RAPPORT A DEUX ANS
2004-2006

Analyse, modélisation et simulation de écoulements turbulents en bases d'ondelettes

Marie Farge
CNRS, section 10, ST2I et MPPU
LMD-IPSL, ENS, Paris

Résumé

Je suis directrice de recherche au CNRS, rattachée à la **section 10** du **département ST2I**. Je travaille à l'ENS-Paris, au **Laboratoire de Météorologie Dynamique** (LMD-UMR8539), qui est rattaché au **département MPPU** et fait partie de l'IPSL. Ma spécialité est l'étude de la **turbulence** par expérimentation numérique et analyse statistique. J'ai introduit l'utilisation des **ondelettes** pour analyser, modéliser et calculer l'évolution des écoulements turbulents. J'ai en particulier proposé la méthode **CVS (Coherent Vortex Simulation)** que je généralise actuellement au cas des écoulements turbulents en présence de parois.

Ce programme de recherche se décompose en sept étapes :

- analyse en ondelettes des écoulements turbulents,
- extraction des tourbillons cohérents,
- compression des champs et des opérateurs,
- intégration des équations de Navier-Stokes en base d'ondelettes adaptative,
- modélisation de la turbulence,
- traitement des parois et des obstacles,
- validation de la méthode CVS.

Je le développe dans le cadre de l'**équipe 'Ondelettes et Turbulence'** que j'anime au LMD-ENS. Je bénéficie également de nombreuses collaborations au niveau national (ESPCI-Paris, MSNM-Marseille, IRPHE-Marseille, ECL-Lyon), au niveau européen (UE-IHP, CNRS-DFG, CEA-Euratom) et au niveau international (Etats-Unis, Canada, Japon, Brésil, Singapour).

Mes thèmes de recherche actuels sont:

- mécanique des fluides numériques et méthode CVS (Coherent Vortex Simulation),
- dynamique non linéaire des écoulements turbulents dans les fluides et les plasmas,
- écoulements géophysiques, stratifiés et en rotation, en présence de parois ou d'obstacles,
- transport et mélange de scalaires, passifs ou réactifs, et de particules par la turbulence,
- analyse statistique, traitement du signal, compression et débruitage en ondelettes.

Pour plus de renseignements et pour télécharger les articles :

//www.lmd.jussieu.fr (équipe 'Ondelettes')
//wavelets.ens.fr

Curriculum vitae

Née le 12 Mars 1953 à Paris

1971	Prix de l'ESRO (European Space Research Organization)
1973-1975	Département de Physique des Plasmas et de la Fusion Contrôlée, CEA, Fontenay-aux-Roses *Stagiaire CEA de longue durée*
1975-1977	Master of Science, Université de Stanford (Etats-Unis) *Boursière du Ministère des Affaires Etrangères,* *Assistante d'enseignement et de recherche, Stanford*
1977-1980	Doctorat de Troisième Cycle en Physique, Département de Physique de l'Energie, Université Paris VII *Boursière DGRST*
1980-1981	Postdoc, Université d'Harvard (Etats-Unis) *Boursière Fulbright*
1982-…	Laboratoire de Météorologie Dynamique, Ecole Normale Supérieure, Paris *Chargée de Recherche 2ème classe CNRS*
1985	Prix du Ministère des Affaires Etrangères du Japon
1987	Doctorat d'Etat en Mathématiques, Département de Mécanique, Université Paris VI

Chargée de Recherche 1ère classe CNRS

1988	Prix Seymour Cray de Simulation Numérique
1989	'Grand Prix du CNRS', concours 'La Recherche en action', organisé à l'occasion du cinquantenaire du CNRS
1990	Chercheur invité au CTR (Center of Turbulence Research), NASA-Ames (Etats-Unis)
1990	Prix, 'Eigth Annual Fluid Mechanics Contest', APS (American Physical Society)
1991-1992	Cours d'Infographie, Université Technologique de Compiègne à Sévenans
1991-1994	Consultante auprès de la société 'Science et Tec'
1993	Prix 'Poncelet', Académie des Sciences
1994-1995	Professeur de Mathématiques, Chaire Sofia-Kovaleskaia, Université de Kaiserslautern (Allemagne) *Directrice de Recherche 2ième classe CNRS*
1997-2005	Cours de traitement de signal en Fourier et ondelettes, CNRS-Formation-Entreprises
1998-2005	Cours de turbulence, ENSTA (Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Avancées)
2000	Chercheur invité au CTR (Center of Turbulence Research), NASA-Ames (Etats-Unis)
2001-2005	Cours de simulation numérique, ESM2 (Ecole Supérieure de Mécanique de Marseille)
2004	Cours de mathématiques appliquées sur les transformées en ondelettes, Université de Californie, Santa Barbara (Etats-Unis)
2005	Election à l'Academia Europaea, 'Physics and Engineering'
2005-2006	Visiting Fellow, Trinity College, Cambridge University
2006	Cours de mécanique des fluides numériques, Master M1 'Mécanique, Physique et Modélisation', Université de Provence, Marseille

Rapport d'activité

J'étudie la turbulence dans les fluides et les plasmas par expérimentation numérique et par l'analyse de signaux et de champs turbulents observés en laboratoire. J'ai proposé dès 1984 d'utiliser la représentation en ondelettes pour l'étude des phénomènes nonlinéaires intermittents, parmi lesquels la turbulence, ceci grâce à la bonne localisation à la fois en espace et en échelles des ondelettes. Mon but est de mieux comprendre grâce à cette représentation la physique de la turbulence mais également de développer des méthodes numériques plus efficaces pour calculer et prévoir l'évolution des écoulements turbulents, en particulier ceux rencontrés en géophysique et en physique des plasmas.

Depuis 1995 je collabore avec deux de mes anciens étudiants, Kai Schneider, professeur à l'Université de Provence et membre du Laboratoire de Modélisation et de Simulation Numérique en Mécanique de Marseille, et Nicholas Kevlahan, professeur au Département de Mathématiques et Statistiques de l'Université McMaster au Canada. Nous avons introduit une nouvelle méthode de calcul des écoulements turbulents, applée CVS (Coherent Vortex Simulation), basée sur la compression du champ de vorticité en base d'ondelettes orthogonales et la génération d'un maillage adaptatif qui ne retient que les degrés de liberté responsables de la dynamique non linéaire et élimine tous ceux ayant atteint un état d'équilibre statistique d'entropie maximale. L'originalité de cette méthode est de combiner une représentation Eulérienne des champs avec une stratégie d'adaptation de la base de calcul de type Lagrangien.

Notre programme de recherche se décompose en sept étapes qui sont nécessaires pour aboutir à la mise au point de la méthode CVS, dont l'objectif à long terme est de remplacer la méthode LES (Large Eddy Simulation) courramment utiliséee aujourd'hui pour calculer les écoulements turbulents, à savoir :

1. analyse en ondelettes de signaux et d'écoulements turbulents,
2. extraction en ondelettes des structures cohérentes,
3. compression des champs et des opérateurs en base d'ondelettes,
4. intégration des équations de Navier-Stokes en base d'ondelettes adaptative,
5. modélisation de la turbulence et test de la CVS,
6. traitement des parois et des obstacles grâce à la pénalisation en volume,
7. comparaison entre les méthodes CVS, LES et les méthodes Lagrangiennes.

Nous avons quasiment achevé ce programme pour les écoulements bidimensionnels incompressibles et avons abordé l'étude des écoulements bidimensionnels compressibles et tridimensionnels incompressibles. L'article que nous avons publié dans *Phys. Rev. Lett. (95, 244502)* en Décembre 2005 sur la simulation numérique d'un écoulement bidimensionnel dans une cavité circulaire calculé à l'aide de la méthode de pénalisation en volume a été sélectionné par la revue *Physics World* qui lui a consacré un article intitulé *'Turbulence keeps within the boundaries'* dans son numéro de Janvier 2006.

Je suis membre du comité d'édition de trois revues internationales :
- *Journal of Applied and Computational Harmonic Analysis*, Elsevier, depuis 1993
- *Journal of Fourier Analysis and Applications*, Birkhaüser, depuis 1994,

- *SIAM Journal of Multiscale Modeling and Simulation*, SIAM, depuis 2004.
J'ai été responsable avec Kai Schneider de l'édition d'un numéro spécial du *Journal of Turbulence* (Taylor and Francis) en mémoire de Joël Ferziger qui est paru en 2006 dans le volume *7 (42)*.

En 2005 la Commission de Terminologie de la Délégation Générale à la Langue Française m'a demandé de rédiger les définitions des mots *'ondelettes'* et *'transformée en ondelettes'* pour le *Dictionnaire de l'Académie Française*.

En 2005 j'ai été élue (sans avoir candidaté) membre de l'*Academia Europaea* dans la section *'Physics and Engineering'*. En 2005 et 2006 j'ai été élue *'Visiting Fellow'* de Trinity College à l'Université de Cambridge (Royaume-Uni) et viens d'être réélue pour l'année 2008. J'ai également été nommée *'Olga Taubsky-Wolfgang Pauli Fellow'* par le Département de Mathématiques de l'Université de Vienne (Autriche) pour l'année 2006, où j'ai organisé une conférence internationale sur *'Navier-Stokes Equations and Turbulence*'.

Publications

10 articles dans des revues à comité de lecture :

Gaele Perret, Alexandre Stegner, Thomas Dubos, Jean-Marc Chomaz and Marie Farge, 2006
Stability of parallel wake flows in quasi-geostrophic and frontal regimes
Phys. Fluids, in press

Marie Farge, Kai Schneider and Pascal Devynck, 2006
Extraction of coherent bursts in turbulent edge plasma using orthogonal wavelets
Phys. Plasmas, 13 (2), 042304

Marie Farge et Kai Schneider, 2006
Foreword to the special issue on 'Large Eddy Simulation, Coherent Vortex Simulation and Vortex Methods', dedicated to the memory of Joel Ferziger
J. of Turbulence, 7 (42), 1

Gaele Perret, Alexandre Stegner, Marie Farge and Thierry Pichon, 2006
Cyclone and anticyclone asymmetry of large scale wakes in laboratory
*Phys. Fluids, **18**, 036603*

Kai Schneider, Marie Farge, Alexandre Azzalini and Jörg Ziuber, 2006
Coherent vortex extraction and simulation of 2D isotropic turbulence
J. of Turbulence, 7 (44), 1-24

Olivier Roussel, Kai Schneider and Marie Farge, 2005
Comparison of orthogonal and biorthogonal wavelets for coherent structures extraction
J. of Turbulence, 6 (11), 1-15

Kai Schneider, Marie Farge, Giulio Pellegrino and Michael Rogers, 2005
CVS filtering of 3D turbulent mixing layers using orthogonal wavelets
*J. Fluid Mech., **534**(5), 39-60*

Alexandre Azzalini, Marie Farge and Kai Schneider, 2005
Nonlinear wavelet thresholding : A recursive method to determine the optimal denoising threshold
*Appl. Comput. Harmonic Analysis, **18** (2), 177-185*

Kai Schneider and Marie Farge, 2005
Decaying two-dimensional turbulent flow in a circular container
*Phys. Rev. Lett., **95**, 244502*

Kai Schneider and Marie Farge, 2005
Numerical simulation of the transient flow behaviour in tube bundles using a volume penalisation method
*J. Fluids and Structures, **20**(4), 555-566*

22 articles dans des comptes-rendus de conférences à comité de lecture :

Tania Weller, Kai Schneider, Martin Oberlack and Marie Farge, 2006
Studying streamwise rotation variations of a turbulent channel flow using DNS and CVE
Turbulence and Shear Flow Phenomena V, in press

Lucas Liechtenstein, Fabien Godeferd, Claude Cambon, Marie Farge and Kai Schneider, 2006
Coherent vortex extraction in rotating and stratified turbulence
International Conference on Turbulence and Interactions, Porquerolles (France), May 29th-June 2nd 2006

Katsunori Yoshimatsu, Naoya Okamoto, Kai Schneider, Marie Farge and Yukio Kaneda, 2006
Contribution of coherent and incoherent vorticity fields to high Reynolds number homogeneous isotropic turbulence
11th European Turbulence Conference, in press

Jori Ruppert-Felsot, Marie Farge and Philippe Petitjeans, 2006
Wavelet analysis of vortex breakdown
IUTAM Symposium on Computational Physics and New Perspectives in Turbulence, Springer 2006, in press

Kai Schneider and Marie Farge, 2006
On decaying two-dimensional turbulence in bounded domains

IUTAM Symposium on Computational Physics and New Perspectives in Turbulence, Springer 2006, in press

Katsunori Yoshimatsu, Naoya Okamoto, Kai Schneider, Marie Farge
and Yukio Kaneda, 2006
Wavelet-based extraction of coherent vortices from high Reynolds number homogeneous isotropic turbulence
15-2*IUTAM Symposium on Computational Physics and New Perspectives in Turbulence, Springer 2006, in press*

Marie Farge, 2006
Numerical experimentation : a third way to study Nature,
'Frontiers of Computational Science', eds. Y. Kaneda, M Sasai and H. Kawamura, Springer, 15-28

Kai Schneider and Marie Farge, 2006
On decaying Two-dimensional Turbulence in a Circular Container,
'Frontiers of Computational Science', eds. Y. Kaneda, M Sasai and H. Kawamura, Springer, 89-95

Tania Weller, Kai Schneider, Martin Oberlack and Marie Farge, 2006
DNS and Wavelet Analysis of a Turbulent Channel Flow Rotating
about the Streamwise Direction
Turbulence, Heat and Mass Transfer V, eds. K. Hanjalic, Y. Nagano and S. Jakirlic, in press

Erwan Deriaz, Magarete Domingues, Marie Farge, Valérie Perrier
and Kai Schneider, 2006
Divergence-free wavelets for coherent vortex extraction in 3D homogeneous isotropic turbulence
ESAIM Proc., CEMRACS 2005, EDP Sciences, in press

Ingmar Broemstrup, Margarete Domingues, Marie Farge,
Benjamin Kadoch, Kai Schneider, 2006
Coherent vortex extraction in 3D homogeneous isotropic turbulence using orthogonal wavelets
ESAIM Proc., CEMRACS 2005, EDP Sciences, in press

Salimou Gassama, Eric Sonnendrücker, Kai Schneider, Marie Farge
and Margarete Domingues, 2006
Wavelet denoising of a 2D particle-in-cell code
ESAIM Proc., CEMRACS 2005, EDP Sciences, in press

Kai Schneider and Marie Farge, 2005
Coherent vortex simulation (CVS) of a flow past a NACA 23012
airfoil at Reynolds 1000
Turbulence and Shear Flow Phenomena IV, eds. J.A.C. Humphreys et al., 2, 515-518

Marie Farge, Kai Schneider and Pascal Devynck, 2005

Extraction of coherent bursts from turbulent edge plasma in magnetic fusion devices from orthogonal wavelets
11th European Fusion Theory Conference, Aix, 26-28 September 2005

Kai Schneider and Marie Farge, 2005
Numerical simulation of dipole-wall interactions using an adpative wavelet discretization with volume penalization
ENUMATH 2005, eds. A. Bermudez et al., 191

Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Wavelet analysis of unstrantaneous turbulent flows
International Symposium on Analysis of Instantaneous Turbulent Flows, Kyoto (Japan)

Jori Ruppert-Felsot, Michele Caldoro, Marie Farge, Kai Schneider and Harry Swinney, 2004
Coherent structures in rotating turbulent flows : laboratory and numerical experiment
IUTAM Conference on Elementary Vortices and Coherent Structures, Kyoto (Japan), 26th-28th October 2004

Carsten Beta, Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Mixing in 2D isotropic turbulence: a numerical study using orthogonal wavelet filtering
*Advances in Turbulence, **10**, 271-274*

Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Numerical simulation of the transient flow behaviour in tube bundles using a volume penalisation method
*Conference on Flow Induced Vibration, Ecole Polytechnique, eds. E. de Langre and F. Axisa, Ecole Polytechnique, **2**, 39-44*

Marie Farge, Alexandre Azzalini, Michele Caldoro and Kai Schneider, 2004
Rotating shallow water flow in a cylindrical container: direct numerical simulation and extraction of coherent vortices
*Advances in Turbulence, **10**, 826*

Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Coherent Vortex Simulation (CVS) of dipole-wall interaction using volume penalisation
*Advances in Turbulence, **10**, 621-624*

Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Direct numerical simulation of a 2D decaying turbulence in a circular domain
*Advances in Turbulence, **10**, 83*

5 articles dans des ouvrages collectifs :

Marie Farge, 2006
Hermann von Helmholtz (1821-1894)
Multimedia Fluid Mechanics, ed. G. Homsy, Cambridge University Press, in press

Jacques Lewalle, Marie Farge and Kai Schneider, 2006
Wavelets transforms
Handbook of Fluid Mechanics, eds. C. Tropea et al., Springer, in press

Marie Farge and Kai Schneider, 2006
Wavelets: application to turbulence
Encyclopedia of Mathematical Physics, eds. J.P. Françoise, G. Naber and T. S. Tsun, 408-419, Elsevier

Kai Schneider and Marie Farge, 2006
Wavelets: theory
Encyclopedia of Mathematical Physics, eds. J.P. Françoise, G. Naber and T. S. Tsun, 426-437, Elsevier

Kai Schneider, Marie Farge and Nicholas Kevlahan, 2004
Spatial intermitency in turbulence: a wavelet approach
Perspectives in Mathematics and Physics, ***34****, ed. N. Tongring and R.C. Penner, World Scientific, 302-328*

11 articles dans des revues sans comité de lecture:

Kai Schneider and Marie Farge, 2006
On the long time behaviour of decaying two--dimensional turbulence in bounded domains
Bull. Amer. Phys. Soc., ***51****, in press*

Jori Ruppert-Felsot, Marie Farge and Philippe Petitjeans, 2006
Study of vortex breakdown using orthogonal wavelets
Bull. Amer. Phys. Soc., ***51****, in press*

Lukas Liechtenstein, Kai Schneider, Fabien Godeferd, Marie Farge
and Claude Cambon, 2006
Quantifying anisotropy in stratified and rotating turbulence using orthogonal wavelets
Bull. Amer. Phys. Soc., ***51****, in press*

Marie Farge, Kai Schneider, Katsunori Yoshimatsu, Naoya Okamoto
and Yukio Kaneda, 2005
Extraction of coherent vortices from high resolution DNS of homogeneous isotropic turbulence
Bull. Amer. Phys. Soc., ***50*** *(9), 112-113*

Ingmar Broemstrup, Marie Farge, Kai Schneider and William Dorland, 2005
Wavelet analysis of gyrokinetic turbulence
Bull. Amer. Phys. Soc., ***50*** *(8), 93*

Marie Farge, Kai Schneider and Pascal Devynck, 2005
Extraction of coherent bursts from turbulent edge plasma in Tokamak Tore—Supra using orthogonal wavelets
Bull. Amer. Phys. Soc., ***50*** *(8), 319*

Kai Schneider and Marie Farge, 2005
Decaying two--dimensional turbulence in a circular container
Bull. Amer. Phys. Soc., ***50*** *(9), 253*

Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Numerical study of transient flows in tube arrays :
influence of the tube geometry
Bull. Amer. Phys. Soc., ***49*** *(9), 147*

Alexandre Azzalini, Marie Farge and Kai Schneider, 2004
A recursive algorithm for nonlinear wavelet thresholding :
applications to signal and image processing
Institut Pierre-Simon Laplace, note NAI, ***43****, March 2004*

Marie Farge, Olivier Roussel and Kai Schneider, 2004
Coherent vortex extraction in homogeneous isotropic turbulence using wavelets :
orthogonal versus biorthogonal decompositions
Bull. Amer. Phys. Soc., ***49*** *(9), 48*

Kai Schneider and Marie Farge, 2004
Coherent Vortex Simulation (CVS) of vortex-dipoles
impinging on a no-slip wall
Bull. Amer. Phys. Soc., ***49*** *(9), 31*

Séjours dans des laboratoires à l'étranger

Angleterre :

- Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics (DAMTP), Cambridge University, en tant que *'Visiting Fellow'* de Trinity College, Janvier-Février-Mars 2006
- Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics (DAMTP), Cambridge University, en tant que *'Visiting Fellow'* de Trinity College, Janvier-Février-Mars 2005

Autriche :

Department of Mathematics, Vienna University, en tant que *'Olga Taussky-Pauli Fellow'*, Avril 2006

Canada :

Department of Mathematics and Statistics, McMaster University, Hamilton (Canada), sur invitation de la *'Canadian Applied and Industrial Mathematical Society'*, Juin 2006

Japon :

- Department of Computational Sciences and Engineering, Nagoya University,

dans le cadre du programme *'Frontiers of Computational Sciences'*, Septembre 2006
- Department of Computational Sciences and Engineering, Nagoya University,
dans le cadre du programme *'Frontiers of Computational Sciences'*, Décembre 2005
- Department of Computational Sciences and Engineering, Nagoya University,
dans le cadre du programme de l'IPSL *'Earth Simulator'*Octobre 2004, Octobre 2004

Etats-Unis :

- National Center for Atmospheric Sciences (NCAR), Boulder (USA),
dans le cadre du *'Geophysics Turbulence Program (GTP)'*, Juillet 2006
- National Center for Atmospheric Sciences (NCAR), Boulder (USA),
dans le cadre du *'Geophysics Turbulence Program (GTP)'*, Juillet 2005
- California Institute of Technology (CALTECH), dans le cadre du programme sur les ondelettes organisé par l'Institute for Pure and Applied mathematics (IPAM), Novembre 2004
- Department of Mechanical Engineering and Environmental Sciences, University of California, Santa Barbara, Janvier et Février 2004, pour y donner un cours sur *'Wavelet transforms and their applications to turbulence'*

Brésil :

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, pour y donner un cours sur *'Coherent Vortex Simulation (CVS) of turbulent flows'* dans le cadre de la 4^{ième} Ecole de Printemps sur la Transition et la Turbulence, Septembre 2004

Singapour :

Institute of Mathematical Sciences (IMS), National University of Singapore, Singapour, dans le cadre du programme sur *'Wavelet Theory and Applications : New Directions and Challenges'*, Août 2004

Conférences invitées dans des congrès et des écoles d'été

20 conférences comme conférencière invitée :

-Workshop International ERCOFTAC sur *'3D Structures and Lagrangian Aspects in Turbulence for Fluids and Plasmas'*, CIRM, Marseille, 13 Novembre 2006
- Workshop sur *'Navier-Stokes Data Analysis'*, University of Warwick, Coventry (Royaume-Uni), 30 Octobre 2006
- *IUTAM Symposium on Computational Physics and New perspectives in Turbulence*, University of Nagoya (Japon), 11-14 Septembre 2006
- Ecole d'Ete Eurotherm sur *'Mixing and Heat transfer in Chemical Reaction Processes'*, Institut de Physique de Cargèse, 31 Juillet-5 Août 2006
- *'17th Canadian Symposium on Fluid Dynamics'*, Canadian Applied and Industrial Mathematical Society Annual Conference, Toronto (Canada), 17-19 Juin 2006
- Conférence sur *'Navier-Stokes Equations and Turbulence'*, Wolfgang Pauli Institute, Mathematics Department, Universität Wien (Autriche), 10-14 Avril 2006

- Conférence sur *'The Concept of Randomness'*, Ecole Normale Supérieure, Paris, 29 Mars 2006
- *'Fête des Maths'*, Lycée International, Ferney-Voltaire, 23 Mars 2006
- *'Computational Fluid Dynamics'*, Japanese Applied Mathematical Society, Tokyo (Japon), 20 Décembre 2005
- *'Frontiers of Computational Sciences'*, Nagoya University (Japon), 14-15 Décembre 2005
- *'Journées Multi-échelles'*, Ecole Généraliste des Ingénieurs de Marseille, 20-21 Octobre 2005
- Conférence Annuelle de l'Academia Europaea, Université de Potsdam (Allemagne), 22-24 Septembre 2005
- International Summer School on *'Computational aeroacoustics and CFD in turbulent flows'*, Centre d'Eté Mathématique de Recherche Avancée en Calcul Scientifique (CEMRACS), Centre International de rencontres Mathématiques (CIRM), Marseille, 10-26 Août 2005
- International Conference on *'Multiscale interactions in turbulent flows'*, Center for Nonlinear Studies (CNLS), Los Alamos National Laboratory, Santa Fa (USA), 18-21 Juillet 2005
- International Workshop on *'Coherent structures in atmosphere and oceans'*, National Center for Atmospheric Sciences (NCAR), Boulder (USA), 11-14 Juillet 2005
- IV Escola de Primavera de *'Transiçao e Turbulência'*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brésil), 27 Septembre-1 Octobre 2004
- International Workshop on *'Data Representation using Wavelets'*, Centre for Wavelets, Approximation and Information processing (CWAIP), Singapour, 16-20 Août 2004
- International Conference on *'Wavelet theory and Applications : New Directions and Challenges'*, Institute for mathematical Sciences (IMS), Singapour, 10-14 Août 2004
- International Summer School on *'Wavelets and Multifractal Analysis'*, Institut d'Etudes Scientifiques de Cargèse, 19 au 31 Juillet 2004
- International Summer School on *'Vortices: a Unifying Concept in Physics'*, Institut d'Etudes Scientifiques de Cargèse, 4 au 16 Juillet 2004

16 conférences :

- Annual Meeting of the American Physical Society (APS), Fluid Dynamics Division, Tampa (USA), 19-21 Novembre 2006
- Réunion conjointe du *'GDR Turbulence'* et du *'GDR Dynamo'*, Nice, 6-7 Novembre 2006
- *European-American Transport Task Force (TTF)*, Marseille, 4-7 Septembre 2006
- International Workshop on *'Modeling MHD Turbulence : Application to Planetary and Stellar Dynamos'*, Geophysical Turbulence Program (GTP), National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder (USA), 27-30 Juin 2006
- Summer School on *'Magnetic Self-organization in Laboratory and Astrophysical Plasmas'*, Aspen Institute of Theoretical Physics (USA), 20 Juin-25 Juin 2006
- Ecole de Printemps sur *'Phenomenology and Modeling Issues in Turbulence'*, Institut de Physique de Cargèse, 18-22 Avril 2006
- *'Journées de Physique Statistique'*, ESPCI, Paris, 26-27 Janvier 2006
- Annual Meeting of the American Physical Society (APS), Fluid Dynamics Division, Chicago (USA), 20-22 Novembre 2005
- Annual Meeting of the American Physical Society (APS), Plasma Physics Division,

Denver (USA), 24-28 Octobre 2005
- *'Journées de Physique Statistique'*, ESPCI, Paris, 27-28 Janvier 2005
- Annual Meeting of the American Physical Society (APS), Fluid Dynamics Division, Seattle (USA), 21-23 Novembre 2004
- ISAITF International Workshop on *'Analysis of Instantaneous Turbulent Flows'*, Kyoto, 30 Octobre 2004
- IUTAM International Symposium on *'Elementary Vortices and Coherent Structures: Significance in Turbulence Dynamics*', Kyoto, 25-29 Octobre 2004
- International Conference on *'Flow Induced Vibrations'*, Ecole Polytechnique, Palaiseau, 5-9 Juillet 2004
- 10th Euromech Turbulence Conference (ETC10), Trondheim (Norvège), 29 Juin-2 Juillet 2004
- International Workshop on 'Multiscale Processes in Fusion Plasmas', Institute for Pure and Applied Mathematics (IPAM), Los Angeles, 10-14 Janvier 2004

12 séminaires :

- National Institute for Fusion Sciences, Toki (Japon), 21 Septembre 2006
- Département de Mécanique, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), 24 Mars 2006
- Engineering Department, Cambridge University (Royaume-Uni), 16 Février 2006
- Physics Department, Todai University, Tokyo (Japon), 20 Décembre 2005
- Mathematics Department, University of Illinois at Chicago (USA), 18 Novembre 2005
- School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta (USA), 31 Octobre 2005
- *'Pensée des Sciences'*, Séminaire de Philosophie des Sciences de l'Ecole Normale Supérieure, Paris, 11 Mai 2005
- Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics (DAMTP), Cambridge University (Royaume-Uni), 11 Février 2005
- Département de Physique des Plasmas et de la Fusion Contrôlée, CEA-Cadarache, 2 Décembre 2004
- Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, Seattle (USA), 19 Novembre 2004
- Department of Atmospheric Sciences, UCLA, Los Angeles (USA), 17 Novembre 2004
- Graduate Aeronautical Laboratories (GALCIT), California Institute of Technology (CALTECH), Pasadena (USA), 16 Novembre 2004

Encadrement de la recherche

Collaborateurs :

-Prof. Kai Schneider,
Professeur de Mathématiques Appliquées et de Mécanique, Université de Provence, Marseille, détaché auprès du CNRS-ST2I de Septembre 2004 à Août 2006

-Prof.Yoshi Kimura,
Professeur de Mathématiques Appliquées, Université de Nagoya (Japon),
invité à l'ENS, Septembre 2005

- Prof. Katsunori Yoshimatsu,
Professeur de 'Computational Sciences', Nagoya University (Japon),
invité à l'ENS, Octobre 2005

-Prof. Peter Galison,
Professeur de Physique et d'Histoire des Sciences, Harvard University (USA),
invité à l'ENS, Septembre-Décembre 2005

-Prof. Bartek Protas,
Professeur de Mathématiques Appliquées, Mc Master University (Canada),
invité à l'ENS, Mai-Juin 2004

-Prof. Horia Hangan,
Professeur de Mécanique, University of Western Ontario (Canada),
invité à l'ENS et ESPCI, Mars-Avril 2004

Thésards :

-Gaele Perret,
UER de Mécanique, Université Paris VI,
thèse codirigée avec Alexandre Stegner et soutenue le 1er Décembre 2005,
'Comparaison entre expériences numériques et expériences de laboratoire
pour l'étude des écoulements barotropes en présence d'obstacles et de rotation'

-Alexandre Azzalini,
UER de Mécanique, Université Paris VI,
Thèse codirigé avec Kai Schneider et soutenue le 17 Décembre 2004,
'Etude des écoulements barotropes en rotation en présence ou non d'obstacles :
simulations spectrales et analyses en ondelettes'

-Giulio Pellegrino,
UER de Mécanique, Université d'Aix-Marseille II,
thèse codirigée avec Kai Schneider et soutenue le 15 Octobre 2004,
a obtenu le Prix de la meilleure thèse de l'Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II)
qui lui a été remis le 24 Novembre 2005,
'Méthodes en ondelettes pour l'extraction des tourbillons cohérents
des écoulements turbulents incompressibles et leur simulation en base adaptative'

Post-doctorants :

-Jori Ruppert-Felsot,
financé par le Ministère de la Recherche,
Janvier à Décembre 2006

-Margarete Domingues,

financée par le programme européen TMR 'Breaking Complexity',
Juillet à Décembre 2005

-Olivier Roussel,
financé par le GDR Franco-allemand de Mécanique des Fluides Numériques,
Septembre à Décembre 2004

Tutorat :

- Olivier Pannekoucke dans le cadre de son travail de thèse qu'il effectue au Centre National de Recherches Météorologiques à Toulouse sur *'Modélisation des structures locales de covariance des erreurs de prévision à l'aide des ondelettes'*

- Randy Laine, ENS-Paris, Mathématiques

- Claire Menesguen, ENS-Paris, *Magistère 'Sciences de la Terre'*

- Aline Govin, ENS-Paris, *Magistère 'Sciences de la Terre'*

Enseignement

2006 : 20h de cours
2005 : 40h de cours et 20h de T.D.
2004 : 120h de cours + 20h de T.D.

16h de cours
'Méthodes Numériques pour les écoulements et les transferts'
Master M1 'Mécanique, Physique et Modélisation', Université de Provence, Marseille,
Avril à Juin 2006
niveau 2nd cycle

4h de cours
'Extraction of coherent structures in turbulent flows using wavelets'
Ecole d'Ete Eurotherm sur *'Mixing and Heat transfer in Chemical Reaction Processes'*, Centre de Physique de Cargèse- Ecole de Cargèse, 31 Juillet-5 Août 2006
niveau 3 ^{ème} cycle

20h de cours et 20h de TD
'Transformée de Fourier, transformées en ondelettes et en paquets d'ondelettes :
applications au traitement de signal et au traitement d'image'
CNRS-Formation, Gif-sur-Yvette, Septembre 2005
Formation permanente destinée aux chercheurs de l'industrie et des laboratoires CNRS,

niveau 3 ème cycle

20h de cours
'Mécanique des fluides numérique'
Université de Provence, Marseille, Avril à Juin 2005
niveau 2nd cycle

20h de cours et 20h de TD
'Transformée de Fourier, transformées en ondelettes et en paquets d'ondelettes : applications au traitement de signal et au traitement d'image'
CNRS-Formation, Gif-sur-Yvette, Septembre 2004
Formation permanente destinée aux chercheurs de l'industrie et des laboratoires CNRS,
niveau 3 ème cycle

24h de cours
'Expérimentation numérique pour l'étude de la turbulence'
ENSTA, module de Dynamique des Fluides Numériques, Paris, Octobre à Décembre 2004,
niveau 3ème cycle

4h de cours
Ecole Internationale de Printemps sur 'Transition et Turbulence', Université Fédérale du Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brésil), Octobre 2004
niveau 3ième cycle

4h de cours
Ecole Internationale d'Eté sur *'Vortices: a Unifying Concept in Physics'*, Cargèse, Juillet 2004
niveau 3ème cycle

28h de cours
'Mécanique des fluides numérique'
EGIM, Marseille, Mars à Mai 2004
niveau 2nd cycle

40h de cours
'Wavelet transforms and their applications to turbulence'
Department of Mechanical Engineering and Environmental Sciences, University of California, Santa Barbara, 4 Janvier- 21 Février 2004
niveau 3ème cycle

Valorisation de la recherche

Depuis 2001 je travaille pour le CEA-Cadarache dans le cadre d'un **contrat CEA-EURATOM-ENS** sur *'Analyse en ondelettes des signaux du Tokamak Tore Supra et extraction des structures cohérentes pour le transport turbulent dans les plasmas'*. Cette collaboration se poursuit et elle a

donné lieu a plusieurs communications dans des conférences internationales et un article dans le *'Journal of Plasma Physics'*. J'ai obtenu en 2005 un **contrat ANR blanc** intitulé *'Méthodes multi-échelles pour l'analyse et la simulation numérique en turbulence fluide et plasma'* pour développer de nouvelles directions de recherche avec le CEA-Cadarache, ceci en collaboration avec les laboratoires MSNM (UMR6181) et PIIM (UMR6633) de Marseille.

Depuis 1997 je transmets mes idées à des chercheurs de l'industrie dans le cadre de cours de formation permanente organisés chaque année par **CNRS-Formation-Entreprises** intitulés *'Transformée de Fourier, transformées en ondelettes et en paquets d'ondelettes : applications au traitement de signal et au traitement d'image'*. Ceux-ci sont suivis par des chercheurs travaillant dans des laboratoires CNRS ou universitaires, mais surtout dans des entreprises industrielles, publiques ou privées, entre autres : *Solvay* (Belgique), *Centre National de Recherche sur le Papier* (Norvège), *Bosch Systèmes de Freinage*, *Institut Pasteur*, *Institut Curie*, *Dassault-Aviation*, *L'Oréal*, *Institut National de l'Audiovisuel*, *INRA*, *ONERA*, *CEA-Euratom*, *CNES*, *Thalès*, *Météo-France, CEA-DAM*, *Centre de Recherche des Ponts et Chaussée*, *CEMAGREF*, *Centre Technique de la Gendarmerie*, *IRD*, *Centre de Recherche de la Police Technique et Scientifique*. De tels cours contribuent à la diffusion auprès de l'industrie des méthodes que j'ai développées avec mes étudiants et collaborateurs, probablement de façon aussi efficace que le dépôt de brevet, tout en rapportant de l'argent au CNRS, ce qui est rarement le cas avec les brevets.

De mon expérience de la communauté développant la théorie et les applications des ondelettes, à laquelle j'appartiens depuis ses débuts en 1984, j'ai observé que le dépôt de brevets par plusieurs de mes collègues a été contre-productif pour la créativité du groupe car il empêche la libre circulation des idées. En effet, le dépôt de brevet requière la confidentialité jusqu'à l'entréee en application du brevet et retarde la publication des articles correspondant, ce qui restreint les échanges et nuit à la confiance mutuelle entre les chercheurs d'un même domaine. J'ai par contre recours au dépôt de **logiciels 'Open Source'**, car il permet de protéger les codes que nous développons et de les diffuser en toute sécurité. J'ai ainsi mis à la disposition de tout un chacun, sur notre site Web: //wavelets.ens.fr dans la rubrique 'Softwares/Codes', deux des codes que nous avons développés :
- le **code SVE (Saint-Venant Equations)** qui intègre les équations de Saint-Venant dans des domaines de formes quelconques, en présence ou non de rotation, à l'aide d'une méthode pseudo-spectral associée à une pénalisation en volume,
- le **code CVE (Coherent Vortex Extraction)** qui utilise la représentation en ondelettes orthogonales pour extraire les structures cohérentes dans des champs scalaires de dimension quelconque.
Nous y ajouteron prochainement une bibliothèque de programmes d'analyse et de filtrage en ondelettes permettant de traiter différents signaux 1D ou champs 2D et 3D, scalaires ou vectoriels.

Diffusion et animation de la recherche

Au niveau national :

-Organisation du Colloquium de l'ENS sur *'La réforme de la recherche'* avec Roger Fauroux, Jean-Jacques Salomon et Yves Farge, Paris, 27 Mai 2004
-Membre du groupe de travail de l'IPSL sur *'Statistiques et Climat'* depuis sa création en 1999

-Membre du GDR *'Turbulence'* depuis sa création en 1999

Au niveau national à destination du grand public :

-Deux conférences sur '*A quoi servent les mathématiciennes et les mathématiciens?*' dans le cadre de la journée '*Fête des Maths 2006*' , Lycée International de Ferney-Voltaire, 23 Mars 2006
-Deux conférences sur '*A quoi servent les maths?*' dans le cadre de la journée '*Fête des Maths 2004*' , Lycee International de Ferney-Voltaire, 11 Mars 2004

Au niveau international :

-Membre du comité de rédaction des journaux:
Applied and Computational Harmonic Analysis publié par Elsevier,
Journal of Fourier Analysis and Application publié par Birkhäuser
SIAM Journal of Multiscale Modeling and Simulation publié par SIAM (Society of Industrial and Applied Mathematics)
-Organisation du Colloque International Euromech n°454 sur *'LES, CVS and Vortex Methods to Study Turbulence*', Centre International de Rencontres Mathématiques, Marseille, 14-16 Avril 2004, en collaboration avec Kai Schneider, Marseille
- Organisation du workshop international sur *'The Concept of Randomness'* à l'Ecole Normale Supérieure, 29 mars 2006, dont la video des conférences est téléchargeable à partir du site de 'Diffusion des Savoirs de l'ENS', http://www.ens.fr,
- Organisation de la conférence internationale sur *'Navier-Stokes Equations and Turbulence'*, du 10 au 14 Avril 2006, Wolfgang Pauli Institute, Université de Vienne (Autriche)
-Membre du programme européen CEE-TMR sur *'Wavelets and Multiscale Methods in Numerical Analysis and Simulation*', depuis sa création en 1998, auquel participent les universités Paris VI, Grenoble, Marseille, Pavie et Turin (Italie), Aachen (Allemagne) et Valencia (Espagne)
-Membre du GDR Franco-allemand *'Computational Fluid Mechanics'* depuis sa création en 1996, auquel participent plus de 30 laboratoires ou universités françaises et allemandes et co-finacé par la DFG allemande et le CNRS-SPI

Au niveau international à destination du grand public :

-Préparation de films et d'articles pour un CD sur la turbulence dans le cadre du projet 'Multimedia Fluid Mechanics' cofinancé par CUP (Cambridge University Press) et la NSF (National Science Foundation),
-Préparation d'une série de posters pour l'Année Mondiale de la Physique *'World Physical Year 2005'* à la demande de l'APS (American Physical Society).

Organisation de la recherche

Membre du Conseil Laboratoire du LMD, élue de 1999 à 2000, puis nommée de 2000 à 2005
Membre nommé du *'Fluid Dynamics Committee'* de l'APS (American Physical Society), 2003-05

Contrats dont je suis responsable :

2001-2006

Contrat CEA-Euratom-ENS sur *'Analyse en ondelettes des signaux du Tokamak Tore Supra et extraction des structures cohérentes pour le transport turbulent dans les plasmas chauds*' en collaboration avec le Département de Physique des Plasmas et de la Fusion Contrôlée du CEA-Cadarache

2002-2006

Contrat franco-allemand CNRS-DFG sur *'Numerical Simulation of Turbulent Flows in Complex Geometries using the CVS approach based on orthonormal wavelet decomposition*', avec l'Institut de Génie Chimique de l'Université de Karlsruhe (Allemagne) et le Laboratoire de Modélisation et de Simulation Numérique en Mécanique de Marseille

Contrats auxquels je participe :

2005-2008

Contrat ANR-blanche sur *'Méthodes multi-échelles pour l'analyse et la simulation numérique en turbulence fluide et plasma'*, en collaboration avec le CEA-Cadarache et les laboratoires MSNM (UMR6181) et PIIM (UMR6633) à Marseille

2002-2006

Contrat CEE-IHP sur *'Wavelets and Multiscale Methods in Numerical Analysis and Simulation*', en collaboration avec les universités Paris VI, Grenoble, Marseille, Pavie et Turin (Italie), Aachen (Allemagne) et Valencia (Espagne)

2002-2004

Contrat PATOM (Programme national ATmosphere et Ocean a Multi-echelles) sur '*Modulation hydrodynamique des vagues de courte longueur d'onde à la surface des oceans*' en collaboration avec Guillemette Caulliez de l'IRPHE-IOA, Marseille

2003-2005

Contrat PATOM (Programme national ATmosphere et Ocean a Multi-echelles) sur '*Turbulence proche de la surface*' en collaboration avec Philippe Drobinski, Service d'Aéronomie

---

Place au sein du LMD et de l'IPSL

Je suis rattachée à la section 10 du département ST2I et je travaille au Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) qui est une unité du département SDU sont le personnel est réparti sur trois sites: Ecole Polytechnique, Université Paris VI et Ecole Normale Supérieure. Je travaille à l'Ecole Normale Supértieure au sein du département Terre-Atmosphère-Océan (TAO). Le LMD est lui-même rattaché à l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), qui regroupe les laboratoires de l'Ile-de-France étudiant la climatologie et les problèmes d'environnement. J'anime au sein du LMD-ENS-IPSL une équipe **'Ondelettes et Turbulence'**. J'ai ainsi au cours des 10 dernières années réuni et formé une quinzaine de chercheurs, ayant entre 20 et 40 ans, qui développent les

idées que j'ai proposées pour étudier la turbulence à l'aide des ondelettes. Nous fonctionnons en réseau entre Paris (LMD), la région PACA (CEA-Cadarache et les laboratoires MSNM, IRPHE et PIIM à Marseille), l'Allemagne (Technische Universität Karlsruhe, Technische Universität Berlin et Technische Universität Darmstadt), le Royaume-Uni (Cambridge University and Warwick University), le Japon (Nagoya University and Tokyo Institute of Technology), les Etats-Unis (University of Maryland, National Center for Atmospheric Research à Boulder, University of San Diego and University of California at Santa Barbara), le Canada (Mc Master University) et le Brésil (Université Férédale de l'état du Rio Grande do Sul à Porto Alegre, Université Fédérale de l'état de San Paolo à Campinas et l'Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais à San Jose dos Campos). Nous sommes en contact permanent par internet et par téléphone, nous nous rencontrons plusieurs fois par an, nous échangeons des étudiants, organisons des colloques et publions ensemble. Je participe au groupe de travail de l'IPSL sur 'Climat et Statistiques' , ceci depuis sa création en 1999 par Alain Chédin, chercheur au LMD-Polytechnique. De 1999 à 2005, j'ai été membre du Conseil de Laboratoire du LMD.

Moyens de recherche

L'équipe 'Ondelettes et Turbulence' est financée grâce à un contrat ANR-blanche sur '*Méthodes multi-échelles pour l'analyse et la simulation numérique en turbulence fluide et plasma*' en collaboration avec le CEA-Cadarache et deux laboratoires de Marseille (MSNM et PIIM), un contrat CEA-EURATOM sur '*Analyse en ondelettes des signaux du Tokamak Tore Supra et extraction des structures cohérentes pour le transport turbulent dans les plasmas chauds*' en collaboration avec le Département de Physique des Plasmas et de la Fusion Contrôlée du CEA-Cadarache et un contrat franco-allemand CNRS-DFG sur '*Numerical Simulation of Turbulent Flows in Complex Geometries using the CVS approach based on orthonormal wavelet decomposition*' avec l'Institut de Génie Chimique de l'Université de Karlsruhe (Allemagne) et le Laboratoire de Modélisation et de Simulation Numérique en Mécanique de Marseille.

Comme beaucoup de chercheurs je travaille depuis de nombreuses années à la limite de mes possibilités en temps car je n'ai personne à qui déléguer le travail d'organisation et de gestion administrative, ce qui est épuisant, nuit à ma santé et à la qualité de mon travail. Au LMD-ENS nous n'avons qu'une secrétaire pour plus de 30 chercheurs, et pas de gestionnaire ni de comptable sur place, car nous dépendons du point de vue administratif de l'Ecole Polytechnique et de la Délégation Régionale de Meudon. Or, il me semble urgent que le CNRS soutienne mieux ses directeurs de recherche en mettant à leur disposition plus d'ITA dans les laboratoires. La recherche exige de la concentration et du temps passé à réfléchir, à lire des articles, à trouver et développer de nouvelles idées, à les discuter entre collègues et à les transmettre aux étudiants. Notre travail consiste aussi à rédiger des articles, à référer ceux de nos collègues, à donner des séminaires, des conférences et à en organiser. Malheureusement au quotidien nous sommes submergés de courriers électroniques, de notes de services, de formulaires à remplir électroniquement (en particulier les rapports CRAC dont le site Web n'est vraiment pas 'user friendly'). Notre temps est accaparé par des rapports à rédiger (que personne ne lira sinon en diagonale), des demandes de financement, des lettres de recommandation, le plus souvent avec des dates limites impératives (je pense encore au CRAC), ce qui nous oblige à différer nos tâches plus directement en rapport avec la recherche, en

particulier la rédaction de nos articles. En bref, les taches administratives demandées aujourd'hui à un chercheur concourrent essentiellement à le détourner de son activité de recherche.

Le CNRS n'est pas entiérement responsable de cet état de fait car c'est l'évolution actuelle du métier de chercheur, qui provient de la complexité de l'organisation de la recherche et de l'accélération de la compétition au niveau international. J'espère cependant que la direction du CNRS a conscience de cette situation sur le terrain et réalise qu'il devient urgent d'apporter aux chercheurs l'aide de secrétaires et d'agents administratifs au sein des laboratoires. Si le CNRS n'apporte pas un tel soutien à ses directeurs de recherche, autant changer leur titre, car, non seulement ils ne dirigent personne, mais ils n'arrivent même pas se diriger eux-mêmes vu la multiplicité des tâches qu'ils rencontrent au quotidien. Je constate que je passe souvent plus de temps à faire du travail de secrétariat que du travail de recherche et propose donc de remplacer mon titre de 'Directeur de Recherche' par celui de 'Secrétaire de Recherche'. Cependant ceci ne me semble pas la meilleure façon d'utiliser l'argent du contribuable pour faire avancer la science étant donné que le salaire d'un directeur de recherche est nettement plus élevé que celui d'une secrétaire.

Si vous souhaitez plus de renseignements, veuillez consulter :

http ://wavelets.ens.fr
http ://www.lmd.jussieu.fr
(équipe 'Ondelettes')

ou contactez Marie Farge :

01-44-32-22-35
01-44-32-22-21

farge@lmd.ens.fr