Résumé

L'injection d'ondes radiofréquence dans un plasma de tokamak afin d'y générer le courant toroïdal répond à une double exigence. Premièrement, la nature non inductive de la méthode évite le recours aux courants variables circulant dans les bobines, peu compatibles avec l'opération stationnaire d'un futur réacteur. Par ailleurs, il est reconnu que la principale limitation des performances d'un plasma de fusion est causée par la turbulence électromagnétique. Celle-ci peut toutefois être réduite, voire supprimée, en optimisant le profil de courant, ce qu'autorise précisément l'emploi des ondes, dans le cadre des scénarios avancés.

Cette thèse traite de l'utilisation de l'onde cyclotronique électronique (EC) en vue de contrôler le profil de courant. S'agissant d'une question cruciale conditionnant l'usage de cette onde dans les plasma chauds, l'effet de la température finie sur la polarisation de l'onde est d'abord étudié dans divers régimes. D'autre part, dans les scénarios avancés, l'association des ondes EC et hybride basse (LH) est prometteuse, du fait de leurs caractéristiques complémentaires. Une large partie de ce travail est donc consacrée à l'étude théorique, numérique et expérimentale des décharges combinées.

Les résultats obtenus, parmi lesquels la démonstration analytique d'un effet de synergie entre les deux ondes, montrent clairement l'intérêt de ces scénarios et motivent la mise au point de nouvelles expériences.

Abstract

The injection of radiofrequency waves in a tokamak plasma to drive the toroidal current serves a double purpose. First, the non inductive nature of the method allows to avoid the variable currents circulating in the coils, hardly compatible with the steady-state operation of a future reactor. Moreover, it is widely recognized that the plasma performances are mainly limited by magnetic turbulence. However, this turbulence can be reduced, and even suppressed when the current profile is optimized, which is possible through the use of waves, in the framework of advanced scenarios.

In this thesis, the use of electron cyclotron waves (EC) to control the current profile is investigated. A first issue is the polarization of the waves in hot plasmas, since it is known to determine the quality of the wave-plasma interaction. The finite temperature effects on the polarization are thus studied in various regimes. On the other hand, in advanced scenarios, the association of EC and lower hybrid (LH) is promising because of their complementary features. A large part of this work is thus devoted to the theoretical, numerical and experimental study of combined discharges.

The obtained results, among which the analytical demonstration of a synergy effect between the two waves, clearly show the advantages of this kind of scenario and trigger the development of new experiments.