

Conclusion

Afin d'opérer les futurs tokamaks dans de bonnes conditions de fiabilité, sûreté, sécurité et performance, il apparaît de plus en plus nécessaire de maîtriser les disruptions du plasma. Ces phénomènes violents correspondant à une perte du confinement du plasma sont à l'origine de trois types d'effets néfastes. Les effets électromagnétiques, comprenant les courants induits, les courants de halo et les forces de Laplace qui en résultent peuvent endommager l'enceinte à vide du tokamak et arracher des éléments de structure. Les effets thermiques provoqués par la perte de l'énergie contenue dans le plasma sont susceptibles de provoquer des dégâts irréversibles sur les éléments de paroi au contact avec le plasma. Enfin, des faisceaux d'électrons relativistes accélérés pendant la disruption peuvent perforer l'enceinte à vide.

Même si les disruptions sont étudiées depuis les premiers tokamaks des années 1950, elles n'ont représenté jusqu'à une période récente qu'une gêne mineure à l'opération des machines. Ce n'est qu'avec l'avènement de tokamaks de grande taille que leurs dangers ont commencé à se faire de plus en plus présents. Le contenu énergétique des plasmas de futurs tokamaks et réacteurs étant de plusieurs ordres de grandeur supérieur à celui des machines actuelles, les conséquences des disruptions seront d'autant plus graves. La nécessité de les éviter ou de les maîtriser devient donc indispensable. L'évitement n'étant pas toujours possible, l'amointrissement des conséquences est une option à considérer. Pour ce faire, diverses méthodes sont actuellement à l'essai. L'injection massive de gaz est l'une d'entre elles, et fait l'objet de cette thèse.

L'injection massive de gaz a pour but d'amointrir les trois effets délétères des disruptions. Cependant, de nombreuses questions concernant cette méthode restent encore en suspens. D'une part, le scénario à privilégier en termes de quantité et d'espèce de gaz à injecter reste encore à déterminer, et les mécanismes impliqués dans l'interaction entre le gaz ne sont encore que partiellement compris. Enfin, l'extrapolabilité de la méthode aux futures machines reste encore à vérifier.

Ces problématiques sont abordées dans le présent mémoire, avec pour objectif d'apporter des éléments de réponse quant aux interrogations concernant l'injection massive de gaz et le phénomène de disruption de façon plus générale.

La première partie du travail effectué pendant la thèse, présentée au chapitre 2, s'est concentrée sur la description détaillée du phénomène de disruption avec en particulier les phénomènes impliqués dans la destruction du confinement du plasma. Ces instabilités, de nature magnétohydrodynamique, se développent selon trois scénarios distincts selon les phénomènes qui leur ont donné naissance, et permettent de dégager trois types de disruptions : les disruptions sur densité limite, sur pression limite et sur courant limite. L'injection massive de gaz consiste en fait à transformer une disruption quelconque en une disruption sur densité limite moins violente que celle qu'on aurait laissé aller à son terme. Elle a pour but de contrôler la durée du quench de courant pour éviter à la fois les courants induits dans les structures et les courants de halo, de faire rayonner l'énergie thermique du plasma afin de dissiper l'énergie de façon isotrope sur