

**Titre en français :** Développement d'un nouveau modèle de transport turbulent pour la simulation des plasmas de bord de WEST et ITER : un modèle à deux équations dans le code de simulation SOLEDGE-HDG

**Titre en anglais :** Toward improving cross-field turbulent transport modelling in fluid simulations of WEST and ITER plasmas: a two-equation model in SOLEDGE-HDG

**Nom du directeur/co-directeur de thèse :** Eric Serre DR CNRS / Frédéric Schwander MdC ECM  
**Tel :**  
**E-Mail :**eric.serre@univ-amu.fr

**Laboratoire :** M2P2 UMR7340, Aix-Marseille Université, CNRS, École Centrale Méditerranée

**Financement :** demandé

**Type de financement :** contrat doctoral

**Résumé en français :**

Les codes de transport 2D basés sur des modèles fluides sont d'une importance primordiale pour les simulations de plasma de bord dans les tokamaks en vue de préparer l'exploitation d'ITER. Considérés comme des modèles réduits, ils permettent en effet des simulations rapides pour des gammes de paramètres et de géométries pertinentes pour l'exploitation. Dans ces codes, les variables ont été moyennées et les flux de transport transversaux aux lignes de champ magnétique inconnus sont modélisés en supposant que le transport turbulent est diffusif. Dans Baschetti *et al.* (Nucl. Fus. 2021), nous avons proposé une nouvelle approche, dans laquelle les coefficients de diffusion transverse (viscosité turbulente) sont déterminés à partir des évolutions locales de variables supplémentaires caractéristiques de la turbulence.

Au cours de cette thèse, nous étudierons comment ce modèle peut être interprété dans un cadre prédateur-proie et quasi-linéaire, deux approches bien évaluées dans la communauté de la fusion. Nous étudierons également d'autres ajustements du modèle, en incorporant les échelles électroniques, en particulier pour renforcer la propagation de la turbulence dans le SOL. Le nouveau modèle sera incorporé dans la version d'éléments finis d'ordre élevé de SOLEDGE-HDG et évalué par rapport aux données expérimentales de WEST. Certaines parties de l'algorithme numérique pourront également être modifiées pour mettre en œuvre ce nouveau modèle de transport de manière efficace.

Ce travail sera réalisé en collaboration étroite avec l'Institut de recherche sur la Fusion Magnétique qui opère le tokamak WEST.

**Résumé en anglais :**

2D transport codes based on drift-reduced Braginskii fluid models remain of primary importance for tokamak boundary plasma simulations in order to prepare ITER operation. Considered as reduced models, they indeed allow fairly rapid simulations for ranges of parameters and geometries relevant to operation. In these codes, the turbulence has been smoothed by averaging, and the transport

fluxes transverse to the magnetic field lines (resulting from the averaging of stresses due to fluctuations) are closed assuming that turbulent transport is diffusive.

In [Baschetti et al.](#) (Nucl. Fus. 2021), we proposed an original approach, in which the transverse diffusion coefficients (turbulent viscosity) are determined from local evolutions of additional variables characteristic of turbulence. These variables,  $k$  and  $\epsilon$ , are computed at each time and each position from two fields with one or two additional transport equations algebraically derived.

During this PhD, we will investigate how this model can be interpreted in a predator-prey and quasilinear framework, both approaches well assessed in the fusion community. We will also explore further adjustment of the model, no longer limiting turbulent drives on the ions but incorporating electron scales, in particular to strength the spreading of turbulence into the SOL. The new model will be incorporated in the high-order finite-element version of SOLEDGE-HDG and evaluated with respect to WEST experimental data. Parts of the numerical algorithm can be also modified to implement this new model of transport in an efficient way.

This work will be carried out in close collaboration with the Magnetic Fusion Research Institute of CEA Cadarache (IRFM) which operates the tokamak WEST.

#### **Publications sur le sujet :**

- 1) [Giorgiani G.](#), [Bufferand H.](#), [Ciraolo G.](#), [Ghendrih Ph.](#), [Schwander F.](#), [Serre E.](#), [Tamain P.](#), A hybrid discontinuous Galerkin method for tokamak edge plasma simulations in global realistic geometry, *J. Comp. Phys.* 374, 515-532, 2018
- 2) [H. Bufferand](#), [J. Bucalossi](#), [G. Ciraolo](#), [G. Falchetto](#), [A. Gallo](#), et al.. Progress in edge plasma turbulence modelling hierarchy of models from 2D transport application to 3D fluid simulations in realistic tokamak geometry. *Nuclear Fusion*, IOP Publishing, 2021
- 3) [S. Baschetti](#), [H. Bufferand](#), [G. Ciraolo](#), [Ph Ghendrih](#), [E. Serre](#), et al.. Self-consistent cross-field transport model for core and edge plasma transport. *Nuclear Fusion*, IOP Publishing, 2021
- 4) [M Scotto d'Abusco](#), [G Giorgiani](#), [J Artaud](#), [H Bufferand](#), [G Ciraolo](#), et al.. Core-edge 2D fluid modeling of full tokamak discharge with varying magnetic equilibrium: from WEST start-up to ramp-down. *Nuclear Fusion*, IOP Publishing, 2022

**Profil du candidat recherché** : master ou diplôme d'ingénieur en physique, mathématiques appliquées ou mécanique des fluides.

**Candidate profile**: Master's degree or engineering diploma in physics, applied mathematics or fluid mechanics,

**Date limite de dépôt des candidatures / Application deadline** : 15 avril 2024 / April 15th, 2024

**Date de démarrage / starting date**: 1er octobre 2024 / October 1st, 2024

**Localisation des travaux de thèse (Location of thesis work)**: Marseille, France, laboratory M2P2.

**Professional integration**: academic or industrial research, industry