

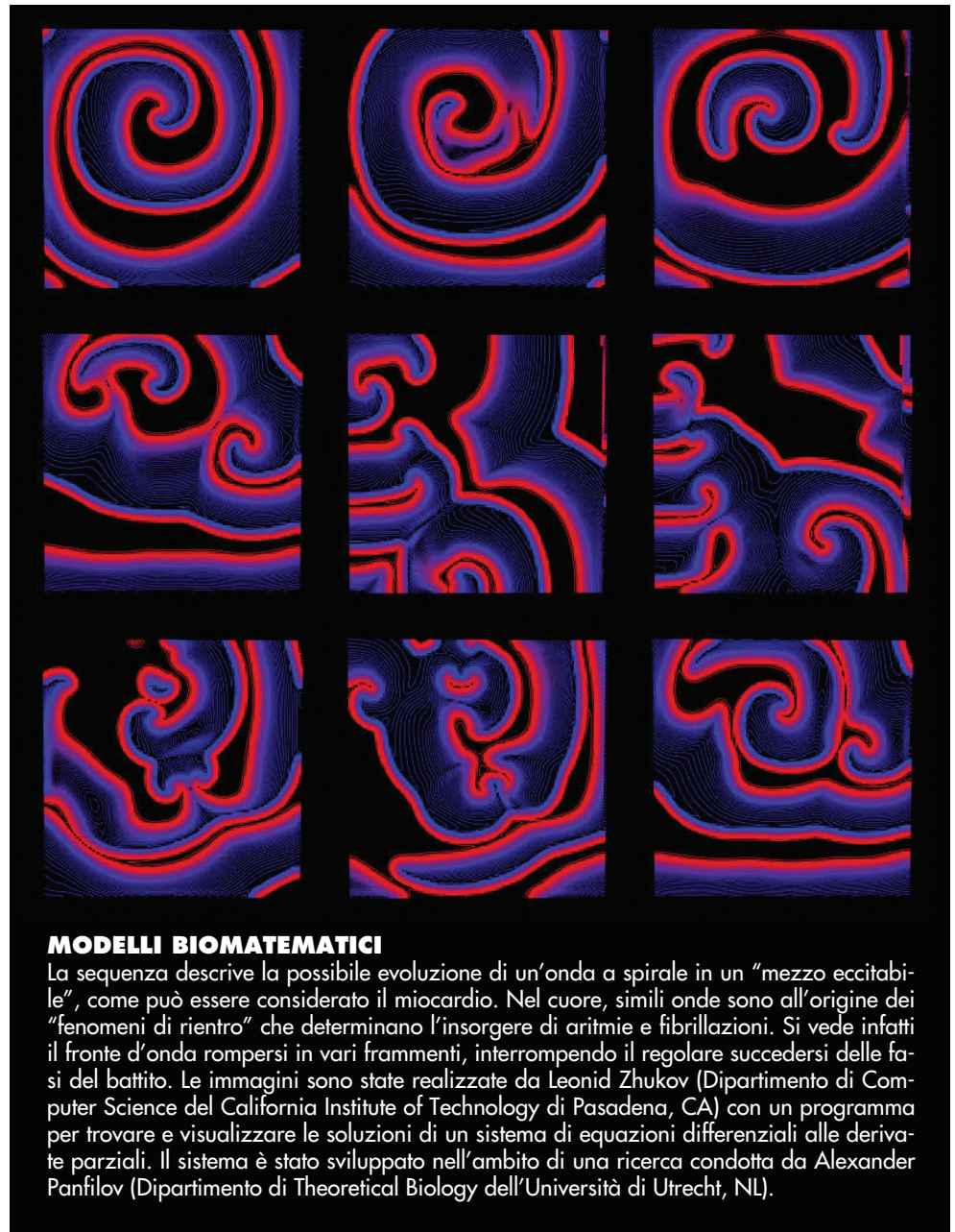


Nel numero di giugno scorso abbiamo presentato un modello di mezzo eccitabile, realizzato con un automa cellulare, una specie di telaio elettronico che produce disegni animati: vedevamo che in un automa cellulare le figure, composte da celle che si accendono e si spengono a seconda dello stato delle celle vicine, sembrano muoversi come sembravano muoversi le insegne luminose di una volta per lo sfasamento con cui si accendevano e si spegnevano le lampadine di cui erano fatte.

Dicevamo anche che i mezzi eccitabili sono sistemi dinamici in cui un impulso viaggia perché gli elementi risentono dello stato dei loro vicini. Se i vicini sono eccitati, gli elementi passano da uno stato di quiescenza a uno stato di eccitazione, dopo il quale entrano in uno stato di recupero che li prepara a una prossima eccitazione.

Come classico esempio di mezzo eccitabile abbiamo menzionato il muscolo cardiaco, le cui cellule attraversano una simile alternanza di fasi. Guardando da vicino il miocardio, osserviamo però che si tratta di una struttura molto più complessa di un automa cellulare. Innanzitutto perché è formato da diversi tipi di cellule. In secondo luogo, perché la posizione e lo stato delle cellule non sono dati da una griglia fissa, ma fluttuano in un continuo spazio-temporale. I potenziali di azione e di riposo, poi, sono indotti da una rete complessa di fattori, come sono sempre complessi e interrelati i rapporti tra le varie parti di un organismo e anche di un singolo organo.

Nel linguaggio della matematica, le relazioni tra i diversi insiemi sono espresse da diverse funzioni. La transizione tra uno stato e l'altro può essere definita con equazioni differenziali che descrivono il variare delle funzioni in uno spazio conti-



**MODELLI BIOMATEMATICI**

La sequenza descrive la possibile evoluzione di un'onda a spirale in un "mezzo eccitabile", come può essere considerato il miocardio. Nel cuore, simili onde sono all'origine dei "fenomeni di rientro" che determinano l'insorgere di aritmie e fibrillazioni. Si vede infatti il fronte d'onda rompersi in vari frammenti, interrompendo il regolare succedersi delle fasi del battito. Le immagini sono state realizzate da Leonid Zhukov (Dipartimento di Computer Science del California Institute of Technology di Pasadena, CA) con un programma per trovare e visualizzare le soluzioni di un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali. Il sistema è stato sviluppato nell'ambito di una ricerca condotta da Alexander Panfilov (Dipartimento di Theoretical Biology dell'Università di Utrecht, NL).

nuo. Per simulare i mezzi eccitabili, vengono soprattutto utilizzati dei sistemi di equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE), così chiamate perché definiscono rapporti secondo funzioni con diverse variabili indipendenti (le funzioni sono solo parzialmente derivabili: a una variazione di un parametro corrisponde con continuità la variazione di un solo

altro parametro, trascurando tutti gli altri).

A differenza delle simulazioni con gli automi cellulari, le PDE possono essere finemente aggiustate ai dati sperimentali e alle caratteristiche specifiche dei sistemi reali che si vogliono studiare. Costruire dei modelli matematici che simulano la realtà serve così a comprendere i rapporti tra le parti che inte-

ragiscono al prodursi di un certo fenomeno e a mettere alla prova la nostra comprensione: se il modello si comporta in modo simile all'oggetto reale, possiamo pensare di esserci avvicinati all'essenza del fenomeno. Nel caso delle immagini nella figura, il modello descrive non solo la fisiologia del miocardio ma anche le sue possibili patologie.