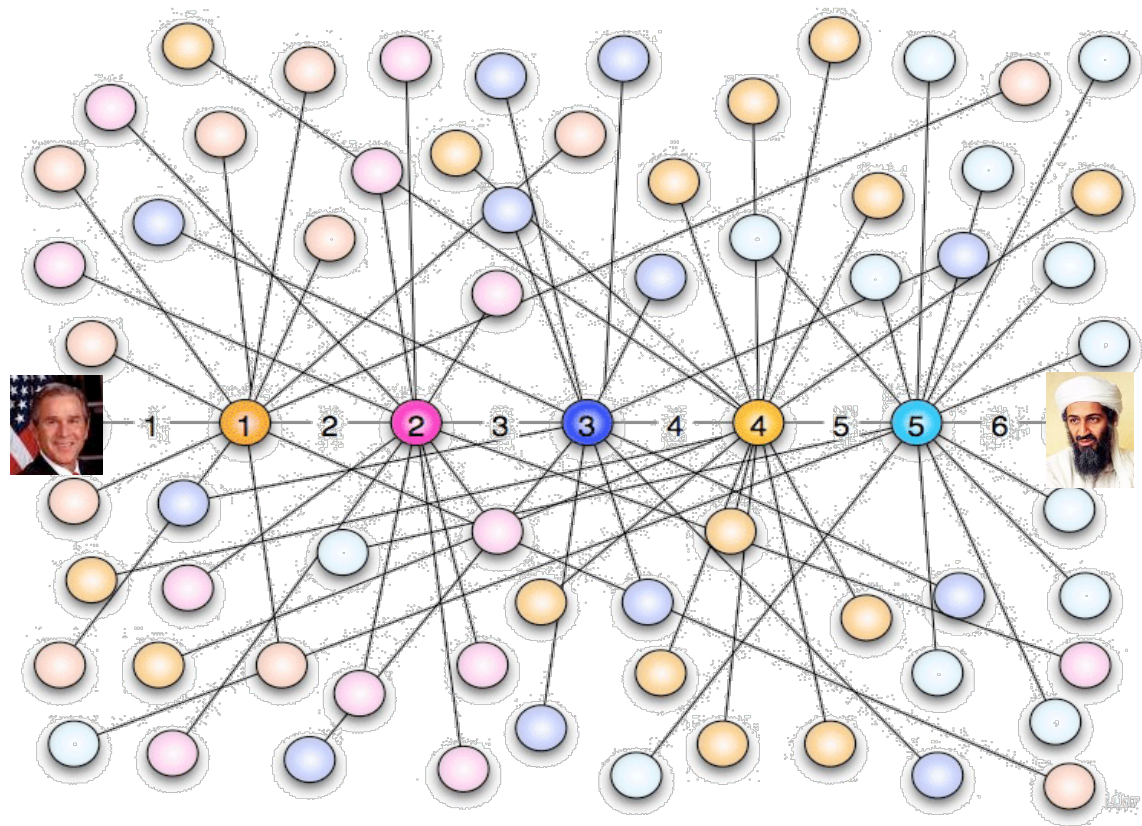


... un agente di
Borsa di
Boston,
Massachusetts

Quanti passaggi li separano?

“Six degrees of separation”

Successive ricerche hanno dimostrato che anche la rete sociale mondiale è un “piccolo mondo”!

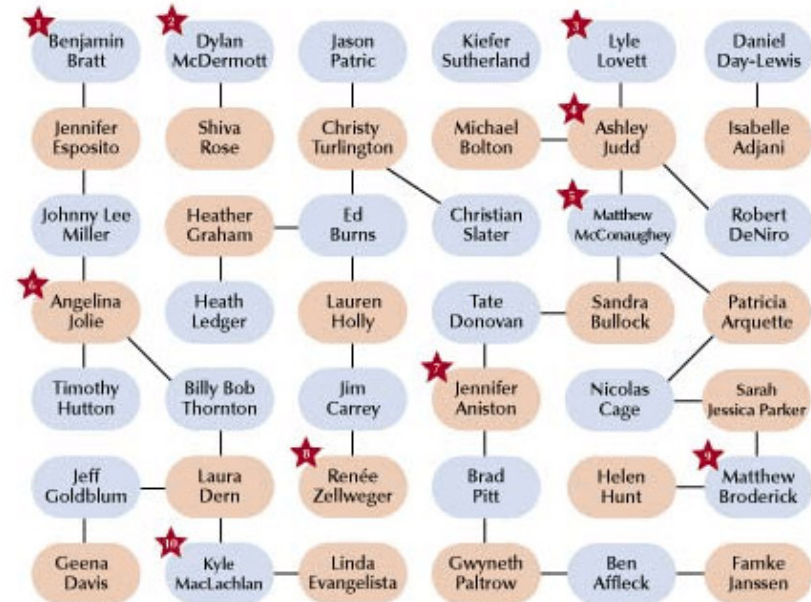


Varianti sul tema...☺

Da "six degrees" a "sex degrees"...

sexdegrees

Julia Roberts is on a hot streak. She won the Best Actress award at the Golden Globes for her role in *Erin Brockovich* and the buzz is she'll grab the coveted Oscar as well. She's got *Ocean's Eleven* and *America's Sweethearts* on her plate and Benjamin Bratt on her arm. In the past Julia's clocked some off-screen time with several of her leading men. The numbers beside the names will help you with the running commentary below.



Reti di collaborazioni scientifiche

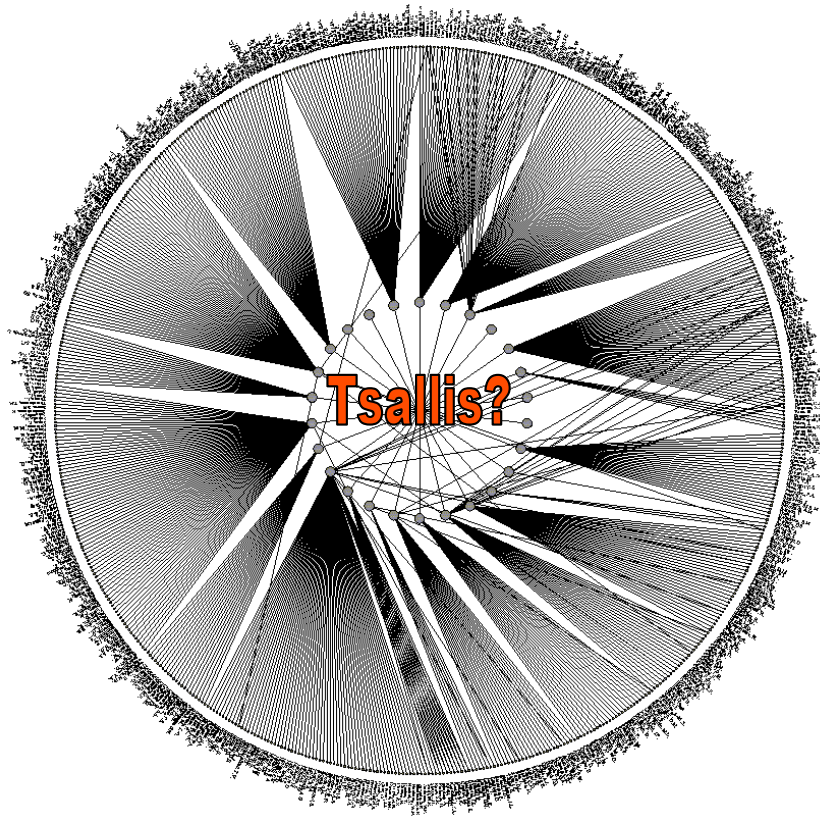
il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
MathSciNet Mathematical Reviews on the Web

Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

Author Name



My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman MR0090430 (19,813e)

My Collaboration Distance with Stephen Hawking = 4

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with James B. Hartle MR1105972

James B. Hartle coauthored with Stephen W. Hawking MR0726732 (85i:83022)

My Collaboration Distance with Werner Heisenberg = 5

A. Pluchino coauthored with Andrea Rapisarda MR2070689

Andrea Rapisarda coauthored with Marko Robnik MR1618594

Marko Robnik coauthored with Wolfgang Kundt MR0598131 (82b:85003)

Wolfgang Kundt coauthored with Pascual Jordan MR0127937 (23 #B982)

Pascual Jordan coauthored with Werner Karl Heisenberg MR1069378 (91i:01142)

My Collaboration Distance with Albert Einstein = 6

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with A. K. Rajagopal MR1698773 (2000d:81073)

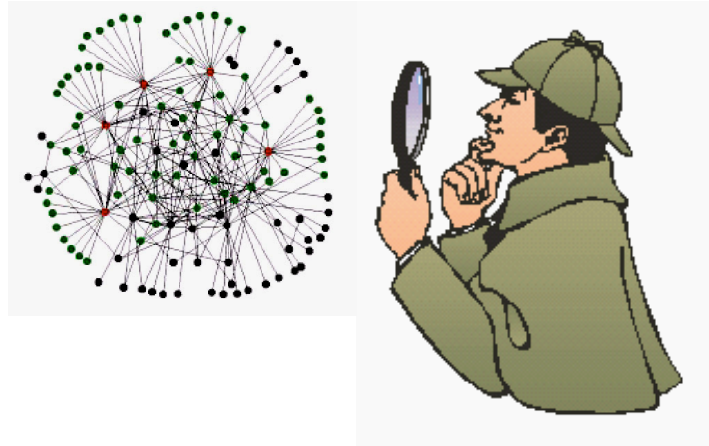
A. K. Rajagopal coauthored with E. C. George Sudarshan MR0406252 (53 #10043)

E. C. George Sudarshan coauthored with Emil Wolf MR0180280 (31 #4515)

Emil Wolf coauthored with Max Born MR0108202 (21 #6918)

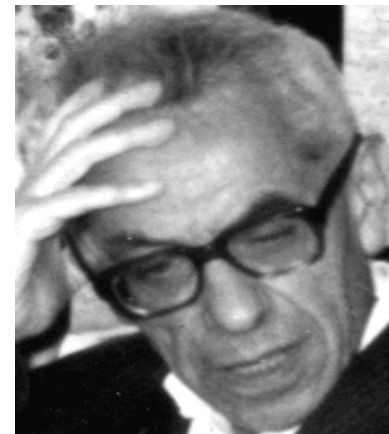
Max Born coauthored with Albert Einstein MR0718489 (85d:01024)

**Qual'è il segreto delle reti
“piccolo mondo”**



Pál Erdős (Ungheria, 1913-1996)

I grafi casuali

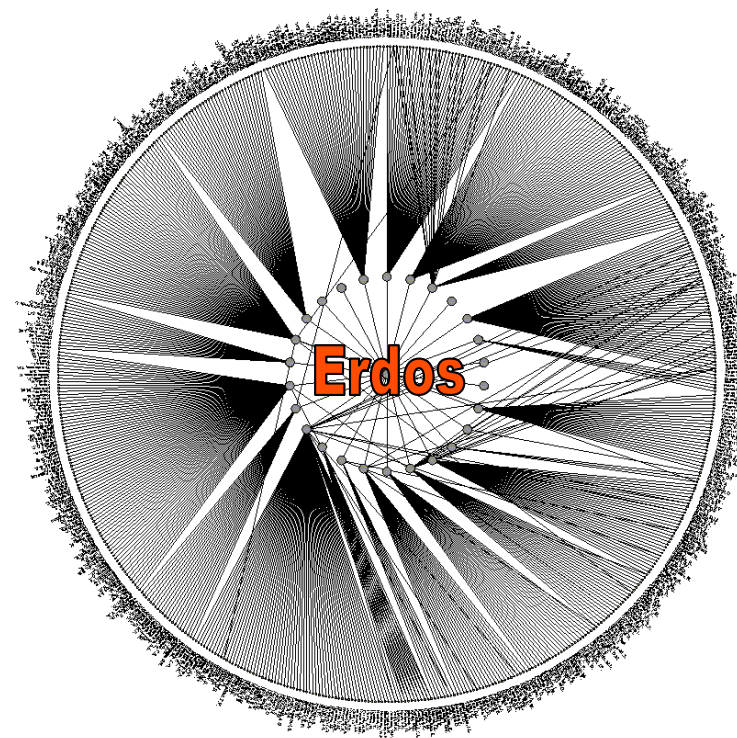


AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY
MathSciNet Mathematical Reviews on the Web

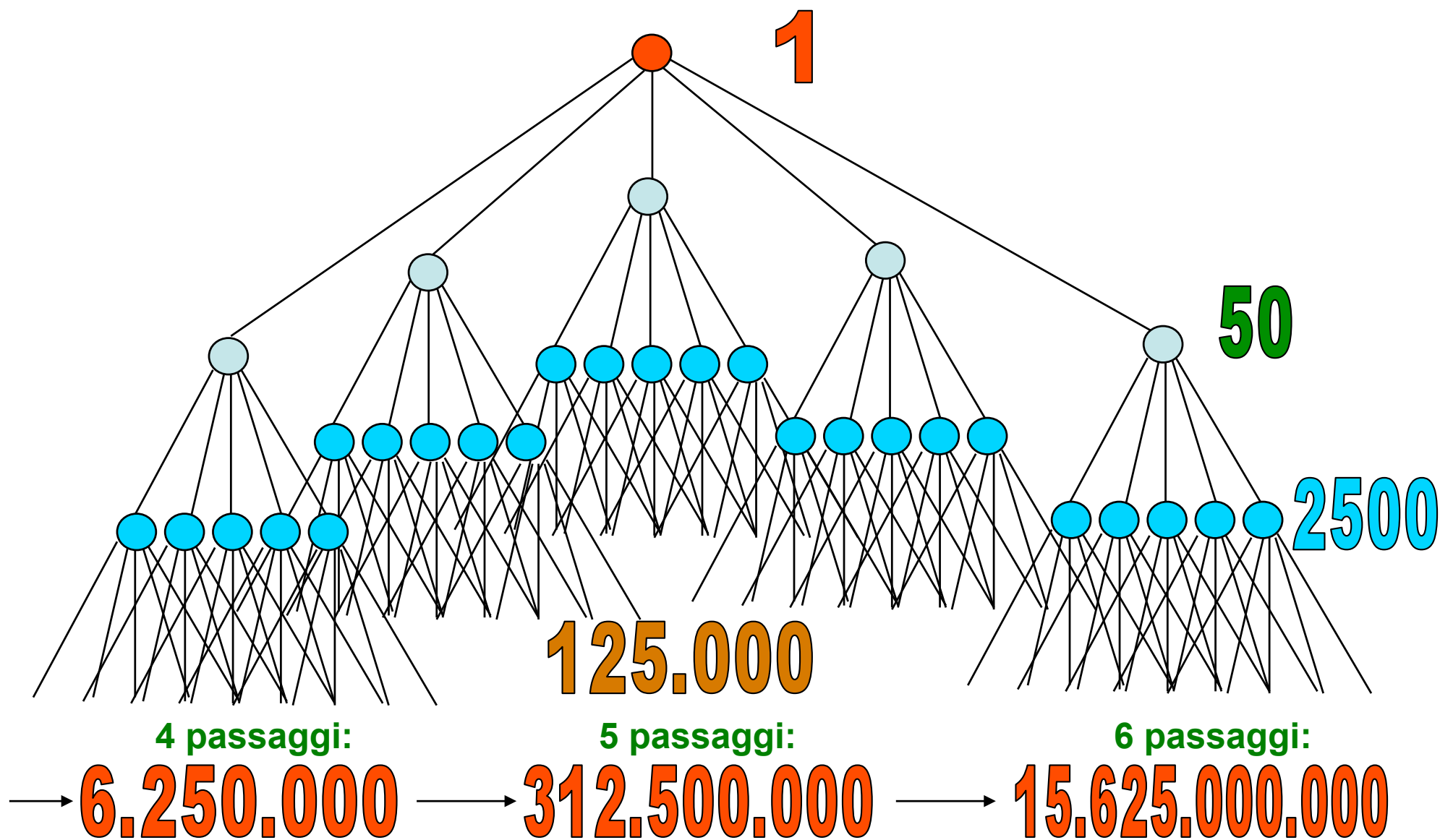
Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

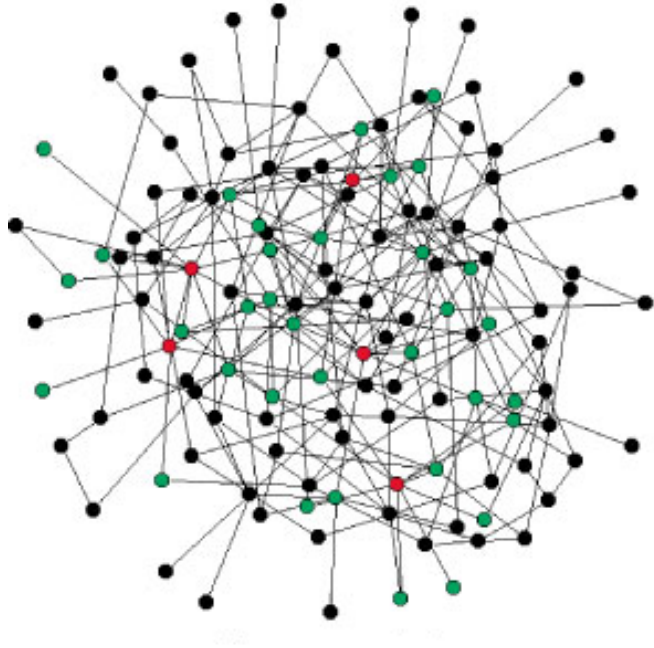
Author Name

Enter another Author Name
Search



Rete di amicizie casuali (random):



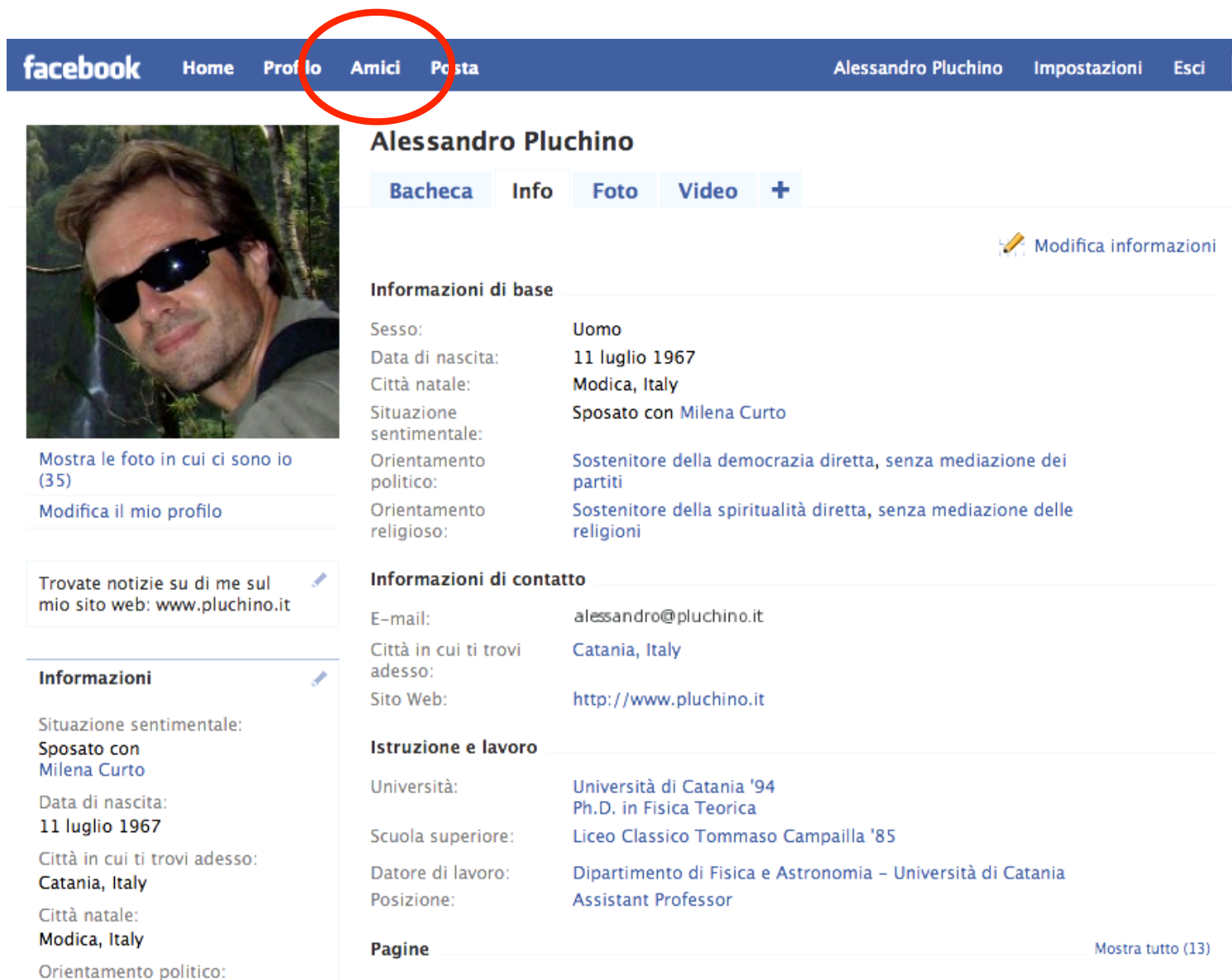


Dunque i grafi casuali
posseggono la proprietà di
piccolo mondo!!!

Però a ben guardare manca
loro un'altra essenziale
proprietà delle vere reti
sociali...

QUALE?


Social Networks: Facebook



facebook Home **Profilo** Amici Posta Alessandro Pluchino Impostazioni Esci

Alessandro Pluchino

Bacheca Info Foto Video +

 Modifica informazioni

Informazioni di base

Sesso:	Uomo
Data di nascita:	11 luglio 1967
Città natale:	Modica, Italy
Situazione sentimentale:	Sposato con Milena Curto
Orientamento politico:	Sostenitore della democrazia diretta, senza mediazione dei partiti
Orientamento religioso:	Sostenitore della spiritualità diretta, senza mediazione delle religioni

Informazioni di contatto

E-mail:	alessandro@pluchino.it
Città in cui ti trovi adesso:	Catania, Italy
Sito Web:	http://www.pluchino.it

Istruzione e lavoro

Università:	Università di Catania '94 Ph.D. in Fisica Teorica
Scuola superiore:	Liceo Classico Tommaso Campailla '85
Datore di lavoro:	Dipartimento di Fisica e Astronomia – Università di Catania
Posizione:	Assistant Professor

Pagine Mostra tutto (13)

Informazioni

Situazione sentimentale:
Sposato con Milena Curto

Data di nascita:
11 luglio 1967

Città in cui ti trovi adesso:
Catania, Italy

Città natale:
Modica, Italy

Orientamento politico:

Mostra le foto in cui ci sono io (35)

[Modifica il mio profilo](#)











Trovate notizie su di me sul mio sito web: www.pluchino.it

Social Networks: Facebook

facebook Home Profilo Amici Posta Alessandro Pluchino Impostazioni Esci

Cerca amici

Crea una nuova lista Modifica la lista Elimina lista

	Adriana Ciancio	Aggiungi alla lista ▼	×
	Adriana Mare	Aggiungi alla lista ▼	×
	Agata Moschini	Aggiungi alla lista ▼	×
	Albert-Laszlo Barabasi Notre Dame	Aggiungi alla lista ▼	×
	Alberto Pulvirenti	Aggiungi alla lista ▼	×
	Aldo Miceli	Aggiungi alla lista ▼	×
	Alessandro Avolio	Aggiungi alla lista ▼	×
	Alessandro Costanzo Istituto D'Arte	Aggiungi alla lista ▼	×
	Alessia Di Stefano	Aggiungi alla lista ▼	×
	Alessia Garigali	Aggiungi alla lista ▼	×

Tutte le connessioni

- Trova amici
- Invita amici
- Sfoggia
- Rubrica telefonica
- Aggiunti di recente
- Aggiornati di recente

Liste

- Amici
- Pagine
- Invita amici ad iscriversi a Facebook

Social Networks: Facebook

facebook Home Profilo Amici Posta Alessandro Pluchino Impostazioni Esci Ricerca

Adriana Ciano è alle prese con la quadratura del cerchio e sa che in un modo o nell'altro riuscirà. 18 minuti fa

Bacheca Info Foto Riquadri Eventi

Scrivi qualcosa...

Allega:

Condividi

Guarda le foto di Adriana (3)
Invia un messaggio a Adriana
Manda un poke a Adriana

Informazioni
Data di nascita:

Amici in comune
6 amici in comune Mostra tutti

Milena Curto Lia Marcoccio Loredana Fallica

Amici
85 amici Mostra tutti

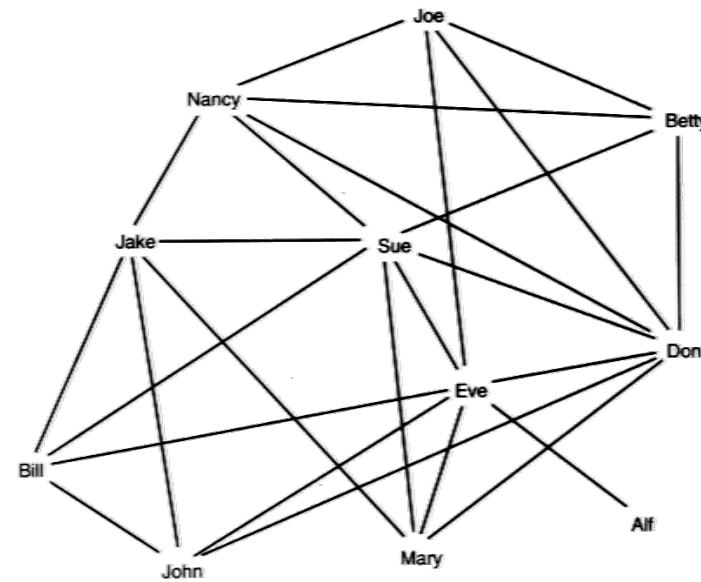
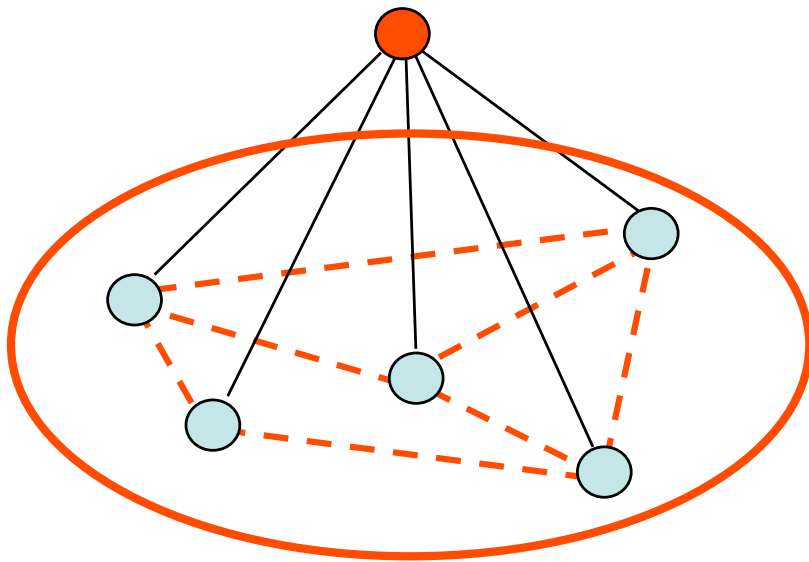
Adriana Ciano è alle prese con la quadratura del cerchio e sa che in un modo o nell'altro ci deve riuscire. 23 minuti fa · Commenta · Mi piace

Scrivi un commento...

Adriana Ciano
 Adriana could really use some help fertilizing their crops in FarmVille!
Adriana noticed their crops are a bit on the puny side because they haven't been fertilized yet...
Ieri alle 20.37 tramite FarmVille · Commenta · Mi piace · Fertilize their crops

Adriana Ciano IL ROTARY VA A LIBRINO! Mercoledì 27 alle ore 16.30 i soci del Rotary Catania 4 cantì si recheranno presso l'oratorio salesiano "Giovanni Paolo II" di Librino dove trascorreranno un pomeriggio di gioco e merenda con i bambini che frequentano l'oratorio (circa 50-60!). Verrà anche consegnato un contributo finanziario pe...
Mostra tutto
Ieri alle 19.42 · Commenta · Non mi piace più

Su Facebook, come in tutte le vere reti sociali, i nostri amici sono spesso anche amici tra di loro!

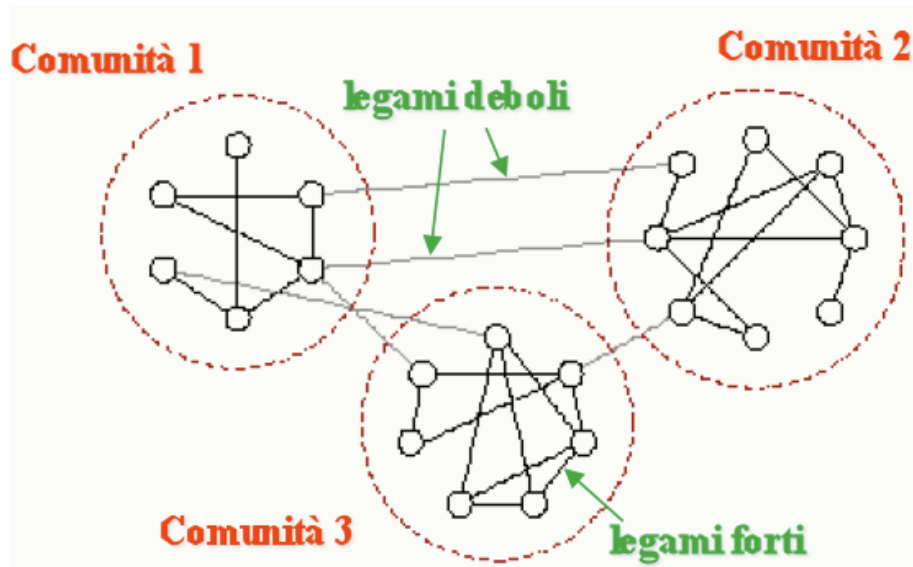


Rete sociale che mostra i legami di conoscenza tra undici amici.

Quello che manca alle reti casuali è quindi:

l'aggregazione!

Moduli e Comunità nelle Reti Complesse

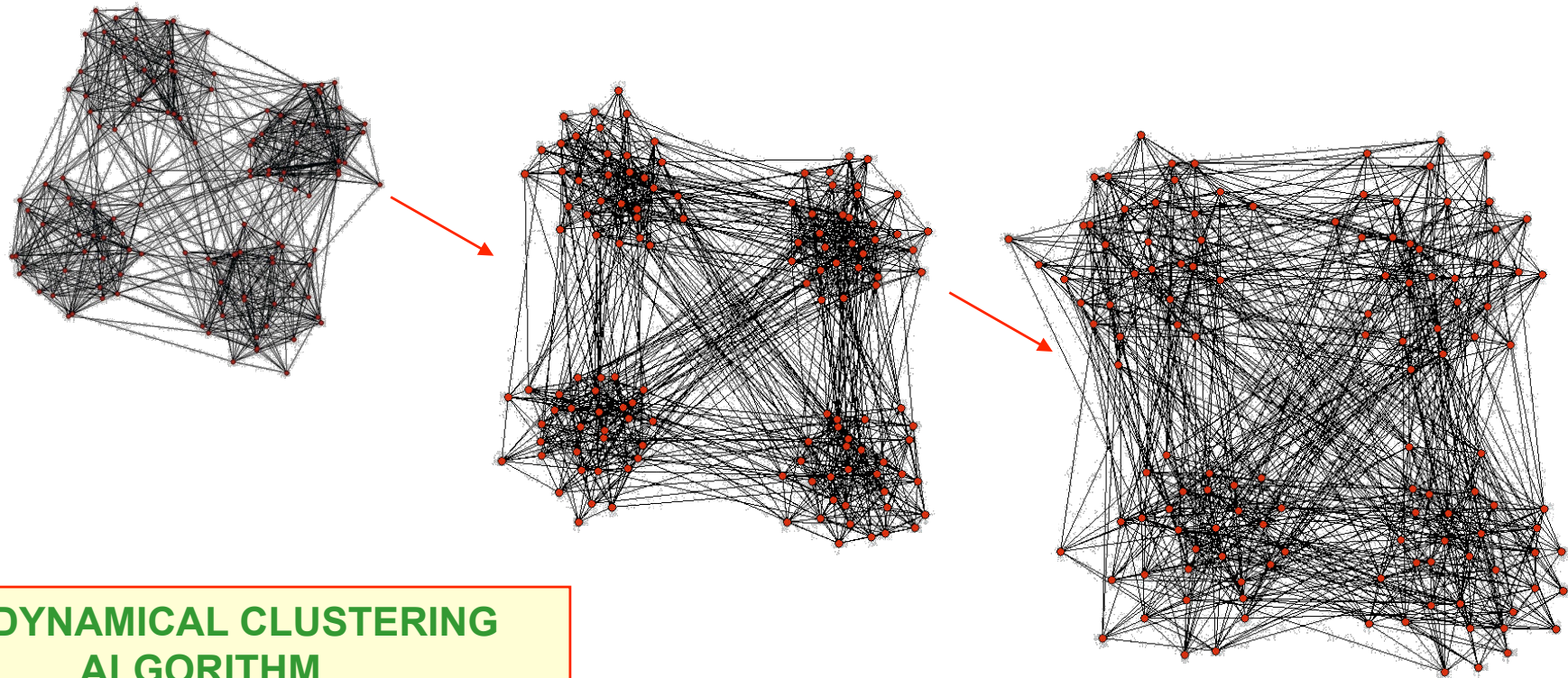


Moduli e comunità all'interno di una rete complessa possono essere intuitivamente definiti come **sottoinsiemi di nodi che risultano più densamente connessi** se confrontati con il resto della rete.

Le comunità, naturalmente, sono fondamentali nelle **reti sociali** (partiti, culture, elites), ma sono importanti anche nelle reti **biochimiche**, **metaboliche** o **neuronali** (gruppi funzionali), nel **world wide web** (clusters tematici), nelle reti **economiche**, nelle **food webs**, nei **clusters di computers** e così via...

Ricerca delle Comunità nelle Reti Complesse

Molte **tecniche diverse** sono state sviluppate negli anni per risolvere il problema del riconoscimento delle comunità nelle reti complesse, compito sempre più difficile quanto più numerosi sono i links tra una comunità e l'altra (zout):

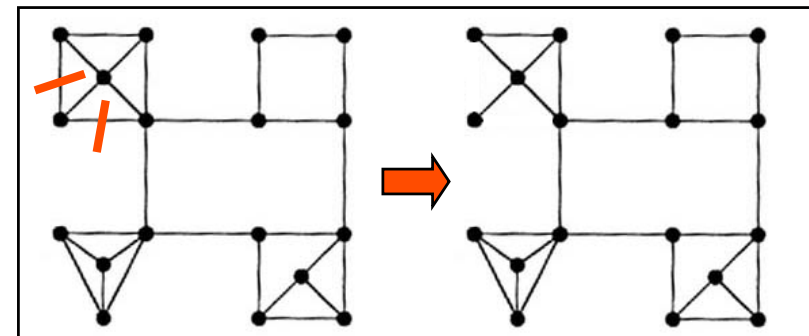
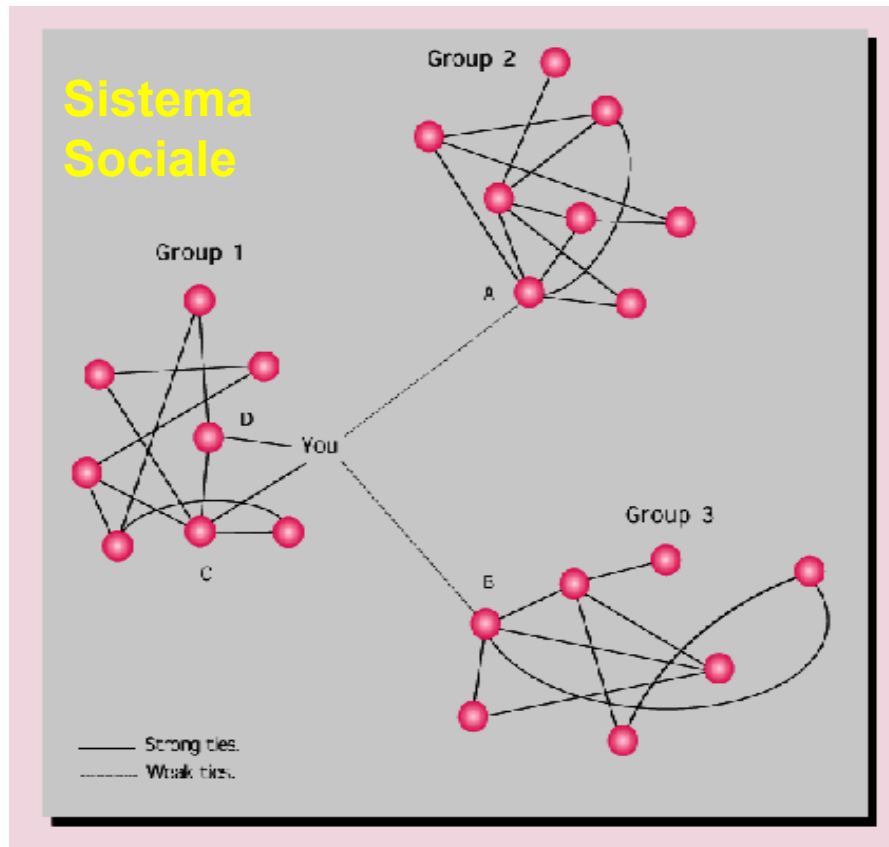


**DYNAMICAL CLUSTERING
ALGORITHM**

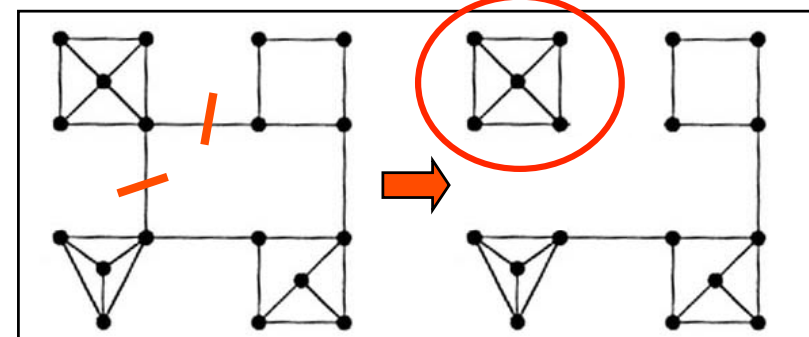
S.Boccaletti, M.Ivanchenko, V.Latora, A.Pluchino and A.Rapisarda - Physical Review E **75** (2007) 045102(R)

Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

La forza dei legami deboli

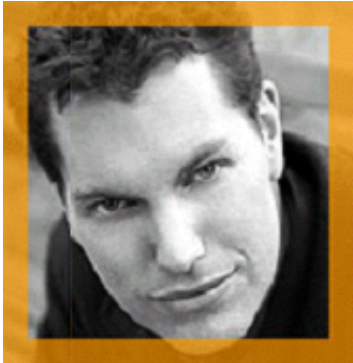


Taglio di due legami forti



Taglio di due legami deboli

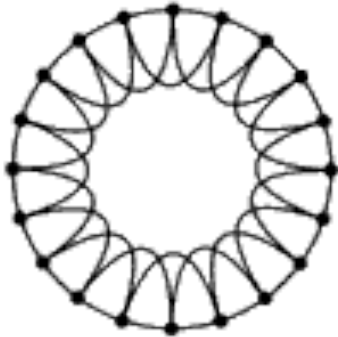
E POI, FINALMENTE...



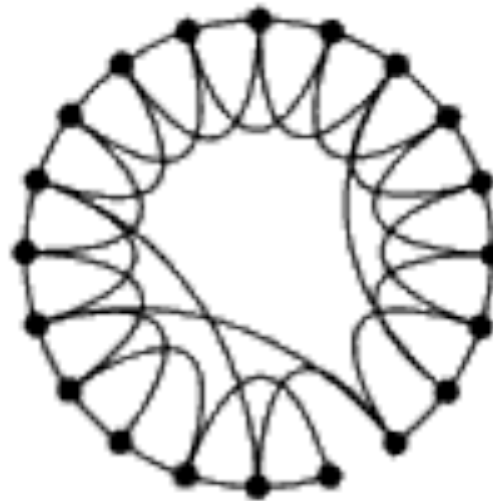
1998 - Watts e Strogatz (USA)
Scoprono che il segreto delle reti “piccolo mondo” si trova al confine tra ordine e disordine!



rete regolare

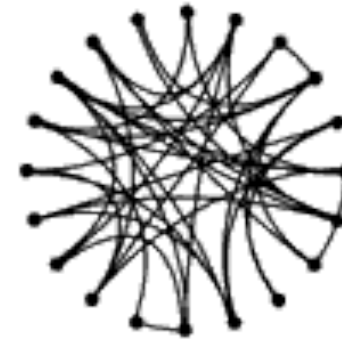


Ha una forte aggregazione,
ma non è un ‘piccolo mondo’



*E' un ‘piccolo mondo’
ma ha anche una forte
aggregazione!*

rete casuale

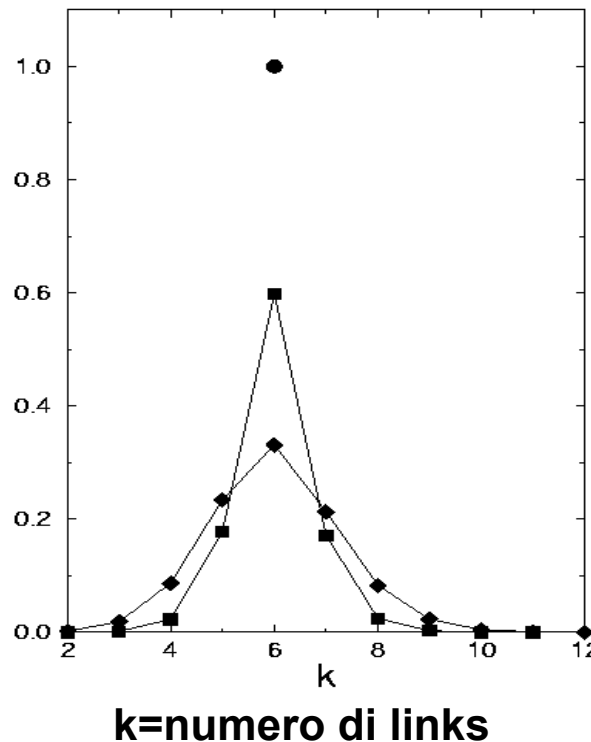


E' un ‘piccolo mondo’.
ma non ha aggregazione

IMPORTANTE:

Gli **Small Worlds** di Watts e Strogatz sono reti 'egualitarie', cioè tutti i nodi hanno *circa* lo stesso numero k di links:

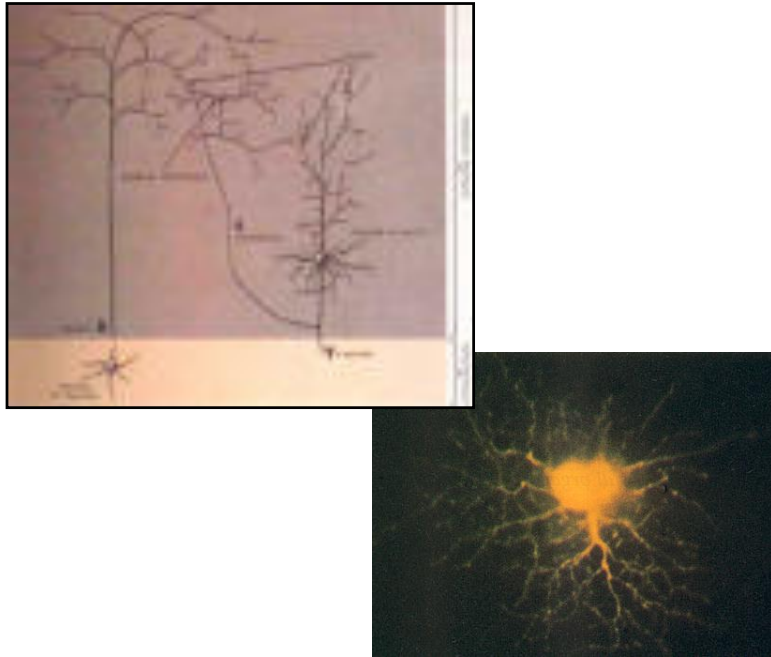
$P(k)$ =frazione di nodi con quel numero di links



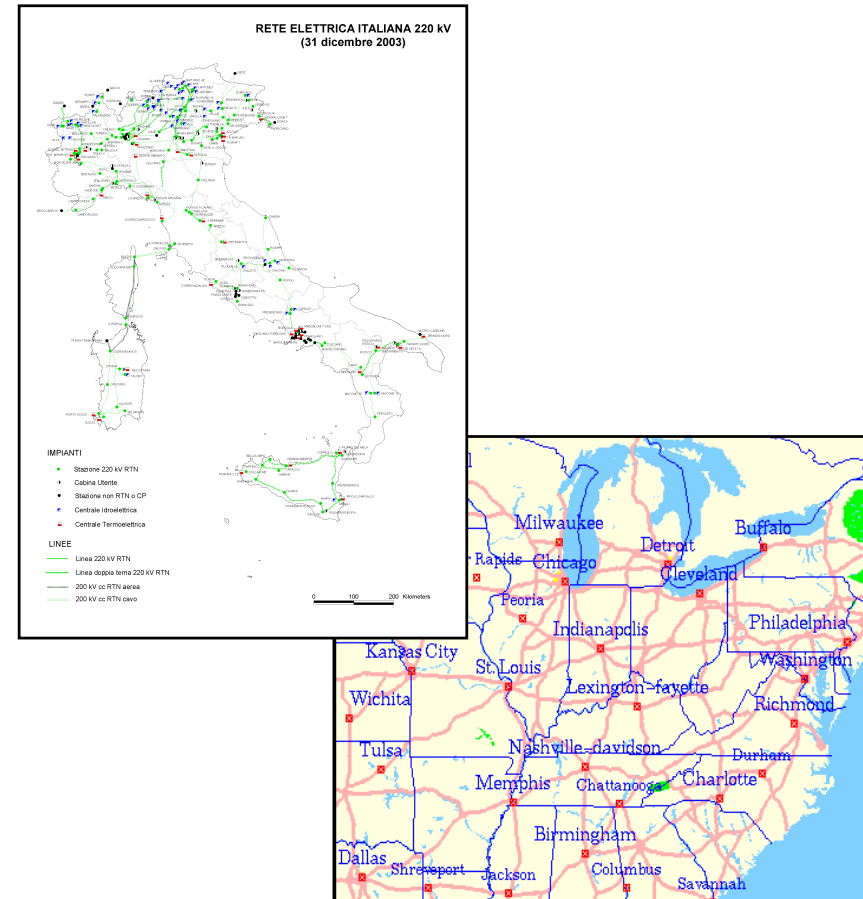
**Distribuzione
Gaussiana:**
esiste una scala tipica,
la media dei links

Watts and Strogatz, Nature **393**, 440 (1998)

Esempi di reti small world egualitarie

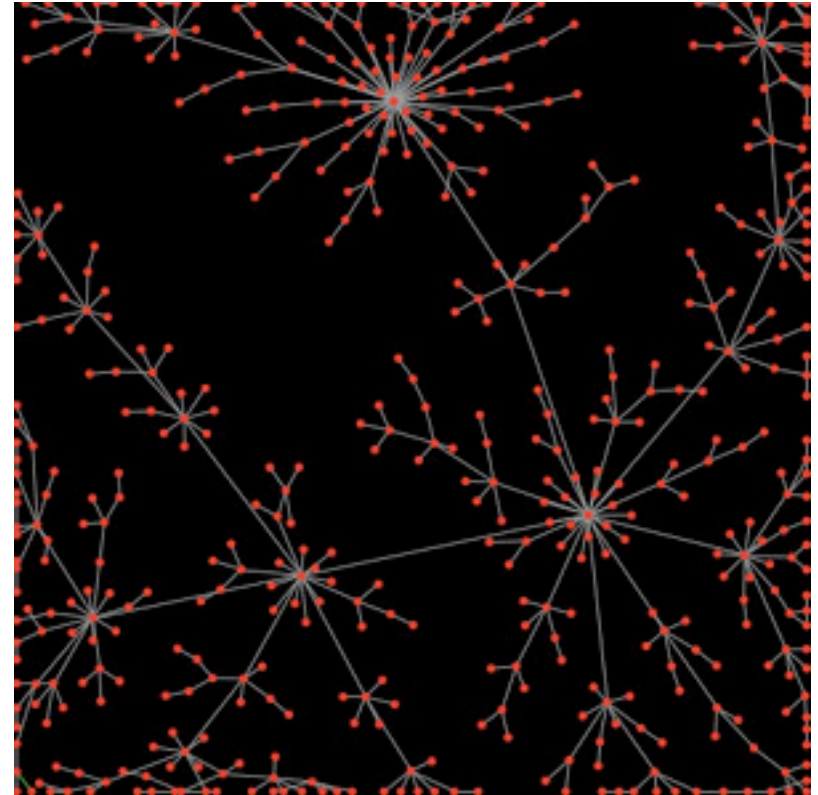
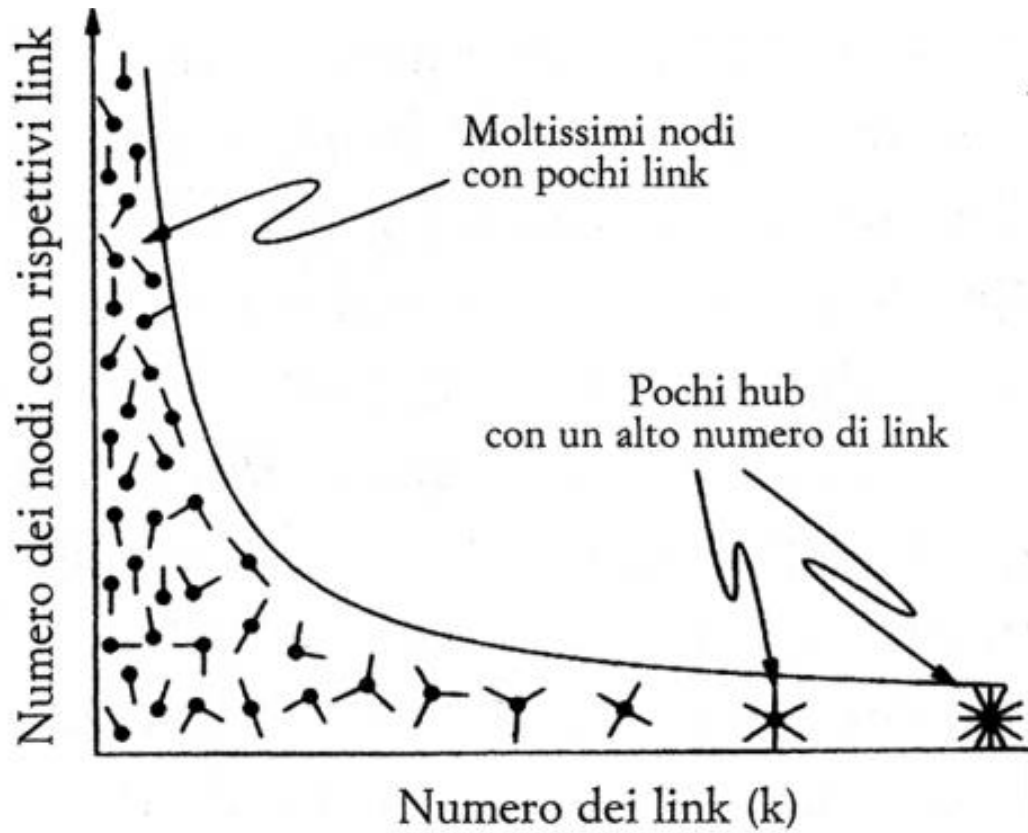


Reti di neuroni



Reti elettriche

Ma non tutte le reti small world sono egualitarie...

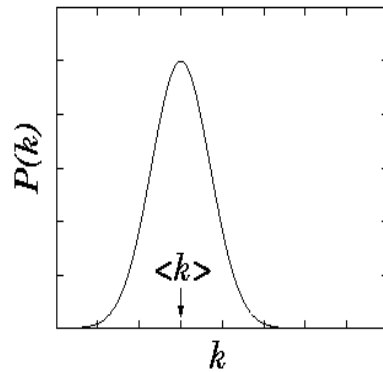


La Legge di Potenza



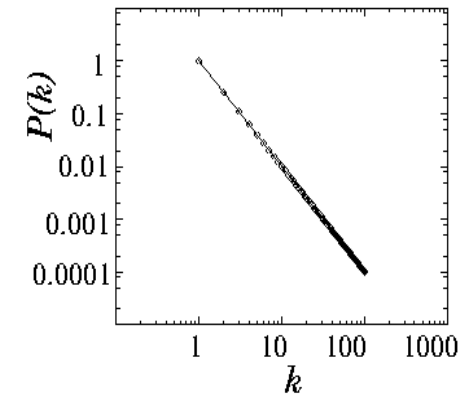
Esistono due tipi fondamentali di reti small world:

Gaussiana



**Distribuzioni
dei links**

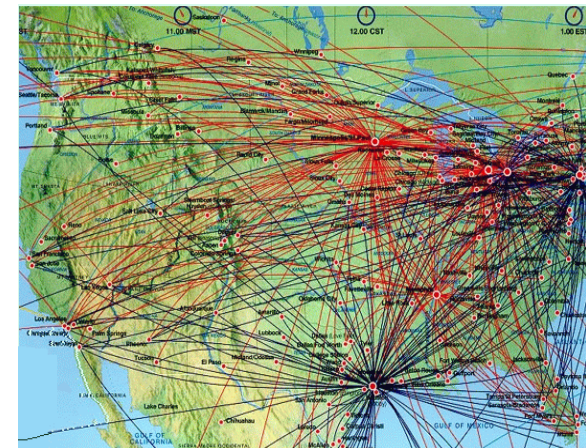
Legge di Potenza



Reti "Egalitarie":
hanno una scala
caratteristica e non
hanno "hub"

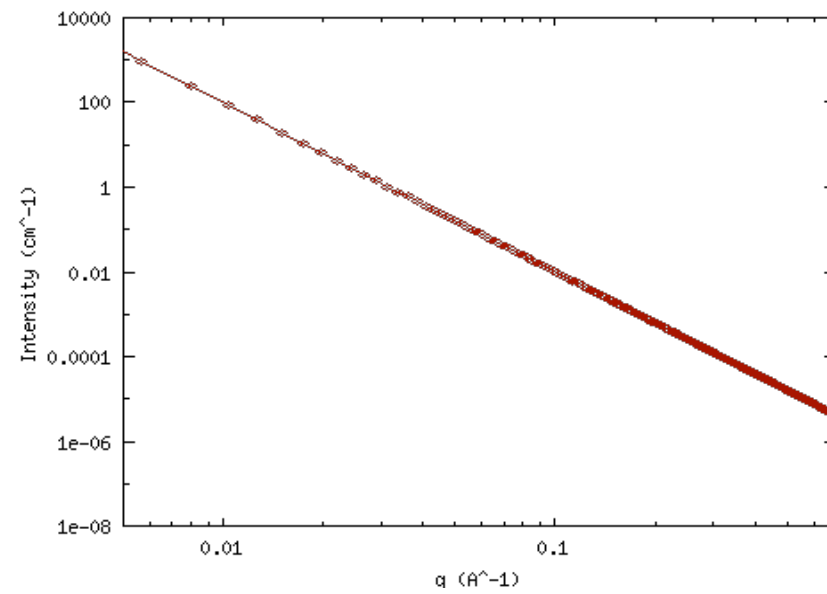


**A.L. Barabási
(USA, 1999)**



Reti "Aristocratiche":
sono prive di scala
(reti "scale free") ma
dotate di "hub"

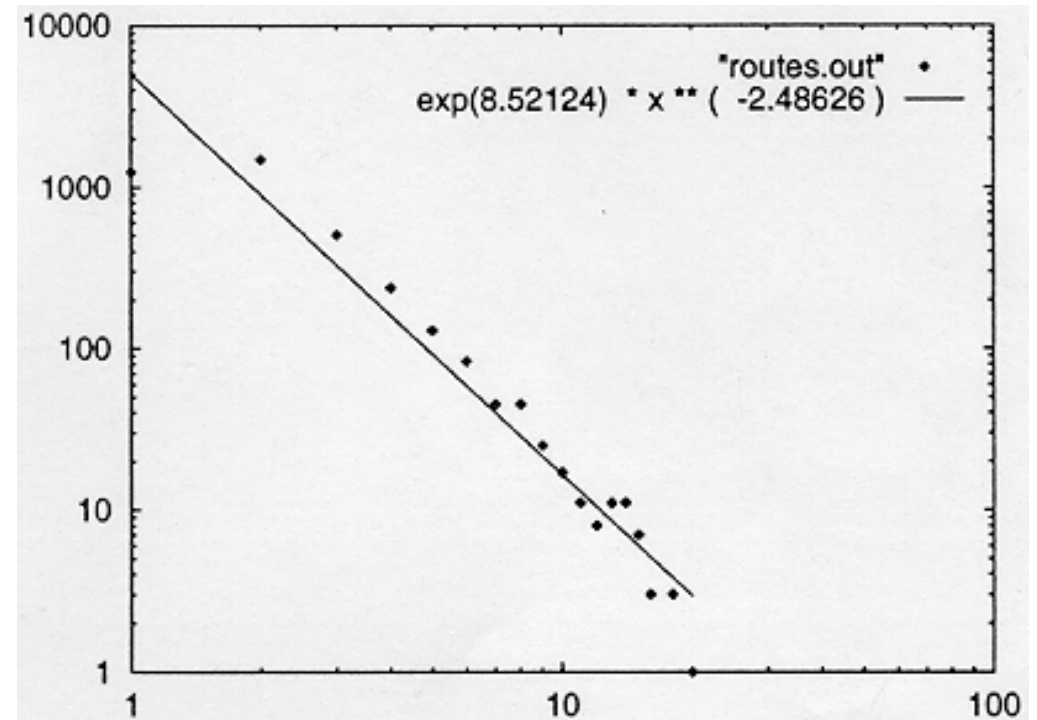
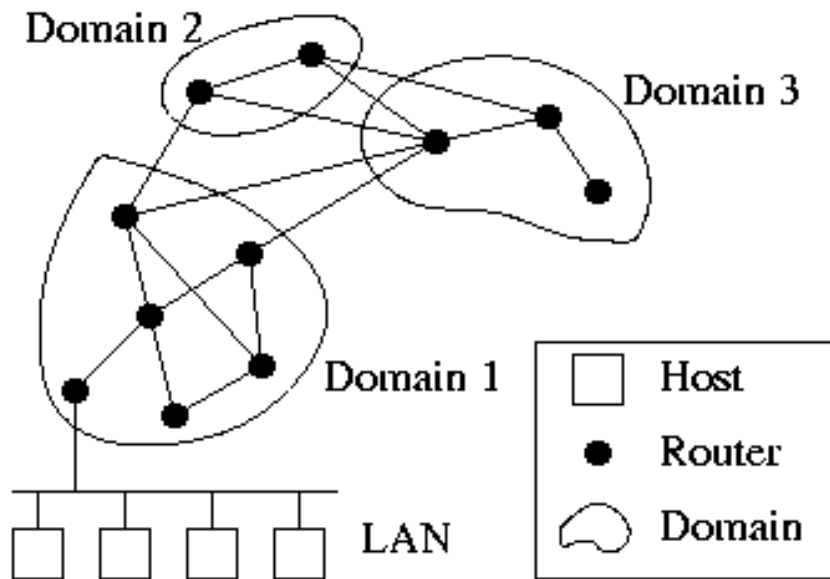
Esempi di reti scale-free



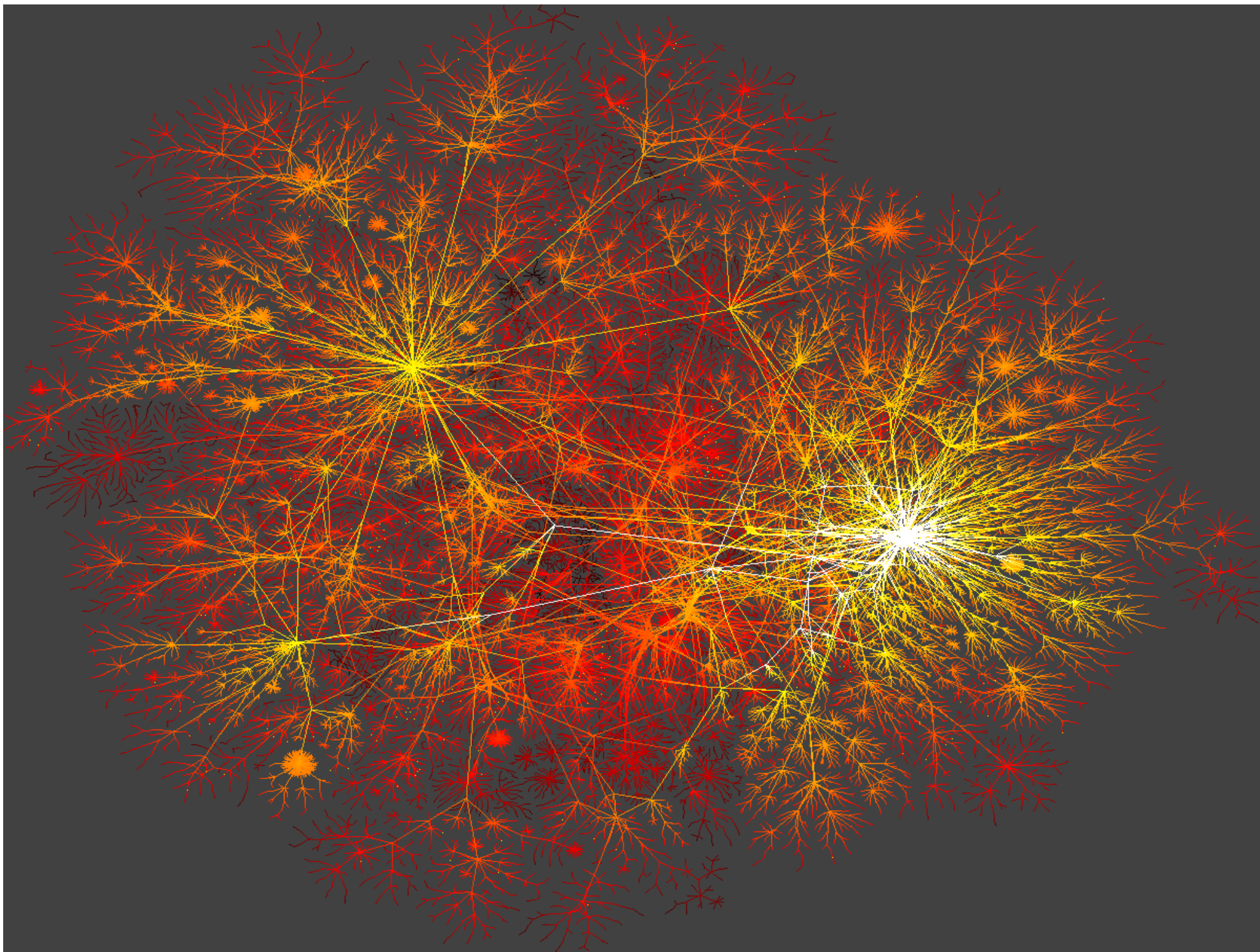
INTERNET

Nodi: computers, routers

Links: linee di telecomunicazione



(Faloutsos, Faloutsos and Faloutsos, 1999)

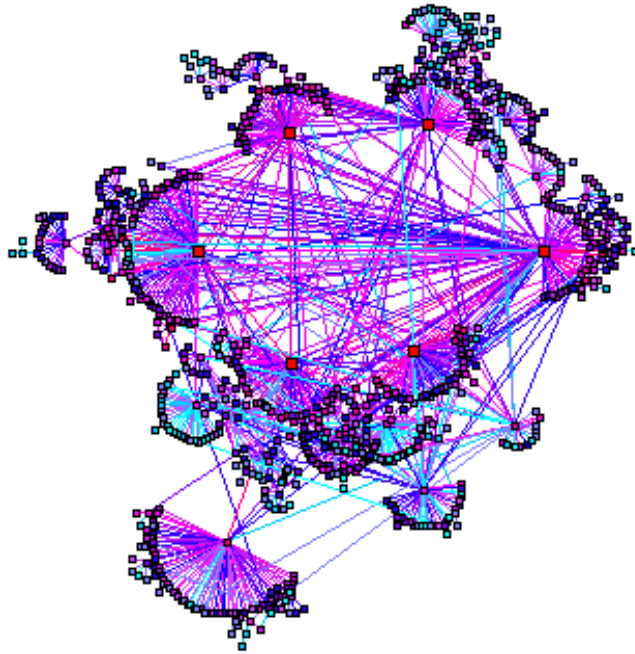


World Wide Web

Nodes: WWW documents

Links: URL links

800 milioni di documenti (S. Lawrence, 1999)



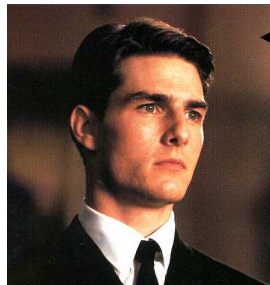
ROBOT: cerca tutti
gli URL presenti in un
documento e li esplora
ricorsivamente

R. Albert, H. Jeong, A-L Barabasi, Nature, **401** 130 (1999)

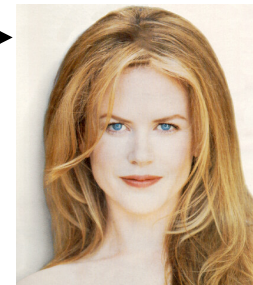
NETWORK DEGLI ATTORI

Nodi: attori

Links: film comuni



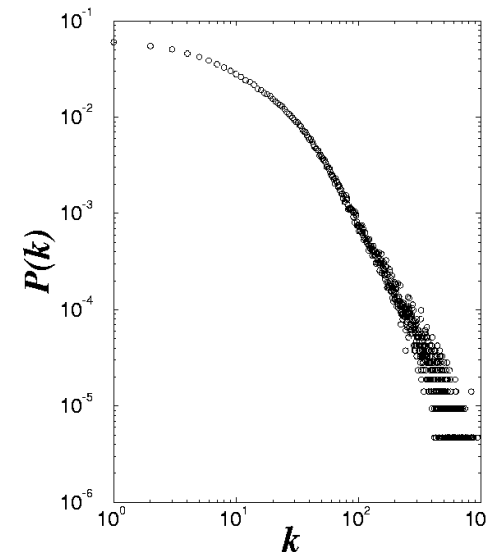
Days of Thunder (1990)
Far and Away (1992)
Eyes Wide Shut (1999)



$N = 212,250$ actors $\langle k \rangle$
 $= 28.78$

$P(k) \sim k^{-\gamma}$

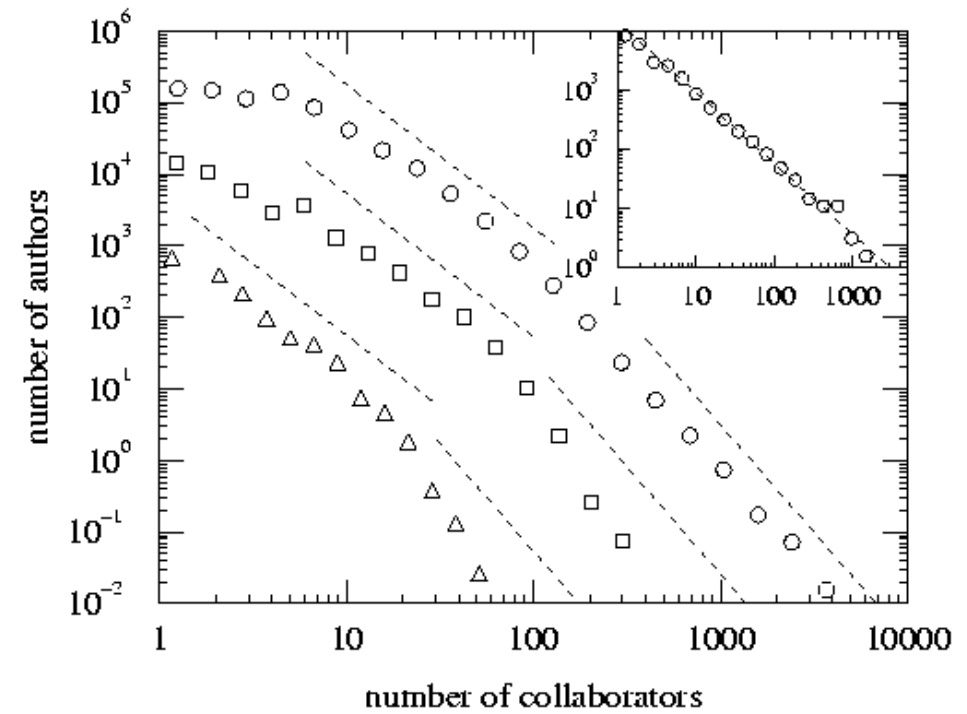
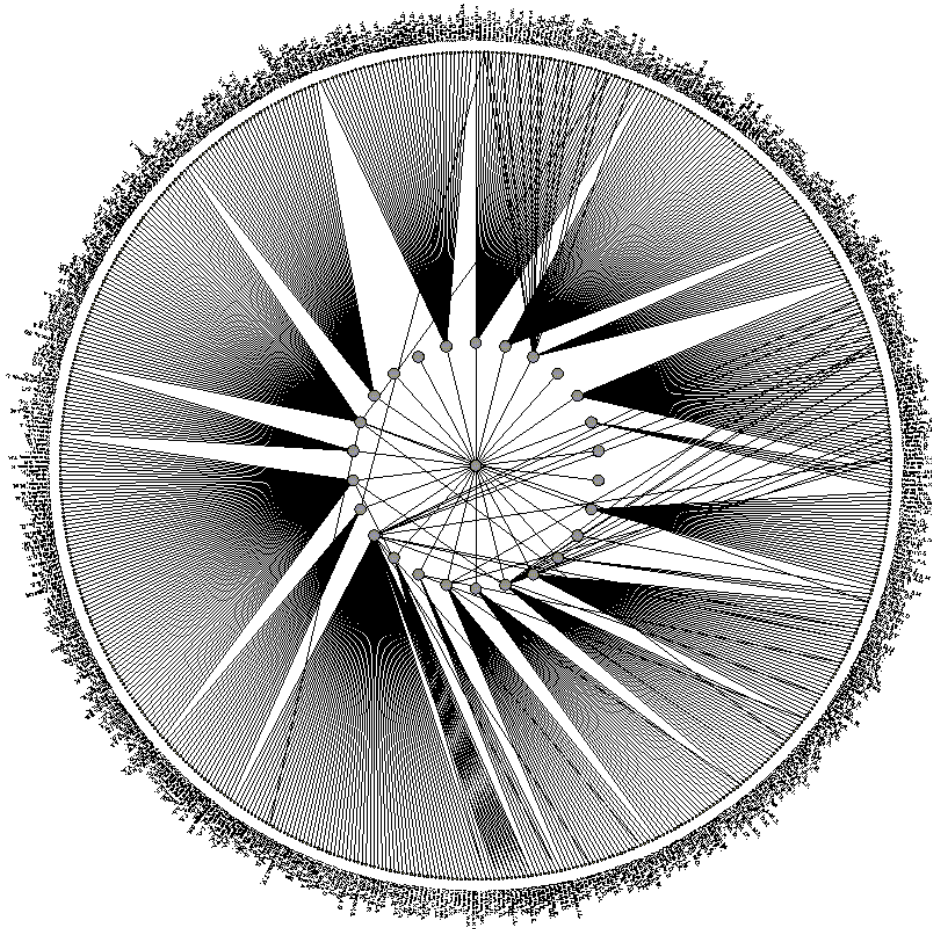
$\gamma = 2.3$



RETE delle COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE

Nodi: scienziati (autori)

Links: articoli in comune

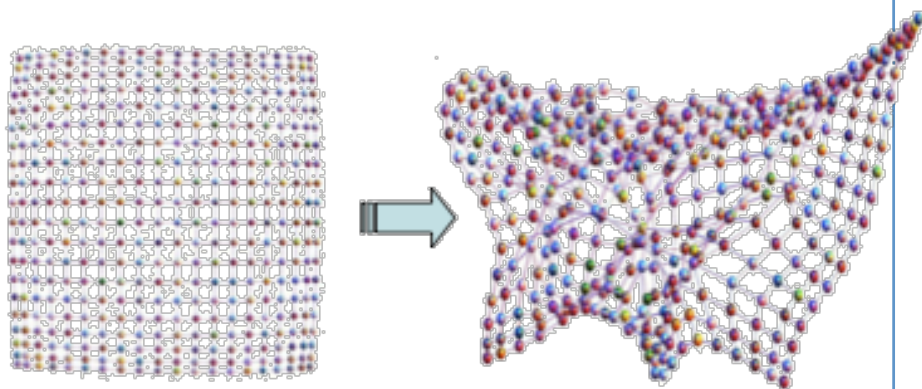


(Newman, 2000, H. Jeong et al 2001)

Rete Small World dei Terremoti

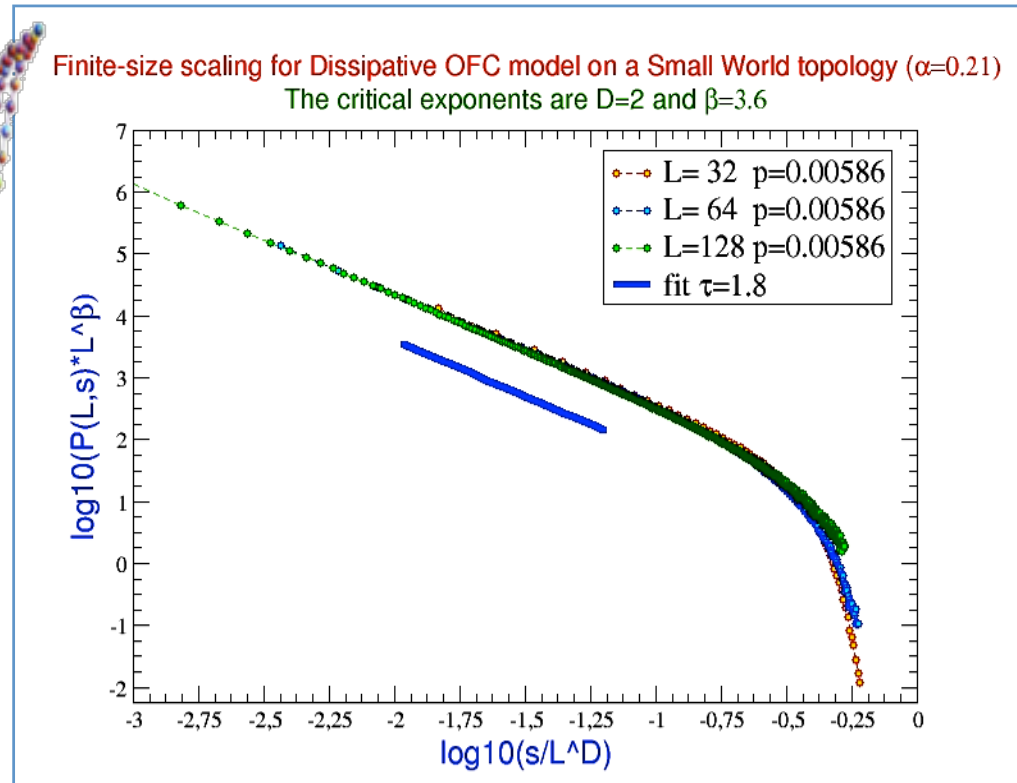
Nodi: blocchi che simulano la crosta terrestre

Links: trasferimento di stress sismico



Reticolo
di blocchi
regolare

Reticolo
di blocchi
Small-World



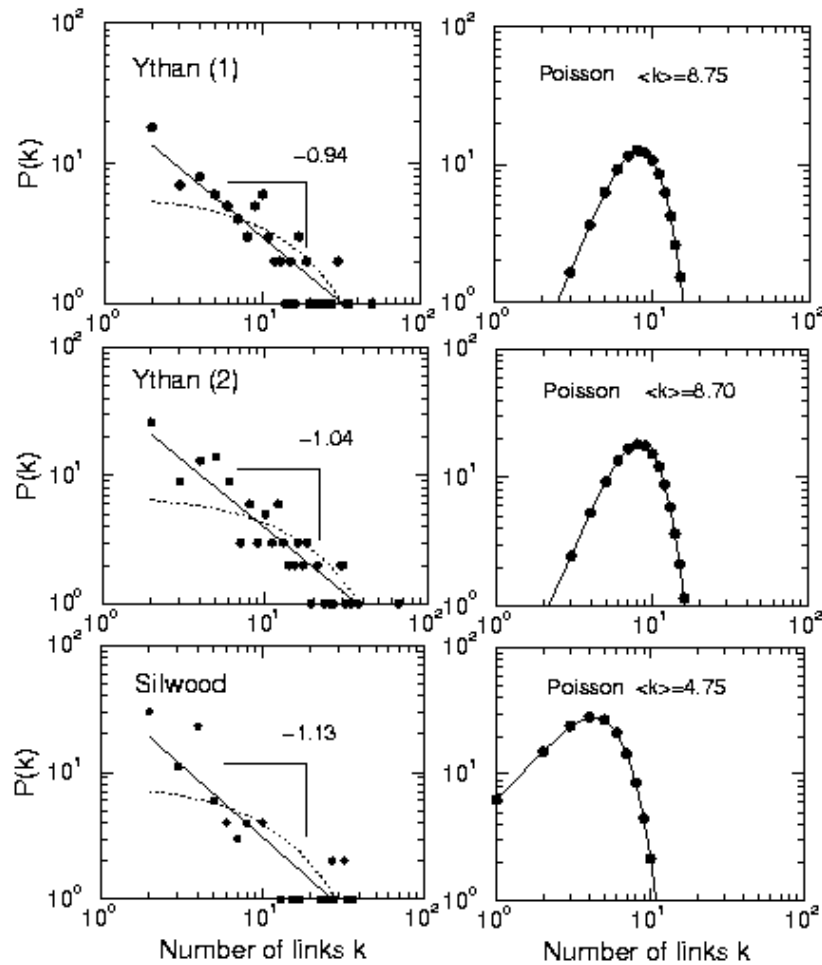
F.Caruso, V.Latora, A.Pluchino, A.Rapisarda and B.Tadic, Eur. Phys. J. B 50 (2006) 243-247

F.Caruso, A.P., V.Latora, S.Vinciguerra, A.Rapisarda, Physical Review E 75 (2007) 055101(R)

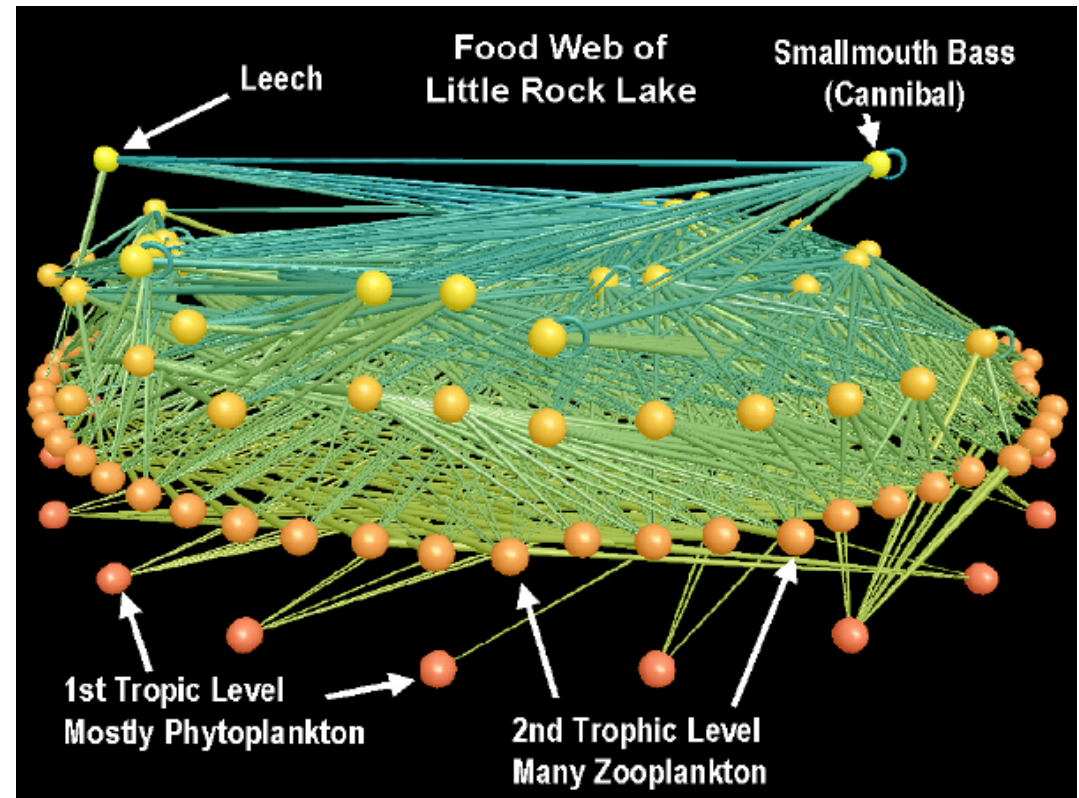
RETI ALIMENTARI

Nodi: specie

Links: interazione preda-predatore



R. Sole (cond-mat/0011195)

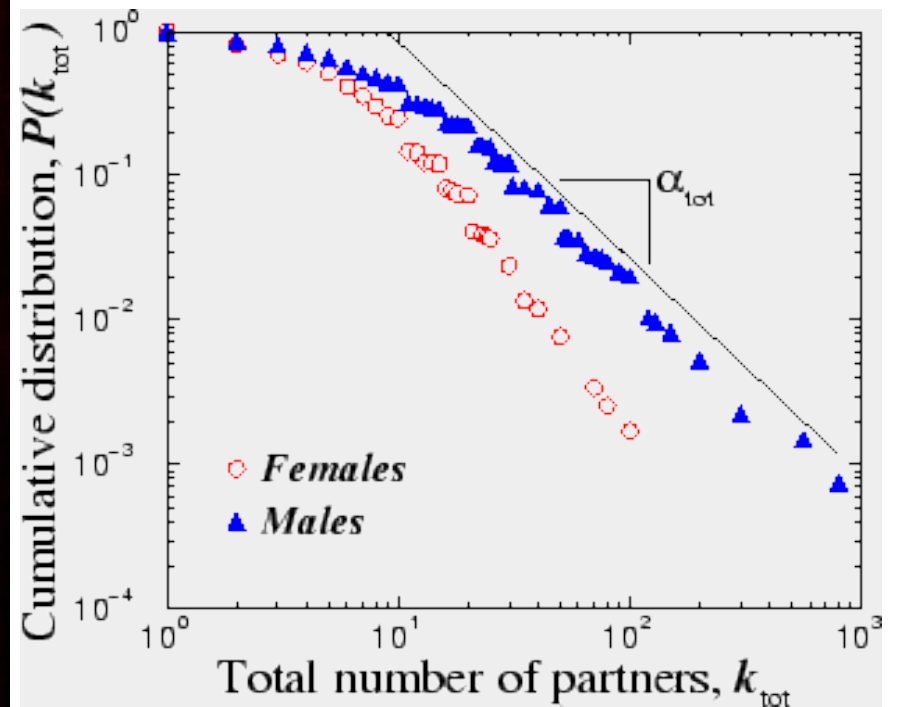


R.J. Williams, N.D. Martinez *Nature* (2000)

RETE DEI CONTATTI SESSUALI

Nodi: persone (femmine;maschi)

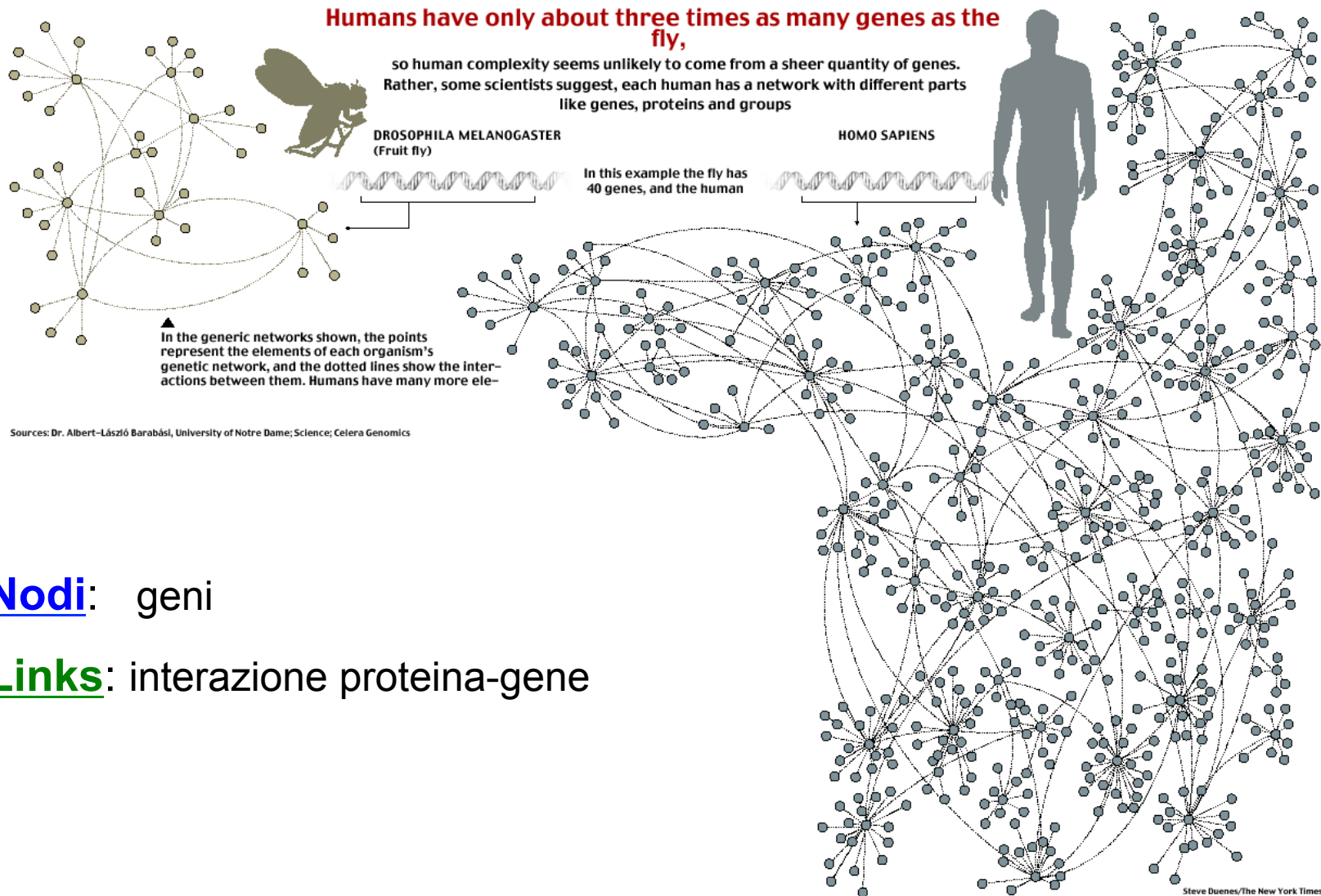
Links: relazioni sessuali



4781 Svedesi; 18-74;
59% percentuale di risposta.

Liljeros et al. Nature 2001

Reti geniche



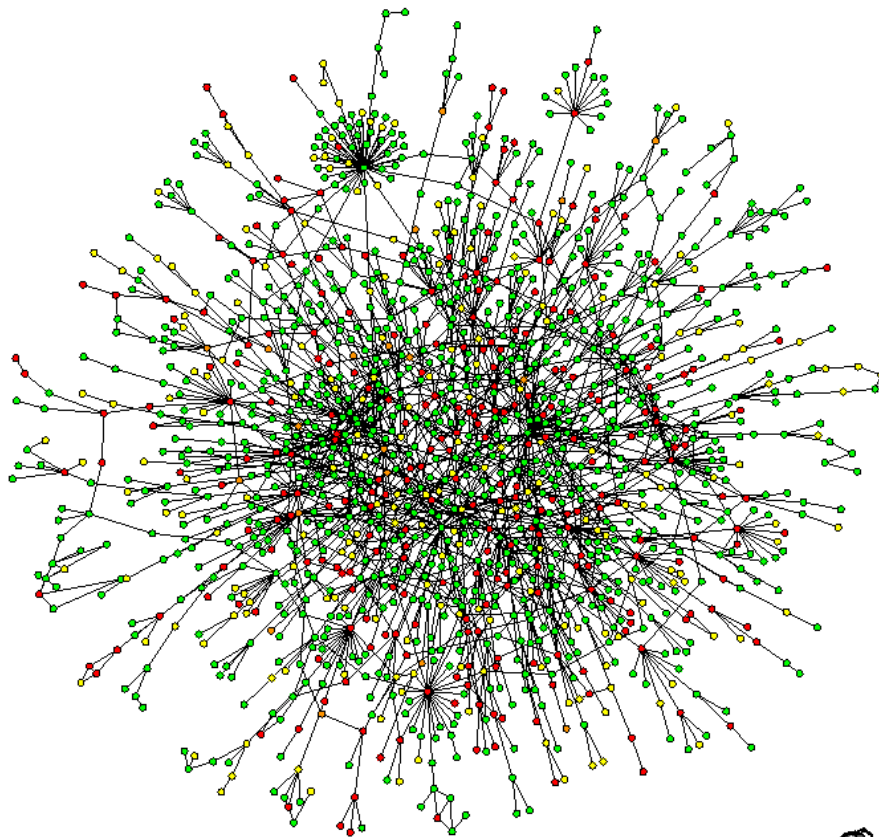
Nodi: geni

Links: interazione proteina-gene

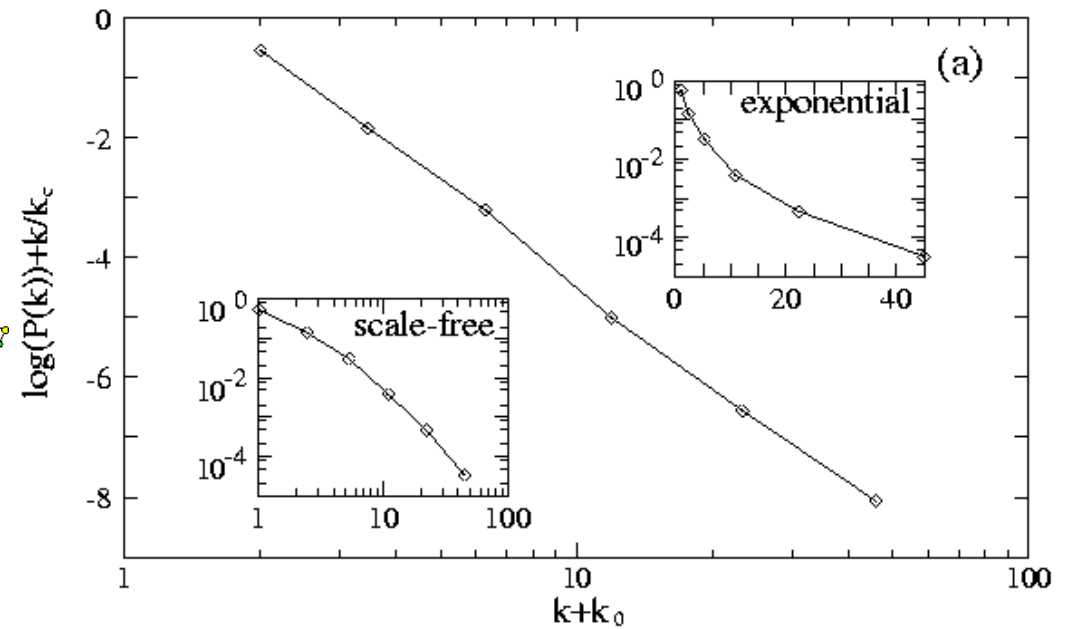
Reti di proteine

Nodi: proteine

Links: interazioni proteina-proteina



Paiek

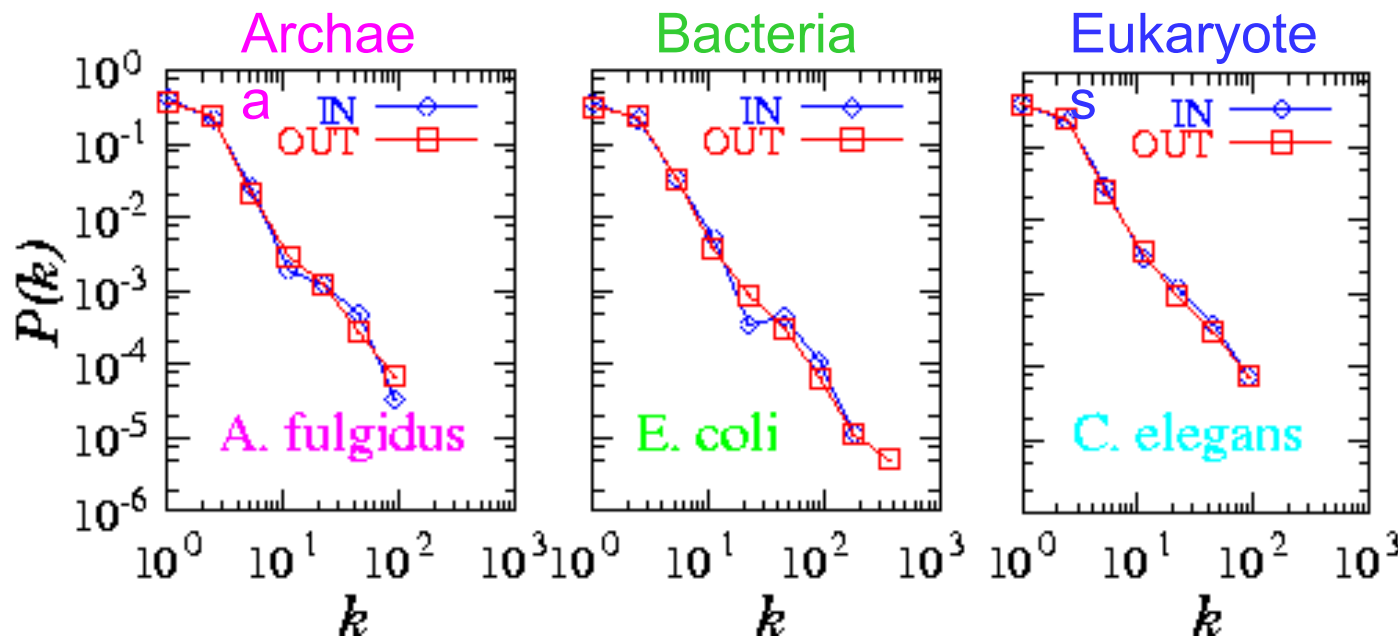
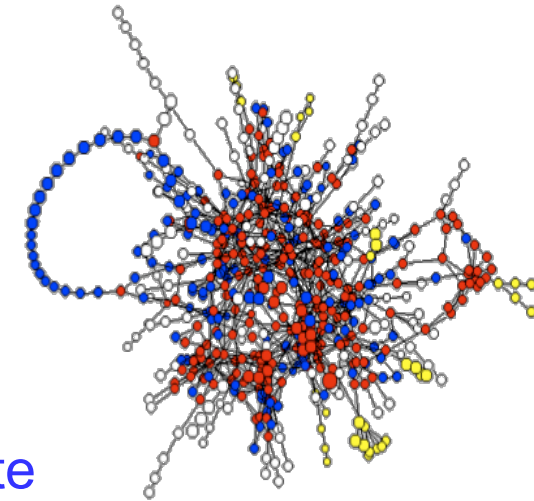


H. Jeong, S.P. Mason, A.-L. Barabasi, Z.N. Oltvai, Nature 411, 41-42 (2001)

Reti metaboliche

Nodi: molecole

Links: reazioni biochimiche



Le reti metaboliche degli organismi dei 3 domini della vita sono **scale-free** networks!

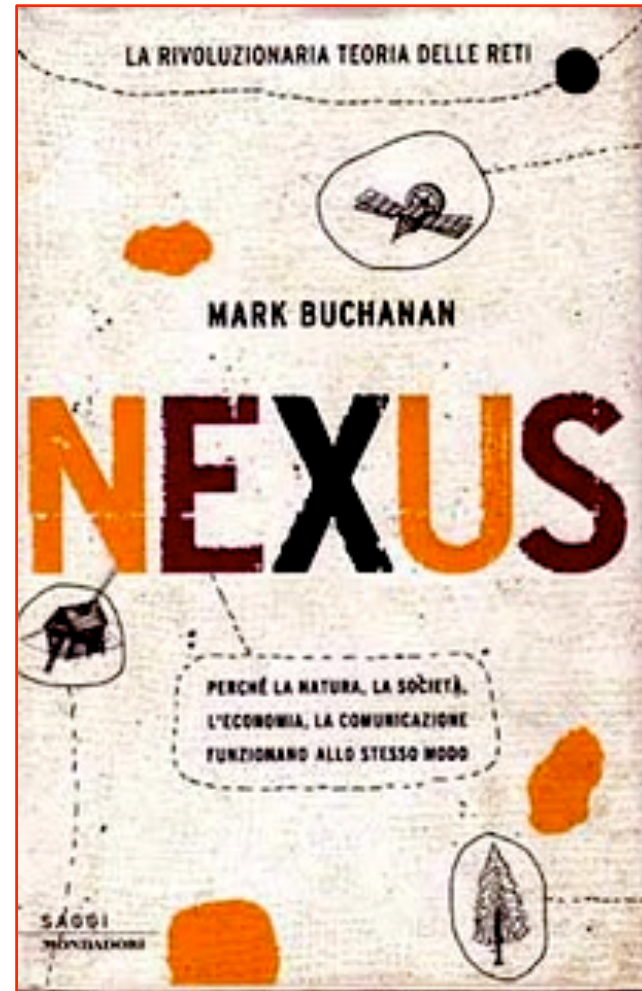
H. Jeong, B. Tombor, R. Albert, Z.N. Oltvai, and A.L. Barabasi, Nature, **407** 651 (2000)



Mark Buchanan

“Nexus: La Rivoluzionaria Teoria delle Reti. Perché la natura, la società, l'economia, la comunicazione funzionano allo stesso modo”

2004 – Mondadori (Oscar Saggi)



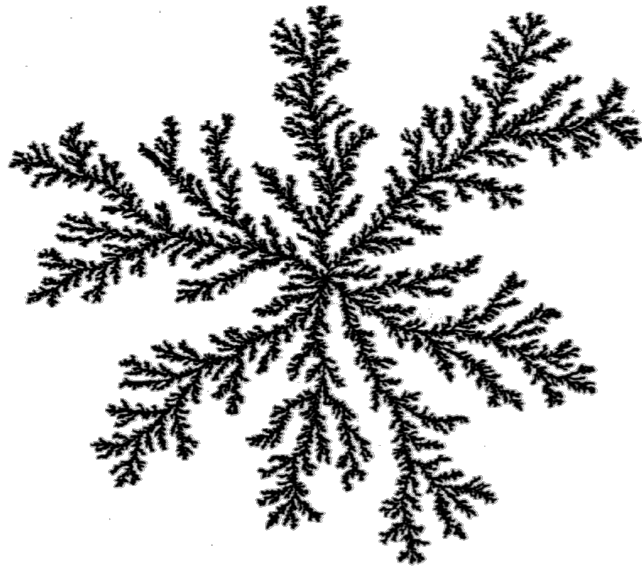
Abbiamo dunque visto che moltissimi sistemi del mondo reale presentano la stessa struttura: sono reti small world prive di scala, scale free networks...

Ma COME si formano queste reti?

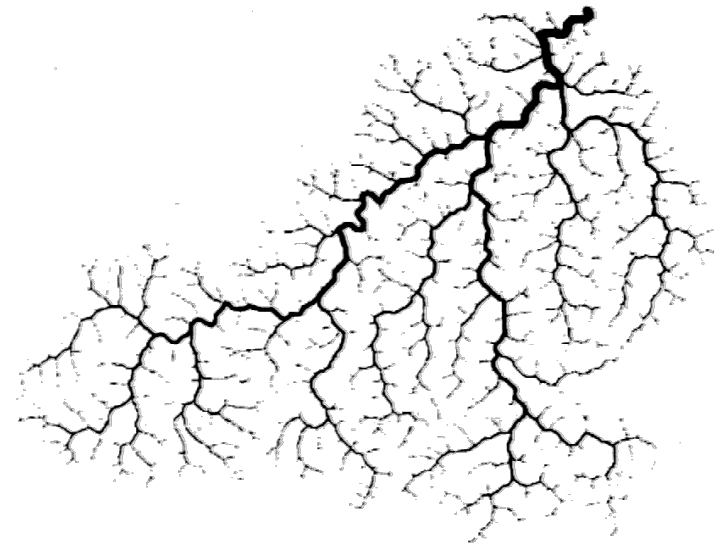


In realtà il meccanismo è molto semplice ed è ben noto a tutti...

I ricchi diventano sempre più ricchi!



Aggregazione di molecole
limitata dalla diffusione



Rete fluviale generata da
un processo di erosione

**Con questa semplice regola si genera spontaneamente la legge di potenza
nella distribuzione dei links!**

Attacco Preferenziale

I nodi ricchi di links diventano sempre più ricchi...

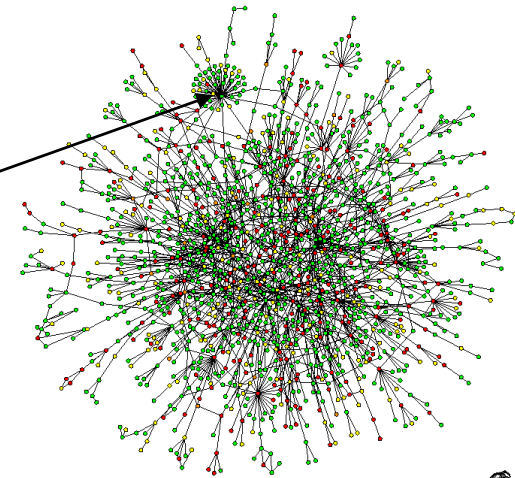
ci sono costi o
limiti di carico

non c'è alcun costo o
limite di carico (es. Web)



**Reti small world
egualitarie**

Si formano gli
“hub”, cioè i nodi
iperconnessi



**Reti small world
aristocratiche**

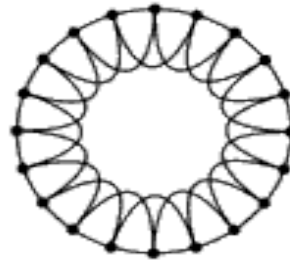
Ma **PERCHE'** la maggior parte dei sistemi complessi evolve *spontaneamente* in reti small world e scale free?



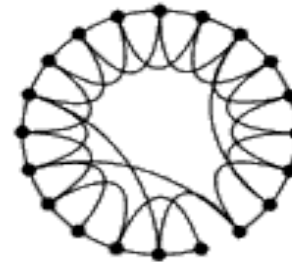
Vantaggi delle reti small world e scale free...

1. Maggiore efficienza nella circolazione della informazione

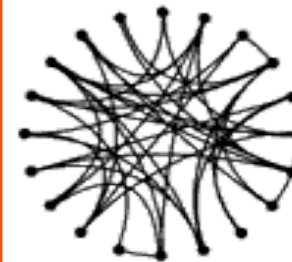
Regular



Small-world

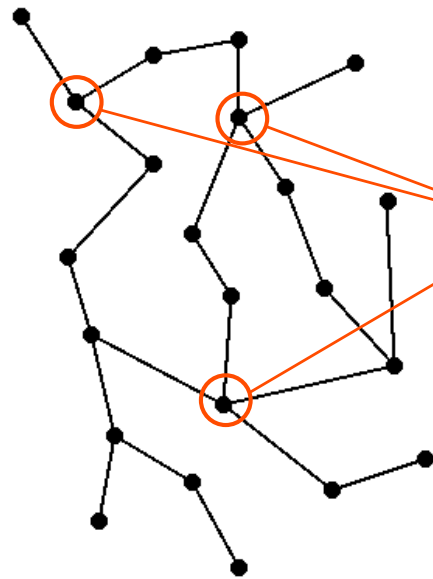


Random

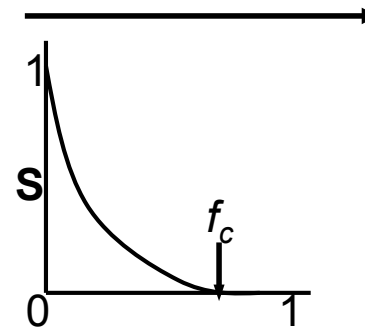


La forza dei legami deboli!

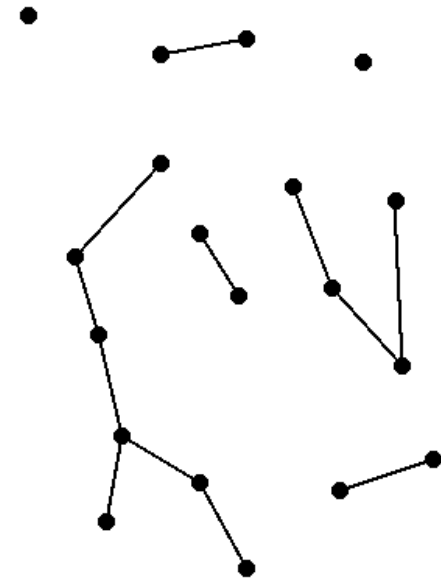
2. Alta tolleranza agli errori, ai guasti casuali e agli attacchi non organizzati



node failure



Frazione di nodi eliminati, f



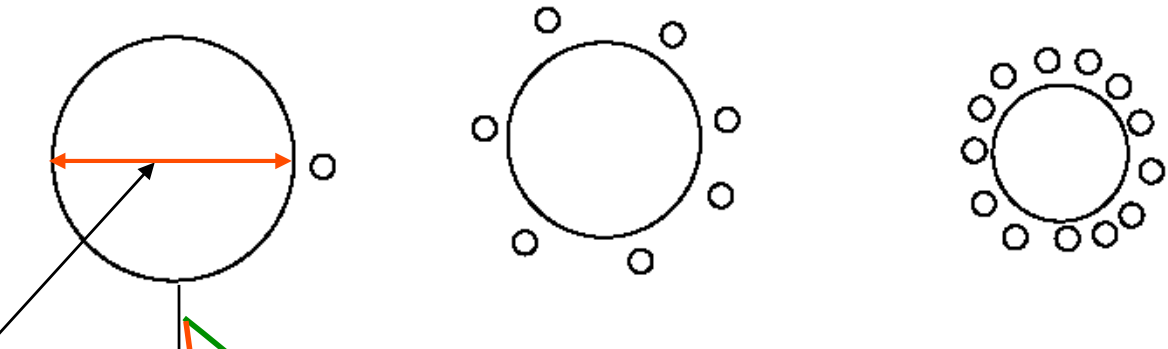
Svantaggi delle reti small world e scale free...

L'alta tolleranza agli errori o ai **GUASTI CASUALI** impedisce la frammentazione totale del sistema...

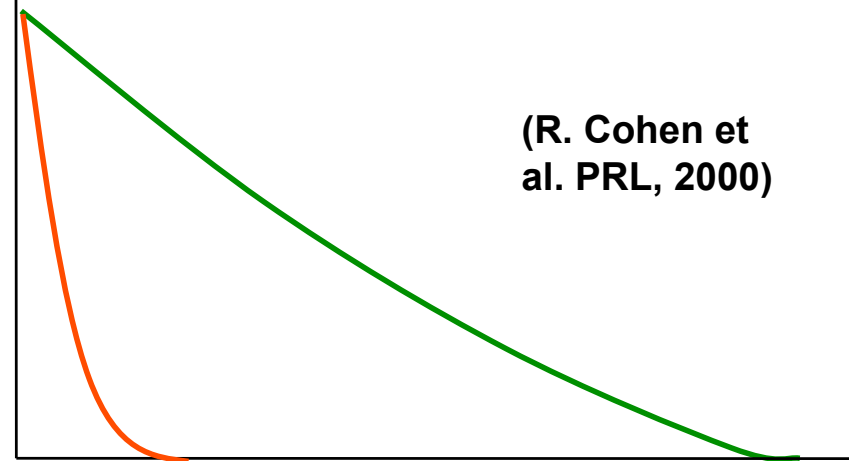
Diametro della Rete

ma...

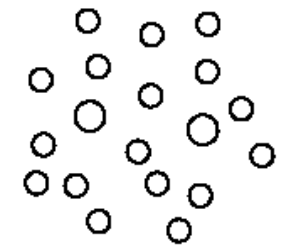
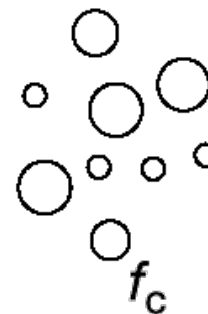
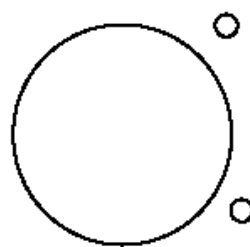
... non è così per gli **ATTACCHI MIRATI** agli hub o ai legami deboli, che producono rapidamente la totale disgregazione del sistema!




(R. Cohen et al. PRL, 2000)



f_c = soglia critica di hub distrutti



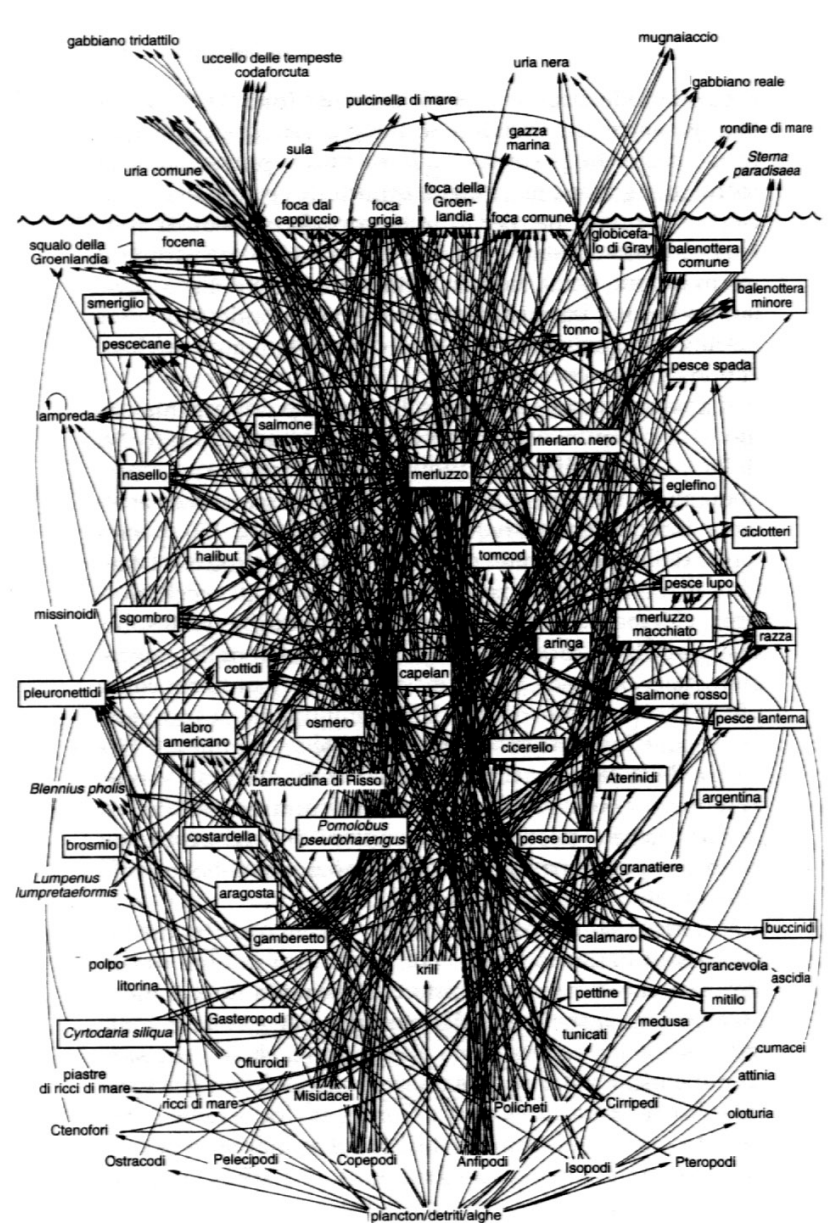
Frammentazione totale!



**Effetti collaterali in un mondo di
Reti e Sistemi Complessi**



Abbiamo già visto l'esempio delle Foche e dei Merluzzi nella rete alimentare del Nord Atlantico

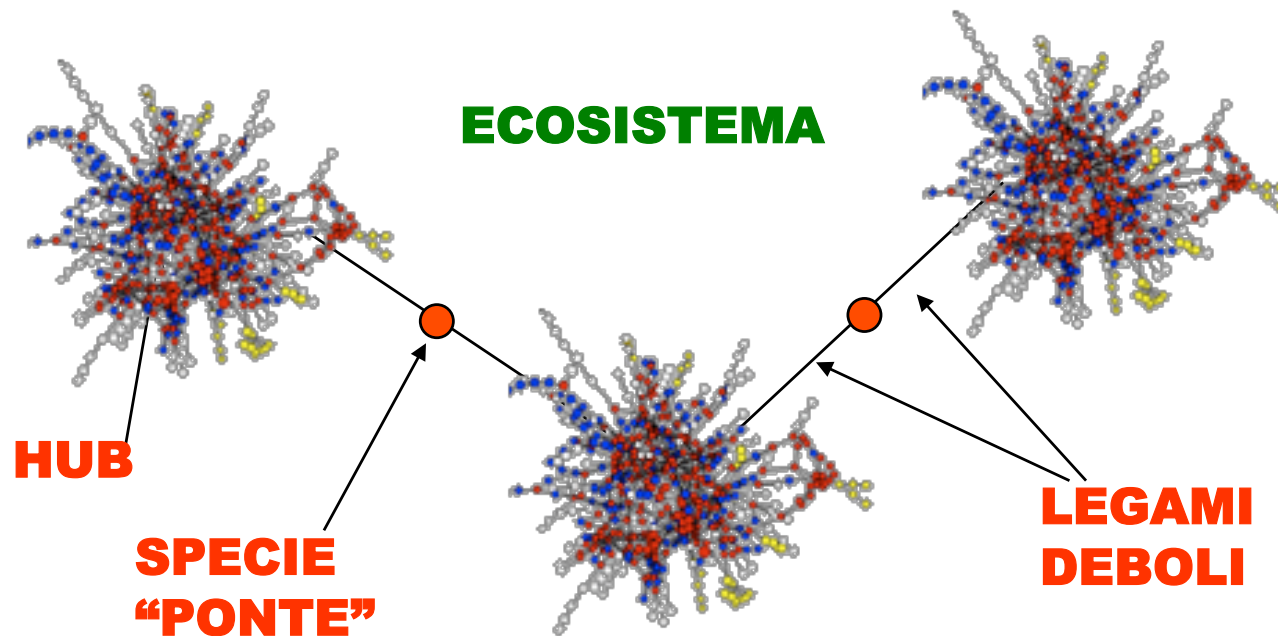


DISGREGAZIONE DEGLI ECOSISTEMI

Oggi il tasso di estinzione delle specie viventi nel globo è *mille volte più alto* di quanto non fosse prima della comparsa dell'uomo sulla terra...



L'eliminazione di hub o di particolari legami deboli nella rete alimentare (specie "ponte") potrebbe distruggere un intero ecosistema (ad es. si è visto che basta eliminare il 20% degli hub perché la rete si disgreghi quasi del tutto! Solè e Montoya-2001)

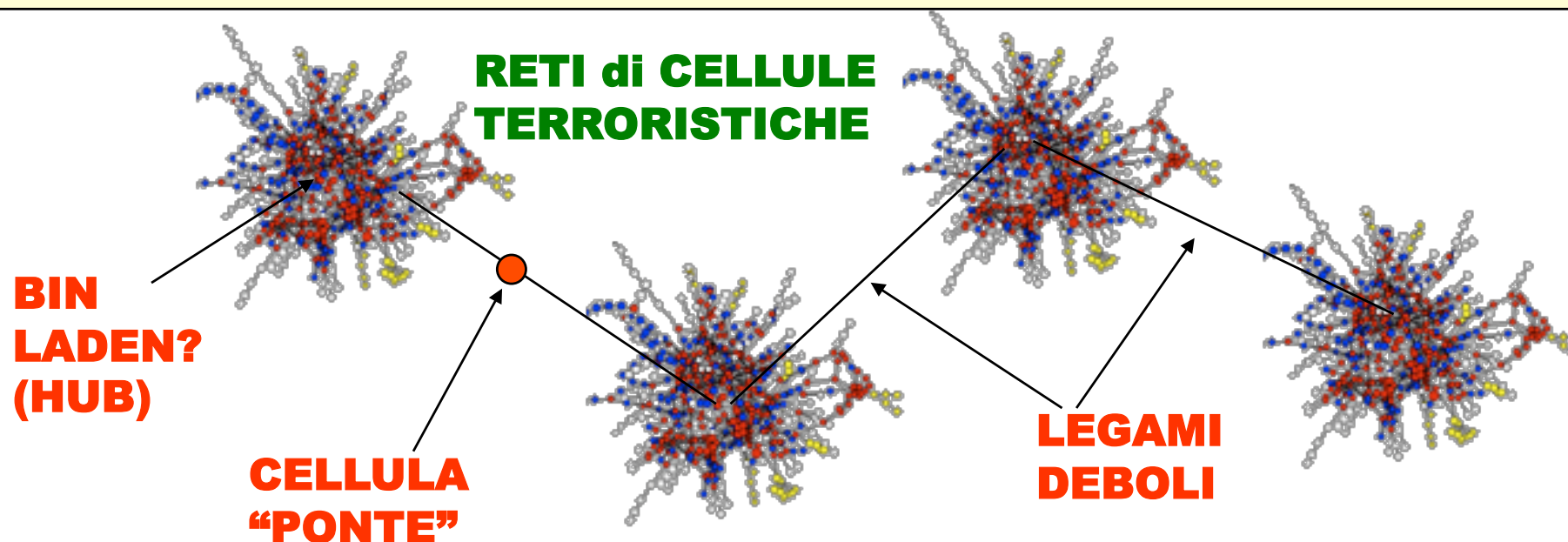


ATTACCHI TERRORISTICI

COME PUTROPPO SAPPIAMO, ATTACCHI TERRORISTICI MIRATI AGLI HUB DELLE NOSTRE RETI SOCIALI, ECONOMICHE ED INFORMATICHE POSSONO PRODURRE GRAVISSIME CONSEGUENZE...



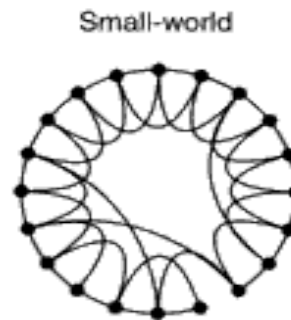
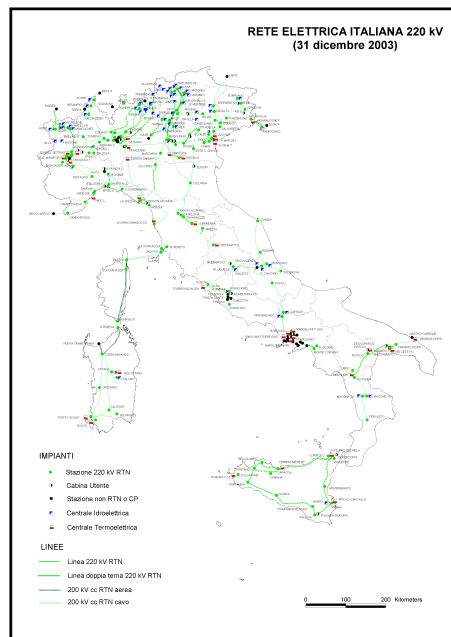
D'altra parte la conoscenza delle proprietà strutturali delle reti piccolo mondo potrebbe aiutarci nel tentativo di neutralizzare le reti di **cellule terroristiche decentrate** tipo Al Qaida. In questo senso eliminare Bin Laden potrebbe essere inutile, mentre per disgregare il sistema potrebbe essere più efficace agire sulle cellule ponte.



RISCHI DI BLACK-OUT

Le reti elettriche, come sappiamo, sono egualitarie e non hanno HUB ma i loro legami deboli le espongono comunque a rischi di black-out totali (come è accaduto nel 2003 sia negli Stati Uniti – ad Agosto - che in Italia – a Settembre).

RETE ELETTRICA ITALIANA



RETE ELETTRICA DEGLI STATI UNITI



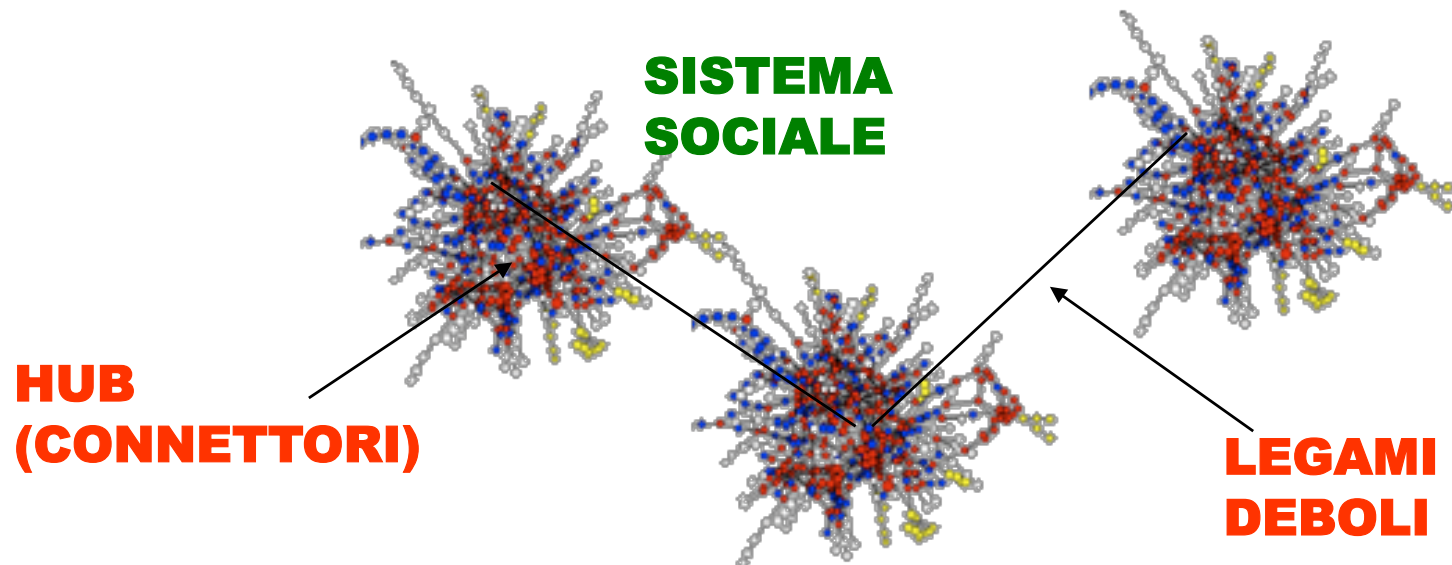
DIFFUSIONE DELLE EPIDEMIE E DEI VIRUS INFORMATICI

SOGLIE CRITICHE NELLA ESPLOSIONE DELLE EPIDEMIE INFETTIVE E NELLA DIFFUSIONE DELLE MODE E DEI VIRUS INFORMATICI

RETI REGOLARI: L'epidemia rimane circoscritta a causa della mancanza di connettori e di legami deboli (“**gruppi chiave**”).

RETI EGUALITARIE: Esiste una soglia critica nella percentuale di legami deboli di lunga distanza, oltre la quale l'epidemia si espande senza controllo (*Zanette - 2001*)

RETI ARISTOCRATICHE: La presenza di hubs azzerava la soglia critica: quindi le malattie e i virus si diffondono *in ogni caso!* (*Vespignani-Pastor Satorras - 2001*)

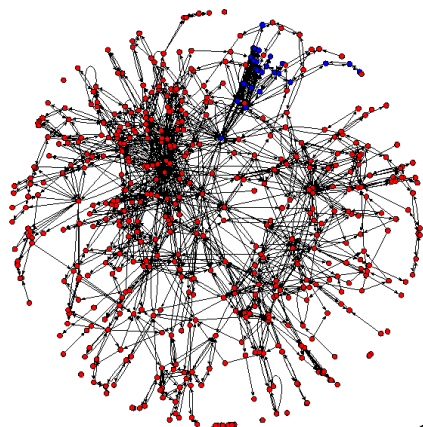


SPEREQUAZIONE NELLA DISTRIBUZIONE DELLA RICCHIZZA

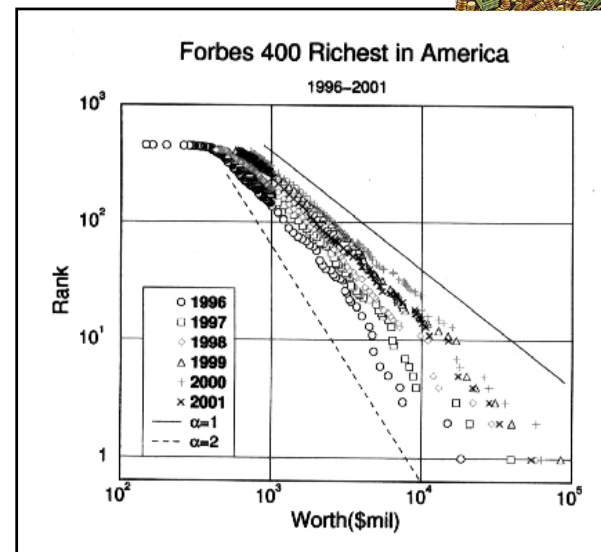
Si è dimostrato che la sperequazione nella distribuzione della ricchezza non dipende dalle capacità o dal talento nel “far soldi” dei singoli individui ma solo dall’**irregolarità dei “ritorni di investimento”** ed emerge spontaneamente e automaticamente come caratteristica organizzativa della rete: la ricchezza tende a **“superconcentrarsi”** nelle mani di pochissimi individui con il meccanismo del “rich get richer”, che produce la legge di potenza di Pareto (Bouchaud-Mezard-2001)



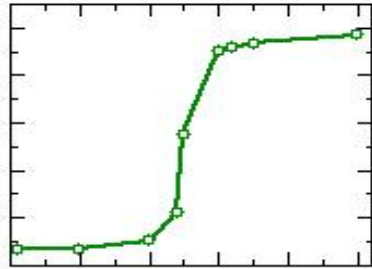
RETE DELLA RICCHEZZA



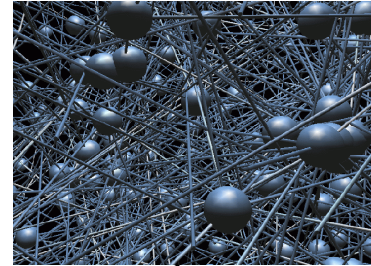
Vilfredo Pareto (1897)



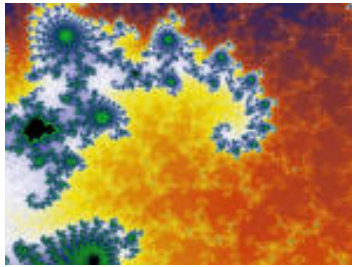
**Non linearità e
Soglie Critiche**



**Reti Complesse tra
Ordine e Caos**



**Autosimilarità e
Frattali**

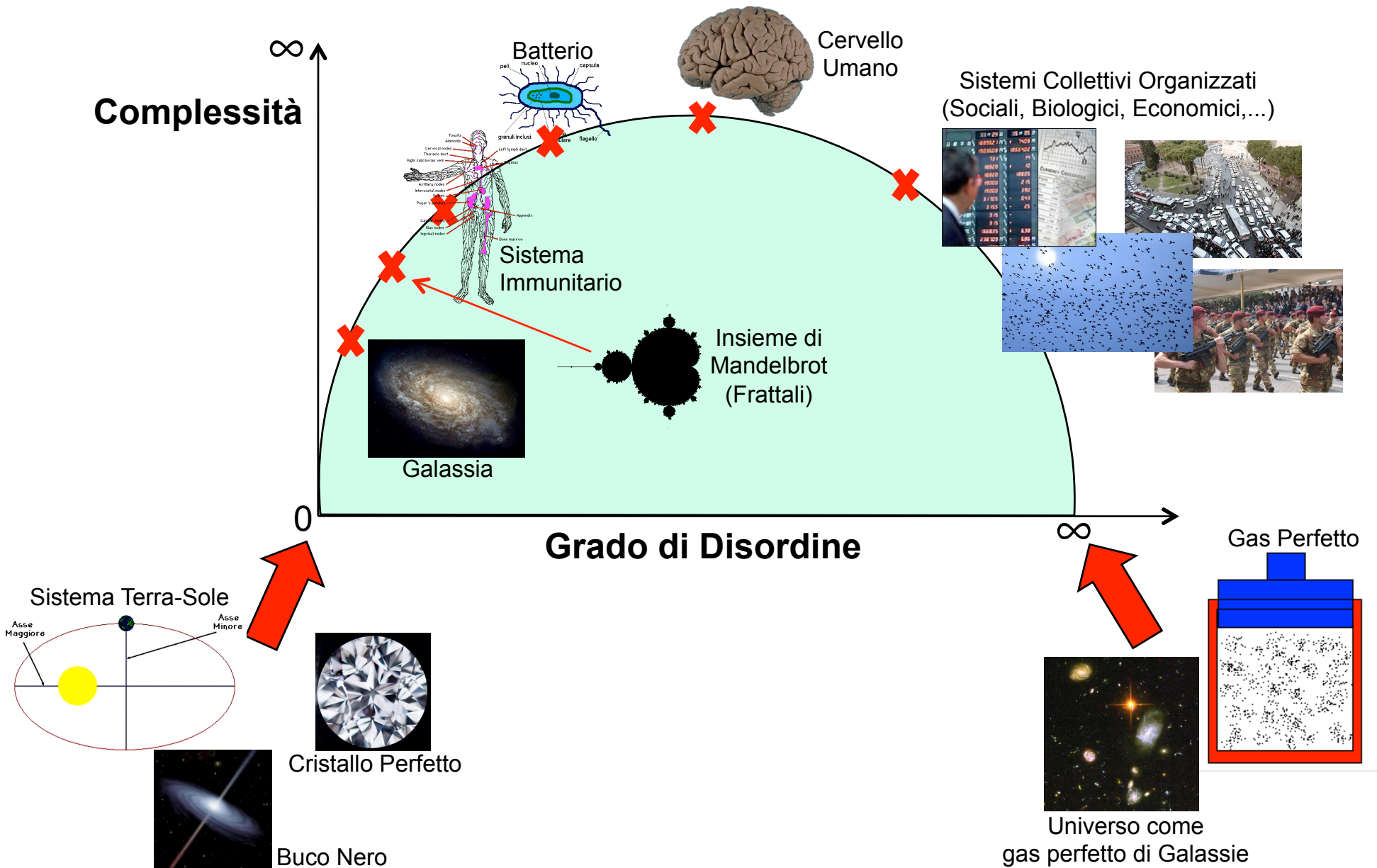


**Fenomeni Sociali
Emergenti**



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

COMPLESSITÀ TRA ORDINE E DISORDINE



COMPLESSITÀ TRA ORDINE E DISORDINE

