

Titre : Physique et Diagnostics dans les Tokamaks

Sigle : O2

Coordinateur de l'UE : Pierre MOREL, Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP)

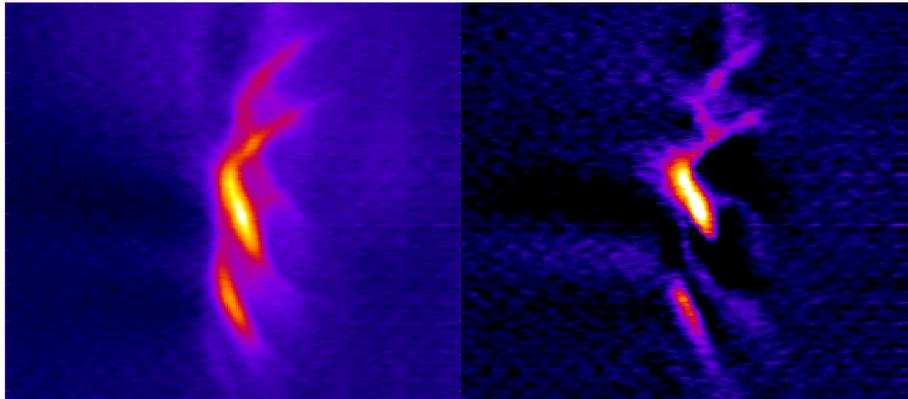
Equipe pédagogique : Pierre MOREL, Cyrille HONORE, Rémy GUIRLET

Prérequis : Masters M1 de Physique et Ecoles d'Ingénieurs.

Crédits : 3 ECTS

Langue : Français/Anglais

Mots-clefs : Mesures de profils et autres diagnostics pour l'équilibre et le transport. Diagnostics des fluctuations : réflectométrie, sondage par particules, rayonnement. Mode H, interaction flots-turbulence, extraction de puissance.



Cet enseignement a pour objectif de présenter les différentes méthodes de caractérisation des plasmas de Tokamak, du coeur à la paroi, en reliant les observations marquantes aux phénomènes physiques. Partant d'observations expérimentales remarquables, la démarche consiste d'abord à comprendre la physique sous-jacente aux diagnostics utilisés (rayonnement, sondage par ondes, particules...). Puis, en prolongeant les enseignements de Tronc Commun, de comprendre les interprétations physiques proposées.

La notion d'équilibre magnéto-hydrodynamique vue en tronc commun (TC2 – Magnétohydrodynamique- et TC3 – Théorie cinétique) est appuyée par les mesures magnétiques et l'interférométrie, qui permettent de comprendre comment est planifiée une décharge typique dans un tokamak, puis réalisée et contrôlée en temps réel. La stabilité d'une telle décharge est ensuite abordée : les mesures des émissions cyclotron électronique (ECE) et dans les rayons X mous, le principe d'une reconstruction tomographique, permettent de discerner les oscillations en dents de scie de la température électronique, mais également les instabilités du piédestal au bord, les « edge localized modes ».

La dynamique temporelle des profils macroscopiques est approfondie grâce aux mesures par diffusion Thomson incohérente, ECE, interférométrie et par réflectométrie qui permettent d'accéder au transport de chaleur, au piquage de densité, et à la transition entre confinements ohmiques linéaire et saturé (LOC-SOC). Les mesures par sondes de Langmuir et l'imagerie rapide, au bord du plasma, complètent ces observations en permettant un accès direct aux flux turbulents et aux caractéristiques des fluctuations, comme par exemple leur intermittence.

Dans la perspective des premiers plasmas d'ITER, dont les composants face au plasma seront constitués de Tungstène (W), les principes de spectroscopie posés dans l'UE de tronc commun TC7 (Physique atomique, moléculaire et rayonnement) sont revus et approfondis, dans les domaines visible et ultra-violet, pour permettre l'étude des sources d'impuretés, de leurs flux, de leur distribution en densité, et leur application au cas du Tungstène.

Enfin, la diffusion Thomson cohérente permet de caractériser la température ionique, et en particulier d'étudier les particules rapides, qui sont particulièrement importantes dans ITER. La diffusion Thomson collective laser et micro-ondes, et la réflectométrie de fluctuation, en caractérisant spectralement et spatialement la turbulence, permettent d'étudier son interaction avec le profil de champ électrique radial, pour comprendre le mode de haut confinement (mode H), et l'influence des écoulements zonaux ou acoustiques géodésiques (GAMs) sur la turbulence.

Plan du cours :

- 1 – Équilibre magnétique
- 2 – Stabilité MHD
- 3 – Diffusion Thomson
- 4 – Dynamique des profils
- 5 – Rappels de spectroscopie
- 6 – Spectroscopie appliquée aux tokamaks
- 7 – Turbulence dans la Scrape Off Layer
- 8 – Turbulence au coeur des tokamaks