aportacions a les matemàtiques a l'Estat espanyol, i que tenen una extensa i extraordinària trajectòria en múltiples activitats relacionades amb aquesta disciplina. A més de la professora Sanz, han estat guardonats els catedràtics Antonio Campillo López (Universitat de Valladolid) i Manuel de León Rodríguez (CSIC).

- **Javier Gómez Navarro**, llicenciat en Matemàtiques i Enginyeria de Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya, i actualment professor a la Universitat de Princeton, ha estat un dels set guanyadors del premi de recerca matemàtica Vicent Caselles en la convocatòria de l'any 2017. El seus treballs de recerca se centren en l'àrea de fluids i singularitats. Per exemple, analitza la corba que separa dos fluids de diferents densitats, com les ones del mar que separen l'aire i l'aigua. Treballant, entre altres, amb el medalla Fields Charles Fefferman, Gómez Serrano va resoldre un dels problemes oberts de l'àrea en explicar matemàticament com trenquen les onades al mar. És un problema que permet aproximar-se a la solució d'un dels anomenats *problemes del mil·lenni*, la solució dels quals es premia amb un milió de dòlars. També ha estudiat la interfase entre dos fluids incompressibles en un medi porós, i ha demostrat l'existència de solucions que passen del règim estable a un règim inestable, problema obert en aquesta teoria.

- **Marcel Guàrdia**, professor del Departament de Matemàtiques de la UPC, ha guanyat una beca Starting Grant 2017 de l'Europen Research Council (ERC). Aquestes beques es van crear per estimular joves investigadors amb talent a aconseguir independència i construir les seves pròpies carreres professionals dins d'Europa. La dotació dels premis és de fins a 1,5 milions d'euros i la durada de la beca és de cinc anys. Les subvencions s'adrecen a investigadors prometedors que tenen un potencial demostrat per convertir-se en líders independents en el camp de la recerca. En aquesta convocatòria només 11 investigadors de l'Estat espanyol han aconseguit una d'aquestes beques i, entre aquestes, la del Marcel és l'única relacionada amb les matemàtiques. El projecte guardonat porta per títol «Instabilities and homoclinic phenomena in Hamiltonian Systems» i té com a objectiu «usar tècniques de sistemes dinàmics per entendre comportaments inestables en models de mecànica celeste, que modelen per exemple el sistema solar, i comportaments turbulents en equacions en derivades parcials com l'equació de Schrödinger».

- **Marianna Bosch**, professora de la Universitat Ramon Llull, serà *invited speaker* a l'International Congress of Mathematicians (ICM-2018) que se celebrarà a la ciutat de Rio de Janeiro el proper mes d'agost.

Contribucions

Yves Meyer, premi Abel 2017

Stéphane Jaffard
Université Paris-Est Créteil[1]

El 23 de maig del 2017, Yves Meyer va rebre de mans del rei de Noruega Harald V el premi Abel 2017. Aquest premi, establert el 2003, es concedeix anualment pel conjunt d'una obra, i palesa l'absència del premi Nobel de Matemàtiques. El primer guardonat fou Jean-Pierre Serre el 2003. La llista de guardonats es pot veure a `http://www.abelprize.no/`. La cerimònia d'atorgament va ser el punt culminant de tres dies d'actes de celebració a la capital noruega.

[1] Aquest article és la versió en català, a càrrec de Joaquim Bruna, de la publicació del mateix nom i autor apareguda a *La Gazette* de la Société Mathématique de France el juliol del 2017 (número 153)

Yves Meyer va néixer a París el 1939. Va passar la seva joventut a Tunis, on va estudiar al Lycée Carnot, bressol de reconeguts intel·lectuals francesos. Encara adolescent va descobrir amb delit el tractat d'A. Zygmund *Trigonometric series*. Una conferència de J. P. Kahane –gran figura de l'anàlisi harmònica a França, mort l'estiu del 2017 passat als 90 anys– que escoltà quan encara era estudiant de batxillerat afiançà la seva fascinació per l'anàlisi harmònica. Després d'estudis brillants a l'École Normale Supérieure de París, va ser professor durant tres anys al prestigiós Collège Royal Henry-Le-Grand, avui Prytanée Militaire de la Flèche, on va començar a fer recerca. En aquesta època, Jean Pierre Kahane va continuar influenciant Meyer per la seva manera de fer matemàtiques, força allunyada de l'escola Bourbakista llavors predominant; tota la vida mantindrà un estil propi, preferint la resolució de problemes específics, l'estudi d'objectes o de propietats matemàtiques remarcables, més que no pas la construcció de teories abstractes. Més endavant, Jacques Louis Lions, fundador de l'escola de matemàtica aplicada francesa, li farà veure la riquesa del vincle entre les matemàtiques i les seves aplicacions. Excepte períodes breus al CNRS, Meyer serà docent i investigador, simultàniament, tota la seva vida, primer a la Université de Strasburg, després a la Université de Paris-Sud a Orsay, a l'École Polytechnique, a la Université Paris-Dauphine i finalment a l'École Normale Supérieure de Cachan (ara ENS Paris-Saclay), on actualment és professor emèrit.

Yves Meyer amb el rei de Noruega

Yves Meyer és membre de l'Académie des Sciences, de l'American Academy of Arts and Sciences i de la US National Academy of Sciences. Ha rebut nombrosos premis i distincions, entre els quals el premi Gauss, que és la màxima distinció en matemàtica aplicada.

Yves Meyer visitant el monument a la glòria d'Abel

L'Acadèmia de Ciències i Lletres de Noruega ha justificat l'atorgament del premi Abel 2017 a Yves Meyer pel seu paper fonamental en el desenvolupament de la teoria matemàtica de les ondetes (*wavelets*). Aquesta cita no ha de ser entesa en un sentit limitat, puix que una de les característiques d'Yves Meyer és l'eclecticisme en l'elecció dels temes de recerca. De jove s'interessà per la interfície entre l'anàlisi harmònica i la teoria de nombres. A la dècada de 1960, un dels temes dominants en anàlisi harmònica era el de la síntesi espectral (on destacaren especialment altres grans noms de la matemàtica francesa, com L. Schwartz i P. Malliavin). Aquest tema de recerca, molt ric, el va portar a construir la teoria dels *ensembles modèles*, teoria que anys després trobarà un ressorgiment i desenvolupament inesperat, ja que obre el camí als quasicristalls, molt abans del treballs sobre tesel·lacions que faran famós R. Penrose. Recordem que es tracta de construir enrajolaments de l'espai o el pla per a objectes regulars, però que no siguin periòdics. Per exemple, el pla no es pot enrajolar amb pentàgons regulars, però hi ha enrajolaments no periòdics que utilitzen pentàgons i rombes. Aquests enrajolaments tenen propietats de simetria pentagonal molt interessants. Aquests treballs, de caire matemàtic, van trobar connexions i aplicacions inesperades en química, concretament en cristalografía, gràcies als treballs de D. Gratias, D. Schechtman (premi Nobel de Química) i els seus col·laboradors. Estructures cristal·lines adaptades a enrajolaments de Penrose, per tant no periòdiques, tenen espectres de difracció amb pics, de manera similar als cristalls, fet que n'explica la terminologia. Els

conjunts modèle d'Yves Meyer (avui també anomenats *cut and project sets* en terminologia anglesa) permeten construir quasicristalls. Yves Meyer va retornar al tema en una sèrie de treballs en col·laboració amb B. Matei en els quals trobaren aplicacions a una altra àrea del tractament del senyal força activa, el mostreig de senyals de banda limitada. És ben conegut després de Beurling, Landau i Shannon que aquests senyals són completament recuperables a partir de mostres sobre conjunts discrets (*sampling sets*), conjunts que es coneixen si hom té la informació completa del contingut freqüencial del senyal. Els treballs de Meyer i Matei han mostrat que els quasicristalls són conjunts de mostreig universals, en el sentit que és possible reconstruir determinats senyals sobre els quals només hom té informació parcial sobre la seva banda de freqüències; en definitiva, anant més enllà del que semblava que permetia la teoria de Shannon. Aquests desenvolupaments representen una contribució molt rellevant al paradigma del mostreig comprimit (*compressed sensing*), un camp que s'ha desenvolupat considerablement en processament del senyal des del 2005 (treballs de d'E. Candes, D. Donoho, T. Tao, etc.) i que ha permès obtenir resultats espectaculars en la reconstrucció d'imatges pertorbades o degradades. Aquesta teoria té un fort component estocàstic, tanmateix Y. Meyer, utilitzant els quasicristalls, n'ha proposat una versió determinista.

Fetes aquestes consideracions sobre les connexions actuals dels primers treballs de Meyer continuem amb la descripció de la seva obra. El 1974, Yves Meyer va visitar els Estats Units, concretament la Universitat de Washington, a Saint Louis. Allà, R. Coifman li descriu el programa de Calderón, programa científic molt extens centrat en les equacions en derivades parcials amb poca regularitat dels coeficients, del qual una eina fonamental són els operadors integrals singulars de Calderón-Zygmund. Típicament, si f és una funció definida a $\mathbb{R}^d$, l'acció de l'operador T sobre f és:

$$Tf(x) = \int_{\mathbb{R}^d} K(x,y) f(y)\, dy,$$

on el nucli K està definit fora de la diagonal $x = y$ i compleix

$$|K(x,y)| \leq \frac{C}{|x-y|^d}, |\frac{\partial K}{\partial x}| + |\frac{\partial K}{\partial y}| \leq \frac{C}{|x-y|^{d+1}}.$$

Aquests operadors tenen un paper central en molts problemes derivats de la física (electrostàtica o electromagnetisme, per exemple), en situacions on la geometria no és gaire regular. Captivat per aquest tema, Yves Meyer resoldrà la primera conjectura central de la teoria, sobre la continuïtat de la integral de Cauchy sobre corbes de Lipschitz, en col·laboració amb R. Coifman i A. MacIntosh. Yves Meyer mateix considera que aquest és el resultat més difícil que ha obtingut en la seva carrera. Aquesta fita va obrir el camí a treballs cèlebres de G. David i J.-L. Journée sobre el teorema $T(1)$ (que dona un criteri senzill de continuïtat dels operadors de Calderon-Zygmund), els de P. Auscher, P. Tchamitchian i altres sobre la conjectura de Kato i l'arrel quadrada d'operadors acretius, i d'altres posteriors connectats amb la variable complexa, com els de X. Tolsa i G. David en relació amb la capacitat analítica (conjectures de Painlevé i de Vitushkin). Bona part d'aquests grans matemàtics són antics alumnes d'Yves Meyer.

El 1984, Yves Meyer va abandonar el tema en el qual s'havia convertit en un dels mestres indiscutibles i s'embarcà en una nova aventura matemàtica: les ondetes (*wavelets*). Aquesta teoria sorgeix de la intuïció de l'enginyer J. Morlet, un geofísic que treballava per a Elf-Aquitaine. Morlet estudiava els senyals sísmics obtinguts per reflexió: s'emet una vibració cap a l'interior de la terra, que es reflecteix en les diverses capes del subsol i se n'intenta esbrinar la naturalesa a partir de l'estudi del senyal rebut. J. Morlet va proposar descompondre els senyals que estudiava en components elementals simples, tots amb la mateixa forma; en col·laboració amb el físic teòric A. Grossmann va formalitzar aquesta idea, introduint així el que avui anomenem la *transformada contínua en ondetes*, en la qual el senyal es descompon en totes les correlacions amb traslladades i dilatades d'una ondeta mare Ψ. Més precisament, si l'ondeta Ψ està ben localitzada i té integral zero, la transformada en ondetes d'una funció f a la recta es defineix per

$$C_f(a,b) = \frac{1}{a} \int_{\mathbb{R}} f(t) \Psi(\frac{t-b}{a})\, dt.$$

Si a més Ψ és parella o senar, es pot reconstruir f amb la fórmula

$$f(x) = \int_{a>0} \int_{b\in\mathbb{R}} C_f(a,b) \Psi(\frac{x-b}{a}) \frac{da\, db}{a^2}.$$

Yves Meyer va descobrir l'article de Morlet i Grossmann per casualitat, en una discussió al costat de la fotocopiadora compartida per matemàtics i físics de l'École Polytechnique. Immediatament es va adonar de la connexió d'aquesta idea amb la teoria matemàtica que havia cultivat prèviament, concretament amb la descomposició de Littlewood-Paley. A partir d'aquest moment, Meyer serà el catalitzador d'aquesta aventura que, iniciada per un grapat de científics de disciplines diverses, revolucionarà el tractament del senyal, l'estadística i influenciarà profundament l'anàlisi matemàtica moderna. En efecte, si bé les descomposicions multiescala eren ja una eina familiar per als especialistes en processament del senyal i d'imatges (es corresponen amb la idea natural d'una imatge observada simultàniament sota diverses resolucions), la formalització matemàtica que proporcionen les bases d'ondetes els dona una potència i una versatilitat incomparables. Una base d'ondetes té una estructura algorítmica particularment simple: totes les ondetes tenen la mateixa forma i s'obtenen unes de les altres per una família discreta de translacions i dilatacions. Més precisament, en una variable, una base ortonormal d'ondetes és de la forma

$$2^{\frac{j}{2}}\Psi(2^j x - k), j, k \in \mathbb{Z}.$$

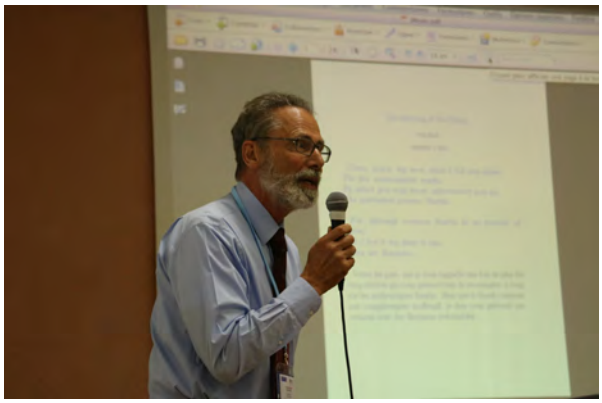
En aquell moment ja es coneixien algunes bases d'ondetes: la primera havia estat descoberta per A. Haar el 1909, i correspon a la tria

$$\Psi = 1_{[0,1/2]} - 1_{[1/2,1]}.$$

Altres exemples del tipus *splines*, és a dir, amb Ψ una funció polinomial a trossos i amb una regularitat arbitràriament gran, havien estat construits per J.O. Strömberg, però van romandre desconeguts per a gran part de la comunitat científica. El 1986, en un article en col·laboració amb P.G. Lemarié, Yves Meyer construeix les primeres bases d'ondetes a $\mathbb{R}^d$ regulars, concretament dins de la classe de Schwartz (funcions infinitament diferenciables i ràpidament decreixents). Després, amb S. Mallat, desenvolupa el concepte d'*anàlisi multiresolució*, que estableix definitivament la connexió amb els algorismes piramidals que ja s'utilitzaven en el processament del senyal i de la imatge, i que d'altra banda es pot veure com una forma de construir bases d'ondetes amb facilitat. L'aportació fonamental d'Yves Meyer serà entendre l'adequació d'aquesta nova eina a una varietat de problemes i aplicacions. Entre els col·laboradors amb més vinculació a Yves Meyer i que al seu costat portarà les ondetes a l'èxit absolut cal citar S. Mallat, que introduirà algorismes ràpids, anàlegs a la Fast Fourier Transform (FFT) en el context de les ondetes, de descomposició a diferents resolucions, i que és l'eina que permet passar d'una teoria matemàtica bonica a quelcom útil en el tractament en temps real del senyal i les imatges. I també cal citar I. Daubechies, descobridora de les ondetes regulars amb suport compacte, les que s'utilitzen habitualment en les aplicacions. L'impressionant obra de Meyer en tres volums, *Ondelettes et operateurs*, publicada el 1990, tindrà un impacte profund en la comunitat matemàtica, i molt més enllà. Molt significativament, Meyer hi estableix la relació amb els seus treballs anteriors, sobre el programa de Calderón, mostrant que les bases d'ondetes permeten obtenir descomposicions particularment simples dels operadors de Calderón-Zygmund; en un cert sentit aquests operadors quasi diagonalitzen quan s'expressen en bases d'ondetes. També prova que, a diferència del que passa amb la base de Fourier de sinus i cosinus, les bases d'ondetes s'adapten molt bé a la majoria d'espais funcionals de l'anàlisi (permeten caracteritzar-ne els coeficients) i porten en cada cas a una descomposició numèricament estable i robusta (el terme matemàtic precís és el de *base incondicional*). El cas dels espais de Besov és particularment emblemàtic: introduïts al final dels anys cinquanta com a concepte tècnic útil adaptat a qüestions d'interpolació d'operadors entre espais funcionals, la caracterització extremadament simple obtinguda per Meyer (condicions de tipus l^p sobre els coeficients en bases d'ondetes) els donarà un nou impuls i els farà una eina utilitzada sovint en anàlisi, i molt particularment en equacions en derivades parcials. Immediatament, D. Donoho s'adona del potencial immens que aquest poder caracteritzador de les ondetes té en estadística i desenvoluparà conjuntament amb els seus col·laboradors I. Johnstone, D. Picard, G. Kerkacharian, etcètera, un programa ambiciós on els espais de Besov hi tenen un paper clau.

Les ondetes són avui en dia també una eina essencial de l'anàlisi multifractal. Aquest camp

científic, fortament interdisciplinari, té l'origen en els treballs pioners de N. Kolmogorov sobre turbulència dels anys quaranta, després en els de B. Mandelbrot, J.P. Kahane, J. Peyrière i J. Barral, que introduiran i analitzaran els models probabilistes corresponents (cascades multiplicatives). U. Frisch i G. Parisi hi han aportat el marc definitiu descobrint el formalisme multifractal, que estableix una relació entre les singularitats puntuals i la regularitat global d'una funció. Molt més enllà de la motivació inicial basada en l'anàlisi de la turbulència, l'anàlisi multifractal permet descriure i classificar els senyals i les imatges que presenten propietats d'autosimilitud estadística (treballs de P. Abry, A. Arneodo, S. Jaffard, S. Seuret i els seus col·laboradors). Yves Meyer aportarà a aquest camp dues contribucions molt originals: primer, donant caracteritzacions amb ondetes dels diferents tipus de singularitats puntuals, i, segon, establint un lligam completament inesperat entre multifractalitat i les representacions disperses (*sparse* en terminologia anglesa) en bases d'ondetes (en el sentit que hi ha pocs coeficients significatius).



Yves Meyer a la jornada en honor de P. Flandrin

La descomposició en ondetes ha esdevingut una eina importantíssima, indispensable, en totes les operacions relacionades amb tractament del senyal, de la imatge, vídeo o del so: codificació, transmissió, reconstrucció d'imatges borroses o degradades, etc. Per exemple, han permès la reconstrucció d'imatges borroses emeses durant els primers anys de funcionament del telescopi espacial Huble (treballs de S. Roques i col·laboradors). L'estàndard JPEG 2000, utilitzat en compressió d'imatges, està basat en una descomposició en ondetes biortogonals deguda a A. Cohen, I. Daubechies i J.C. Faveau. Així mateix, les ondetes tenen un paper central en la resolució d'un gran nombre de problemes inversos (treballs de D. Donoho, E. Candes, J.L. Starck i col·laboradors). Molt més recentment, S. Mallat i els seus col·laboradors han introduït nous mètodes d'aprenentatge automàtic (*convolutional neural networks*) que han revolucionat el món de la intel·ligència artificial, basats en transformades iterades en ondetes del senyal (la *scattering transform*).

R. Coifman i Yves Meyer també construiran els anomenats *paquets d'ondetes*, que són una variant de les bases d'ondetes convencionals. Aquests nous sistemes no són bases en el sentit estricte: el senyal es descompon en un «diccionari», molt redundant, compost d'un conjunt de funcions; llavors hom selecciona, dins aquest diccionari, una família composta per un nombre molt petit d'elements, que permet representar el senyal amb una precisió molt alta. La recerca d'una descomposició òptima per representar un senyal o una imatge en un sistema redundant condueix a les anomenades *representacions disperses*, ja esmentades abans, on el senyal es representa mitjançant molt pocs coeficients, que avui tenen un paper important en processament de senyals i d'imatges.

Al començament de «l'aventura de les ondetes» s'havia instaurat un cert paral·lelisme entre les descomposicions en temps-escala de les ondetes i l'anàlisi en temps i freqüència, que intenta pal·liar l'absència de localització de la transformació de Fourier, introduint una finestra mòbil i fent després l'anàlisi de Fourier dins de cada finestra. El nom del físic D. Gabor (premi Nobel per la invenció de l'holografia) s'associa generalment a aquest tipus d'anàlisi. També als anys vuitanta, P. Flandrin, B. Torresani i els seus col·laboradors obtingueren una sèrie d'aplicacions espectaculars de la transformació de Gabor contínua (utilitzant totes les finestres i totes les freqüències, coneguda també per transformació de Fourier amb finestra mòbil) en tractament del so (parla i música). En aquest camp de l'anàlisi temps-freqüència, també hi va haver, com a les ondetes, una transició del continu al discret, fins a arribar a les bases de Wilson construïdes per I. Daubechies, S. Jaffard i J.L. Journée, en les quals la finestra és una de les ondetes

introduïdes per Y. Meyer i P.G. Lemarié a la seva primera construcció. L'existència d'aquestes bases havia estat conjecturada per K. Wilson en el marc de la teoria de la renormalització, per la qual va rebre el premi Nobel de Física. Aquestes bases tenen la forma algorítmica següent: a partir d'una finestra, la base ortonormal obtinguda és del tipus

$$\phi_{0,n}(t) = \phi(t-n), n \in \mathbb{Z},$$

$$\phi_{l,n}(t) = \begin{cases} \sqrt{2}\phi\left(t - \dfrac{n}{2}\right)\cos(2\pi l t), l+n \in 2\mathbb{Z}, \\ \\ \sqrt{2}\phi\left(t - \dfrac{n}{2}\right)\sin(2\pi l t), l+n \notin 2\mathbb{Z}. \end{cases}$$

L'eficàcia numèrica d'aquestes bases per a la detecció d'ones gravitacionals havia estat observada per S. Klimenko. El procediment posat a punt per Klimenko utilitza de fet un sistema redundant constituït per vuit bases de Wilson que es dedueixen unes de les altres per un factor de dilatació 2. A la figura, s'endevina el títol de la xerrada de Meyer, «The hunting of the chirp»; presciència? coincidència? El *chirp* més cèlebre de la història, l'ona gravitatòria *cw*150914, emesa per la col·lisió de dos forats negres fa 1.300 milions d'anys, seria detectada una setmana més tard, al setembre del 2015, assegurant així la primera confirmació directa de la validesa de la teoria de la relativitat general en condicions de gravitació extremes. El detector utilitzat, LIGO, incorpora el procediment de Klimenko en el algorisme numèric de tractament del senyal.

En col·laboració amb R. Coifman, Meyer donarà un nou impuls a aquests desenvolupaments millorant les bases de Malvar, un altre tipus de bases temps-freqüència, mostrant que la grandària de les finestres es pot adaptar al senyal utilitzat. Les descomposicions que s'obtenen són rellevants en l'anàlisi de la parla (treballs de V. Wickerhauser, E. Wesfreid, etcètera). També intervenen en els formats de compressió de senyals d'àudio MP3 i MPEG2AA utilitzats en els iPod i els iPhone.

A principis dels noranta, crida l'atenció d'Yves Meyer un article de G. Battle i P. Federbush, on proposen resoldre les equacions de la mecànica de fluids, les equacions de Navier-Stokes, utilitzant descomposicions en ondetes. Meyer reprendrà pel seu compte aquest programa, i el modularà. En efecte, s'adona de seguida que mètodes més antics que la descomposició en ondetes, però de la mateixa natura, basats en la descomposició de Littlewood-Paley, són més adequats per a aquest problema. Yves Meyer desenvoluparà aquest programa amb els seus alumnes M. Canone, F. Planchon i L. Brandolese. Construiran noves solucions d'aquestes equacions, anomenades *solucions mild*, un tipus de solucions introduïdes per T. Kato en els anys vuitanta. Contràriament a les solucions febles en el sentit de Leray, es pren com a punt de partida una formulació integral de les equacions de Navier-Stokes, la resolució de les quals s'obté aleshores per un mètode de punt fix. També aquí, la utilització intensiva dels espais de Besov permetrà a Yves Meyer, en col·laboració amb Marco Cannone i Fabrice Planchon, construir solucions autosimilars de les equacions de Navier-Stokes, on la velocitat $v(x,t)$ del fluid compleix

$$v(x,t) = \lambda v(\lambda x, \lambda^2 t), \forall \lambda > 0.$$

La primera prova de la unicitat de les solucions *mild*, obtinguda per P.G. Lemarié, G. Furioli i E. Terraneo, també és una conseqüència d'aquesta dinàmica.

Sota la influència de P.L. Lions, Yves Meyer s'interessa en altres problemes de l'anàlisi no lineal derivats de les equacions en derivades parcials (el lema *div-curl*, injeccions precises entre espais de Sobolev, etc.). Amb això mostra també l'adequació dels mètodes d'anàlisi harmònica (ondetes o Littlewood-Paley) a algunes qüestions d'importància crucial per a la resolució de PDE no lineals motivades per la física.

La proximitat amb J.M. Morel, primer a la Université de Paris-Dauphine i després a l'ÉNS- Cachan, permetrà a Meyer tenir intercanvis especialment fructífers amb l'escola de processament d'imatges que Morel ha fundat a França. Per exemple, Yves Meyer donarà un nou impuls als famosos models $u+v$ de Rudin-Osher-Fatemi (introduïts per separar els contorns de la textura en les imatges). Les idees que Meyer ha introduït en aquest camp han estat desenvolupades per L. Rudin, S. Osher, L. Vese, A. Chambolle, J.-F. Aujol, etc.

Yves Meyer també llançarà alguns alumnes en direccions que ell mateix no seguirà. Aquest és el cas de la seva primera alumna A. Bonami, la tesi de la qual sobre el concepte de la hiper-

contractivitat ha estat el punt de partida d'una gran quantitat de treballs, tant en l'anàlisi com en física matemàtica.

Els tres conferenciants que acompanyaren Yves Meyer (Stéphane Mallat, Ingrid Daubechies i Emmanuel Candes) durant els actes de celebració

Característiques molt importants d'Yves Meyer són la seva passió per l'ensenyament i la seva immensa generositat, compartint les seves idees i intuïcions amb tothom amb qui es relaciona. Això sens dubte explica perquè ha estat un director de tesi tan prolífic (ha tingut fins ara més de cinquanta estudiants), i tan unànimament elogiat pels seus antics alumnes. No és possible citar tots els matemàtics que, des de prop o des de lluny, han gaudit del seu contacte. En aquest sentit, cal destacar l'emergència i consolidació de l'escola d'anàlisi harmònica a Madrid i a Espanya en general, una escola que Yves Meyer sempre ha ajudat de manera entusiasta. Els matemàtics espanyols consideren Meyer un dels seus fins al punt que el diari *El Pais* va anunciar que un matemàtic espanyol havia rebut el premi Abel! Més enllà de la profunditat de les moltes idees que ha introduït, Yves Meyer també és admirat per haver estat al centre d'una xarxa de científics provinents d'un ampli ventall de disciplines. La ciència és ara cada cop menys compartimentada, i s'obtenen grans avenços posant en contacte comunitats molt diferents que reflexionen, cadascuna des del seu punt de vista, en problemes similars. El gran èxit de les ondetes, de les quals Yves Meyer n'ha estat el motor principal, n'és un excel·lent exemple. De fet, Meyer va acabar una conferència, que va pronunciar a la Universitat d'Oslo l'endemà de la cerimònia del premi Abel, afirmant que la vella jerarquia de les ciències d'Auguste Comte (amb les matemàtiques a dalt de tot) ha de ser reemplaçada per la idea d'una orquestra dins la qual les diferents disciplines toquen amb harmonia. Durant aquesta conferència, i responent a una pregunta sobre la manera com es pot afavorir la interdisciplinarietat, va indicar el que no s'ha de fer: les grans fusions en les quals somien alguns polítics francesos. En efecte, solament els departaments veïns i de mides raonables poden facilitar col·laboracions entre investigadors de disciplines diferents. La seva trajectòria també il·lustra un dels paradigmes més importants de la ciència actual: la frontera que alguns han volgut veure entre ciències bàsiques i ciències aplicades no existeix. Yves Meyer ha demostrat en moltes ocasions que idees profundes, rellevants en problemes matemàtics extremadament teòrics, poden ser la clau que obre la porta a aplicacions espectaculars (i viceversa), com ho demostra el títol provocador donat a una de les seves exposicions: «De la investigació petroliera a la geometria dels espais de Banach».

Els tres dies centrats en la cerimònia d'atorgament del premi Abel han estat per a Yves Meyer l'ocasió d'explicar la seva visió científica. Durant la seva juventut a Tunis, se li conformà un esperit nòmada, el desig d'anar de problema en problema, i d'un lloc a l'altre, sense sentir-se mai arrelat a cap lloc determinat. Li agrada atacar amb les mans nues nous problemes, sense llegir abans la literatura existent, per no acabar en carrerons sense sortida. I no ha dubtat en criticar la recerca incremental d'aquells que es passen tota la seva vida treballant en el mateix problema.

Mantenint-se sempre allunyat de les capelletes i dels grups de pressió, Yves Meyer s'ha compromès amb la divulgació de la ciència i dels valors que hi són vinculats, com l'humanisme i la tolerància. En un moment en què la societat sembla apreciar únicament els valors materials, l'exemple que Yves Meyer dona és encara més notable.

Per tenir més informació, podeu consultar una llista d'articles apareguts a *La Gazette* i disponibles al web de la SMF:

- "Yves Meyer et la théorie des nombres" par Jean-Paul Allouche (número d'abril 2011)

- "Yves Meyer et l'opérateur de Cauchy" par Hervé Pajot (número d'abril 2011)
- "Sur la route des ondelettes" par Albert Cohen (número d'octubre 2011)
- "Des ondelettes pour détecter les ondes gravitationnelles" par E. Chassande-Mottin, S. Jaffard et Y. Meyer (número d'abril 2016)

I per saber-ne encara molt més, la llista de llibres escrits per Yves Meyer:

- Nombres de Pisot, nombres de Salem et analyse harmonique, Lecture Notes 117 (1969)
- Algebraic numbers and harmonic analysis, North Holland, New York (1972)
- Trois problèmes sur les sommes trigonométriques, Astérisque no. 1, Société mathématique de France (1972)
- Au-delà des opérateurs pseudo-différentiels, avec R. R. Coifman, Astérisque 57, Société mathématique de France (1978)
- Ondelettes et opérateurs, tomes 1, 2 et 3, Hermann (1990)
- Ondelettes et algorithmes concurrents, Hermann (1992)
- Wavelet methods for pointwise regularity and local oscillations of functions, avec Stéphane Jaffard, Memoirs of the AMS (Sept. 1996), Vol.123, no. 587
- Wavelets and operators, Vol. 1 et 2, Cambridge Univ. Press (1992, 1997)
- Wavelets and fast numerical algorithms, Handbook of Numerical Analysis, Techniques of Scientific Computing, Ed. P.G.Ciarlet & J.L.Lions, (1997), pp. 639-713
- Wavelets, paraproducts and Navier-Stokes equations, in Current Developments in Mathematics 1996, MIT-press (1997)
- Wavelets, Vibrations and Scalings, CRM Monograph Series, Vol 9, AMS (1998)
- Wavelets, Tools for Science & Technology, avec Stéphane Jaffard and Robert Ryan, SIAM (2001)
- Oscillating patterns in image processing and in some nonlinear evolution equations, (Lewis Memorial Lectures) AMS (2001)
- Oscillating Patterns in some Nonlinear Evolution Equations. Mathematical Foundation of Turbulent Viscous Flows, Lecture Notes in Mathematics 1871, Springer (2006)

Nota sobre l'autor: Stéphane Jaffard és professor de Matemàtiques a la Université Paris-Est Créteil. La seva recerca tracta aspectes tan teòrics com aplicats de l'anàlisi multifractal i de la descomposició en ondetes. Va ser president de la SMF del 2007 al 2010.

Dobles titulacions

Albert Avinyó
Editor de la *SCM/Notícies*

Des de fa uns quants anys, el fenomen de les dobles titulacions s'ha anat estenent, com una taca d'oli, pel sistema universitari i, per tant, també ha arribat, amb les seves especificitats pròpies, als tres graus en Matemàtiques que s'ofereixen a Catalunya. En aquest article us volem presentar, des de perspectives diferents, les reflexions que fan els responsables d'aquests estudis.

Grau en Física i grau en Matemàtiques (UAB)
Wolfgang Pitsch

Les matemàtiques beuen de fonts diverses. D'una banda, problemes interns com ara les qüestions sobre la naturalesa i les propietats dels nombres enters i, d'altra banda, qüestions que provenen d'altres disciplines com la física,