



Copertina

Corso di Laurea Magistrale in Fisica

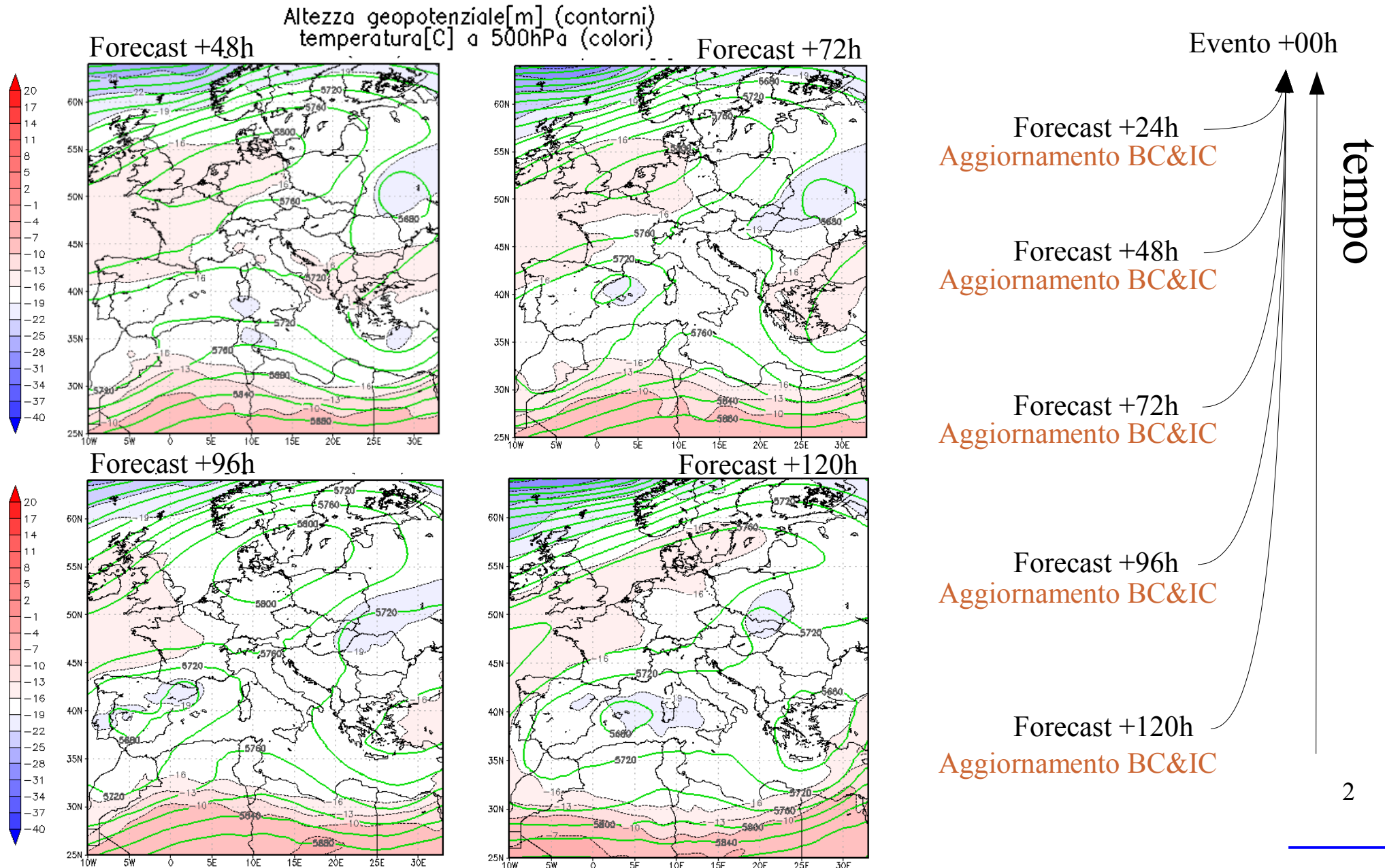
Fisica dell'Atmosfera

Predicibilità, caos e modellistica atmosferica

Giaiotti Dario
(dgaiotti@units.it)

La previsione meteorologica al cambiare delle condizioni iniziali e al contorno

Simulazione tramite modello numerico WRF per il giorno 07/05/2018 ore 00:00 UTC



Il sistema di equazioni usato da Edward Lorenz (1963 1965) ed un insieme di soluzioni

$$\begin{aligned}\dot{X} &= -\sigma X + \sigma Y \\ \dot{Y} &= -XY + rX - Y \\ \dot{Z} &= XY - bZ\end{aligned}$$

Si notano **due regimi evolutivi del sistema** (due attrattori delle soluzioni)

Si osservano traiettorie che descrivono la **transizione (rapida) da un regime all'altro**

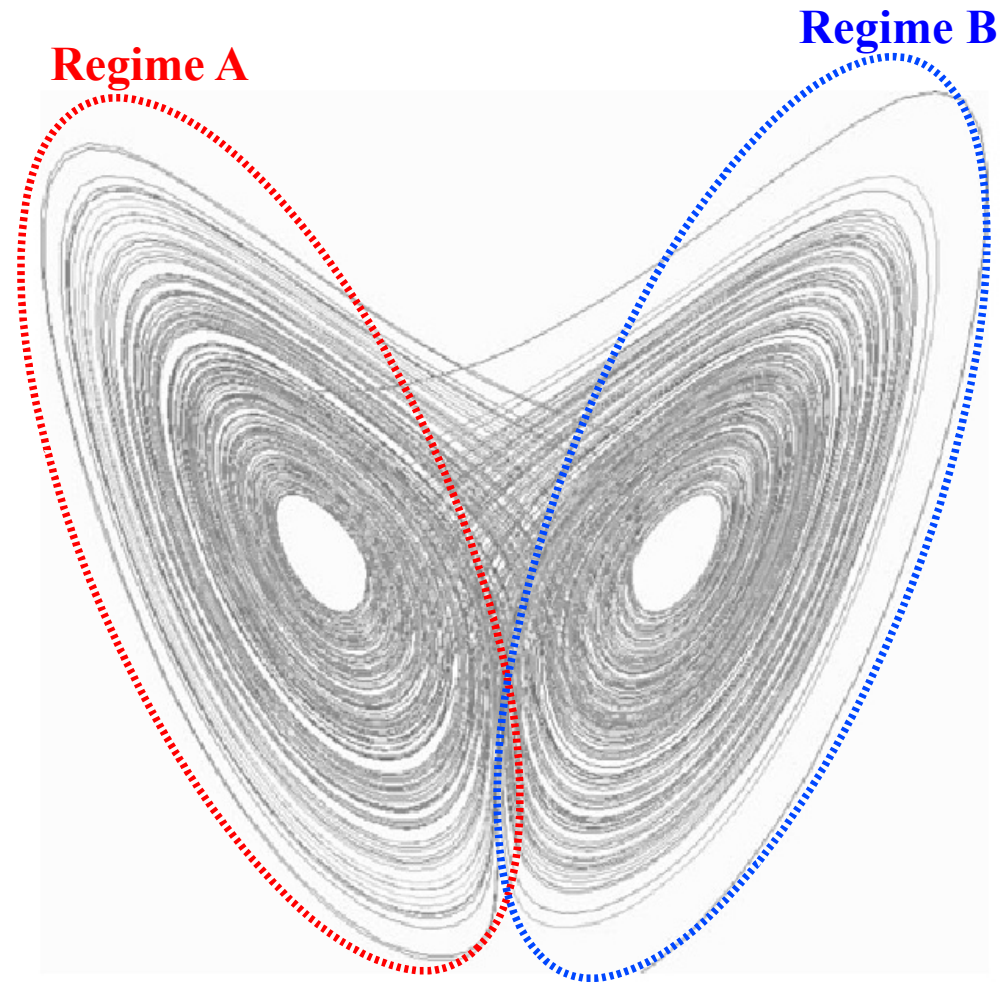


Figure 16.2 Lorenz attractor calculated for the following parameter values: $\sigma = 5$, $r = 15$, $b = 1$ (two-dimensional projection on the xy plane).

Lorenz, E. N., 1963: Deterministic non-periodic flow. *J. Atmos. Sci.*, 20, 130-141.

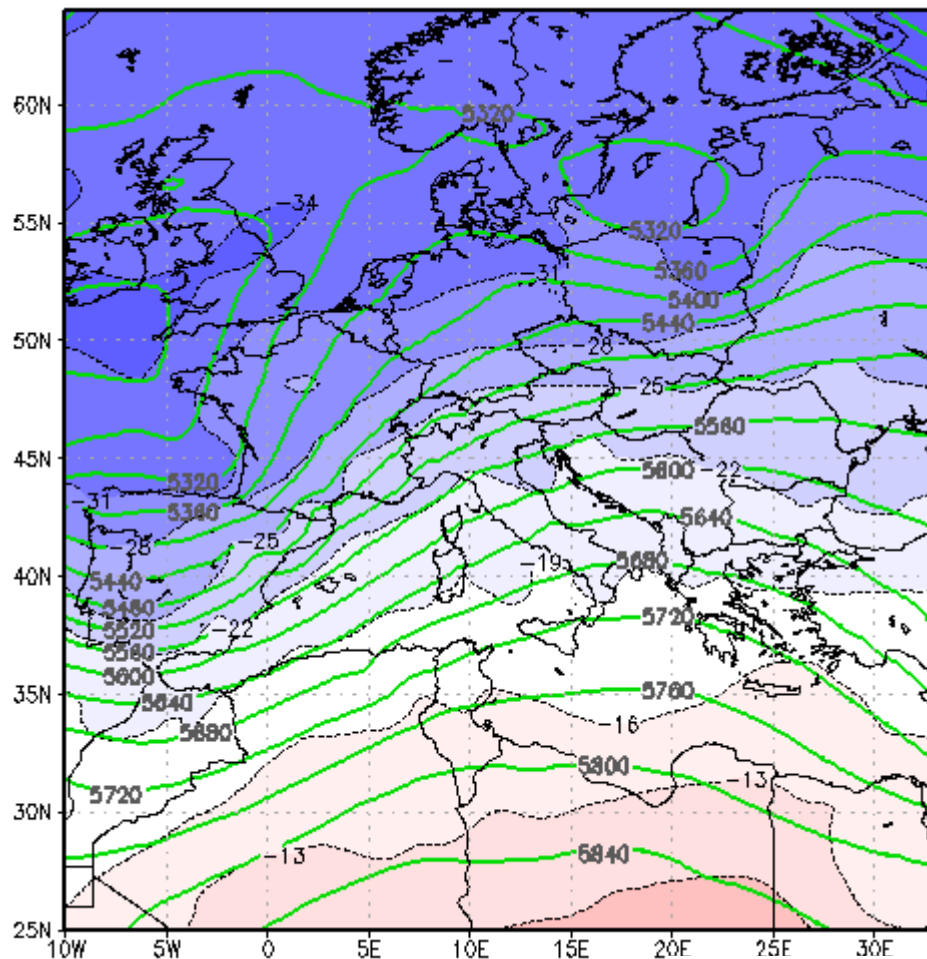
Lorenz, E. N., 1965: A study of the predictability of a 28-variable atmospheric model. *Tellus*, 17, 321-333.

Cosa significa due regimi (due attrattori) per un modello atmosferico numerico

Regime B

Depressione sull'Atlantico orientale e alta pressione sul nord Africa.

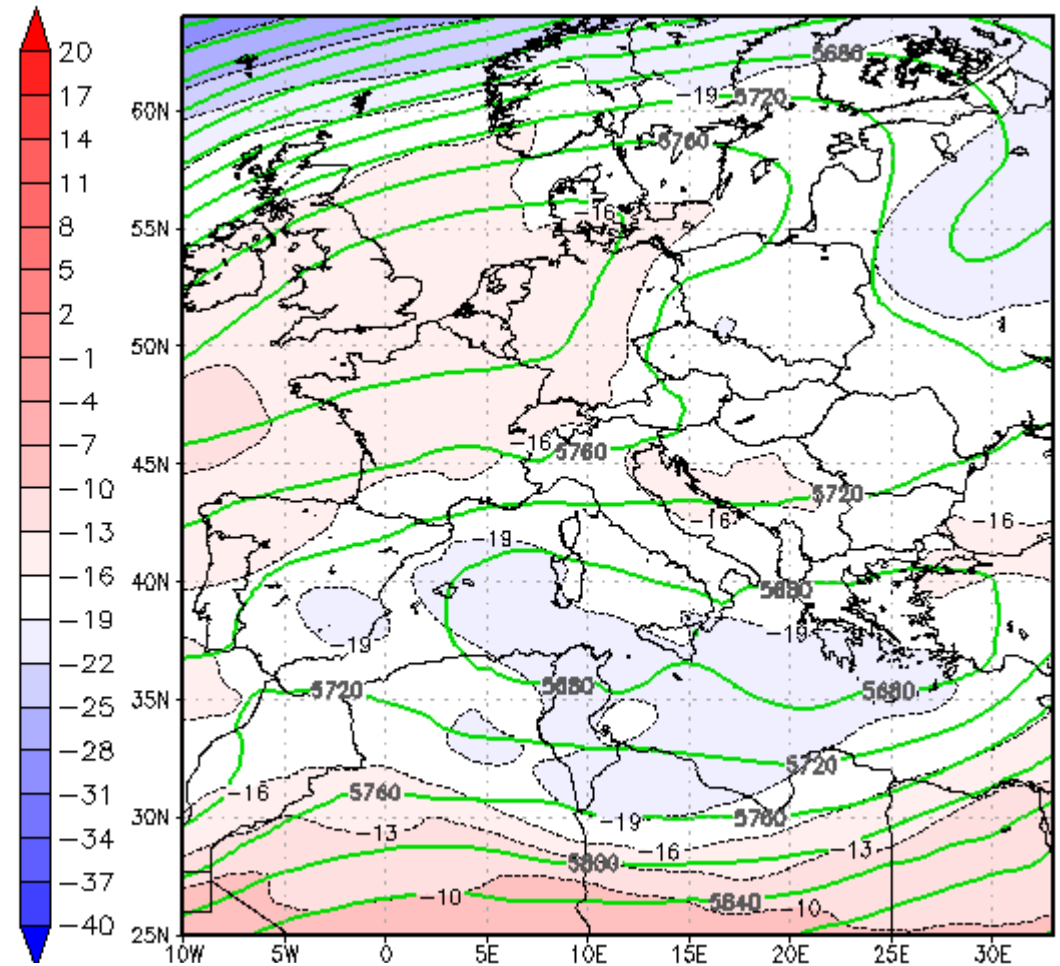
Tempo perturbato in Italia settentrionale, brutto a Trieste



Regime A

Alta pressione sull'Atlantico orientale e depressione sul Mediterraneo centrale

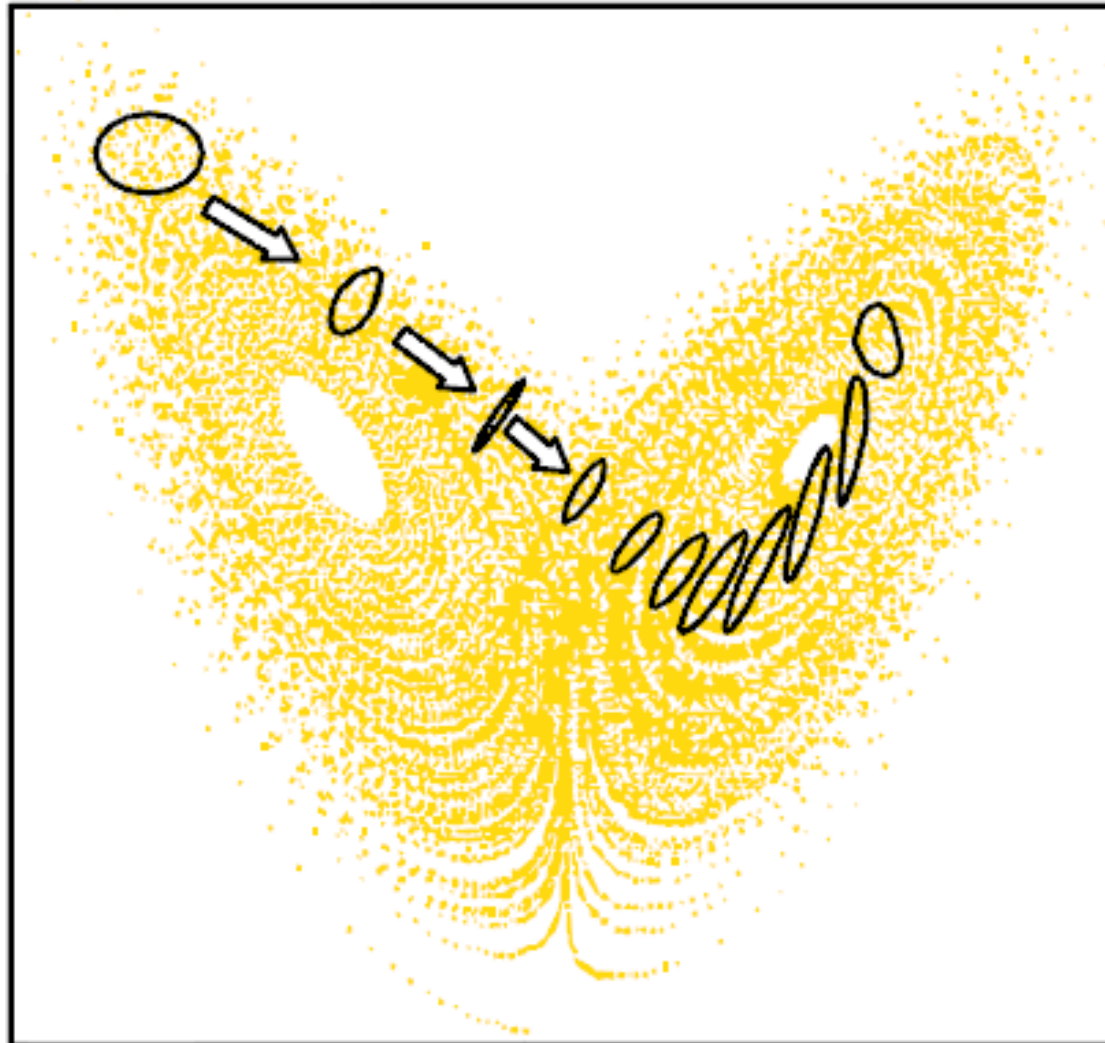
Tempo perturbato in Italia meridionale, bello a Trieste



Altezza geopotenziale[m] (contorni)
temperatura[C] a 500hPa (colori)

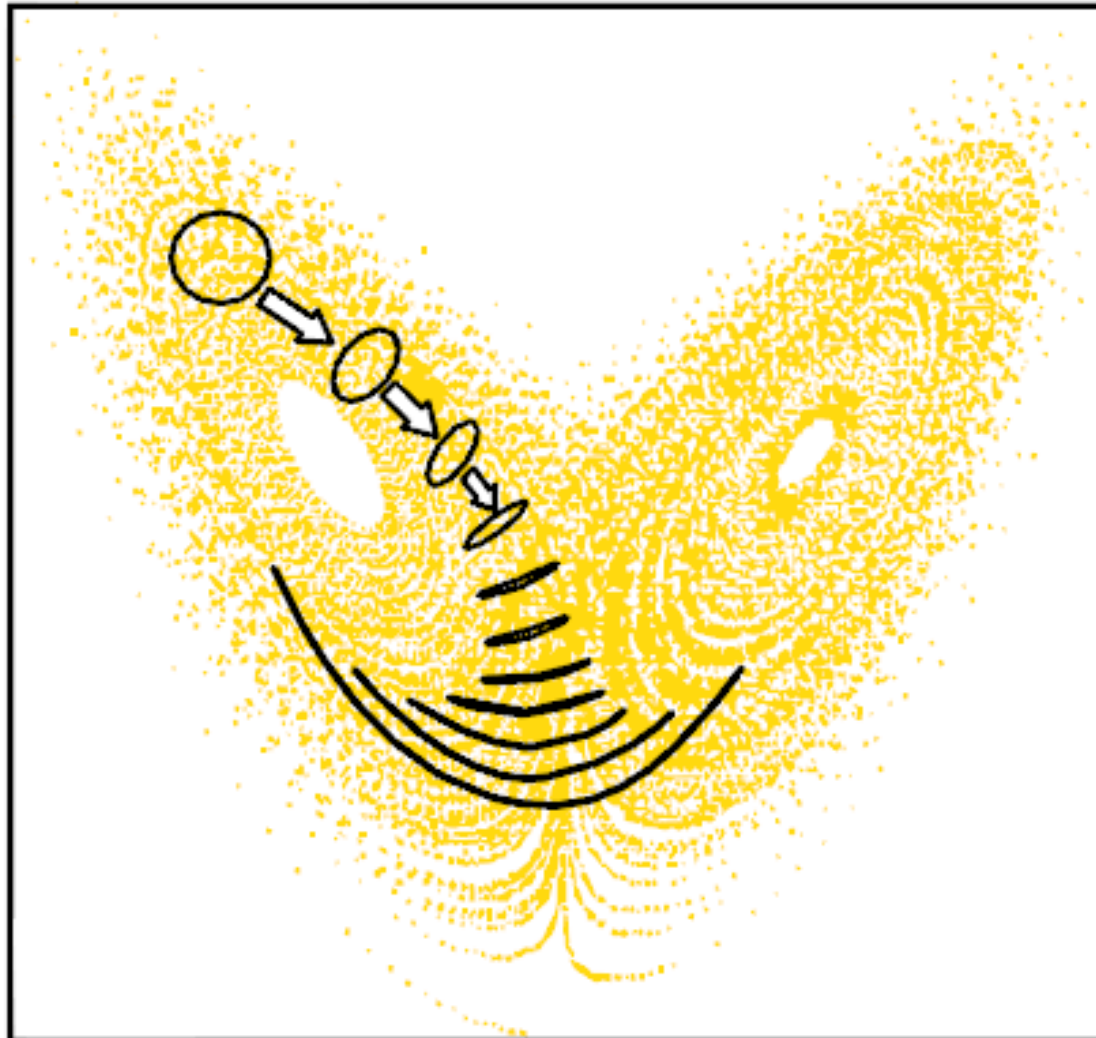
Caso in cui la transizione di regime è evidente: il sistema ha una buona predicibilità

I punti nello spazio delle soluzioni non divergono eccessivamente e **sono confinate nell'area di un regime** durante tutto il periodo evolutivo considerato



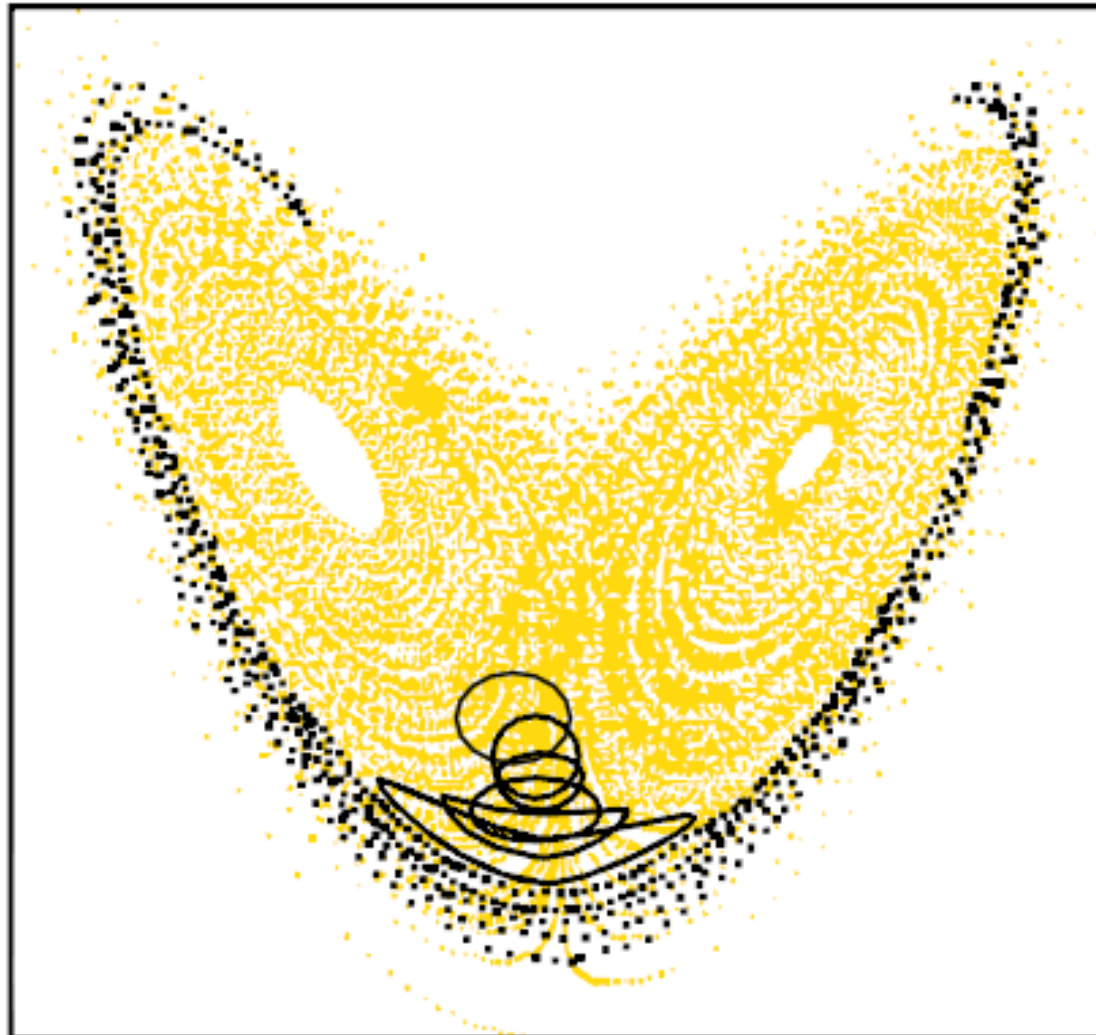
Caso in cui la transizione di regime NON è evidente: il sistema ha una predicibilità limitata

I punti nello spazio delle soluzioni non divergono eccessivamente **solo per un breve periodo** evolutivo, poi popolano aree limitate, ma appartenenti a regimi molto diversi



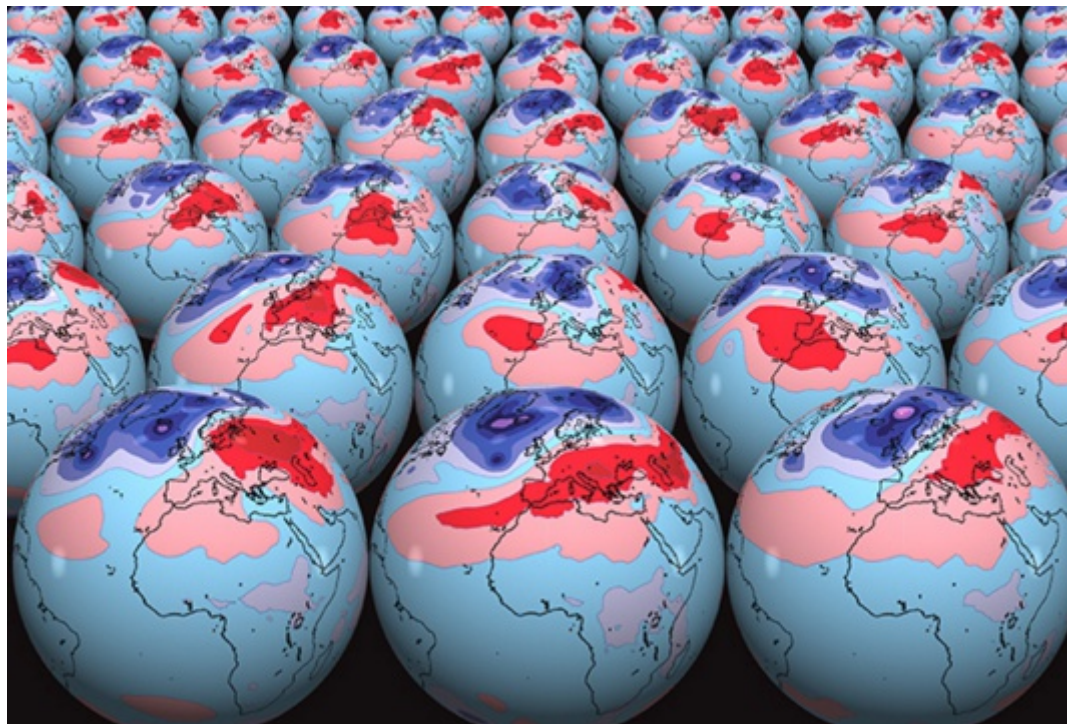
Caso in cui la transizione di regime NON è evidente: il sistema ha una scarsa predicibilità

I punti nello spazio delle soluzioni si **distribuiscono in regioni caratterizzate da regimi diversi fin dall'inizio dell'evoluzione** e sono molto dispersi



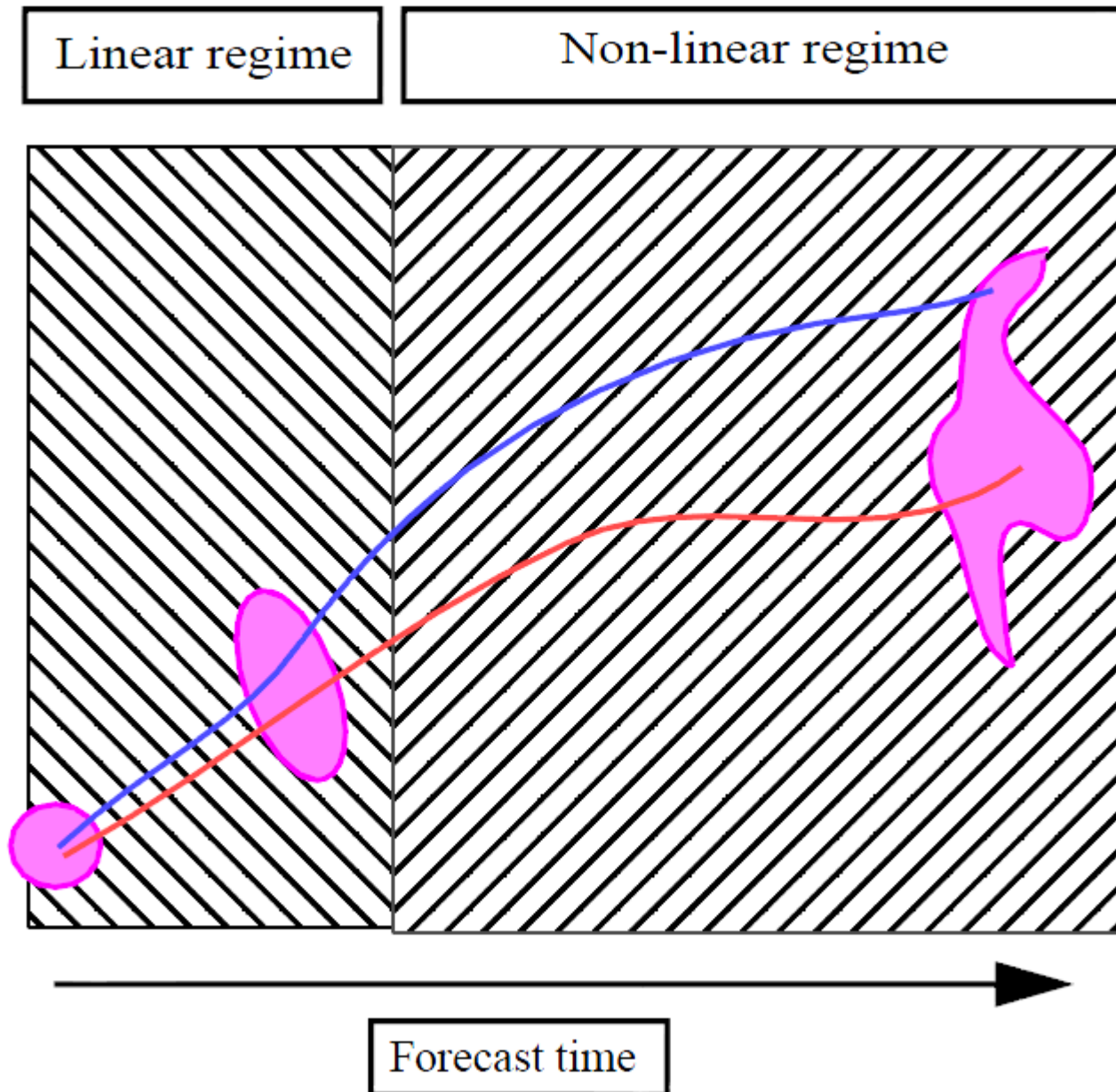
Approccio di ensemble alla predicibilità dei sistema atmosfera

Esecuzione di **50 simulazioni identiche ma con condizioni iniziali e parametrizzazione leggermente perturbate**. Si ottengono 50 output diversi da cui si cerca di estrarre informazioni sulla predicibilità



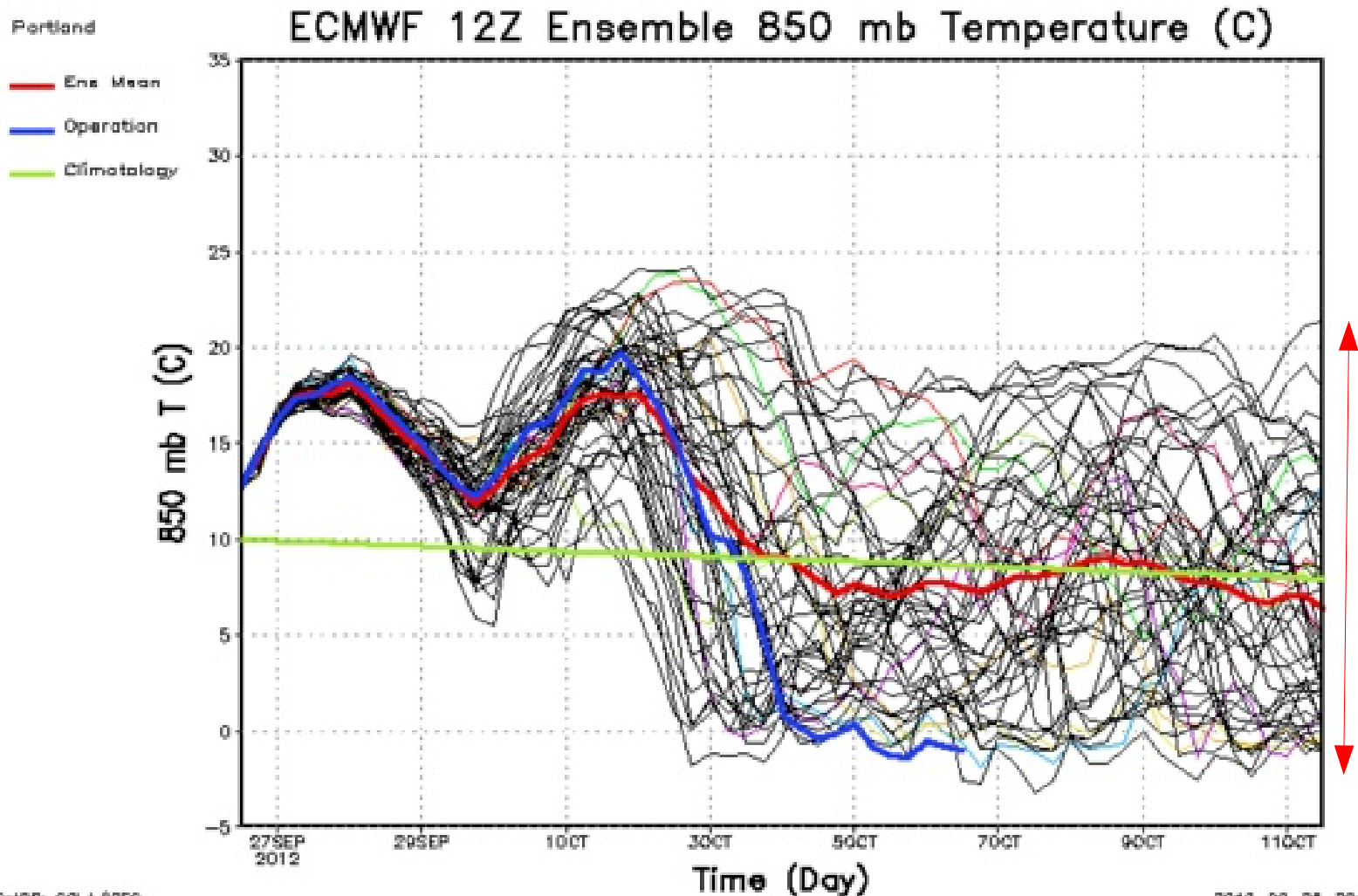
<https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/fact-sheet-ensemble-weather-forecasting>

Evoluzione schematica delle soluzioni di un sistema di equazioni differenziali non lineari



Evoluzione degli ensemble su un punto dello spazio

La **media degli ensemble** non rappresenta la previsione più attendibile, ma è solo un operatore statistico applicato ai 50 membri dell'ensemble. **Operation** indica la simulazione eseguita con le condizioni iniziali non perturbate. Il **valore climatico** viene riportato come riferimento per considerazioni sull'eccezionalità.



Quale sarà la realtà
il giorno 11 ottobre?



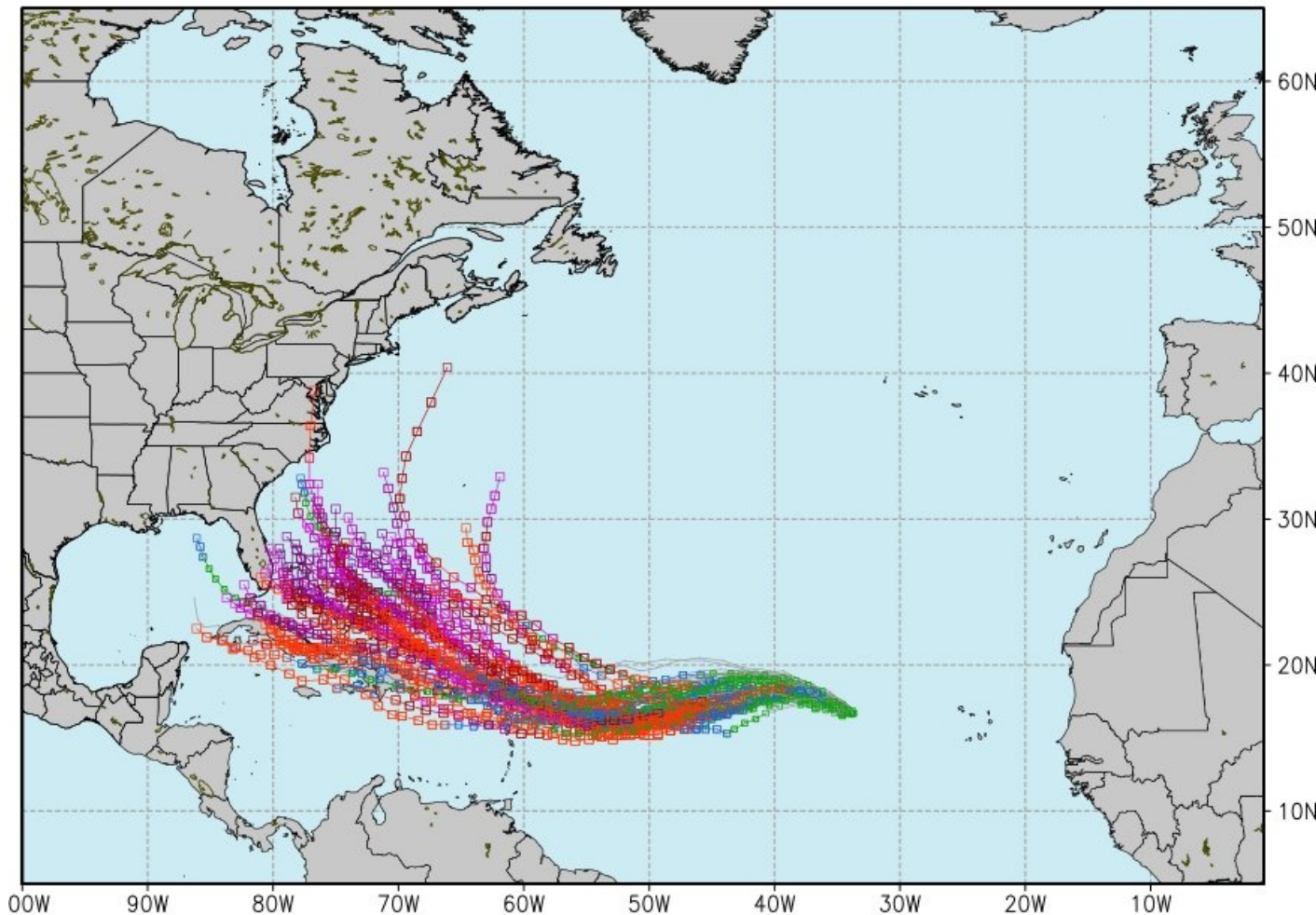
Uso degli ensemble per individuare la possibile evoluzione della posizione di un uragano

La simulazione viene aggiornata ogni 6 ore, quindi l'individuazione delle possibili aree impattate viene aggiornata continuamente

IRMA ECMWF Ensemble Guidance [51-members+deterministic]
Forecast Init: 2017083112 --> Next 10 days

o-o > 1000 hPa o-o 960 - 979 hPa
o-o 990 - 1000 hPa o-o 950 - 959 hPa
o-o 980 - 989 hPa o-o < 940 hPa

Model Mems



- 01 240 935
- 10 240 953
- 11 240 930
- 12 240 928
- 13 240 982
- 14 240 927
- 15 240 931
- 16 240 989
- 17 240 1001
- 18 240 929
- 19 240 937
- 02 240 947
- 20 240 939
- 21 240 957
- 22 240 919
- 23 240 939
- 24 240 963
- 25 240 925
- 26 240 988
- 27 240 949
- 28 240 962
- 29 240 940
- 03 240 947
- 30 240 937
- 31 240 946
- 32 240 962
- 33 240 946
- 34 240 941
- 35 240 933
- 36 240 972
- 37 240 930
- 38 240 934
- 39 240 950
- 04 240 935
- 40 240 947
- 41 240 942
- 42 240 911
- 43 240 945
- 44 240 937
- 45 240 931
- 46 240 938
- 47 240 961
- 48 240 938
- 49 240 947
- 05 240 938
- 50 240 959
- CN 240 945
- HR 240 922
- 06 240 933
- 07 240 944
- 08 240 942
- 09 240 956

Bibliografia per entrare nei dettagli

- An introduction to dynamic meteorology, 2004, Holton J. R., Amsterdam Elsevier Academic Press.
- Dynamics of the atmosphere, 1995, Dutton J. A., New York Dover publication inc., 617 pp.
- Atmosphere-ocean dynamics, 1982, Gill A. E. New York, NY Academic Press, 662 pp.
- Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, 2015, G. K. Vallis, Cambridge University Press, 745 pp.
- An Introduction to Fluid Dynamics, 1967, Batchelor -G.K., Cambridge University Press, 615 pp.
- Fluid Mechanics, F. Durst, 2008, Springer, 723 pp.
- Atmospheric convection : research and operational forecasting aspects, 2007, D. B. Giaiotti et al., Wien Springer, 226 pp

Tutti i testi sono disponibili presso la Biblioteca Tecnico Scientifica dell'Università, oppure all'ICTP

Nonlinearity, Chaos, and Complexity: The Dynamics of Natural and Social Systems, 2005, Cristoforo Sergio Bertuglia, Franco Vaio, Oxford Univ. Press

Chaos and weather prediction, R. Buizza

<https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2002/16927-chaos-and-weather-prediction.pdf>

Predictability of Weather and Climate: From Theory to Practice - From Days to Decades, T.N.Palmer

<https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2003/11490-predictability-weather-and-climate-theory-practice-days-decades.pdf>