



Soutenance de thèse de
Stefan Varault

Mercredi 06 Avril 2011, à 10h30

MODÉLISATION ET ÉTUDES EXPÉRIMENTALES DE
STRUCTURES À BANDE INTERDITE ÉLECTROMAGNÉTIQUE
RECONFIGURABLES INTÉGRANT DES CAPILLAIRES PLASMAS
POUR APPLICATIONS MICRO-ONDE

RÉSUMÉ

Les matériaux à bande interdite électromagnétique (BIE), souvent nommés cristaux électromagnétiques, constituent l'objet d'études intensives depuis les deux dernières décennies suite au large éventail d'applications auxquelles ils donnent accès, souvent impossibles à obtenir avec des matériaux naturels, à l'instar de la réfraction négative. Ces structures permettent l'ouverture de bandes de fréquence pour lesquelles la propagation des ondes est impossible, à l'image du miroir de Bragg. De plus, la forte anisotropie qui les caractérise permet le contrôle de la propagation des ondes électromagnétiques. Ils offrent ainsi des propriétés de filtrage à la fois spectral et spatial. Les applications courantes des cristaux photoniques et électromagnétiques incluent, sans toutefois y être limitées, les structures antennaires millimétriques et centimétriques, les cavités résonantes, ou encore les différents dispositifs de guidage des ondes, basés sur les principes de réflexion interne totale, ou de cavités couplées. Bien que le domaine des applications technologiques potentielles s'accroisse rapidement, ces structures restent essentiellement passives. Plusieurs solutions visant à leur conférer un caractère reconfigurable ont déjà émergées, que ce soit par le biais de matériaux ferroélectriques, de cristaux liquides, ou encore de composants actifs tels que les diodes ou les systèmes microélectromécaniques (MEMS).

Ce travail de thèse s'inscrit dans cette optique, et nous tentons d'apporter des solutions innovantes basées sur l'utilisation de capillaires à plasma au travers d'études à la fois théoriques et expérimentales.

Dans un premier temps, nous développons les outils numériques adaptés à nos configurations, assez particulières puisqu'elles font intervenir des tubes de verre dans lesquels règne un plasma. Nous nous basons d'abord, pour l'étude des réseaux infinis, sur la méthode des ondes planes. Souvent limitée au cas diélectrique, nous l'étendons aux cas de capillaires plasmas, et implémentons un outil complet pouvant traiter les cas classiques (tiges diélectriques, métalliques, et plasmas) comme des configurations plus particulières, tels que des cylindres bicouches impliquant deux matériaux différents. Dans le cas de réseaux finis, nous reprenons la méthode des matrices de diffraction, souvent limitée à des incidences planes et des cylindres pleins, que nous étendons au cas d'une incidence gaussienne d'abord, puis quelconque, dans le cas plus général de cylindres stratifiés. Nous implémentons également

le cas des sources ponctuelles, donnant accès au calcul des densités locales d'état facilitant l'étude des modes de surface. Ces outils numériques sont ensuite mis à profit pour réaliser des structures potentielles commutables et accordables intégrant des capillaires à plasma. Une étude complète à la fois théorique et expérimentale est notamment menée sur des cavités résonantes à base de capillaires afin de dégager le type de technologie le plus adapté à la réalisation de dispositifs microondes (coupleurs, démultiplexeurs). La dernière partie concerne l'amélioration des dispositifs précédents, pour lesquels le couplage de l'onde incidente avec le réseau est assez faible. L'utilisation de tiges de surface permet d'améliorer les niveaux de transmission en sortie. Ce principe a ensuite été utilisé pour créer une structure rayonnante directive dans laquelle ont été placés des capillaires plasmas en surface de manière à obtenir une déviation de faisceau contrôlable dynamiquement.

JURY

Mme Valérie VIGNERAS, Rapporteur

M. Stefan ENOCH, Rapporteur

M. André DE LUSTRAC

M. Bruno MORTAIGNE

M. Olivier PASCAL

M. Jérôme SOKOLOFF, Directeur de thèse

M. Sylvain BOLIOLI, Directeur de thèse