



# MARTIN GUTZWILLER

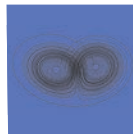
## UN FÍSIC SINGULAR

per Oriol Bohigas\* i Jesús Navarro\*\*

**L**A BIOGRAFIA DE MARTIN GUTZWILLER ENS COPSA PER DIVERSOS MOTIUS: NO HA FET UNA CARRERA “ACADÈMICA”, COM ÉS USUAL ENTRE LA MAJORIA DELS CIENTÍFICS, I HA TREBALLAT EN UNA GRAN DIVERSITAT DE TEMES, APARENTMENT INCONNEXOS. DESPRÉS DE FER LA SEUA MEMÒRIA DE LLICENCIATURA AMB W. PAULI, A L’ETH DE ZURIC, VA TREBALLAR UN TEMPS A LA COMPANYIA TELEFÒNICA SUÏSSA ABANS D’ANAR A LA UNIVERSITAT DE KANSAS PER REALITZAR UNA TESI DOCTORAL SOBRE ESTAT SÒLID. DESPRÉS DE SET ANYS TREBALLANT PER A LA SHELL OIL EN QÜESTIONS DE GEOFÍSICA, EL CONTRACTA IBM, PRIMER A SUÏSSA I DESPRÉS ALS EUA, ON S’HA JUBILAT FA UNS ANYS. PARTICIPA EN LA VIDA ACADÈMICA DONANT CURSOS A LA UNIVERSITAT DE COLUMBIA. TREBALLANT, DONCS, EN EMPRESES PRIVADES, HA FET CONTRIBUCIONS CRUCIALS A LA RECERCA BÀSICA EN DOS TEMES, SI MÉS NO. EL 1963, REEIXÍ A DONAR L’EXPLICACIÓ DEL FERROMAGNETISME DELS METALLS. JA SE SABIA QUE EL FERROMAGNETISME ESTÀ RELACIONAT AMB ELS ELECTRONS; EL QUE VA FER GUTZWILLER ÉS MOSTRAR QUE CALIA TENIR EN COMPTE ADEQUADAMENT LES CORRELACIONS ENTRE ELS ELECTRONS. VA INTRODUIR EL QUE AVUI S’ANOMENA LA FUNCIÓ D’ONA DE GUTZWILLER, UNA DE LES EINES FAVORITES DELS EXPERTS EN FERROMAGNETISME. MÉS DE VINT ANYS DESPRÉS DE LA SEUA INVENCIÓ, SEMBLA REPRESENTAR TAMBÉ UN PAPER EN LA DESCRIPCIÓ DE LA SUPERCONDUCTIVITAT A ALTA TEMPERATURA. EL 1970, GUTZWILLER VA FER UNA ALTRA CONTRIBUCIÓ IMPORTANT, AQUESTA VEGADA EN LA TEORIA DEL CAOS. VA TROBAR UN MÈTODE PER A OBTENIR INFORMACIÓ SOBRE L’ESPECTRE ENERGÈTIC D’UN SISTEMA CAÒTIC QUÀNTIC. EL MÈTODE UTILITZA LES ÒRBITES PERIÒDIQUES CLÀSSIQUES, I POT EXPRESSAR-SE MITJANÇANT UNA EXPRESSIÓ SENZILLA (FÓRMULA DE TRACES EN L’ARGOT DEL MEDI), QUE S’HA APLICAT DES DE L’ESTUDI DE L’ÀTOM D’HIDROGEN EN UN CAMP MAGNÈTIC FINS A LA DESCRIPCIÓ DE CERTES PROPIETATS DE CAVITATS MICROONES.

\*LPTMS, Université de Paris-Sud, Orsay, França

\*\*IFIC, centre mixt CSIC-Universitat de València



## MARTIN GUTZWILLER

Martin Gutzwiller passa unes setmanes viatjant per Europa, i hem aprofitat la seua estada al Laboratoire de Physique Théorique et Mécanique Statistique, a Orsay, per fer aquesta entrevista. Ens trobem a casa de l'Oriol, col·lega i amic de fa anys, a la *banlieue* de París, un dia bascó i humit de primers de juny. Martin Gutzwiller és una persona extremadament afable i acollidora, a qui li agrada conversar, reposadament i amb una veu suau, sobre pràcticament qualsevol tema. El seu sentit de l'humor es manifesta en els comentaris irònics que fa sobre les seues dots de model, durant la sessió fotogràfica que acompanya l'entrevista. L'entrevista és en realitat una conversa relaxada entre amics.

Ha treballat en comunicacions telefòniques, en geofísica, en ferromagnetisme, en el problema de tres cossos... Hi ha una connexió oculta que porte de les microones a la Lluna, passant pel petroli, el ferromagnetisme i el caos?

[Riu.] Bé, no, es tracta més aviat d'una qüestió diguem-ne utilitària. Sempre he intentat trobar un compromís entre el meu desig íntim d'obtenir alguna cosa interessant de la vida, i un treball que em permetés alhora de guanyar-me-la. La carrera universitària, que probablement hauria estat l'elecció més natural, més d'acord amb els meus desitjos, no es va presentar en el bon moment, i jo vaig seguir una altra via, més per casualitat que per voluntat preconcebuda.

I què li va portar a interessar-se pels estudis científics? La influència d'algun professor? Alguna lectura?

Ja a l'escola em varen atraure les matemàtiques i la física. I quan estava a l'institut em vaig dedicar pel meu compte a estudiar de manera més intensa aquestes matèries, que llavors s'ensenyaven d'una manera que podríem dir primitiva. Els continguts eren molt tradicionals, amb trigonometria, còniques, etc., però no hi vèiem càlcul infinitesimal...

Caram, això se sol estudiar a la facultat ...

Doncs jo ho vaig aprendre pel meu compte, perquè m'interessava.

I en acabar l'institut va anar a l'ETH, el prestigiós Institut Politècnic de Zuric

Abans vaig passar un any a l'exèrcit suís. Això era al darrer any de la guerra, jo tenia 19 anys i havia de fer el servei militar. El 1945 vaig poder inscriure'm a l'ETH, i això suposava un esforç econòmic per als

## ENTREVISTA

meus pares, que no vivien a Zuric. Per això, en acabar la meua tesina de llicenciatura (Diplom-Arbeit), i malgrat l'opinió de mon pare, vaig voler trobar un treball que em permetera guanyar diners, i no ser una càrrega per a la meua família.

Va fer la tesina amb Wolfgang Pauli, què rebé el Nobel de Física l'any 1945. Com li va anar?

En aquell temps jo no era realment conscient de la importància de Pauli. Em va proposar estudiar les contribucions al moment magnètic del nucleó degudes a un acoblament amb mesons vectorials. El tema em va interessar i vaig aprendre la mecànica quàntica que calia per poder completar la meua memòria en sis mesos. Això era el 1949, un any després dels grans treballs de Feynman i de Schwinger sobre l'electrodinàmica quàntica. El mateix Schwinger volia ocupar-se del problema, però no ho va fer.

En aquella època ja era coneguda l'electrodinàmica quàntica a Zuric?

No, realment no hi estàvem familiaritzats. Però Pauli ja s'havia ocupat del problema i havia trobat el seu mètode personal per regularitzar les integrals. Fèlix Villars, en estada postdoctoral aleshores, era l'encarregat de seguir el meu treball. Jo discutia amb ell i una vegada cada mes anàvem tots dos a discutir amb Pauli. Millor dit, jo escoltava dos esperits brillants discutir del que jo havia fet, i després preguntava. El resultat no va ser mai publicat, però jo vaig rebre una formació meravellosa en la primitiva teoria quàntica de camps. En acabar la tesina, Pauli em va proposar de fer la tesi doctoral amb ell...

I això ja era un gran privilegi, perquè sembla que Pauli era molt exigent en la selecció dels seus estudiants

Sí, potser era molt exigent, però no podia oferir-me ni una borsa ni una plaça com a ajudant, i jo no volia continuar sent una càrrega econòmica per a la meua família. Vaig trobar un treball a la companyia telefònica suïssa, i durant prop d'un any vaig ocupar-me de microones.

La seua primera incursió fora de l'àmbit acadèmic, per dir-ho així...

Es tractava d'establir les comunicacions entre Zuric i Ginebra, enviant microones a un repetidor en una muntanya del Jura entre les dues ciutats. De vegades, hi havia inestabilitats en els senyals i jo vaig descobrir la causa. Entre el generador de microones i l'an-





«REALMENT, NO SÉ COM HO FA LA NATURA  
PER TROBAR ELS MATEIXOS NOMBRES  
QUE NOSALTRES»

tena hi havia un cable d'uns quants metres. Vaig mostrar que les inestabilitats tenien a veure amb la longitud del cable i les longituds d'ona de les microones. I aquest descobriment em va deixar molt satisfet. Mentrestant, em van parlar de l'existència de borses per a fer la tesi en alguna universitat americana. Wentzel m'explicà que hi havia moltes universitats d'estat, poc conegudes a Europa, però de molt bon nivell, i em va animar a anar-hi. Finalment, vaig anar a Kansas, per treballar amb Dresden.

Ha citat uns quants noms importants: Pauli, Villars, Wentzel, Dresden ...

Però Pauli era una altra categoria. I penseu que als anys trenta els suïssos no el volien! Després d'haver estat deu anys a l'ETH, Pauli va demanar la naciona-

litat suïssa i li la varen denegar. La raó última era l'antisemitisme de l'època. Pauli va passar algunes dificultats, perquè no tenia passaport i només li deixaven la possibilitat de tornar a Alemanya. Per fi, va poder anar als EUA, on va passar tot el temps de la segona guerra. Va ser en acabar-se aquesta quan Suïssa va reconsiderar la seua actitud. Pauli havia rebut el premi Nobel, li havien ofert la càtedra que Einstein deixava a Princeton... Potser tot això va fer pensar alguns que finalment aquest Pauli no era un mal xic! Durant les negociacions per fer-lo tornar li oferiren la nacionalitat suïssa, i finalment Pauli va acceptar.

Quins han estat els temes de recerca que l'han interessat al llarg de la seua carrera?

Sempre hi ha hagut alguns temes bàsics que m'han interessat, però jo he estat sempre disposat a treballar en qualsevol tema que tinguera relació amb la realitat. Per això he fet geofísica, durant set anys a la Shell Oil, i em vaig interessar pel ferromagnetisme. Mireu, en les prospeccions s'extrauen mostres de roques sedimentàries que es troben a una certa profunditat, i calia mesurar-ne la magnetització, que és molt feble. Aquestes roques contenen magnetites que s'orienten fàcilment segons el Pol Nord. Però també es troben altres mostres amb orientació magnètica segons la vertical, i això em va intrigar. Potser és una raó ridícula, però això va despertar el meu interès per la magnetització.

[Hem de dir que el nostre entrevistat és massa modest. No solament va ser ell qui va comprendre el magnetisme. El seu treball, publicat l'any 1963 al *Physical Review Letters* és encara molt citat. Els experts en ferromagnetisme utilitzen l'anomenada funció d'ona de Gutzwiller, dins d'un model variacional per explicar el ferromagnetisme en certs metalls. També representa un paper en l'estudi de la superconductivitat a altes temperatures.]

Després vaig passar a treballar en IBM, això era als anys seixanta, però per causes accidentals. La raó es que jo volia tornar a Suïssa, i allà vam passar tres anys la meua família i jo. Però la meua dona no va trobar les possibilitats professionals que esperava i per això vam tornar als EUA, a la IBM de Nova Jersey, on he estat fins la meua jubilació. El laboratori és al campus de la universitat de Columbia, on m'oferiren al mateix temps la possibilitat de donar cursos, però no en el departament de física, sinó en el de metal·lúrgia, on he ensenyat estat sòlid.



**I quin treball feia a IBM?**

Els anys seixanta les companyies industrials eren molt generoses amb la recerca científica, amb la recerca bàsica. Us demanaven de mirar els temes que els interessaven, i us deixaven llibertat total per treballar. La diferència amb la Shell era que en aquesta el to estava donat pels geòlegs i els enginyers, mentre que en IBM n'eren els físics. A la Shell jo escrivia informes, que circulaven per la companyia. Després he sabut per casualitat que alguns consideraven que el que jo feia no era massa interessant... [I riu, mig resignat mig divertit.]

Però estant en IBM ha publicat quatre treballs bàsics sobre el que s'anomena el problema de la traça de Selberg.



**«JO ACONSELLARIA ALS JOVES  
CIENTÍFICS QUE NO ES QUEDEN EN UNA  
ESPECIALITZACIÓ EXTREMA»**

Vaig començar a interessar-me per la connexió entre la mecànica clàssica i la quàntica en un congrés l'any 1965 en què alguns químics presentaren els resultats dels seus càlculs i em vaig dir que segurament devia haver-hi millors maneres d'entendre què és el que passava. Em vaig convèncer de forma abstracta que la relació entre el clàssic i el quàntic no havia estat prou explicada.

**Era la continuació del problema anisotròpic de Kepler?**

No, no, era un exemple del que jo ja sabia de la física del sòlid. Era un problema pròxim a la física atòmica que jo coneixia de prop. La connexió amb la física del

sòlid va ser un poc per accident, igual com la connexió amb la teoria del caos també va ser accidental. Em vaig interessar primer per l'àtom d'hidrogen, ficant-hi altres electrons, i mirant si aquests hi penetraven o no. La trajectòria és complicada. En IBM treballava un astrònom, especialista en mecànica celest, interessat en l'estudi de les trajectòries planetàries. Per ell vaig conèixer l'obra de Hill, que fou el primer a ocupar-se de trajectòries periòdiques no estables. Poincaré va apreciar molt la seua obra.

**Ha escrit un llibre molt conegut titulat *Chaos in Classical and Quantum Mechanics*. Hi ha realment una diferència entre el caos clàssic i el caos quàntic?**

Sí, el caos clàssic és més net, més definit, a causa de les discontinuïtats. En aquest sentit és més senzill i les matemàtiques necessàries són més simples. La idea de partida eren els fractals, que s'apliquen per igual a la mecànica clàssica que a la quàntica. Però la quàntica és més subtil, podríem dir que el principi d'indeterminació sap arreglar les coses perquè no siguin tan dures. Des d'un punt de vista matemàtic és més complicat, però el resultat és més satisfactori per a nosaltres, que no ens agraden les respostes dures, en el sentit de discontinües, amb repeticions fins l'infinit.

**També hauríem de parlar del seu treball en *Reviews of Modern Physics* sobre el problema del Sol, la Terra i la Lluna. Es tracta d'un treball de història de la ciència, però d'una manera completament diferent del que estem acostumats a veure.**

Sí, és cert. En un congrés sobre sistemes amb petit nombre de graus de llibertat vaig coincidir amb Berry, un químic, que aleshores era un dels editors del *Reviews of Modern Physics*, i com a tal editor m'invità a escriure l'article. Vaig tardar a escriure'l i després d'unes quantes vicissituds vaig enviar un article de 90 pàgines; els editors el trobaren massa llarg, i vaig haver de reduir-lo, cosa que és molt penosa per a qualsevol autor. El *referee* era un historiador, que el va trobar molt bonic però que no el va considerar com un article d'història i vam discutir molt.

[Es tracta d'un article que ens endinsa en el problema de tres cossos, prenent com a fil conductor el sistema de tres cossos estudiat des de més antic. Hi descobrim com plantejaven el problema els babilonis i els grecs, i quines aportacions a la solució del problema han fet els científics fins ara.]

**Creu que és important per a un científic llegir els treballs originals dels grans clàssics, o basta acontentar-se amb fonts secundàries?**



«ELS REDUCCIONISTES ES FAN  
IL·LUSIONS SOBRE LA CAPACITAT  
D'EXPLICACIÓ DE LES CIÈNCIES»

Absolutament sí. Jo crec que cal anar a les fonts originals. El que passa és que els científics fem una lectura diferent a la dels historiadors, jo vaig a les fonts perquè hi aprenc física. Però fent-ho des de la perspectiva actual es pot falsejar la història, i els historiadors s'oposen a la lectura en forma de progrés inevitable. Jo no crec que es pugui parlar d'un progrés de la humanitat en general, però crec que sí que podem parlar d'un progrés en les ciències. Per exemple, la física va fer un progrés considerable durant la primera meitat del segle passat, progrés que no ha fet en la segona meitat.

A propòsit de progrés en les ciències, Arnold ha escrit que "l'interval de dos segles entre els brillants descobriments de Huygens i Newton i la geometrització de les matemàtiques per Riemann i Poincaré sembla un desert matemàtic, on sols es troben càlculs". Què li sembla aquesta afirmació?

És una estupidesa. Mireu, Newton va inventar el càlcul infinitesimal, però en la seua obra no el va aplicar. Va preferir unes demostracions geomètriques perquè volia convèncer els seus contemporanis que allò que feia era correcte. El segle XVIII ha estat de la més gran importància per a les matemàtiques. Hi ha hagut matemàtics molt brillants, hi havia el meu compatriota Euler, i també francesos com ara Clairaut, D'Alembert, Lagrange (que era d'origen italià), Laplace... Tots ells han afegit realment elements fonamentals al coneixement de la natura, que no existien en Newton. Després vingué Gauss i ja som al segle XIX... No, no estic d'acord amb Arnold.

[Martin Gutzwiller ha estat guardonat amb el premi Heineman, per destacar les seues aportacions a la física matemàtica. Altres guardonats, com Gell-Mann o t'Hooft han rebut també el premi Nobel de Física, el que pot donar una idea de la qualitat dels premiats. Sembla, doncs, que el professor Gutzwiller està en posició de donar opinions valuoses sobre les relacions entre la física i la matemàtica.]

Doncs ja que hi som, amb frases cèlebres, podria comentar-ne alguna més. Per exemple, això que diu Wigner sobre "*the unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences*", o la frase ben coneguda de Galileu quan diu que el llibre de la natura és escrit en llenguatge matemàtic.

Hi estic d'acord en principi, però tinc dificultats per imaginar que la natura ha de fer els càlculs que nosaltres fem per trobar la resposta. No sé com ho fa la natura. Si nosaltres mesurem el moment magnètic



anòmal de l'electró, amb nou xifres significatives, no sé com s'ho fa la natura perquè nosaltres trobem sempre les mateixes xifres! [riu]. Bé, només hi ha dues persones al món que ho han calculat, perquè s'han de calcular centenars de diagrames, on cadascun conté integrals que donen resultats molt grans, que es compensen per trobar un resultat petit. No, realment no sé com s'ho fa la natura.

Hem parlat abans de Pauli, Dresden, Newton...Alguna persona, viva o no, l'ha influït significativament, en la seua trajectòria científica o personal?

No, realment no. Però sí que he de dir que, vist en retrospectiva, lamente no haver cultivat el tracte de certes persones amb les quals estava en contacte. Pense en Pauli, naturalment, i en Dresden. Aquest últim ha fet moltes coses interessants, fora de la recerca. Per exemple, es va dedicar molt particularment a qüestions d'educació, de formació d'ensenyants. Organitzava cursos per a professors de secundària, posant-los en contacte amb físics eminents, com ara Yang, que estava a la mateixa universitat. Tot això passava a Stony Brook, on Dresden va iniciar l'Institut de Física Teòrica. Jo vaig participar en alguns col·loquis, però no vaig mantenir el contacte. No sé per què, però jo sempre he fet el meu treball a soles, sense recórrer als altres. I en aquest sentit, he perdut oportunitats de contactar amb certes persones, no tant en els aspectes científics, sinó personals.

Ha treballat pràcticament sempre en empreses privades, com una companyia de petroli, o com IBM. Què li sembla això de separar la ciència bàsica i la ciència aplicada? Quines són les seues relacions?

Tinc la impressió que avui dia, la gent que fa una tesi doctoral creu que l'única manera de continuar fent recerca en física passa per continuar en el domini on han fet la seua tesi. Quan jo estava a la Shell, per exemple, hi havia també un físic de raigs còsmics, un físic nuclear que venia de Fermilab, un relativista de Cornell, dos físics d'estat sòlid... Tots ells havien fet una tesi i després van buscar feina a la Shell. Avui dia no es pot imaginar que doctorats en aquests temes canvien la seua recerca i treballen en geofísica. En els anys cinquanta, es pensava que la formació en física permetia abordar qualsevol problema, i es passava fàcilment de temes bàsics a temes aplicats. Per exemple, en la Shell els físics estudiaven problemes d'hidrodinàmica, que en l'actualitat es consideren una especialitat dels enginyers. Malauradament, la tendència actual és l'especialització. Jo crec que un físic hauria d'aplicar els seus coneixements a una

gran varietat de problemes, i en acabar la seua tesi hauria de buscar un camp nou, on sempre trobarà moltes coses que aprendre. No és únicament culpa dels científics, és que en les mateixes universitats es tendeix a donar una formació molt especialitzada des del principi.

De vegades es pensa que la ciència avança de manera molt lineal. Alguns, com ara Weinberg, parlen de la teoria última de la física, la teoria que ho explicaria tot. Com veu l'evolució de la física recent?

Això és d'un reduccionisme extrem amb el qual no estic d'acord. Suposem que els físics de partícules elementals acaben trobant la teoria final, la que reuneix tot el que sabem actualment sobre els constituents de la matèria. Estarien encara lluny, molt lluny, de fer la connexió entre la física de les partícules elementals i la física nuclear, per exemple. O la connexió entre la física atòmica i molecular amb les propietats de les substàncies a escala macroscòpica. Un exemple que considere molt frustrant és la mateixa existència de l'aigua. Comprenem la existència del gel, del vapor, però no la de l'aigua líquida. Per què a zero i a cent graus centígrads? No sabem calcular el que passa. L'aigua és una substància relativament simple, però molt refinada, que no comprenem completament. Els reduccionistes es fan il·lusions sobre les possibilitats d'explicar les escales superiors a partir de les inferiors.

I per acabar, què diria a un jove que volguera començar estudis de física teòrica?

Li diria que no perda el contacte amb la realitat. Per exemple, l'antiferromagnetisme ha esdevingut un tema popular de recerca, des del descobriment dels òxids de coure superconductors. Molts dels qui proposen models elaborats sobre l'antiferromagnetisme no han sentit mai parlar de l'hematita o simplement del rovell de ferro... Jo em pregunte si realment estan interessats per la física. També li diria que no es restringira a un domini massa especialitzat, tal com deia fa una estona, que busque camps on pugui aplicar els seus coneixements i aprendre més en problemes nous. Jo vaig tenir aquesta sort, però no sé si avui podrà ser així; per exemple, la informàtica atrau ben prompte els joves, i jo crec que seria convenient que primer passaren per l'estat sòlid, per tal de conèixer de prop com es fan els ordinadors. Però sóc bastant pessimista, potser per la meua edat, quant a les possibilitats que els físics joves no es queden en una especialització extrema en detriment d'una formació bàsica generalista. 