

III.1 Introduction

Les cristaux photoniques à structure périodique semblent très prometteurs puisqu'ils permettent une amélioration des performances de nombreux systèmes existants (fibre optique, antennes, photovoltaïque).

Dans ce chapitre on va présenter le logiciel Rsoft CAD et en particulier les modules DiffractMOD et FullWave. Le développement des méthodes de modélisation optique précise et rapide reste donc primordial pour l'étude de ces structures [21]. Les méthodes étudiées dans ce module est la méthode de RCWA (*Rigorous Coupled Wave Analysis*) et la méthode FDTD (*différences finis temporel domaine*), nous avons appliqué ces méthodes à des structures à base de cristaux photoniques gravés dans des empilements de couches minces.

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 guides d'ondes, des cavités résonantes, des circuits optiques et d'autres dispositifs photoniques. Ce logiciel calcule la réflexion, l'absorption et l'efficacité de transmittance de diffraction à tout ordre de diffraction sous la forme d'un la réflexion ou la transmittance de spectre.

Comme la dernière addition à la suite de conception de niveau du composant de la Rsoft, qui comprend également BeamPROP, FullWave, BandSOLVE, GratingMOD et Laser MOD, DiffractMOD partage également la même interface de mise en page Rsoft photonique CAD que les autres outils de composants. L'interface de CAD conviviale permet la définition précise d'un profil arbitraire sans limites associées à une approximation par morceaux. Résultats optimisés peuvent être trouvés rapidement le processus de conception et de modélisation est entièrement paramétrable permettant des simulations de lots. Un avantage important d'une interface de CAD partagée est qu'une fois que les concepteurs de créer et d'analyser la structure de diffraction dans DiffractMOD, la même disposition de conception peut être directement simulé en double alternance et FullWave pour d'autres aspects de la même structure - comme réponse dans le domaine temporel avec finie temps de différence de méthode de domaine ou l'analyse de structure de bande avec la méthode d'extension d'onde plane.

III.2.2 le simulateur « DiffractMOD »

DiffRACTMOD est un outil de conception et de simulation pour les structures optiques diffractifs tels que des éléments de diffraction optiques, structures périodiques, et des cristaux photoniques de bande interdite. Il est basé sur la technique couplée analyse rigoureuse de la vague (RCWA) qui a été mis en œuvre en utilisant des algorithmes avancés, y compris la factorisation de Fourier rapide et généralisée formulation de ligne de transmission. L'outil a des applications étendues dans un large éventail de domaines, y compris la fabrication de semi-conducteurs et l'optique ondulatoire. La méthode RCWA utilise le concept d'une cellule de l'unité pour gérer des structures périodiques à la fois en 2D, et est spécialement conçu pour les structures multicouches [22].

III.2.3 Le simulateur « FullWave »

Les simulations numériques ont été effectuées avec le logiciel Fullwave qui est un logiciel de simulation électromagnétique, basé sur la méthode des différences finis dans le domaine temporel FDTD.

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 Méthode de modélisation

Il existe de nombreuses méthodes numériques permettant de résoudre les équations de Maxwell. Ces méthodes peuvent être classées suivant différents critères, comme le domaine dans lequel elles opèrent, temporel ou fréquentiel, ou encore le nombre de dimensions de l'espace qu'elles discrétisent.

Les méthodes numériques utilisées dans ce travail est une méthode modale fréquentielle utilisant une discrétisation bidimensionnelle (2D) suivie d'une intégration analytique dans la troisième direction, cette méthode est la méthode modale de Fourier, dite aussi *Rigorous Coupled Wave Analysis* (RCWA) bien connue et très utilisée pour le calcul de la diffraction et l'absorption par des objets périodiques.

La méthode FDTD (Finite Difference Time (Domain), une des méthodes numériques les plus répandues, opère dans le domaine temporel en discrétisant les trois directions (3D) de l'espace.

III.3.1 La méthode des différences finis dans le domaine temporel (FDTD)

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 [22].

III.3.2 Méthode modale de Fourier (RCWA)

La méthode modale de Fourier permet de résoudre le problème de la diffraction par une structure périodique en calculant les modes de la structure et leurs échanges d'énergie aux interfaces. Les modes sont calculés en développant en série de Fourier le champ électromagnétique ainsi que la permittivité et la perméabilité de la structure. Cette méthode, qui porte également dans la littérature le nom de RCWA (Rigorous Coupled Wave Analysis), a été développée initialement vers la fin des années 70 pour l'analyse électromagnétique des réseaux de diffraction. Parallèlement, elle a été utilisée dans le domaine des cristaux photoniques pour le calcul des diagrammes de bande, sous le nom de méthode des ondes planes. Cette méthode peut être généralisée au calcul de la diffraction. Cette extension du domaine d'application de la méthode est basée sur une périodisation de l'objet couplée à l'utilisation de couches absorbantes

Pour exposer les grandes lignes de la méthode modale de Fourier, nous considérons la diffraction par le réseau unidimensionnel (1D) multicouches du cas plus général d'un réseau 2D n'apporte pas de difficultés supplémentaires autres que des difficultés d'ordre calculatoire [23].

III.4 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.1)

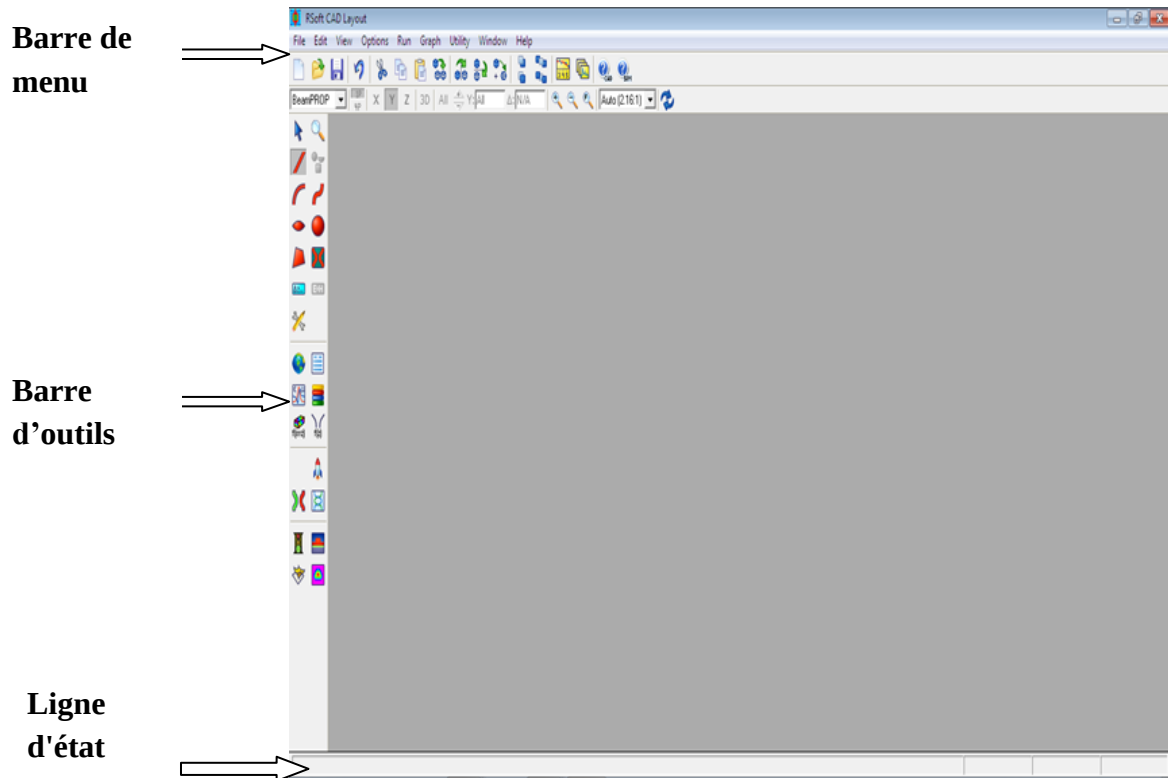


Figure.III.1: Fenêtre principale du programme CAD

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.4.1 Création d'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. 1 va apparaître figure.III.2 [22].

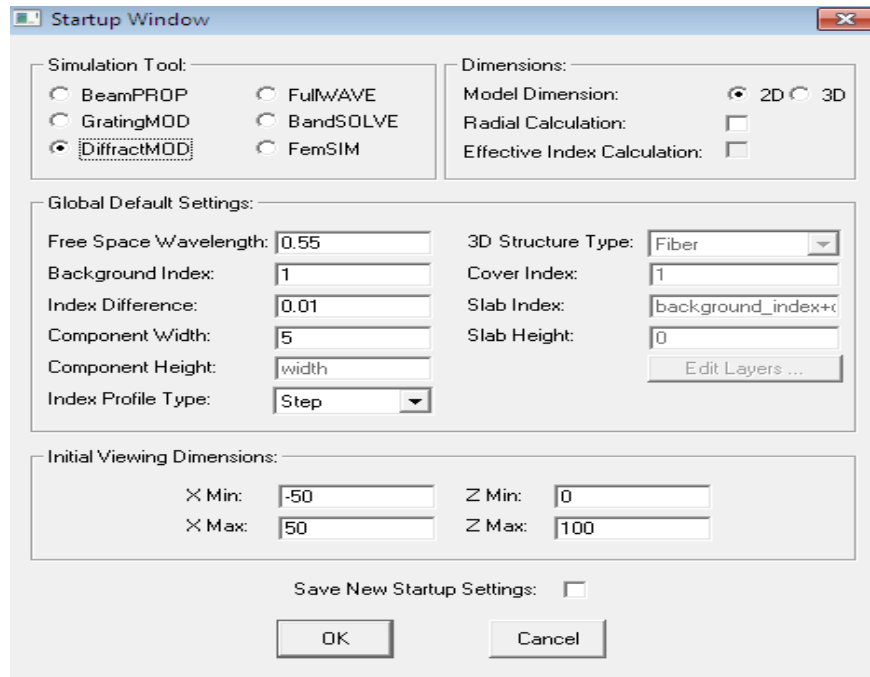


Figure III.2 : La fenêtre de démarrage (startup Window).

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.3 [22].

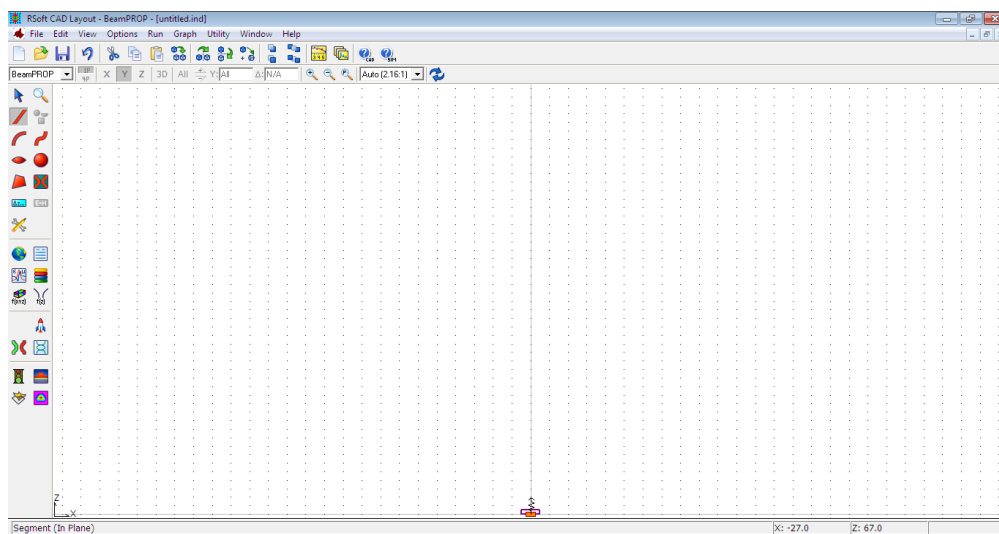


Figure III.3: Nouvelle fenêtre pour réaliser un nouveau composant ou nouveau circuit.

III.4.2 Création de la structure dans le CAD Rsoft

Pour créer le composant diffractif, il suffit de tracer un segment dans l'interface de CAD en déplaçant la souris vers la recherché position de départ, appuyer et maintenir le bouton gauche de la souris, déplacer la souris à la position de fin souhaitée, et en appuyant sur le bouton de la souris. Dans cet exemple, nous n'utiliserons un segment à créer la structure. Bien sûr, plus des structures complexes peuvent être réalisées grâce à l'utilisation de segments supplémentaires.

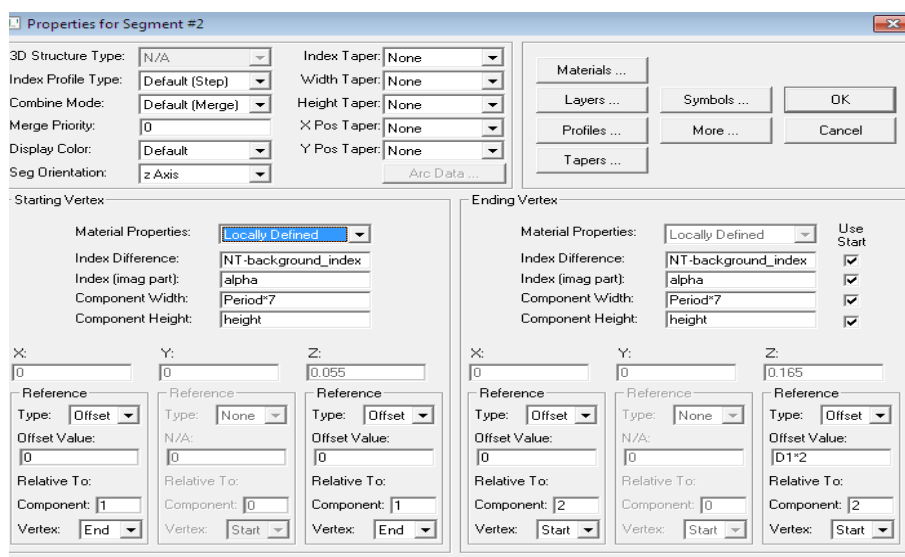


Figure III.4 : Propriétés sectoriels pour l'objet de guide d'ondes créé.

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.5.

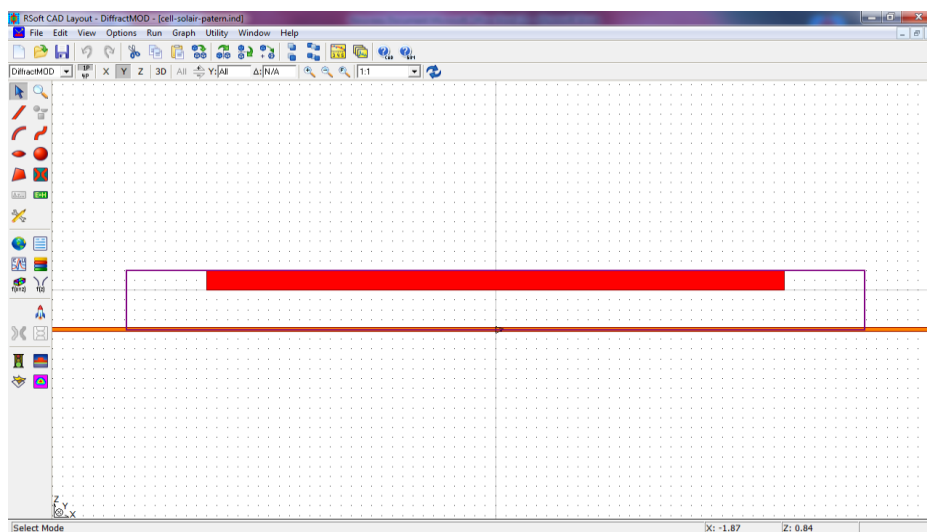


Figure III.5: Disposition de configuration nom structure.

III.4.3 Définition des variables

Cliquer sur l'icône  (Edit symboles) dans la fenêtre de CAD, le tableau de symbole (Table editor) s'ouvre (Figure III.6). 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).

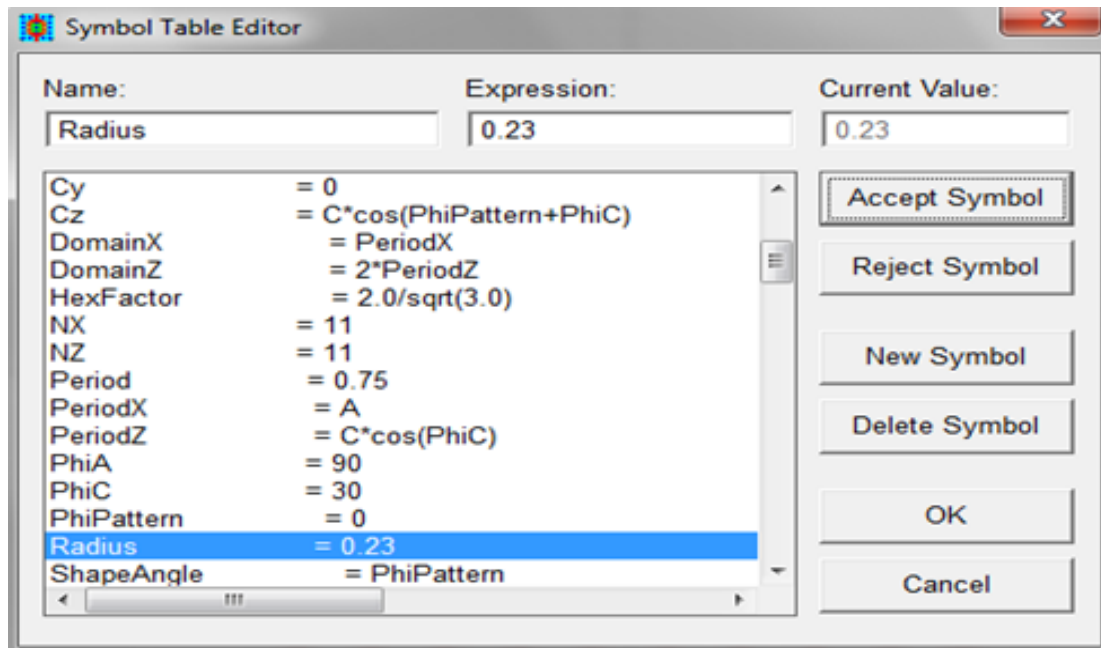


Figure III.6: L'éditeur du Tableau de symboles.

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.4.4 Vérification de la structure

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

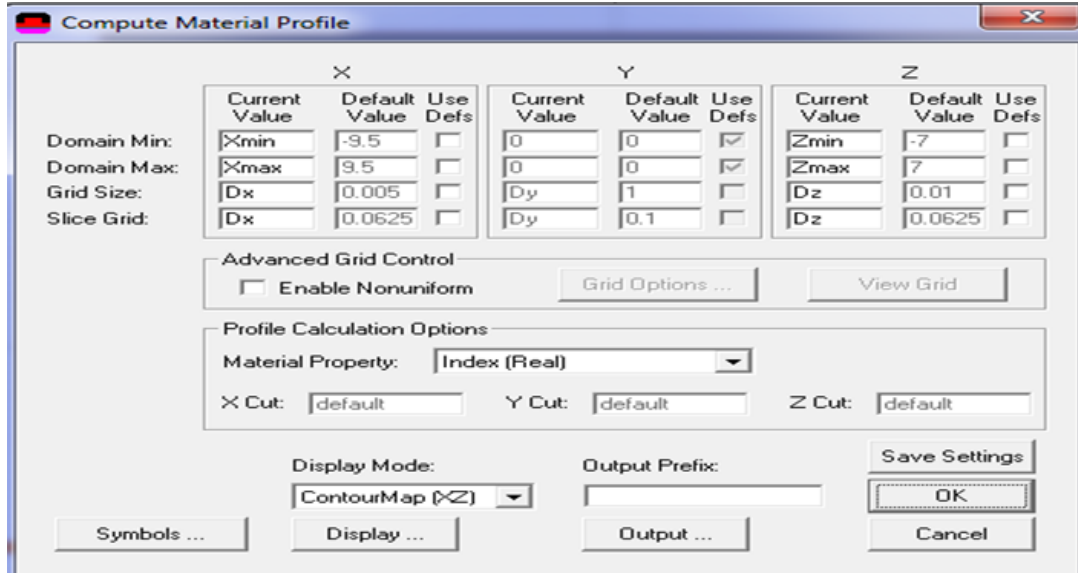


Figure III.7 : Arrangements de calcul de profil d'index.

Appuyez sur OK pour afficher le profil d'indice comme le montre la figure III.8.

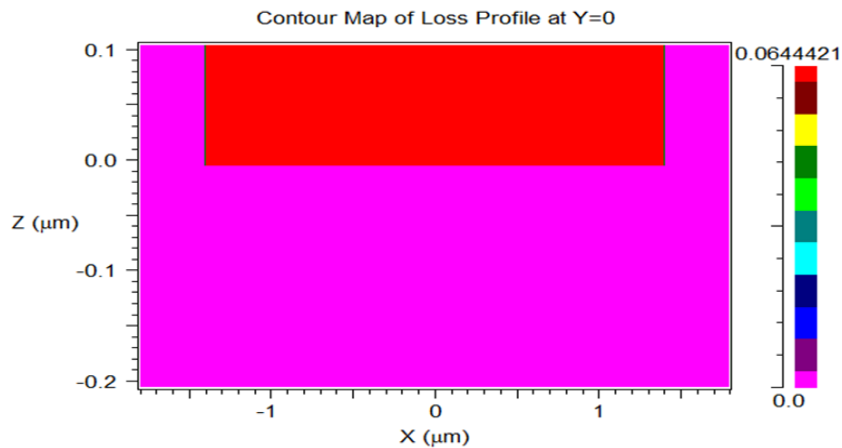


Figure III.8: Distribution d'index pour la configuration nom structure (référence).

Maintenant que nous avons créé la structure, nous pouvons définir les paramètres de simulation. Appuyez sur la simulation icône Effectuez (**Perform simulation**)  à ouvrir la boîte de dialogue Paramètres de simulation DiffractionMOD le montre la figure III.9

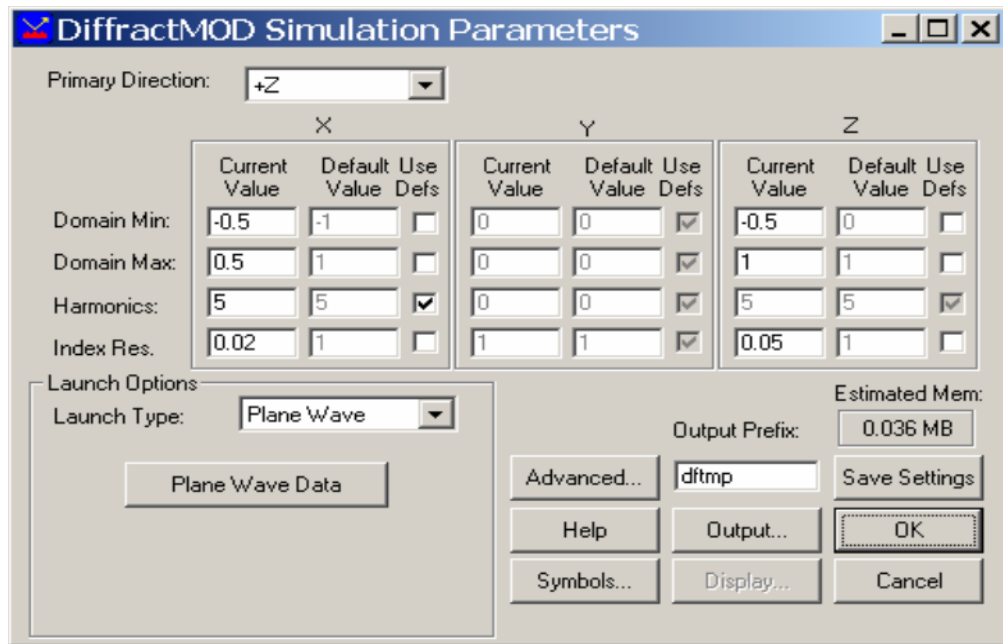


Figure III.9: La boîte de dialogue Paramètres de simulation DiffractionMOD où les paramètres de simulation sont contrôlés

Dans cette fenêtre, nous pouvons mettre en place tous les paramètres de simulation primaires tels que l'angle de lancement et nombre d'harmoniques être utilisés. Cependant, puisque c'est un cas simple, nous utiliserons toutes les valeurs par défaut. Toutes les options de simulation seront discutées en détail dans les sections suivantes [18].

III.4.5 Configuration du paramètre simulé (Réflexion, transmittance, absorption)

Appuyez sur le bouton de **Output** pour ouvrir la boîte de dialogue Options de sortie (Output) où l'on peut sélectionner le type (s) de la production nous voulons produire. Définir le type de tracé à vs longueur d'onde, le Min, Max, et les valeurs Step à 0,7, 1,5 et 0,001. Sélectionnez le Total normalisé puissance réfléchi et le total transmis normalisés options d'alimentation. Appuyez sur OK pour revenir à la DiffractionMOD dialogue Paramètres de simulation [22].

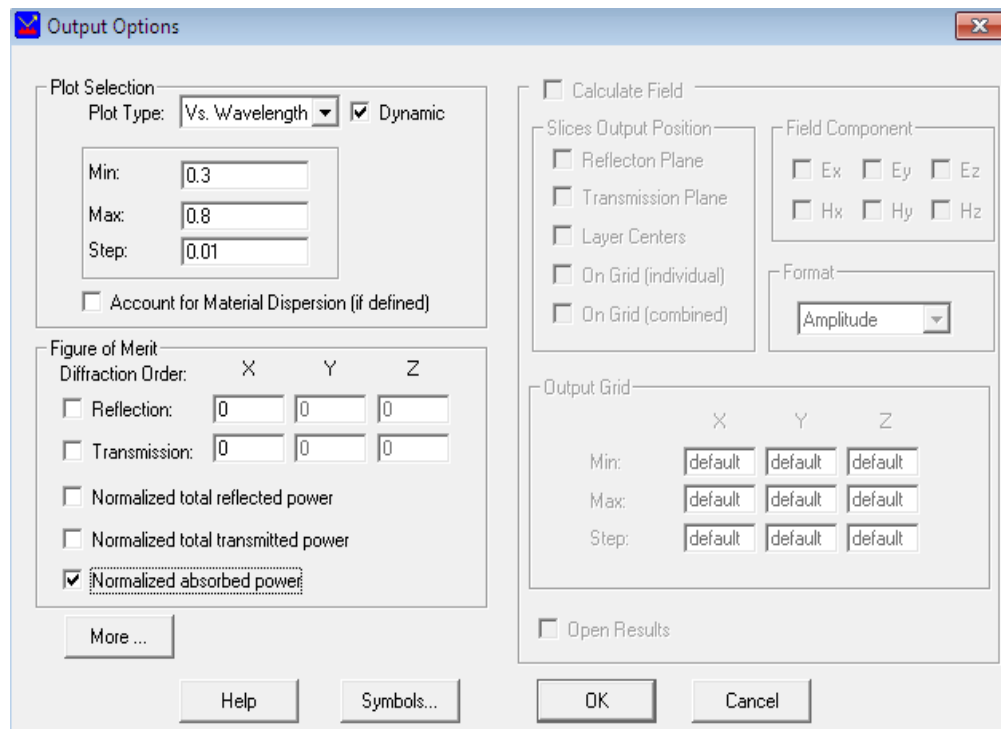


Figure III.10: Output Options.

III.4.6 L'exécution de la simulation

Appuyez sur le bouton OK pour lancer la simulation. Après la simulation est terminée, le résultat se affiche comme indiqué dans Figure III.10.

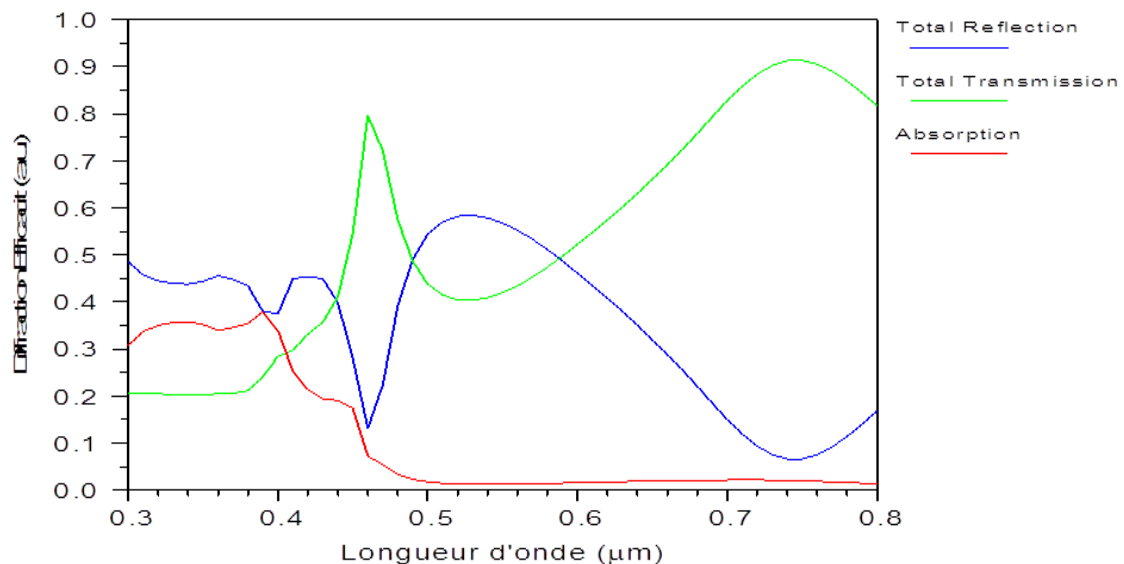


Figure III.11: Résultats de la simulation [22].

III.4.7 La lecture des résultats

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

III.5 Autres options de Rsoft CAD



Edit Launch Field (Editer Le Champ De Lancement) : Cette option ouvre la boîte de dialogue de **LaunchParameters** (paramètres de lancement) où l'utilisateur peut indiquer le champ initial pour une simulation.



Edit layer table (Editer Le Tableau De Couche) : Cette option ouvre **layer table Editor** (l'éditeur), il est utilisé pour définir les structures **3D** multicouche (multilayer).



Perform Simulation (Effectuer La Simulation) : Cette option ouvre la boîte de dialogue de Simulation Paramètre (paramètres de simulation) où l'utilisateur peut indiquer des paramètres de simulation avant de l'effectuer.



Edit Global Settings (Editer Les Arrangements Globaux) : Cette option ouvre la boîte de dialogue de Global Settings (globale d'arrangements) où les arrangements par défaut du circuit peuvent être placés. Elle est équivalente à la nouvelle boîte de dialogue de circuit.



Launch DataBrowser : Ces options ouvrent le Rsoft Data Browser.



Edit Pathways (Editer Les Voies) : Cette option permet à l'utilisateur de définir des pathways, qui sont utilisés pour définir des positions de lancement pour l'analyse.

III.6 Conclusion

Nous avons présenté dans ce Chapitre logiciel RsoftCAD, avec les simulateurs DiffractMOD et Fullwave, les grandes lignes de la méthode numérique qui a été utilisée dans ce travail et les étapes de simulation. Ces méthodes originales sont basées sur les méthodes (RCWA) et (FDTD) respectivement.