

ConFuNuc : Développement d'approches théoriques et de méthodes numériques pour **contrôler** l'évolution du profil de sécurité dans un plasma de **fusion nucléaire**

Le contexte général de ce projet de recherche concerne la commande des systèmes modélisés par des équations aux dérivées partielles (EDP). Dans le cadre spécifique de la modélisation du confinement magnétique en fusion thermonucléaire, il s'agira de contrôler l'évolution du profil de sécurité dans le plasma de fusion afin d'en assurer la stabilité (en présence de perturbations). Ce profil, distribué spatialement dépend du flux magnétique et de l'état thermique du plasma. Ces deux états sont liés par des systèmes d'EDP non linéaires et couplés. La stabilité des plasmas de fusion est un verrou important qui conditionne la durée du plasma et représente ainsi un enjeu majeur pour satisfaire le critère de Lawson (visant à établir la rentabilité énergétique de la réaction de fusion).

L'intérêt des modèles mathématiques basés sur des EDP par rapport aux approches reposant sur des modèles de dimension finie, est qu'ils permettent d'envisager le contrôle d'une infinité de dynamiques en même temps, c'est donc une approche non-limitative du nombre de modes envisagés dans la synthèse d'un contrôle. Il existe maintenant de nombreuses techniques pour contrôler de tels systèmes. Citons ainsi les approches par fonctions de Lyapunov pour les systèmes hyperboliques, ou les approches par backstepping, ou encore les synthèses de commandes robustes en résolvant des équations de Riccati en dimension infinie. L'intérêt de ces commandes étant grandissant dans le contexte de la fusion nucléaire, il est nécessaire d'avoir plus de souplesse et de tenir compte de contraintes sur les entrées des systèmes. Aussi il faut maintenant envisager de nouveaux paradigmes pour la synthèse de lois de commande non-linéaires des systèmes modélisés par des EDP. C'est un sujet récent et seuls quelques résultats sont disponibles dans la littérature pour des équations spécifiques comme l'équation des ondes ou l'équation de Korteweg-de Vries. De manière générale, il s'agira d'envisager d'autres commandes non-linéaires, comme les commandes de type Luré, ou des commandes avec un effet mémoire, ou encore celles calculées comme des sorties d'équations différentielles ordinaires nonlinéaires.

Afin de développer des nouvelles approches pour le contrôle l'évolution du profil de sécurité dans le plasma de fusion, nous avons décidé d'associer les partenaires scientifiques spécialistes des domaines suivants :

- Contrôle et Identification des systèmes décrits par des EDP
- Fusion nucléaire
- Systèmes thermiques haute température

Afin d'évaluer les résultats scientifiques, différentes campagnes de tests seront menées conjointement :

- Implantation et validation numérique sur les simulateurs dédiés, développés par la communauté de fusion.

Il s'agit par exemple de Metis (développé par le CEA) et de Raptor (RAPid Plasma Transport Simulator développé par l'EPFL – Lausanne).

- Campagnes expérimentales sur Tokamak pour tester les lois de commandes lors de différents scénarii. Des contacts seront poursuivis afin de pouvoir expérimenter sur TCV (Tokamak à configuration variable) à l'EPFL et dans le cadre du projet WEST (Tungsten (W) Environment (E) Steady-state (S) Tokamak (T)) du CEA.

Les résultats seront diffusés par des articles scientifiques, lors de conférences internationales et au sein du réseau international impliqué dans les recherches sur la fusion nucléaire (ITER, ...).