

Physique des plasmas

9^e Festival de Théorie à Aix-en-Provence

La neuvième édition du « Festival de Théorie » de physique des plasmas s'est tenue du 26 juin au 20 juillet 2017. Tous les deux ans depuis 2001, l'Institut de recherche sur la fusion par confinement magnétique (IRFM) du CEA/Cadarache [1] organise cette manifestation scientifique internationale à Aix-en-Provence – un clin d'oeil aux nombreux festivals qui rythment la saison estivale dans la région – avec le concours d'Aix-Marseille Université.

Initié par Jean Jacquinet [2], le Festival de Théorie soutient et favorise l'émergence de travaux interdisciplinaires sur des sujets actuels en physique des plasmas magnétisés. Pat Diamond (University of California, San Diego, USA) et Xavier Garbet (IRFM, CEA, France) en président le comité scientifique.

Le Festival réunit plus d'une centaine de chercheurs internationaux – dont environ la moitié sont des doctorants et post-doctorants – à égale proportion entre physiciens des plasmas de fusion par confinement magnétique et chercheurs en astrophysique (solaire et dynamo) et en dynamique des fluides (dont la géophysique). Son ambition est triple : (i) présenter les dernières avancées et idées neuves sur la thématique retenue, (ii) travailler en groupe sur des collaborations naissantes ou existantes, et (iii) former les jeunes chercheurs.

Le thème de cette année, "Avalanching and self-organisation in plasmas: 30 years of BTW", célèbre les trente ans de l'article séminal de Bak-Tang-Wiesenfeld [3] introduisant le concept d'auto-organisation critique au travers d'un modèle de type « tas de sable » (qui évolue d'un état critique à un autre, au fur et à mesure qu'on lui ajoute des grains). Cinq ans plus tard, Hwa et Kardar [4] présentaient de façon exhaustive les propriétés de tels systèmes. Ces travaux, cités près de 8000 fois depuis, se sont révélés extrêmement fructueux et utiles, en particulier pour comprendre et modéliser la dynamique du transport

turbulent de chaleur par avalanches dans les plasmas chauds magnétisés, ou pour prédire les grosses éruptions solaires.

Le thème de chaque édition [5] donne une coloration à la rencontre. S'y poursuivent également des collaborations au long cours et l'étude de problématiques génériques, comme en particulier l'interaction entre écoulements à grande échelle et micro-turbulence. Le processus par lequel les fluctuations à petite échelle génèrent de tels écoulements, qui concourent par ailleurs à leur saturation, est typique de l'auto-organisation de la turbulence dans les plasmas de tokamaks. Cette turbulence contrôle le confinement de l'énergie et, *in fine*, les performances de la fusion. L'interaction entre bandes zonales et turbulence dans l'atmosphère de la planète Jupiter procède d'une physique analogue, de même que la génération du champ magnétique à grande échelle dans le Soleil par effet dynamo. L'étude des relaxations rapides – telles les pertes brutales de confinement dans les tokamaks ou les éruptions solaires – et de leur dynamique est aussi un thème récurrent.

Sa longue durée, la large place accordée aux discussions et échanges, et son ambiance à la fois studieuse et décontractée, singularisent le Festival dans le paysage des colloques internationaux. La filiation revendiquée est plus à rechercher dans les programmes éducatifs du type de ceux de l'Institut Kavli de physique théorique (KITP) [6] ou de l'Institut océanique de

Woods Hole (WHOI) [7]. La participation est sans frais, sur invitation du comité scientifique. Le budget, bien que précaire, permet néanmoins d'inviter les meilleurs scientifiques mondiaux et d'aider financièrement les jeunes chercheurs. Dans ce contexte de ressources budgétaires limitées, le soutien de la division Plasmas de la Société Française de Physique est extrêmement précieux. Une quinzaine de chercheurs forment un noyau de participants réguliers. Depuis 2001, plusieurs scientifiques de renom, tels (par ordre alphabétique) Gregory Falkovich, Stephan Fauve, Uriel Frisch, Nigel Goldenfeld, Michael McIntyre, Keith Moffatt, Yves Pomeau, Roald Sagdeev ou encore Zhen-Su She, ont donné l'un des deux séminaires phares du Festival, dédiés à la mémoire de Marshall Rosenbluth et de René Pellat, deux scientifiques majeurs qui ont fortement contribué aux avancées en physique des plasmas.

La formation des jeunes chercheurs est une des vocations premières du Festival. Elle a gagné en puissance au cours des années, de par le nombre de jeunes chercheurs présents et le volume d'heures enseignées. Des cours quotidiens leur sont dispensés pour clarifier les concepts fondamentaux discutés pendant les exposés. Certains forment l'ossature des deux premiers volumes de la série "Reviews of the Theory of Magnetized Plasmas" (www.worldscientific.com/series/rtmp). L'édition 2017 a en outre ouvert un nouveau chapitre dans cette volonté de formation. Le Festival s'est déroulé sur quatre semaines et non trois comme par le passé. Les deux premières avaient le format habituel pour le Festival, les deux dernières étaient dédiées à des projets de



© C. Roux, CEA.

1. Photo de groupe lors du "Symposium day", le dernier jour du Festival de Théorie 2017.

recherche. Chacun des dix-neuf jeunes chercheurs sélectionnés a travaillé sur l'un des projets proposés par les théoriciens seniors. "Detuned resonance dynamics of drift/Rossby wave turbulence", "Nonlinear kinetic dynamics of interacting vortices in phase-space" ou "Extended predator-prey model with mesoscale phase curvature" sont quelques-uns des sujets abordés. Les résultats préliminaires ont été présentés le dernier jour de la conférence. Certaines collaborations nées de ces projets devraient se pérenniser et déboucher sur l'écriture d'articles.

Lors du Festival 2017, un jury composé de membres du Comité scientifique du Festival a remis pour la première fois un

prix à la mémoire de René Pellat, créé spécifiquement pour cette manifestation, et dont l'objectif est de récompenser un jeune scientifique pour sa contribution lors des derniers festivals de théorie. La première lauréate de ce prix est Mlle Haihong Che (fig. 2), chercheuse chinoise actuellement en poste au département d'astronomie de l'université du Maryland (USA), récompensée pour ses travaux théoriques et de simulation numérique sur les interactions fondamentales dans les plasmas, et en particulier sur l'origine de la turbulence dans le vent solaire.

Yanick Sarazin (yanick.sarazin@cea.fr)
IRFM, CEA Cadarache, 13115 Saint-Paul-lez-Durance



2. Haihong Che.

La liste des participants, le programme et les titres des dix-neuf projets de recherche du Festival 2017 sont sur le site www.festival-theorie.org/

Références

- 1• Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Direction de la recherche fondamentale
- 2• Ancien directeur du JET (Joint European Torus) puis de Tore Supra (CEA Cadarache), actuellement conseiller scientifique auprès du directeur général d'ITER.
- 3• P. Bak, C. Tang et K. Wiesenfeld, *Phys. Rev. Lett.* **59** (1987) 381. Pour le grand public, voir le livre stimulant de P. Bak, *Quand la nature s'organise : avalanches, tremblements de terre et autres cataclysmes*, Flammarion (1999).
- 4• T. Hwa et M. Kardar, *Phys. Rev. A* **45** (1992) 7002.
- 5• Thématiques précédentes : "Self-Organization and Transport in Electromagnetic Turbulence" (2001), "Relaxation Processes in Magnetized Plasmas" (2003), "Turbulence Overshoot and Resonant Structures in Fusion and Astrophysical Plasmas" (2005), "Bifurcations, Fronts and Boundary Layers in Magnetized Plasmas" (2007), "Rotation and Momentum Transport in Magnetized Plasmas" (2009), "General Principles for Relaxation and Self-Organization" (2011), "Reduced Models of Complex Plasma Dynamics" (2013), et "Pathway to Relaxation" (2015).
- 6• Kavli Institute for Theoretical Physics : www.kitp.ucsb.edu/
- 7• Woods Hole Oceanographic Institution : www.whoi.edu/