

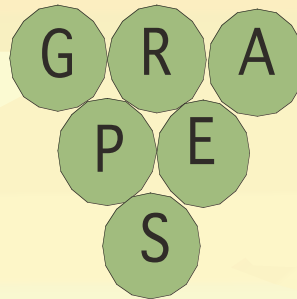


U. Leiden, Feb. 22, 2010



Marcel Ausloos ()*

7 rue des Chartreux, B-4122 Neupré



() previously at GRAPES
(Group for Research and Applications of Physics in Economy and Sociology)*

Ch. 9 Voit

- 1. Important Questions
- 2. Examples
- 3. Earthquakes and Material Failure
- 4. Stock Exchange Crashes
- 5. Are Crashes Rational?
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets

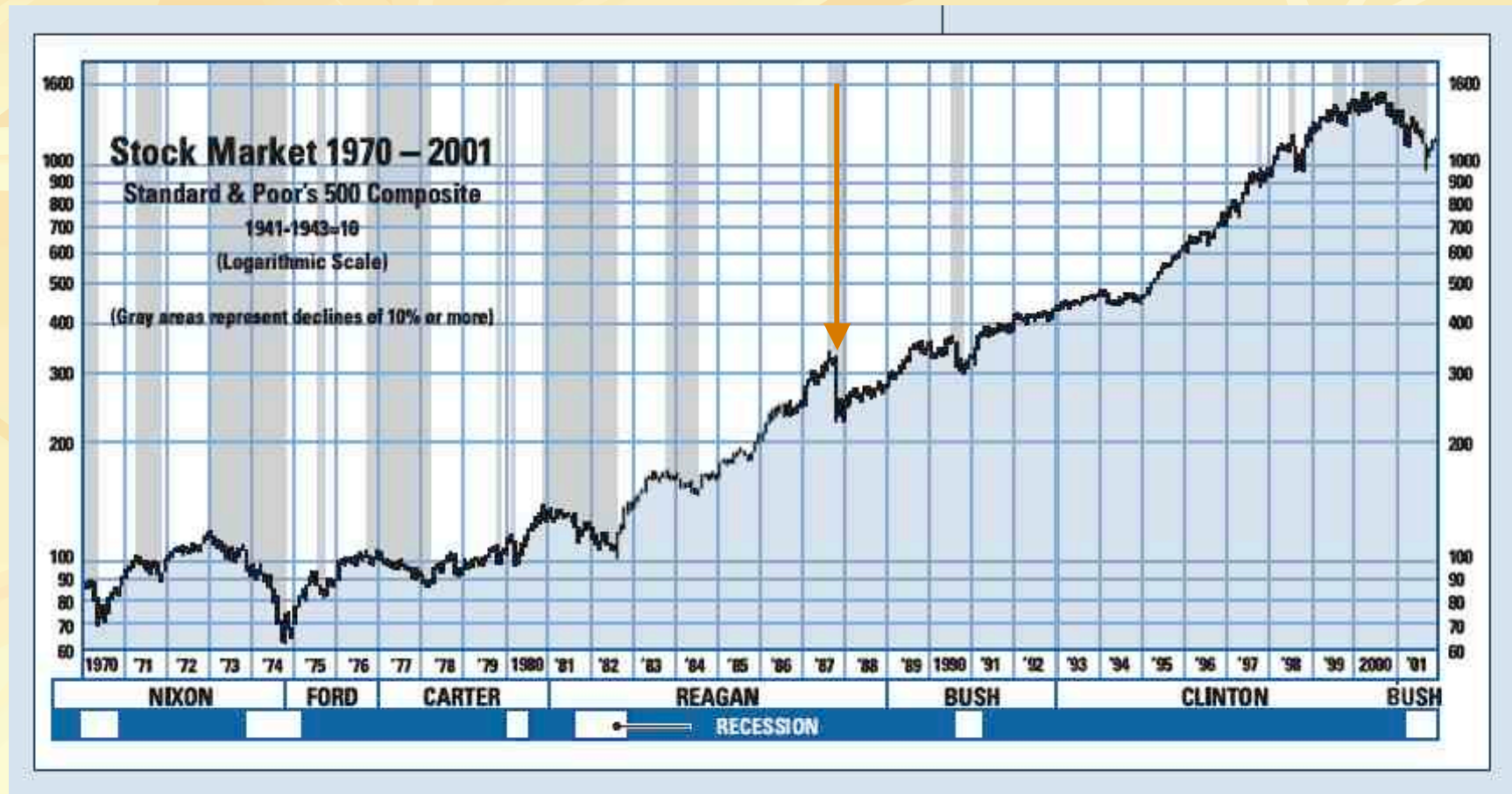
Ch. 9 Voit (à la Ausloos)

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

1. ... questions

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

S&P 500

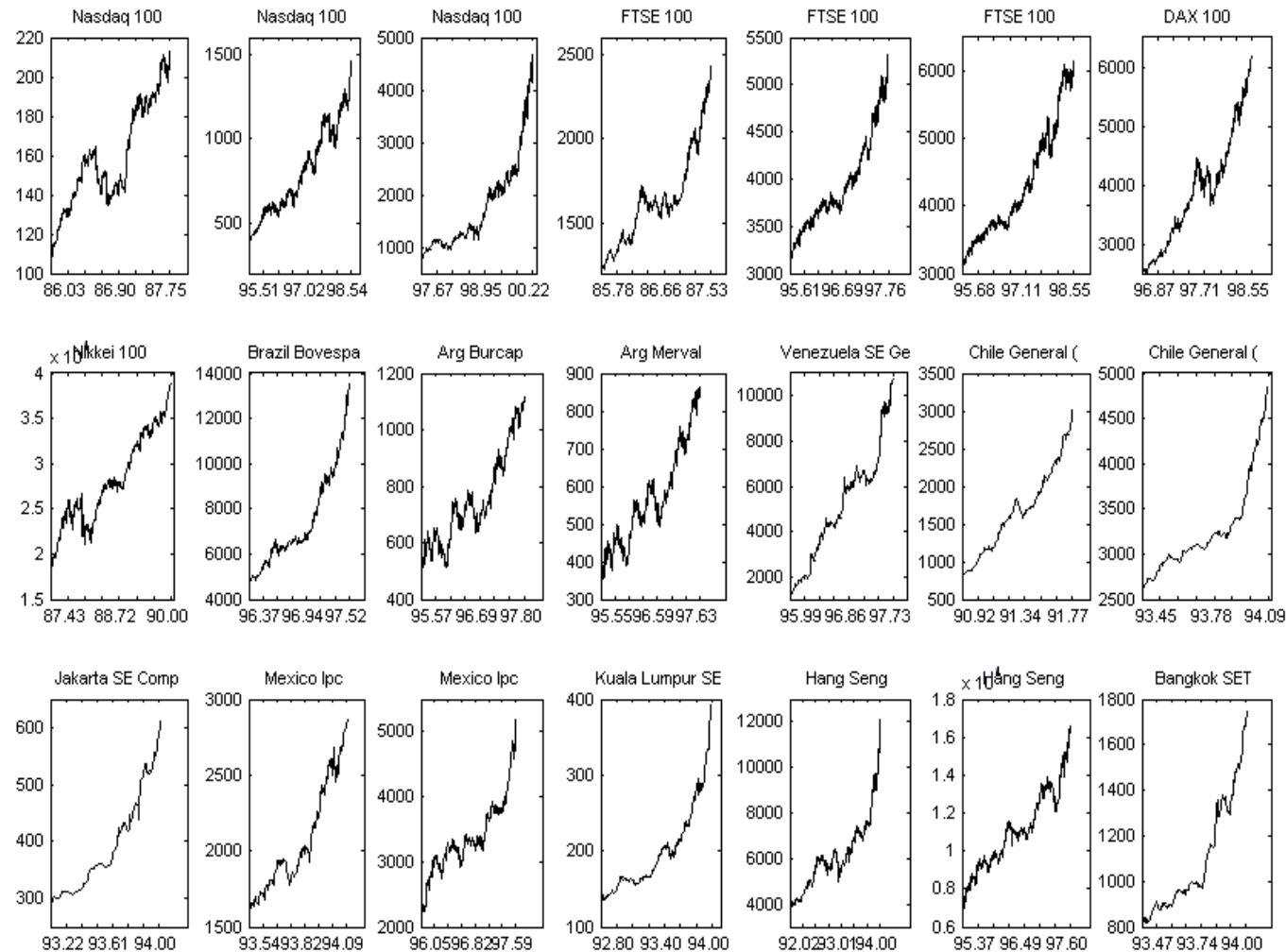


CAC40 « *crashes* » in 90's

Table 1. The drop in CAC 40 values in the 1990's. The "date" is at the start of the "drop", given in % and Δt is the time interval over which the drop occurred

Year	1990	1991	1992	1994	1995	1996	1997	1998
date	Aug.02	Aug.18	Jun.02	Aug.30	Aug.21	Jun. 30	Jul.01	Jul.20
drop	20	8	12	12	11	9	10	20
Δt	3 w	3 d	2 m	1 m	1 m	1 m	2 m	1 m

Speculative bubbles



VIQ.uestions

- Origins?
- Rationality?
- Speculative Bubbles
- Phase Transitions?
- Avalanches?
- Outliers
- Strengths?
- Aftercrashes
- Predictability?
- Precursors
- Universatility?
- Models
- Extreme events
- Noise
- L.R. Correlations ?
- (make money?)

2. ... history and universality

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

Tulipomania

- 1559 Conrad Guenster
- 1661 first « stock market »
- 1625 investment rage starts
- 1635 see next page
- 1637 1 BB = 550 NLG
- 1637 1 BB = 0 NLG

1635

- 1 Bubble :
 - 4 tons of wheat
 - + 4 oxen
 - + 8 tons of rye
 - + 8 pigs
 - + 1 bed
 - + 12 sheeps
 - + clothes

1635

■ 1 Bubble :

- 4 tons of wheat
- + 4 oxen
- + 8 tons of rye
- + 8 pigs
- + 1 bed
- + 12 sheeps
- + clothes

- + 2 wine casks
- + 4 tons of beer
- + 2 tons of butter
- + 1000 pounds of cheese
- + 1 silver drinking cup

remedies

- Amsterdam Parliament :
 - « all contrats are void »
- Supreme Court Ruled :
 - « this is gambling »
 - no debt, « by law »
- If dealt before Nov. 1636
- And after ... OK ,
 - for 10% value

Galileo Galilei
(1564 - 1642)

Monopolymania

- 1694 Whig Bank of England
- 1711 South Seas Co. (tory govt.)
- 1703-11 Spanish succession war
- 1718 war (again)
- Compagnie du Mississipi
« Monopoly »

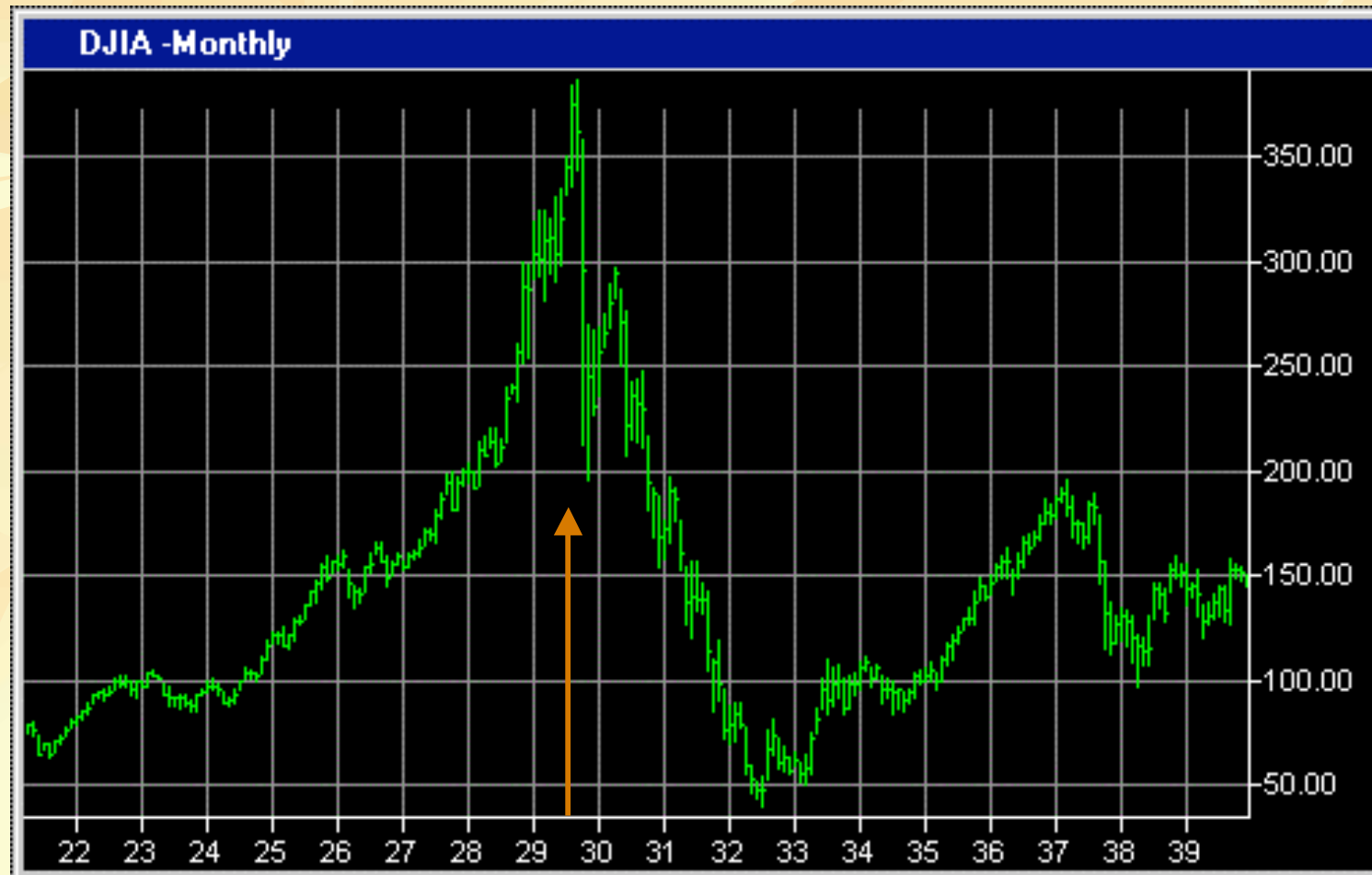
1719

- England Public Debt goes to S. S. Co. stock holders
- March 01 : 175 GBP
- April 01 : 200 GBP
- June 01 : 500 GBP
- July 01 : 1000 GBP
- Oct. 01 : 100 GBP

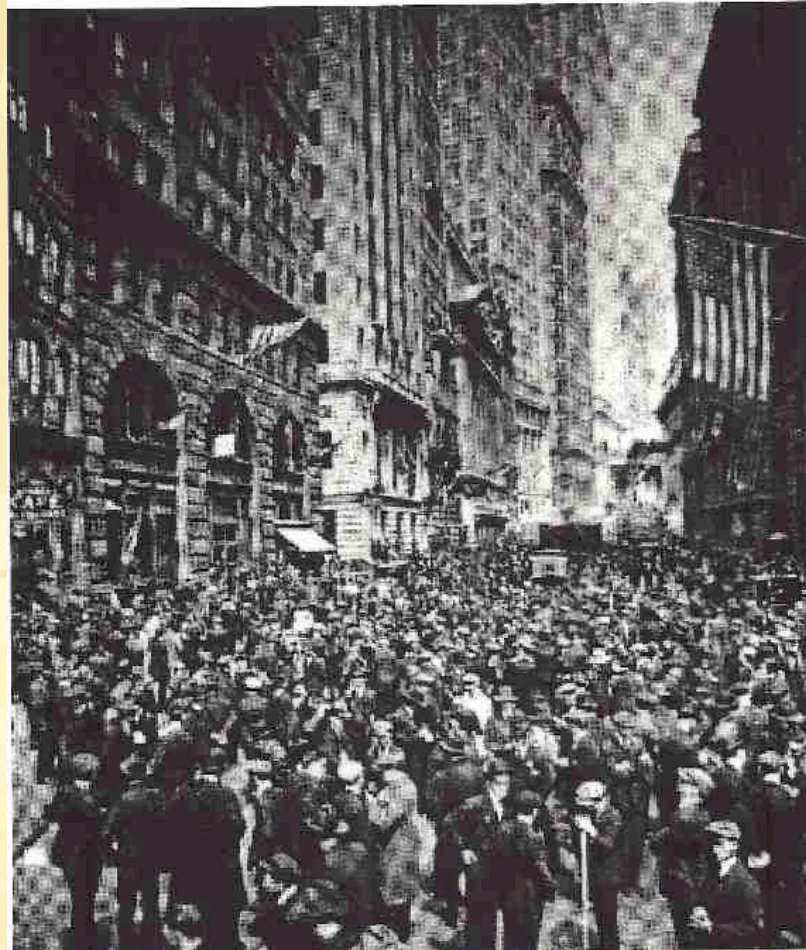
Remedies : ???... !!!

*Isaac Newton
(1642- 1727)*

DJIA 29 crash



Oct. 24, 1929



Leiden,
Feb.2010

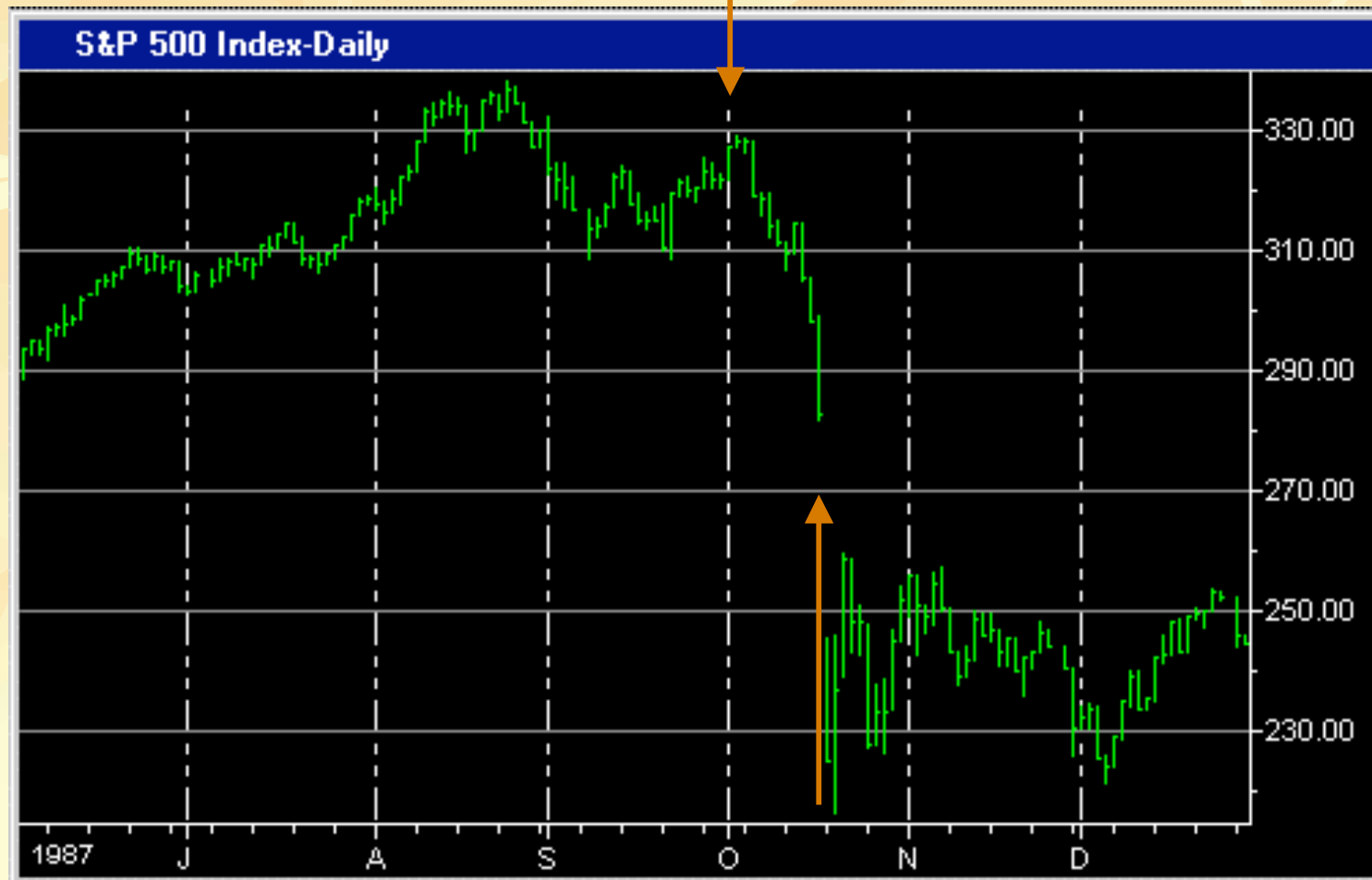
M. Ausloos

17/xxx

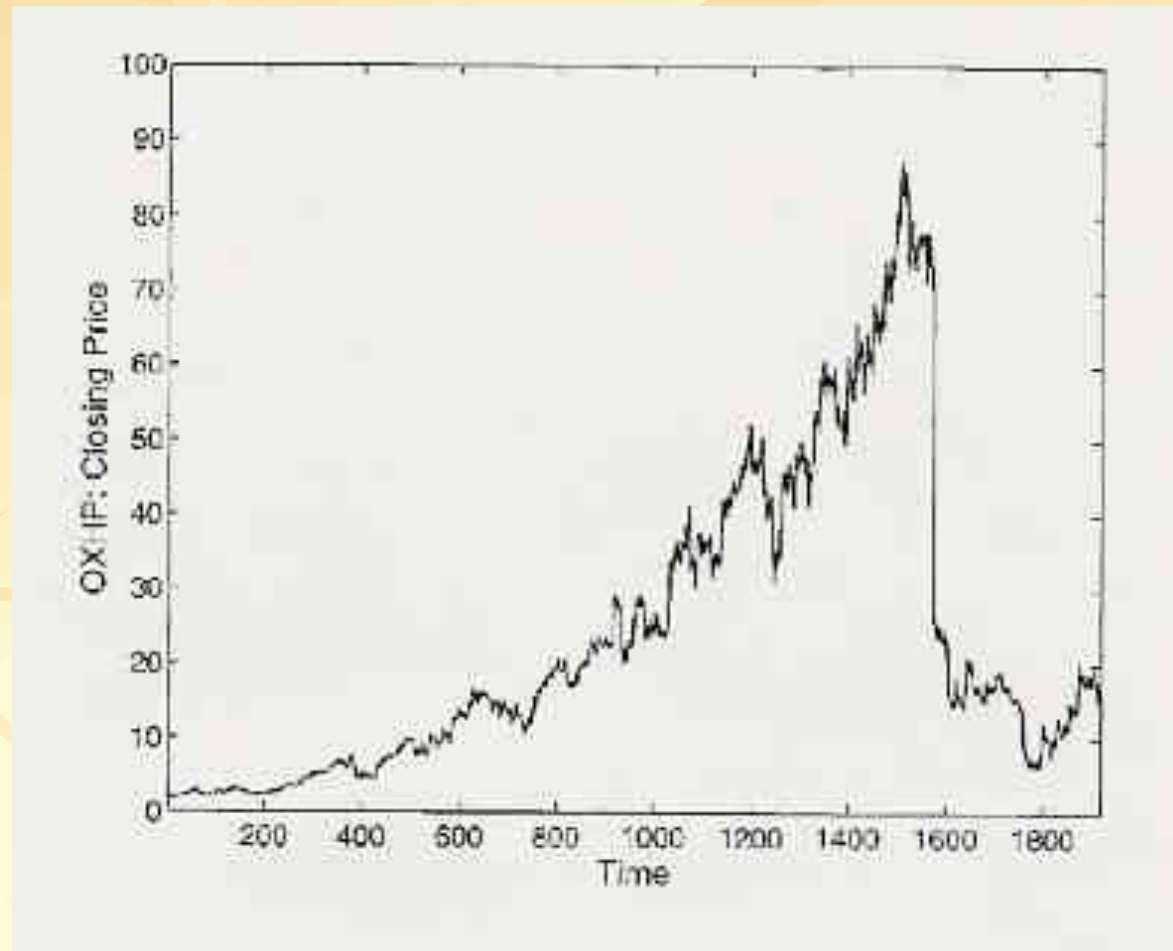
3. Stock Exchange Crashes

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

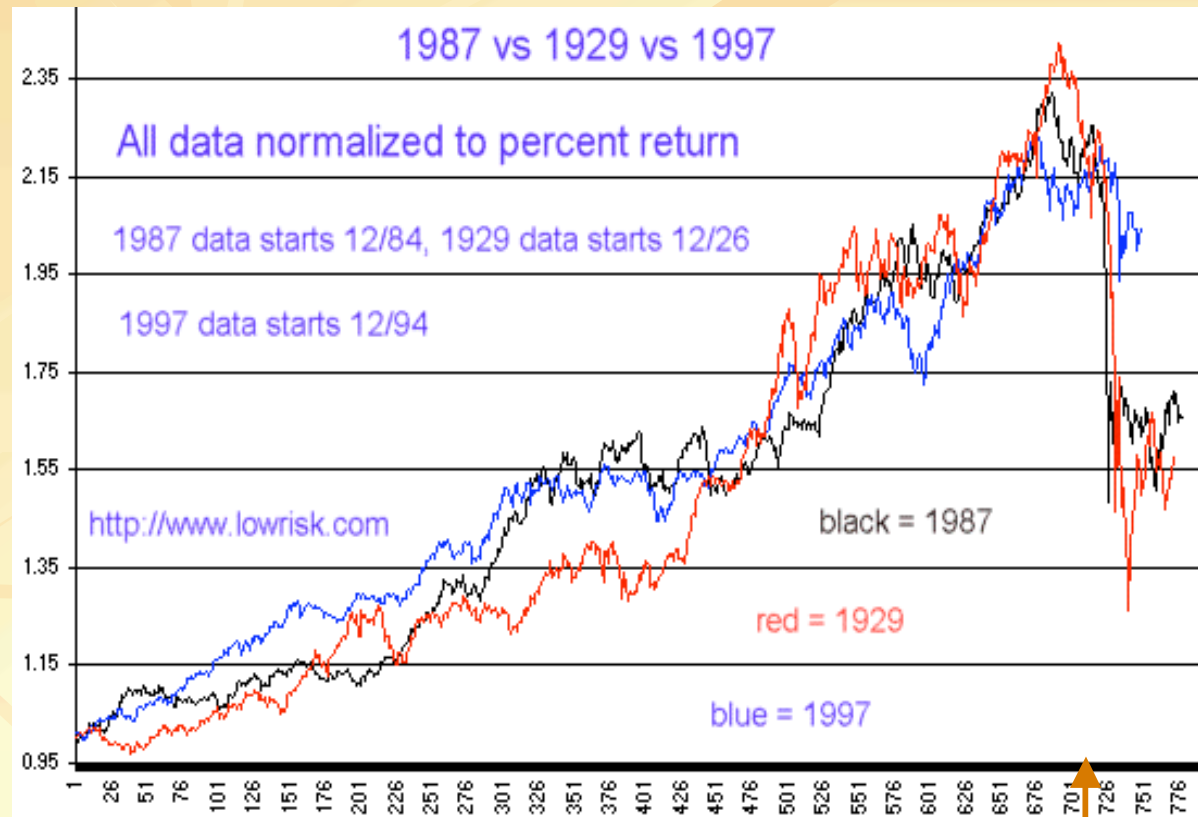
SP500 87 crash



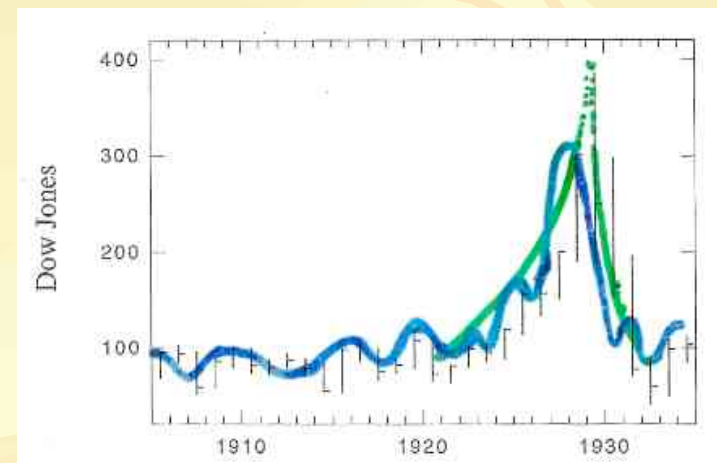
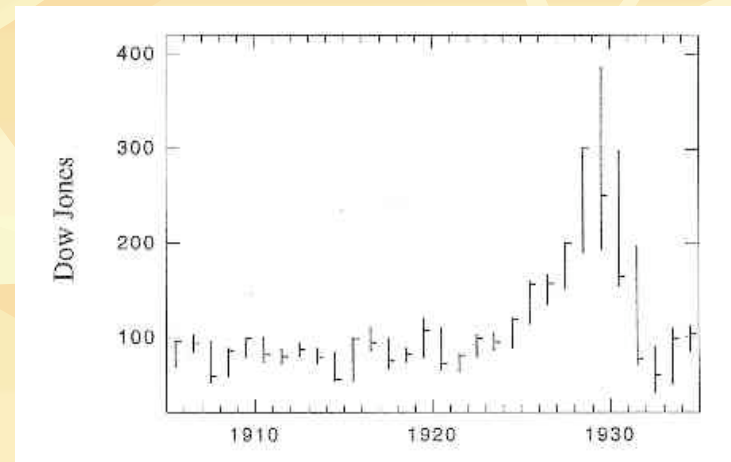
OXHP



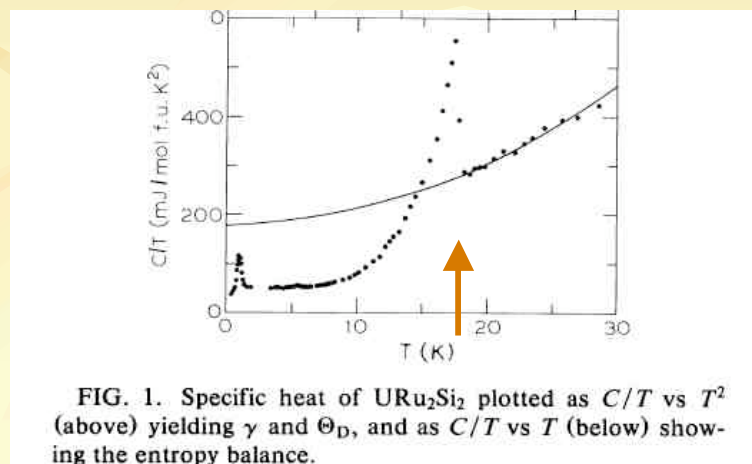
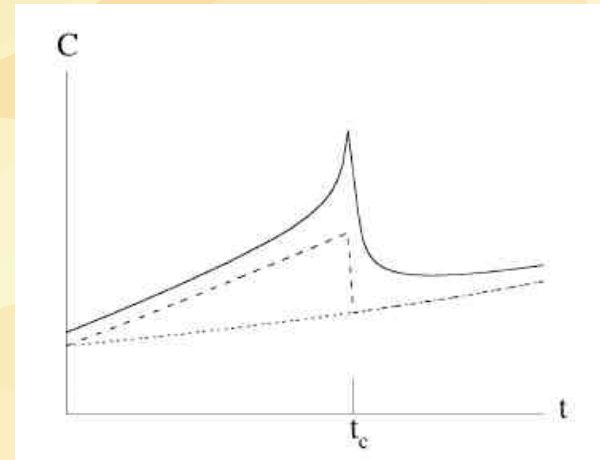
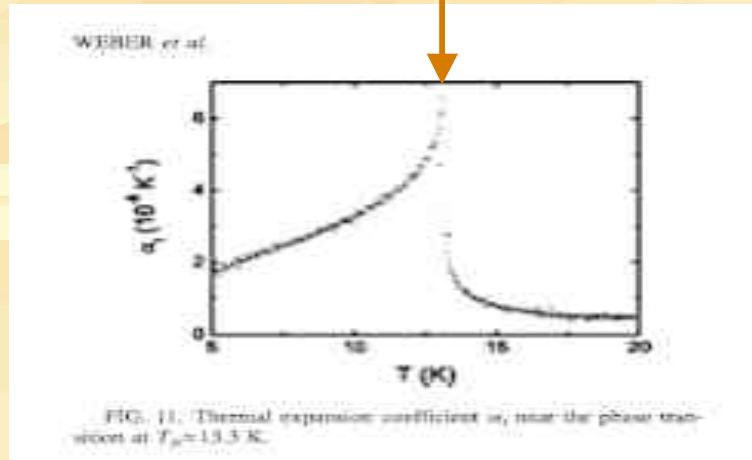
crashes



DJ 1910 1929

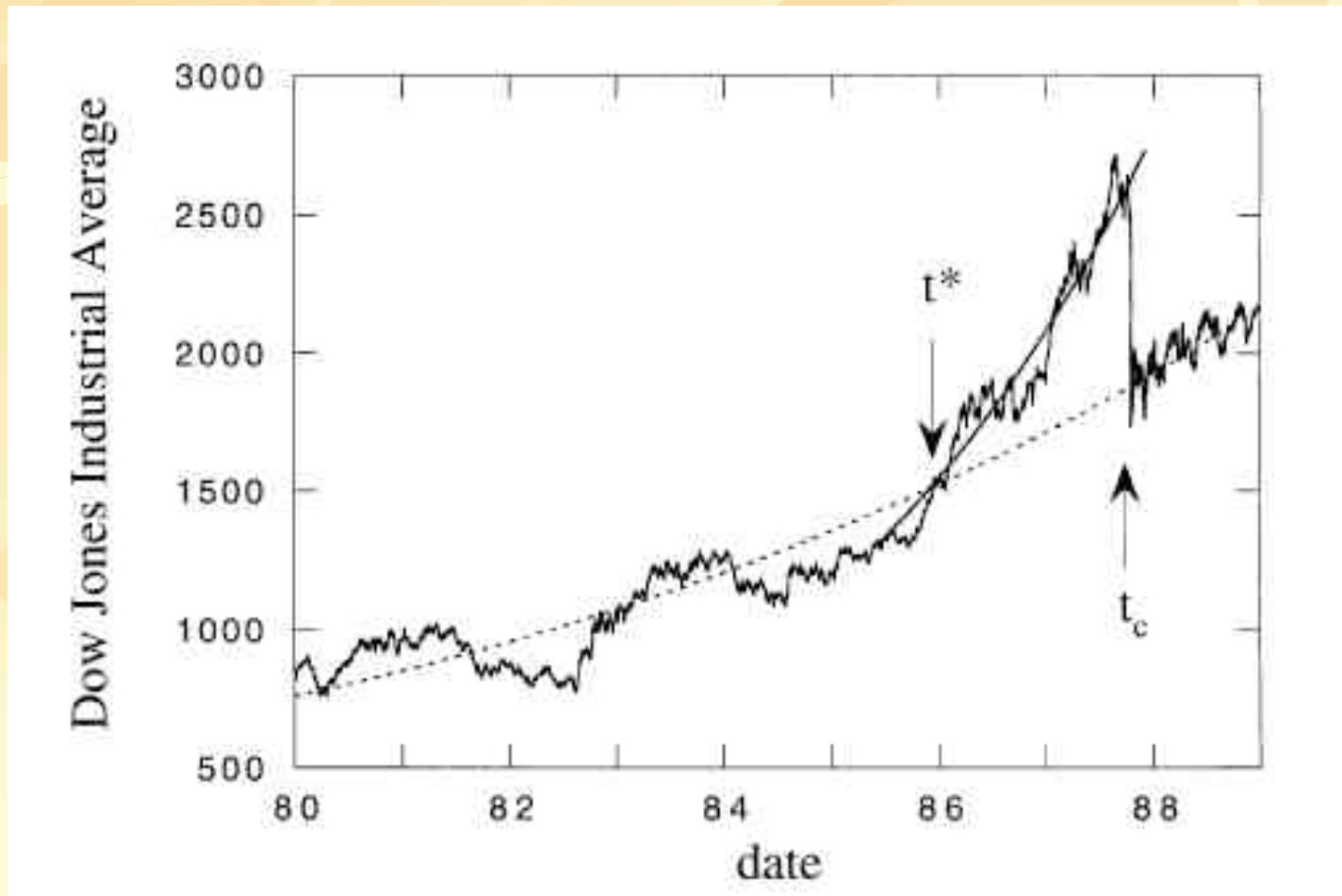


Phase transition(s)



$$C, \kappa, \chi, \xi, \dots \simeq \left[\frac{T_c - T}{T_c} \right]^m$$

Critical fluctuations DJIA 80-88



DEFINITIONS

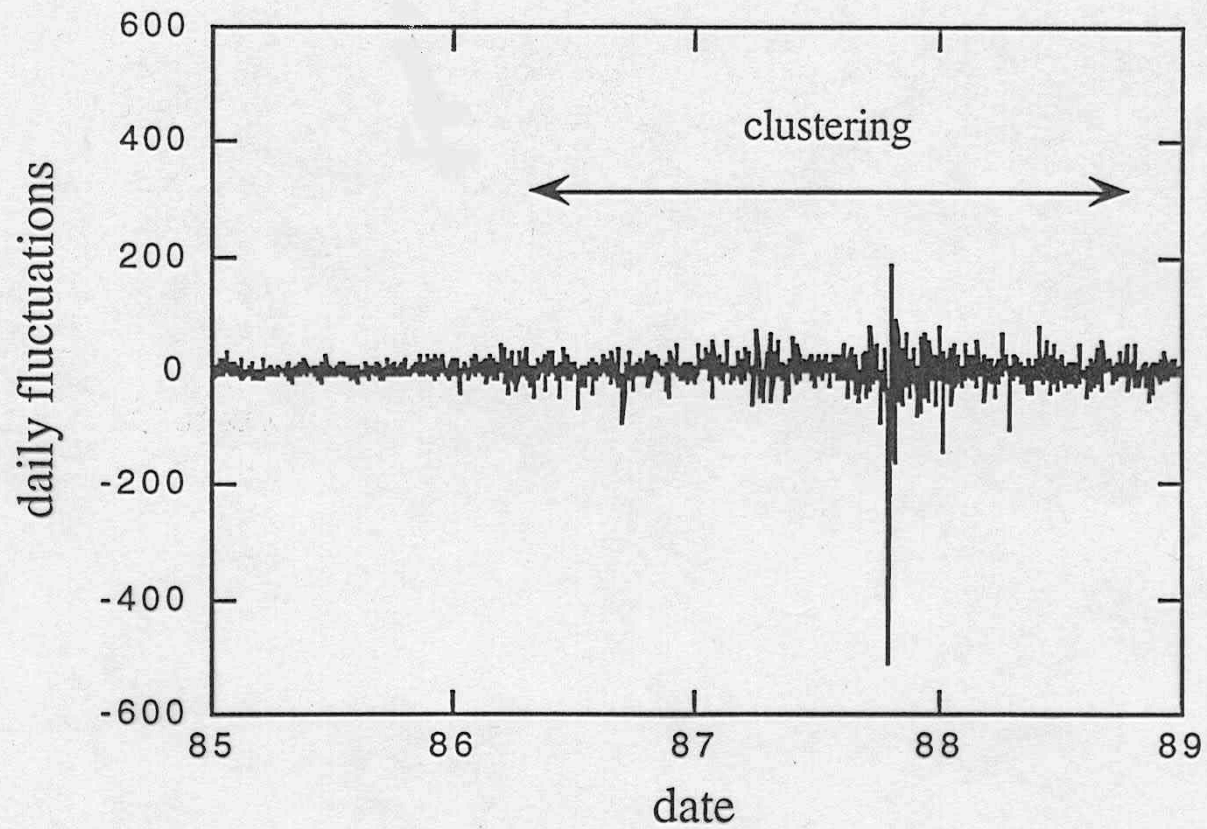
■ ***“Variability”*** $D_{\Delta t} y(t) = y(t+\Delta t) - y(t)$

■ ***“Normalized variability”***

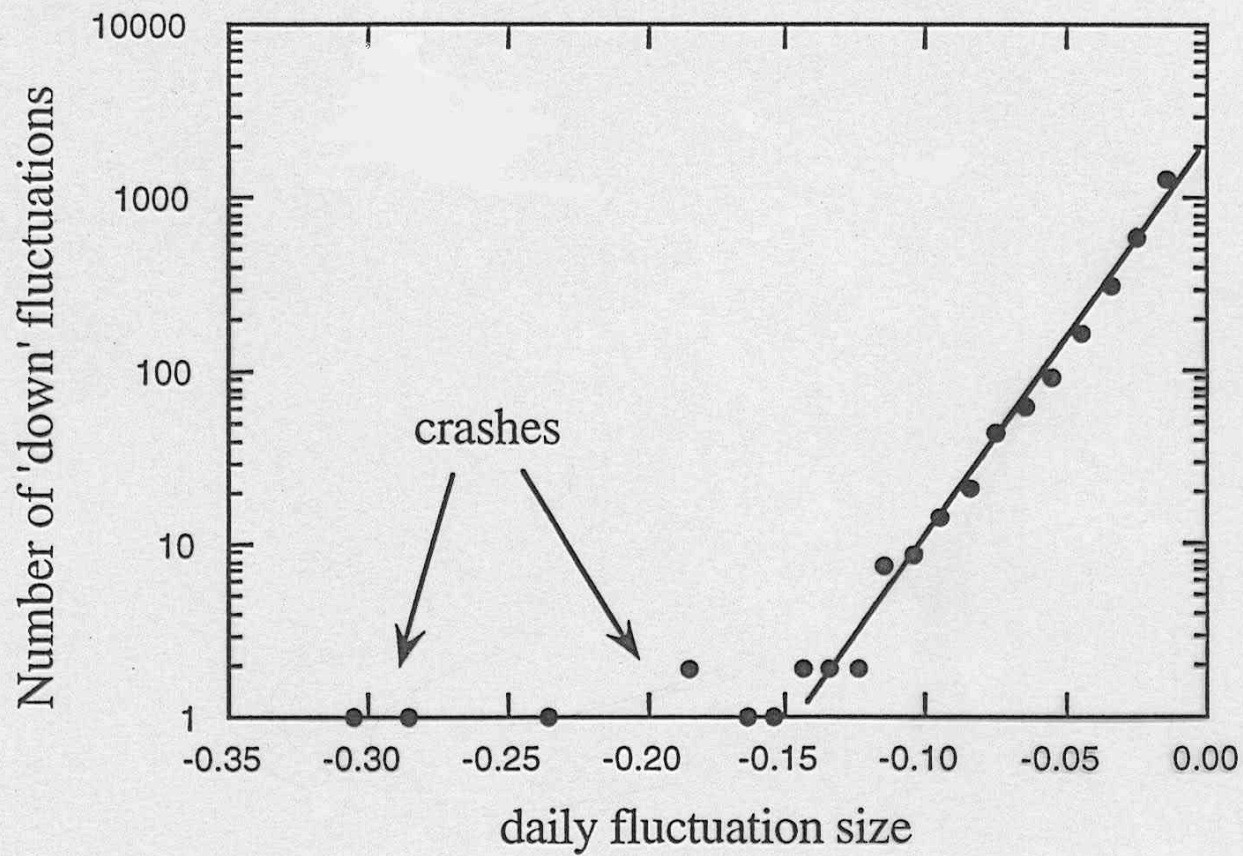
$$Z(t, \Delta t) = [D_{\Delta t} y(t) - \langle D_{\Delta t} y \rangle] / s_{\Delta t}$$

Time lag effect ?

Clustering 87



outliers



October crash timing

- Oct. 27, 1997 : Asian crisis
 - (we predicted the timing at least three months ahead)
 - NYSE market was stopped at 02:00 p.m. (alas)
- Oct. 19, 1987
 - 30% in one day
- Oct. 24, 1929

Monday,, Thursday

DAX phase transitions

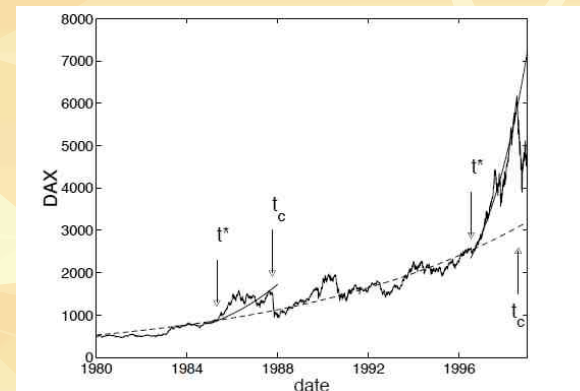


Fig. 3. DAX evolution between Jan.01, 1980 and Dec.31, 1998 with the mean field behavior, the time(s) t^* , corresponding to the *Ginzburg – Levanyuk* temperature bounding the critical fluctuation region, and the critical crash day(s) t_c

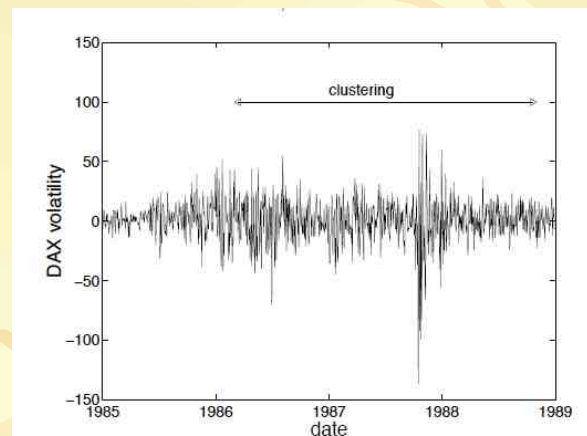


Fig. 2. DAX volatility between Jan. 01, 85 and Dec. 31, 88

Avant novembre

Marchés

BOURSE

Un krach avant novembre ?

La prévision d'un krach boursier s'apparente à la quête du Graal. Beaucoup ont essayé, en vain. Il est toutefois rare que des physiciens épaulent des économistes dans cette recherche. C'est le cas à l'Université de Liège. Verdict : le Dow Jones s'écroulera avant la fin novembre.

Beaucoup estimeront sans doute que prédire l'écroulement de l'indice Dow Jones d'ici deux mois ne constitue pas une performance. L'approche du dixième anniversaire du krach d'octobre 87, et le fait que les bourses, après avoir atteint des sommets, subissent des corrections à répétition, ont ravivé la flamme des Nostradamus, des plus sérieux aux plus fêlés. Et, surtout, il y a ce sentiment diffus, même parmi les esprits les plus solides, qui agit et ne peut continuer comme ça. Et chacun d'essayer de trouver des analogies avec les périodes des krachs précédents, que ce soit au niveau purement boursier ou économique.

UNE APPROCHE PHYSIQUE. La différence entre ce type de «prédictions» et les travaux d'une équipe de physiciens et d'économistes de l'Université de Liège est perceptible dès leur genèse. Tout

commence en effet par des recherches fondamentales en physique. Il ne s'agit donc pas ici d'une recherche qui doit le but d'être mise au point d'une formule miracle permettant de prédire les krachs boursiers, mais l'inverse : les physiciens se sont demandés si les modèles qu'ils avaient élaborés pour expliquer des phénomènes purement physiques, ne s'appliqueraient pas à l'évolution des indices boursiers.

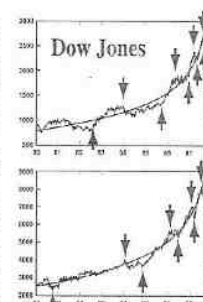
Le professeur Marcel Ausloos et Nicolas Vandewalle, chargé de recherches au FNRS, sont en effet des spécialistes de la physique de l'état solide. Une discipline déjà ancienne qui a pour but de montrer que certains systèmes — un fluide de néon, un tas de sable, une montagne — sont composés de particules qui ont des comportements identiques pour des lois fondamentales, dont la fonction est la même. Plus récemment, on a découvert que des systèmes dynamiques évoluent selon le même type de loi : avalanches, tremblements de terre, formation d'un tas de sable, etc. Tous ces phénomènes se caractérisent par une auto-organisation qui conduit à la formation de structures, toujours les mêmes. Chaque grain de sable ajouté sur un tas provoque une avalanche, qui est une manifestation organisée du système — le tas — jusqu'au moment où il s'écroule. Tout l'intérêt est évidemment de prévoir quand on abouira. Le grain qui va faire s'écrouler tout le tas ! Or le service de physique de l'état solide de l'Université de Liège est spécialisé dans la mise au point de modèles mathématiques pour l'analyse des cristaux. Qui dit cristaux dit évidemment

fracture. Pensez leurs équations leur permettent de prévoir celles-ci dans les cristaux, pourquoi pas dans d'autres phénomènes ? D'autant que des études antérieures avaient été faites sur d'autres systèmes «non naturels» analogues à ces avalanches, que sont par exemple la propagation des bouchons sur une autoroute ou la croissance des villes. Pourquoi pas l'évolution des indices boursiers ?

L'OREILLE DES ÉCONOMISTES. A ce stade de leurs réflexions, les physiciens se sont mis en quête de collègues maîtrisant les mystères des marchés boursiers. Ils ont trouvé une oreille attentive chez Albert Minguet, professeur de théorie économique et de finances publiques, et son assistant, Philippe Boveaux, tous deux également de l'Université de Liège.

Cette collaboration initiale a débouché sur la mise au point d'une formule mathématique assez complexe.

LES VARIATIONS DU DOW JONES AU COURS DES DEUX DERNIÈRES DÉCAENNIES. Lors des années 80, les augmentations de correction importantes se sont succédées de plus en plus rapidement avant le krach. Une attitude troublante avec ce qui se passe aujourd'hui.



20 ENTREPRENEUR

TENDANCES - 18 SEPTEMBRE 1989

Trends Tendances

BOURSE

Un krach avant novembre ?

La prévision d'un krach boursier s'apparente à la quête du Graal. Beaucoup ont essayé, en vain. Il est toutefois rare que des physiciens épaulent des économistes dans cette recherche. C'est le cas à l'Université de Liège. Verdict : le Dow Jones s'écroulera avant la fin novembre.

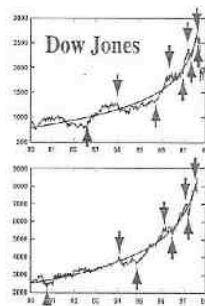
Beaucoup estiment sans doute que prédire l'écroulement de l'indice Dow Jones d'ici deux mois ne constitue pas une performance. L'approche du dixième anniversaire du krach d'octobre 87, et le fait que les Bourses, après avoir atteint des sommets, subissent des corrections à répétition, ont ravivé la flamme des Nostalgiques, des plus sérieux aux plus farfelus. Et, subodinant à ce sentiment d'été, même parmi les esprits les plus solides, que ça ne peut continuer comme ça. Et chacun d'essayer de trouver des analogies avec les périodes des krachs précédents, que ce soit au niveau purément boursier ou économique.

UNE APPROCHE PHYSIQUE. La différence entre ce type de prédictions et les travaux d'une équipe de physiciens et d'économistes de l'Université de Liège est perceptible dès leur genèse. Tout

commence en effet par des recherches fondamentales en physique. Il ne s'agit donc pas ici d'une recherche sur le but d'être de mettre au point une formule miracle permettant de prédire les krachs boursiers, mais l'inverse : les physiciens se sont demandés si les modèles qu'ils avaient élaborés pour expliquer des phénomènes purement physiques, ne s'appliqueraient pas à l'évolution des indices boursiers.

Le professeur Marcel Ausloos et Nicolas Vandewalle, chargé de recherches au FNRS, sont en effet deux spécialistes de la physique de l'état solide. Une discipline déjà ancienne qui permet de montrer que certains systèmes — un flocon de neige, un tas de sable, une montagne — sont composés de « briques » toujours identiques pouvant donc être décrits par des lois en puissance, dont l'analyse la plus simple est la théorie de l'avalanche.

Plus récemment, on a constaté que des systèmes dynamiques fonctionnant également selon le même type de loi : les réactions, tremblements de terre, démantèlement d'un tas de sable, etc. Tous ces phénomènes se caractérisent en effet par une auto-organisation par répétition de ce qu'on pourrait appeler des petites avalanches, toujours les mêmes, jusqu'à la rupture. Chaque grain de sable que l'on ajoute sur un tas provoque ainsi une mini-avalanche, qui en même temps élargit le système — le tas grandit — jusqu'au moment où il s'écroule. Tout l'intérêt est évidemment de prévoir quand on ajoute LE grain qui va faire s'écrouler tout le tas. C'est le service de physique de l'état solide de l'Université de Liège est spécialisé dans la mise au point de modèles mathématiques pour la croissance cristalline. Qui dit croissance dit équilibre.



LES VARIATIONS DU DOW JONES AU COURS DES DERNIERS MOIS. Les supermarchés de correction importants se sont succédé de plus en plus rapidement avant le krach. Une similitude troublante avec ce qui se passe aujourd'hui.

ment, fracture. Puisque leurs équations leur permettaient de prévoir celles-ci dans les cristaux, pourquoi pas dans d'autres phénomènes ? D'autant que des études similaires avaient été faites sur d'autres systèmes « non naturels » analogues à des avalanches, que sont par exemple la propagation des bouillons sur une autoroute ou la croissance des villes. Pourquoi pas l'évolution des indices boursiers ?

L'OREILLE DES ÉCONOMISTES. A ce stade de leurs réflexions, les physiciens se sont mis en quête de collègues maîtrisant les mystères des marchés boursiers. Ils ont trouvé une oreille attentive chez Albert Minget, professeur de finance publique, et son assistant, Philippe Boveux, tous deux également de l'Université de Liège.

Cette collaboration inhabituelle a débouché sur la mise au point d'une formule mathématique assez complexe.



ALBERT MINGET, PHILIPPE BOVEUX, MARCEL AUSLOOS ET NICOLAS VANDEWALLE. Deux économistes et deux physiciens en quête d'une formulation qui permettrait de prédire les événements des indices boursiers.



TENDANCES - 18 SEPTEMBRE 1987

20 ENTREPRENEM

Editorial

NOUS L'AVIONS ANNONCÉ !

Dans notre numéro du 18 septembre dernier, nous avions écrit que le Dow Jones devait s'écrouler avant la fin du mois de novembre. Faute de mieux, puisque ce lundi 27 octobre, Wall Street a dû interrompre ses cotations avant l'heure normale de fermeture : l'indice Dow Jones avait en effet alors perdu plus de 550 points, soit plus de 7 %. En point, la baisse est plus importante que celle qui s'est produite dix ans plus tôt, à une semaine près.

Ne tirons nulle gloire de cette performance : elle doit revenir à une équipe de chercheurs liégeois, plutôt économistes et physiciens, menés par les professeurs Ausloos et Minget. Appliquant aux variations des indices boursiers des théories qui ont cours en physique de l'état solide, ils ont pu prédire les variations de cours pour différentes Bourses, et les points de rupture de celles-ci. Or, plus récemment, ils sont parvenus à déterminer des intervalles de temps boursiers avant lesquels les événements annoncés devaient se produire. Et ces prévisions s'affaiblissent évidemment au fur et à mesure que la date butoir se rapproche. La veille du krach encore, le professeur Ausloos nous avait fait parvenir un fax précisant que, lundi du moins, la baisse en pourcentage n'a pas été comparable à celle d'octobre 87 : pour les physiciens, le krach est à prendre au sens d'anomalie importante dans une séquence, de rupture. Ce qui peut se traduire par un ensemble de corrections répétées rapidement, qu'il y ait ou non l'établissement de leur stratégie.

Comme nous n'avons pas la prétention de croire que tous les marchés financiers nous tiennent en haleine, nous ne pouvons pas nous risquer dans l'établissement de leur stratégie, il faut donc en conclure que ce n'est pas cette annonce, aussi précise soit-elle, qui a provoqué la chute de Wall Street. Qu'est-ce qui, alors, l'explique ? On imagine sans peine les analyses qui vont se succéder à partir de mardi. Mais il faut remarquer que, dans la formule des chercheurs liégeois, il n'y a aucune variable économique ou financière. Les seules prises en compte sont physiques : amplitude, période d'oscillation, temps, etc. Ce qui oblige à repenser le problème de la détermination d'un tel événement : quoi que fasse l'homme, le krach intervient. C'est d'autant plus étonnant que suite à celui de 1987, des coupe-circuits

ont été mis en place afin d'éviter la répétition de pareilles mésaventures (lire en page 47). Mais comme le montre ce qui s'est passé lundi à Wall Street, les interventions pour limiter la casse (sans eux, la perte en pourcentage aurait été plus importante, peut-être aurait-elle atteint celle de 1987), pas pour empêcher tout début de choc.

Se heurter sur cette conception déterministe est cependant une mauvaise manière de poser le problème : c'est bien entendu l'homme qui provoque le krach. Simplement, sa croyance dans le fait que « cela ne peut plus durer comme cela » est plus forte que toute autre analyse. Et il finit toujours, sur les marchés boursiers comme ailleurs, par provoquer ce qu'il redoute plus que tout. Ce qui montre cette intrusion récurrente des physiciens dans le monde des marchés financiers, ce n'est pas que la finance est déterministe. C'est, plus prosaïquement, qu'elle n'a pas grand-chose à voir avec l'activité économique, qu'elle obéit à d'autres lois, très répétitives parce que, jusqu'à aujourd'hui, le comportement des hommes n'a guère varié. Et qu'il est très vain de vouloir tenter une explication de type économique.

De nombreuses études ont d'ailleurs déjà montré cette absence de lien. Une des raisons principales est évidemment que les indices boursiers tendent à suivre la fin de la performance individuelle d'entreprises. Et que les profits de celles-ci (variables essentielles pour l'établissement des cours) peuvent être décalés par rapport à l'activité économique globale. A-t-on aussi répété que ce qui est bon pour une entreprise en particulier — l'écroulement, par exemple — ne l'est pas nécessairement pour l'économie globale et réciproquement. Dans cette optique, entendre le président des États-Unis en appeler au calme parce que les fondamentaux de l'économie sont sains, à quelques choses de pathétique. Mais lui-même, sans doute, savait parfaitement qu'il s'agissait d'une intervention « politique ». Les indices boursiers sont d'abord tribunes des résultats de chaque entreprise... jusqu'à un certain moment (et c'est le cas aujourd'hui), où les interventions sur les marchés se rendent compte qu'il y a fait entrer cet indice plus rapidement que les données réelles. La correction intervient alors. Ce que les formules mathématiques des physiciens semblent montrer, c'est que ces corrections interviennent chaque fois selon le même scénario, à partir du moment où le système connaît des variations de plus en plus fortes et rapprochées. Rien que de très banal en somme, comme un tas de sable qui s'effondre, ou un grain après grain : d'abord il ne se passe rien, du moins de visible, puis les mini-avalanches se succèdent de plus en plus vite et finalement, le tas s'écroule. Les Bourses viennent de s'écrouler.

HENRI DUPUIS



Le 18 septembre, nous écrivions : « Le Dow Jones s'écroulera avant la fin novembre ». Pari tenu ce 27 octobre, grâce aux travaux de chercheurs liégeois menés par les professeurs Ausloos et Minget.

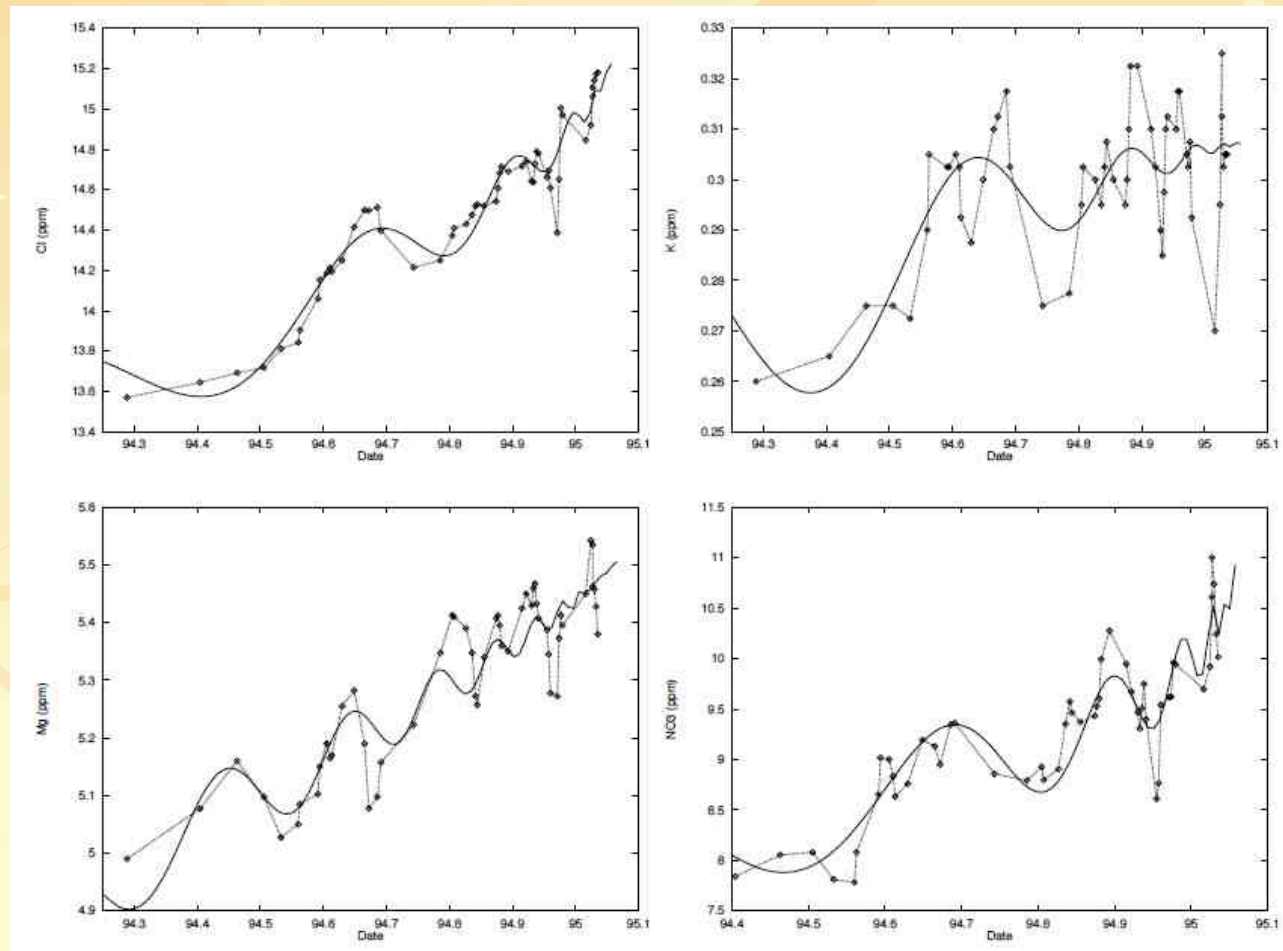
EDITORIAL - 11

TENDANCES - 30 OCTOBRE 1987

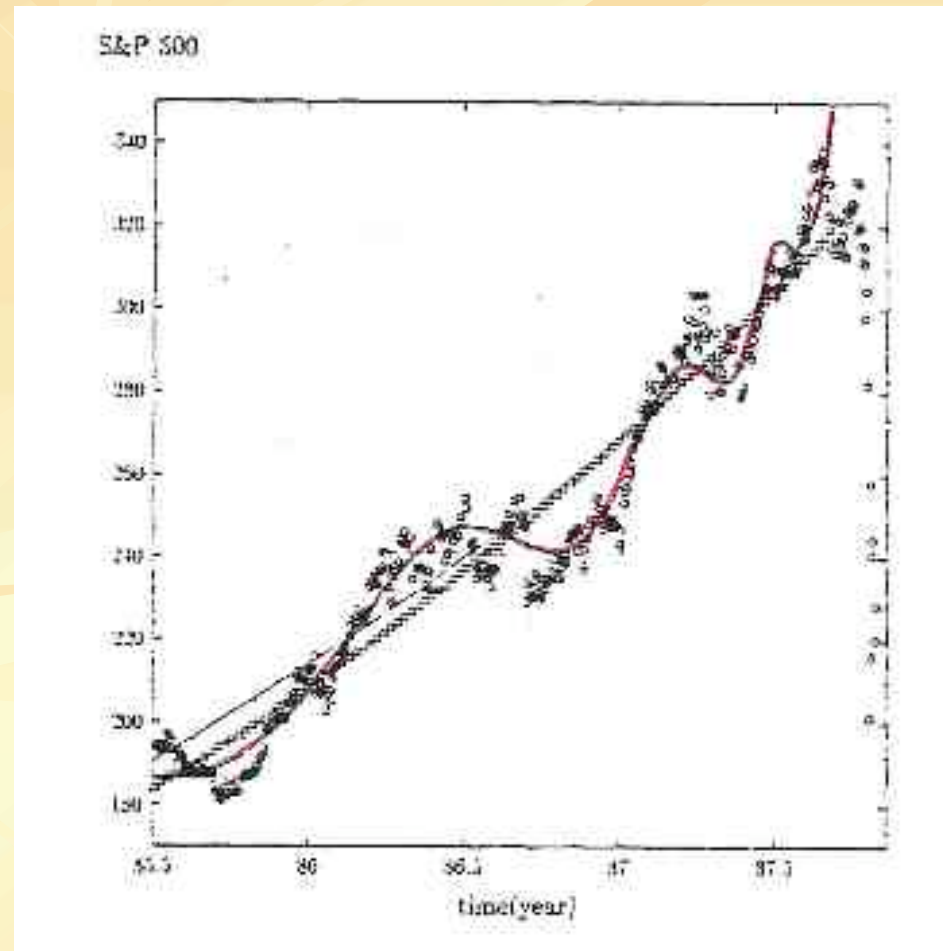
4. Earthquakes ... and Sand Piles

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

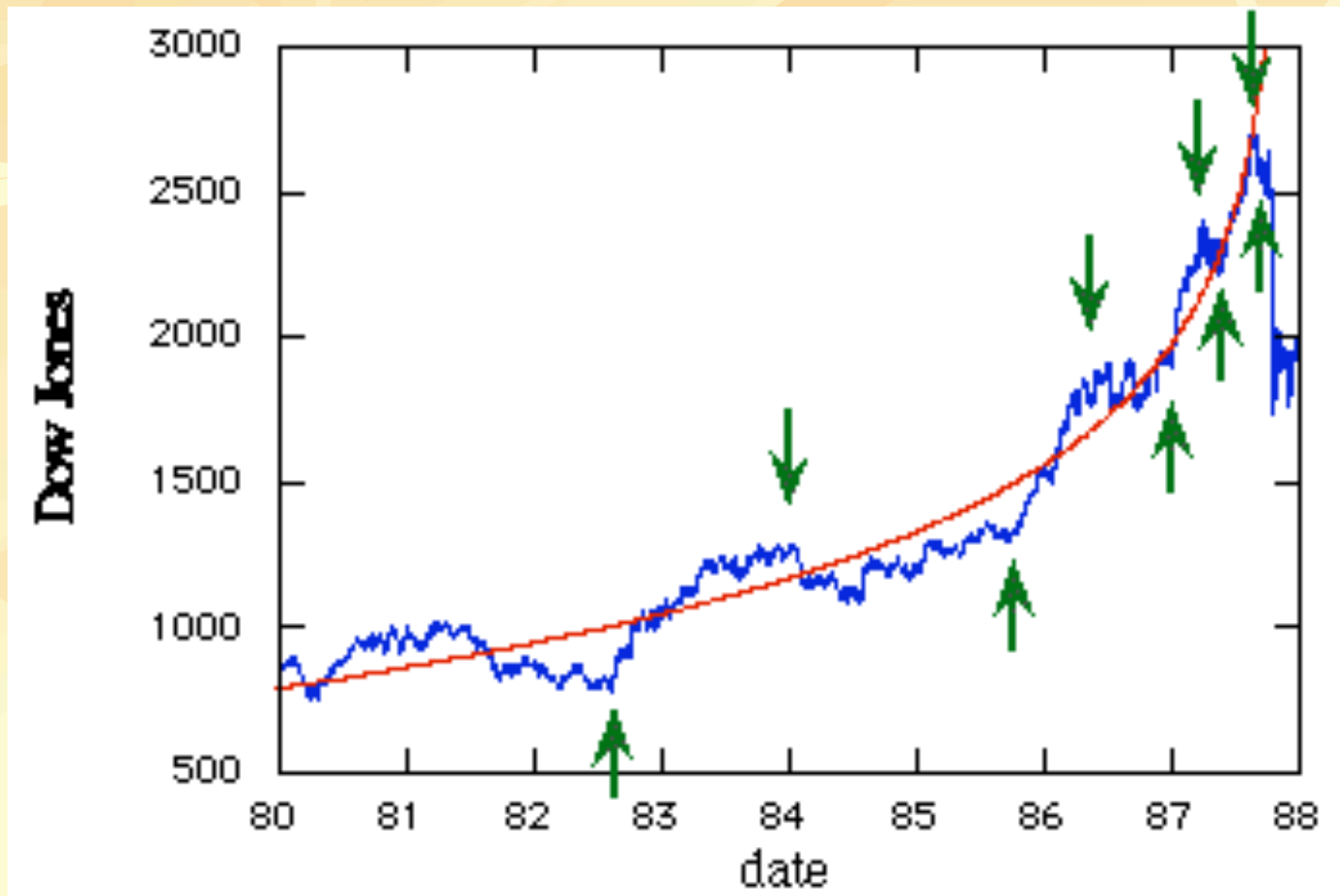
Kobe earthquake/ions



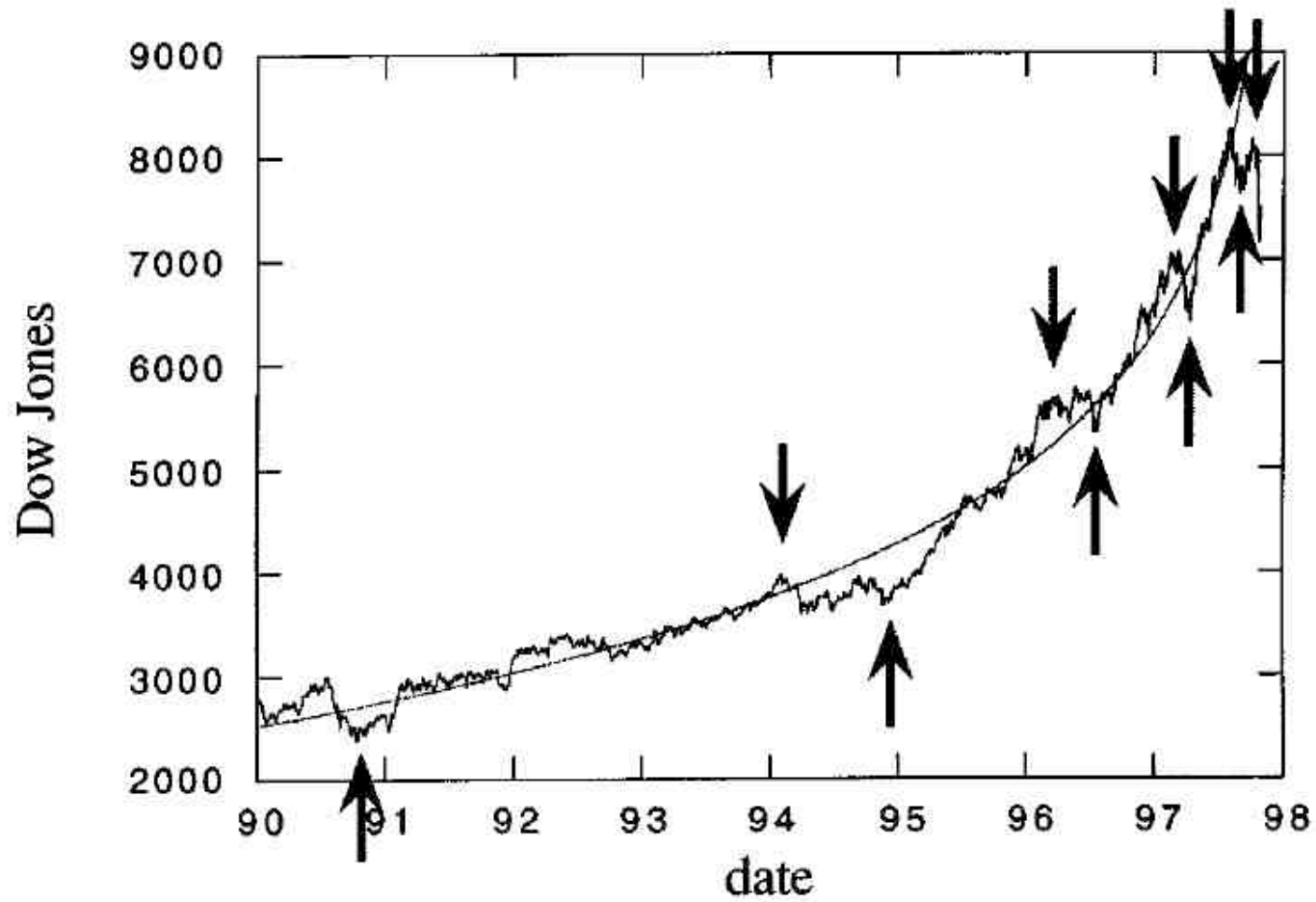
SP500 85.5-87.5 earthquake analogy



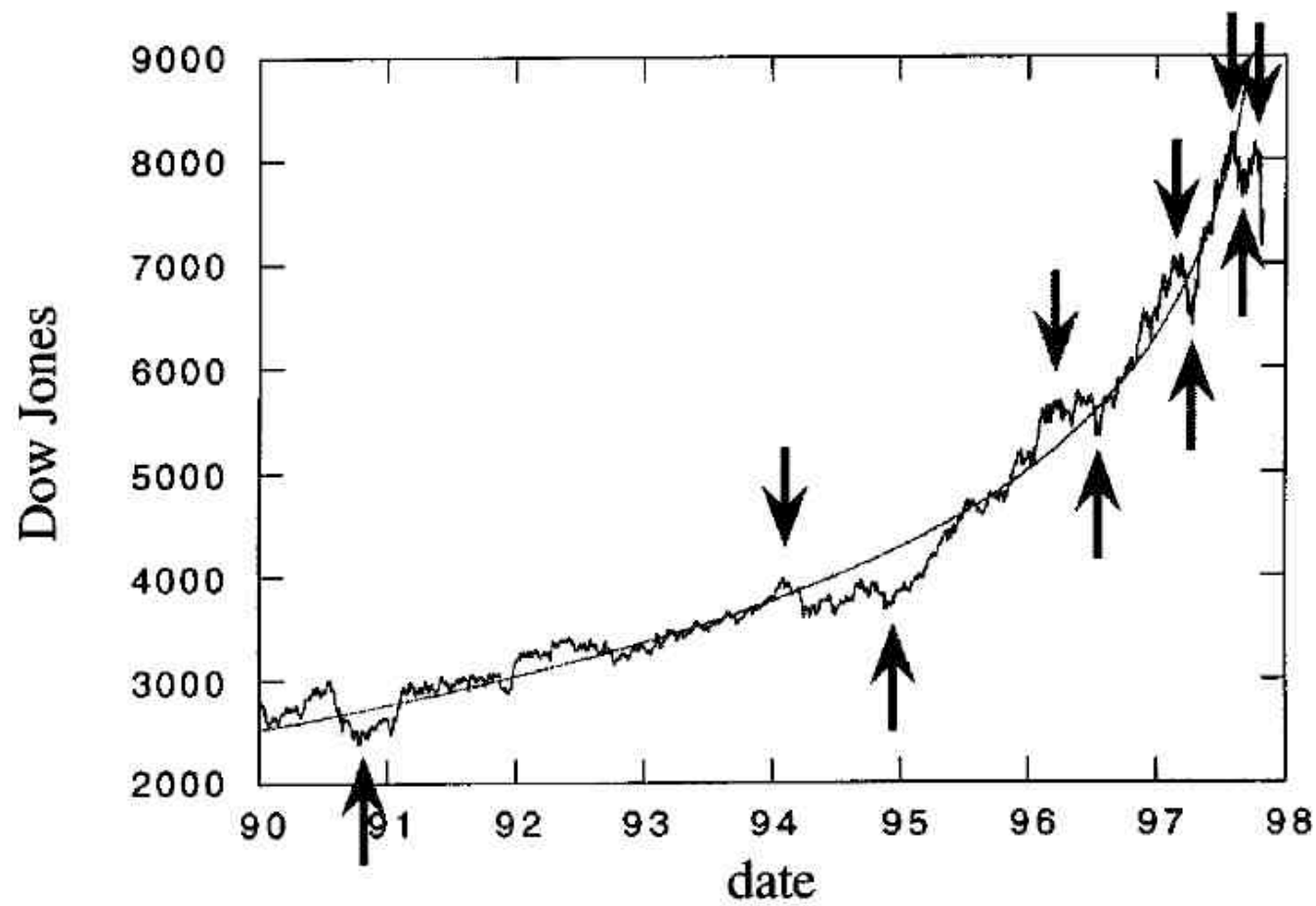
DJIA 87



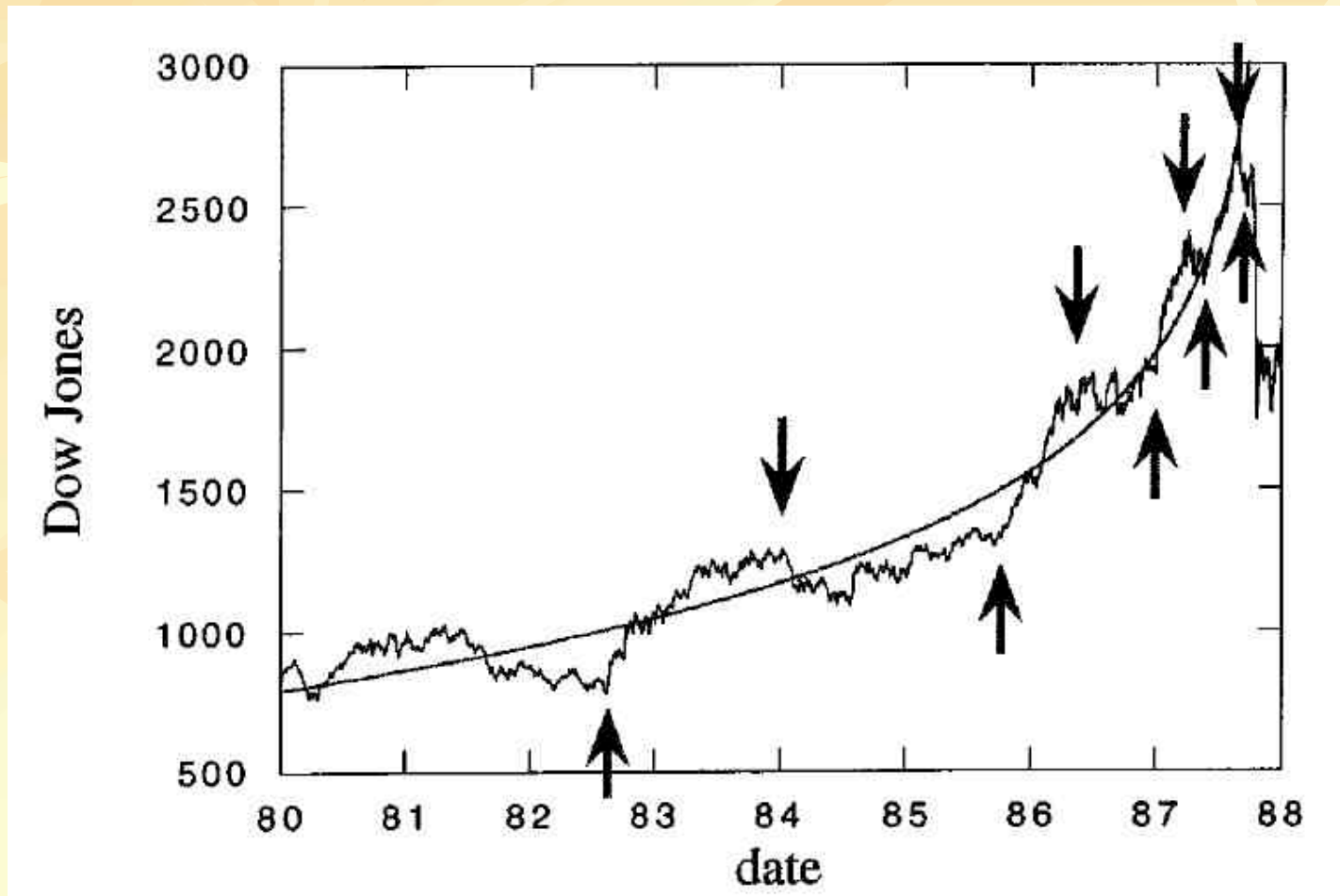
DJIA 97



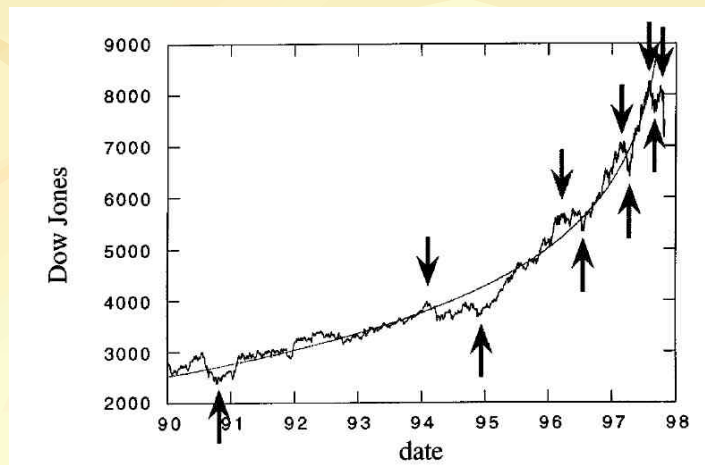
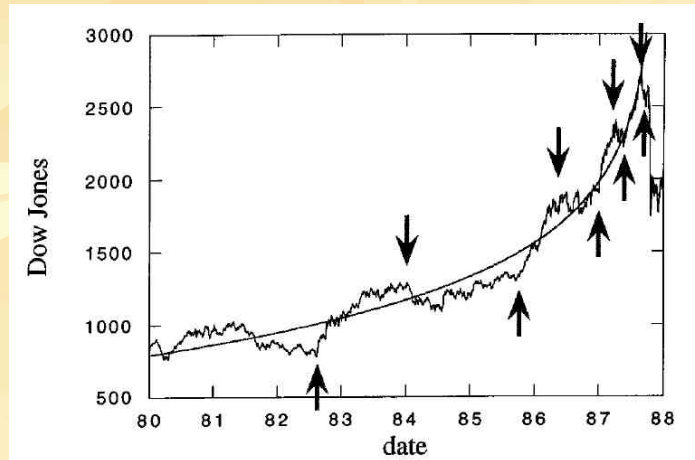
DJIA 98



DJIA 88



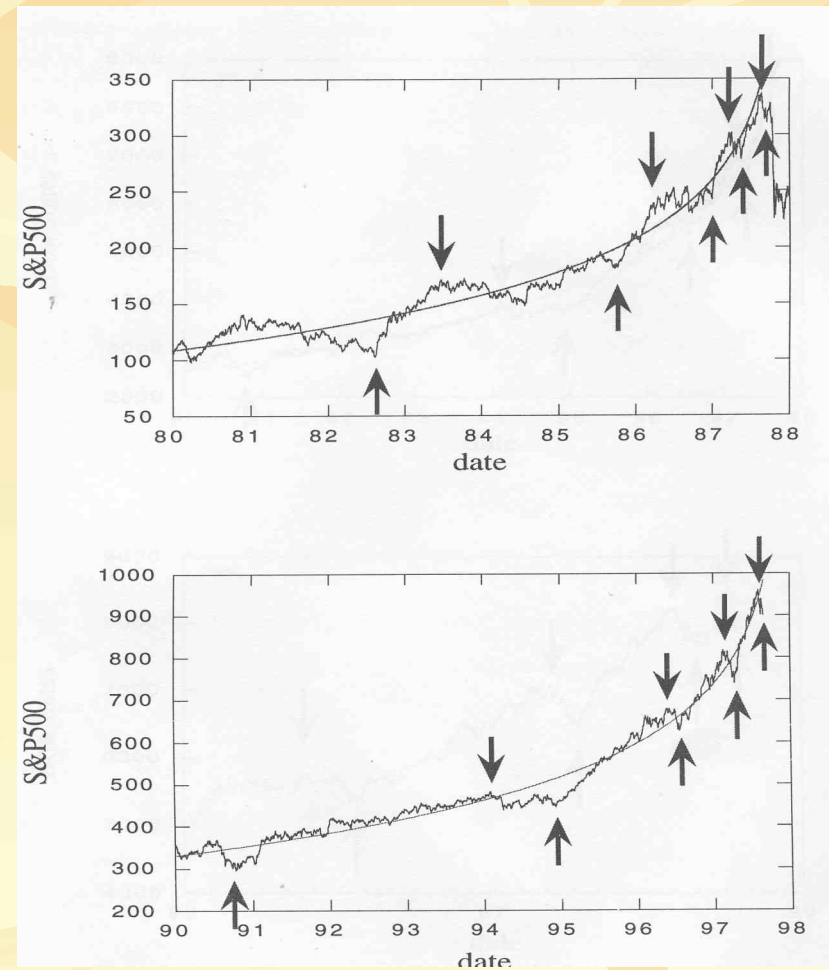
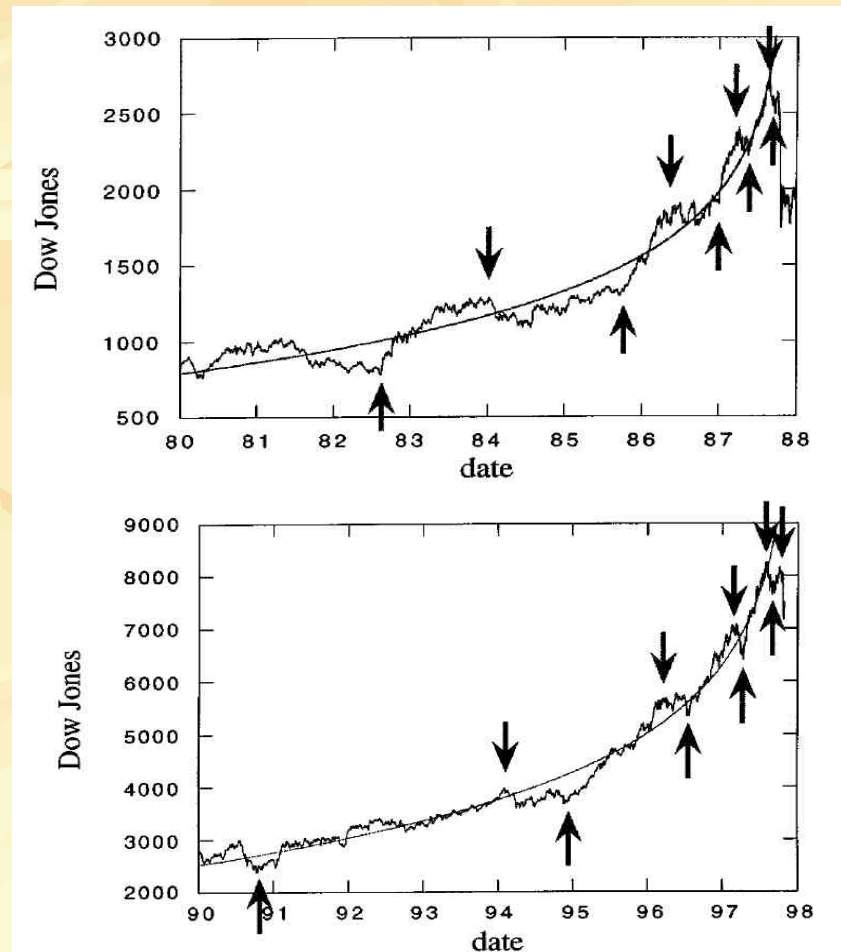
DJ : 88; 98



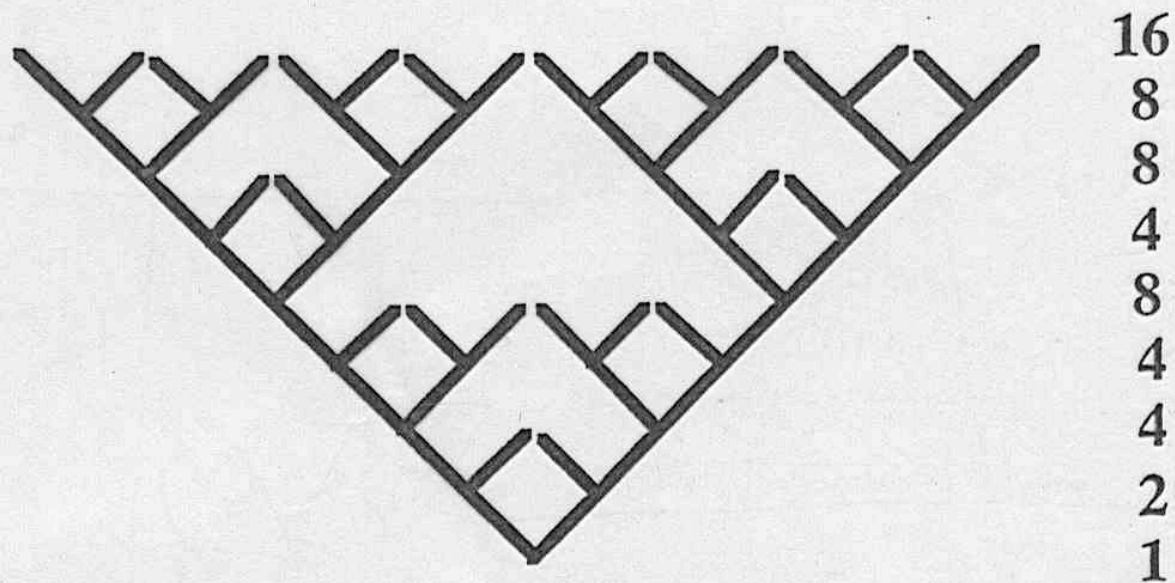
5. ... Discrete Scale Invariance

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

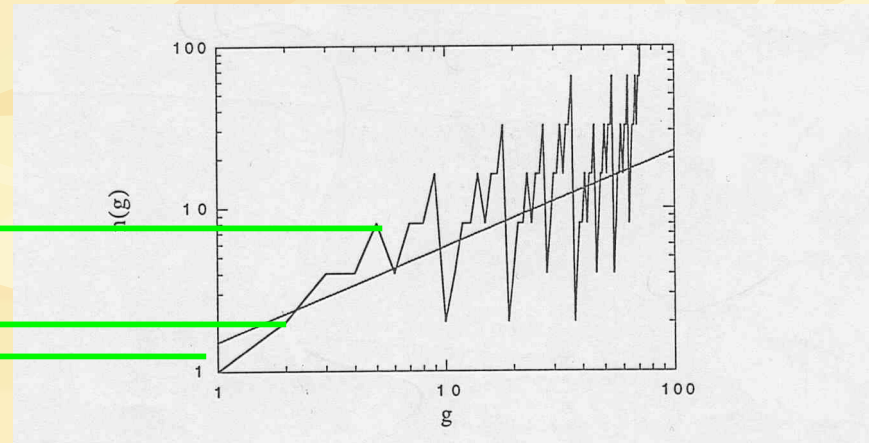
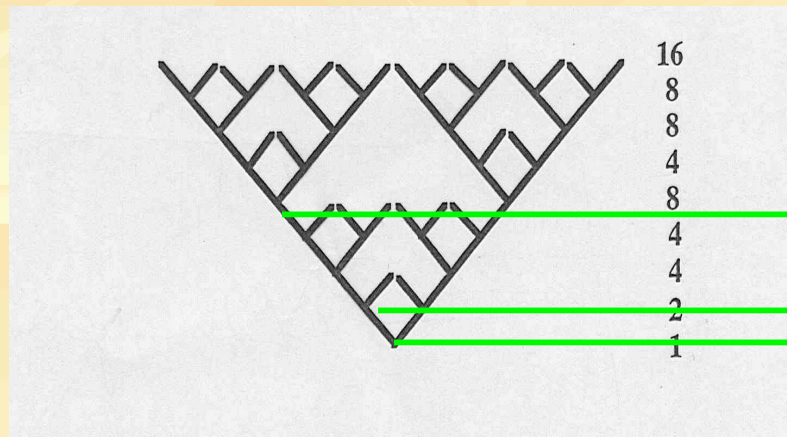
80-88 90-98



DSI (tree)



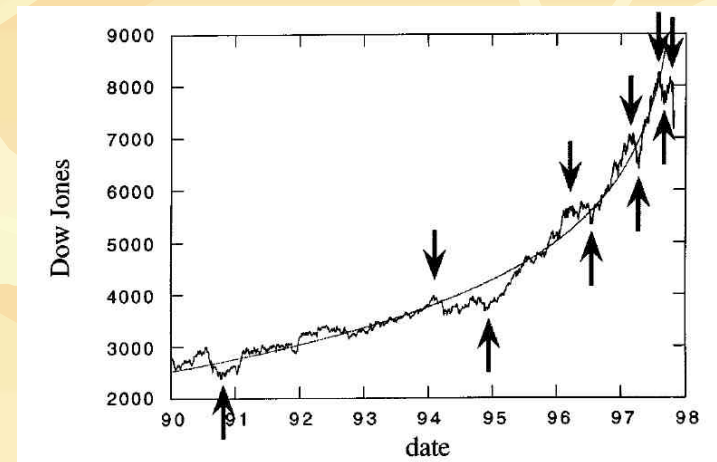
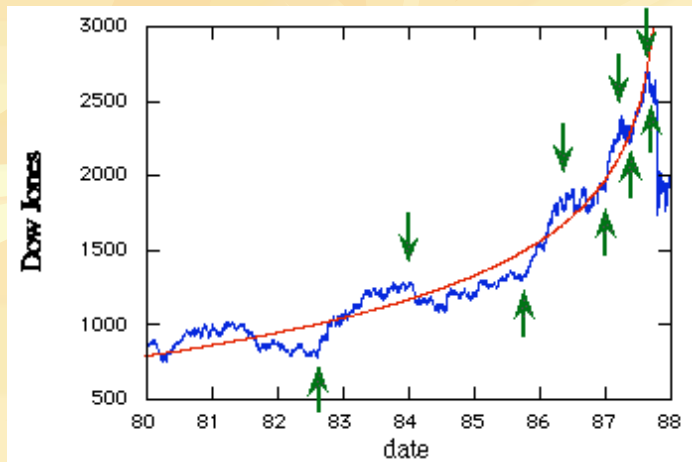
DSI log-Periodic



■ $slope = D_f - 1$

$$\rightarrow D_f = \frac{\ln(3)}{\ln(2)} + i \frac{2k\pi}{\ln(2)}$$

Universality ?



$$y \sim \Re \left\{ \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right)^{-m + i\omega} \right\}$$

$$y = A + B \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right)^{-m} \left[1 + C \sin \left(\omega \ln \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right) + \phi \right) \right] \quad \text{for } t < t_c \quad (1)$$

for fit log-P

$$y = A + B \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right)^{-m} \left[1 + C \sin \left(\omega \ln \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right) + \phi \right) \right] \quad \text{for } t < t_c \quad (1)$$

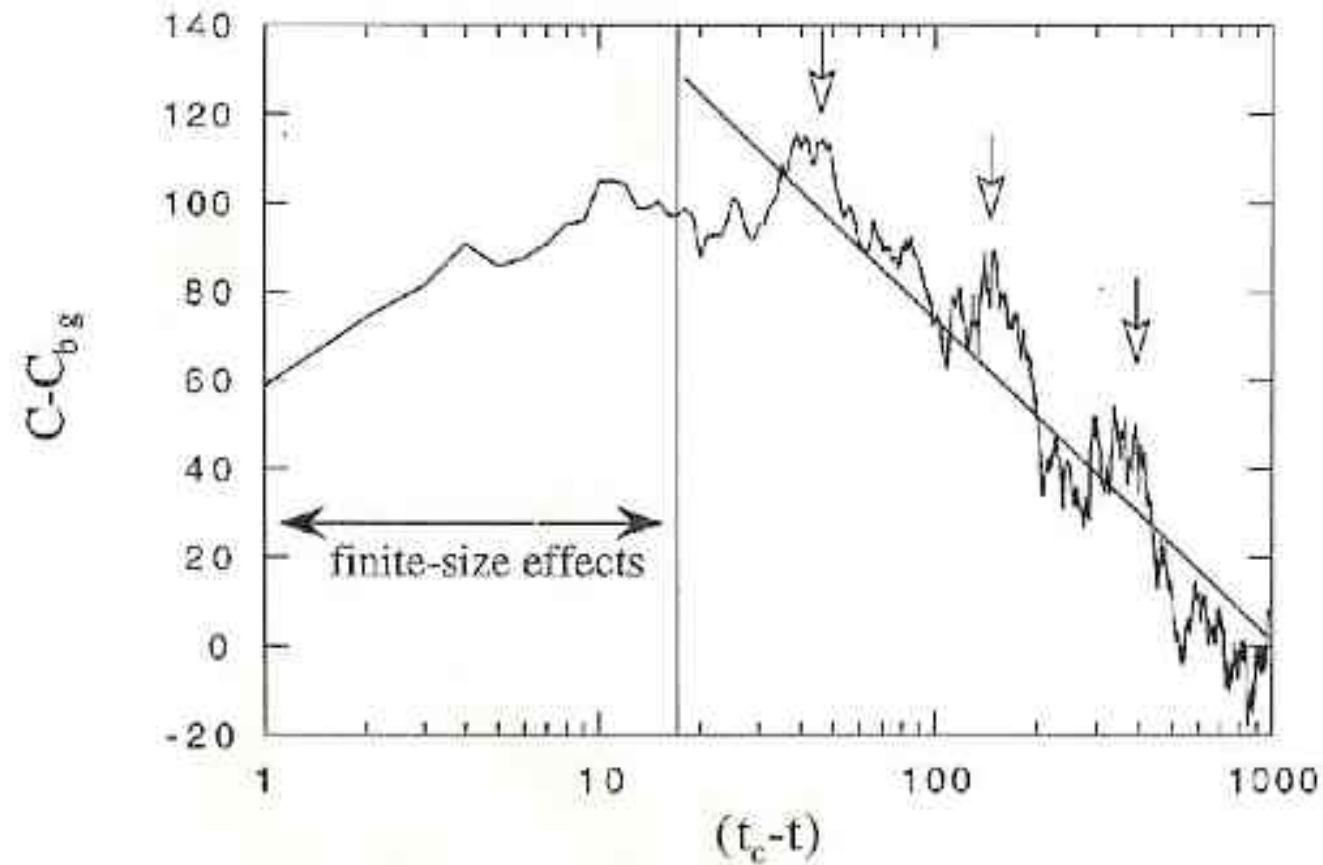
$$y = A + B \ln \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right) \left[1 + C \sin \left(\omega \ln \left(\frac{t_c - t}{t_c} \right) + \phi \right) \right] \quad \text{for } t < t_c. \quad (2)$$

divergence fit parameters

Table 2. Values of the coefficients in Eq. (1) that result from fitting different financial indices to Eq. (1)

Period	Index	m	A	B	t_c^{div}	R
80-87	Dow	0	-499.4 ± 16.1	-532.9 ± 5.6	87.85 ± 0.02	0.951
80-87	Dow	1/3	-526.6 ± 20.8	614.7 ± 8.6	88.22 ± 0.03	0.956
80-87	Dow	1/2	-5.7 ± 15.2	257.8 ± 4.1	88.46 ± 0.04	0.956
80-87	S&P500	0	-57.4 ± 2.5	-68.9 ± 0.9	87.89 ± 0.03	0.947
80-87	S&P500	1/3	-80.3 ± 3.7	88.2 ± 1.6	88.45 ± 0.04	0.949
80-87	S&P500	1/2	-11.6 ± 2.8	38.8 ± 0.8	88.78 ± 0.05	0.949
80-87	FTSE	0	-563.5 ± 31.9	-512.9 ± 9.8	87.85 ± 0.03	0.960
80-87	FTSE	1/3	-449.9 ± 41.4	549.9 ± 15.1	88.21 ± 0.05	0.958
80-87	FTSE	1/2	59.1 ± 31.5	222.3 ± 7.1	88.41 ± 0.06	0.956
90-97	Dow	0	-1919.6 ± 38	-1762 ± 13.4	97.92 ± 0.02	0.978
90-97	Dow	1/3	-2100.4 ± 49	2081.8 ± 20.3	98.39 ± 0.03	0.982
90-97	Dow	1/2	-360.1 ± 35.8	882 ± 9.7	98.68 ± 0.04	0.982
90-97	S&P500	0	-141.5 ± 4.4	-187 ± 1.5	97.90 ± 0.02	0.974
90-97	S&P500	1/3	-161.4 ± 6.1	221.3 ± 2.5	98.38 ± 0.03	0.976
90-97	S&P500	1/2	23.2 ± 4.5	93.9 ± 1.2	98.67 ± 0.04	0.976
90-97	FTSE	0	-499.1 ± 46.9	-1109.9 ± 19	98.44 ± 0.04	0.951
90-97	FTSE	1/3	-1310 ± 86	1633.3 ± 40.9	99.51 ± 0.08	0.948
90-97	FTSE	1/2	-189.8 ± 66.3	770.6 ± 22.3	00.10 ± 0.10	0.948

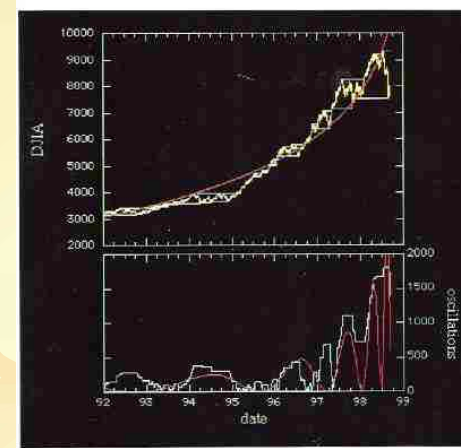
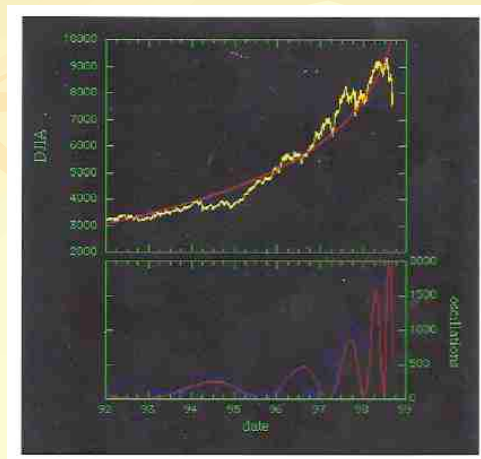
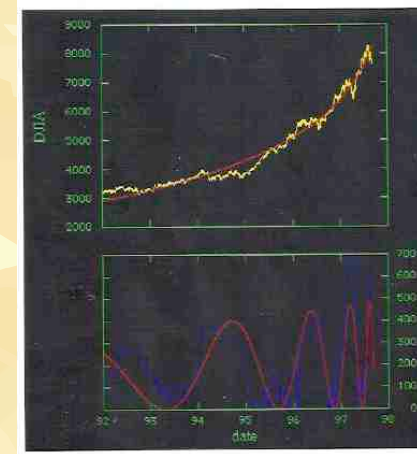
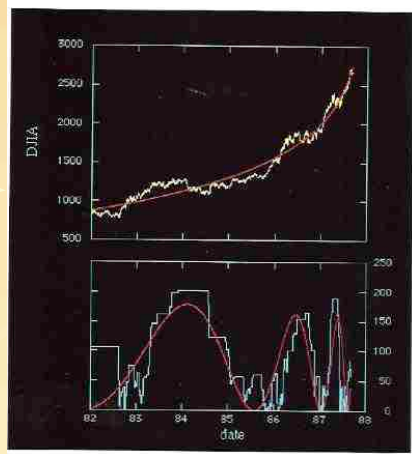
log div. specific heat SP500



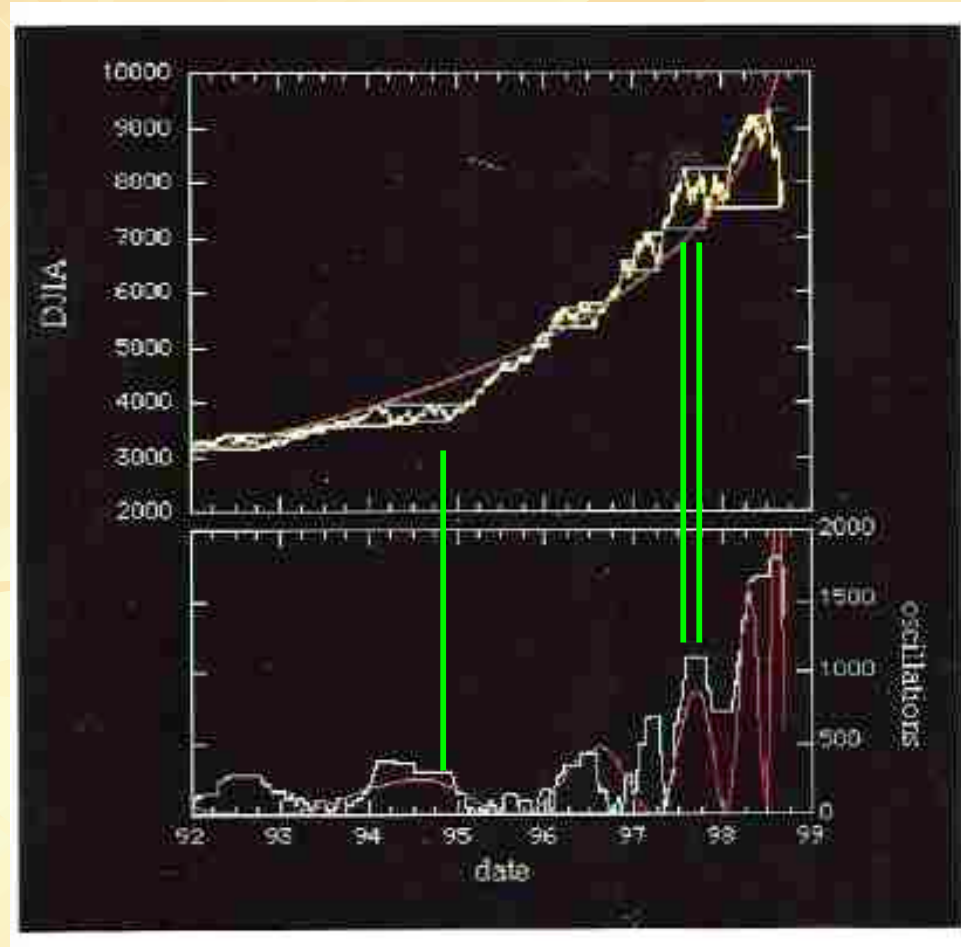
log divergence parameter fits

indice - (période)	$t_c^{div} (m \neq 0)$	$t_c^{div} (m = 0)$	λ	t_c^{osc}	t_c
DJIA (80-87)	88.46 ± 0.04	87.85 ± 0.02	2.382 ± 0.123	87.91 ± 0.10	87.79
DJIA (90-97)	98.68 ± 0.04	97.92 ± 0.02	2.278 ± 0.045	97.89 ± 0.06	97.81
S&P500 (80-87)	88.78 ± 0.05	87.89 ± 0.03	2.528 ± 0.127	87.88 ± 0.07	87.79
S&P500 (90-97)	98.67 ± 0.04	97.90 ± 0.02	2.549 ± 0.163	97.85 ± 0.08	97.81

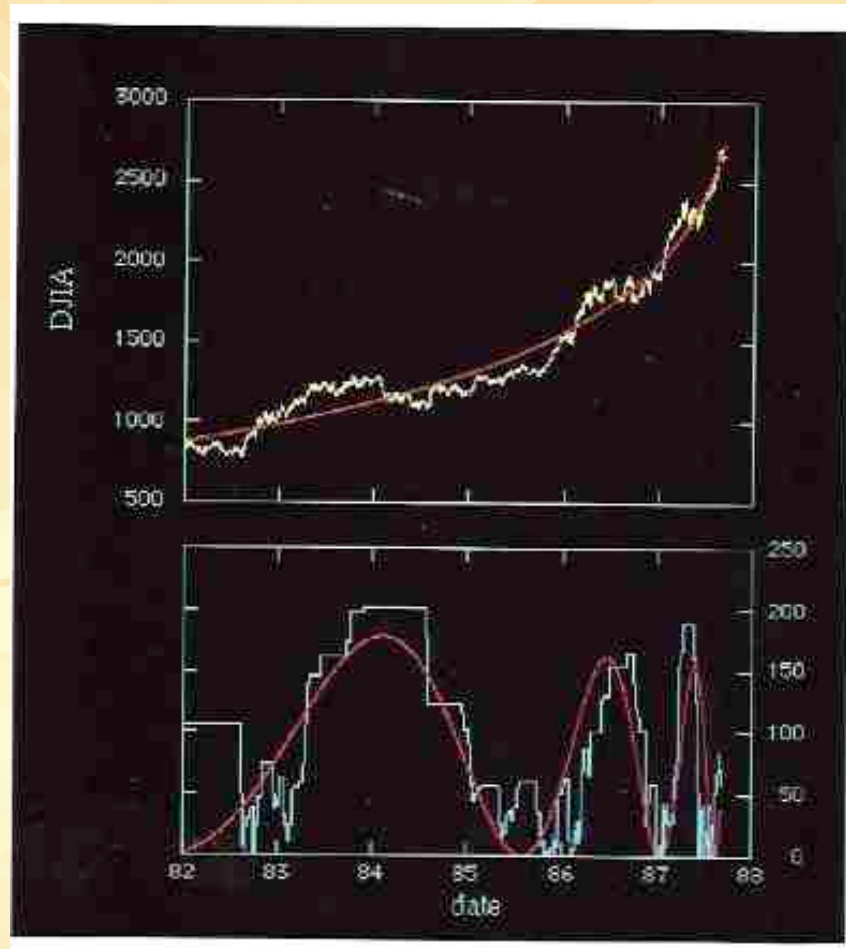
Double enveloppes



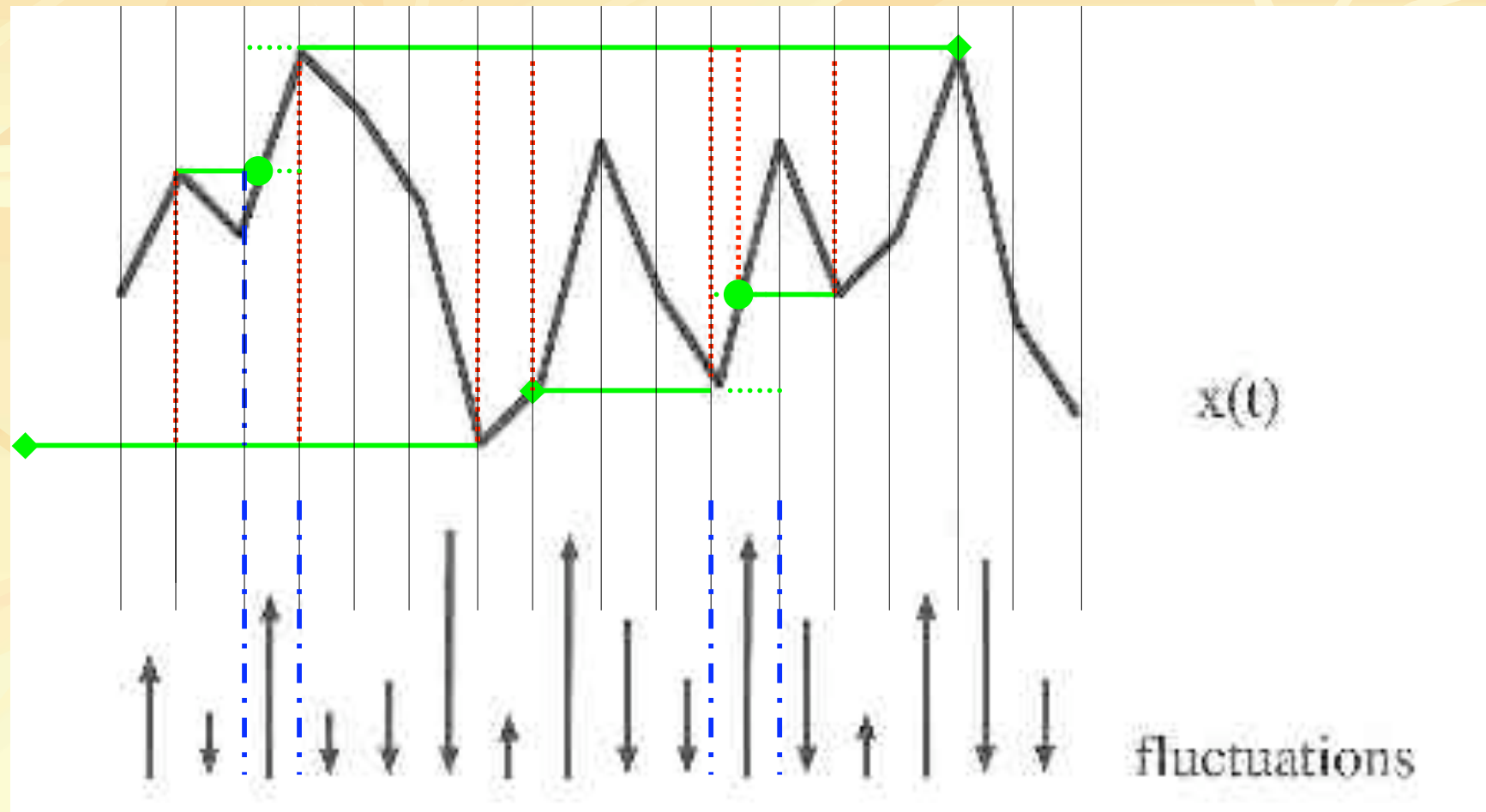
Double envelope : 92-99



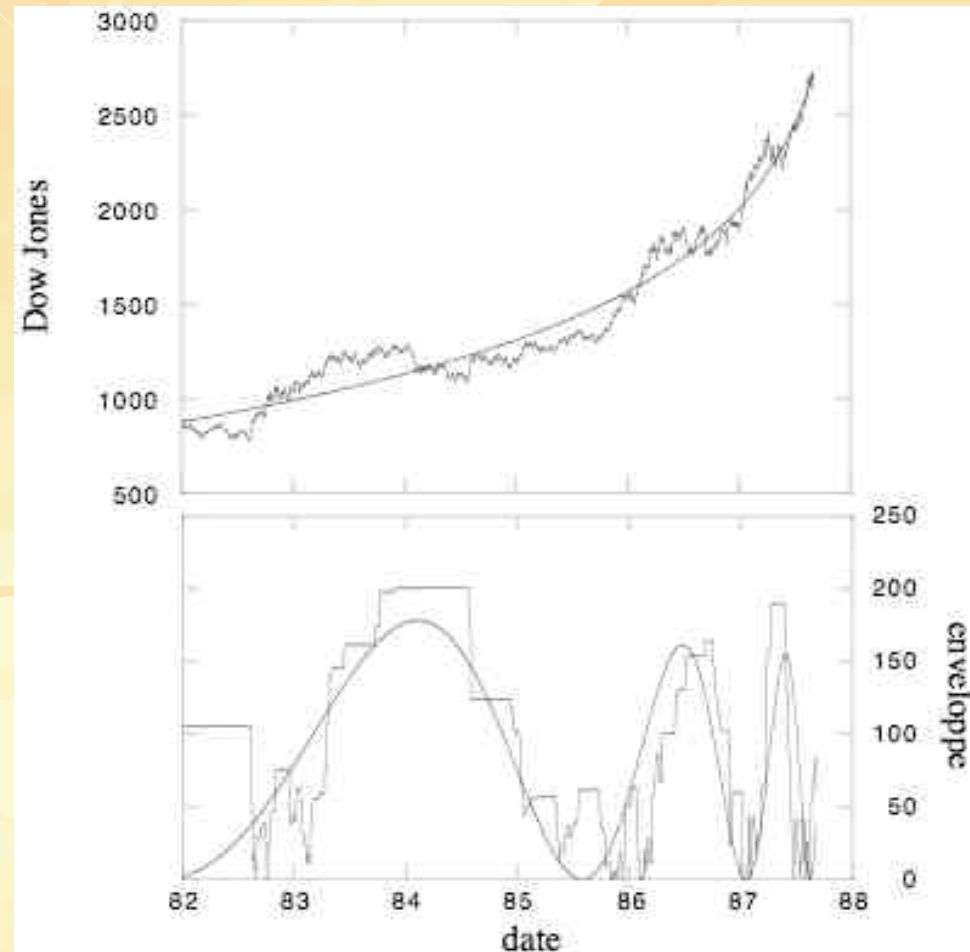
Double enveloppe 82-88



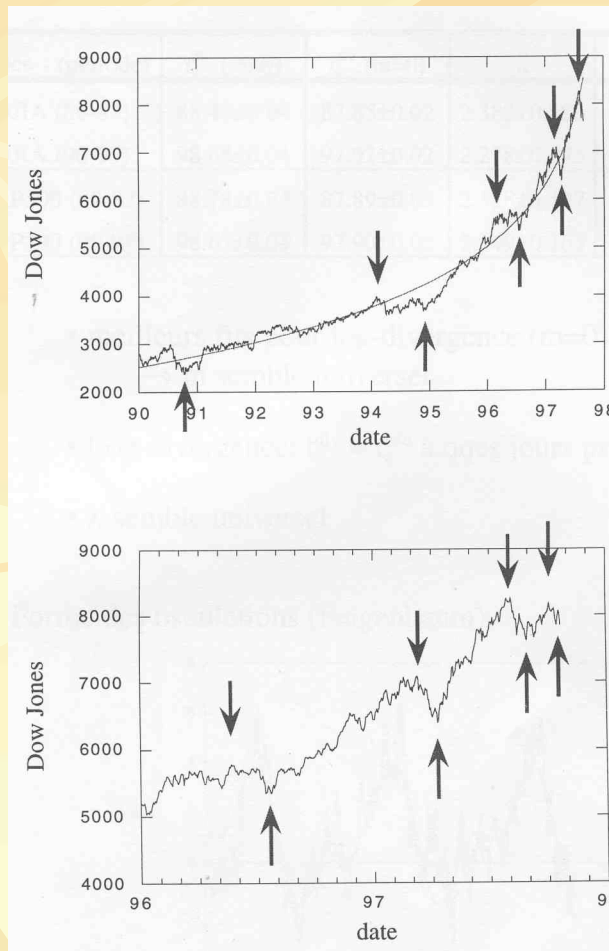
Double envelope technically



Double envelope pattern 82-87



The 6th



ramification

$$\frac{t_{n+1} - t_n}{t_n - t_{n-1}} = \frac{1}{\lambda}$$

$$t_c^{osc} = \frac{t_n - \frac{t_{n+1}}{\lambda}}{1 - \frac{1}{\lambda}}$$

- $\lambda = \exp(2\pi/\omega)$

- $\omega = 6 \Rightarrow \lambda = 3$

- ramification

Table 3. The λ and t_c^{osc} values obtained for three indices following the methodology explained in the text. The real rupture point of Oct. 19, 1987 is $t_c=87.79$, and that of Oct. 24, 97 is $t_c=97.81$

Period		80-87			90-97		
Index	Dow	S&P500	FTSE	Dow	S&P500	FTSE	
λ	2.382 ± 0.123	2.528 ± 0.127	2.365 ± 0.137	2.278 ± 0.045	2.549 ± 0.163	2.3745 ± 0.054	
t_c^{osc}	87.91 ± 0.10	87.88 ± 0.07	87.87 ± 0.10	97.89 ± 0.06	97.85 ± 0.08	97.85 ± 0.05	

sandpile

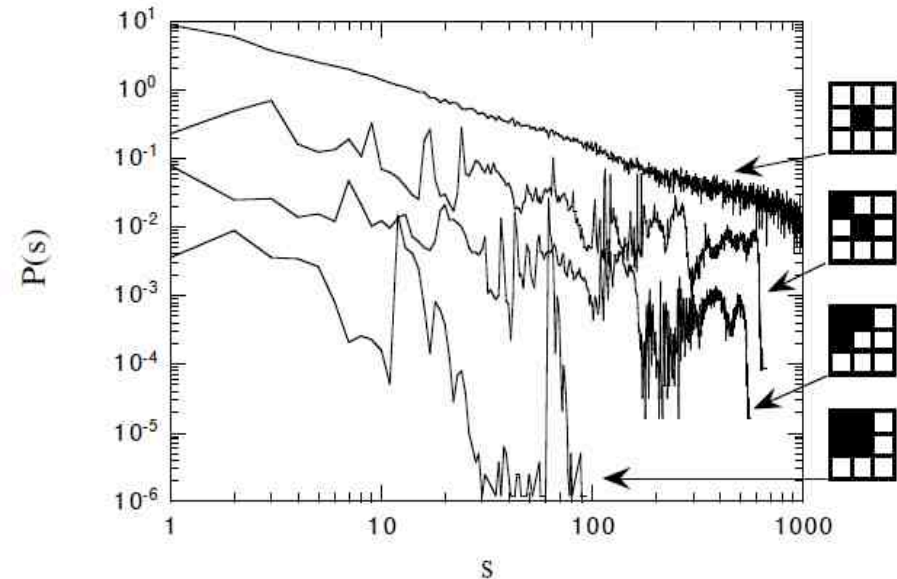
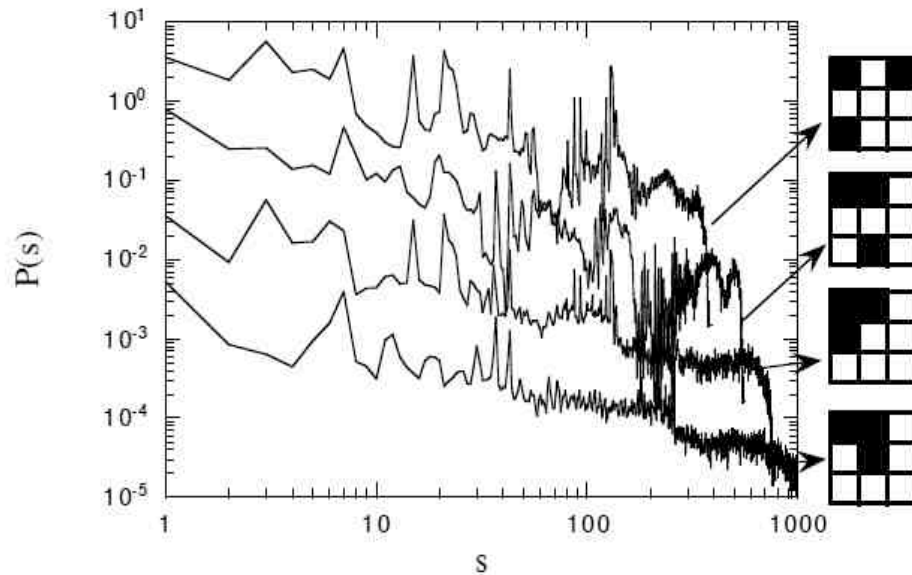


Leiden,
Feb.2010

M. Ausloos

56/xxx

Sandpile simulation => model



$$D_f^* = (\ln 6)/(\ln 3) + i(2\pi/\ln 3)$$

■ *Ramification effect*

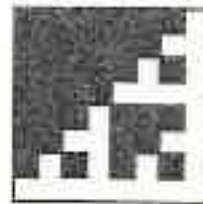
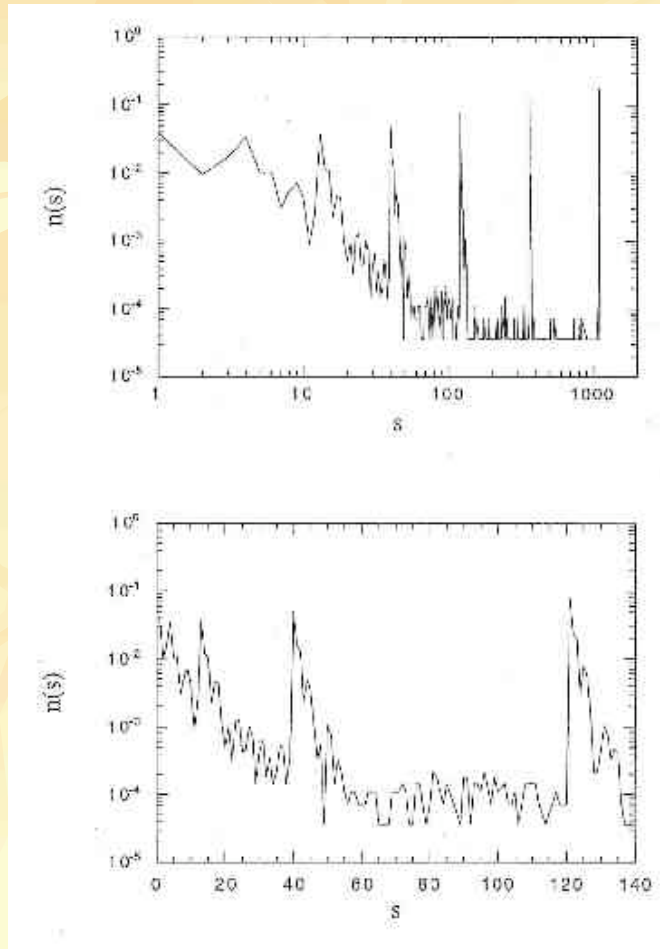
$$D_f = (\ln 8)/(\ln 3) = 1.89$$

$$D_f = (\ln 7)/(\ln 3) = 1.77$$

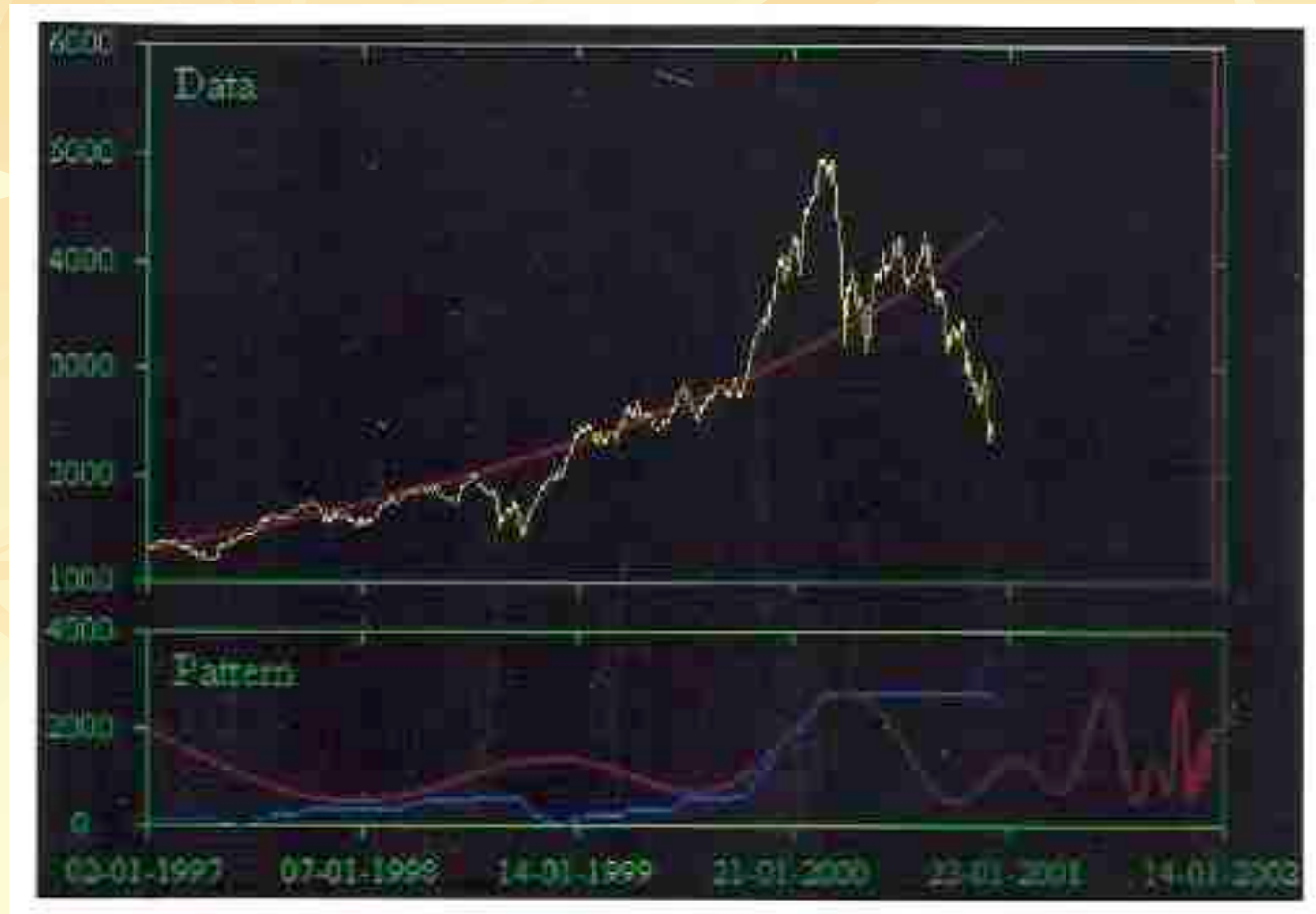
$$D_f = (\ln 6)/(\ln 3) = 1.63$$

$$D_f = (\ln 5)/(\ln 3) = 1.46$$

Low connectivity



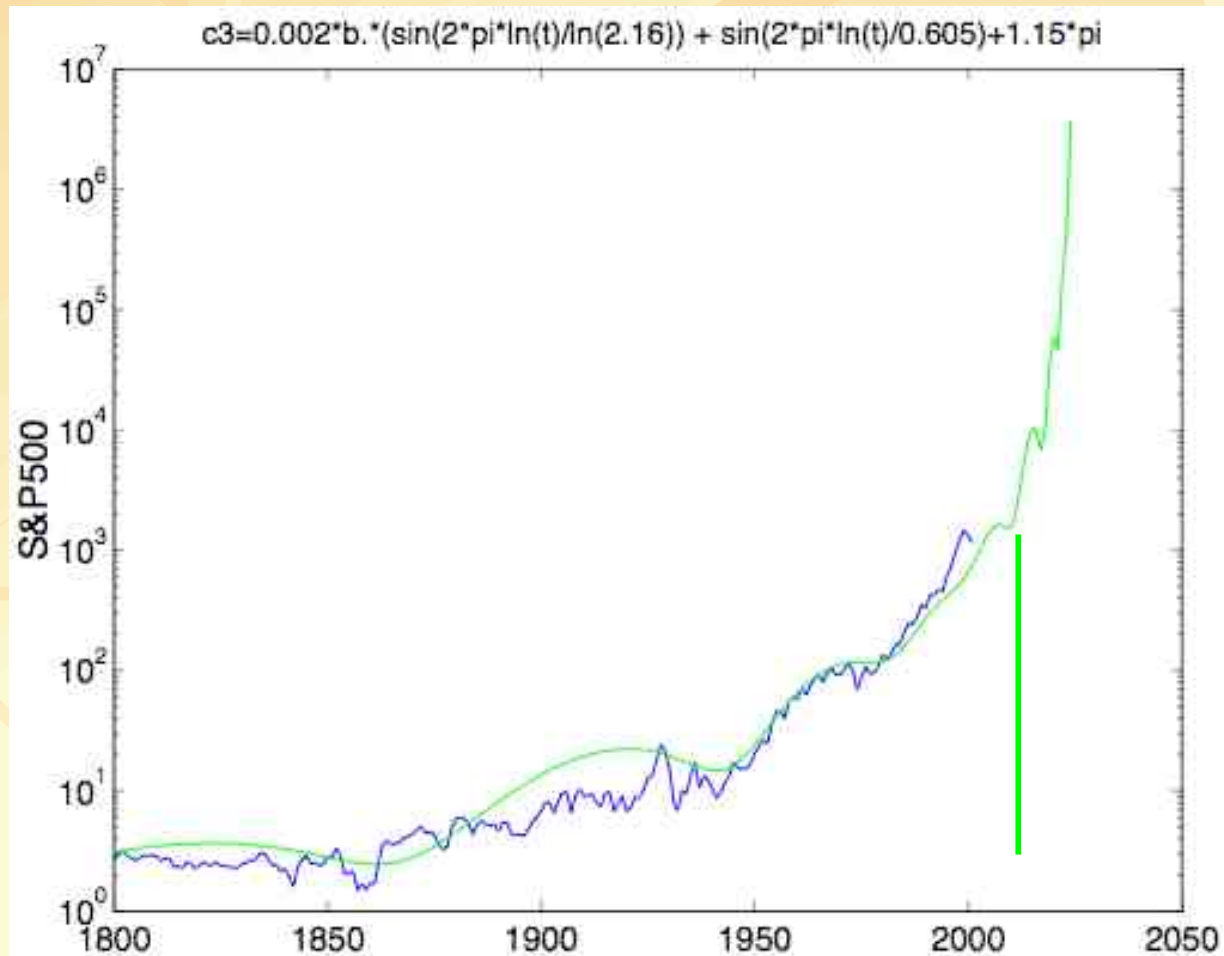
Double enveloppe 97-02



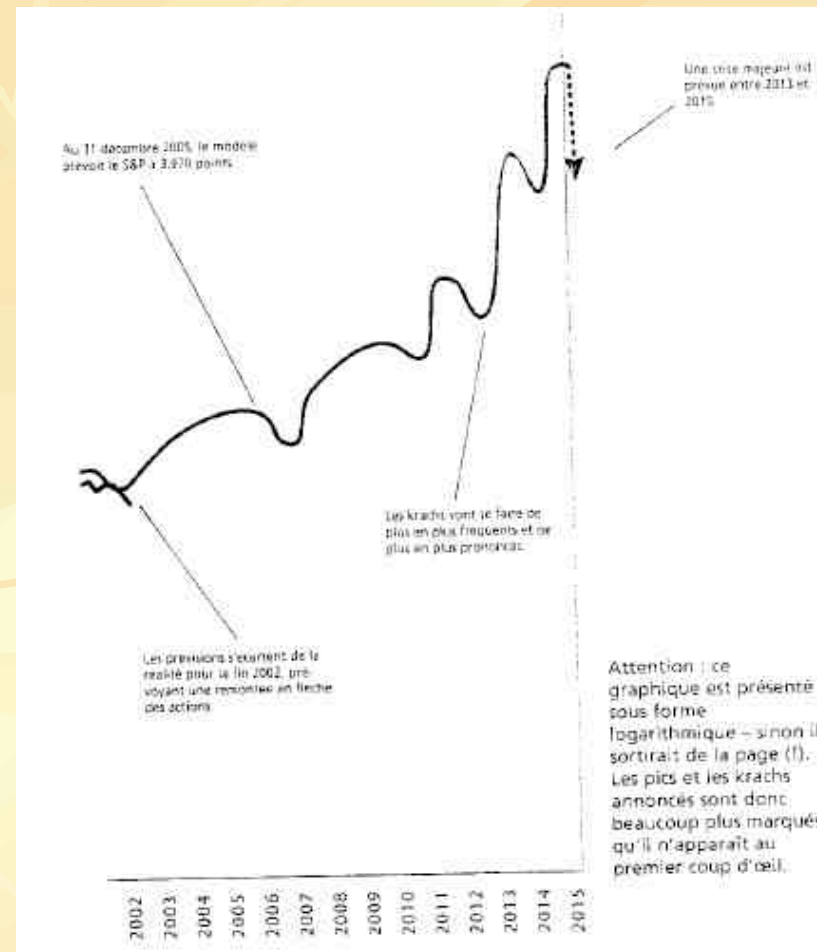
CASH: Oct. 01, 98 : danger



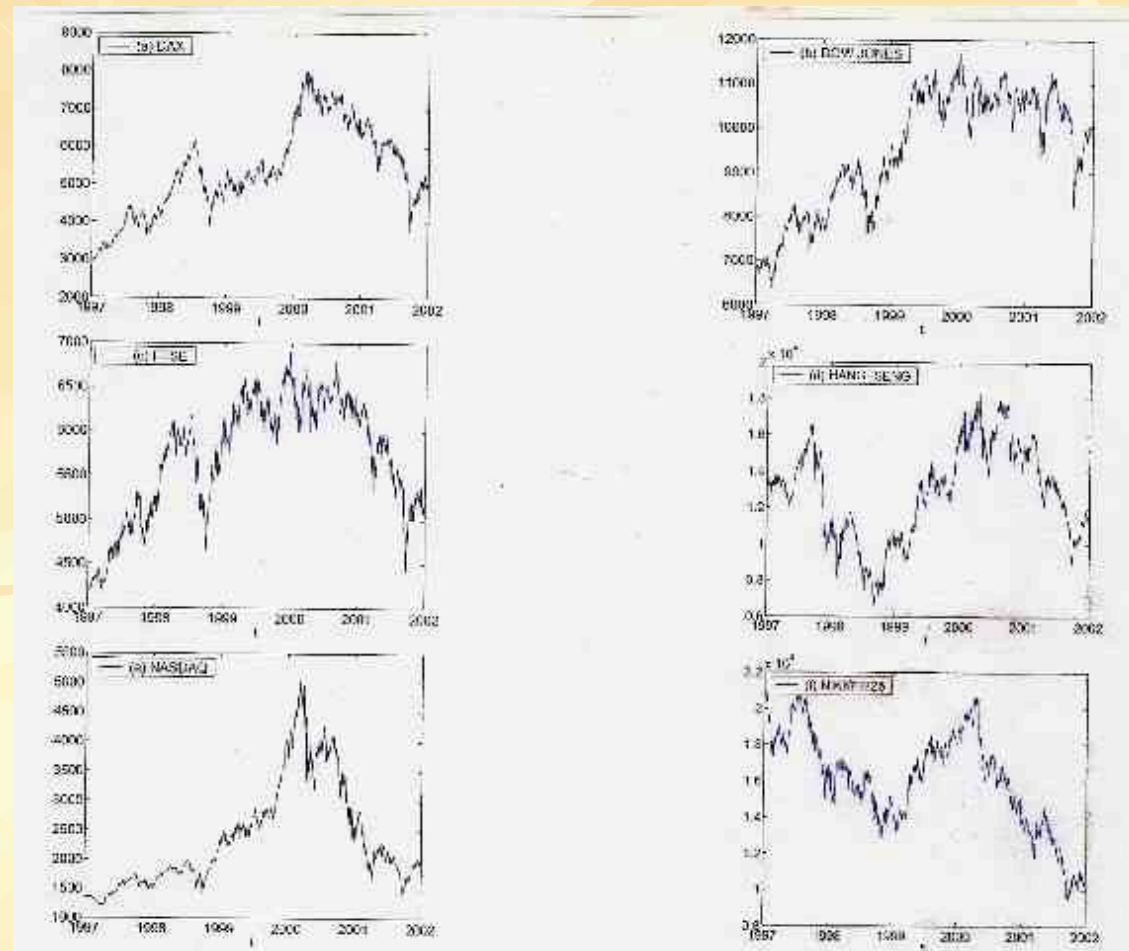
harmonics



BIZZ p.3

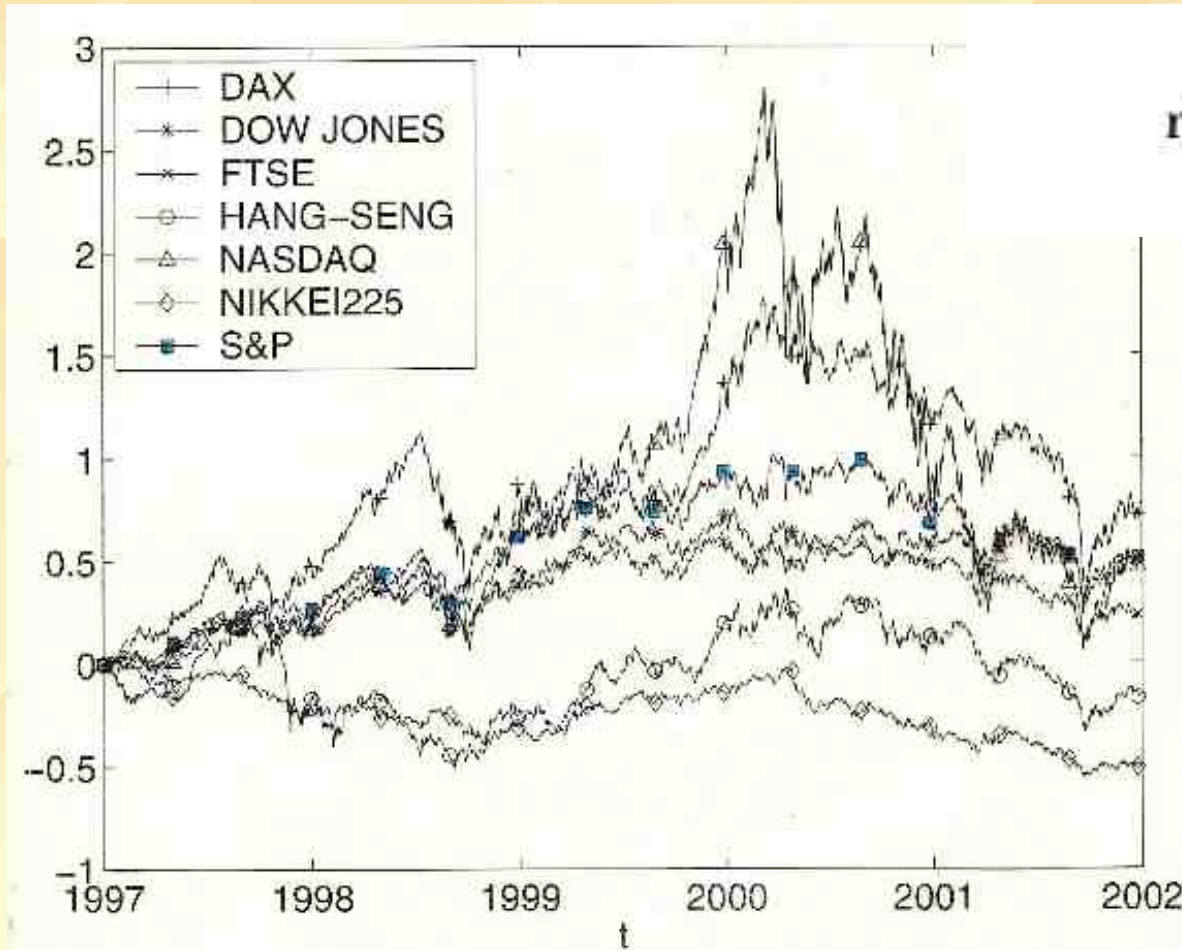


<http://finance.yahoo.com/>



1250 data points

Returns 97-02



$$r(t) = \frac{\Pi(t) - \Pi(t_0)}{\Pi(t_0)}$$

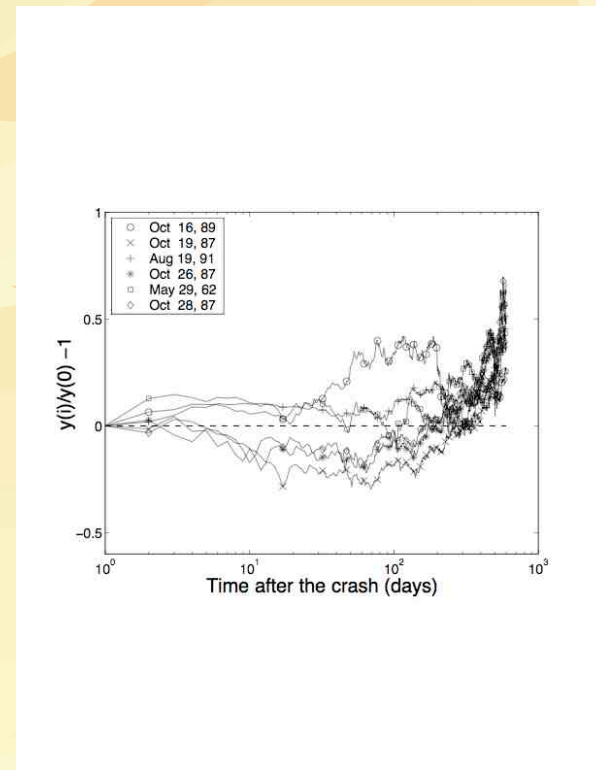
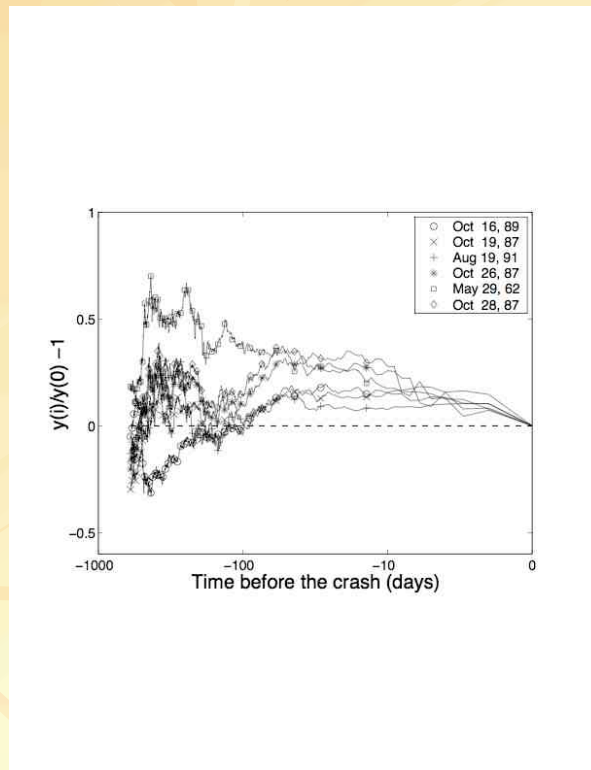
6. ... After a Crash ?

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

Wait !



Before - After



DAX : 9 strongest crashes, after

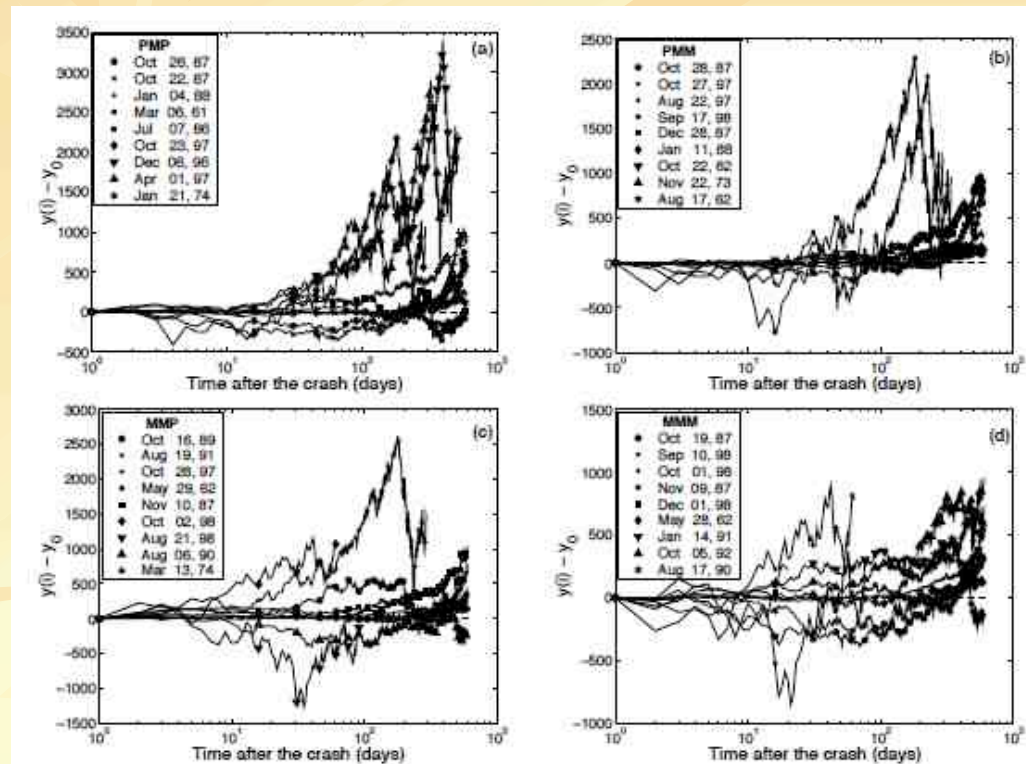
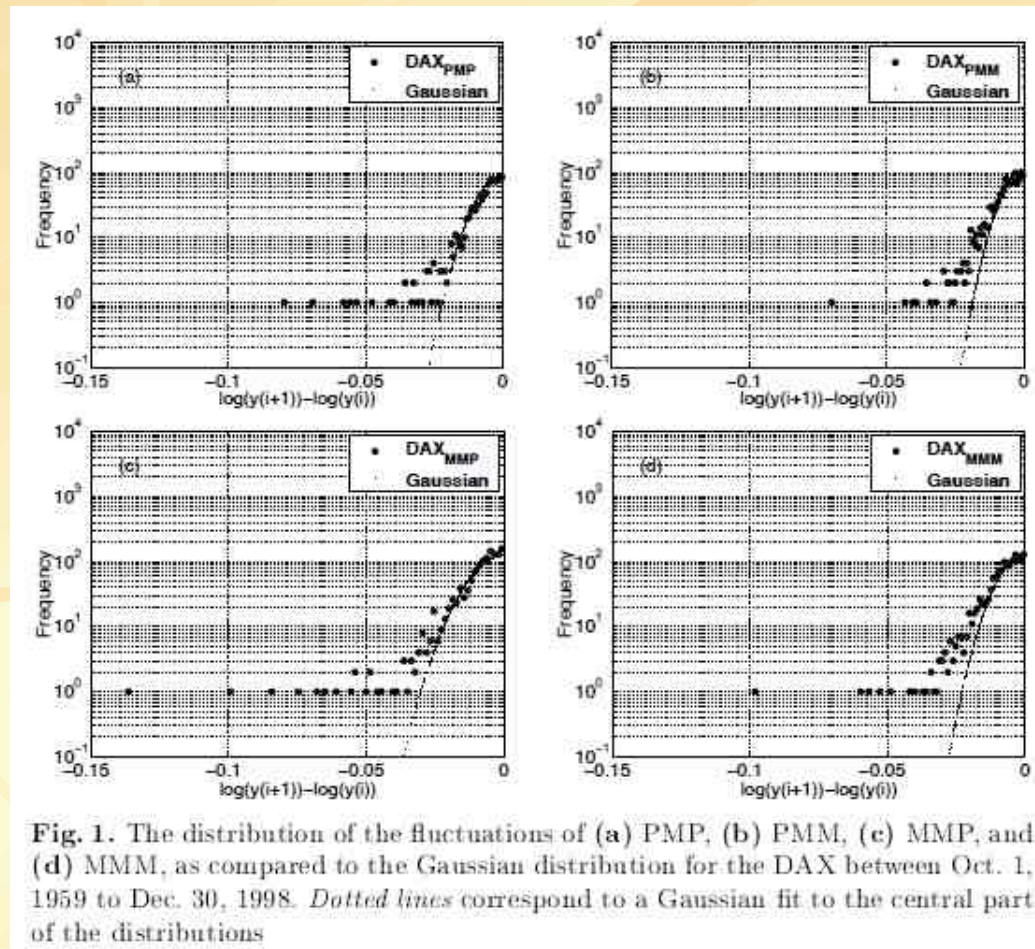


Fig. 2. The evolution of the nine strongest DAX crashes in (a) PMP, (b) PMM, (c) MMP, and (d) MMM categories as listed in Table 5; y_0 denotes the index value at the "origin of recovery", i.e. the value of the signal at the closure time of the crash day. The *thick solid line* corresponds to the average evolution of the recovery signal in each category

DAX fluctuations after crashes



PMP PMM MMP MMM

	PMP		PMM		MMP		MMM	
	# of cases = 960		# of cases = 1247		# of cases = 1247		# of cases = 1360	
1	Oct 22, 87	-0.090	Oct 26, 87	-0.070	Oct 12, 89	-0.137	Oct 15, 87	-0.099
2	Oct 20, 87	-0.069	Oct 23, 97	-0.043	Aug 15, 91	-0.099	Sep 9, 98	-0.060
3	Dec 29, 87	-0.058	Aug 20, 97	-0.040	Oct 24, 97	-0.084	Sep 29, 98	-0.057
4	Mar 2, 61	-0.056	Sep 15, 98	-0.040	May 25, 62	-0.075	Nov 5, 87	-0.053
5	Jul 3, 86	-0.053	Dec 22, 87	-0.039	Nov 6, 87	-0.068	Nov 27, 98	-0.049
6	Oct 21, 97	-0.048	Jan 7, 88	-0.036	Sep 30, 98	-0.065	May 24, 62	-0.042
7	Dec 4, 96	-0.041	Oct 18, 82	-0.035	Aug 19, 98	-0.061	Jan 10, 91	-0.040
8	Mar 26, 97	-0.040	Nov 19, 73	-0.034	Aug 2, 90	-0.056	Oct 1, 92	-0.037
9	Jan 17, 74	-0.036	Aug 15, 62	-0.032	Mar 11, 74	-0.055	Aug 15, 90	-0.036

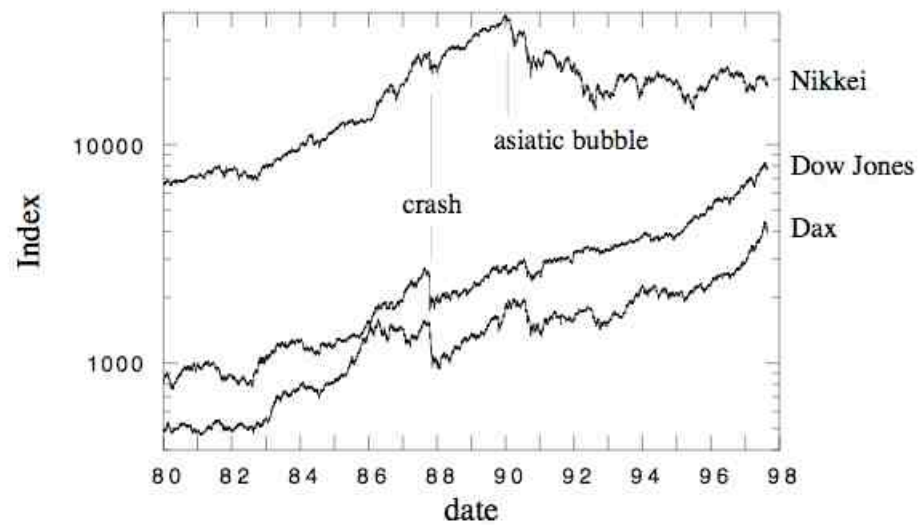
7 . Richter Scale ...

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

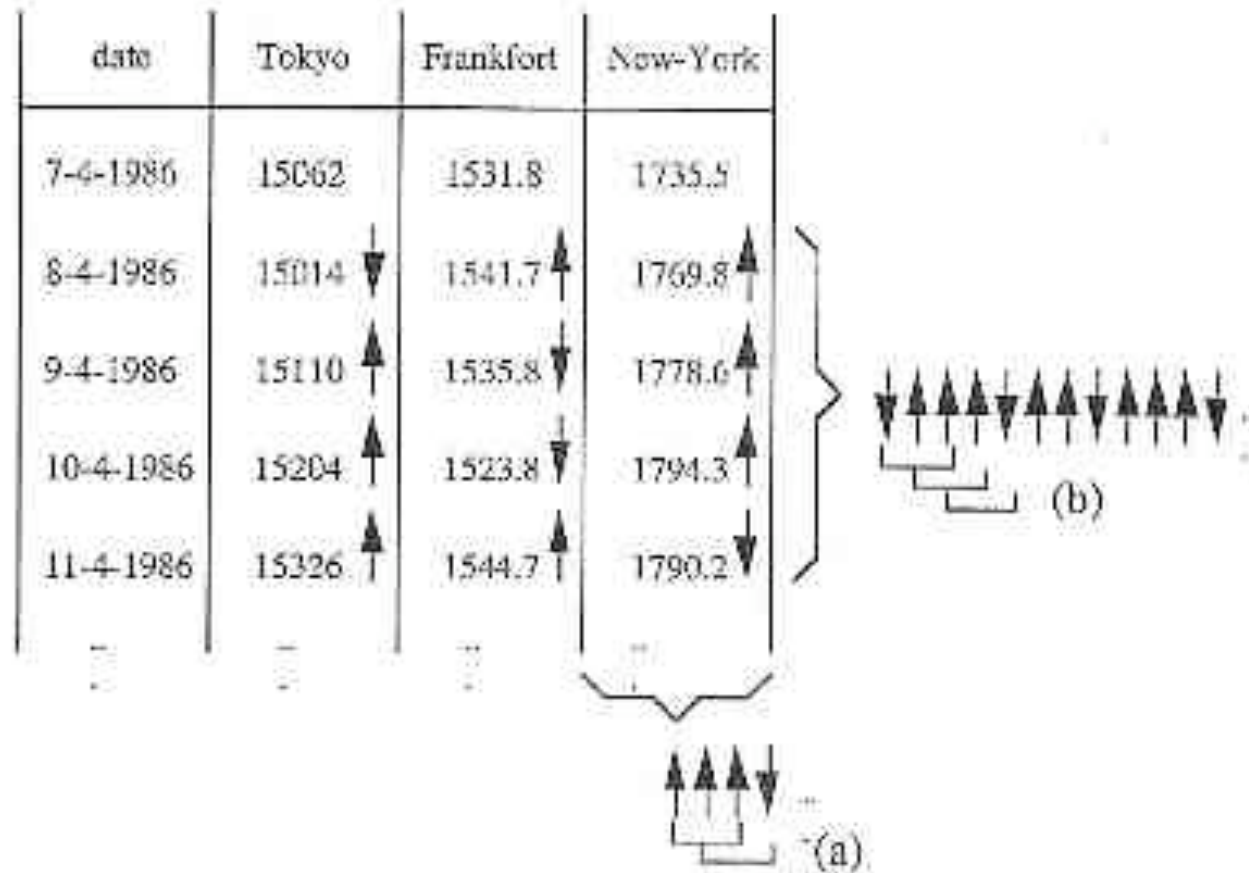
8. App. A: Domino

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

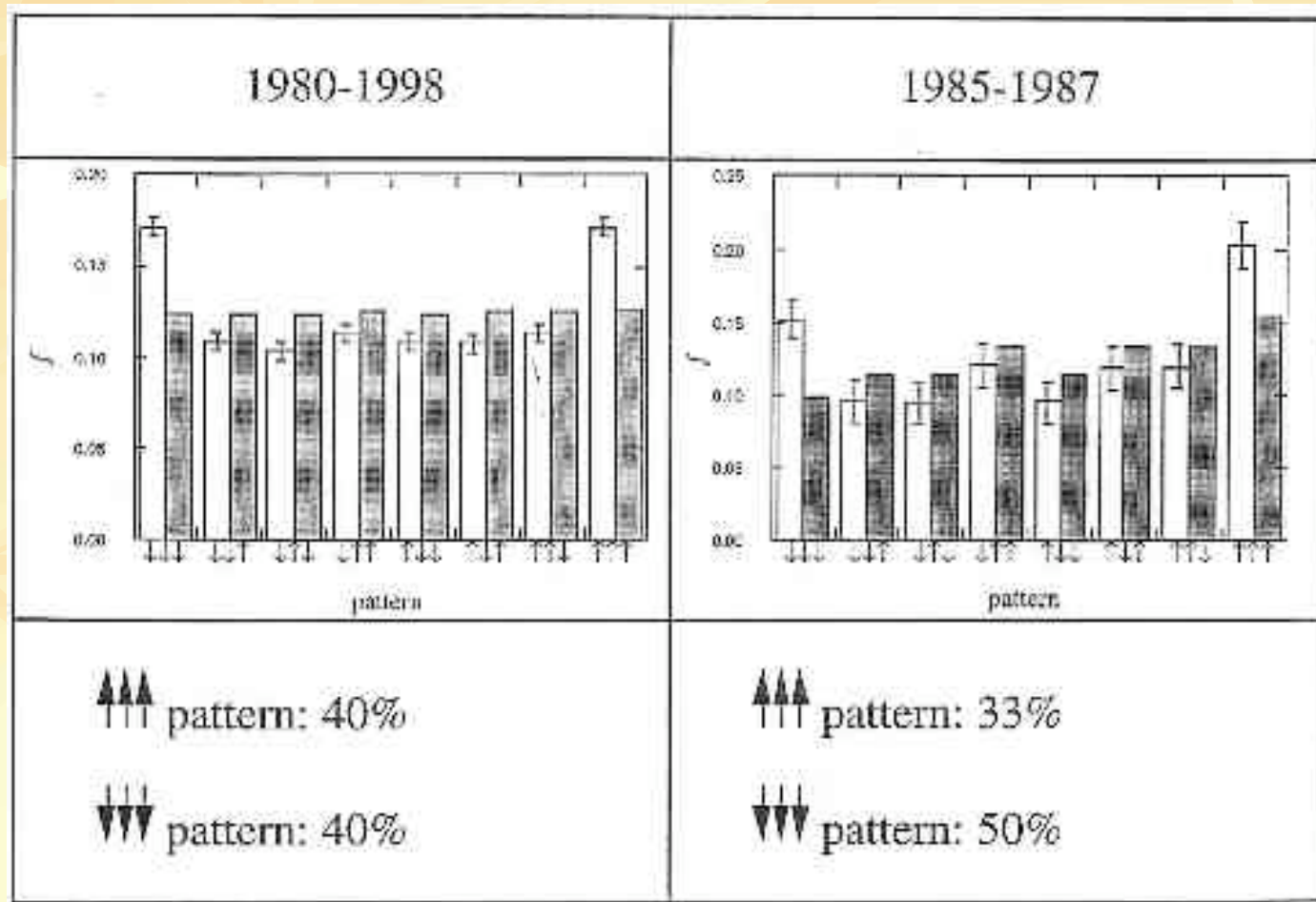
mimetism



domino



Symmetry breaking

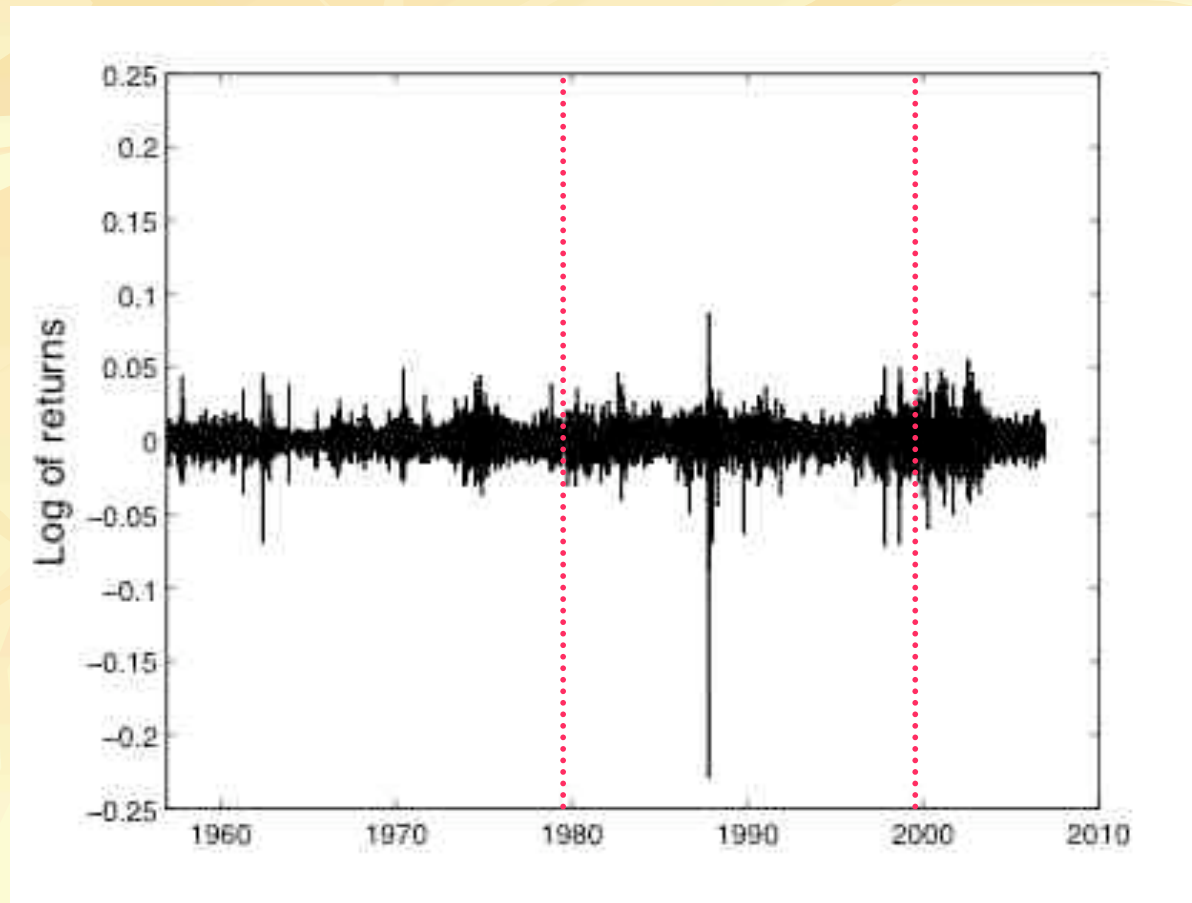


9. App. B : DFA

- 1. Important Questions
- 2. Examples : history and universality
- 3. Stock Exchange Crashes : Phase Transitions
- 4. Earthquakes and Material Failure, and Sand Piles
- 5. Are Crashes Rational? Discrete Scale Invariance
- 6. What Happens After a Crash ?
- 7. Richter Scale for Financial Markets
- 8. App. A: Domino effects
- 9. App. B: Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

Standard & Poor 500

<http://finance.yahoo.com>



Daily data

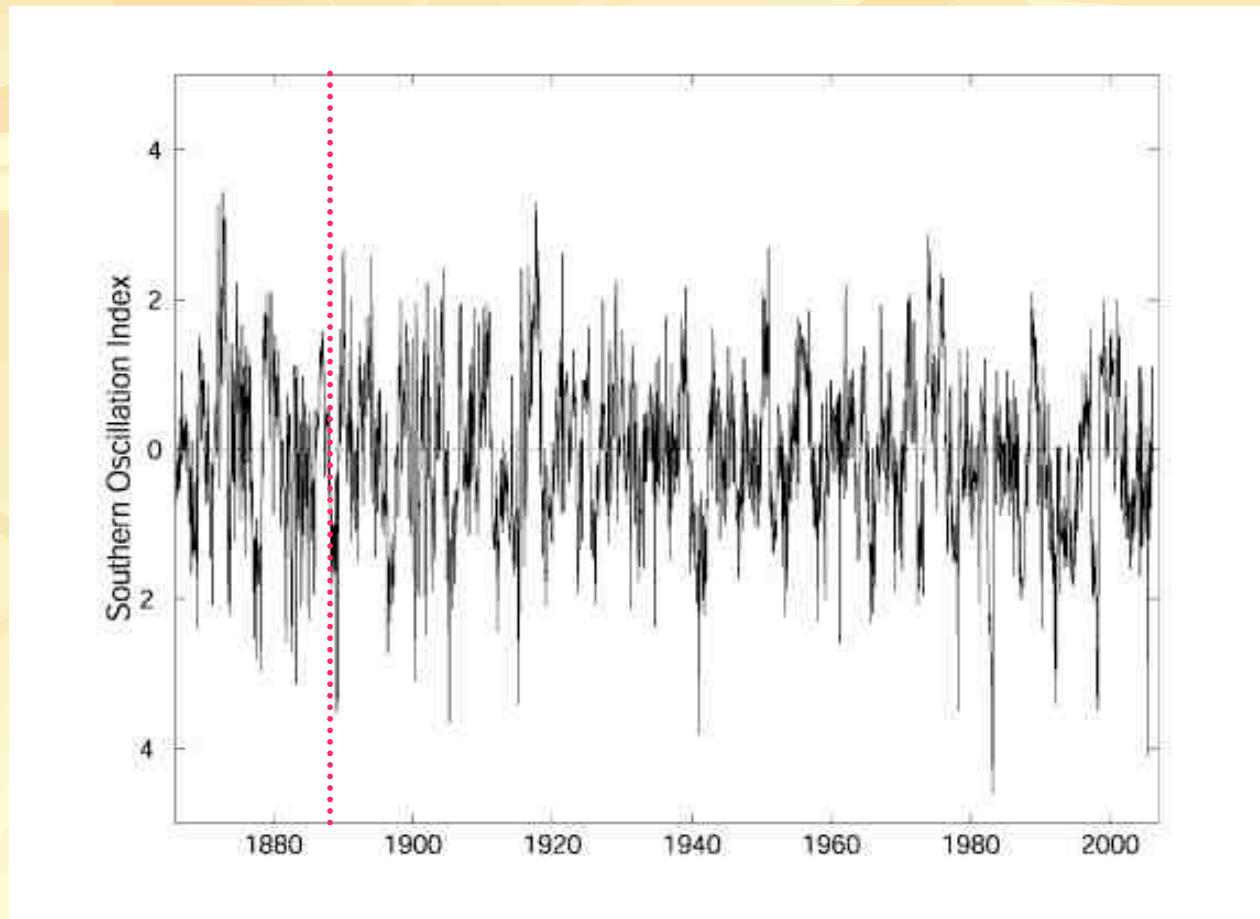
(normalized)

*Jan. 01, 1980
- Dec. 31, 1999*

*5056
data points*

Southern Oscillation Index

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>



P (Darwin)

-

P (Tabiti) =

(normalized)

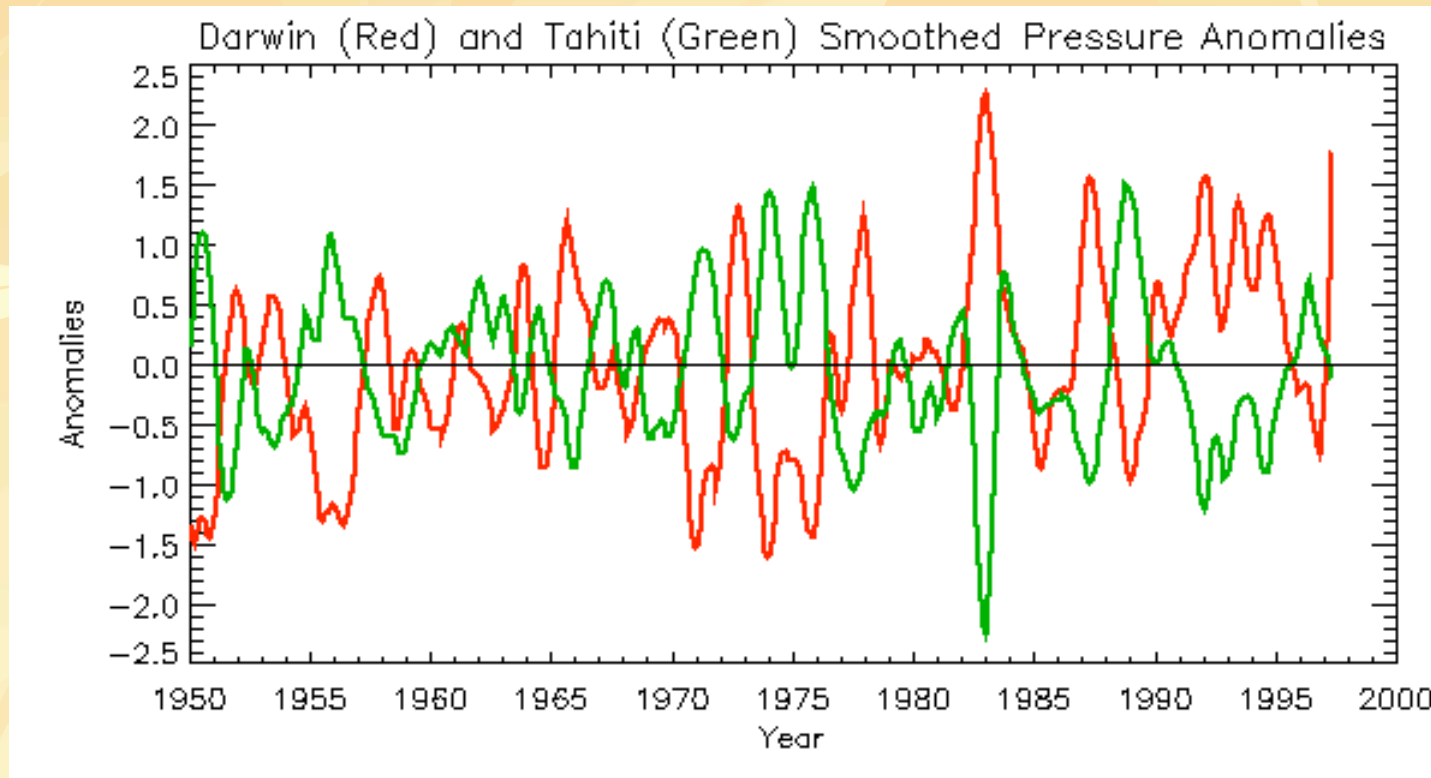
Monthly data

1886-2006

1672

data points

The Southern Oscillation

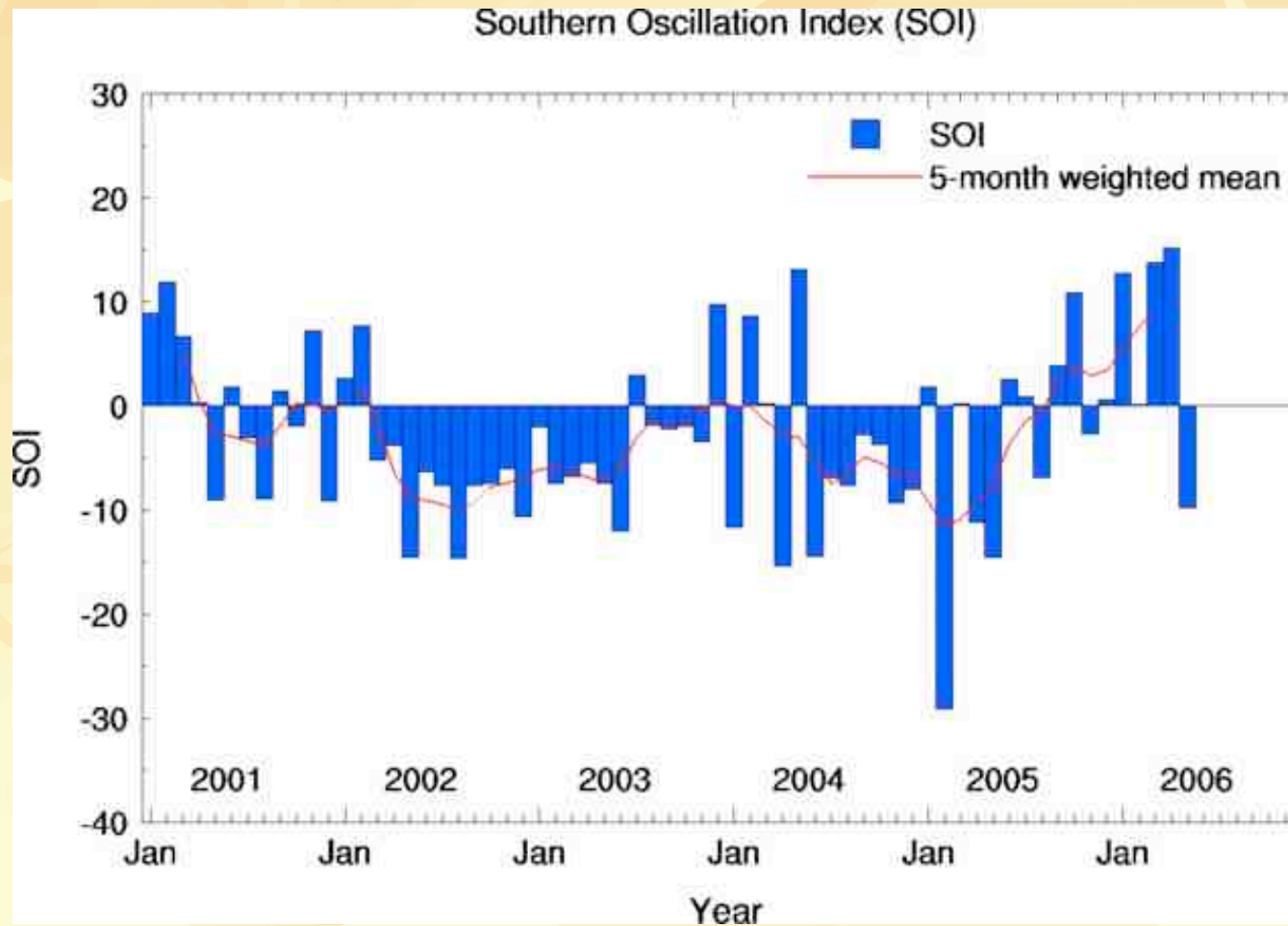


Source: http://www.ucar.edu/communications/lasers/el_nino/Figure_1.html

*refers to a seesaw shift in surface air pressure
at **Darwin**, Australia and
at (the South Pacific Island of) **Tahiti** (Henson, 1998)*

<http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>

Chart last updated: Friday 2nd June 2006



DEFINITIONS

■ ***“Variability”*** $D_{\Delta t} y(t) = y(t+\Delta t) - y(t)$

■ ***“Log returns”*** $L Z(t, \Delta t) = \log[y(t+\Delta t) / y(t)]$

■ ***“Normalized variability”*** $Z(t, \Delta t) = [D_{\Delta t} y(t) - \langle D_{\Delta t} y \rangle] / \sigma_{\Delta t}$

Time lag effect ?

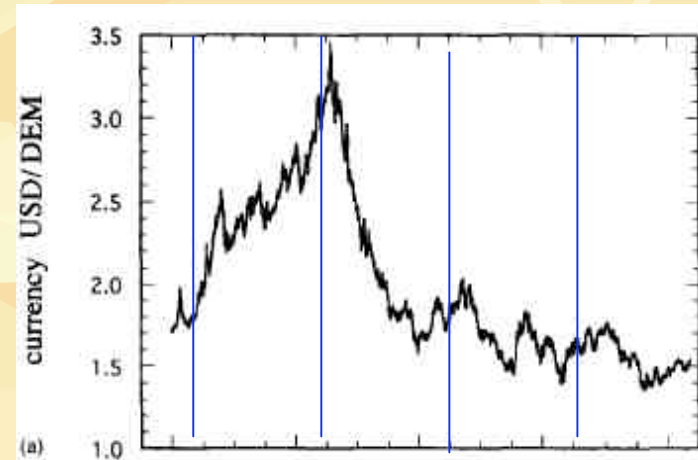
Detrended Fluctuation Analysis

- (integrated series or not?)

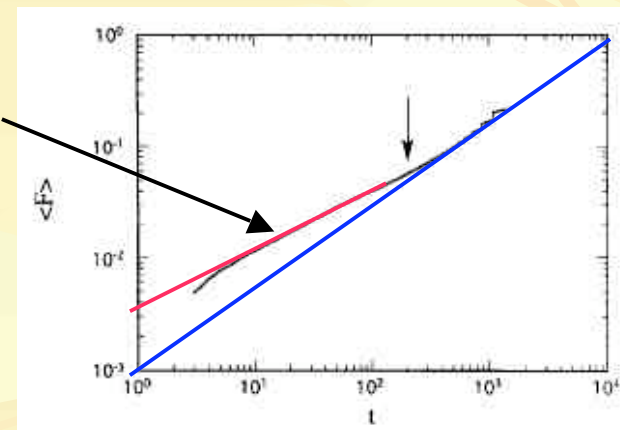
$$F(t)^2 = \frac{1}{t} \sum_{n=kt+1}^{(k+1)t} (y(n) - z(n))^2$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, \left(\frac{N}{t} - 1\right)$$

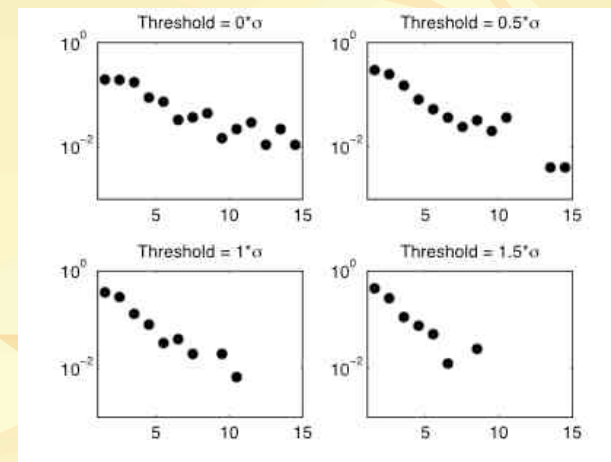
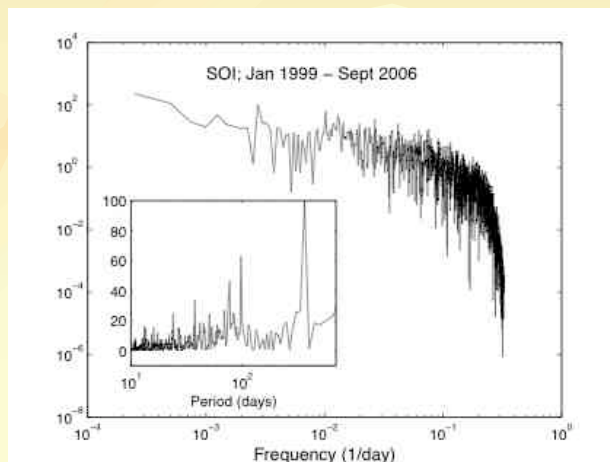
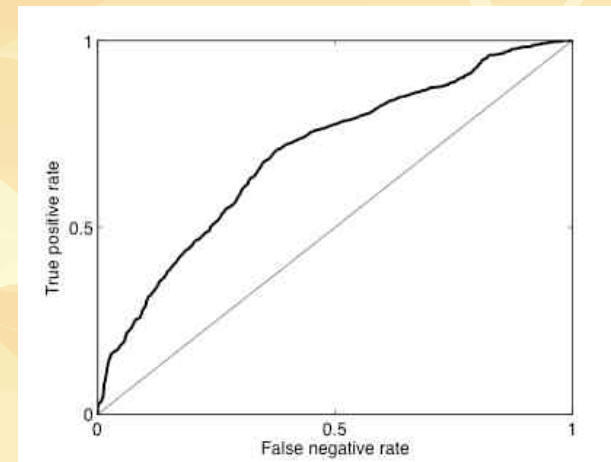
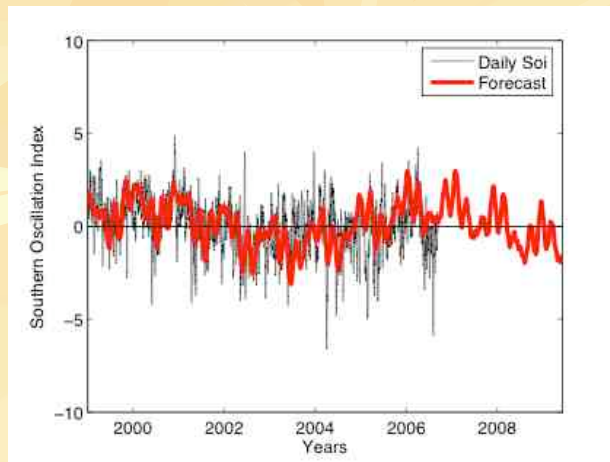
$$\langle F^2(t) \rangle^{1/2} \sim t^\alpha$$



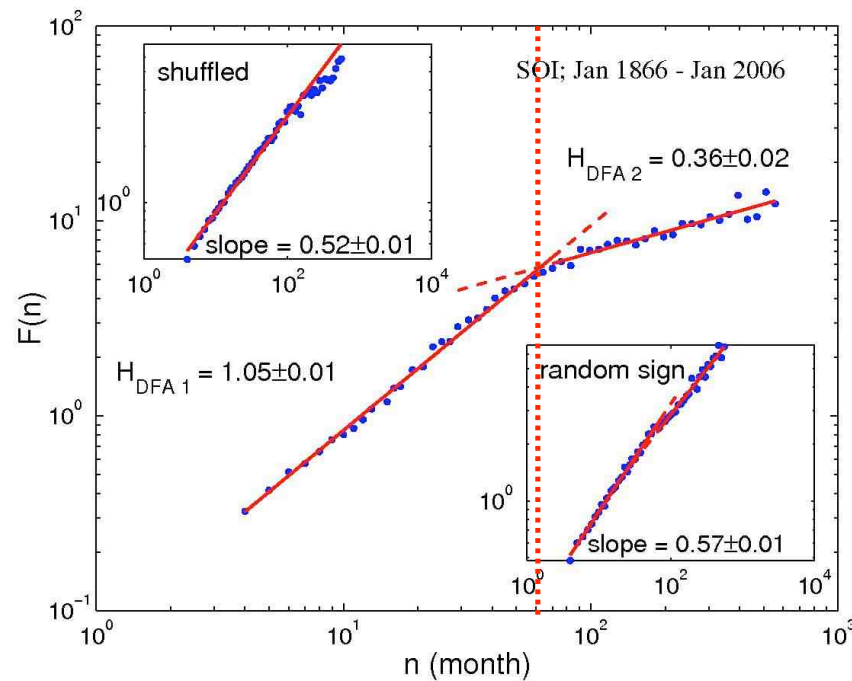
$x=0.56$



SOI Forecast



Detrended Fluctuation Analysis

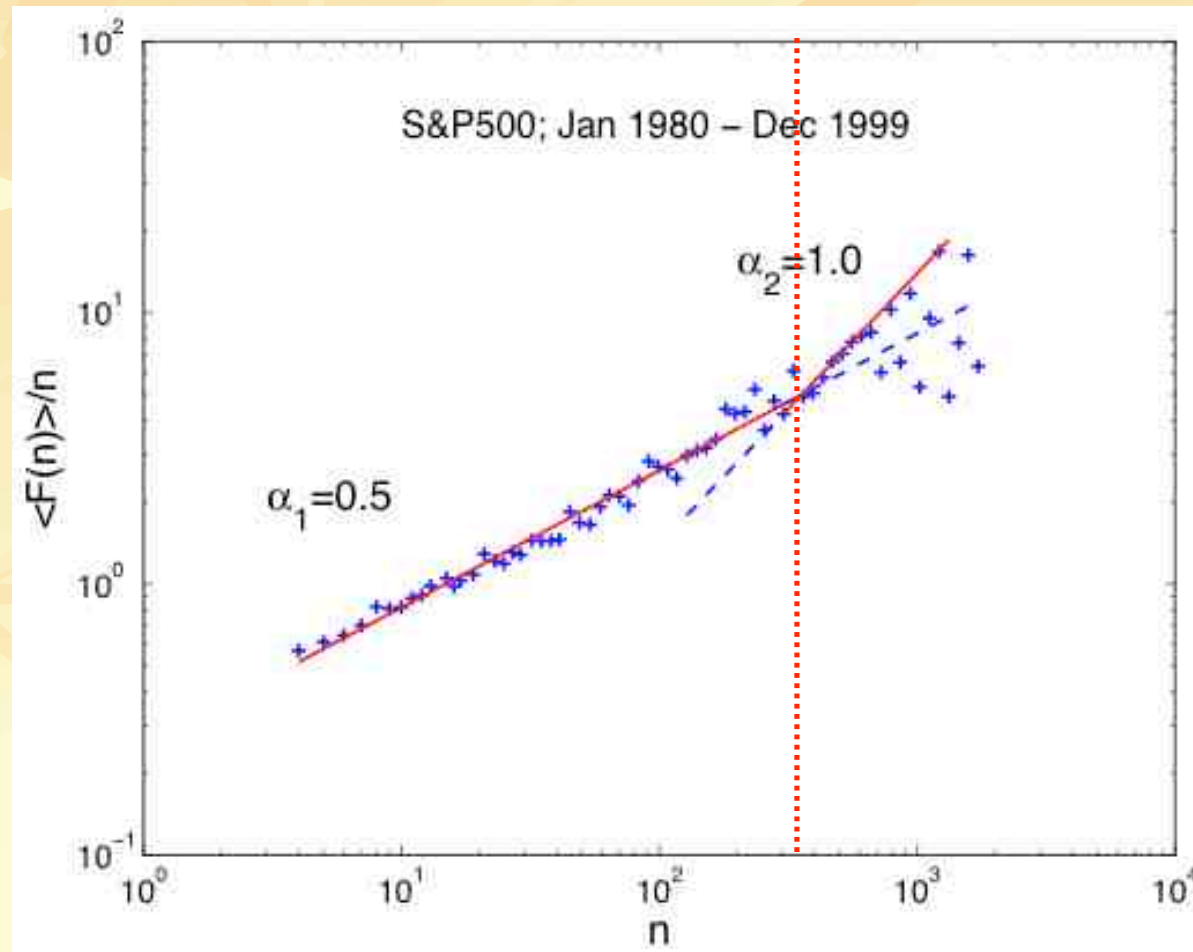


*on SOI
increments*

*Long
Range
Correlations ?*

*Non
Brownian
values*

Detrended Fluctuation Analysis

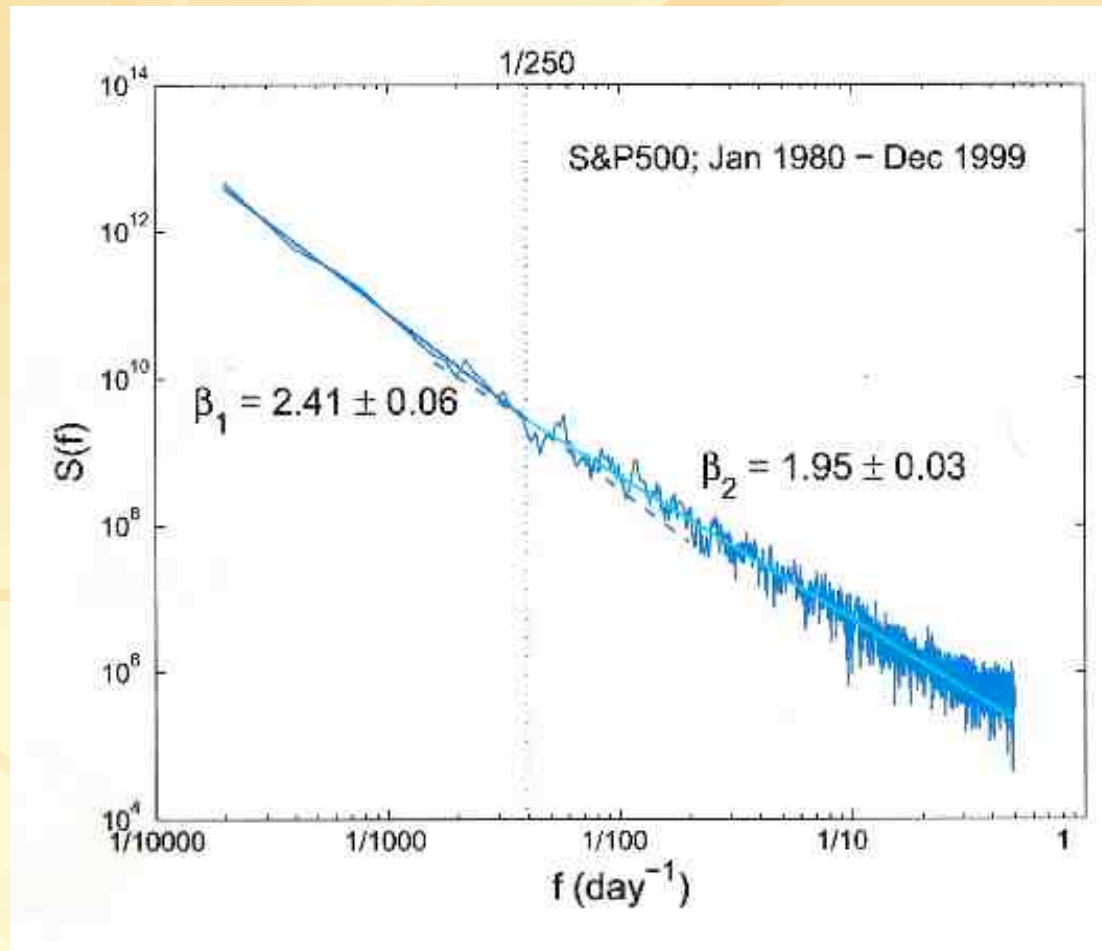


*on SP500
increments*

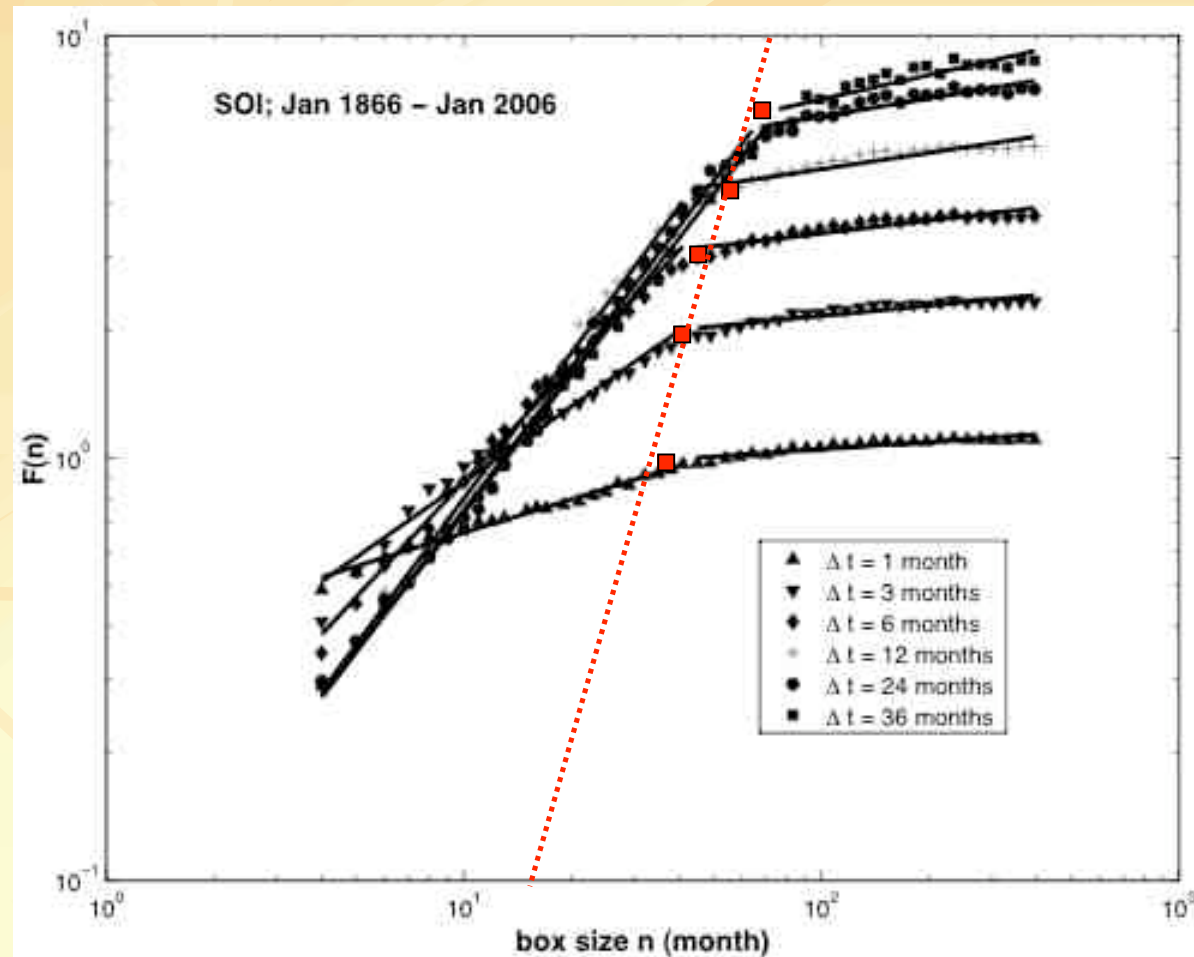
*Long
Range
Correlations ?*

*Brownian
values*

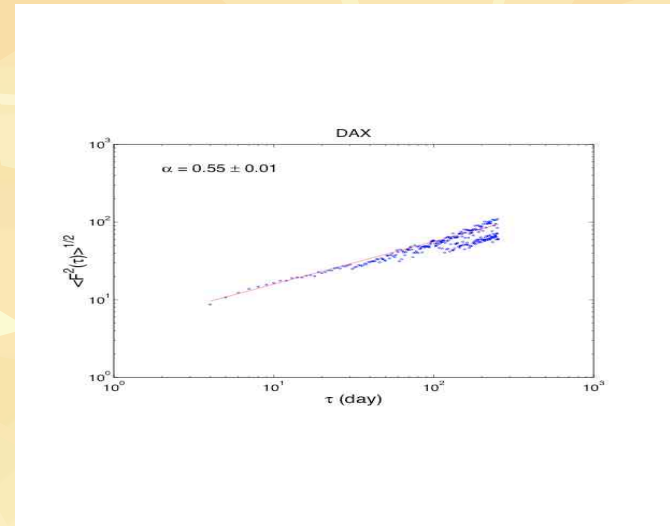
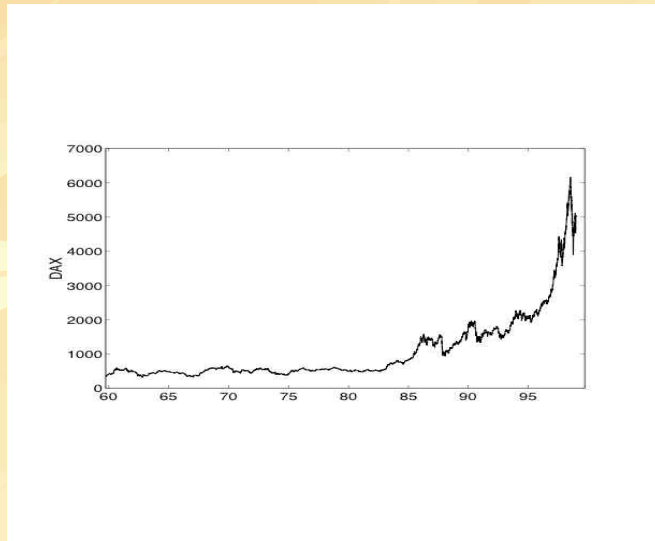
SP500 80-99 β



DFA SOI



DAX DFA(q)



Variants/generalizations

+ DFA_q

+ DFA_{q,m}

$$F_{q,m}(T) = \left[\frac{1}{T} \sum_{n=kT+1}^{(k+1)T} (y(n) - z_m(n))^q \right]^{1/q}$$

DFA(q)

word length (L); word frequency (F)

Textes DFA-1 Pente 0-200 Erreur 200-5000 Erreur 0-5000 Erreur DFA-2 Pente 0-200 Erreur 200-5000 Erreur 0-5000 Erreur

LTS

English	0.538	2E-3	0.686	1E-3	0.684	1E-3	0.52	1E-3	0.685	1E-3	0.663	1E-3
Esperanto	0.516	2E-3	0.619	2E-3	0.62	2E-3	0.492	2E-3	0.706	2E-3	0.704	2E-3
Looking glass	0.531	2E-3	0.56	1E-3	0.56	2E-3	0.511	1E-3	0.542	1E-3	0.543	1E-3
English shuffle	0.461	2E-3	0.584	1E-3	0.581	1E-3	0.472	2E-3	0.617	2E-3	0.611	2E-3
Esperanto shuffle	0.519	4E-3	0.507	1E-3	0.506	1E-3	0.526	3E-3	0.461	2E-3	0.464	2E-3
Looking glass shuffle	0.504	3E-3	0.587	1E-3	0.584	1E-3	0.513	2E-3	0.581	1E-3	0.579	1E-3

FTS

English	0.491	2E-3	0.561	2E-3	0.561	2E-3	0.463	1E-3	0.585	1E-3	0.584	1E-3
Esperanto	0.519	2E-3	0.544	1E-3	0.545	1E-3	0.482	2E-3	0.47	1E-3	0.475	1E-3
Looking glass	0.501	2E-3	0.777	3E-3	0.774	3E-3	0.471	1E-3	0.7	1E-3	0.695	1E-3
English shuffle	0.525	1E-3	0.534	1E-3	0.533	1E-3	0.515	1E-3	0.568	1E-3	0.566	1E-3
Esperanto shuffle	0.518	1E-3	0.474	1E-3	0.478	1E-3	0.517	2E-3	0.455	1E-3	0.460	1E-3
Looking glass shuffle	0.524	1E-3	0.480	1E-3	0.480	1E-3	0.535	1E-3	0.506	1E-3	0.505	1E-3

DFA-3 Pente 0-200 Erreur 200-5000 Erreur 0-5000 Erreur DFA-4 Pente 0-200 Erreur 200-5000 Erreur 0-5000 Erreur

LTS

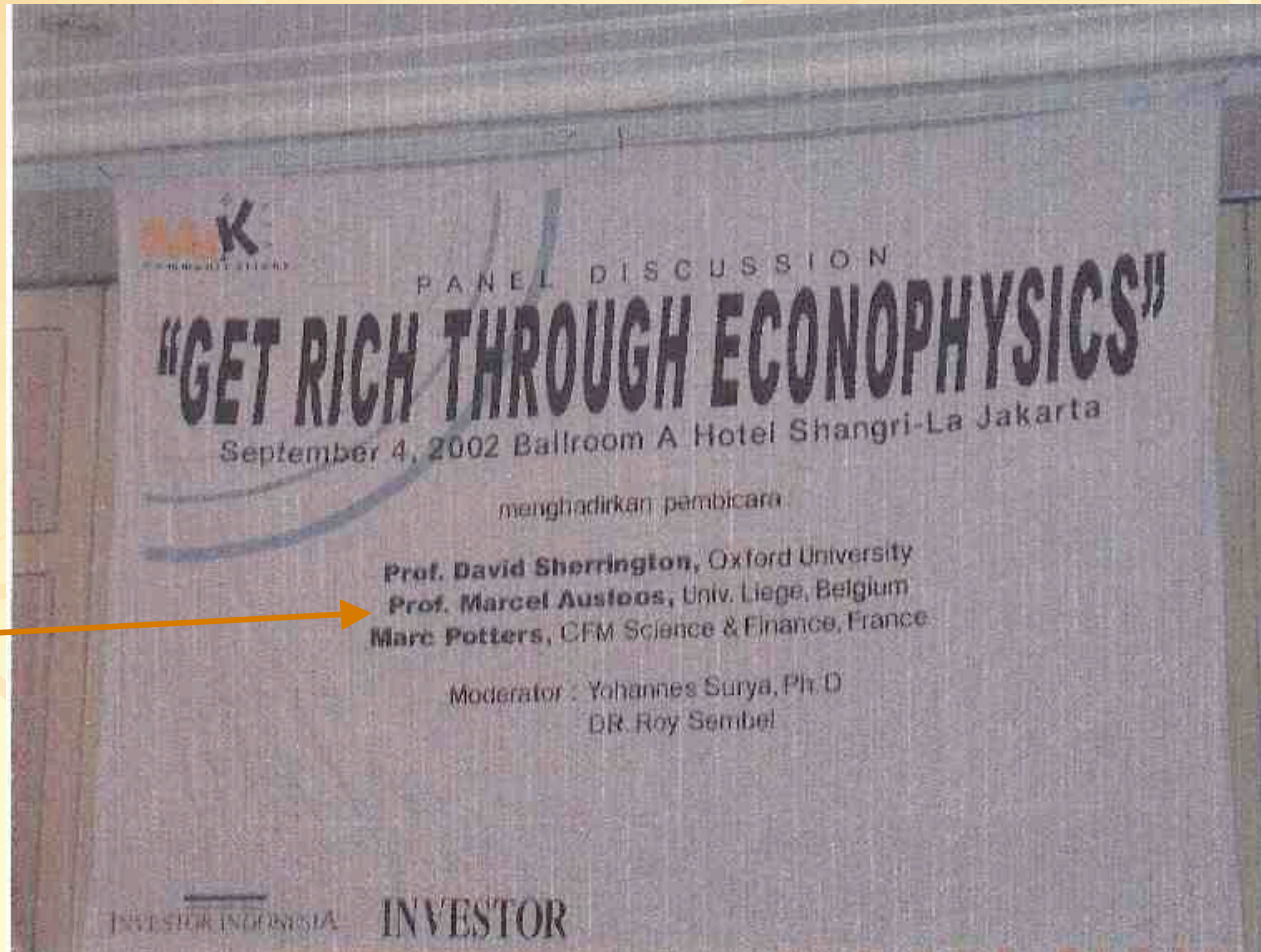
English	0.514	1E-3	0.678	2E-3	0.675	2E-3	0.511	2E-3	0.667	2E-3	0.664	2E-3
Esperanto	0.475	2E-3	0.759	2E-3	0.755	2E-3	0.4855	2E-3	0.862	1E-3	0.859	1E-3
Looking glass	0.506	1E-3	0.57	1E-3	0.569	1E-3	0.507	1E-3	0.558	1E-3	0.558	1E-3
English shuffle	0.4853	2E-3	0.56	2E-3	0.556	2E-3	0.499	2E-3	0.474	1E-3	0.474	1E-3
Esperanto shuffle	0.529	2E-3	0.487	1E-3	0.461	1E-3	0.524	2E-3	0.469	1E-3	0.472	1E-3
Looking glass shuffle	0.517	1E-3	0.534	1E-3	0.533	1E-3	0.519	2E-3	0.553	1E-3	0.551	1E-3

FTS

English	0.453	1E-3	0.621	1E-3	0.618	1E-3	0.448	2E-3	0.547	1E-3	0.546	1E-3
Esperanto	0.46	1E-3	0.507	1E-3	0.51	1E-3	0.452	2E-3	0.522	1E-3	0.524	1E-3
Looking glass	0.457	2E-3	0.676	1E-3	0.673	1E-3	0.449	1E-3	0.656	2E-3	0.652	2E-3
English shuffle	0.504	2E-3	0.545	1E-3	0.543	1E-3	0.500	2E-3	0.519	1E-3	0.519	1E-3
Esperanto shuffle	0.509	2E-3	0.480	1E-3	0.483	1E-3	0.504	2E-3	0.519	1E-3	0.520	2E-3
Looking glass shuffle	0.524	2E-3	0.517	1E-3	0.516	1E-3	0.515	2E-3	0.505	1E-3	0.505	1E-3



Get rich



Growth per Competition



- Combative hostility toward competing faiths characterizes fastest-growing Pentecostal group, the **Universal Church of the Kingdom of God**, in Brazil. Its authoritarian bishop, Edir Macedo de Bezerra, 45, began preaching in 1977 to a dozen curiosity seekers in a rented room above a funeral parlor; today his flock is 2 million strong. The movement filled a 150,000-seat Rio stadium twice last year, opens one new church a week, and has added a \$45 million Sao Paulo TV channel to its 14 radio stations.

DFA web

Software for DFA

The file [dfa.c](#) is the C language source for a program that performs detrended fluctuation analysis of a time series. Read about how to use this program [here](#) (or download this information in Unix man page format [here](#)).

The instructions below assume that you already have a C compiler, such as [gcc](#), and a make utility, such as [GNU make](#). Most GNU/Linux and Unix systems have these already. Under MS-Windows, we recommend the versions of [gcc](#) and [make](#) included in the free [Cygwin](#) development environment; under Mac OS X, use the versions included in Apple's XCode tools.

- Download [dfa.c](#), [Makefile](#), a sample input file ([tr-intervals](#)), and the corresponding output file ([tr-dfa](#)).
- Build `dfa` by typing:

```
make
```

- Test the compiled `dfa` by typing:

```
make check
```

- If `dfa` passes the test, install it by typing:

```
make install
```

If you wish to use some other C compiler, compile `dfa.c` and link it with the standard C math library, using whatever method is standard for your C compiler. See [Makefile](#) to see how to test the executable file that you compile.

This method was first proposed in: Peng C-K, Buldyrev SV, Havlin S, Simons M, Stanley HE, Goldberger AL. [Mosaic organization of DNA nucleotides](#). *Phys Rev E* 1994;49:1685-1689.

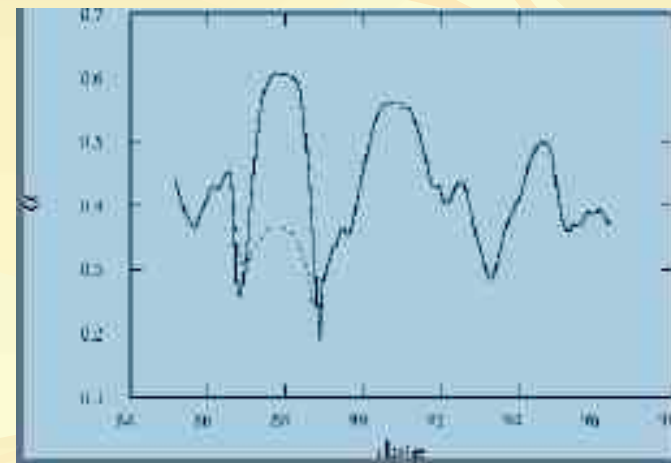
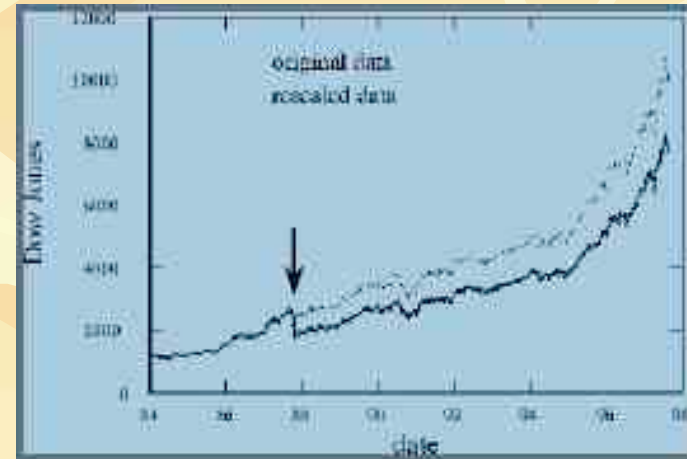
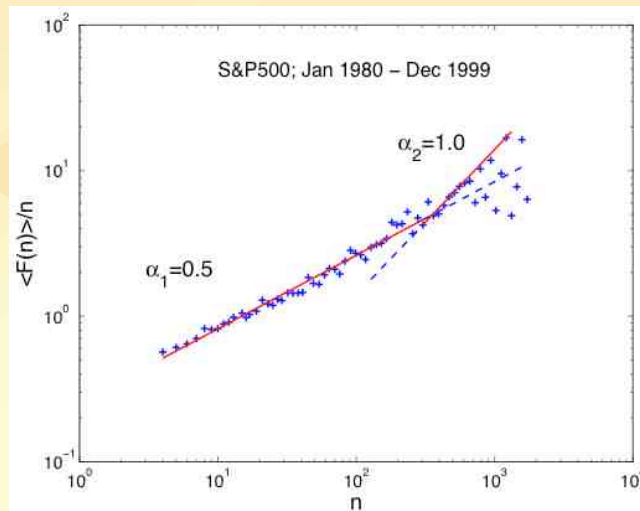
A detailed description of the algorithm and its application to physiologic signals can be found in: Peng C-K, Havlin S, Stanley HE, Goldberger AL. [Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series](#). *Chaos* 1995;5:82-87.

Please cite at least one of the above publications when referencing this material, and also include the standard citation for PhysioNet:

Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation* 101(23):e215-e220 [Circulation Electronic Pages; <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215>]; 2000 (June 13).

Local DFA: DJIA Jan.84-Aug.97

- “local” (or temporal)
DFA

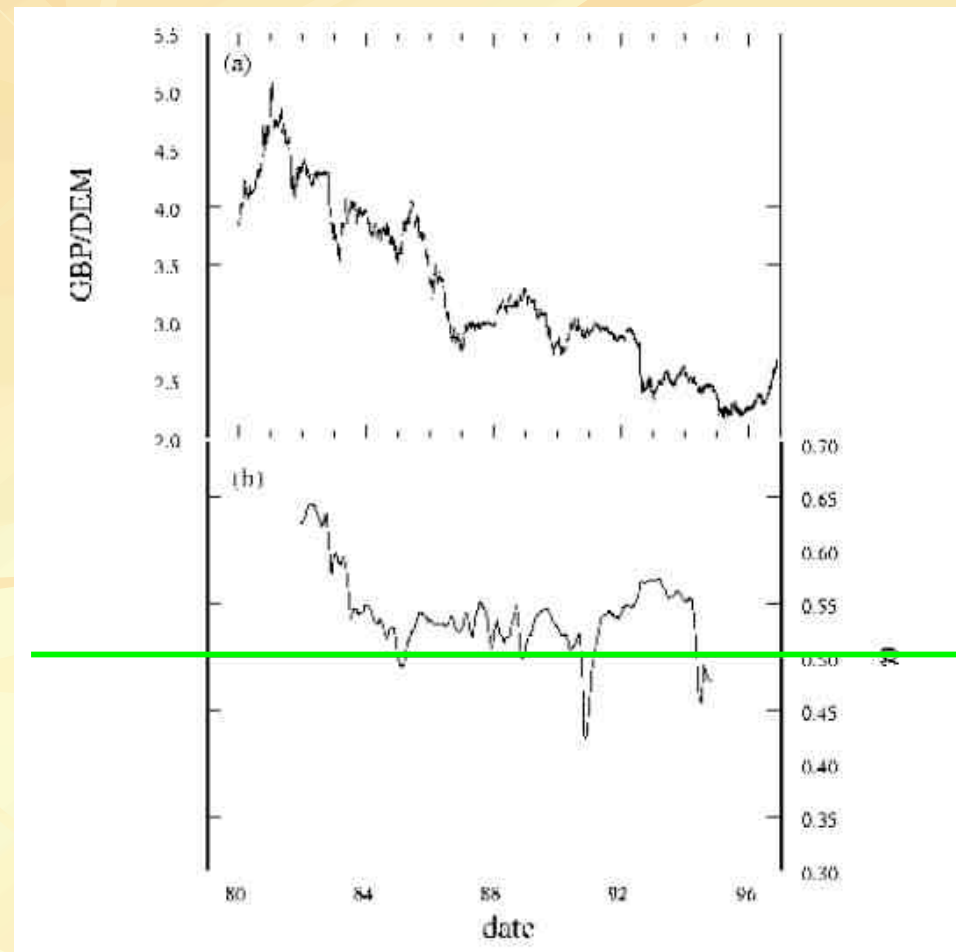


DFA forecasting strategy

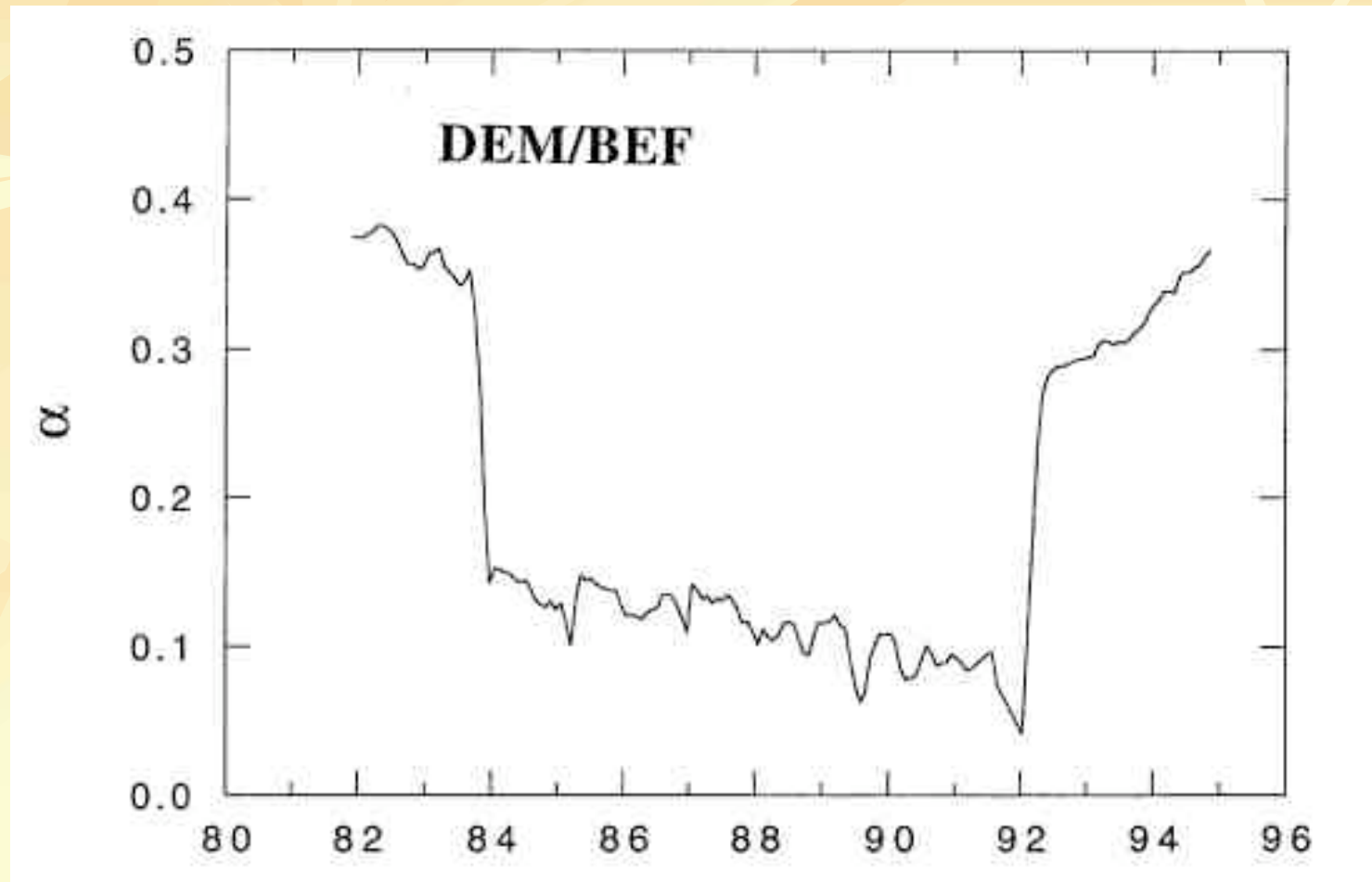
- If $\alpha < 0.5$
- Antipersistence
- Negative correlation
- « very noisy »
- If $\alpha \lllll 0.5$
- up, down, up, down, up, down, up, down, ..
- probabilistic
- .
- $\alpha = 0$: white noise
- If $\alpha > 0.5$
- Persistence
- Positive correlation
- « very smooth »
- If $\alpha \ggggg 0.5$
- Up, up, up, up, up, ..., down, down, down, ..
- probabilistic
- $\alpha = 1$: smooth line

$\alpha = 0.5$ (or $\beta = 2$) : Brownian motion

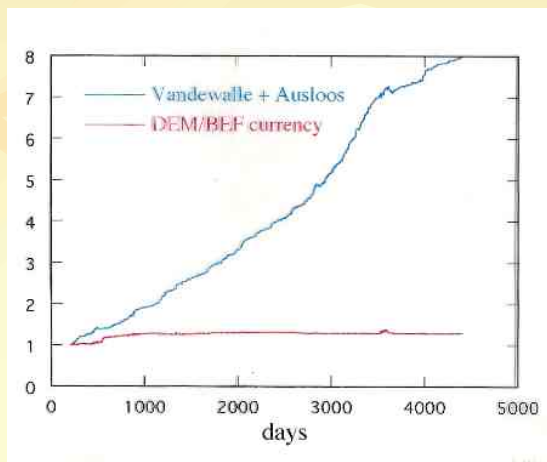
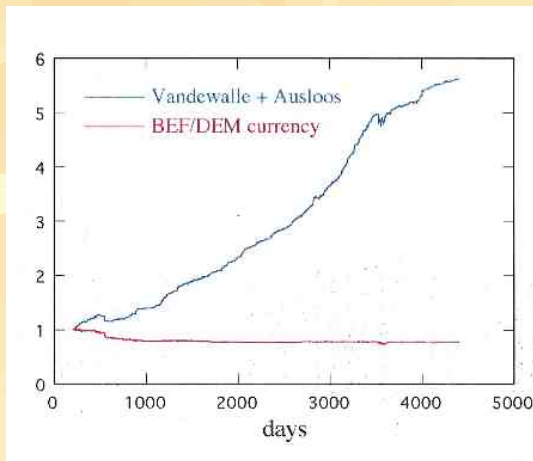
« Local » DFA



Local α DEM/BEF



BEF - DEM



- (very) antipersistent

- $\alpha = 0.23$

- ...

- N.B.

- NLG/BEF : 0.26

- DKK/BEF : 0.31

- FRF/BEF : 0.37

- N.B.

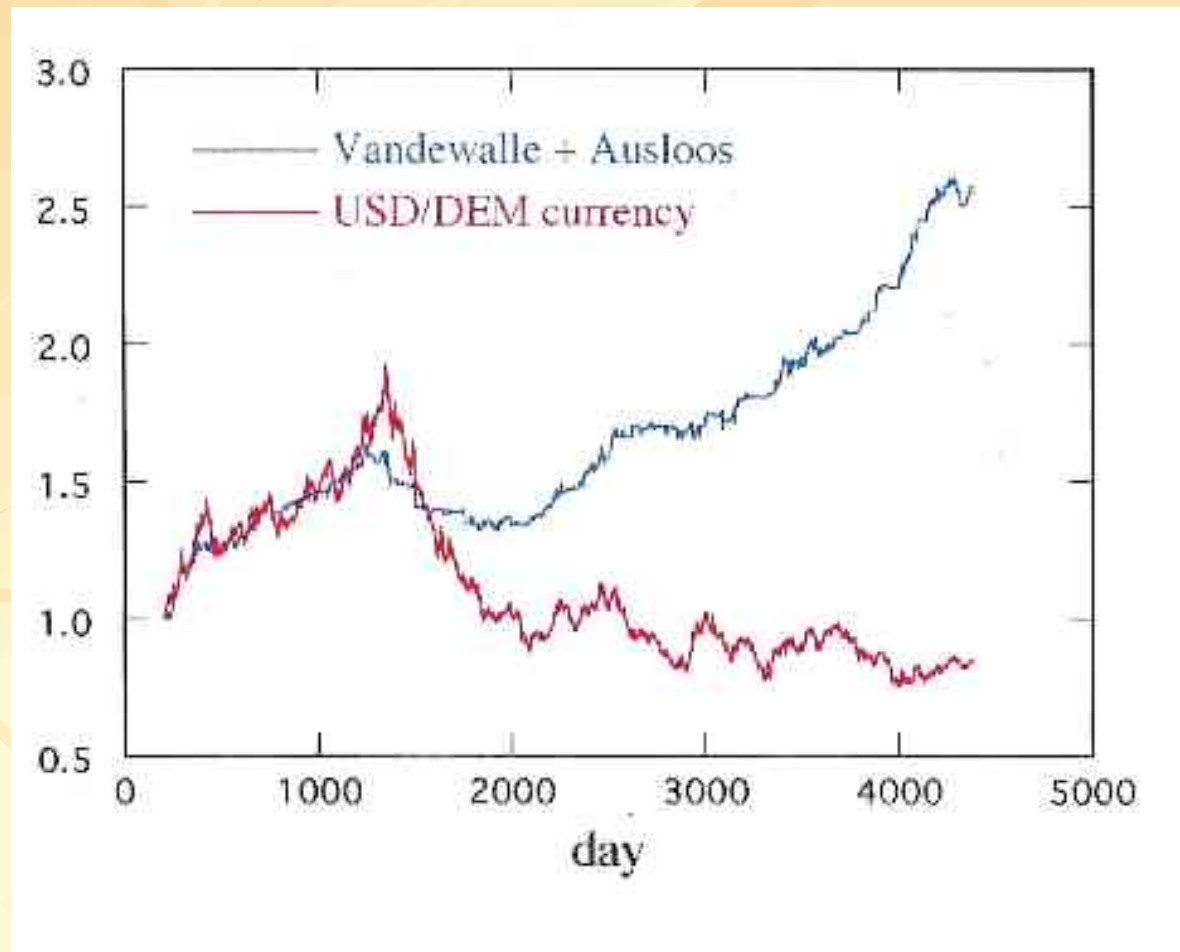
- JPY/USD : 0.55

- USD/CAD : 0.55

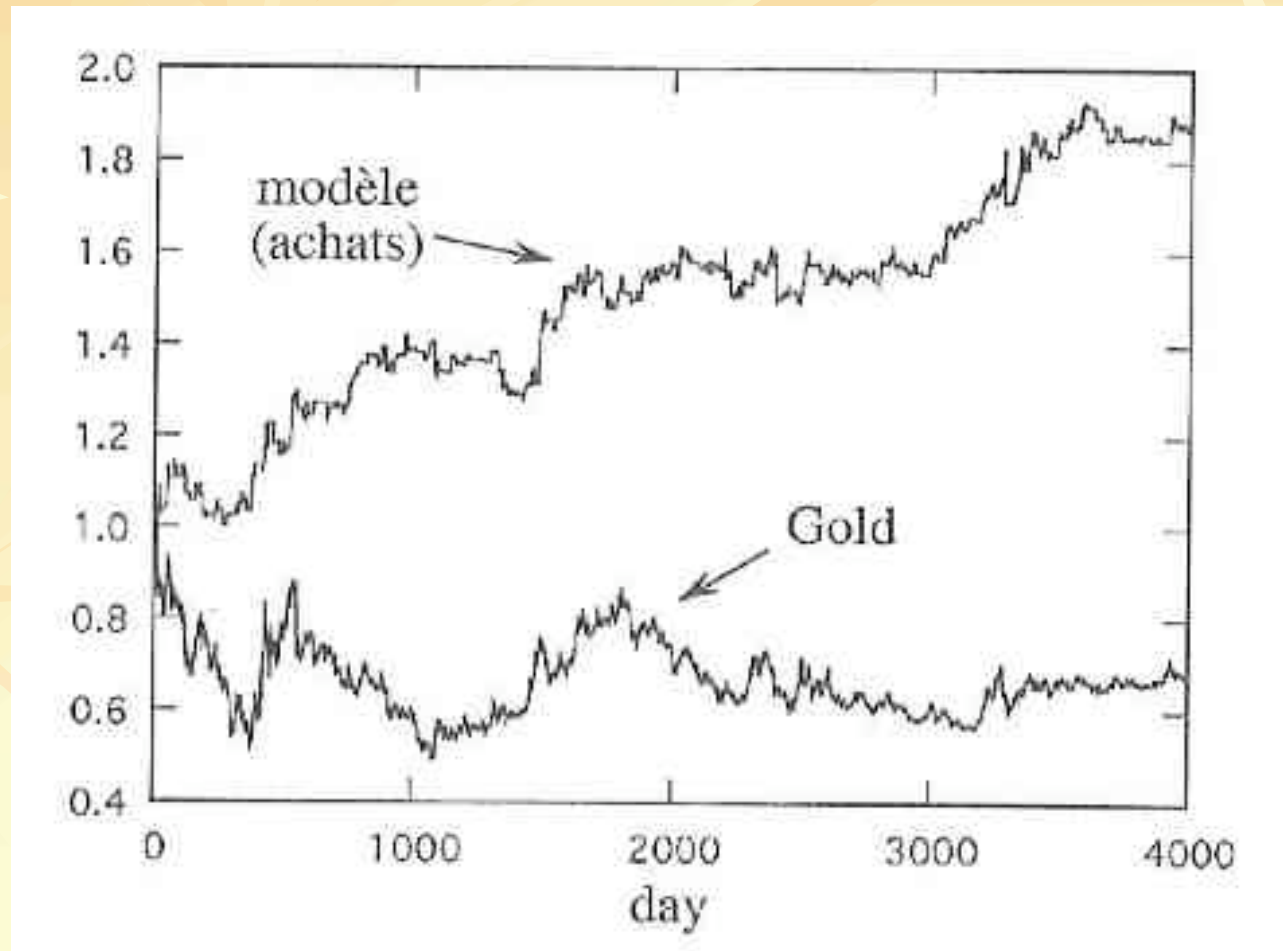
- GBP/USD : 0.55

- USD/DEM : 0.55

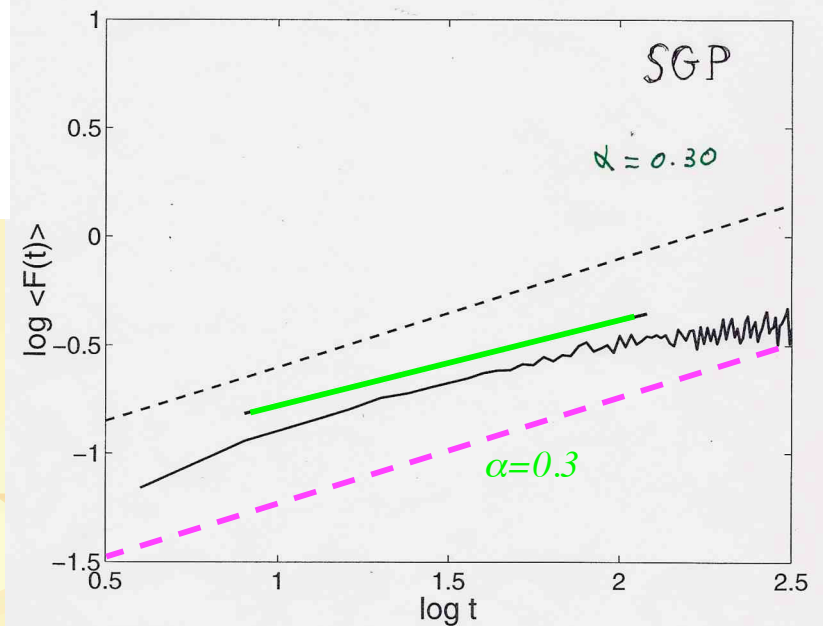
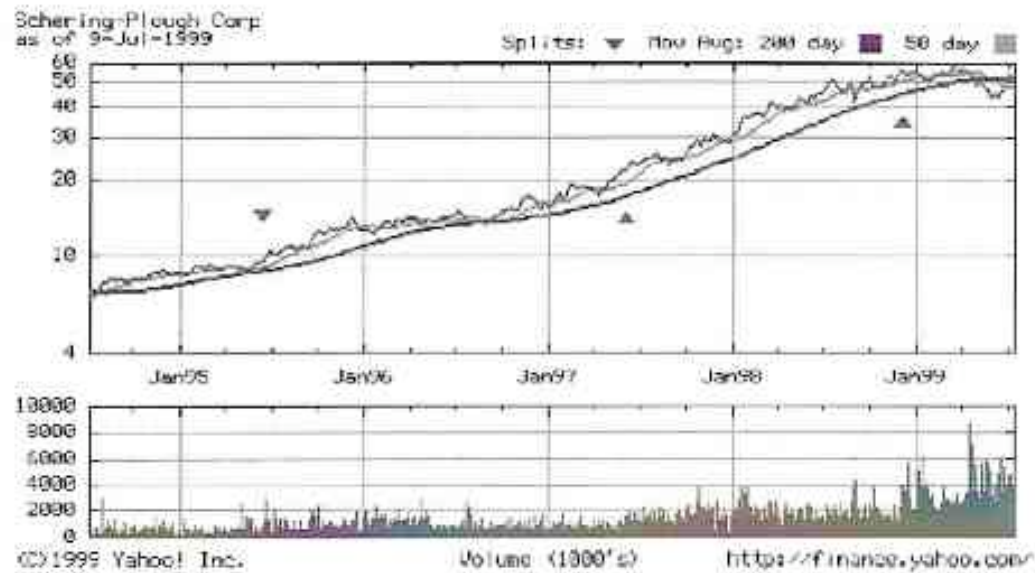
USD/DEM gain



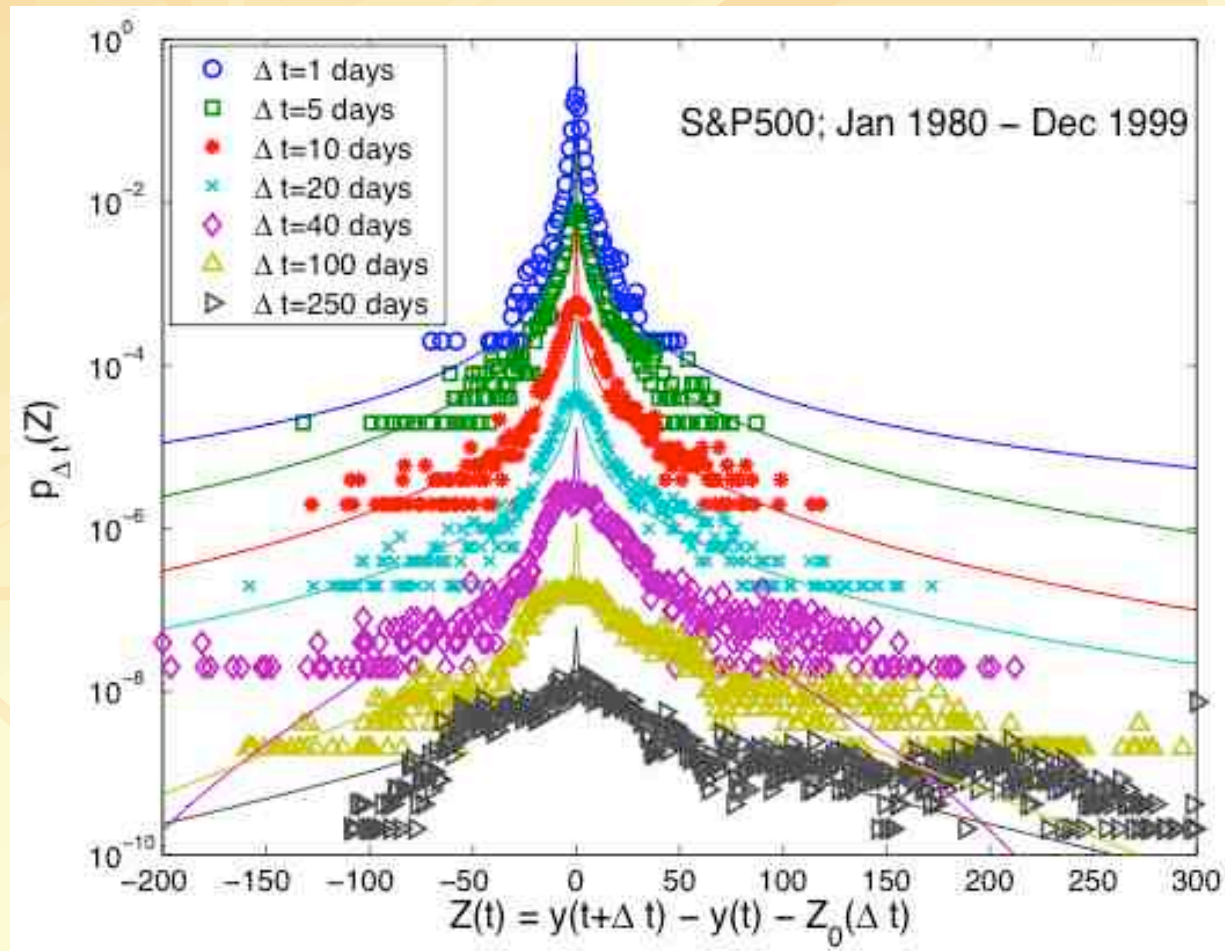
Gold



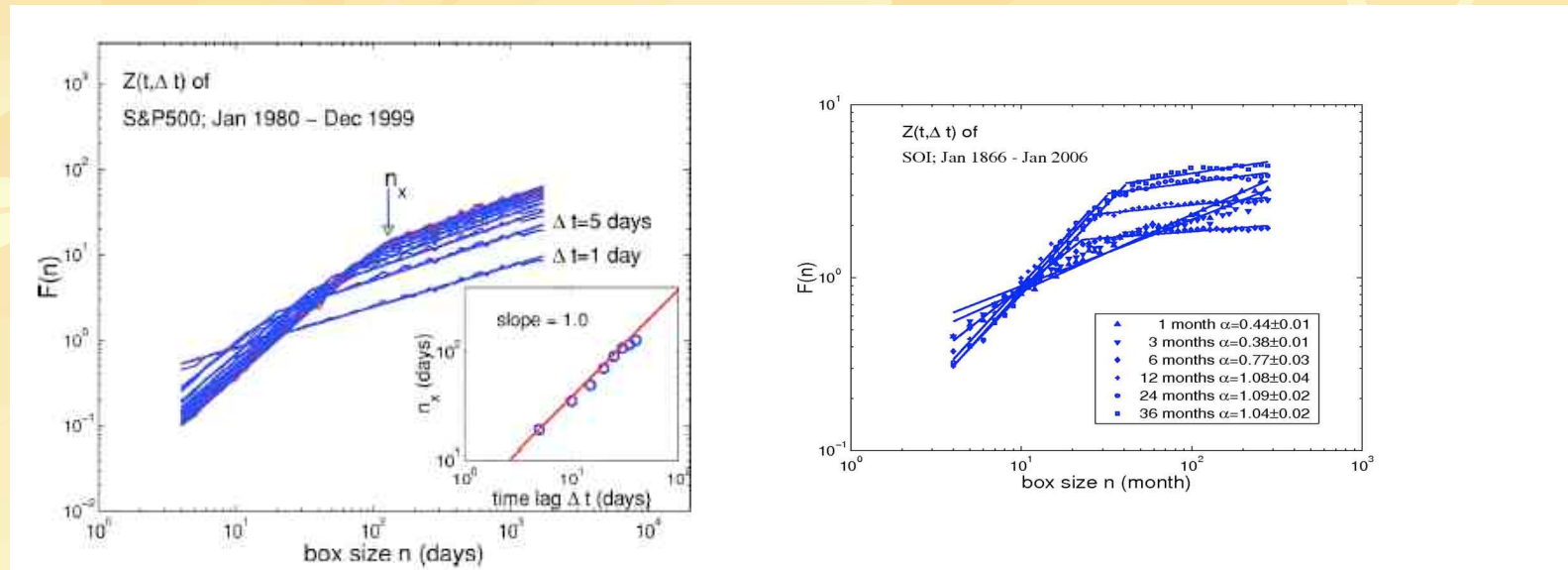
SGP



S&P500 *PDF* returns

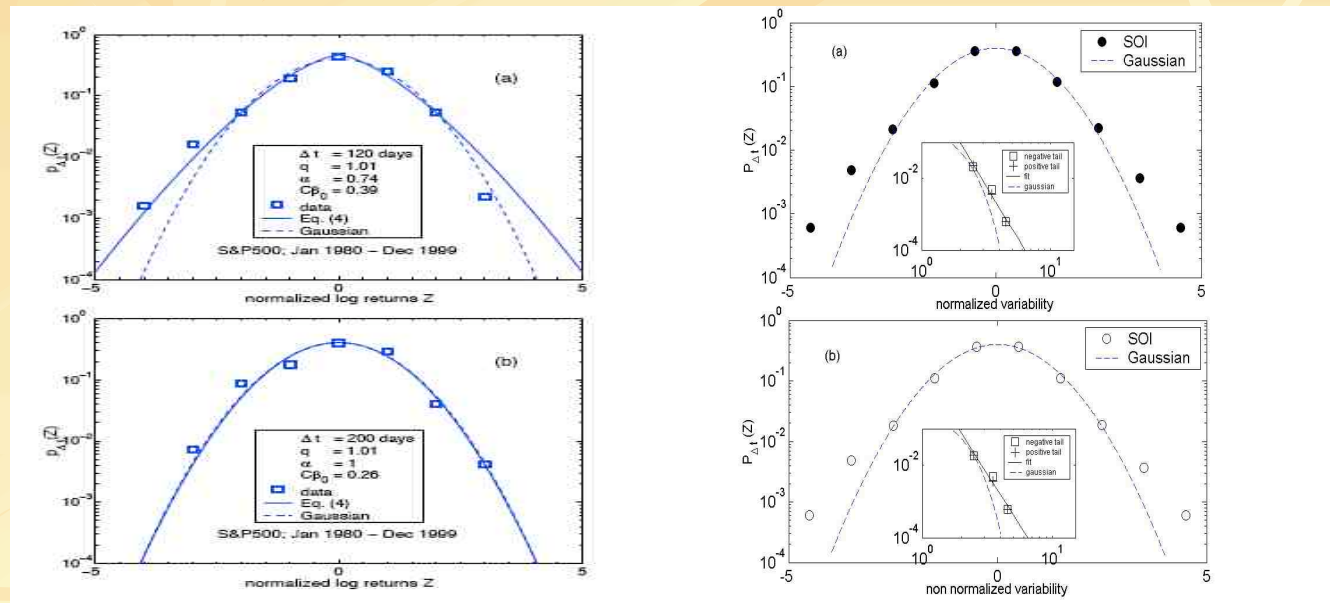


SP500 - SOI



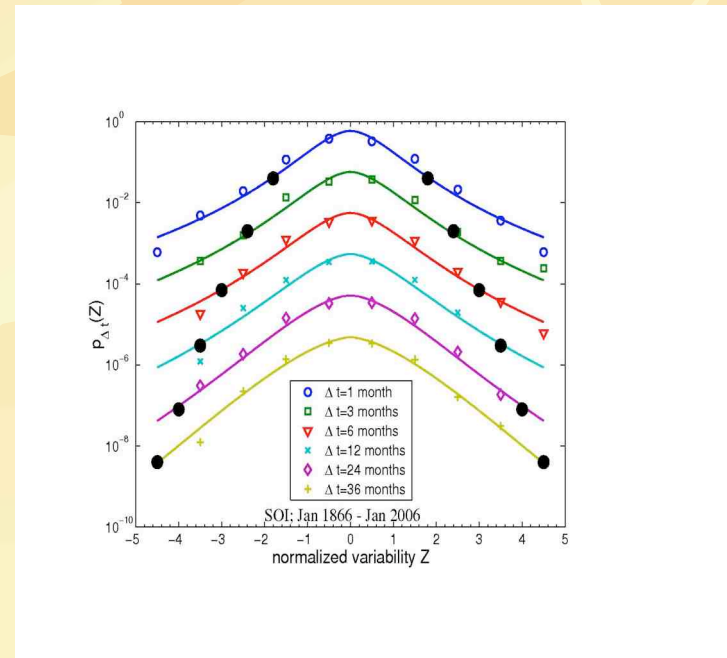
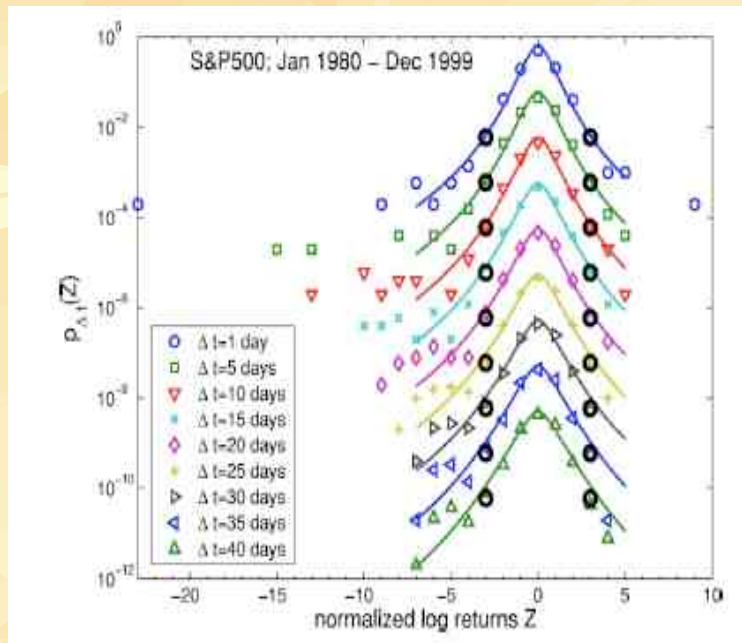
Tests (error bars) on shuffled data

Gaussian ?



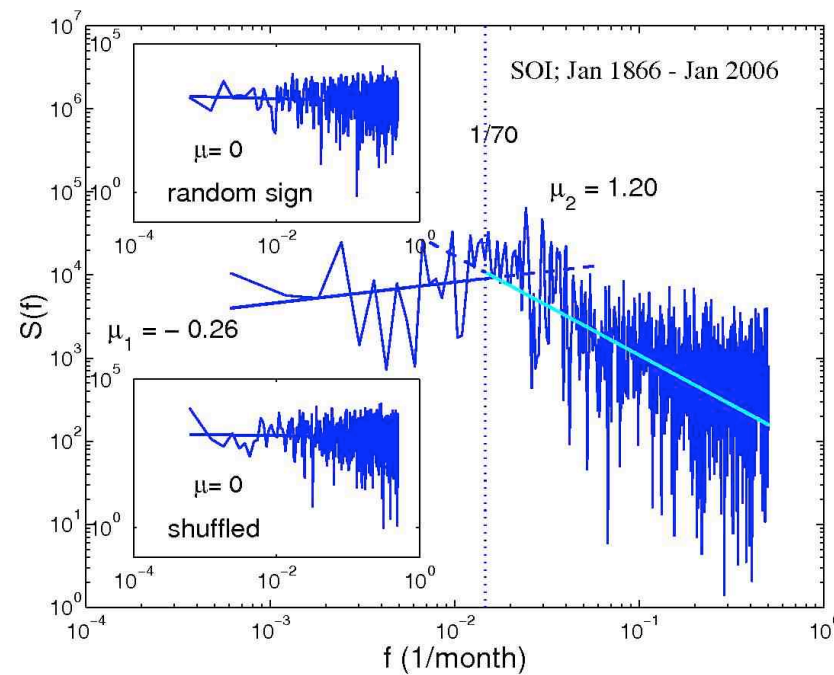
When back to Gaussian ?

Back to Gaussian ?



Long Range Correlations?

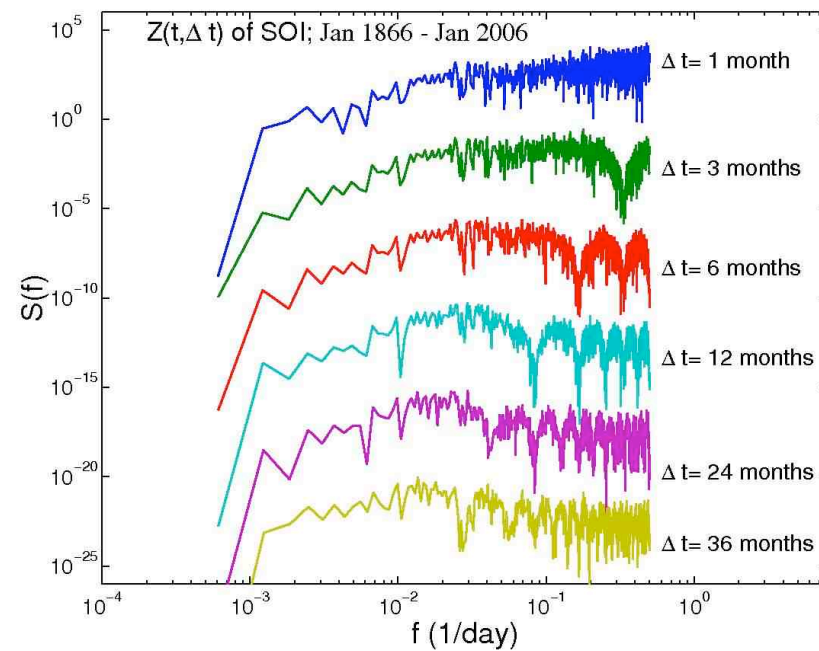
Spectral density SOI



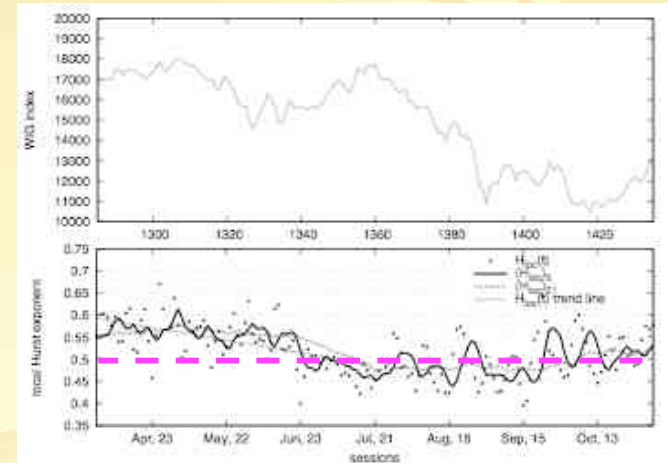
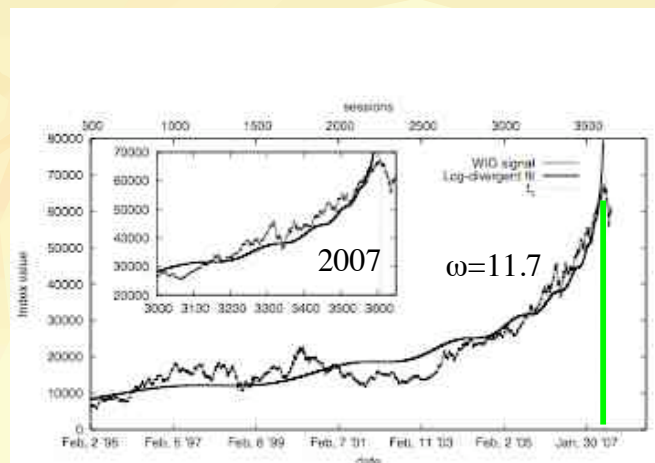
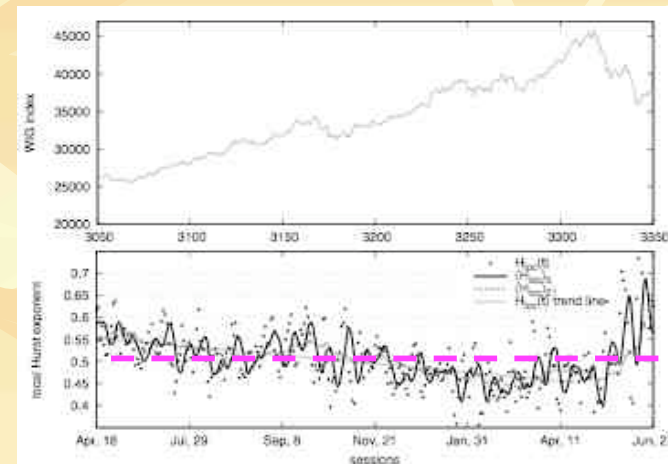
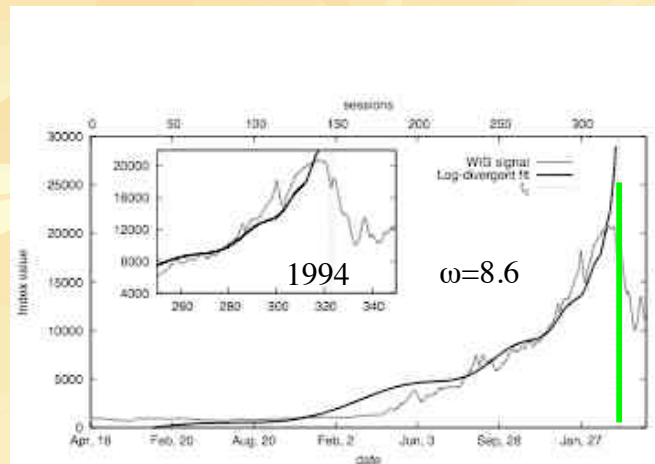
$$\beta = 2\alpha - 1$$

$$(\beta = \mu)$$

Spectral density (Δt) SOI



Log-P or DFA(t)?

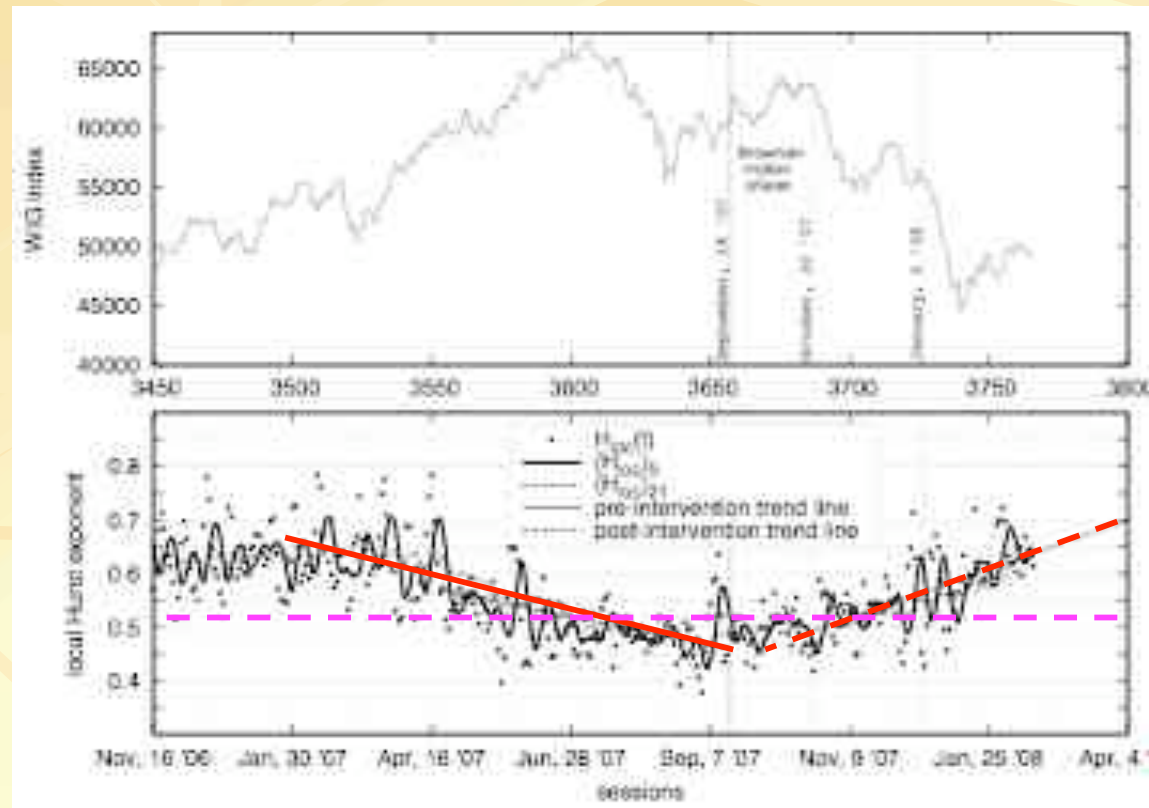


Leiden,
Feb.2010

Courtesy of Dariusz Grech
M. Ausloos

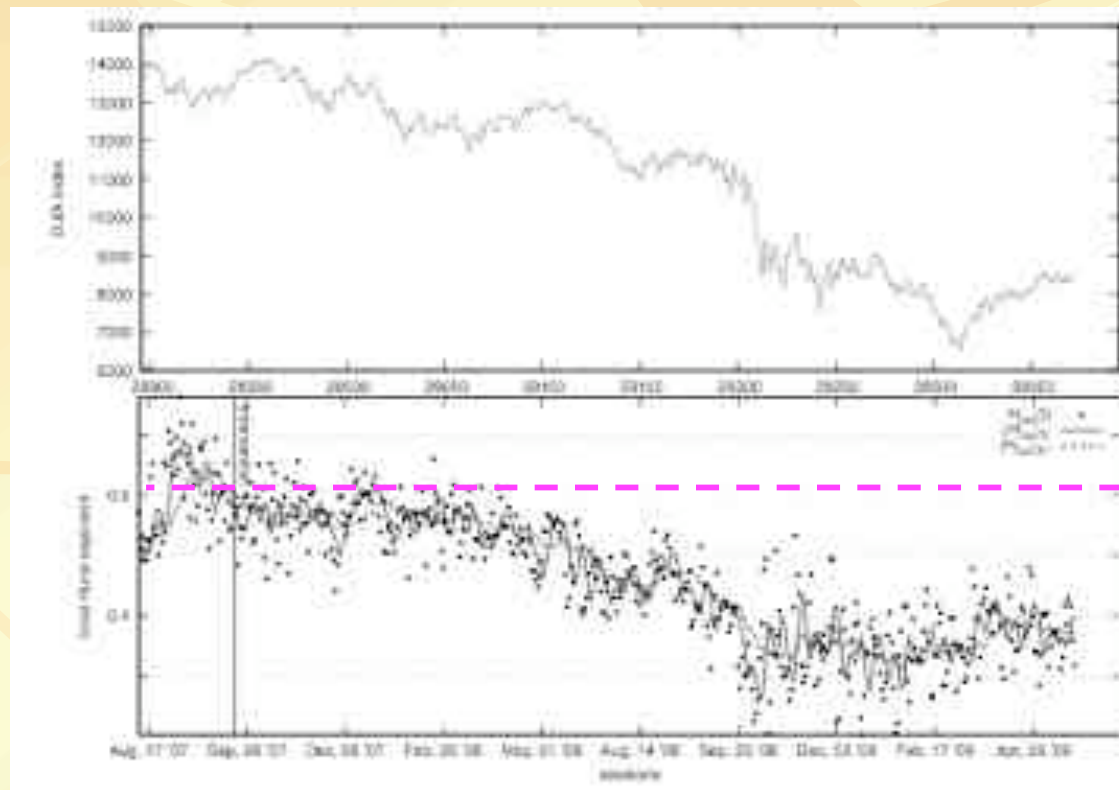
107/xxx

Exogeneous effect on crash ?



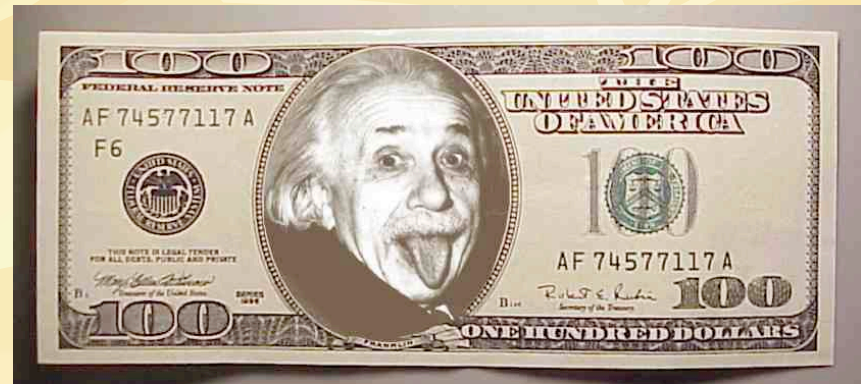
Courtesy of Dariusz Grech

FED on DJIA 07-09

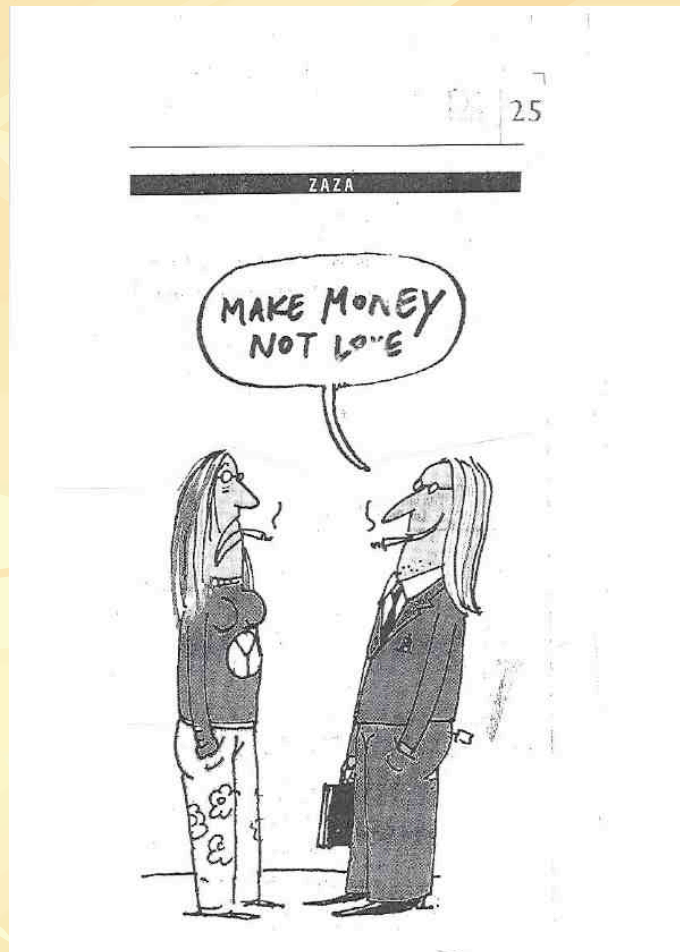


Courtesy of Dariusz Grech

moneyjokes=monkeys



Make money



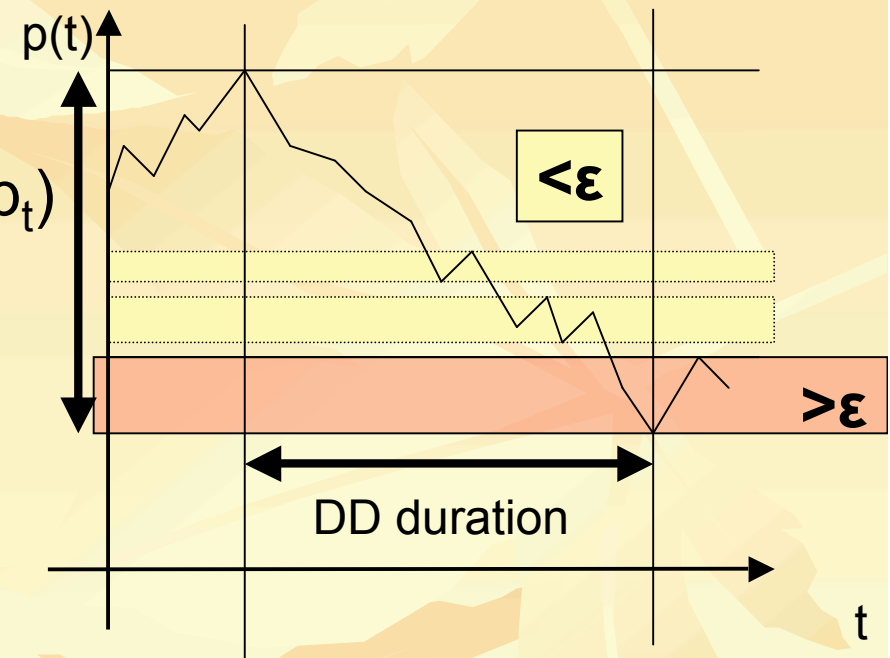
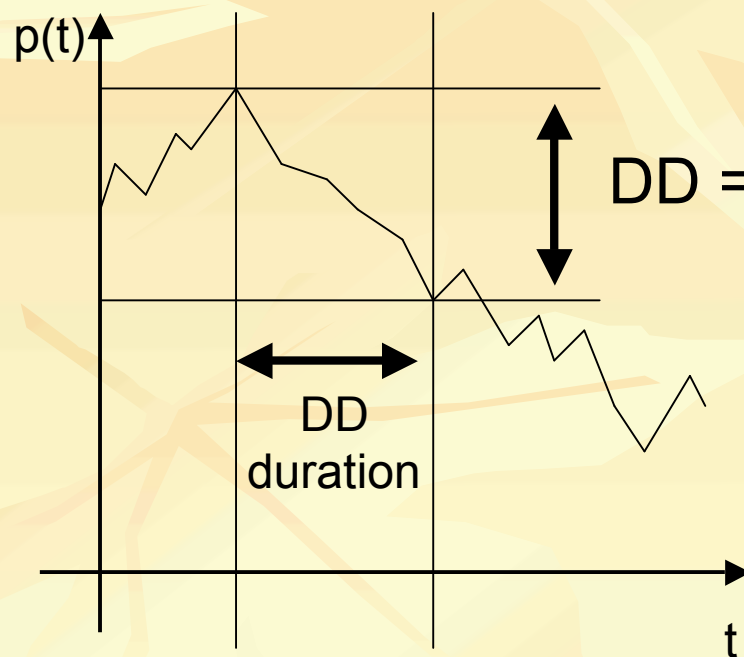
Make money and



Drawdown definition - Johansen & Sornette

“pure” drawdown

ϵ -drawdown



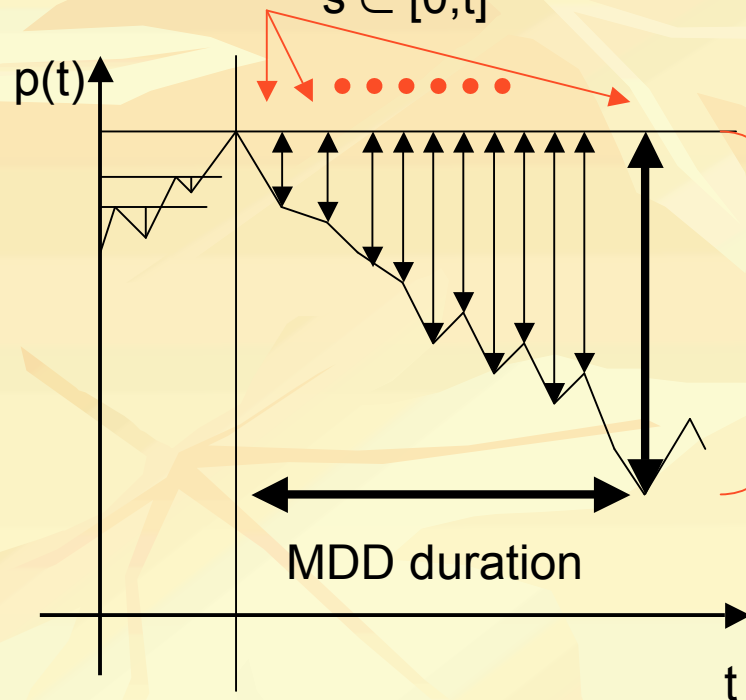
$$DD_{\text{pure}} < DD_{\epsilon}$$

$$DD\text{duration}_{\text{pure}} < DD\text{duration}_{\epsilon}$$

Drawdown definition - Atiya et al.

Drawdown $D = \sup_{s \in [0, t]} X(s) - X(t)$

Maximum Drawdown MDD



$$MDD = \sup_{t \in [0, T]} \left(\sup_{s \in [0, t]} X(s) - X(t) \right)$$

MDD = ϵ -drawdown

if

$$\epsilon = \sup_{s \in [0, t]} X(s) - X(t)$$

Drawdown duration decay - Rising part of speculative bubbles

$$\alpha \sim 1, \quad \alpha \in [0.42, 1.7]$$

