

**Compte-rendu
annuel
d'activité du
chercheur :**

**1^{er} Septembre 2004
au 31 Août 2005**

Nom : FARGE **Prénom :** Marie
Date de naissance : 12 Mars 1953 **Grade :** DR2
Téléphone : 01-44-32-22-35 **Télécopie :** 01-43-36_83-92
Département : SPI **Section :** 10

Unité de recherche : UMR8539
Laboratoire de Météorologie Dynamique
24, rue Lhomond. 75231. Paris Cedex 5

Nom du directeur : Hervé Le Treut
Délégation : Ile-de-France-Ouest, Meudon

Habilitation à diriger des recherches : Doctorat d'état, 1987

1) THEMES DE RECHERCHE DEVELOPPES

- Mécanique des fluides numérique, méthode de Simulation des Vortex Cohérents (CVS),
- Turbulence et dynamique non linéaire des écoulements fluides ou plasmas chauds (de type tokamaks),
- Ecoulements géophysiques, stratifiés et en rotation, en présence ou non de parois ou d'obstacles,
- Transport et mélange de scalaires passifs ou réactifs et de particules par les écoulements turbulents,
- Analyse statistique, traitement du signal, compression et débruitage en ondelettes.

2) POINTS FORTS DE VOS ACTIVITES DE RECHERCHE

Mon programme de recherche se décompose en sept étapes nécessaires pour développer la méthode CVS (Coherent Vortex Simulation) que j'ai proposée en 1999, dont l'objectif à long terme est de remplacer la méthode LES (Large Eddy Simulation) couramment utilisée pour calculer les écoulements turbulents:

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

Pour développer ce programme je collabore depuis 1995 avec deux anciens étudiants, Kai Schneider, qui est aujourd'hui professeur à l'Université de Provence et membre du Laboratoire de Modélisation et de Simulation Numérique en Mécanique de Marseille, et Nicholas Kevlahan, qui est professeur au Département de Mathématiques et Statistiques de l'Université McMaster au Canada. Nous avons presque achevé ce programme pour les écoulements bidimensionnels incompressibles et avons déjà abordé les trois premiers points pour les écoulements bidimensionnels compressibles et tridimensionnels incompressibles.

Depuis 10 ans j'ai constitué et j'anime une équipe internationale sur le thème 'Ondelettes et Turbulence', dont l'activité est diffusée sur les sites <http://wavelets.ens.fr>.

3) PUBLICATIONS DANS LES REVUES AVEC COMITE DE LECTURE ET OUVRAGES EDITES DANS L'ANNEE (nombre, titres et références les plus significatifs, parus ou à paraître)

6 articles dans des revues à comité de lecture :

Marie Farge, Kai Schneider and Pascal Devynck, 2005

Extraction of coherent bursts in turbulent edge plasma using orthogonal wavelets
Physics of Plasmas, in press

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, Marie Farge, Alexandre Azzalini and Jörg Zuber, 2005

Coherent vortex extraction and simulation of 2D isotropic turbulence
J. of Turbulence, in press

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

7 articles dans des proceedings de conférence à comité de lecture :

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

1 article dans un ouvrage collectif :

Kai Schneider, Marie Farge and Nicholas Kevlahan, 2004

Spatial intermittency in turbulence: a wavelet approach

Perspectives in Mathematics and Physics, **34**, ed. N. Tongring and R.C. Penner, World Scientific, 302-328

4) PARTICIPATION A DES COLLOQUES. Précisez si vous êtes intervenu en qualité de conférencier invité, l'intitulé du ou des colloques et s'ils ont donné lieu à des actes.

8 conférences invitées :

International Summer School on '*Vortices: a Unifying Concept in Physics*', Institut d'Etudes Scientifiques de Cargèse, 4 au 16 Juillet 2004

International Summer School on '*Wavelets and Multifractal Analysis*', Institut d'Etudes Scientifiques de Cargèse, 19 au 31 Juillet 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

IV Escola de Primavera de '*Transição e Turbulência*', Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brésil), 27 Septembre-1 Octobre 2004

International Workshop on '*Coherent structures in atmosphere and oceans*', National Center for Atmospheric Sciences (NCAR), Boulder (USA), 11-14 Juillet 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 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

8 conférences :

10th Euromech Turbulence Conference (ETC10), Trondheim (Norvège), 29 Juin-2 Juillet 2004

International Conference on '*Flow Induced Vibrations*', Ecole Polytechnique, Palaiseau, 5-9 Juillet 2004

Annual Meeting of the American Physical Society (APS), Fluid Dynamics Division, Seattle (USA), 21-23 Novembre 2006,

International Workshop on '*Multiscale Processes in Fusion Plasmas*', Institute for Pure and Applied Mathematics (IPAM), Los Angeles, 10-14 Janvier 2005

IUTAM International Symposium on '*Elementary Vortices and Coherent Structures: Significance in Turbulence Dynamics*', Kyoto, 25-29 Octobre 2004

ISAITF International Workshop on '*Analysis of Instantaneous Turbulent Flows*', Kyoto, 30 Octobre 2004

'*Journées de Physique Statistique*', ESPCI, Paris, 27-28 Janvier 2005

International Workshop on '*Multiscale Processes in Fusion Plasmas*', Institute for Pure and Applied Mathematics (IPAM), Los Angeles, 10-14 Janvier 2005

6 séminaires :

Graduate Aeronautical Laboratories (GALCIT), California Institute of Technology (CALTECH), Pasadena (USA), 16 Novembre 2004

Department of Atmospheric Sciences, UCLA, Los Angeles (USA), 17 Novembre 2004

Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, Seattle (USA),
19 Novembre 2004

Département de Physique des Plasmas et de la Fusion Contrôlée, CEA-Cadarache,
2 Décembre 2004

Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics (DAMTP), Cambridge University
(Royaume-Uni), 11 Février 2005

'Pensée des Sciences', Séminaire de Philosophie des Sciences de l'Ecole Normale Supérieure,
Paris, 11 Mai 2005

5) SEJOURS DANS DES LABORATOIRES A L'ETRANGER OU MISSIONS SUR LE TERRAIN EFFECTUES DANS L'ANNEE (durée, dans quel cadre, programme...).

Angleterre :

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

Etats-Unis :

- California Institute of Technology (CALTECH), dans le cadre du programme sur les ondelettes organisé par David Donoho et Emmanuel Candès, Novembre 2004
- National Center for Atmospheric Sciences (NCAR), Boulder (USA), dans le cadre du 'Geophysics Turbulence Program (GTP)', Juillet 2005

Japon :

- Department of Computational Sciences and Engineering, Nagoya University, dans le cadre du programme de l'IPSL 'Earth Simulator' Octobre 2004, Octobre 2004,

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^{ème} 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,

6) FORMATION(S) SUIVIE(S) AU COURS DE L'ANNEE (intitulé, durée ...)

Deux école d'été à Cargèse, où j'ai donné deux cours, la première école d'été était sur les tourbillons du 4 au 16 Juillet 2004, et la seconde était sur les ondelettes, du 19 au 30 Juillet 2004.

7) FORMATION(S) SOUHAITEE(S) POUR L'ANNEE A VENIR. Indiquez le domaine (scientifique, valorisation, management, communication)

8) ENCADREMENT D'AUTRES CHERCHEURS DANS L'ANNEE. Indiquez le nombre de directions, le niveau de travail dirigé, le pourcentage de participation à cet encadrement et s'il y a eu sanction par un diplôme (dans l'affirmative le préciser).

Professeurs invités :

-Prof. Bartek Protas,
*Professeur de Mathématiques Appliquées, Mc Master University (Canada),
Professeur invité CNRS-SPI, Septembre-Décembre 2003 et Mai-Juin 2004*

-Prof. Horia Hangan,
*Professeur de Mécanique, University of Western Ontario(Canada),
Professeur invité ENS et ESPCI, Juillet-Novembre 2003 et Mars-Avril 2004*

- Prof. Say Song Goh,
*Professeur de Mathématiques', National University of Singapore (NUS), et directeur du 'Centre for Wavelets, Approximation and Information processing' (CWAIP)
Juin 2005*

Thésards :

-Gaele Perret,
*UER de Mécanique, Université Paris VI,
codirigée avec Alexandre Stegner, 2002-2005
'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,
codirigé avec Kai Schneider, 1999-2004
'Etude des écoulements barotropes en rotation en présence ou non d'obstacles :
simulations spectrales et analyses en ondelettes'
soutenue le 17 Décembre 2004*

-Giulio Pellegrino,
*UER de Mécanique, Université d'Aix-Marseille II,
codirigée avec Kai Schneider, 1999-2004
'Méthodes en ondelettes pour l'extraction des tourbillons cohérents
des écoulements turbulents incompressibles et leur simulation en base adaptative'
soutenue le 15 Octobre 2004*

Post-doctorants :

-Olivier Roussel,
*financé par le GDR Franco-allemand de Mécanique des Fluides Numériques, 2004
'Comparaison entre ondelettes orthogonales et biorthogonales pour l'extraction des tourbillons cohérents
dans les écoulements turbulents tridimensionnels'*

Tutorat :

- Randy Laine, ENS-Paris, Physique, 2^{ème} année

9) ENSEIGNEMENTS DISPENSES : établissement, discipline, Niveau (1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} cycle à l'exception d'encadrement de thèses), nature (CM, TD, TP) et volume (nombre annuel d'heures effectuées)

Cours :

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

4h de cours

Ecole Internationale de Printemps sur 'Transition et Turbulence', Université Fédérale du Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brésil), Octobre 2004

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 3^{ème} cycle

2h de cours

Ecole Internationale d'Été sur '*Vortices: a Unifying Concept in Physics*', Cargèse, Juillet 2004

niveau 3^{ème} cycle

28h de cours

'Mécanique des fluides numérique'

EGIM, Marseille, Mars à Mai 2004

niveau 2nd cycle

10) VALORISATION. Indiquez votre participation à des actes de valorisation. Précisez notamment s'il s'agit de dépôt de brevet ou de dossier technique dont vous êtes inventeur ou co-inventeur, de licence d'exploitation, de contrat de collaboration de recherche ou d'activité de consultant.

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 à plusieurs communications dans des conférences internationales sur la fusion contrôlée. De plus nous sommes en train de rédiger un article que nous allons soumettre au '*Journal of plasma Physics*'.

Les cours que je donne tous les ans depuis 1997 dans le cadre de la Formation Permanente du CNRS sur '*Transformée de Fourier, transformées en ondelettes et en paquets d'ondelettes : applications au traitement de signal et au traitement d'image*' 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, CEA-DAM, Centre de Recherche des Ponts et Chaussée, Centre Technique de la Gendarmerie, 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.

De mon expérience de la communauté développant la théorie et les applications des ondelettes, communauté 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 notre créativité scientifique. En effet, les échanges deviennent alors confidentiels (au moins pendant un certain temps) ce qui nuit à la confiance mutuelle entre, alors que celle-ci doit rester la base de notre collaboration. Je suis résolument pour le dépôt de logiciels 'Open Source' et contre le dépôt des brevets. De plus les dépôts de brevet retardent la publication des articles et ne servent à rien étant donné que le CNRS n'est pas vraiment en mesure de les défendre. Par contre je suis pour les dépôts de logiciels 'Open Source', qui permettent de protéger les codes et de les diffuser en toute confiance. Faute de pouvoir disposer d'un ingénieur informaticien, ce que je demande depuis plusieurs années, je n'ai malheureusement pas encore pu le faire.

11) DIFFUSION DE L'INFORMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE. Précisez les modalités de votre intervention : publication d'articles dans des revues spécialisées ou de vulgarisation, participation à des expositions en qualité d'animateur ou à des journées "portes ouvertes", organisation de colloques, co-production de films ou contribution à l'alimentation d'une banque de données...

Au niveau national (auprès des chercheurs) :

- 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 (auprès du grand public) :

Deux conférences sur 'A quoi servent les mathématiciennes et les mathématiciens?' dans le cadre de la journée 'Fête des Maths 2002: Ain Terre Maths', Lycee International de Ferney-Voltaire, 11 Mars 2004

Au niveau international (auprès des chercheurs) :

- 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,
- Membre du programme européen CEE-TMR sur 'Wavelets in Numerical Simulation' depuis sa création en 1998,
- Membre du GDR Franco-allemand 'Computational Fluid Mechanics' depuis sa création en 1996,
- Membre du comité de rédaction des journaux:
Applied and Computational Harmonic Analysis publié par Academic Press,
Journal of Fourier Analysis and Application publié par Birkhäuser

Au niveau international (auprès 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).

12) ADMINISTRATION DE LA RECHERCHE. Indiquez, si vous avez rempli des fonctions d'administration de la recherche, la nature de ces fonctions ainsi que le cadre dans lequel elles se sont exercées.

Membre élu puis nommé du Conseil Laboratoire du LMD depuis 1999

Membre nommé du '*Fluid Dynamics Committee*' de l'APS (American Physical Society)

Contrats dont j'assure la gestion :

2001-2004

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

2002-2004

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 :

2002-2006

Contrat CEE-IHP sur '*Breaking Complexity*', 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 océans*' en collaboration avec Guillemette Caulliez de l'IRPHE-IOA, Marseille

2003-2004

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

13) DEMANDES PARTICULIERES ET MOBILITE. Veuillez indiquer si vous avez effectué une mobilité dans les 12 derniers mois. Précisez également si vous souhaitez une mise à disposition ou un détachement auprès d'un organisme extérieur au CNRS ; une prolongation de mise à disposition ou de détachement ; un changement de section ; un changement d'affectation ; un rattachement à une commission interdisciplinaire.

Avis du directeur de l'unité de recherche:

Fait à Le

Signature du Chercheur

Fait à Le

Signature du Directeur