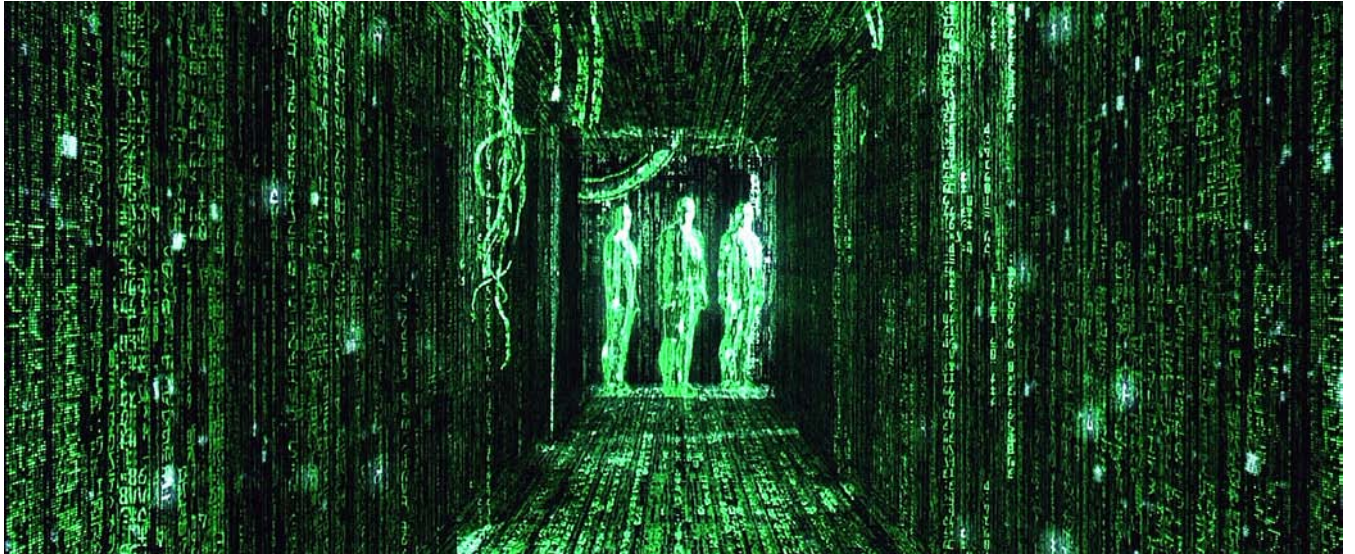


# La màgia de simular la realitat



“Tot és nombre”, deia Pitàgores al segle V aC. Dos mil anys després, Galileo deia que “el gran llibre de la natura està escrit amb caràcters matemàtics”. Ja al segle XX, Einstein es preguntava: “Com és possible que la matemàtica, un producte del pensament humà que és independent de l’experiència, encaixi d’una manera tan excel·lent en els objectes de la realitat?”. Quan mirem al nostre voltant no hi veiem nombres ni equacions, però el fet és que la majoria de fenòmens de la natura es poden expressar a través de les matemàtiques. De fet, molts cops han servit fins i tot per predir realitats abans que fossin observades; per exemple, el bosó de Higgs, el planeta Neptú o l’espectre radioelèctric. També ens serveixen per entendre coses molt difícils de mesurar. El famós matemàtic i divulgador Martin Gardner va dir que “l’única cosa que podem dir sobre la realitat d’un electró és esmentar-ne les propietats matemàtiques”.

La matemàtica també és al darrere de tota la nostra tecnologia. Les lleis de la gravetat de Newton han estat imprescindibles per a les missions a l’espai; totes les telecomunicacions deriven de les quatre famoses equacions que va fer Maxwell per descriure l’electro-

La ciència computacional permet simular i preveure en un ordinador la majoria de fenòmens de la natura. El CIMNE, un centre català de recerca i tecnologia, és un dels més importants del món en el desenvolupament dels sistemes matemàtics que fan possible el modelatge i la predicció virtual.

magnetisme; Google utilitza algorismes basats en l’àlgebra del segle XIX per trobar les coses que li demanem, i quan parlem per mòbil amb algú, no sentim pas veritablement la seva veu, sinó una recreació matemàtica d’aquella veu.

**La revolució de la ciència computacional.** Des dels anys 60 i sobretot des de fa 25 anys, amb la irrupció massiva dels ordinadors, les matemàtiques han pres una nova dimensió que ha revolucionat totes les disciplines de la ciència i de la tecnologia. Això ha estat possible gràcies a l’adveniment de la ciència computacional, que agafa les equacions matemàtiques que descriuen un determinat fenomen de la realitat i

les transforma en un llenguatge numèric comprensible per a un ordinador. Per fer-ho, cal desenvolupar sistemes de “traducció” entre aquests dos llenguatges matemàtics. Aquests sistemes de traducció s’anomenen *mètodes numèrics*. Gràcies a aquests sistemes, els ordinadors poden fer milers i fins i tot milions de càlculs sobre el món físic que nosaltres no podem ni somiar de fer amb un bolígraf i un paper.

Perquè s’entengui una mica millor, repassem algunes aplicacions que té la ciència computacional. De primer cal dir que és una ciència absolutament interdisciplinària. Hi ha la mecànica computacional, la física computacional, la biologia computacional, la química computacional, l’economia

computacional, la medicina computacional i un extens etcètera. La llista és llarguíssima perquè totes les branques de la ciència utilitzen els ordinadors per calcular solucions.

Una de les aplicacions més útils i espectaculars de la ciència computacional és la possibilitat de simular en un ordinador objectes, sistemes biològics o fenòmens naturals i preveure com respondrien en determinades situacions. Per exemple, actualment, abans de construir qualsevol avió, de primer es recrea amb tots els detalls en un ordinador per comprovar com es comportaria la seva estructura, com volaria i com respondria a diferents condicions meteorològiques. A l'ordinador també s'hi poden recrear infraestructures i es pot comprovar com resistirien a un terratrèmol. Així, es pot anar jugant amb la simulació virtual per trobar la manera de fer edificis, ponts o preses més resistents als desastres naturals. També es poden calcular les estructures i els materials més òptims per construir edificis energèticament més sostenibles. Les recreacions fetes per ordinador permeten, doncs, preveure la realitat abans que aquesta succeeixi. Això permet no solament estalviar molts diners en tests reals, sinó també optimitzar al màxim qualsevol cosa que vulguem fer. Fins i tot han sorgit noves idees per fer prediccions en temps real, com ara predir la manera en què evolucionarà un tsunami o cap a on anirà la sang durant una operació.

La ciència computacional també permet fer simulacions aproximades de l'anatomia humana amb diverses finalitats. Per exemple, els assajos de xoc que es fan per provar la seguretat d'un cotxe utilitzant ninots humanoides es poden fer per ordinador. Això permet saber amb més precisió les conseqüències que tindria qualsevol classe d'accident en els ocupants d'un cotxe i, òbviament, saber què li passaria al vehicle sense la necessitat d'haver-ne de destrossar cap. La recreació detallada del cos humà també es pot fer servir per calcular on s'ha d'ubicar una pròtesi i quina forma ha de tenir perquè resisteixi els esforços que haurà de fer.

A través de la biologia computacional, es poden crear amb ordinador models de sistemes biològics i predir com

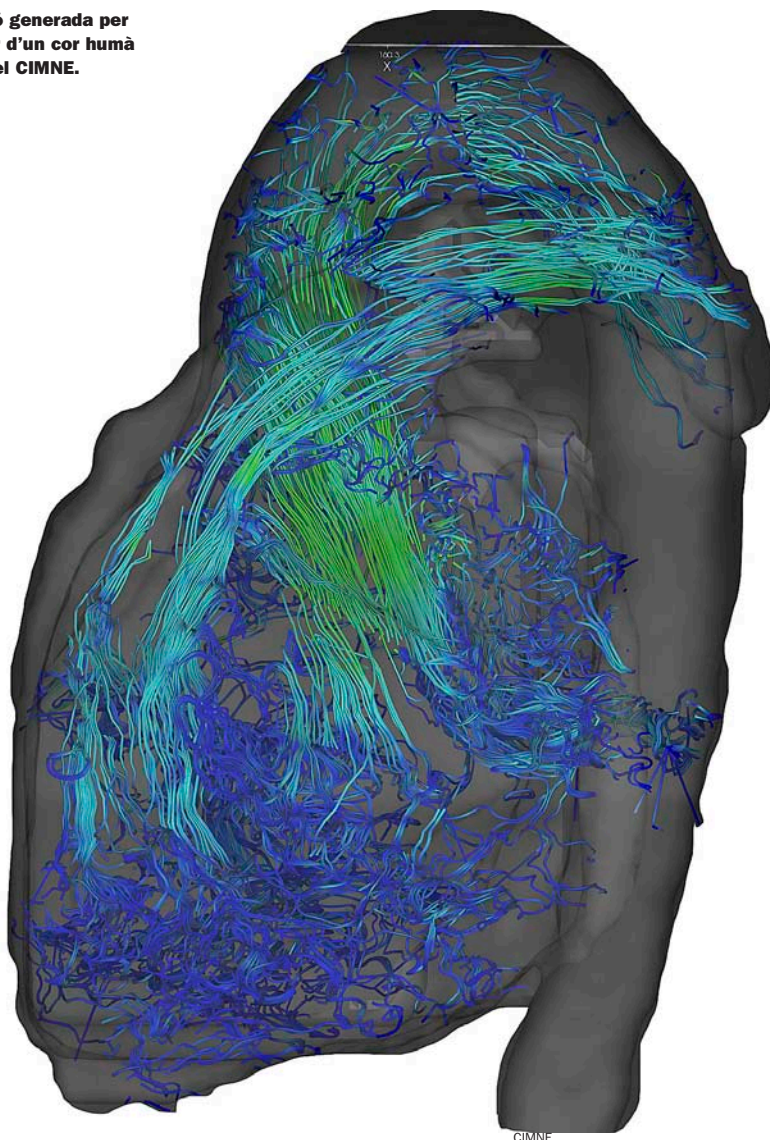
es comportaran en diferents ambients. La química computacional permet modelar molècules per dissenyar nous fàrmacs i nous materials. És com tenir un laboratori virtual i provar totes les combinacions que vulguis. Pel que fa a la física, els ordinadors no solament recreen les lleis de la física clàssica, sinó que també són molt útils per estudiar la física de partícules i l'astrofísica. Després de la polèmica que va haver-hi als Estats Units per les proves nuclears, ara tots els assajos es fan mitjançant ordinador.

També es poden fer càlculs en l'àmbit de les ciències socials per predir el comportament d'individus i grups a partir d'estadístiques psicosocials. Per exemple, es poden fer estimacions sobre el flux de vehicles a les ciutats o sobre l'evolució de la població en

una zona. Fins i tot se simulen per ordinador les reaccions que tindria una multitud com a conseqüència de l'esclat d'una bomba. En economia també s'utilitzen càlculs computacionals per fer previsions aproximades: com pot canviar un ecosistema amb una enorme multitud de variables si s'apuja una taxa d'interès? Fins i tot existeix la lingüística computacional! Pot servir, entre més coses, per comprendre millor les llengües des d'un punt de vista estructural o esbrinar-ne el desenvolupament en l'ésser humà.

**Un centre català, líder internacional.** Com hem explicat, perquè l'ordinador faci totes aquestes tasques, cal transmetre-li els nostres coneixements matemàtics sobre el món físic en un llenguatge que compregui. Això, ho

**Simulació generada per ordinador d'un cor humà creada pel CIMNE.**



CIMNE



**El projecte de pont inflable desenvolupat per l'empresa BuildAir, una spin-off de CIMNE Tecnologia.**

repetim, es fa a través dels anomenats *mètodes numèrics*. Doncs bé, resulta que a Barcelona hi ha un dels centres més importants del món en el desenvolupament d'aquests "sistemes de traducció", el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), creat l'any 1987 per la Generalitat i per la Universitat Politècnica de Catalunya. El CIMNE fa recerca en moltes disciplines de la ciència computacional i crea els programaris necessaris perquè amb un ordinador es modelin i recreïn els fenòmens propis de moltes branques de la ciència. Hi ha incomptables centres i empreses que utilitzen la ciència computacional, però no n'hi ha gaires que desenvolupin els mètodes numèrics que requereix. Fa dues setmanes, el CIMNE va organitzar a Barcelona l'onzena edició del World Congrès of Computational Mechanics, al qual van assistir 4.000 experts de 52 països per presentar els seus avenços.

El CIMNE no solament fa recerca, sinó que també crea tecnologia i en ven. "Diuen que la investigació tracta de convertir els diners en coneixement i que la tecnologia tracta de convertir el coneixement en diners. Nosaltres participem en totes les etapes del procés", ens explica Eugenio Oñate, l'enginyer valencià que dirigeix el CIMNE i que en va impulsar la creació. Tant és així que el centre s'autofinança quasi al 100% gairebé des de l'inici. L'any 2013, per exemple, va tenir uns ingressos rècord que van arribar a 12,7 milions d'euros. L'aportació de l'Administració al pressupost del Centre no va arribar al 5%. Com ho fa? D'una banda, presentant projectes a concursos i guanyant-los; de l'altra,

creant empreses que comercialitzin productes fets amb els fruits de la recerca del Centre. Amb aquest objectiu l'any 2011 va néixer CIMNE Tecnologia, una empresa incubadora que impulsa *spin-off* per comercialitzar el coneixement que surt del CIMNE. CIMNE Tecnologia ja ha creat nou empreses d'aquesta mena, sempre intentant compartir el projecte amb uns altres socis que ajudin amb la inversió i que els acostin al mercat.

## Gràcies a la ciència computacional, es poden simular realitats abans no s'esdevinguin

L'empresa més gran que ha impulsat CIMNE Tecnologia és BuildAir, que desenvolupa estructures inflables molt lleugeres, fàcils de muntar i desmuntar, i fàcils de fabricar. Per exemple, hangars per reparar-hi avions o per acollir-hi gent en situacions d'emergència. També desenvolupa un pont inflable que substitueixi les vies de comunicació terrestre malmeses durant un desastre natural, així com un sistema de represa inflable per contenir inundacions.

CIMNE Tecnologia també ha impulsat empreses que comercialitzen diferents classes de programari per simular processos de fabricació. Ara, a més, treballa en una tecnologia que pot ser revolucionària a escala mundial. Es tracta d'una manera molt més barata, eficaç i sostenible de dessalinitzar

aigua. També treballa en un projecte molt innovador que pretén reproduir la geometria exacta del cos humà, no solament de l'exterior, sinó també de l'interior. Això pot tenir moltes aplicacions mèdiques.

Eugenio Oñate ens ha explicat que el món del futur serà molt més segur gràcies a la ciència computacional. Tot es dissenyarà tenint en compte molts escenaris possibles i la medicina serà molt més precisa i personalitzada. També creu que hi haurà una revolució en l'educació, no solament en l'àmbit universitari, sinó també en l'escolar. Per exemple, els alumnes podran resoldre els típics problemes de física de batxillerat a través de programes de simulació de la realitat, una tecnologia que ja existeix però que encara no ha arribat a les aules.

**Vivim a Matrix?** Té límits, la ciència computacional? Podrem aconseguir que un ordinador recreï tots els fenòmens de la natura? Hi ha científics que diuen que no és possible, perquè creuen que no tot pot ser expressat a través de les matemàtiques. Per exemple, les emocions humanes. Però n'hi ha que pensen que sí que és possible. En cas que ho fos, la pregunta que caldria fer-se és: pot ser que el nostre univers sigui una simulació generada per ordinador, una mena de Matrix? El filòsof de la Universitat d'Oxford Nick Bostrom argumenta que, si, teòricament, és possible simular tota la realitat per ordinador, algun dia els humans tindrem la tecnologia per fer-ho. Si passa, diu, hi haurà molts més universos simulats que no pas reals i, per tant, la situació més probable és que el nostre sigui simulat. I tornem al principi, perquè la divisió d'opinions sobre la possibilitat de recrear-ho tot en un ordinador rau en el fet que hi ha dues concepcions molt diferents de l'essència de la matemàtica. ¿És una eina que l'humà ha ideat per descriure la realitat, com pensava Einstein, o bé és una realitat objectiva i "tot és nombre", com pensava Pitàgores? La matemàtica, és un invent o és un descobriment? L'únic que sabem sobre la resposta és que ha dividit els científics durant segles.

*Astrid Bierge*