

Titre : Contrôle des performances plasma par ondes cyclotroniques électroniques dans le tokamak WEST

Encadrement : P. Manas (responsable CEA), R. Dumont (directeur de thèse)

Sujet :

Le tokamak WEST, opéré au sein de l'Institut de Recherche sur la Fusion par confinement Magnétique (IRFM), a la particularité d'utiliser exclusivement des systèmes de chauffage auxiliaire du plasma à base d'ondes radiofréquence (RF). Afin d'étendre son domaine opérationnel, il a été décidé d'ajouter aux systèmes LH (Lower Hybrid) et ICRH (Ion Cyclotron Resonance Heating) dont il est déjà équipé, un système de puissance RF supplémentaire, à la fréquence cyclotronique électronique (105GHz). Les ondes cyclotroniques électroniques (EC) permettent de chauffer efficacement le plasma (ECRH, Electron Cyclotron Resonance Heating) et/ou de générer du courant (ECCD, Electron Cyclotron Current Drive). Cette puissance additionnelle sera disponible à partir de 2023. Un travail de préparation est en cours afin de maximiser les effets de la puissance EC sur les plasmas de WEST, d'une part via une opération efficace du système lui-même, d'autre part via la mise au point par la simulation numérique de scénarios plasma optimisés incluant cette nouvelle source de puissance.

Le travail de thèse consistera d'abord à établir le lien entre les effets physiques attendus des ondes sur le plasma et les aspects technologiques liés à l'opération du système. Par exemple, pour un jeu d'angles et une polarisation donnés, à l'aide d'un code de tracé de rayons, on pourra évaluer le dépôt de puissance correspondant, ainsi qu'évaluer le courant généré dans le plasma en présence d'autres sources de chauffage. A l'inverse, on peut estimer à l'aide d'outils de modélisation du scénario que la puissance doit être déposée avec certaines caractéristiques (localisation du dépôt, co- ou contre-courant, etc...), ce qui se traduit par des réglages particuliers du système. Dans tous les cas, il sera indispensable d'interagir avec les responsables du système RF ainsi qu'avec les physiciens en charge de la mise au point des expériences plasma.

L'autre partie du travail, qui devra être conduite en parallèle, concerne l'interprétation et la prédiction par la simulation numérique des expériences menées sur WEST en y incluant la puissance EC. Ainsi, cette puissance devrait permettre de progresser dans le domaine opérationnel, plus particulièrement sur le contrôle des impuretés et leur impact sur les performances plasmas. En effet les parois du tokamak WEST, dont l'un des principaux buts est de qualifier les composants face au plasma prévus pour ITER, sont équipées en tungstène. Ce dernier n'est pas complètement ionisé dans le cœur du plasma et contribue fortement au rayonnement. Il y a donc une compétition entre chauffage du plasma par RF et pertes radiatives. Durant les campagnes précédentes de l'opération de WEST il a été observé plusieurs limites opérationnelles comme par exemple les densités maximales atteignables pour des scénarios dans lesquels le chauffage par onde hybride est dominant. Afin de quantifier l'impact du chauffage EC sur ces limites opérationnelles et sur les performances plasma, un outil de modélisation intégrée du plasma et de son évolution temporelle est disponible. Durant cette thèse il sera utilisé afin d'interpréter les scénarios plasmas développés durant les campagnes précédentes avec chauffage par onde hybride uniquement, et de préparer les expériences avec chauffage EC afin d'optimiser le domaine opérationnel et les performances plasma de WEST en présence d'impuretés lourdes.