

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

# Simulation de la génération d'électrons découplés pendant les disruptions dans ITER

---

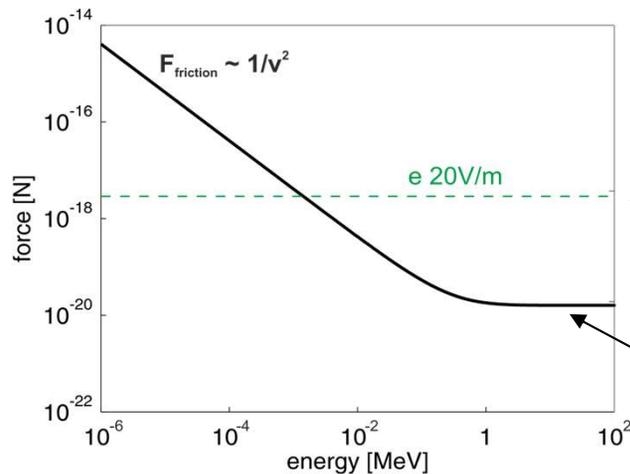
Directeur & co-directeur/encadrant(s) :

Eric Nardon, CEA/IRFM

Javier Artola, ITER Organization (IO)

Financement envisagé : co-financement avec IO

- Pendant une disruption dans ITER, un fort champ électrique toroïdal est généré, qui peut conduire à la formation d'Electrons Découplés (ED)



← Accélération par le champ électrique toroïdal pendant une disruption dans ITER

Freinage par les collisions

- Les ED peuvent causer de gros dégâts sur la paroi

Impact d'ED dans Tore Supra →

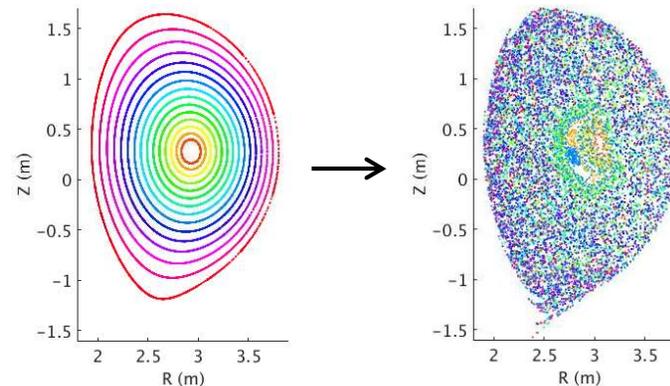
→ Problème très prioritaire pour ITER



- Besoin d'une stratégie pour empêcher la formation d'ED
  - Moyen : Injection de Glaçons Fragmentés (IGF)

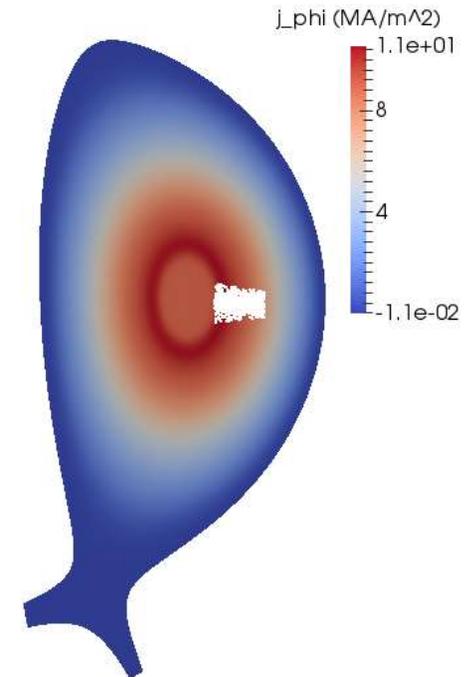


- **Prédire la génération d'ED pendant les disruptions déclenchées par IGF dans ITER**
- On se concentrera sur le mécanisme de 'hot tail'
  - Potentiellement l'un des plus puissantes sources d'ED
  - Mais actuellement pas de prédictions fiables
  - Principe :
    - $T_e$  avant disruption  $\sim 10$  keV
    - La disruption commence par un refroidissement brutal :  $T_e \rightarrow \sim 5-10$  eV (ce qui augmente la résistivité et génère le champ électrique)
    - Mais les électrons de la queue de distribution pré-disruption mettent plus de temps à se 'refroidir'  $\rightarrow$  Ils peuvent se retrouver convertis en ED
  - La difficulté des prédictions vient de la forte sensibilité à plusieurs facteurs délicats à calculer :
    - Le temps de refroidissement
    - Les pertes d'électrons dues à la destruction des surfaces magnétiques



## ■ JOREK ([jorek.eu](http://jorek.eu))

- Code de MHD non-linéaire en géométrie 3D réaliste
- Historiquement développé à l'IRFM (G. Huijsmans)
- Aujourd'hui développé et utilisé dans de nombreux laboratoires dans le monde
  - Excellente équipe !
- Un des leaders mondiaux sur la simulation des disruptions
  - [[E. Nardon et al 2020 Nucl. Fusion 60 126040](#)]
  - [[D. Hu et al 2021 Nucl. Fusion 61 026015](#)]
  - [[F.J. Artola et al 2022 Nucl. Fusion 62 056023](#)]
  - ...
- Travaux préliminaires tournant autour du hot tail, en post-traitant les simulations avec des électrons-tests
  - [[C. Sommariva et al 2018 Nucl. Fusion 58 106022](#)]
  - [[K. Särkimäki et al 2022 Nucl. Fusion 62 086033](#)]



## ■ Pendant la thèse, on travaillera sur des simulations d'IGF dans ITER

- Premières simulations en cours (D. Hu) mais probablement à poursuivre/améliorer
- Ces simulations seront post-traitées avec des électrons-tests
  - OK si la génération d'ED reste petite
- Si ce n'est pas le cas, il faudra un traitement hybride fluide-cinétique
  - En cours de développement (thèse à l'IPP Garching)

- Equipe JOREK
  
- ITER Organization (IO)
  - Co-financement probable par IO, avec co-encadrement par Javier Artola
  - ITER Disruption Mitigation System Task Force
  
- Projet EUROfusion TSVV 9 : 'Runaway electron dynamics during tokamak disruptions'