



**HAL**  
open science

## Développement d'une approche CAO pour les circuits et systèmes optiques et optoélectroniques

Laurent Guilloton, Smail Tedjini, Tan-Phu Vuong

### ► To cite this version:

Laurent Guilloton, Smail Tedjini, Tan-Phu Vuong. Développement d'une approche CAO pour les circuits et systèmes optiques et optoélectroniques. 2002. hal-00392503

**HAL Id: hal-00392503**

**<https://hal.science/hal-00392503>**

Submitted on 8 Jun 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## DEVELOPPEMENT D'UNE APPROCHE CAO POUR LES CIRCUITS ET SYSTEMES OPTIQUES ET OPTOELECTRONIQUES

GUILLOTON Laurent, TEDJINI Smail, VUONG Tan-Phu

*LCIS-ESISAR-INPG*  
50 rue B de Laffemas, BP54  
26000 Valence

email : prénom.nom@esisar .inpg.fr

Tél : 04-75-75-94-29

Fax : 04-75-75-94-50

**Résumé :** Dans cette communication, nous présentons une approche de CAO pour la simulation des circuits et systèmes optiques et optoélectroniques ainsi qu'un exemple détaillé d'un composant optique. La modélisation est obtenue grâce aux concepts de matrice S et de Jones. Les modèles développés sont intégrés au sein de la suite SERENADE en tant que « modèle-utilisateur », puis utilisés pour simuler quelques circuits optiques.

### I INTRODUCTION

Les technologies optiques basées sur l'utilisation de fibres et de dispositifs optiques et optoélectroniques intégrés sont de nos jours très utilisées et tendent à le devenir de plus en plus. Durant la dernière décennie, de nombreux progrès théoriques et technologiques ont été accomplis permettant ainsi de réaliser des transmissions à des larges bandes et d'effectuer du traitement de grandes quantités d'information. De ce fait les applications optiques sont devenues de plus en plus complexes à la fois en termes de fonctionnalités et d'intégration [1].

Initialement, sa capacité à avoir de faible perte et une très large bande passante ont fait de la fibre un composant idéal pour les transmissions. Le signal transmis était simplement modulé en intensité par un laser et la réception était réalisée par une simple détection d'enveloppe. Pour développer de telle solution les ingénieurs devaient optimiser un nombre limité de paramètres indépendants. De nos jours, avec l'arrivée des nouvelles architectures multiplexées, remplaçant la transmission simple initiale, les circuits optiques et optoélectroniques sont de plus en plus complexes. En raison de cette complexité, le nombre de paramètres à optimiser est devenu grand, et généralement, ces paramètres ne sont plus indépendants. Il est donc nécessaire de développer des outils permettant aux concepteurs d'optimiser leurs circuits et leurs systèmes. Dans cette communication nous proposons une approche pour développer un outils de CAO dédié aux circuits et systèmes optiques. Un tel simulateur doit permettre une description réaliste des composants et signaux optiques tout en étant compatible et intégrable dans un outil de simulation électronique. Nous présentons tout d'abord la description que nous avons adoptée pour modéliser les éléments optiques puis nous montrerons un exemple d'intégration dans la suite SERENADE, qui est un outil de simulation RF et micro-ondes.

### II TECHNIQUE DE MODELISATION DE COMPOSANTS OPTIQUES

Afin de modéliser sous SERENADE un composant optique, nous allons lui associer une matrice-S optique représentant son comportement physique [2]. La matrice-S optique est définie comme une généralisation de la matrice-S micro-onde de part la similarité entre ces

deux types de composants, notamment en ce qui concerne les phénomènes de propagation. Cependant un composant optique est en réalité bimode [3].

En effet un composant optique supporte deux modes correspondant au deux polarisations du champ. Il est donc possible de représenter un signal optique sous la forme d'un vecteur nommé "vecteur de Jones" [2].

Nous pouvons ainsi définir les paramètres-S optiques de notre composant (tenant compte de la polarisation). Un composant N-accès peut être caractérisé par la relation linéaire suivante :

$$[B_j] = [S_{ij}][A_i] + [C_j] \quad (2)$$

où les  $S_{ij}$  représentent les paramètres-S du modèle et où les  $C_j$  représentent les sources optiques éventuelles. Chaque paramètre-S est en réalité une matrice 2\*2 où les termes diagonaux représentent les états de polarisation et où les termes antidiagonaux représentent les couplages entre ces polarisations.

### III EXEMPLE DE MODELE DEVELOPPE : FIBRE OPTIQUE ET GUIDE

La fibre optique est un composant passif à 2-accès. La matrice-S d'un tel composant est la suivante :

$$S_{fiber} = \begin{bmatrix} 0 & F \\ F^T & 0 \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} e^{\cos(\theta).(\alpha + j\beta)x/l} & e^{\sin(\theta).(\alpha + j\beta)l} \\ e^{\sin(\theta).(\alpha + j\beta)l} & e^{\cos(\theta).(\alpha + j\beta)y/l} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Où  $\alpha$  représente le coefficient d'atténuation supposé constant dans une fenêtre optique.

$\beta$  représente la constante de phase de la fibre optique.

$\theta$  représente l'état de polarisation du signal lumineux à l'entrée de la fibre.

En pratique, la préservation de l'état de polarisation n'est pas assurée dans le cas des fibres optiques standards. Les perturbations externes telles que contraintes ou torsions mécaniques peuvent induire des couplages non voulus entre deux modes de polarisation.

Pour tenir compte d'une rotation de polarisation, il faut modifier les termes diagonaux de la matrice-S.

Pour notre modèle les paramètres utiles sont :  $l$  (longueur),  $d$  (diamètre du cœur),  $\lambda_0$  (longueur d'onde centrale d'utilisation), le matériaux,  $S_0$  (GVD Slope),  $\lambda_{zd}$  (longueur d'onde au zéro de dispersion),  $\alpha$  (constante d'atténuation pour  $\lambda_0$ ),  $B$  (biréfringence de la fibre), difindex (différence d'indice entre le cœur et la gaine), ainsi que  $\theta$  (polarisation à l'entrée) et  $z_0$  (impédance caractéristique).

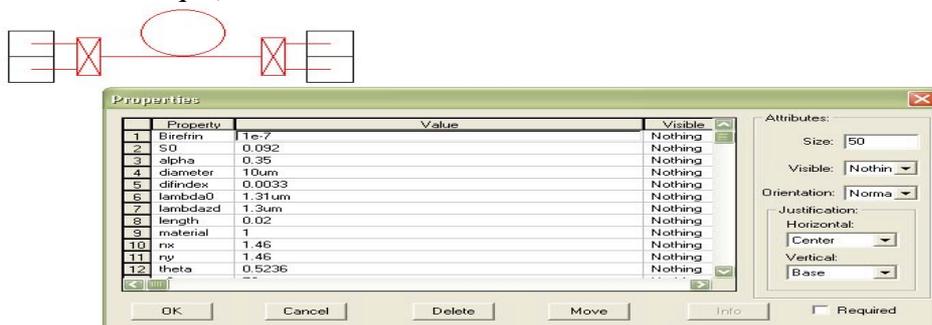


Fig 1: Fenêtre de configuration d'une fibre optique monomode.

Le modèle utilise les équations de Sellmeier [4] pour tenir compte des variations d'indice effectif en longueur d'onde. Le modèle teste également l'aspect monomode de la fibre avant d'effectuer tout autre calcul.

## IV EXEMPLES DE SIMULATIONS DE CIRCUITS REALISES PAR DES ELEMENTS FIBRES

Soit le circuit (Fig.2) représentant un interféromètre de Mach-Zehnder (coupleur 0.5) déséquilibré (longueur de fibre de 10km avec un déséquilibre de 10m). Nous obtenons alors les résultats suivants (Fig 3).

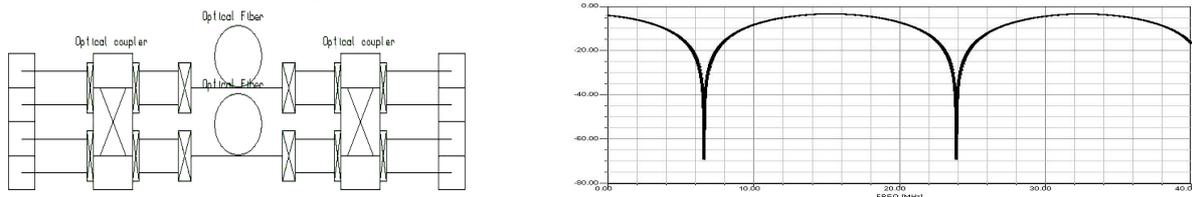


Fig 2 et 3 : Interféromètre de Mach-Zehnder, montage et réponse fréquentielle.

Nous observons des figures d'interférence représentant un filtre réjecteur de bande défini par la différence de longueur des fibres. On observe également une atténuation de 3.5dB du à la constante d'atténuation de la fibre.

Soit le circuit (Fig.4 ) composé du montage précédent et où les fibres sont remplacées par des boucles de recirculation (coupleurs 0.9 et fibres de 10 et 10.5m). Nous obtenons alors les résultats suivants (Fig.5 ).

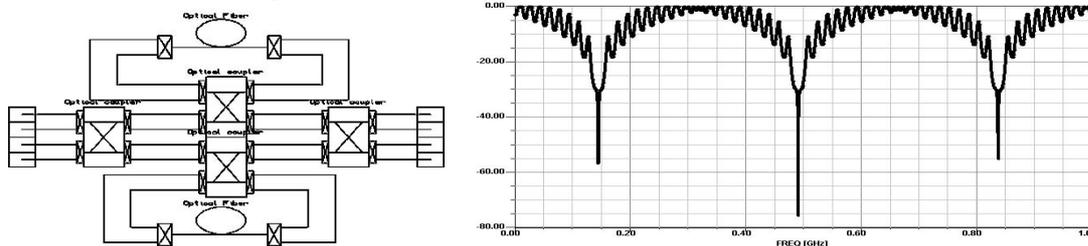


Fig 4 et 5 : Filtre Mach-Zehnder, montage et réponse fréquentielle.

Nous obtenons des figures d'interférence où le premier ordre est du à la structure du Mach-Zehnder et où le second ordre est du au boucle de recirculation.

## V CONCLUSION

Nous avons entrepris le développement d'un outil de CAO dédié aux circuits et systèmes optiques et optoélectroniques. La première étape a consisté à développer un modèle de description des composants optiques de base. Ensuite les modèles ont été intégré dans la suite SERENADE en tant que bibliothèque optique (pour le moment seul les composants passifs ont été développé). Ceci nous a permis de simuler la réponse de circuits optiques de la même manière qu'on simule des circuits électroniques.

## VI BIBLIOGRAPHIE

- [1] " Optical fiber communication systems ", KAZOVSKY, BENEDETTO, WILLNER, Artech House,1996,
- [2] " Optical network theory ", YITZHAK WEISSMAN, Artech House,1992.
- [3] "All optical networks, microwave and millimeterwave circuits", S. TEDJINI, A. HO-QUOC, D. KHALIL, IEEE-MTT, 43 n°9 pp 2428-2434, September 1995.
- [4] Base de donnée HOC de Scivision.