

Figura 16: Robert Mangold. X within X orange. 1981.

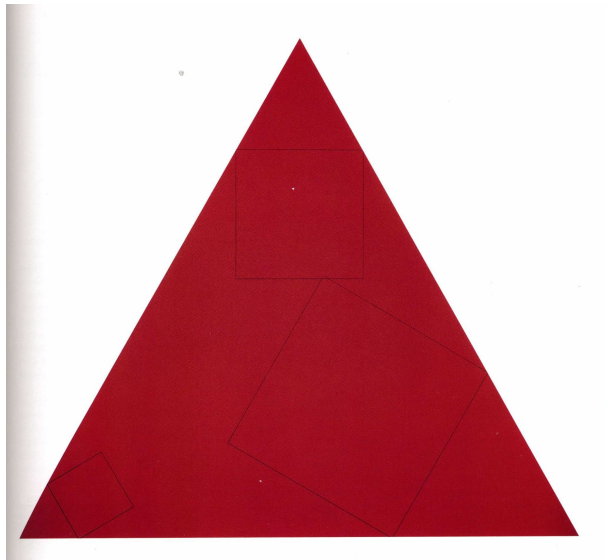


Figura 17: Robert Mangold. Three squares within a triangle. 1976

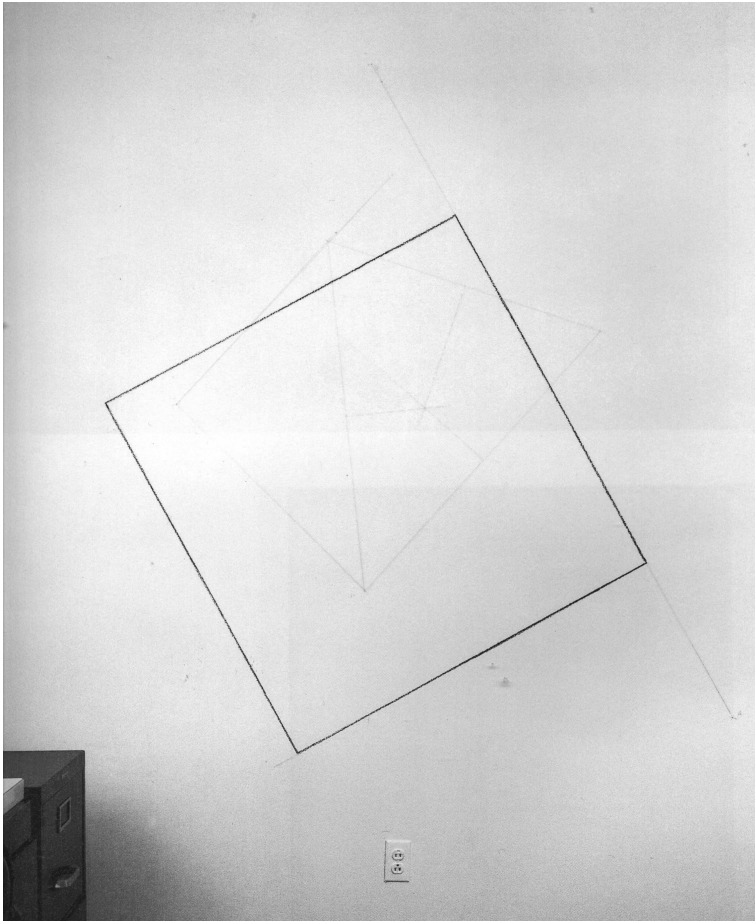


Figura 18: Sol Le Witt. Wall drawing 232, 1975



Figura 19: Jackson Pollock. Lavender Mist: Number 1, 1950.

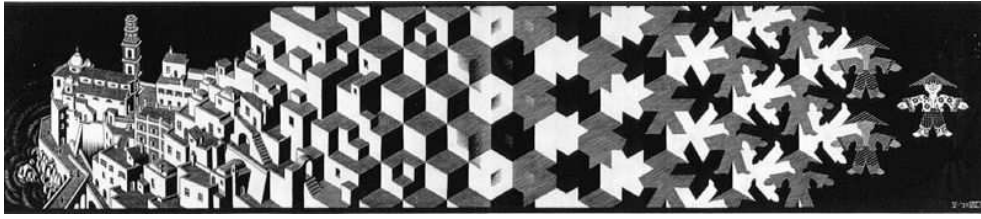


Figura 20: M. C. Escher. Metamorphosis I. Woodcut, 1937.

(componenti) sono descritti da leggi empiriche (un esempio, i sistemi economici) e quelli descritti da leggi (potenzialmente) derivate dai principi primi (per esempio i polimeri). Un esempio che racchiude una contaminazione: il clima globale, dove alle leggi della chimica e della fisica si aggiungono i comportamenti umani.

Le equazioni sulla cui base si sviluppano modelli per la descrizione dei sistemi complessi derivano dalla fisica statistica, dalla teoria dell'informazione, dalla dinamica non-lineare. I modelli che ne risultano rappresentano il comportamento organizzato ma non completamente predicibile (talvolta, realmente imprevedibile) del sistema. Naturalmente, un problema chiave è costituito dalla formulazione stessa del modello.

Tali sistemi sono utilizzati per rappresentare processi in biologia, economia, fisica, ed in molti altri casi.

Un pioniere in questo campo fu Friedrich Hayek, Premio Nobel per l'economia e filosofo, che si dedicò allo studio dei fenomeni complessi. Una delle sue idee principali fu la distinzione tra la capacità di predire il comportamento dei sistemi semplici e la capacità di modellare sistemi complessi.

Un aspetto caratterizzante molti sistemi complessi sono le interazioni (feedback) multi-scala. Ciò che risulta in genere controintuitivo è che le scale spaziali piccole (che di solito sono poco energetiche) possano influenzare quelle più grandi (che sono in generale più energetiche). È ciò che nella fantasia di tutti si chiama effetto farfalla (una farfalla che sbatte le ali nell'emisfero sud può scatenare un tornado nell'emisfero nord?), teorizzato da Edward Lorenz nei suoi studi sui sistemi caotici.

5 Meteorologia e clima

Non abbiamo una ricetta per problemi ancora più complessi che pure hanno attirato e stimolato la fantasia. Qualche esempio:

- Giorgione (circa 1500): figura 21;
- Alfred Stieglitz (attorno al 1930): figura 22;
- Lighting field (1971-77) di Walter DeMaria, fig. 23 ¹;
- The weather project (2003-2004) di Olafur Eliasson alla Tate Modern, figura 24 ²

¹... un campo di terra incolta e disordinata venne solcato da pali ordinati ed appuntiti, che come lance si dirigevano verso il cielo verticali e paralleli, la cui superficie metallica riluceva sia al sole sia ai lampi notturni " da Vettese (1998), pag.150, 240-241

² The subject of the weather has long shaped the content of everyday conversation. The eighteenth-century writer Samuel Johnson famously remarked It is commonly observed, that when two Englishmen meet, their first talk is of the weather; they are in haste to tell each other, what each must already

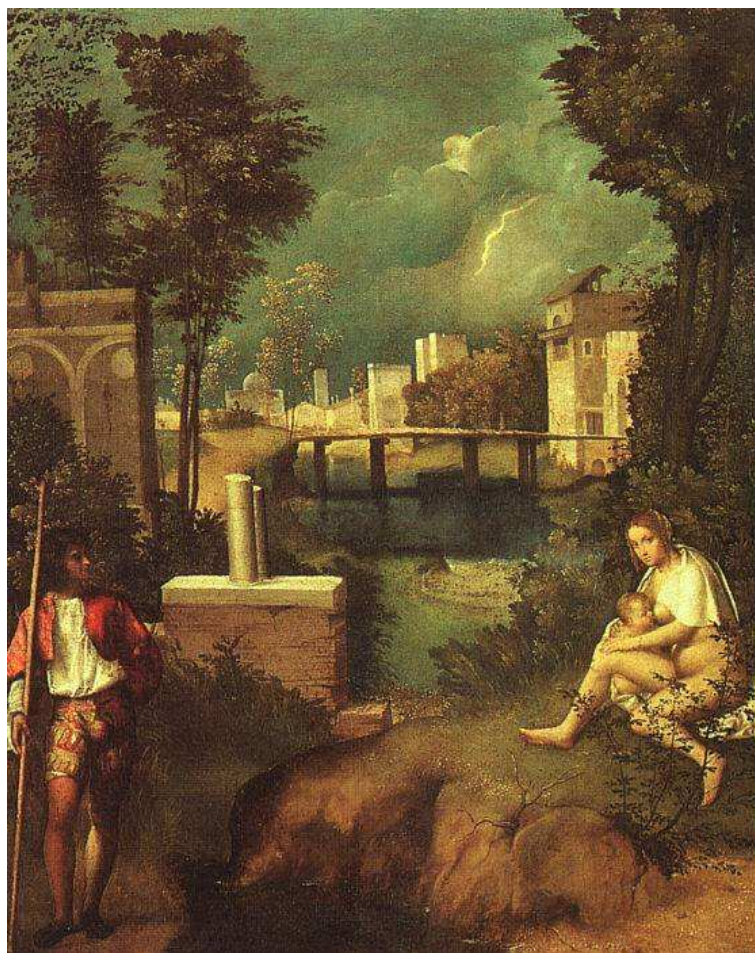


Figura 21: Giorgione. La tempesta (circa 1508).

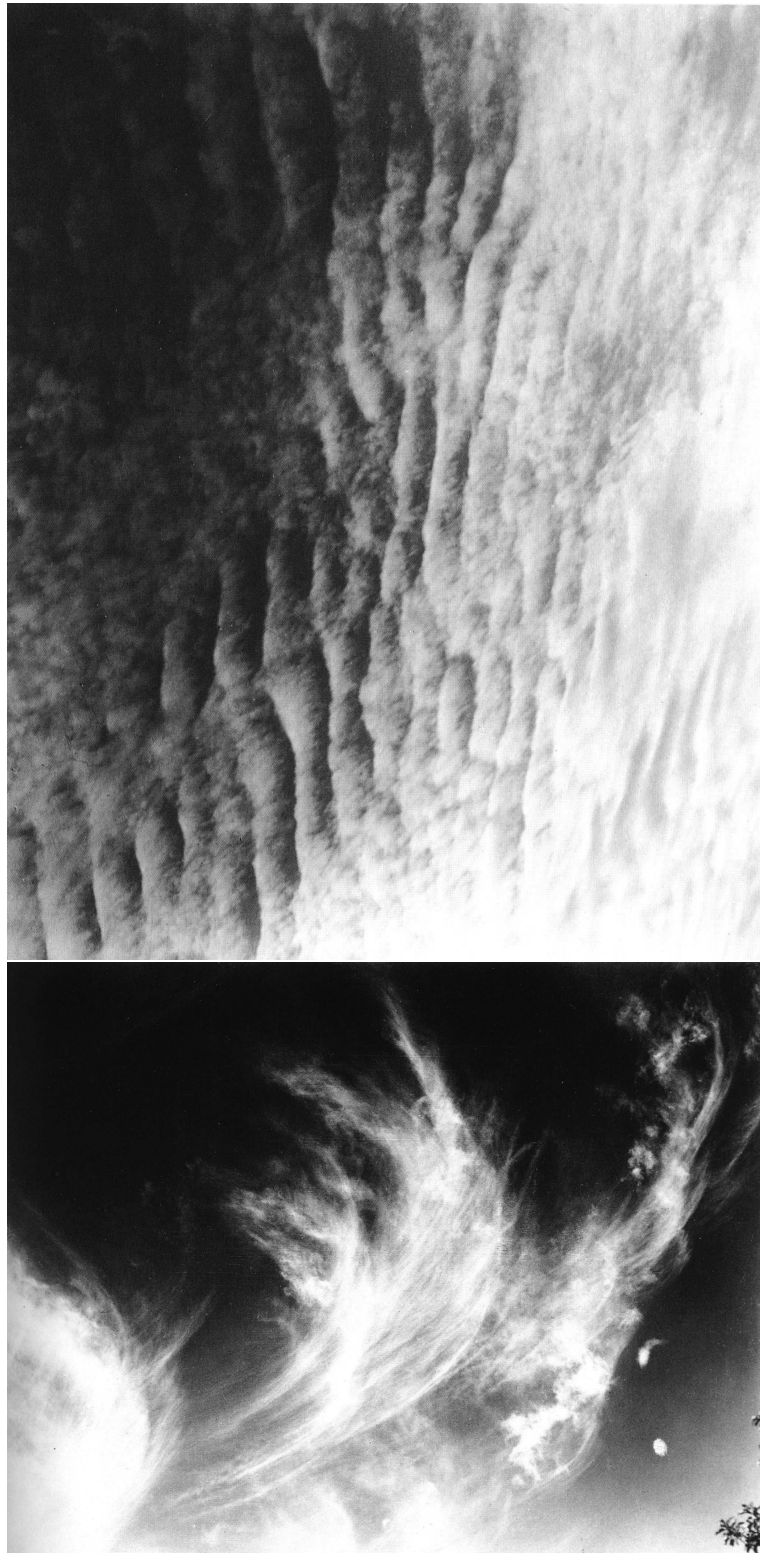


Figura 22: A.Stieglitz. Equivalent, 1926 (?), sopra, ed Equivalent, 1930, sotto



Figura 23: Walter De Maria. The lightning field, 1971-77.



Figura 24: Olafur Eliasson. The weather project (2003-2004)



Figura 25: Scia di vortici in laboratorio.

Un esempio di invarianza di scala: dai vortici in laboratorio (qualche centimetro: figura 25) ai vortici in atmosfera (decine di chilometri: figura 26)

Perche' dunque il clima e' un buon esempio di complessita'? Perche' fenomeni che conosciamo (dalla fisica alla chimica) agiscono e interagiscono tra di loro, e perche' l'uomo stesso interagisce con il sistema attraverso cio' che immette nell'atmosfera e nel mare (l'inquinamento), perche' i sistemi biologici vengono influenzati dai cambiamenti climatici e a loro volta li influenzano (pensate alle zone aride dell'Africa).

Come spunto di meditazione, guardate la mappa (figura 27) delle anomalie di temperatura al suolo di gennaio 2010 (la differenza tra la media di gennaio e la media delle ultime decine di anni) dove si vede che complessivamente e' stato un gennaio molto caldo per il globo (vedi anche l'andamento nel tempo della temperatura media a 700 *hPa*, circa 3000 *m*, figura 28) e localmente (da noi!) molto freddo.

In questo problema sta dunque una delle grandi sfide, conoscitive e comportamentali, dell'umanita', con la sua conoscenza (come scienziati), con l'intuizione (come artisti) e con il suo senso di civiltà (tutti).

know, that it is hot or cold, bright or cloudy, windy or calm. In The Weather Project, the fourth in the annual Unilever Series of commissions for the Turbine Hall, Olafur Eliasson takes this ubiquitous subject as the basis for exploring ideas about experience, mediation and representation." Dal sito della Tate: <http://www.tate.org.uk/modern/exhibitions/eliasson/>

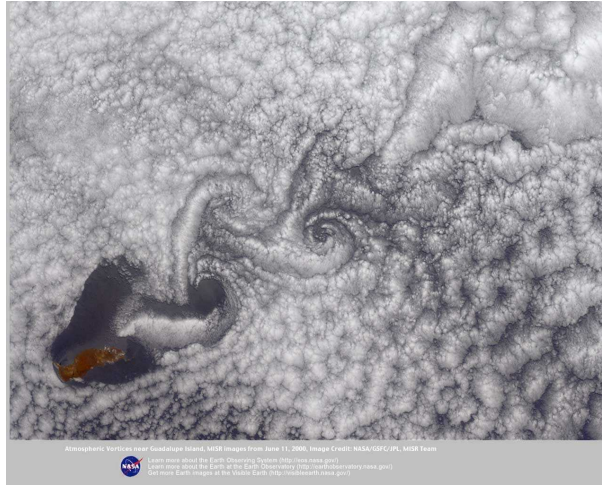


Figura 26: Scia di vortici sottovento all'isola di Guadalupe evidenziati da nubi basse.

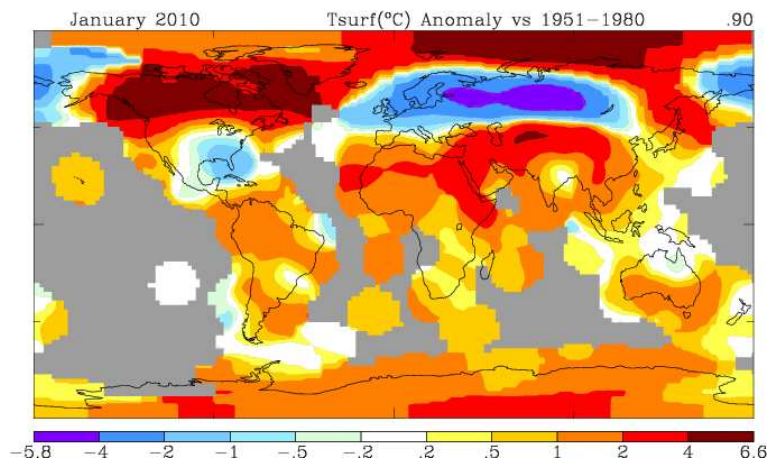


Figura 27: Anomalie di temperatura al suolo, gennaio 2010

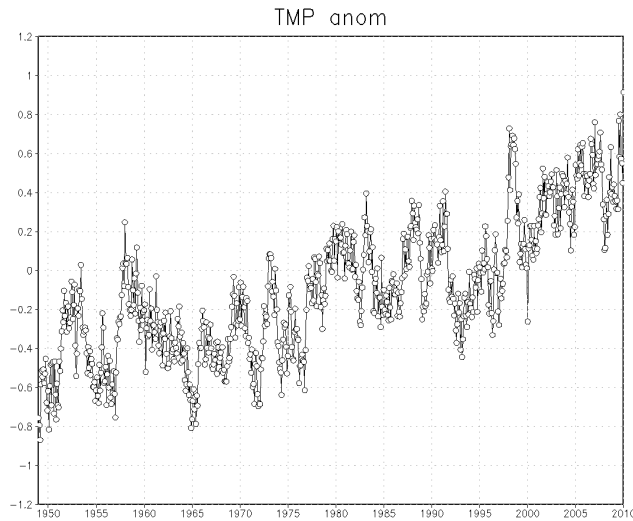


Figura 28: Andamento temporale della anomalia di temperatura media globale in atmosfera, a 700 mb.

6 Appendice: quattro conti 'geometrici'

tetraedro: spigolo L

superficie totale S : 4 triangoli base L_t , altezza $\sqrt{3}L_t/2$: $S = 4 * \sqrt{3}L_t^2/4 = \sqrt{3}L_t^2$

volume V : area di base $\sqrt{3}L_t^2/4$, altezza $\sqrt{2/3}L_t$: $V = \sqrt{2}L_t^3/12$

cubo: spigolo L_c

superficie totale $S = 6L_c^2$

volume $V = L_c^3$

icosaedro: spigolo L_i

$S = 5\sqrt{3}L_i^2$

$V = 5/12(3 + \sqrt{5})L_i^3$

sfera di raggio R

superficie $S = 4\pi R^2 \simeq 12.56R^2$

volume $V = 4/3\pi R^3 \simeq 4.19R^3$

problema: a parità di volume racchiuso nella superficie esterna, quale solido ha la superficie minima?

Calcolo quale L occorre per avere lo stesso volume (quello di una sfera di raggio R).

tetraedro: $\sqrt{2}L_t^3/12 = 4/3\pi R^3$ da cui $L_t = (8\sqrt{2}\pi)^{1/3}R$ e la superficie risulta $\sqrt{3}(8\sqrt{2}\pi)^{2/3}R^2 \simeq 18.72R^2$

cubo: $L_c^3 = 4/3\pi R^3$ da cui $L_c = (4/3\pi)^{1/3}R$ e la superficie risulta $6(4/3\pi)^{2/3}R^2 \simeq 15.59R^2$

icosaedro: $5/12(3 + \sqrt{5})L_i^3 = 4/3\pi R^3$ da cui $L_i = (4/3\pi)^{1/3}[5/12(3 + \sqrt{5})]^{-1/3}R$ e la superficie risulta $S_i = 5\sqrt{3}(4/3\pi)^{2/3}[5/12(3 + \sqrt{5})]^{-2/3}R^2 \simeq 13.37R^2$

Riferimenti bibliografici

Hildebrandt, S. and A. Tromba, 2006: *Principi di minimo. Forme ottimali in natura*, Edizioni della Normale, Pisa, cat. 963.

Vettese, A., 1998: *Capire l'arte contemporanea*, Umberto Allemandi, Torino.