

Des processus de base de l'interaction plasma-paroi aux améliorations des performances des plasmas de fusion

S. Heuraux¹, J. Moritz¹, E. Faudot¹, F. Brochard¹, N. Lemoine¹, L. de Poucques¹, A. Cherukulappurath Mana¹, P. Hiret², R. Steiner², L. Marot², I. Furno³, S. Alberti³

¹ Institut Jean Lamour, Université de Lorraine-CNRS, ARTEM, Nancy, France

² Département de Physique, Université de Bâle, Bâle, Suisse

³ École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL, Swiss Plasma Center, Lausanne, Suisse

courriel: stephane.heuraux@univ-lorraine.fr

La compréhension des phénomènes présents lorsqu'un plasma est au contact d'une enceinte ou d'une paroi avec ou sans neutre en présence ou non d'un champ magnétique, ou/et de champs électromagnétiques [1,2] passe par la mise en place de modèles où interviennent des hypothèses simplificatrices dont les limites ont des contours souvent difficiles à appréhender. Le lien entre quasi-neutralité et potentiel plasma sera discuté dans différents cas ainsi que les effets résultants sur la surface matérielle exposée au plasma en termes de flux de particules et d'énergie et leurs conséquences. Le choix du tungstène pour les composants face au plasma de fusion sera ainsi expliqué. Un regard particulier sera porté sur le cas des "divertors" utilisés dans les expériences actuellement menées dans les plasmas confinés magnétiquement pour évacuer la puissance et les particules sortantes de la configuration magnétique fermée [3].

Pour appréhender le fonctionnement et déterminer la configuration optimale de ces divertors, il est d'ailleurs nécessaire de décrire le comportement des gaines en présence de champ magnétique pour différents angles d'incidence des lignes de champ magnétique sur la paroi [4]. Le rôle des champs radiofréquences sur les gaines sera aussi abordé vu les effets néfastes observés dans les tokamaks (points chauds sur la paroi, forte injection d'impuretés) ainsi que la parade mise en place pour les réduire de façon considérable. Cette parade résulte de la pleine compréhension des phénomènes mis en jeu tels que le couplage antenne-plasma incluant les courants RF induits sur la structure d'antenne et les processus de génération et de redressement des potentiels radiofréquence (RF).

La configuration divertor peut encore être améliorée en introduisant le phénomène de détachement [5] qui permet de convertir une partie de l'énergie thermique du plasma allant à la paroi en rayonnement pour réduire les phénomènes d'érosion et d'augmenter la durée de vie des divertors, point important concernant la viabilité des réacteurs à fusion. Toutefois ce régime de détachement présente différents types de bifurcation et leur stabilisation reste un sujet d'étude [6] afin qu'il devienne un régime maîtrisé applicable aux réacteurs à fusion. Une information sur la réalisation d'un plasma haute performance en régime divertor détaché [7] ainsi que la mise en place d'une nouvelle expérience SPEKTRE dévolue en partie aux phénomènes présentés termineront la présentation.

Références

[1] P. C. Stangeby "The Plasma Boundary of Magnetic Fusion Devices" Ins. of Physics Publishing, 2000.

[2] P. Chabert, N. Braithwaite "Physics of Radio-Frequency Plasmas" Cambridge Univ. Press, 2011.

[3] W. Fundamenski "Power exhaust in fusion plasmas" Cambridge University Press, 2010.

[4] J. Moritz *et al* "Sheath size and Child–Langmuir law in one dimensional bounded plasma system in the presence of an oblique magnetic field: PIC results" 2021 Phys. Plasmas **28**, 083501.

[5] P.C. Stangeby "Basic physical processes and reduced models for plasma detachment" 2018 Plasma Phys. Control. Fusion **60**, 044022.

[6] S. Krasheninnikov, A. S. Kukushkin "Physics of ultimate detachment of a tokamak divertor plasma" 2017 J. Plasma Phys. **83**, 155830501.

[7] L. Wang *et al* "Integration of full divertor detachment with improved core confinement for tokamak fusion plasmas" 2021 Nature communications **12**:1365.