

ENTREVISTA AMB



48 (400/Volum 2/juny 1982

ciència 17)

René Thom ha estat entre nosaltres convidat pel departament de matemàtiques de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona i pel Grupo Cero de València. (ciència) ha aprofitat l'ocasió per fer arribar el seu pensament i la seva trajectòria. L'entrevista ha estat feta pel nostre col·laborador Jaume Puigbó.



INTRODUCCIÓ

René Thom (1923) és el creador d'una teoria matemàtica que ell va anomenar "teoria de les catàstrofes", que, cosa poc usual en aquesta ciència, i potser a causa precisament de com va ser batejada, ha saltat a les pàgines de la premsa no especialitzada. Recordem un article de "L'Express" de la dècada dels 70 en què es parlava de les possibles aplicacions d'aquesta teoria a les catàstrofes matrimonials. Thom és, però, un científic seriós format a l'École Normale sota la direcció de H. Cartan. Ex-professor de les universitats d'Estrasburg i Grenoble, és, actualment, un dels tres matemàtics membres permanents del prestigiós Institut des Hautes Etudes Scientifiques a Bures-sur-Yvette, prop de París. L'any 1958 li va ser concedida la medalla Fields pels seus brillants treballs en topologia. Doctor *honoris causa* per la Universitat de Warwick (1970), Gran Prix Scientifique de la Ville de Paris (1974), guanyador de la medalla Brouwer de l'Acadèmia de Ciències d'Holanda, etc... Les seves idees capdavanteres han estat objecte de polèmica, cosa normal per a un home que ha obert noves fronteres d'aplicació de la matemàtica. Kilmister, al "The Times Higher Education Supplement", ha comparat la seva obra *Stabilité structurelle et morphogénese* als *Principia* de Newton: "Both lay out a new conceptual framework for the understanding of nature... (aquest llibre és) a major intellectual advance of the century". Això sí, puntualitzant que, com va passar amb Newton, moltes de les seves especulacions poden no ser correctes, però no

deixen de ser altament estimulants. Parlant amb ell descobrim una vasta cultura no tan sols matemàtica sinó també filosòfica i biològica. Si se l'hagués de classificar amb una sola paraula el definiríem com a *savant*. Es de l'opinió, per exemple, que "on expérimente trop et on réfléchit peu". A causa de les crítiques, els seus seguidors s'han refugiat en les *sciences dures* (la física, l'enginyeria). Al contrari, ell creu que el veritable valor de la seva teoria és en les aplicacions a les *sciences molles*. Des del punt de vista matemàtic, els treballs de Thom estan en la línia de la teoria qualitativa dels sistemes d'equacions diferencials desenvolupada per Poincaré i han influït en aquesta teoria. Els darrers anys els ha dedicat a les aplicacions de les catàstrofes a la sociologia (Zeeman ha publicat un article sobre els motins a les presons) i a la geologia. Segurament per aquest motiu va quedar tan fascinat per la nostra Serralada Transversal (Collsacabra). Va declarar que, des del punt de vista filosòfic, la seva obra segueix la tradició de Parmènides i més concretament la de Meyerson (*Identité et Réalité*). Jaume Puigbó.

FORMACIÓ I TRAJECTÒRIA CIENTÍFICA. LES CATÀSTROFES

(ciència): —Vós sou un matemàtic poc coherent. El prefaci del vostre llibre *Stabilité structurelle et morphogénese* ha estat escrit per un biòleg. L'ambient intel·lectual en què us va formar us va preparar per a aquest

treball interdisciplinari?

R. Thom: —No crec que la meua vocació interdisciplinària m'hagi vingut aviat. És cert que quan vaig estudiar al *lycée* vaig ser un alumne brillant en totes les disciplines, tant les literàries com les científiques, però no em vaig interessar realment per les ciències tals com la biologia i, més recentment, la geologia o la tectònica, fins bastant més tard. Va ser a partir de la convicció a priori que els models de la teoria de catàstrofes podien servir per a moltes disciplines, fins i tot, en principi, per a totes les disciplines. Jo he tractat de verificar aquesta creença en la mesura que m'ha estat possible. Per tant, m'interesso en totes aquelles disciplines en què hi ha materials que es poden explicar en termes de models catastrofistes.

(ciència): —Aleshores, quan van crear la vostra teoria encara no pensàveu en les seves aplicacions o bé aquestes van ser una font d'inspiració?

R. Thom: —Tractaré d'explicar-vos el que va passar. En els anys 60, quan jo era professor a Estrasburg, em vaig interessar per la teoria d'envolupants, una mica en l'esperit contrari als que propugnaven el moviment de les matemàtiques modernes que pretenien eliminar aquesta teoria. En un article publicat en el "Journal de Mathématiques Pures et Appliquées" vaig mostrar que la teoria d'envolupants permetia explicar un gran nombre de fenòmens familiars que no es podien entendre sense ella, com, per exemple, l'estructura cuspidal d'una caústica en una tassa de cafè amb llet.

(ciència): —Podeu explicar-nos que és una caústica?

RENÉ THOM

R. Thom: —En òptica, quan tenim un feix de raigs lluminosos, en general el feix té una envolupant i aquesta superfície és una càustica. Quan tallem el feix per una pantalla, la càustica apareix com una corba que separa la part il·luminada de l'ombra. Jo em vaig interessar en l'estructura de les càustiques i vaig participar en experiments amb físics, experiments molt senzills, és clar. I després d'aquests experiments em vaig convèncer que en les càustiques hi havia altres singularitats a més a més de les previstes pel teorema de Whitney i que calia afinar la teoria, considerant famílies de funcions que depenen d'un paràmetre. Quan tenim un sistema de trajectòries descrites per un principi variacional, com el principi de Fermat o el principi de la mínima acció, hem d'esperar trobar en l'espai de configuracions singularitats de tipus càustic. Pels anys 1962/63 em vaig començar a interessar per la biologia. Vaig llegir Waddington, aconsellat per un col·lega, i em vaig assabentar d'aquesta idea reveladora de Delbrück segons la qual la diferenciació cel·lular es pot interpretar com un canvi de fase i aquest, en una òptica catastrofista, o en la teoria de Landau en física, com el mínim d'un potencial. D'aquesta manera vaig començar a estudiar biologia i, sobretot, embriologia, ja que l'embriologia és un subjecte que, a hores d'ara, encara és extremament mal comprès, fins i tot, podríem dir, que no es comprèn gens ni mica. Però, malauradament, aquesta sembla que és una de les característiques de la biologia moderna: es descriuen les coses però no s'intenta pas explicar-les ja que això ens sembla una tasca impossible.

(ciència): —*Però aquest fet és general en gairebé totes les ciències. Es descriu el que passa, de vegades molt acuradament, però no es coneix la veritable raó del que succeeix.*

R. Thom: —Sí, però en el marc de la biologia això és molt més fascinant. És veritat que en geologia, per exemple, hi ha moltes formes que no podem explicar, però el que passa en biologia és que

aquestes formes estan molt controlades. Per exemple, l'evolució de formes en l'embrió és una successió de processos relativament ben controlats. Com es porta a terme aquest control, és un enigma. Els biòlegs diuen que són els gens, però ningú no pot explicitar com es realitza aquest control; per tant, aquesta no és una explicació seriosa.

(ciència): —*A quina edat us van començar a interessar per les matemàtiques?*

R. Thom: —El meu primer xoc en matemàtiques va ser a la classe de *cinquième*, és a dir, quan tenia onze anys. El professor ens va dir que es podia calcular el número pi. La idea que es pogués fer aquest càlcul sense mesurar amb una corda la circumferència d'un cilindre i dividir-ho pel seu diàmetre em va deixar parat. Un o dos anys més tard jo ja estudiava els llibres de geometria del meu germà gran i em distreia augmentant la dimensió de l'espai en una unitat i transferint tota la geometria de dimensió tres a dimensió quatre. D'aquesta manera vaig desenvolupar una afeció per les construccions geomètriques. Malgrat tot, l'elecció de les matemàtiques com a professió va ser una mica una casualitat i en altres circumstàncies hauria pogut escollir una altra disciplina. De fet, vaig fer les dues branques de batxillerat superior, la de matemàtiques i la de filosofia, però en aquella època la guerra estava a punt d'esclatar i continuament em deien que aquells que tinguessin una bona formació matemàtica esdevindrien oficials d'artilleria, situació que era notablement preferible a la d'estar a la infanteria. És a dir, que va ser un atzar històric el que em va fer decantar cap a la matemàtica.

(ciència): —*Ens podeu explicar una mica la vostra trajectòria científica? Quin va ser el vostre primer article de recerca?*

R. Thom: —El meu primer article de recerca, aparegut l'any 1949, va ser sobre la teoria de Morse. Vaig mostrar que aquesta teoria s'explicava molt bé pel fet

que a un punt singular d'una funció se li podia associar una cèl·lula de la mateixa dimensió que l'índex del punt crític. Aquesta idea era nova en aquella època i de fet va ser redescoberta poc després per Eilenberg. Recordo que el meu mestre, Henri Cartan, es va sorprendre d'aquest resultat.

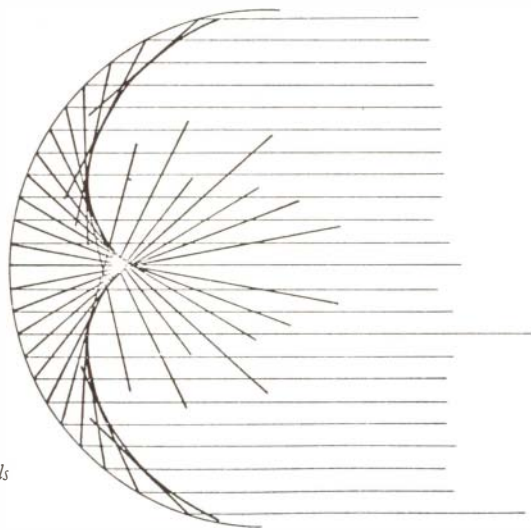
(ciència): —*La vostra tesi va versar sobre això?*

R. Thom: —No, la meua tesi, publicada dos anys més tard, va ser sobre els espais fibrats. Vaig mostrar la invariància topològica de les classes de Stiefel-Whitney, les classes característiques, entre altres coses més clàssiques, per exemple, els anomenats isomorfismes de Thom, que van ser ben formalitzats per Cartan.

(ciència): —*Quin record teniu de la vostra estada a l'École Normale?*

R. Thom: —Vaig entrar a l'École Normale el 1943, sota l'ocupació alemanya. Per entrar-hi s'havia de fer un concurs i jo el vaig passar, encara que sense gaire èxit. Els alumnes residíem a l'École i seguïem cursos a la Sorbona. Treballàvem molt, és clar que no podíem fer altra cosa que treballar, donades les circumstàncies.

Jo em vaig decidir a fer matemàtiques en certa manera per conèixer els límits de la meua capacitat intel·lectual. Pensava que si era capaç de fer matemàtiques seria capaç de fer qualsevol altra cosa. Això encara penso ara que és cert: si es poden fer matemàtiques, matemàtiques de punta, es pot fer gairebé qualsevol altra cosa. Nogensmenys, els matemàtics en general són un tipus de gent molt purista, que refusen interessar-se en aquelles coses que, des del punt de vista conceptual, no estan clarament delimitades. Afortunadament, jo em vaig escapar del "dimoni" del rigor que s'apropiava de la major part dels meus col·legues i no vaig dubtar a estudiar coses que no eren del tot rigoroses. Més endavant vaig escriure en un article: tot el que és rigorós és



L'envolupant dels raigs reflectits per una superfície corba constitueix una caustica. La caustica formada per reflexió dels raigs paral·lels que arriben a un mirall esfèric s'assembla de manera sospitosa a la catàstrofe en forma de cúspide.

insignificant. Bé, aquesta afirmació s'hauria de matisar, és clar.

(ciència): *—I la medalla Fields...?*

R. Thom: —Sí, la medalla em va ser concedida el 1958 per uns treballs que havia fet uns quatre anys abans i que vaig publicar en un article d'unes cinquanta pàgines, titulat "Algunes propietats globals de les varietats diferenciables", en el qual jo aplicava els mètodes, que aleshores constituïen una novetat, de la topologia algebraica a aquests objectes, tan naturals, com són les varietats diferenciables. Hi vaig introduir la noció de cobordisme que em penso que ja havia estat considerada, sense explicitar-la, per Pontryagin. Vaig determinar alguns dels grups de cobordisme... En fi, vaig obtenir una sèrie de resultats que són bastant fonamentals en la teoria de varietats. Va ser a causa d'aquests resultats i gràcies a la influència de H. Hopf, el topòleg alemany, que vaig obtenir la medalla Fields. De fet vaig tenir una gran sort ja que em vaig trobar en una època en què hi va haver un gran floriment de noves tècniques que van aparèixer en l'espai de deu anys: la teoria de l'homotopia, la cohomologia, les classes característiques, els espais fibrats, de fet tota la topologia algebraica, com a algorisme, va ser creada en aquest període des del 1945 al 1955. I jo em vaig beneficiar d'aquest formidable corrent de novetats. Penso que els matemàtics d'avui dia tenen molta menys sort, ja que sóc de l'opinió que en els darrers trenta anys no hi ha hagut desenvolupaments d'una envergadura comparable.

(ciència): *—La vostra teoria de les catàstrofes ha rebut crítiques i hi ha hagut moltes polemiques sobre la seva utilitat. En el transcurs dels deu anys des de l'aparició del vostre llibre fins al moment present, quins resultats han estat confirmats?*

R. Thom: —Crec que el meu llibre era, i encara és, especulatiu. Pels biòlegs, per exemple, el meu llibre és absolutament delirant, no descansa sobre cap base.

Mentrestant he donat algunes aplicacions a la lingüística i els lingüistes tenen, si no fa, la mateixa impressió, exceptuant-ne, potser, una minoria entre els quals hi ha gent de la talla de Jakobson. Insisteixo, doncs, que per la gran part de la comunitat científica el llibre és una mera especulació, i jo no m'esperava que fos considerat d'altra manera, ja que la forma de pensar és tan nova que no es pot acceptar gaire ràpidament.

(ciència): *—Es podrà matematitzar la biologia i altres ciències fins al mateix grau que la física actual, i quan creieu que s'arribarà a tenir una biologia teòrica (amb un contingut matemàtic similar al de la física teòrica d'avui dia)?*

R. Thom: —Jo penso que s'arribarà a matematitzar una bona part de la biologia, però aquesta matematització no serà de la mateixa naturalesa que la de la física. Necessitarà instruments molt més qualitius, molt més topològics que el modelisme quantitatiu tradicional de la física. En particular la noció de llei física, tan important per als físics, perdrà el seu rigor pel que fa a la biologia. El determinisme biològic no estarà fonamentat en igualtats determinístiques similars a les de la física.

(ciència): *—Els processos biològics no són tan deterministes?*

R. Thom: —Exactament, sempre hi ha un element vaporós, el que molt col·legues anomenen "soroll", que és un terme que no m'agrada gaire, però certament la regulació biològica és constituïda així i permet enormes variacions dins de certs marges, que és millor no ultrapassar, però dins d'aquests marges la variabilitat és molt gran i la predictibilitat molt feble. Per tant, si arriben a fundar una biologia teòrica, exigirà la constitució d'una matemàtica apropiada, per a la qual en aquest moment no tenim idees gaire precises. Penso que les catàstrofes juguen un paper, n'estic convençut, però aquesta teoria, tal com existeix actualment, no és

suficient per a permetre aquesta teorització. Recordo el que em va dir Guelfand durant el congrés de Moscou el 1966 quan jo em sentia entusiasmat pels models catastrofistes: "La teoria de les singularitats..., com voleu explicar la vida amb aquesta teoria? Necessitarem unes nocions molt més filosòfiques". Aquesta reflexió no l'he oblidada i en el fons penso que té raó. Crec, però, que la meua teoria conté ingredients filosòfics prou seriosos.

(ciència): *—La vostra teoria té continuadors que podrien emprendre aquesta tasca de teorització?*

R. Thom: —Crec que en l'actualitat la gent dubta de fer el salt. La biologia moderna ha fet una regressió en comparació amb el que era, diguem, a començament de segle. A començament de segle els biòlegs no dubtaven a utilitzar la noció de camp morfogenètic en embriologia. Ara hi ha encara alguns especialistes que la utilitzen, però la major part la consideren màgico-mística perquè no es coneix el suport bioquímic dels camps morfogenètics de l'embriologia, però aquests camps existeixen de forma indubtable. Estem en una situació paradoxal: tenim objectes l'existència dels quals es pot verificar empíricament, però dels quals no es coneix el suport material.

(ciència): *—Aquesta biologia teòrica arribarà de mans dels matemàtics o de mans dels biòlegs?*

R. Thom: —Crec que molt aviat es formarà un grup de gent matemàticament ben formats que s'interessaran per la biologia. A França aquest fenomen ja ha començat. I en els dos darrers anys hi ha hagut una espècie d'escola d'estiu de biologia teòrica a Llemotges. Jo estic en contacte amb aquest grup, encara que en relació amb ells sóc un extremista perquè afirmo que els experiments no són necessaris per a l'edificació de la teoria, mentre que la major part d'ells opinen que no és

(continua a la pàgina 52)

QUÈ ÉS LA MEDALLA FIELDS?

Una breu història que explica perquè els matemàtics no tenim premi Nobel.
"(these awards should be) an encouragement for further achievement." J. C. Fields

QUÈ ÉS LA MEDALLA FIELDS I QUAN S'ATORGA

Els matemàtics celebren cada quatre anys, amb dos anys de diferència amb les Olimpíades (amb catorze anys d'interrupció a causa de la Segona Guerra Mundial), el seu congrés internacional (ICM), que aplega milers de conreadors d'aquesta ciència en ciutats especialment escollides per la seva bellesa. Un dels grans esdeveniments a cada congrés és la concessió de les medalles Fields a la sessió inaugural. Aquests premis que, en prestigi, almenys dins de la comunitat matemàtica, són equiparables als Nobel, són conferits per un comitè ad hoc format per matemàtics de fama consagrada. Per exemple, el comitè que va concedir les dues primeres medalles Fields, l'any 1936, estava format per: G.D. Birkhoff, Carathéodory, E. Cartan, Severi i Tagaki.

És tradició, fermament establerta, que els guanyadors d'aquests premis tinguin menys de quaranta anys i aquest és un dels aspectes diferencials amb els premis Nobel, sovint entregats a "velles glòries". Per altra banda tampoc no s'arrisquen a donar-los a matemàtics molt joves, pensant que un jove en els seus vint-i-escaig anys ja tindrà una segona oportunitat en el pròxim congrés. Una altra de les coses que els diferencien dels Nobel i que segurament contribueix al fet que aquests premis siguin menys populars és el valor monetari de les medalles: 1.500 dòlars canadencs en els darrers anys. El factor principal, però, és que probablement es tracta d'un assumpte intern de la comunitat matemàtica. La seva escassetat (dues medalles cada quatre anys, si bé en els darrers temps i gràcies a un donant anònim de vegades se n'han concedides quatre) els confereix, als

ulls dels experts, un valor mític. També és costum, després de l'atorgament, que algun membre o membres del comitè comentin les contribucions dels premiats. Alguns d'aquests discursos han passat a la història, com el celebre de Hermann Weyl en el congrés del 1954 a Amsterdam, en el qual va glossar l'obra de Serre i Kodaira.

QUI VA INSTITUIR LA MEDALLA FIELDS I PER QUÈ?

John Charles Fields era professor de matemàtiques de la Universitat de Toronto, seu del congrés internacional de l'any 1924, el qual resultà un tant conflictiu des del punt de vista polític ja que els matemàtics alemanys no hi van ser invitats. Si bé les seves contribucions a la teoria de les funcions algebriques són meritòries, passarà a la història com a administrador i organitzador, i va ser ell l'ànima del congrés de Toronto. Sembla que a causa d'aquesta exclusió dels científics germànics, a la qual ell s'oposava, es va desenvolupar en el seu interior un fort sentiment internacionalista que el va inspirar a crear aquests premis dotats amb el superàvit del congrés i una suma substancial de diners que va deixar en el seu testament. Una altra consideració que sembla que el va motivar va ser l'absència de premi Nobel de matemàtiques, a causa, sembla, de les desavinences de Nobel amb el famós matemàtic suec Mittag-Leffler. Circula el rumor que l'arrel del problema era que Mittag-Leffler li havia pres l'amant a Nobel i quan aquest va considerar dotar un premi de matemàtiques va preguntar si un dels candidats seria el seu rival en l'amor. A la qual cosa li van contestar que sí i vet aquí el final de la història del Nobel de matemàtiques.

LA LLISTA DELS GUANYADORS

Per si algun dels nostres lectors matemàtics no la té present incloem la llista de guanyadors, a la vista de la qual es pot dir que la decisió no ha estat mai desencertada, si bé resten tants cervells privilegiats fora d'ella, que el fet de no haver guanyat la medalla no pot representar cap trauma per a ningú. No coneixem cap obra que reculli les biografies i contribucions d'aquestes celebritats (amb un estudi detallat classificant-los per països i relacionant-los entre ells, etc...) i des d'aquí llancem la idea per si algú s'hi apunta (publicat en anglès el llibre podria tenir un cert èxit, i per què no fer-ho des de casa nostra?).

1936 Oslo	L. Ahlfors/J. Douglas
1950 Cambridge (USA)	L. Schwartz/A. Selberg
1954 Amsterdam	K. Kodaira/J.-P. Serre
1958 Edimburg	K. Roth/R. Thom
1962 Estocolm	L. Hörmander/J. Milnor
1966 Moscou	M. Atiyah/P. Cohen/A. Grothendieck/S. Smale
1970 Niça	A. Baker/H. Hironaka/S. Novikov/J. Thompson
1974 Vancouver	E. Bombieri/D. Mumford
1978 Helsinki	P. Deligne/C. Fefferman/G.A. Margulis/D. Quillen

(Jaume Puigbò)

pot fer la teoria sense experiències. Sóc optimista en aquest aspecte, ja que molts biòlegs comencen a sentir la necessitat de treballar en aquesta direcció.

EL GRUP BOURBAKI I L'ENSENYAMENT DE LES MATEMÀTIQUES

(ciència): *—Quina ha estat la influència del grup Bourbaki a França i què en penseu?*

R. Thom: —Aquest grup va ser creat al final de la dècada dels anys 30 per Cartan, Weil, Chevalley, Dieudonné, etc. i el seu principal mèrit va ser introduir les teories algebraïques desenvolupades a Alemanya per l'escola de Hilbert. Els matemàtics francesos de l'època, Picard, Borel, Hadamard, Lebesgue, etc., treballaven sobretot en variable complexa i des del punt de vista de la teoria de conjunts els podríem catalogar com a reaccionaris. El text paradigmàtic era el *Goursat*, que per altra banda era un bon llibre. Els bourbakistes eren pro Cantor i estaven a favor de la logilització de les matemàtiques, almenys al començament, després ja no tant. Bourbaki va posar de moda la noció d'estructura. Les estructures concretes són molt útils en matemàtiques. No podríem passar sense l'estructura de grup, per exemple. Els anells, sobretot els commutatius, són força útils també. Però el que jo trobo monstruós és fer una teoria general de les estructures. Per tant, crec que la influència de Bourbaki ha tingut alguns aspectes positius, el de la sistematització de la notació, entre altres. A Bourbaki devem, per exemple, la distinció entre esfera (la superfície) i bola (la part de dins). Entre les crítiques negatives que es podrien fer al seu tractat és que els agraden les teories molt "propres" i varen deixar de banda teories molt importants, com la dinàmica qualitativa, perquè no estava prou ben formulada. A causa d'això, els resultats de Smale, per

exemple, van causar gran sorpresa dins la comunitat matemàtica francesa. En geometria algebraica les seves aportacions han estat molt valuoses ja que no poden oblidar que Grothendieck ha estat una mena de fill espiritual de Bourbaki.

Quant a la seva relació amb el moviment de les matemàtiques modernes a l'escola, no hi ha dubte que va existir al principi, però més tard bastants dels membres del grup s'han distanciat, excepte, potser, Dieudonné i aquest assumpte ha passat a mans de Lichnerowicz. En un moment determinat aquest moviment es va radicalitzar (1970) i va ser quan jo vaig prendre posició. Penso que els detonadors d'aquest moviment van ser múltiples, com, per exemple, l'angoixa que va causar al món occidental el llançament de l'Spútnik. També hi van intervenir factors sociològics (la frustració de la comunitat matemàtica, postergada si la comparem amb altres comunitats científiques) i polítics (les matemàtiques velles servien per seleccionar els alumnes que anirien a les "grandes écoles", sistema elitista que alguns pretenien eliminar). En qualsevol cas, crec que el govern veu que s'ha equivocat, encara que no ho ha admès així, però ja ha començat a fer marxa enrera. Recentment m'han comunicat que ja es torna a ensenyar la taula de multiplicar a l'escola primària.

(ciència): *—Cal canviar els programes actuals d'ensenyament? Com veieu l'escola futura?*

R. Thom: —Les meves opinions en matèria d'ensenyament no tenen res d'extraordinari. Estic a favor de seguir la línia clàssica, la que ens han llegat els nostres predecessors, i penso que no ha hi cap raó per precipitar-se a fer reformes i ensenyar a les gents nocions massa abstractes, massa generals. De la mateixa manera que els embrions estan obligats a seguir pràcticament sempre els mateixos estadis fins a constituir-se, penso que en l'educació hi haurà sempre una sèrie d'etapes que l'alumne haurà de franquejar i que no les podem pas eliminar amb

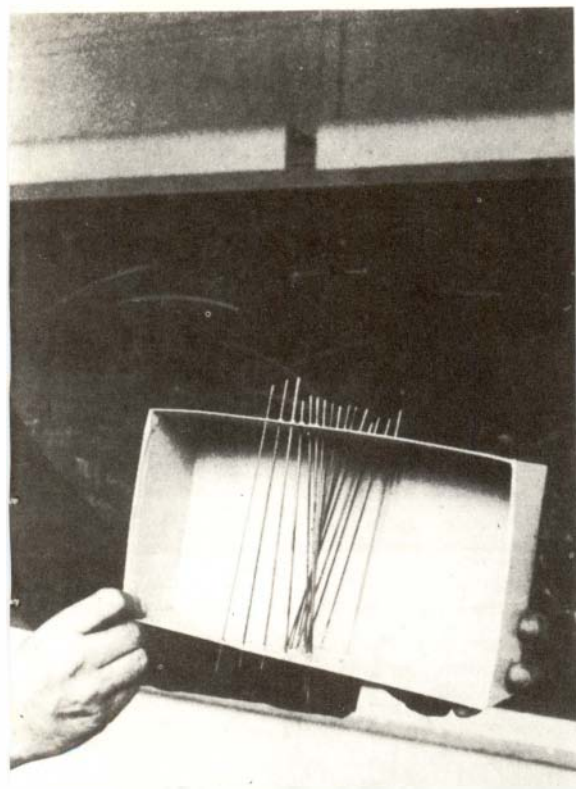


fórmules màgiques. Sóc extemament escèptic respecte a les temptatives de renovació pedagògica que pretenen pal·liar les dificultats ensenyant nocions més generals i més modernes.

LES OPINIONS D'UN MATEMÀTIC SOBRE LES MATEMÀTIQUES

(ciència): *—Des de Wigner s'ha parlat molt sobre l'efectivitat "irraonable" de les matemàtiques. Teniu vós alguna explicació al fet sorprenent que una teoria matemàtica desenvolupada com a model d'un fet físic s'apliqui a una gran varietat de fenòmens que no tenen res a veure (des del punt de vista físic) amb el fenomen original? (L'exemple clàssic és el de les equacions diferencials, com la de Korteweg-de Vries, que té nombroses i variades aplicacions).*

R. Thom: —No, no en tinc cap. Per mi és un miracle, el miracle de la física. El fet que hi hagi lleis, lleis quantitatives, a la natura és una situació miraculosa, que l'home ha explotat al màxim i que potser encara explotarà més. Bé, quin podria ser l'origen del miracle? Penso que va lligat al fet que el nostre espai és un espai dotat d'una geometria, geometria definida per una mètrica, la qual té unes propietats gairebé homogènies. Per raó d'aquesta homogeneïtat existeix l'acció de grups de Lie, grups de simetries, i aleshores es té tot l'aparell de la teoria de representacions. Es té l'analicitat de les representacions dels grups compactes, el teorema de Peter-Weyl, i gràcies a aquesta anali-



ticitat es té la possibilitat de predicció. Per mi, doncs, el veritable miracle està en el fet que l'espai estigui dotat de geometria i això no penso que pugui tenir un origen estrictament matemàtic. La geometria ha de tenir un suport físic, han de ser processos físics els que en certa manera encarnin aquesta geometria. Però sobre la naturalesa d'aquests processos físics no en sabem res. No poden ser processos de partícules elementals, perquè aquestes partícules constitueixen en elles mateixes "trençaments" de la simetria. Però quina és la causa de la simetria subjacent? Ningú no ho sap. Aquesta problemàtica, però, deixa els físics indiferents, perquè consideren que no és l'objecte de la seva ciència.

(ciència): *—Penseu que en el futur es trobarà una teoria física en la qual es podrà prescindir de les partícules elementals?*

R. Thom: —Sí, jo tinc l'esperança que un dia s'edificarà una teoria realment coherent de la mecànica quàntica, ja que a hores d'ara la mecànica quàntica és una teoria intel·ligible. És una teoria que fa jugar a l'home un paper excepcional, és Copèrnic a l'inrevés. Copèrnic va dir: "l'home no juga cap paper a la natura"; la mecànica quàntica diu: "les experiències canvien les lleis d'evolució dels fenòmens". Per mi això és fonamentalment inadmissible. Jo espero que el dia de demà es creï una teoria sintetitzadora que expliqui a la vegada la simetria i els trençaments d'aquesta simetria, el que constitueixen les partícules elementals.

Des dels anys 70 hi ha hagut un cert retorn de la física als estudis dels medis macroscòpics. Fins al 1970 els físics estaven totalment fascinats per les partícules

les elementals i la física d'altres energies. A partir d'aquesta data s'ha renovat l'interès per qüestions de defectes en els cristalls, en els medis ordenats i penso que s'han fet progressos considerables en el camp macroscòpic, i potser em faig il·lusions, però tinc la impressió que el meu llibre ha tingut certament un impacte sobre aquesta tendència, que ha fet renéixer l'interès dels físics per la morfologia dels medis macroscòpics. Hi ha certs resultats de la teoria de defectes i de la teoria de la turbulència que estan en la mateixa línia filosòfica que la teoria de les catàstrofes.

(ciència): *—Quin és, per vos, el teorema més bonic de les matemàtiques?*

R. Thom: —Sabeu, en matemàtiques jo no sóc pas un esteta. Molts dels meus col·legues estan fascinats per la bellesa de les estructures. Malauradament, aquesta és una sensibilitat que jo no tinc i em sento una mica desconcertat per aquesta pregunta perquè la bellesa està en allò que és misteriós i, en canvi, jo tinc la tendència a trobar bonics els teoremes extremament banals, com el teorema de la funció implícita o el teorema de Sard sobre la mesura dels valors crítics. Aquests són el tipus de teoremes que jo considero centrals en la meua visió de les matemàtiques. El teorema fonamental de l'àlgebra és un altre dels teoremes que m'agraden: l'equació de grau n té almenys una arrel.

(ciència): *—Com penseu que els matemàtics de l'any 2100 jutjaran les matemàtiques del segle XX?*

R. Thom: —Oh!, caldria ser profeta per dir-ho. D'entrada hauríem d'estar convençut que l'any 2100 encara hi haurà matemàtics, la qual cosa és una visió molt optimista de la història que ens espera. Com ja sabeu m'agrada distingir entre la matemàtica de "l'intelligibilitat" i la matemàtica de "la maîtrise". La matemàtica del segle XVIII era essencialment matemàtica de "l'intelligibilitat". A partir

En el número 15, hi havia una ressenya de Jaume Puigbò del Primer Congrés Català de Lògica Matemàtica. Per aconseguir les actes, dirigiu-vos a: Teresa Riera, Facultat d'Informàtica, c/ Girona Salgado, 31, Barcelona-34.

juny 1982/Volum 2/405 } 53

del segle XIX hem vist florir la matemàtica de "la maîtrise", amb la teoria de Fourier, el prolongament analític, el desenvolupament de tècniques de l'anàlisi que permeten la construcció de models quantitius, els quals, a la vegada, permeten fer prediccions quantitatives. Aleshores, jo crec que les matemàtiques del segle XX han marcat un cert retorn cap a la matemàtica de la intel·ligibilitat; penso, sobretot, en els desenvolupaments de la topologia algebraica dels anys 50, que, segons el meu punt de vista, ha estat el gran fenomen de les matemàtiques del nostre segle.

(ciència): *—En matemàtiques es descobreix, com diuen els platonics, o bé s'inventa?*

R. Thom: —En repetides ocasions he afirmat que jo sóc platònic. Però penso que les teories constructivistes no són pas falses, sinó que són compatibles amb la concepció platònica, ja que no es descobreix qualsevol cosa, sinó aquelles que són rellevants per a la situació que s'estudia. Les construccions serien les transicions permeses entre objectes matemàtics. Havent dit això, cal aclarir que les idees matemàtiques, encara que existeixen, no tenen el mateix status d'existència que aquesta taula o aquest magnetòfon. Tenen un status ontològic especial. Jo crec que la realitat està exfoliada en dominis ontològics relativament separats amb relacions entre ells que són extremament difícils de captar i les matemàtiques s'han de contemplar en aquesta perspectiva: són un pla ontològic ben definit.

(ciència): *—El que acabeu de dir sembla més filosofia que matemàtiques. Quin paper creieu que juga la filosofia en el món del saber?*

R. Thom: —Crec que la filosofia és molt més important que la ciència, perquè la filosofia s'esforça a respondre interrogacions que són essencials, mentre que la ciència es consagra, *grosso modo*, a la descripció de l'univers, una descripció tan detallada, tan refinada, que acaba essent insignificant.

René Thom a l'Escola d'Enginyers de Barcelona, a primers de març del 1982



(ciència): —*Pero es pot fer filosofia sense ciència?*

R. Thom: —Jo penso que sí. Encara que la ciència ha de servir de base a la filosofia, crec que poden haver-hi formes de coneixement que no siguin les del coneixement científic. Sense caure en l'irracionalisme o el misticisme, em sembla que poden haver-hi formes d'intuïció diferents de l'examen científic.

L'HOME I LES SEVES OPINIONS POLÍTiques

(ciència): —*Com feu la vostra recerca? Teniu anècdotes personals de descobriments científics com la història celebre de la poma de Newton?*

R. Thom: —De fet, ja fa uns quants anys que he abandonat una mica la recerca matemàtica perquè em vaig sentir atret per la filosofia i altres disciplines. Però hi ha un petit nombre de problemes que em continuen interessant, com, per exemple, un dels meus favorits és saber si una trajectòria del gradient d'una funció analítica té sempre tangent en un punt singular.

Quant a anècdotes com la de Newton no crec que, en el meu cas, hi hagi hagut il·luminacions particularment remarcables. Quan recordo algunes de les coses importants que he descobert, com la referent a la teoria de Morse, de la qual ja us he parlat, no sabria explicar com em va venir. Com probablement deveu saber, quan Paul Valéry li va preguntar a Einstein: "Mestre, com ho feu?, és que us aixequéu durant la nit per anotar les vostres idees en un petit quadern?", ell va respondre: "D'idees només se'n tenen dues o tres durant tota una vida". Estic d'acord amb Einstein i en matemàtiques jo només he tingut algunes idees, evidentment amb un cert nombre de facetes.

(ciència): —*Aleshores esteu d'acord amb el*

precepte de Gauss sobre les publicacions: "pauca sed matura"?

R. Thom: —Evidentment tots estariem millor si es publicués menys en matemàtiques en aquests moments, si es deixessin les revistes per a les coses veritablement importants, però s'ha de reconèixer que les matemàtiques juguen un paper social, un paper de selecció i com que estem obligats a crear, posem un miler de doctors en matemàtiques per any, segurament més en tot el món, aleshores és ben normal que gran part de les publicacions no siguin gaire interessants. Un bon nombre de tesis són superades per la tesi següent, però, en fi, la tesi juga el seu paper de mostrar que el nou doctor és capaç de fer un treball original.

(ciència): —*Quins són els vostres hobbies? Com empreu el vostre temps lliure?*

R. Thom: —M'agrada escoltar música, sobretot clàssica, però també el jazz antic, estil Nova Orleans. Una de les meves afeccions és caminar pel camp, però això no és gaire fàcil en la regió parisenca, on la natura és més aviat ingrata.

(ciència): —*Durant la conversa m'ha semblat que sou una mica pessimista de cara al futur. Com desitjariu que fos la societat del segle XXI? Quines són les vostres idees polítiques?*

R. Thom: —És difícil no ser pessimista en el panorama actual. Hi ha molts pensadors polítics que creuen que la situació present és molt semblant a la del 1936, almenys a França. L'esquerra ha guanyat les eleccions, en política exterior hi ha una situació triangular amb els Estats Units, l'URSS i la Xina, l'atur augmenta... En fi, hi ha moltes analogies inquietants.

Quant a les meves opinions polítiques, tinc una filla que un dia em va qualificar de "*réactionnaire de gauche*" i penso que aquesta és una bona definició de les meves idees polítiques. És bo que una societat somii, que tingui visió de futur.

Una societat en la qual no hi ha somnis és com una *termitiere*. Unes certes dosis d'ideologia i d'utopia són necessàries, però per altra banda sóc reaccionari en el sentit que crec que per portar a terme aquests projectes s'ha de ser molt realista, no anar gaire de pressa i tenir en compte les limitacions existents. Tot això és molt difícil i, en el fons, hi ha el problema central, que és el problema de l'origen del poder en les societats, problema que no sabem com resoldre, ja que totes les fonts de poder tradicionals eren transcendents (l'origen diví del poder, etc.) i com que ara ja no podem creure en aquestes legitimitzacions transcendents perquè som racionalistes, hem tractat de substituir això per la noció de bé públic, però aquesta és una noció massa feble per justificar la legitimitat del poder en una societat, ja que pressuposa que el ciutadà és prou desinteressat i lúcid per subordinar els seus interessos als de la col·lectivitat. Això em sembla una visió una mica massa optimista. Penso, per tant, que estem vivint en una situació de dificultat insuperable, amb la qual hem d'aprendre a viure i que no és l'única.

(ciència): —*Creieu que els projectes de l'actual govern francès no són prou realistes?*

R. Thom: —Malauradament no tinc la impressió que ho siguin, més aviat penso que els projectes del govern han estat més inspirats en l'oportunisme polític que en una visió ambiciosa i àmplia i al mateix temps enraonada.

Nota de l'entrevistador: Per als lectors que desitgin aprofundir en les idees de Thom citarem dues referències molt accessibles, publicades per Alianza Editorial.

1. *Hacia una biología teórica*, de Waddington i altres, conté el primer article de Thom sobre la teoria de les catàstrofes, titulat "Una teoria dinàmica de la morfogénesis".

2. *La enseñanza de las matemáticas modernas*, de Piaget i altres, conté dos articles de Thom sobre aquest tema.