

# WDM PHASAR POUR LA GÉNÉRATION DE M-SÉQUENCES DANS UN SYSTÈME OCDMA SPECTRAL

Guillaume Pille<sup>1,2</sup>, Yves Moreau<sup>1</sup>, Jérôme Galy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Groupe Photonique - CEM2, UMR CNRS 5507  
Université Montpellier II, 34095 Montpellier cedex 5

<sup>2</sup> LIRMM, UMR CNRS 5506  
161 rue Ada 34392 Montpellier Cedex 5

pille@cem2.univ-montp2.fr

## RÉSUMÉ

Notre laboratoire participe à l'élaboration de composants WDM (multiplexage en longueur d'onde) réalisés par polymérisation locale d'un substrat obtenu par voie SOL-GEL. Nous présentons ici une alternative d'un dispositif précédemment étudié de CDMA spectral tout-optique. Ce système utilise un composant de type WDM PHASAR couplé à un agencement de guides optiques croisés pour générer des m-séquences. Cette nouvelle approche optimise le nombre d'utilisateurs et simplifie la réalisation.

**MOTS-CLEFS :** *OCDMA spectral, WDM, Organique/Inorganique*

## 1. INTRODUCTION

La solution optique intégrée pour le multiplexage en longueur d'onde s'est considérablement développée ces dernières années. Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'élaboration de tels dispositifs par un procédé maîtrisé d'inscription par laser dans un matériau de type ormosil obtenu par voie SOL-GEL, en collaboration avec le Laboratoire Des Verres de Montpellier et la société Kloé [1].

L'augmentation de débit des transmissions, nécessitant un partage optimisé de bande passante, pourrait passer par l'utilisation de techniques d'accès multiple par code optique (OCDMA) qui offrent sécurité, flexibilité et fiabilité aux communications optiques. Certaines propriétés des coupleurs à interférences multimodes (MMI) nous ont permis de l'utiliser comme codeur spectral d'un système CDMA original à faible coût. Nous avons montré ses possibilités théoriques en terme de diaphotie et de nombre d'utilisateurs. Il paraît a priori difficile d'améliorer les performances de codage et la réalisation du dispositif rencontre certaines difficultés. Grâce aux propriétés de la gamme spectrale libre (FSR) et un agencement *désordonné* des sorties d'un composant aux performances supérieures, le WDM PHASAR à coupleurs en étoile, nous pensons dépasser les limitations rencontrées et présenter un codeur efficace.

## 2. PRINCIPE ET PERFORMANCE DU OCDMA SPECTRAL À MMI PHASAR

Le système CDMA consiste à remplacer les bits de message émis par un code attribué à chaque utilisateur. Ce code peut être une séquence pseudo-aléatoire d'impulsions ou une combinaison de fréquences ou longueurs d'onde. L'ensemble des messages codés est multiplexé puis transmis sur une ligne. A la réception, on corrèle le message multiplexé avec le code d'un des utilisateurs afin d'extraire la donnée utile : si les codes sont orthogonaux, seul le processeur de la clé voit le message. Dans notre système de codage CDMA, le MMI WDM joue le rôle de codeur spectral et un composant identique va décoder le signal multiplexé [2].

Le WDM à MMI trie sur ses sorties des longueurs d'onde. Sa particularité est que sur deux sorties adjacentes se focaliseront deux longueurs d'onde non-adjacentes, cette distribution « désordonnée » pouvant être déterminée analytiquement. En regroupant des sorties adjacentes, on crée un spectre adapté aux codes recherchés.

Il apparaît dans notre étude que des symétries dans les codes, issues de la géométrie de notre MMI WDM 8X8, altèrent grandement le nombre de codes possibles, en le limitant dans notre cas à 2 codes parfaitement orthogonaux. Nos simulations autorisent un troisième code, donc un troisième utilisateur, généré par le MMI PHASAR mais non orthogonal aux deux autres. On remarque ainsi que le nombre

d'utilisateurs potentiels augmentent lentement avec le nombre d'entrée/sorties, rendant rapidement le design trop complexe et diminuant d'autant les performances en terme de diaphotie. D'autres problèmes comme l'importante diaphotie non-adjacente et les difficultés de réalisation liées aux dimensions du composant nous ont amené à étudier un autre codeur [3].

### 3. UN WDM PHASAR À COUPLEURS EN ÉTOILE COMME CODEUR

Face aux différents problèmes posés par l'utilisation des MMI WDM, une nouvelle approche de codage est envisagée, cette fois à l'aide d'un WDM PHASAR à coupleurs en étoile. Le procédé de fabrication de ce composant est très bien maîtrisé, facilitant son intégration dans notre système CDMA.

#### 3.1 Fonctionnement du wdm phasar

Cet autre composant destiné au démultiplexage en longueur d'onde et peut être vu comme un spectromètre de Rowland, le PHASAR remplaçant le réseau de diffraction du spectromètre [4].

Un faisceau polychromatique pénètre dans une zone large assimilée à une zone d'espace libre, le coupleur en étoile, et s'étend sur toute la largeur à une certaine distance, en théorie selon un arc de cercle qui marque l'extrémité du coupleur. Un réseau de  $n$  guides (PHASAR) de longueurs différentes ( $L_{i+1} = L_i + \Delta L$ ,  $L_i$  étant la longueur du bras  $i$ ) échantillonne le champ qui se trouve injecté dans le second coupleur en étoile moyennant un déphasage relatif  $\Delta\phi$ . De ce déphasage naît la discrimination en longueur d'onde et la séparation des différents canaux en sortie comme le montre la Figure 1. Dans la suite de l'étude, nous prenons comme exemple un WDM PHASAR 7x7 simulé d'après les paramètres technologiques de note matériau organique/inorganique.

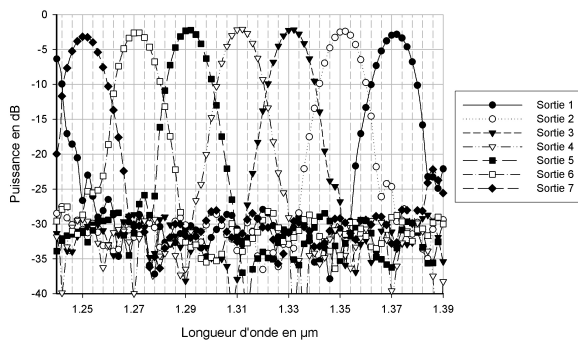


FIG. 1 – Puissance en sortie d'un WDM Phasar à coupleurs en étoile 7x7.

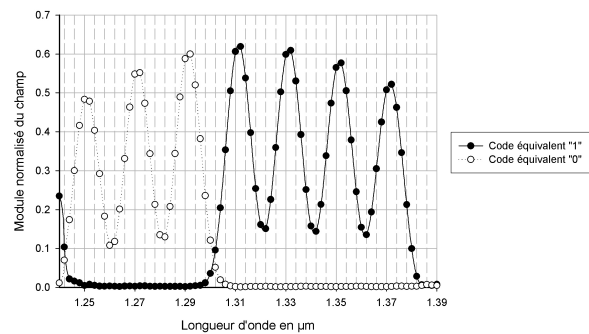


FIG. 2 – Spectres complémentaires créés par couplage des sorties adjacentes.

#### 3.2 Génération de m-séquences spectrales

Une propriété intéressante de ce dispositif est liée à la périodicité fréquentielle (FSR), qu'on peut expliquer par une approche assimilant le comportement du PHASAR à une transformée de Fourier. Ce phénomène se caractérise par le fait qu'une même longueur d'onde se focalise successivement sur toutes les sorties lorsqu'on change l'entrée alimentée. L'ordre de focalisation en sortie est une permutation circulaire de toutes les longueurs d'onde démultiplexées : si en illuminant l'entrée 1 on retrouve, selon l'ordre des sorties, «  $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$  », sur l'entrée 2 on aura «  $\lambda_n, \lambda_1 \dots \lambda_{n-1}$  » et sur l'entrée 3 «  $\lambda_{n-1}, \lambda_n \dots \lambda_{n-2}$  ». Cette propriété, peu intéressante dans le cadre du démultiplexage, est la base de notre codeur. En effet on peut considérer que l'ordre des longueurs d'onde en sortie, propre à l'entrée illuminée, constitue la signature spectrale d'un utilisateur. En regroupant les quatre premières sorties d'une part, et les 3 autres d'autre part, on somme les énergies correspondantes. Ce regroupement est illustré par la Figure 2. Les deux spectres complémentaires correspondent respectivement aux bits « 1 » et « 0 » du message à

transmettre. Dans cette configuration, des symétries dans les codes limitent considérablement le nombre de codes orthogonaux, et par là-même le nombre d'utilisateurs potentiels.

Une solution consiste à regrouper des sorties non-adjacentes, par un croisement des guides de sortie. Ainsi, on peut sélectionner le code spectral à émettre, par exemple, « 1010011 » (*i.e.* le spectre se compose de «  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_6, \lambda_7$  ») pour l'entrée 1, ce qui revient à intervertir les guides de sortie 1 et 4, et 3 et 5 (v. Fig. 3). Il apparaît que les codes ainsi générés s'apparentent à des m-séquences spectrales, formant un ensemble de 7 codes parfaitement orthogonaux, permettant ainsi à 7 utilisateurs de communiquer. La réalisation de tels croisements de guides a nécessité une étude préalable de l'angle de croisement limite afin d'éviter des pertes trop importantes. Des simulations fondées sur une méthode de propagation de champ (jBPM, logiciel développé au laboratoire, disponible en ligne [5]) semble autoriser un angle minimum de 30° pour nos paramètres technologiques. La Fig. 4 présente une première approche d'un layout avec croisement des sorties (environ 3 mm x 2 mm).

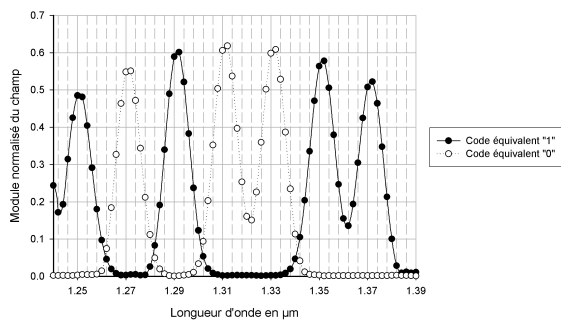


FIG. 3 – Spectre des sorties croisées après regroupement.

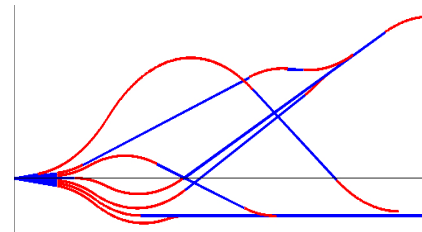


FIG. 4 – Layout de guides de sortie croisés.

La simulation par BPM d'un dispositif complet nous laisse espérer de faibles pertes de configuration tout en conservant un crosstalk supérieur à 20dB. De telles performances théoriques confirment la possibilité de générer  $N$  codes orthogonaux avec un composant  $N \times N$ .

### CONCLUSION

Une nouvelle approche de codage OCDMA spectral par la génération de m-séquences est présentée, tirant profit de la périodicité spatiale des focalisations en sortie des WDM PHASAR à coupleurs en étoile. Une première phase de simulation montre la faisabilité et l'intérêt de l'utilisation d'un tel composant. L'élaboration de règles de design des guides de sortie croisés nous permettra de les optimiser en longueur et en pertes. Enfin, la mise au point d'un design fiable découlera sur la réalisation d'un prototype, en partenariat avec la société Kloé.

### RÉFÉRENCES

- [1] P. Coudray, P. Etienne, Y. Moreau, *Integrated optics based on organo-mineral materials*, E-MRS Spring Meeting, Materials, Process and Technology for Optical Interconnect, invited paper, Strasbourg, juin-99.
- [2] Y. Moreau, P. Coudray, K. Kribich, P. Etienne, *Système d'Accès Multiple Par Code En Technologie Organique-minérale*, JNOG 2000, pp.365-367, novembre 2000.
- [3] G. Pille, Y. Moreau, J. Galy, *Du WDM au CDMA : Performances d'un coupleur à interférences multimodes comme codeur d'un système CDMA optique*, Proceedings JNRDM, pp.363-365, 1991.
- [4] C. Dragone, *An  $N \times N$  optical multiplexer using a planar arrangement of two star couplers*, IEEE Photon. Technol. Lett, vol.3, pp.812-815, 1991.
- [5] <http://www.cem2.univ-montp2.fr/~moreau/jBPM/index.html>