

# Xarxes complexes

Què tenen en comú Facebook, el cervell, les xarxes dels aeroports o Internet?

Són sistemes formats per elements que es connecten entre si i donen lloc a una xarxa complexa. Cada element de la xarxa (node) és un amic, una neurona, un aeroport o un ordinador. Estudiar el comportament d'aquestes xarxes ens ajuda a entendre-les i millorar-ne el funcionament.



Trànsit a Internet

Xarxa Neuronal

Xarxa de cites científiques basada en les publicacions de la "Revista Physical Review" sobre Xarxes Complexes

Una part important de l'IFISC treballa amb xarxes complexes com aquestes.

# Què és un patró?

Els patrons són formes que es creen i es repeteixen amb certa regularitat en la natura. Per exemple, les franges d'arena a les platges, les ratlles de la zebra o algunes formacions de núvols responen a principis comuns. La natura s'organitza segons principis fonamentals de la física i dels sistemes complexos. Grans d'arena, formacions rocoses, molècules o cèl·lules vives, poden organitzar-se en patrons típics i universals: espirals, punts, ratlles, hexàgons etc.



Carrers de núvols



Renou quàntic



Franges d'arena



Ratlles de zebra

# Alguns treballs d'Investigació de l'IFISC

Comunicacions ultrasegures gràcies al caos

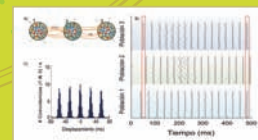
Aprofitant la llum caòtica emesa per un làser, és possible encriptar informació i realitzar comunicacions segures. Aquesta enginyosa idea va sorgir d'un estudi teòric iniciat per investigadors de l'IFISC a mitjans dels noranta.



Mapa de la xarxa metropolitana de fibra òptica de la ciutat d'Atenes on es va realitzar el primer experiment de comunicacions òptiques-codificades sobre una portadora caòtica, dintre del marc del projecte Europeu OCCULT coordinat des de l'IFISC.

Física i cervell

Una de les principals tasques del cervell és fer-nos veure els objectes tal i com són realment (color, forma, mida), és el que es coneix com a "percepció visual coherent". Un treball de l'IFISC mostra que la sincronització neuronal i la participació del tàlem és fonamental en la percepció visual coherent.



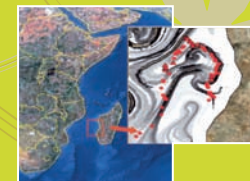
Esquema de comunicació entre dues poblacions neuronals.

L'equació de Flickr

La física dels sistemes complexos permet extreure regles estadístiques que revelen el comportament de les persones que utilitzen serveis d'Internet com Flickr (xarxa en la qual comparteixen vídeos i fotos).



Flickr (Xarxa a internet en la que es comparteixen vídeos i fotos)



Trajectoria de les aus sobre els corrents marins

Les vies dels ocells estan escrites en el mar

Un treball mostra que els ocells segueixen unes trajectòries molt especials en el seu vol. Aquestes "carreteres" les formen les zones de la superfície del mar on els corrents són més forts.

La història de la posidònia

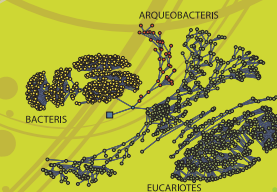
La posidònia, una planta marina del Mediterrani, està dividida en dues grans famílies: ho revela un estudi de l'IFISC, que ha analitzat "l'arbre genealògic" d'aquestes plantes.



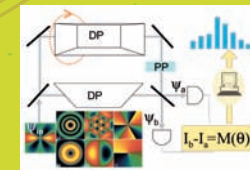
Xarxa de poblacions de Posidònia al Mediterrani

Quina forma té l'arbre de la vida?

Una de les idees principals de Darwin és que tots els éssers vius procedeixen d'un ancestre comú, que representa l'arbre de la vida. Després d'analitzar milers d'arbres filogenètics, investigadors de l'IFISC han identificat certes regularitats en la forma de l'arbre de la vida.



La il·lustració és una representació de les primeres etapes d'aquest "arbre de la vida", en el qual els primers éssers vius (el quadrat blau) van donar lloc a les principals branques de la vida (els bacteris, altres organismes similars a ells que s'anomenen arqueobacteris, i els eucariotes, que són el grup d'organismes en què s'inclouen els animals, les plantes, els fongs, i molts d'altres). L'estudi de la forma d'aquest arbre dona informació sobre els mecanismes i lleis de l'evolució.



Informació quàntica en un feix de llum

La informació es pot codificar de formes diverses, per exemple a través del seu color o forma (modes). Els efectes quàntics poden millorar tècniques tradicionals de codificació d'informació.

La figura mostra un interferòmetre amb dos prismes (DP) que descomponen un feix de llum en els seus components. Els panells (a-b) ensenyen modes tipus "donut" o "espiral". La llum que surt de l'interferòmetre es mesura i s'analitza amb un ordinador.

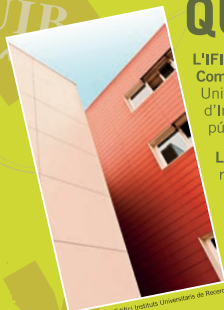
**IFISC**  
CONNECTING SCIENCE  
UNDERSTANDING COMPLEXITY

ifisc.uib-csic.es

The IFISC attitude  
curious,  
creative,  
open-minded,  
... just a scientist!



## QUI SOM



L'IFISC (Institut de Física Interdisciplinària i Sistemes Complexos) és un centre d'investigació conjunt entre la Universitat de les Illes Balears (UIB) i el "Consell Superior d'Investigacions Científiques" (CSIC), el major organisme públic d'investigació d'Espanya.

L'IFISC té la seu a l'edifici instituts universitaris de recerca en el campus de la UIB.

## QUÈ FEM

L'activitat de l'IFISC se centra en la investigació interdisciplinària i els sistemes complexos des de la perspectiva de la física i en la formació d'estudiants al nivell de màster, doctorat i postdoctorat conjuntament amb la UIB.

## EI NOSTRE OBJECTIU

Estudiar els fenòmens complexos, que són nous reptes de la investigació interdisciplinària del segle XXI. Aquest tipus d'investigació ofereix oportunitats als físics per contribuir a definir noves disciplines en les fronteres de camps com les ciències de la terra, les ciències de la vida o les ciències socials.

## LÍNIES D'INVESTIGACIÓ

Sistemes complexos, Física estadística i no lineal

Física quàntica: fotons, electrons i informació

Física biològica i fenòmens no lineals en ecologia i fisiologia

Òptica no lineal i Dinàmica de dispositius optoelectrònics

Dinàmica i efectes col·lectius en sistemes socials

Dinàmica de fluids, Biofluids i Fluids geofísics

Equip IFISC

## DADES CLAU

- 15 investigadors permanents (UIB i CSIC), Centre Internacional, amb personal de més de 15 nacionalitats.
- 25 alumnes de doctorat i 17 contractats postdoctorals
- 404 publicacions SCI des de 2003
- 337 investigadors visitants Internacionals entre 2003-2011



## COM TREBALLEM

### XARXA DE COMPUTACIÓ

La principal eina de treball de l'IFISC és la seva xarxa d'ordinadors: Nureduna. Compost per 340 nuclis, és indispensable per abordar l'estudi dels sistemes complexos. L'IFISC és part de les xarxes d'e-ciència espanyola (NGI) i europa (EGI): la porta d'entrada a les Illes Balears de la supercomputació europea en xarxa.



Nureduna. Xarxa de computació

### LABORATORIS

L'IFISC compta amb dos laboratoris: Fotònica i Física no lineal.

Aquests espais serveixen per a comprovar les hipòtesis teòriques i experimentar amb noves idees científiques. Fonamentalment es treballa amb circuits fotònics i electrònics per comprendre millor la complexitat i els fenòmens emergents.



Laboratori de fotònica



Setmana de la Ciència i la Tecnologia

### DIVULGACIÓ DE LA RECERCA

L'IFISC organitza un programa d'activitats de divulgació científica:

Fira i Setmana de la Ciència, Jornades de Portes obertes, tallers, xerrades als centres educatius, itineraris didàctics, exposicions, etc.

Més informació a: <http://ifisc.uib-csic.es/outreach>

L'IFISC té un complet programa anual de seminaris, que són retransmesos en directe. [http://ifisc.uib-csic.es/live\\_seminars/live.php](http://ifisc.uib-csic.es/live_seminars/live.php).



Portes obertes



Exposició Museu de Menorca



Conferències



Fira de la Ciència

## Què és un sistema complex?

Sistemes complexos són, per exemple, les xarxes socials (Facebook), un formiguer, o el cervell... és a dir, un sistema format per moltes parts que interactuen entre si i el comportament del qual no es pot explicar a partir de les propietats dels seus components aïllats: fenomen col·lectiu.

L'activitat del cervell no es pot comprendre estudiant el funcionament de neurones aïllades, la dinàmica de la societat no pot ser analitzada a partir de comportaments individuals, fins i tot el trànsit no s'entén estudiant com funciona el motor dels cotxes.

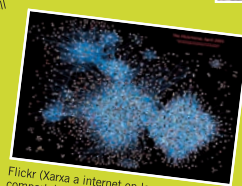
Fenòmens representatius dels sistemes complexos són el Caos, les Xarxes Complexes i la Formació de Patrons.



Cervell



Esbart d'ocells



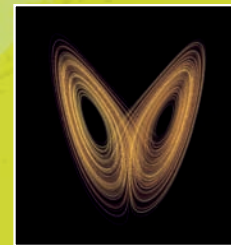
Flickr (Xarxa a internet en la que es comparteixen vídeos i fotos)

... "el tot és més que la suma de les seves parts..."

## CAOS

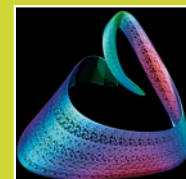
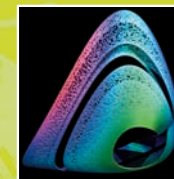
Alguna vegada t'has demanat per què és tan difícil predir el temps, regular el trànsit o diagnosticar una arítmia cardíaca o un atac d'epilèpsia?

"...el simple aleiteig d'una papallona a la Xina, pot produir un huracà a Florida"

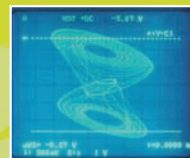


Papallona de Lorenz

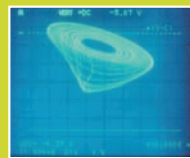
Aquests sistemes posseeixen una característica en comú: poden desenvolupar un comportament caòtic. Si així ocorre, la seva evolució és incerta, ja que petits canvis en el present poden donar lloc a grans canvis en el futur. Aquest efecte és anomenat sensibilitat a les condicions inicials i és el que sovint es coneix com a "efecte papallona"



Diferents representacions de l'atractor de Lorenz



Atractors caòtics de Chua vists en l'oscil·loscopi



Universitat de les Illes Balears



Institut de Física Interdisciplinària i Sistemes Complexos

# IFISC

Campus Universitat de les Illes Balears  
Edifici Instituts Universitaris de Recerca  
07122 Palma de Mallorca  
[ifisc.uib-csic.es](http://ifisc.uib-csic.es)

© IFISC, Març 2011

Amb la col·laboració de:



Unió Europea  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



CONSEJO ESPAÑOL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Universitat de les Illes Balears



Govern de les Illes Balears  
Conselleria d'Innovació, Recerca i Transferència Tecnològica



Fira de la Ciència  
del 10 al 12 d'octubre 2011