

III.1.Introduction

Les matériaux à gaps photoniques semblent très prometteurs puisqu'ils permettent une amélioration des performances de nombreux systèmes existants (antennes, filtres, coupleurs), toutefois il ne faut pas oublier que les pertes dans ces structures sont non négligeables et peuvent présenter de nombreux inconvénients.

La complexité de la fabrication et de la caractérisation de structures à cristaux photoniques aux fréquences optiques rendent coûteuses en temps et argent les études expérimentales systématiques sur des dispositifs des cristaux photoniques. Le développement des méthodes de modélisation optiques précises et rapides reste donc primordial pour l'étude de ces structures.

Plusieurs méthodes ont été envisagées, comme la méthode des ondes planes « PWM », et la méthode FDTD qui est la plus utilisée pour la modélisation des cristaux photoniques. De plus certains simulateurs ont été conçus pour faciliter cette tâche. Parmi ces simulateurs on peut citer deux moteurs de simulations le FULL WAVE et le BandSolve de Rsoft CAD

III.2.Présentation du logiciel Rsoft CAD

III.2.1. Environnement de CAD

Le RSoft CAD est un programme de base de RSoft Photonique, il permet aux chercheurs et ingénieurs de créer des systèmes pour la conception des différents dispositifs tels que : des guide d'ondes, des cavités résonantes, des filtres, des circuits optiques et d'autres dispositifs photoniques. Il agit en tant que programme de gestion pour les modules passifs de simulation du dispositif de RSoft : BeamPROP, FullWAVE, BandSOLVE, GratingMOD et DiffractMOD.

III.2.2. Le simulateur « BandSOLVE » :

Le logiciel que nous avons exploité pour modéliser les structures par la méthode des ondes planes s'appelle «BandSOLVE» développé par Rsoft.

BandSOLVE est un logiciel de simulation des structures de bande photoniques. Il est basé sur la méthode des ondes planes optimisée pour les structures périodiques, idéal pour produire des diagrammes de bande des structures à bandes interdites photoniques classiques tels que 2D et 3D et les guides à cristaux photoniques en utilisant une méthode

supercellule type onde plane. A deux dimensions, il est nécessaire de considérer deux directions de propagation différente : TE (avec le champ E perpendiculaire à l'axe des trous) et TM (où E est parallèle à l'axe des trous). Ces deux polarisations sont découplées et donnent lieu à deux diagrammes de bandes indépendants. Il n'existe pas forcément une bande interdite dans les deux cas. En outre, il peut être appliqué à des structures comme les fibres à cristaux photoniques, qui sont complexes pour les autres techniques de simulation. BandSOLVE est particulièrement utile pour optimiser les propriétés des structures à cristaux photoniques, qui sont simulés par la méthode FDTD implémentée dans le logiciel FullWave, pour examiner les propriétés dépendant du temps comme les pertes, et pour calculer les distributions de champ dans des structures de dimensions finies .

BandSOLVE est destiné pour fonctionner avec les autres modules de simulation de Rsoft tels que BeamPROP et FullWAVE, il partage le même outil de CAD avec ces modules. En particulier, le BandSOLVE est spécialement utile pour optimiser les propriétés des cristaux photoniques.

III.2.3. Le simulateur Full WAVE

Les simulations numériques ont été effectuées avec le logiciel FullWAVE qui est un logiciel de simulation électromagnétique, basé sur la méthode des différences finies dans le domaine temporel .La méthode FDTD repose sur la résolution des équations de Maxwell dans un domaine discrétisé spatialement et temporellement. Il permet de suivre l'évolution du champ EM au cours du temps en tout point de la structure. On peut ainsi obtenir les cartographies du champ EM à n'importe quel endroit et n'importe quel moment. La connaissance de l'évolution du champ en fonction du temps permet également d'obtenir des informations sur la réponse spectrale de la structure.

Ce logiciel peut simuler des structures (limitées, infinies ou périodiques), formées par différents matériaux qui peuvent être métalliques ou diélectriques. L'utilisation de FullWAVE nécessite de définir les matériaux qui composent la structure à l'aide de la permittivité électrique. Il faut aussi définir l'environnement de la structure et donc les conditions aux limites. Pour cela il faut disposer de conditions absorbantes aux abords du domaine de discrétisation (calcul) qui permet d'éviter les réflexions parasites engendrées aux bords de la fenêtre du calcul FDTD afin de simuler un milieu ouvert.

III.3. Les étapes de simulation

La fenêtre de programme de Rsoft CAD comporte une barre de menus en haut de la fenêtre, une barre des outils qui porte plusieurs icônes et la ligne d'état (voir figure. III-01).

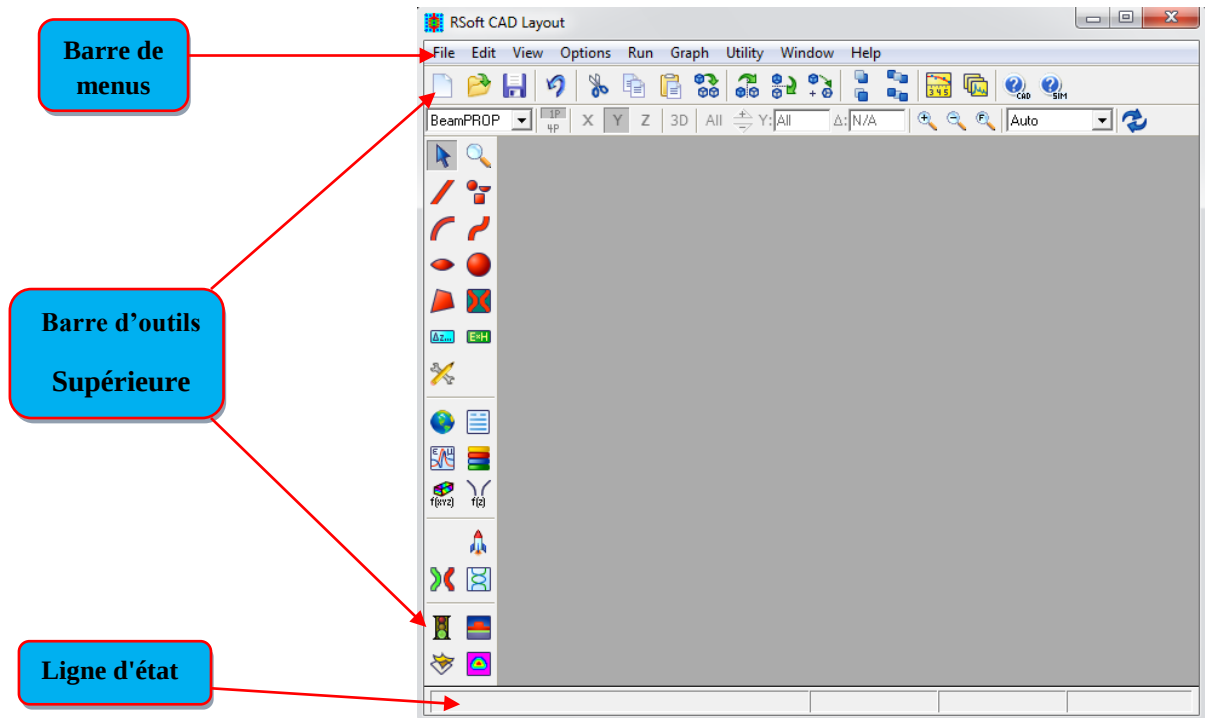


Figure III-1: *La fenêtre de programme de R Soft CAD, montrant la barre de menus au dessus, les barres des outils supérieurs et gauches, et la ligne d'état au fond [28].*

Les menus permettent l'accès au divers dossier standard et les opérations d'édition. La ligne d'état fournit des informations sur le mode courant de disposition, avec l'affichage du même rang pendant le dessin.

III.3.1. Créer un nouveau circuit

Pour créer un nouveau circuit on va cliquer sur l'icône **New circuit**  dans la barre d'outils supérieur. Alternativement, nous allons choisir **File /New** du menu. Le dialogue de démarrage de la figure III- 02 va apparaître.

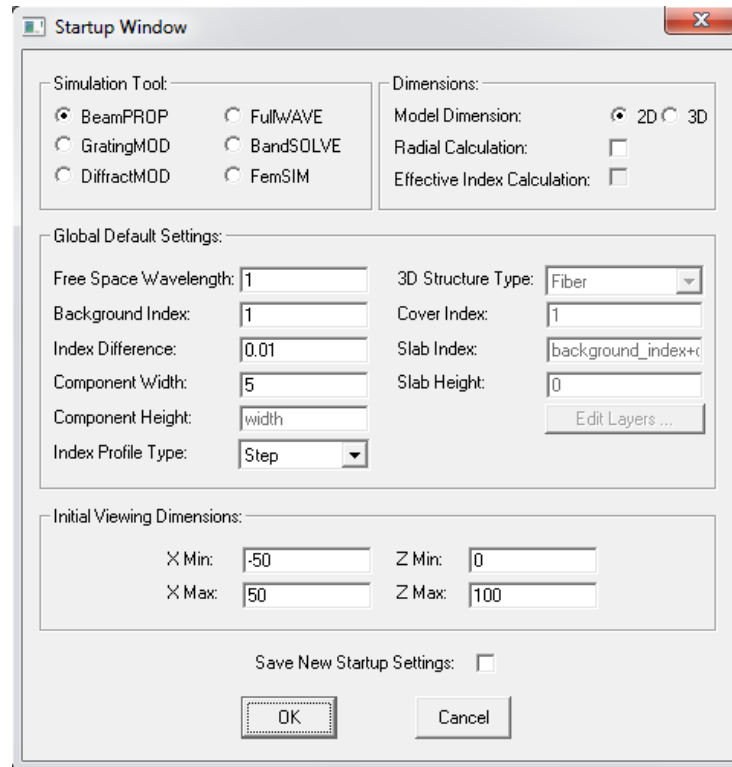


Figure III-2:La fenêtre de démarrage (startup Windows) [28].

Il faut remplir la différence d'indice (Index différence), qui est la différence d'indice par défaut entre la couche guidant et l'indice de substrat (Background index), d'autre part, il faut choisir le type de la polarisation (Mode TE ou Mode TM). On peut aussi par cette option choisir le module de simulation parmi les six modules existants dans le logiciel Rsoft BandSOLVE, FullWave, BeamPROP/BPM ou GratingMOD. Après l'introduction des informations dans la fenêtre de démarrage on va cliquer sur **OK** pour obtenir la fenêtre de la figure III-03.

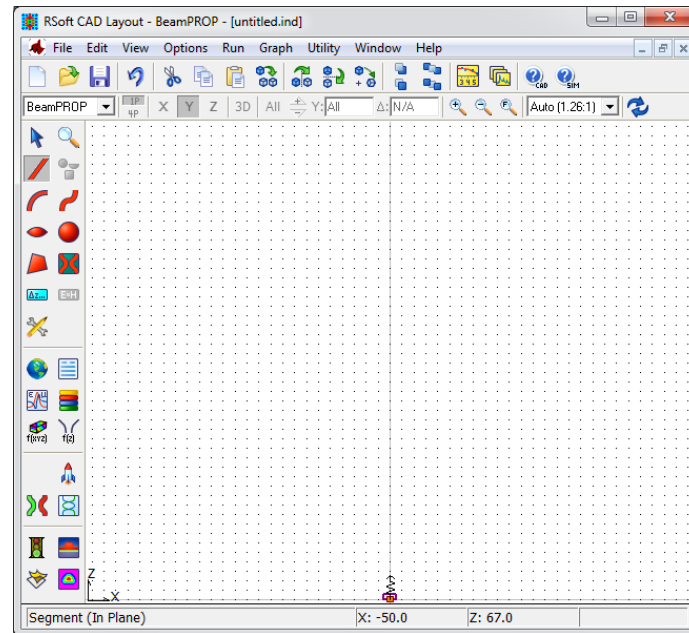


Figure III-3: Nouvelle fenêtre pour réaliser un nouveau composant ou nouveau circuit.

III.3.2. Générer la structure de réseau

Dans cette partie on va montrer comment créer un réseau en cristaux photoniques dans l'interface de CAD. Généralement, il existe plusieurs manières pour créer une structure de réseau dans l'interface de CAD. Cependant, la manière la plus facile est d'employer un des multiples utilités de disposition qui sont incluse avec Full WAVE afin d'expédier la création de ce réseau en utilisant Array Lay-out (figure III-04).

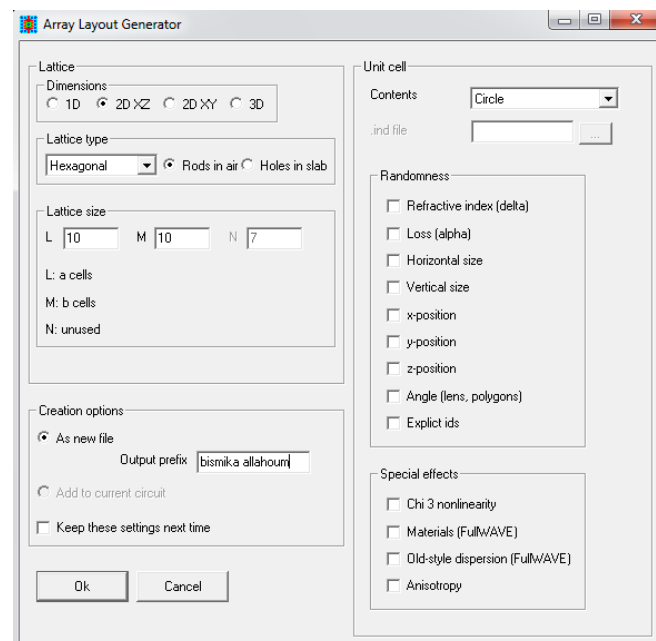


Figure III-4: Arrangements de disposition de la rangée XZ [28].

Après l'introduction des différentes données (type de réseau, forme de motif, le nombre de rangés et le nom du circuit) on clique sur le bouton **OK** pour obtenir la structure du cristal photonique qui apparaît sur la figure III-05.

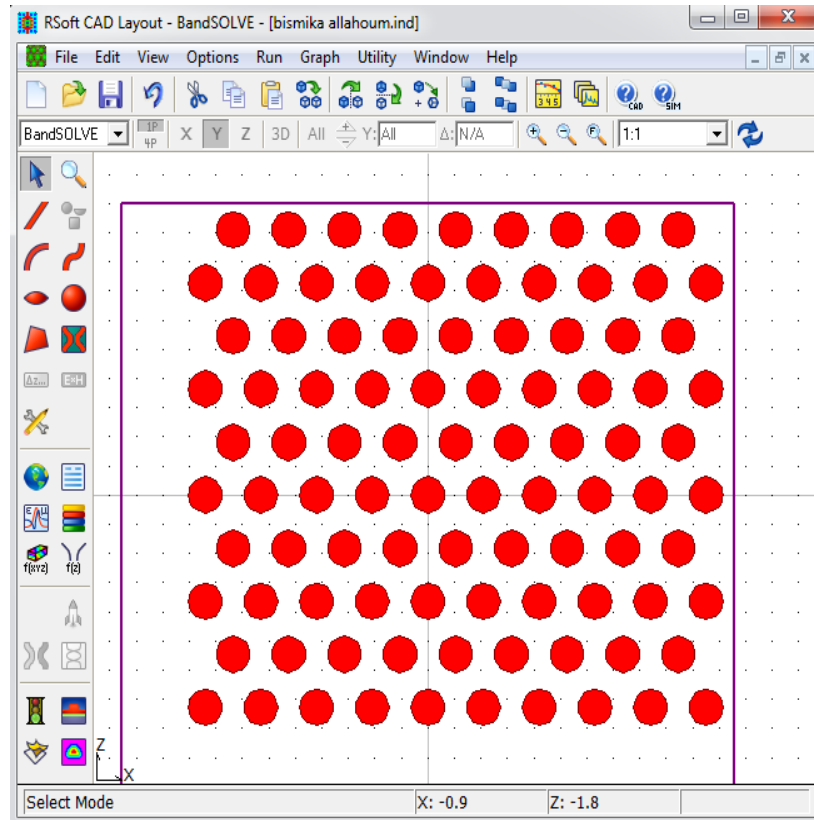


Figure III-5:Disposition de rangée dans la fenêtre de CAD.

III.3.3. Régler les paramètres globales

Pour définir les propriétés du réseau tels que l'indice de réfraction, la polarisation et pour choisir le module de simulation Full WAVE/ BandSOLVE parmi les autres modules existents à RSoft on clique sur l'icône **(Edit global setting)**. La fenêtre de dialogue ci-dessous apparaît (Figure III-06).

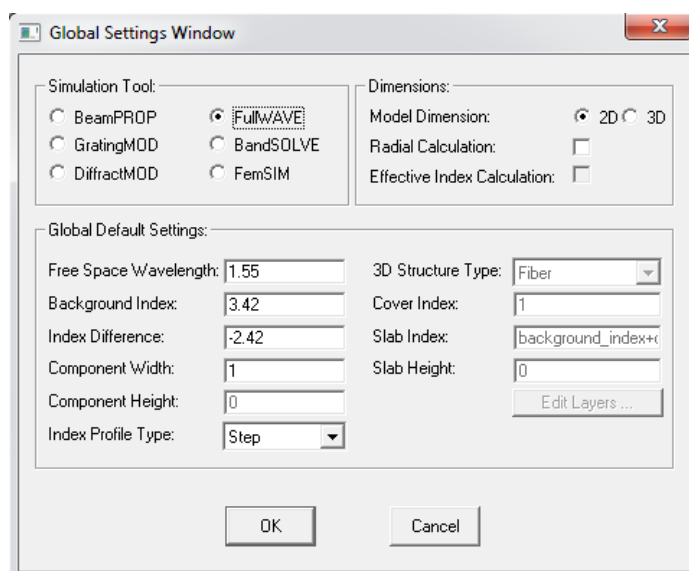


Figure III-6: Fenêtre des paramètres globales du circuit [28].

III.3.4. Définition des variables

Cliquer sur l'icône  (**Edit symboles**) dans la fenêtre de CAD, le tableau de symbole (**Table editor**) s'ouvre (Figure III-07). Ce tableau de symboles permet à l'utilisateur de créer ou modifier à la fois et intégrer les variables définies par l'utilisateur, ces variables peuvent être utilisées pour définir pratiquement n'importe quel paramètre de la structure (le rayon, la période, l'indice de réfraction, nombre de rangés).

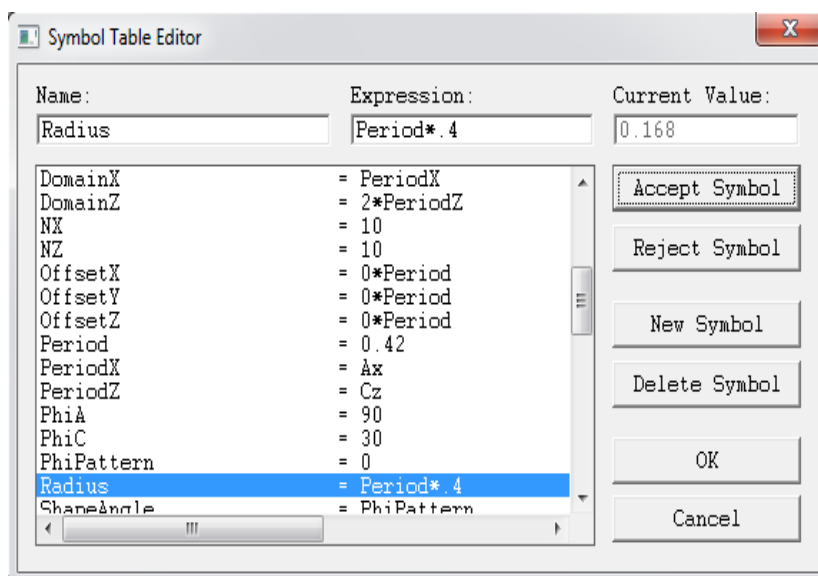


Figure III-7: L'éditeur du Tableau de symboles [28].

Ces symboles correspondent aux arrangements faits dans le nouveau circuit (**New Circuit**) de la boîte de dialogue ci-dessus. Pour définir un nouveau symbole (par exemple Nhole=1), on clique sur new symbole puis en va entrer le nom et la valeur du symbole.

III.3.5. Vérifier la structure

Pour vérifier notre structure, nous avons simulé le profil de la constante diélectrique dans le plan de périodicité (plan XZ).

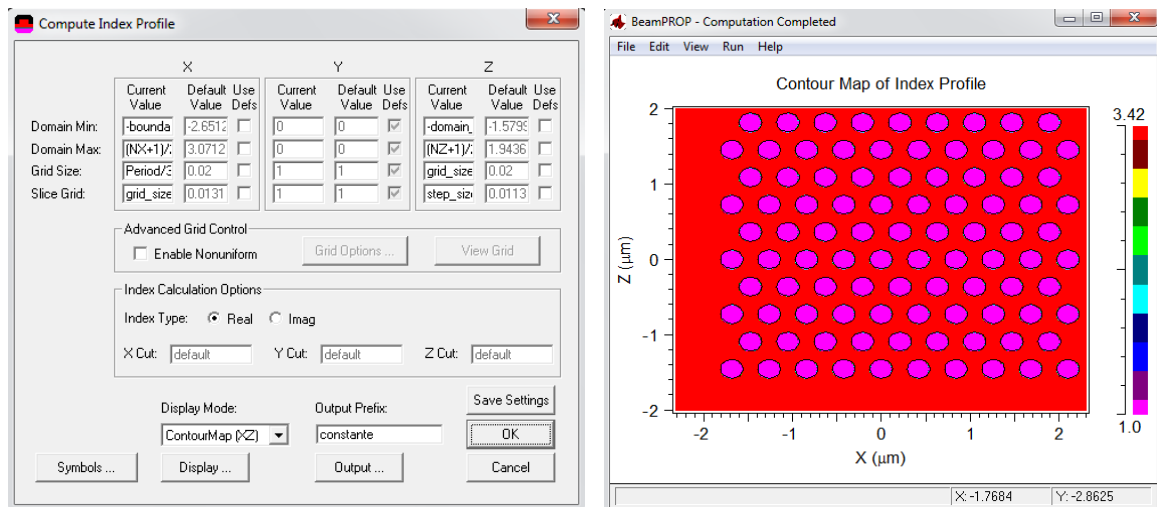


Figure III-8: Profil d'indice de la structure à cristaux photoniques 2D.

III.3.6. création d'un guide d'onde droit

Pour créer un guide droit de largeur W1 suivant une direction ΓK ou ΓM , il suffit d'enlever un rangé de trous d'air selon la direction choisie. La figure III.09 donne le schéma d'un guide d'onde W1 suivant la direction ΓK avec l'insertion d'un time monitor à la fin du guide pour enregistrer l'intensité du mode guidé.

 : représente le moniteur de temps, permet d'afficher le temps de simulation.

Pour insérer le moniteur de temps, changement de BandSOLVE à FullWAVE et la barre de menu on trouve l'icône (**options**) on clic sur lui-même. Une fois que les paramètres numériques et d'autres options sont acceptables, on clique sur **OK** pour activer le moniteur de temps figure III-9.

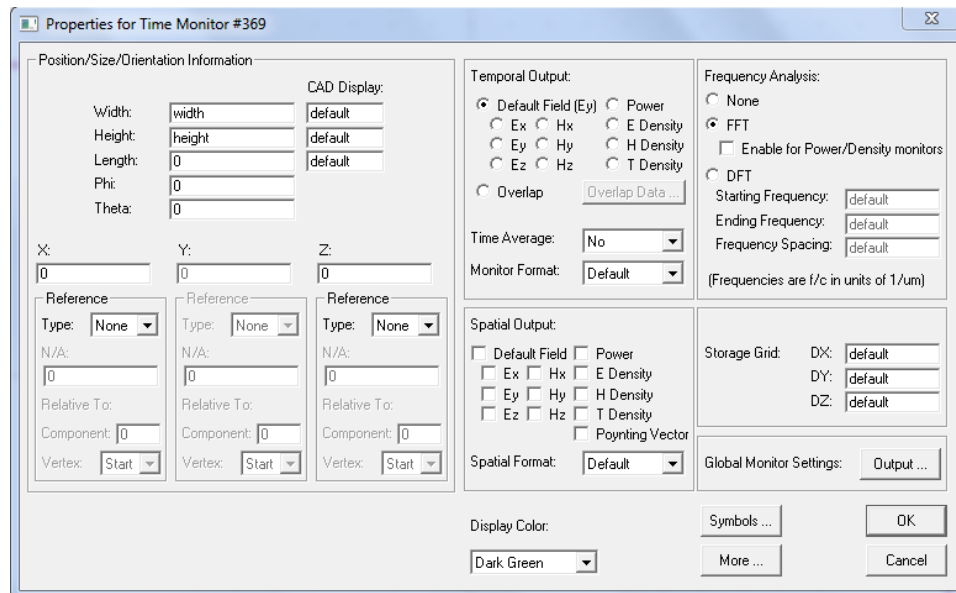


Figure III-9: La fenêtre des paramètres de simulation de *FullWAVE* pour l'activation de time monitor.

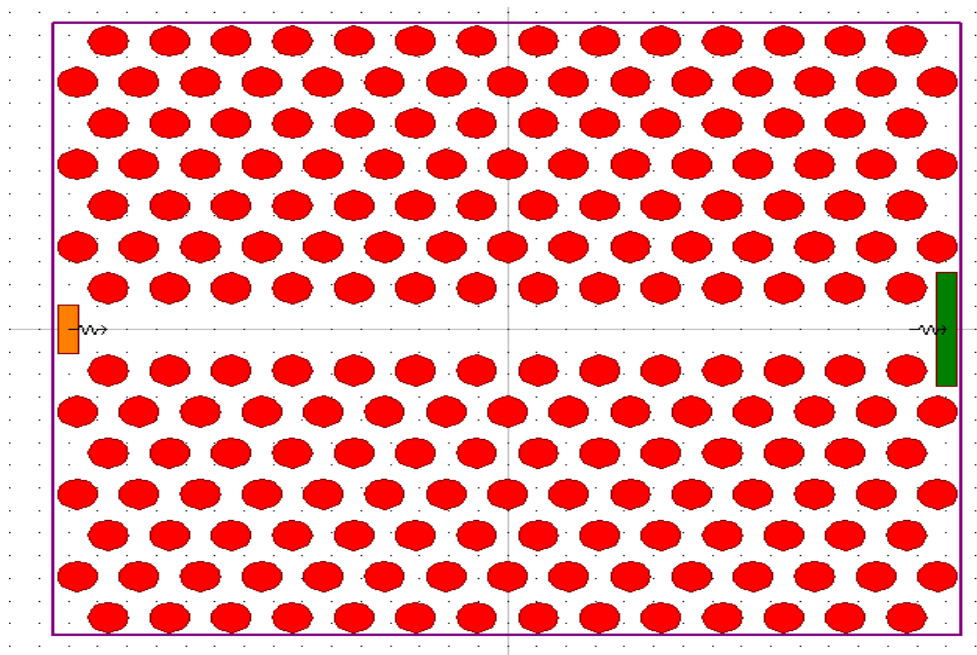


Figure III-10: Vue de dessus d'un guide d'onde droit *W1* suivant la direction *IK*.

III.3.7. Réglage des paramètres de simulation

Pour le choix et le réglage des paramètres de simulation on clique sur le Bouton . Par conséquent, il apparaît la fenêtre correspondante au module de simulation utilisée (BandSOLVE / FullWave) comme il est représenté sur la figure III-11 ou sur la figure III-

12 respectivement. Une fois que les paramètres numériques et d'autres options sont acceptables, on clique sur **OK** pour commencer la simulation.

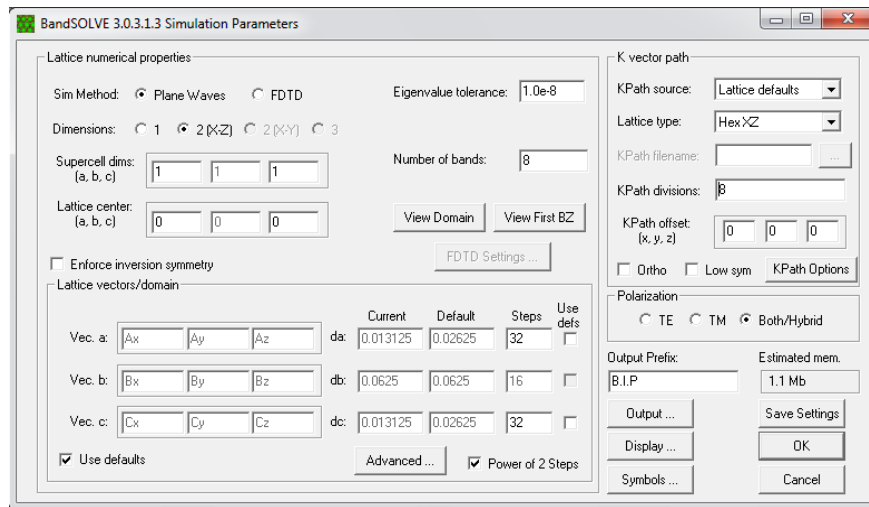


Figure III-11: La fenêtre de paramètres de simulation de *BandSOLVE* où les paramètres numériques de base de simulation sont entrés [28].

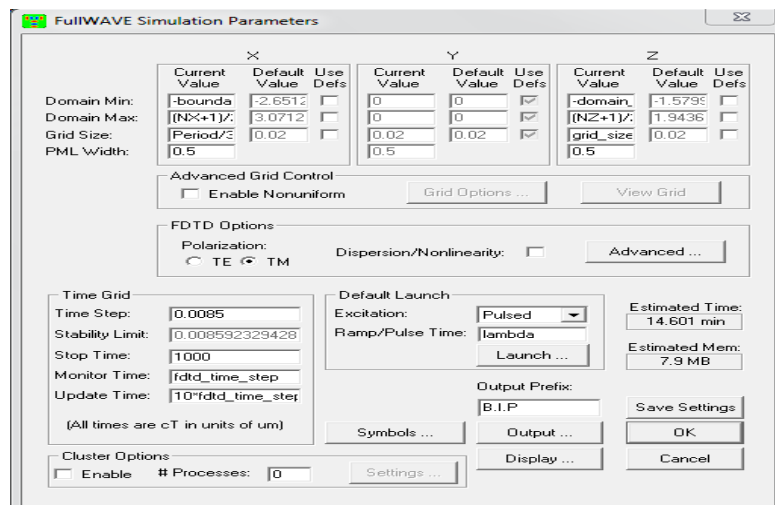


Figure.III.12: La fenêtre de paramètres de simulation de *Full WAVE* où des paramètres numériques de base de simulation sont entrés [28].

II.3.8. Lecture des résultats

Afin de regarder ou imprimer les résultats de simulation, on clique sur l'icône  de WinPLOT dans la barre des outils supérieur de la fenêtre de CAD, et on choisi le graphe désiré à partir du dialogue qui est présenté.

III.4. Diagramme des bandes

Comme indiqué dans le premier chapitre, les zones de Brillouin aide à la localisation et l'optimisation des bandes interdites, puis le calcul de la dispersion des modes de défaut. Seulement il est nécessaire d'analyser un petit nombre de points dans la première zone de Brillouin. Pour valider notre logiciel, nous avons simulé en utilisant Bandsolve puis avec Fullwave l'exemple ci-dessous.

La figure III.13(a) montre le diagramme des bandes correspondant à la structure d'un cristal photonique 2D formé par des trous d'air ($n=1$) percés dans une matrice diélectrique de silicium ($n=3.42$).

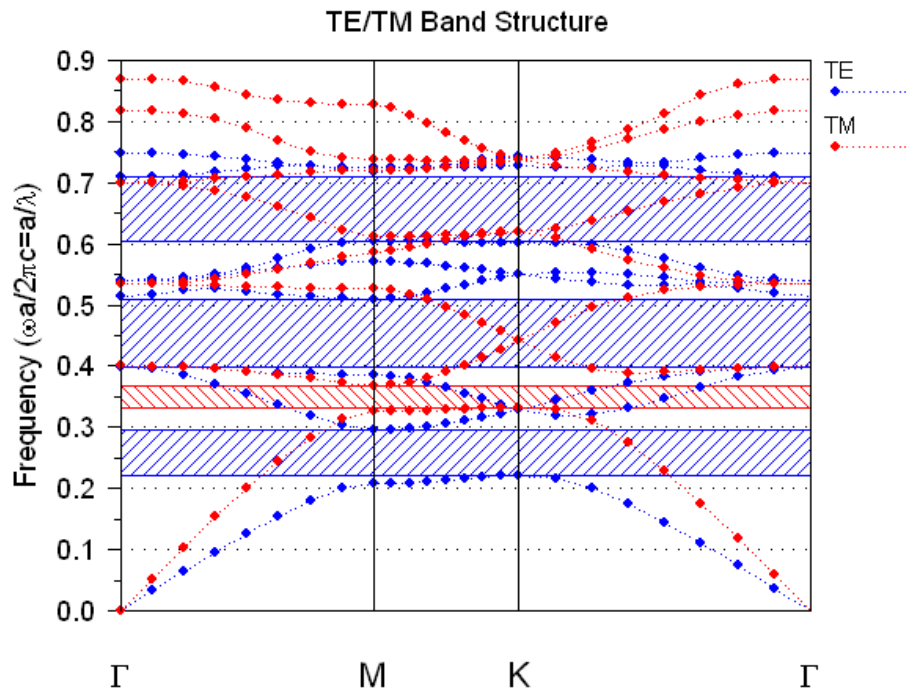


Figure III.13: Diagramme des bandes pour les modes TE et TM dans la structure FCP.

On peut constater que les bandes des modes TE dans le diagramme sont toutes reliés, cela signifie qu'il n'y a aucune bande interdite photoniques qui empêche la propagation des ondes.

On constate que les bandes des modes TE et TM dans le diagramme sont toutes reliés, cela signifie qu'il n'y a aucune bande interdite photoniques qui empêche la propagation des ondes. Cette propriété est due à la faible valeur de l'indice des trous par rapport à l'indice de la couche guidante, donc l'onde se propage dans la zone d'indice le plus élevé de la bande interdite [29].

III.6. Conclusion :

Vu la complexité des composants à cristaux photoniques, la caractérisation optique à travers la modélisation reste un outil indispensable à l'étude de ces dispositifs à cristaux photoniques.

Dans ce chapitre, nous avons présenté les deux méthodes de simulation : la méthode des ondes planes (PWM) et la méthode des différences finies dans le domaine temporel (FDTD). Ensuite, nous avons décrit les deux modules de simulation le Bandsolve et le Fullwave de Rsoft CAD que nous avons utilisé au cours du quatrième chapitre de ce manuscrit. Par ailleurs, nous avons décrit les étapes de simulation pour le calcul des modes guidés dans un guide d'onde à cristaux photoniques bidimensionnels de type W1 prise comme exemple, dans le chapitre suivante nous avons étudié la cavité et l'étude de guide d'onde a CP, et l'étude démultiplexeur .