De quin tipus d'astrologia es tractava? Molt sovint era simplement astronomia. Però l'astrolabi s'utilitzava també per elaborar cartes astrals. Les pistes les hem de trobar en els manuscrits conservats.

Ens hem d'endinsar en la mentalitat de l'època abans d'emetre cap judici. Tant Ptolomeu com sant Isidor (autoritats acceptades encara a l'any 1000) distingien dos tipus d'astrologia: «Astrologia vero partim naturalis, partim superstitiosa est...». I curiosament aquest darrer (*Etimologies*, III, 27) anomena *mathematici* els que practiquen la supersticiosa.

Només un estudi acurat de la història de la ciència ens podrà ajudar a aclarir aquests conceptes, que es van discutir molt en la posterior polèmica del Renaixement.

És inevitable fer esment de les llegendes esotèriques sobre Gerbert. Del seu cap parlant i dels seus suposats pactes amb el diable per assolir poder i coneixements... Producte de la mentalitat inquisitorial de l'època, de les enveges o de la ignorància, cap d'elles pot enterbolir la gegantina figura de Gerbert. Com diu el seu epitafi, que encara es conserva:

Tempus uterque comit clara virtute sophiae
gaudet et omne seclum, frangitur omne reum.

És a dir: «L'un i l'altre (referint-se també a Otó III) il·lustren el seu temps gràcies a la clara virtut de la saviesa, i tot el segle s'alegra, i tot mal és trencat.»

També s'hi diu que a la seva mort el món va quedar glaçat d'esglai. Avui, però, podem gaudir del foc de nous coneixements gràcies als passos donats per savis com Gerbert, d'estimada memòria.

[1] Richer de Saint-Rémi, *Histoire de France*, ed. i traducció R. Latouche, «Les classiques de l'histoire de France au Moyen Âge», París, 1930; reed., t. i París, 1967, i t. ii, París, 1964.

[2]P. Riché i J. P. Callu, *Gerbert d'Aurillac, Correspondance*, «Les classiques de l'histoire de France au Moyen Âge», París, Les Belles Lletres, 1993.

[3] N. G. Bubnov, (postes Silvestri II papae), *Opera Mathematica (972–1003)*, Berlín, Berolini, 1899.

[4] J. M. Millàs i Vallicrosa, *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*, Barcelona, 1931. També la reedició el 1983 de les edicions científiques catalanes de la CIRIT, sense l'apèndix documental, amb transcripcions de manuscrits.

[5] *Gerberto, Scienza, Storia e Mito*, actes del Gerberti Symposium (Bobbio, 25-27 juliol 1983), «Archivum Bobiense», *studia* ii, Bobbio, 1985.

[6] *Gerbert l'Europeen, actes del Col·loqui d'Aurillac*, (4–7 Juny 1996), Aurillac, 1997.

[7] P. Riché, *Gerbert D'Aurillac, le pape de l'any mil* (traducció al castellà en una edició de l'Ed. Nerea, Madrid, 1990).

[8] Se'n pot trobar el text, amb figures, al volum cxxxix de la *Patrologia llatina* de J. P. Migne (1844, 1865). I també, més complet, al text de Bubnov (*op. cit.*).

[9] G. Ifrah, *Història universal de les xifres*, Madrid, Espasa, 1997.

[10] J. Chabàs & D. Bosch *L'astrolabi pla. Guia per a la construcció i utilització.* Barcelona, ICE de la UPC, 1987.

[11] O. Guyotjeannin i E. Poulle, *Autour de Gerbert d'Aurillac, le pape de l'an mil*, París, École des Chartes, 1996.

Carles Ignasi Gómez
IES Abat Oliba. Ripoll

Entrevistes

Entrevista a Shiing Shen Chern

Entrevista de S. S. Chern amb Allyn Jackson, 4 de març de 1998. Revisió matemàtica de Dieter Kotschick. Poema escrit originalment en xinès per Chern, cortesia de T. Y. Lam. Entrevista publicada originalment a *Notices AMS* 45, número 7, pàgines 860-866.

Shiing Shen Chern és un dels més grans geòmetres vivents. Va néixer el 28 d'octubre del 1911, a Jia Xin, Xina. El seu pare era advocat i treballava per al Govern. Quan Chern era jove, a la Xina estaven tot just començant a establir universitats i facultats d'estil modern. Va entrar a la Universitat de Nankai a l'edat de quinze anys, amb la intenció d'estudiar física, però en trobar-se ell mateix poc hàbil per al treball experimental, va fer matemàtiques. L'any 1930 va entrar a l'escola de doctorat de la Universitat de Tsinghua on hi havia un cert nombre de matemàtics xinesos que havien obtingut doctorats a Occident. Entre ells hi havia

Guanyuan Sun (Dan Sun), qui havia estat un estudiant de E. P. Lane a la Universitat de Chicago. Uns vint anys després Chern mateix esdevingué el successor de Lane a Chicago. El 1932 Wilhelm Blaschke, un matemàtic de la Universitat d'Hamburg, va visitar Tsinghua, i les seves lliçons van tenir una gran influència sobre Chern.

Notices: Després dels seus estudis a la Xina, vostè va decidir de fer un doctorat a Occident.

Chern: La Universitat de Tsinghua em va donar una beca per venir a Occident l'any 1934, després d'un any com a ajudant i tres anys a l'escola de doctorat. Vaig decidir que Europa era millor que els Estats Units. El més normal hagués estat venir als Estats Units, però jo no estava interessat en Princeton o Harvard.

Notices: Per què no?

Chern: No era tan bo. Jo volia ésser geòmetra. Als Estats Units no hi havia el tipus de geometria en què jo volia treballar, per això vaig anar a Europa. En aquell moment, crec que tenia l'avantatge que, tot i que era un estudiant que estava començant, tenia algunes idees clares sobre què volia, sobre la situació matemàtica del món, quins eren els bons matemàtics, i quins eren els millors llocs. La meva valoració podia ésser equivocada, però jo tenia les meves idees. I vaig decidir anar a Hamburg. De fet, va resultar una elecció molt bona. A les acaballes del segle XIX, el centre de la ciència era Alemanya i també ho era per a les matemàtiques. I en el centre de les matemàtiques alemanyes estava Göttingen, amb Berlín i Munic no molt enrere. I París, evidentment, que sempre ha estat un centre.

Em vaig graduar a la Universitat de Tsinghua al 1934. El 1933, Hitler va prendre el poder a Alemanya i hi va haver un gran moviment a les universitats alemanyes. Els professors jueus en van ser expulsats, i Göttingen es va enfonsar. Hamburg esdevingué un molt bon lloc. Era una universitat fundada després de la Primera Guerra Mundial; no era tan prestigiosa però el Departament de Matemàtiques era excel·lent. Per tant jo hi vaig anar en el moment adequat.

Va ésser a Hamburg que Chern va entrar per primera vegada en contacte amb el treball d'Élie Cartan, que va tenir una profunda influència en el punt de vista de Chern sobre les matemàtiques. En aquest moment, Erich Kähler, un Privatdozent *a Hamburg, era un dels principals valedors de les idees de Cartan. Acabava d'escriure un llibre, el principal teorema del qual és conegut com el teorema de Cartan–Kähler, i va organitzar un seminari a Hamburg. El primer dia del seminari tots els professors titulars —Blaschke, Emil Artin, i Erich Hecke— hi van anar.*

Chern: El seminari semblava una mena de celebració. La classe estava plena, i el llibre acabava de sortir. Kähler va arribar amb una pila d'exemplars i en va donar un a cadascú. Però el tema era difícil, per això, després d'unes quantes sessions, la gent ja no hi tornà. Jo crec que vaig ser gairebé l'únic que es va quedar fins al final. I crec que em vaig quedar perquè seguia el tema. No només això; estava escrivint una tesi aplicant aquells mètodes a un altre problema. Per això el seminari era de molta importància per a mi. Fins i tot anava a veure Herr Kähler després del seminari. Molts dies vam dinar junts. Hi havia un restaurant a prop de l'Institut, on hi dinàvem i parlàvem de tota mena de coses. El meu alemany era bastant limitat i Kähler no parlava anglès en aquell moment. De tota manera, ens vam entendre. Com a resultat, vaig acabar la meva tesi molt ràpid.

Tothom sabia que Élie Cartan era el geòmetra diferencial més important amb escreix. Però els seus escrits eren molt difícils. Una raó és que utilitzava l'anomenat càlcul diferencial exterior. I en aquest tema nostre de la geometria diferencial, tens el problema que, quan parles de varietats, la geometria ve descrita per coordenades, però les coordenades no tenen significat; es poden transformar. Per tractar aquest tema, una eina important és l'anàlisi tensorial, o càlcul de Ricci, que era nou en aquell moment per als matemàtics. En matemàtiques, si tens una funció, l'escrius i la calcules, la multipliques, la sumes o la pots derivar. Tens quelcom molt concret. En geometria, la situació geomètrica es descriu mitjançant nombres però pots canviar els teus nombres arbitràriament. Per tractar això necessites el càlcul de Ricci.

Chern tenia una beca de tres anys però va acabar el seu doctorat en dos anys. El tercer any, Blaschke va aconseguir que Chern anés a París a treballar amb Cartan. Chern sabia molt poc francès i Cartan només parlava francès. A la primera trobada, Cartan li va donar a Chern

dos problemes per fer. Després d'algun temps, es van trobar a les escales de l'Institut Henri Poincaré, i Chern li va dir a Cartan que no sabia fer els problemes. Cartan el va convidar a anar al seu despatx per parlar-ne. A partir d'aleshores, Chern hi va anar regularment a les hores d'oficina de Cartan, que sovint atreien un gran nombre de visitants que volien trobar-se amb el cèlebre matemàtic. Uns mesos després, Cartan va convidar Chern a anar a casa seva.

Chern: En general, el dia després d'una trobada amb Cartan m'arribava una carta seva. Deia: «Després que vostè marxés, vaig pensar més en aquell tema...» —tenia més resultats, i més preguntes... Sabia de memòria tots aquells articles sobre grups de Lie simples i àlgebres de Lie. Quan el veies al carrer i sortia alguna qüestió, treia algun sobre vell, hi escrivia alguna cosa i et donava la resposta. De vegades, a mi em portava hores o fins i tot dies arribar a la mateixa resposta. El veia un cop cada dues setmanes, i havia de treballar molt, és clar. Això va durar un any, fins al 1937, i llavors vaig tornar a la Xina.

Quan va tornar a la Xina, Chern esdevingué professor de matemàtiques a Tsinghua, però la guerra xinojaponesa limitava molt el seu contacte amb matemàtics de l'estranger. Va escriure a Cartan sobre la seva situació i Cartan li va enviar un paquet d'exemplars dels seus propis articles, incloent-hi alguns d'antics. Chern va invertir molt temps llegint i reflexionant sobre aquells articles. Malgrat el seu aïllament, Chern va continuar publicant, i els seus escrits atreien l'atenció internacional. El 1943 va rebre una invitació d'Oswald Veblen per anar a l'Institut d'Estudis Avançats de Princeton. A causa de la guerra, el viatge li va dur a Chern una setmana en un vol militar. Durant els seus dos anys a l'Institut, Chern va completar la seva prova del teorema generalitzat de Gauss–Bonnet, que expressa la característica d'Euler d'una varietat riemanniana tancada de dimensió arbitrària com una certa integral en termes de curvatura sobre la varietat. Aquest teorema marida la geometria local i els invariants topològics globals, i representa un profund tema en gran part del treball de Chern.

Notices: Quin, entre els seus treballs matemàtics, considera el més important?

Chern: Jo crec que la geometria diferencial dels espais fibrats. Vejam, les matemàtiques van en dues direccions diferents. Una cosa és la teoria general; per exemple, tothom ha d'estudiar la topologia general, tothom ha d'estudiar una mica d'àlgebra, per tal de tenir uns fonaments generals, una teoria general que cobreix gran part de les matemàtiques. I també hi ha alguns temes que són especials perquè juguen un paper tan important en aplicacions de la matemàtica que en cal un bon coneixement, com el grup general lineal o fins i tot el grup unitari. Apareixen a tot arreu, tant si hom fa física com teoria de nombres. Hi ha la teoria general, que conté algunes coses maques. I la teoria dels espais fibrats és una d'aquestes. Tens uns espais, les fibres del quals són molt simples; són espais clàssics, però estan posats junts d'una certa manera específica. I això és un concepte realment fonamental. Ara bé, en els fibrats la noció de connexió esdevé important i aquí és on entra el meu treball. En general, el millor treball matemàtic combina alguna teoria amb alguns problemes particulars. Problemes especials demanen el desenvolupament de la teoria general. I jo vaig utilitzar aquesta idea per donar la primera prova de la fórmula de Gauss–Bonnet.

La fórmula de Gauss–Bonnet és una de les fórmules fonamentals, no només en la geometria diferencial sinó en el conjunt de les matemàtiques. Abans que jo arribés a Princeton el 1943 ja hi havia pensat. Per tant, el desenvolupament a Princeton era, en un sentit, molt natural. Vaig arribar a Princeton i vaig trobar André Weil. Acabava de publicar el seu

article amb Allendoerfer.[1] Weil i jo esdevinguérem bons amics, i naturalment vam discutir la fórmula de Gauss–Bonnet. I aleshores vaig obtenir la meva demostració. Crec que és un dels meus millors treballs perquè resolia un problema clàssic fonamental i les idees eren molt noves. I per desenvolupar les idees cal alguna tècnica. No és trivial. No és pas que un cop tens les idees ja està. És subtil. És una molt bona peça de treball.

Notices: Un altre dels vostres treballs més importants era el desenvolupament de les classes característiques.

Chern: Les classes característiques no són tan impressionants. Són importants perquè són invariants fonamentals dels espais fibrats, i els espais fibrats són molt importants; per això, irrompen les classes característiques! Però pensar-hi no em va demanar gaire temps. Apareixen freqüentment, fins i tot la classe característica c_1, perquè en l'electricitat i el magnetisme necessites la noció de fibrats de línia complexos. I els fibrats de línia complexos porten a c_1, que apareix ja a l'article de Dirac sobre l'electrodinàmica quàntica. Evidentment, Dirac no la va anomenar c_1. Quan c_1 no és zero, està relacionada amb l'anomenat monopol. Per això, les classes característiques són importants en el sentit que apareixen de manera natural en problemes concrets, problemes fonamentals.

Notices: Quan vostè va desenvolupar la teoria de les classes de Chern als anys 40, era conscient del treball de Pontriaguin i del fet que les classes de Pontriaguin d'un fibrat real es podien recuperar de les classes de Chern de la seva complexificació?

Chern: La meva idea principal era que s'havia de fer topologia o geometria global en el cas complex. El cas complex té més estructura i és, en molts aspectes, més simple que el cas real. Per això vaig introduir les classes de Chern complexes. Vaig llegir els articles de Pontriaguin però el cas real és molt més complicat. No vaig veure aleshores els seus articles complets, però crec que va fer algun tipus d'anunci al *Doklady*, en anglès. Les relacions entre classes de Chern i classes de Pontriaguin les vaig aprendre de Hirzebruch.

Les classes de Chern es poden expressar en termes de la curvatura, val a dir, en termes de l'invariant local. Jo estava especialment interessat en les relacions entre propietats locals i propietats globals. Quan estudiem espais, el que podem mesurar són les propietats locals. És molt remarcable que algunes d'aquestes propietats locals estiguin relacionades amb propietats globals. El cas més senzill de la fórmula de Gauss–Bonnet és que la suma dels angles d'un triangle és 180 graus. Això apareix ja en els casos més senzills.

Notices: Vostè és considerat com un dels màxims exponents de la geometria diferencial global. Com Cartan, vostè ha treballat amb formes diferencials, connexions i tot això. Però l'escola alemanya, un dels exponents de la qual és Wilhelm Klingenberg, fa geometria diferencial d'una manera diferent: no utilitzen formes diferencials. Raonen a partir de les geodèsiques i dels teoremes de comparació. Com veu vostè aquesta diferència?

Chern: No hi ha cap diferència essencial. És un desenvolupament històric. Per fer, diguemne, geometria de varietats, la tècnica estàndard era el càlcul de Ricci. El problema fonamental era el problema de la forma, que van resoldre Lipschitz i Christoffel, particularment Christoffel. I la idea de Christoffel va arribar a Ricci, i Ricci va fer el seu llibre del càlcul al qual va donar el nom. Per això tota aquesta gent, inclòs Hermann Weil, van aprendre matemàtiques a través del càlcul de Ricci. L'anàlisi tensorial hi tenia un paper tan important que tothom l'aprenia. Així és com tothom començava, en geometria diferencial, amb l'anàlisi tensorial. Però, d'alguna manera, en alguns aspectes, les formes diferencials sí que hi havien d'entrar. A mi m'agrada dir que els camps vectorials són com un home i les formes diferencials com una dona. La societat ha de tenir els dos sexes. Si només en té un, no n'hi ha prou.

Després de passar del 1943 al 1945 a l'Institut de Princeton, Chern va tornar a la Xina durant dos anys on va ajudar a construir l'Institut de Matemàtiques de l'Acadèmia Sínica. El 1949 va esdevenir professor de matemàtiques a la Universitat de Chicago i al 1960 se'n va

[1] Aquest article presentava una demostració del teorema de Gauss–Bonnet menys addient que la de Chern, ja que es basava en el fet que una varietat riemanniana hom la pot submergir localment de manera isomètrica a un espai euclidià. La demostració de Chern només utilitzava propietats intrínsiques de la varietat.

anar a la Universitat de Califòrnia, a Berkeley. Després de la seva retirada al 1979, continuà essent actiu i en particular va ajudar a posar en marxa l'Institut de Recerca en les Ciències Matemàtiques (MSRI) de Berkeley, essent-ne el primer director entre 1981 i 1984. Chern ha tingut quaranta-un estudiants de doctorat. Aquest nombre no inclou els molts estudiants amb qui va tenir contacte en les seves freqüents visites a la Xina. A causa de la Revolució Cultural a la Xina, el país va perdre molts matemàtics de talent, i la tradició de la recerca matemàtica gairebé va morir. Chern va fer molt per regenerar aquesta tradició. En particular va ésser fonamental per començar l'Institut Nankai de Matemàtiques a Tianjin, a Xina, el 1985.

Notices: Torna molt sovint a la Xina?

Chern: Als últims temps hi vaig cada any, i en general hi estic un mes o més. Vaig començar l'Institut a Nankai, i la cosa més important és aconseguir gent jove, bona, que s'estigui a la Xina. En aquest aspecte, hem tingut un cert èxit. Els nostres professors inclouen Yimin Long (sistemes dinàmics), William Chen (matemàtica discreta), Weiping Zhang (teoria de l'índex) i Fuquan Fang (topologia diferencial). I hi ha d'altra gent jove molt bona. Crec que la principal obstrucció al progrés de les matemàtiques a la Xina és la petitesa dels sous. Per cert, la Unió Matemàtica Internacional ha escollit Pekín com a seu del proper Congrés Internacional de Matemàtics.

Notices: Pensa que això donarà un gran impuls als matemàtics a la Xina?

Chern: Sí. Però estic preocupat perquè hi haurà massa matemàtics a la Xina.

Notices: És un gran país: potser necessiten molts matemàtics.

Chern: No crec que en necessitin molts. La Xina és un gran país, per tant té una gran quantitat de talent, especialment als llocs petits. Per exemple, hi ha l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques per als estudiants dels instituts, i generalment els estudiants xinesos hi fan molt bon paper. Per donar bons resultats en competicions com aquestes, els estudiants necessiten entrenament i, com a resultat, altres temes queden posposats. Ara els pares a la Xina volen que els seus fills sàpiguen més anglès, vagin a fer negocis, i facin més diners. I aquestes competicions no donen diners. Un any que van fer menys entrenament la Xina immediatament va baixar. Què fas en un país amb 1,2 bilions de persones? Vol dir que l'estàndard de vida no pot ser molt alt, si hi ha alguna justícia social.

L'any 1934, quan Chern va escollir Alemanya com estudiant de doctorat, la geometria era un tema perifèric als Estats Units. Però a l'hora de la seva retirada al 1979, la geometria havia esdevingut una de les especialitats més vibrants al panorama matemàtic dels Estats Units. Gran part del mèrit d'aquesta transformació correspon a Chern. De tota manera, ell és modest sobre els seus assoliments.

Chern: Jo no crec que tingui grans vistes. Només tinc petits problemes. En matemàtiques, un munt de conceptes i noves idees entren i tu simplement preguntes algunes coses, intentes obtenir respostes senzilles, i vols donar algunes demostracions.

Notices: Com li vénen les idees? Només observant les coses?

Chern: Sí. La majoria de les vegades no tinc una idea. I, més freqüentment, les idees no funcionen.

Notices: S'està descrivint com un solucionador de problemes més que no pas algú que construeix una teoria.

Chern: Jo crec que la diferència és petita. Qualsevol bon matemàtic és un solucionador de problemes. Si no ho ets, i només tens idees vagues, com pots fer una bona contribució? Necessites resoldre alguns problemes i utilitzar alguns conceptes, i per veure el valor de la contribució probablement hauràs d'esperar. Només pots veure'l en el futur.

És molt difícil avaluar un matemàtic o una part de les matemàtiques. El mateix que el concepte de la diferenciabilitat: fa algun temps, vint o trenta anys, a molta gent no li agradava la diferenciabilitat. Jo vaig sentir molta gent que em deien personalment: «no estic interessat en cap mena de matemàtiques amb una noció de diferenciabilitat». Aquesta gent volia fer les matemàtiques senzilles. Si exclous nocions que impliquen diferenciabilitat pots excloure moltes matemàtiques. Però no és suficient. Newton i Leibniz han de jugar algun paper. Però és interessant perquè hi ha idees en matemàtiques que són controvertides.

Notices: Pot donar alguns exemples d'idees controvertides en matemàtiques?

Chern: Per exemple, alguns dels articles d'avui en dia són massa llargs. Com la classificació de grups simples finits. Qui llegirà mil pàgines de demostració? O fins i tot la demostració del problema dels quatre colors. Jo crec que la gent ha de fer matemàtiques més interessants.

Les matemàtiques no moriran aviat. Voltaran per aquí algun temps perquè hi ha una pila de coses maques per fer. I les matemàtiques són individuals. Jo no crec que puguis fer matemàtiques en grup. Bàsicament són individuals. Per tant són fàcils de fer. Les matemàtiques no necessiten molt d'equipament. No són com les altres ciències que necessiten més suport material. Per això el nostre tema durarà algun temps. Ara, la civilització humana no sé quant durarà. Això és un problema molt més gran. Però les matemàtiques mateixes duraran encara un temps.

A l'edat de vuitanta-sis anys Chern continua fent matemàtiques. En els últims anys, ha estat interessat en la geometria de Finsler, que va exposar en un article del Notices *fa un parell d'anys («La geometria de Finsler és geometria riemanniana sense la restricció quadràtica», setembre 1996, pàgines 959-963).*

Chern: La geometria de Finsler és molt més ampla que la geometria riemanniana i es pot tractar d'una manera elegant. En els pròxims deu anys, serà el tema del curs bàsic de geometria diferencial en moltes universitats.

Jo no tinc dificultat en les matemàtiques, per això, quan faig matemàtiques, m'agrada. I per això estic sempre fent matemàtiques, perquè les altres coses no les puc fer. Com ara ja estic retirat fa molt de temps la gent em pregunta si encara faig matemàtiques. I la meva resposta és que és l'única cosa que puc fer. No hi ha res més que jo pugui fer. I sempre ha estat així, durant tota la meva vida.

Física i geometria són una família.
Juntes, donant-se les mans, volten pels
límits de l'espai exterior.
Els forats negres i el monopol esgoten
el secret dels mites;
Els fibrats i les connexions van teixint
tot entrellaçant els núvols rosats.
Les equacions d'evolució descriuen els solitons;
Les curvatures duals defineixen instantons.
Sorprenentment, les Matemàtiques han guanyat el
seu lloc de dret per a l'home al cel;
Mimant les flors amb un somriure —tant de bo
que res no sigui dit!

Traducció: Imma Gálvez
UAB

Cursos de postgrau

UPC

Mètodes matemàtics per als productes financers derivats

Organitza: Facultat de Matemàtiques i Estadística.

A qui va dirigit: llicenciats o diplomats en les àrees de ciències (matemàtiques, física...), economia, enginyers, estadística, etc. interessats en el disseny, l'anàlisi i el control de riscos dels productes financers derivats, analitzant tant els problemes matemàtics subjacents com completant el coneixement de l'entorn econòmic en què es desenvolupen aquests productes.

Horari: dilluns i dimecres de 19h a 20h, del 18 d'octubre de 1999 al 5 de juny del 2000.

Per a més informació: Secretaria de la Facultat de
Matemàtiques i Estadística
Pau Gargallo, 5, 08028 Barcelona
tel.: 934 015 861 fax: 934 015 881
Correu electrònic: `carmec@fme.upc.es`