

Chapitre I

Introduction générale

Le travail entrepris dans ce mémoire concerne l'étude d'une structure typique diélectrique-métal-diélectrique permettant de confiner les modes résonnants guidés. Pour maîtriser ce processus de confinement, il y a lieu de traiter les fonctions optiques (exemple l'indice effectif) de tel guide en dépendance de ses paramètres géométriques qui sont : la forme et dimensions $1D$ ou $2D$, les permittivités diélectriques des différents milieux qui le constituent, et la nature de l'onde électromagnétique qui s'y propage. Ainsi, la problématique revient à déterminer le profil d'indice du guide relativement à sa configuration et à la nature des modes propagatifs. Nous nous sommes restreint à adopter les conditions d'existence des modes résonnants de surface (PPS) vivement recherchés en transmission optiques et reconnus par leur majeure propriété de haut confinement. Le profil du guide est déterminé depuis la constante de propagation de ces derniers modes spécifiques. Cette dernière est offerte par la résolution de l'équation de propagation de Maxwell des champs électromagnétiques.

De nos jours la recherche sur un sujet quelconque commence par envisager d'abord le développement de la théorie dans le sens de contrôler les paramètres tout en s'appuyant sur une technique appropriée et adaptée à la problématique. En résumé cette dernière pour notre cas encadre les principaux objectifs suivants : adoption d'une structure et influence de ses dimensions sur le mode de propagation, modification alternative des milieux du guide et ses performances optiques sur le confinement.

Au cours de ces dix dernières années, le développement des nanotechnologies a permis l'émergence de nouveaux matériaux pour la nano-photonique, tels que les cristaux photoniques, les nanostructures métalliques ou plus précisément les méta-matériaux. La réalisation de ces composants repose sur une structuration à l'échelle sub-longueur d'onde de matériaux diélectriques ou métalliques. Les nouvelles possibilités offertes par une telle structuration sont le contrôle de la propagation des

Ondes *EM* (direction, vitesse de groupe, pertes), et la réalisation par exemple de guide d'onde de très faibles dimensions latérales, où le confinement de la lumière se produit dans des volumes extrêmement faibles. D'une manière générale, les nanostructures permettent une augmentation des interactions lumière-matière, avec de nombreuses applications en photoniques et en optoélectronique dans les domaines de l'émission, de la détection, de l'imagerie ou du guidage optique.

Ces dernières années, l'étude de l'interaction lumière-matière avec les nanostructures métalliques, la plasmonique a connu un vif intérêt. La raison vient de la particularité est plasmons de surface qui permettent la propagation de la lumière le long d'une interface. Ces ondes à caractère évanescent sont couplées aux oscillations des électrons libres du métal. Pour leur sensibilité à leur environnement près de l'interface, les plasmons rendent comptes de toute modification de l'indice optique qui est en fait relative à un changement de leur condition de résonance sur un film métallique. En mesurant ce décalage, il est possible de détecter la présence de molécules avoisinants le film métallique. Ainsi, les plasmons constituent des détecteurs « bio senseurs » très sensibles à l'analyse des surfaces (en biologie ou en chimie).

Aux perspectives de tous les atouts offerts par les plasmons, nous nous sommes intéressés à l'étude de la propriété principale de guider la lumière à travers une structure. A ce titre, les travaux d'Ebbesen focalisés sur la transmission extraordinaire de la lumière à travers un film métallique percé de trous sub-longueur d'onde sont certainement marquants pour avoir bien mené la compréhension des mécanismes mis en jeu.

Le processus de couplage des ondes plasmons fait appel à l'excitation de la structure du guide par réflexion totale. Pour appuyer les effets de parois qui contrôlent de façon déterminante le profil d'indice ; c'est -à-dire la nature des modes propagatif nous avons élaboré un guide où les milieux qui l'en constituent sont intervertis entre eux. De cette idée nous suggérons la recherche de meilleures performances du guide pour un fort confinement optique de ces modes. La forme géométrique du guide et ses dimensions jouent également des rôles déterminants sur la modification de l'indice effectif. La caractéristique principale des dimensions 1 *D* et 2 *D* est l'échelle sub-longueur d'onde par rapport à la longueur d'onde λ de l'onde d'excitation.

Dans leur forme la plus simple, les guides optiques sont constitués par des milieux matériels disposés en couches. Pour que l'énergie lumineuse puisse être propagée et confinée à travers le guide, les indices de ces milieux sont consignés par les conditions usuelles optiques : l'absorption et dispersion.

Vu l'importance reconnue à ce profil de recherche prometteur (puisqu'il constitue un support instrumentation pour la caractérisation des surfaces et interfaces) sur les plasmons, nous avons abordé la rédaction de ce manuscrit en rappelant dans le chapitre II, la théorie générale des ondes électromagnétiques. En chapitre III, nous avons reporté la formulation analytique des paramètres d'un guide *1D et 2D*. En chapitre IV, nous avons évoqué une partie théorique complémentaire pour décrire la propagation des modes PPS et cité les conditions particulières sur le métal pour exciter les modes résonnants. En chapitre V, nous avons présenté les résultats obtenus et les commentaires tout en se proposant des configurations de guides. En dernier, nous avons présenté une conclusion générale.