



INTERNSHIP 2021

Interaction entre turbulence et écoulements à grande échelle dans les plasmas de tokamak.

Interaction between turbulence and flows in magnetized plasmas

Name of supervisors: Pascale HENNEQUIN (LPP) Yanick SARAZIN, Xavier GARBET (IRFM)	E-mail:	pascale.hennequin@lpp.polytechnique.fr ; yanick.sarazin@cea.fr
	Web page:	
	Phone:	+33 1 6933 5950 / +33 4 4225 4803
	Secretary:	+33 4 4225 4555
Laboratory:	Ecole Polytechnique, LPP, Palaiseau and/or CEA-IRFM, Cadarache	

Skills / competencies of the candidate: Experiments and theory

Expected Master: M2 in physics, plasmas

The supervisors also propose PhD theses

Yes → "Interaction between turbulence and flows in tokamak plasmas" (see website <http://irfm.cea.fr/>)

Detailed description of the internship (6 months):

Le sujet proposé porte sur un des enjeux scientifiques déterminants pour la fusion par confinement magnétique, le transport turbulent. Celui-ci dégrade le confinement magnétique : c'est un facteur dimensionnant pour un futur réacteur. Les mécanismes de son contrôle, par exemple lors de la bifurcation vers un mode de bon confinement (High confinement mode) restent encore largement à explorer. La turbulence est aussi un sujet de nature fondamentale, encore largement débattu dans de nombreuses communautés.

Le mécanisme générique invoqué dans les processus de régulation de la turbulence implique le cisaillement de l'écoulement. Ce mécanisme est commun aux écoulements d'équilibre, générés par un fort gradient de pression, et aux écoulements oscillants générés par la turbulence elle-même (Zonal Flows ou écoulements zonaux) ; leur dynamique peut cependant être différente. Les ZFs interagissent avec la turbulence souvent sous forme de dynamique prédateur-proie : un écoulement cisailé étire les structures turbulentes jusqu'à les casser, diminuant ce faisant le transport associé. La déformation de ces structures rétroagit positivement sur l'écoulement en amplifiant son cisaillement. Dans un certain nombre de modèles et simulations directes, il apparaît que cette dynamique conduit à une auto-organisation aux échelles intermédiaires. Ces structures sont cependant très difficiles à observer, et restent rares et souvent indirectes.

La thèse portera sur leur étude expérimentale et théorique, dans l'objectif d'identifier les écoulements zonaux et d'élucider leur rôle, en couplant étroitement expériences, simulations et modèles

Le volet expérimental de la thèse utilisera les instruments développés par l'équipe, implantés sur les grands tokamaks européens (ASDEX Upgrade à Garching, WEST à Cadarache) mais aussi sur le plasma magnétisé ToriX du LPP. Nos instruments utilisent la diffusion d'un faisceau micro-onde pour sonder la turbulence à différentes échelles et tracer la vitesse des fluctuations par effet Doppler. C'est un outil particulièrement adapté et riche en informations pour étudier la turbulence, sa structure spatiale et sa dynamique : il permet de sélectionner les échelles observées, d'en faire une étude statistique (spectres en nombre d'onde, corrélations radiales) ou dynamique (vitesse des fluctuations et flot du plasma).

Les expériences seront conduites dans des configurations qui permettent une confrontation aux théories et modèles développés dans l'équipe (modèles en couches capables de synthétiser la dynamique multi-échelles) et aux simulations gyro-cinétiques (basées sur les équations premiers principes).

La thèse se fera en collaboration avec le CEA/IRFM (expériences WEST et collaboration théorie et simulations), l'IPP Garching (expériences sur ASDEX).

English Version:

Plasma turbulence plays a crucial role in the performance of future fusion devices. Turbulence transport indeed determines the typical size of the hot confined plasma expected to sustain fusion reactions. Turbulence control has been achieved in the edge of tokamak plasma in High confinement regime (Low to High confinement transition). However the mechanisms that underlie the bifurcation are still elusive. Prediction of confinement in next step machines remains the primary challenge for transport models and first principle codes, which need to be validated against experiment.

The underlying mechanism suggested in the transport reduction is the effect of the shear of the plasma velocity, which is expected to tear apart the turbulent eddies, then limit their growth and radial extent. Moreover the tilting of turbulent eddies participate in a positive loop by enhancing the flow shear. The nonlinear decorrelation effect plays a role through the decrease of the radial correlation length and the change in the phase between density, temperature and potential fluctuations. However only indirect measurements have corroborated this mechanism, which is still to be directly proven in measurements and simulations.

The thesis will be focused on the experimental study of the interaction between these flows and the fluctuations, in well characterized experiments which can then be compared in detail to gyrokinetic simulations.

Experiments will be conducted both on large European Tokamaks (WEST at Cadarache, ASDEX Upgrade at Garching) and on our small local magnetized plasma Torix. They will make use of different fluctuation measurement techniques among them Doppler back-scattering which has been developed and implemented on these tokamaks by the team. The comparison to simulations of these plasmas and theoretical interpretation will also be performed in collaboration between CEA and LPP