



**HAL**  
open science

**EMPLOI DE TECHNIQUES MIMO POUR LES  
SYSTEMES DE COMMUNICATIONS OPTIQUES  
MULTIPLEXES EN POLARISATION: APPLICATION  
A L'ETUDE DE LA TRANSMISSION ET DE  
L'AMPLIFICATION OPTIQUE A BASE DE SOA**

Pascal Morel, Ludovic Collin, Mikael Guegan, Phillippe Rostaing, Yamen Issa,  
Ammar Sharaiha

► **To cite this version:**

Pascal Morel, Ludovic Collin, Mikael Guegan, Phillippe Rostaing, Yamen Issa, et al.. EMPLOI DE TECHNIQUES MIMO POUR LES SYSTEMES DE COMMUNICATIONS OPTIQUES MULTIPLEXES EN POLARISATION: APPLICATION A L'ETUDE DE LA TRANSMISSION ET DE L'AMPLIFICATION OPTIQUE A BASE DE SOA. 2008. hal-00489081

**HAL Id: hal-00489081**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-00489081>**

Preprint submitted on 3 Jun 2010

**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.

# EMPLOI DE TECHNIQUES MIMO POUR LES SYSTEMES DE COMMUNICATIONS OPTIQUES MULTIPLEXES EN POLARISATION : APPLICATION A L'ETUDE DE LA TRANSMISSION ET DE L'AMPLIFICATION OPTIQUE A BASE DE SOA

Pascal Morel<sup>1,2</sup>, Ludovic Collin<sup>3</sup>, Mikael Guégan<sup>1,2</sup>, Philippe Rostaing<sup>3</sup>, Yamen Issa<sup>1,2</sup>,  
Ammar Sharaiha<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Université Européenne de Bretagne (UEB)

<sup>2</sup> Laboratoire RESO, ENIB, CS 73862, 29238 Brest cedex 3

<sup>3</sup> Université de Bretagne Occidentale / Lab-STICC UMR3192, 6 Avenue Victor Le Gorgeu,  
CS 93837, 29238 Brest Cedex 3 – France

[morel@enib.fr](mailto:morel@enib.fr)

## RESUME

Le multiplexage en polarisation fait partie des diverses techniques fortement envisagées pour augmenter l'efficacité spectrale des futurs systèmes de communications optiques. Cependant, outre les difficultés liées à l'émission et à la réception de ces signaux optiques complexes, se pose le problème de leur amplification tout-optique, notamment à base de SOA (Semiconductor Optical Amplifier). Ce type de multiplexage dans une chaîne utilisant l'amplification par des SOA – composant intrinsèquement non-linéaire – n'est pas sans présenter une certaine analogie avec les systèmes de transmissions radiofréquences. Dans ce cas, l'emploi des techniques MIMO permet de tirer parti de la diversité engendrée par la polarisation. C'est pourquoi nous présentons dans cette communication les résultats d'une étude sur l'emploi de méthodes MIMO pour la transmission et l'amplification par un SOA de signaux multiplexés en polarisation.

**MOTS-CLEFS :** *multiplexage en polarisation (PDM) ; amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA) ; multiple-input multiple-output (MIMO).*

## 1. INTRODUCTION

Un des objectifs du multiplexage en longueur d'onde (WDM) dans les télécommunications optiques est de diminuer les coûts de communication par la mutualisation du canal de transmission. Le multiplexage en polarisation (PDM) permet d'augmenter encore l'efficacité spectrale en autorisant l'utilisation d'une seule longueur d'onde pour deux signaux. Cependant, outre les difficultés liées à l'émission et à la réception de ces signaux optiques, se pose le problème de leur amplification tout-optique, notamment à base de SOA (Semiconductor Optical Amplifier). Si ces derniers sont, malgré leurs fortes non-linéarités, des candidats prometteurs pour l'amplification dans les futurs réseaux métropolitains et d'accès de par leur faible coût et leur large bande passante, leur importante sensibilité vis-à-vis de la polarisation peut s'avérer être, en revanche, un inconvénient majeur pour des systèmes de transmission codés en polarisation. En effet, en raison de leur gain différentiel (souvent appelé PDG : Polarization Differential Gain) et de leur biréfringence, les SOA peuvent modifier (suivant leur point de fonctionnement) de manière significative l'état de polarisation des signaux injectés. Cette modification, qui s'exprime le plus souvent par une rotation non-linéaire de la polarisation, dépend également de la présence et du type de polarisation des autres canaux injectés. Ainsi le multiplexage en polarisation dans la chaîne de transmission par fibre optique utilisant l'amplification par des SOA présente une certaine analogie avec les transmissions sans fils RF polarisées [1]. L'emploi de techniques MIMO (multiple-input multiple-output) apparaît donc comme une solution intéressante pour ce type de transmission optique. Nous allons présenter dans cette communication les résultats de notre étude

sur l'emploi de ces techniques appliquées à la transmission et l'amplification de signaux multiplexés en polarisation par un canal constitué d'un SOA et d'une fibre optique.

Dans la suite, nous présentons tout d'abord le principe de la communication basée sur le multiplexage en polarisation (PDM) puis nous donnons les résultats de simulation obtenus en appliquant les techniques MIMO pour une transmission dans un canal composé d'une unique fibre optique standard. Enfin, nous discutons les modifications à apporter au système pour prendre en compte les effets non-linéaires liés à l'amplification optique dans un SOA, ceci afin de constituer une chaîne de transmission complète.

## 2. PRINCIPE DU SYSTEME DE TRANSMISSION OPTIQUE ETUDIE

Pour notre étude, nous avons choisi un système de communication similaire à celui développé par Han [2], dont le synoptique est schématisé sur la figure 1. Deux sources de modulation numériques synchrones (Data x et Data y) sont utilisées pour moduler séparément deux faisceaux lasers de polarisation TE et TM. Ces faisceaux modulés sont ensuite combinés puis injectés dans le canal qui, à terme, sera composé dans notre cas d'une fibre optique associée à un SOA. A la réception, le signal optique est séparé en polarisation avant d'être aiguillé vers un étage de détection cohérente (constitué d'un hybride optique associé à un détecteur différentiel). Cet étage permet de récupérer les composantes en phase et en quadrature de chaque état de polarisation pour les diriger vers le DSP (Digital Signal Processor). Dans ce dernier est implémenté un algorithme de traitement spécifique qui consiste à estimer, par le principe d'une technique MIMO [3], la matrice de Jones correspondant au canal ce qui permet d'estimer les données émises.

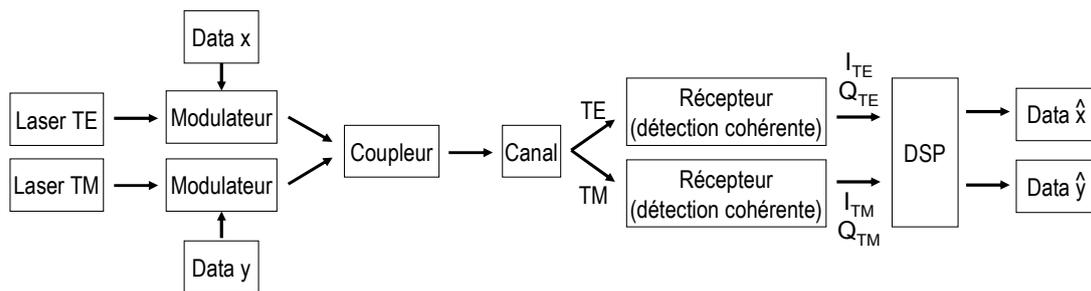


FIG. 1 : Schéma de principe du système optique multiplexé en polarisation étudié.

## 3. RESULTATS DE SIMULATION

Nous présentons sur les figures 2 et 3 des résultats de simulation obtenus avec un canal constitué d'une unique fibre optique standard. Les valeurs des paramètres de sa matrice de Jones ont été choisies conformément aux mesures effectuées dans [2]. Celles-ci sont volontairement bruitées afin de prendre en compte une perturbation aléatoire du canal de transmission.

Nous avons généré pour chaque polarisation (figures 2a et 3a) une constellation indépendante de type QPSK (modulation de phase à quatre états). Après propagation dans la fibre optique et à cause de sa biréfringence, les signaux reçus selon les polarisations TE et TM sont constitués d'un mélange des données émises (figures 2b et 3b). Après traitement par le DSP, nous retrouvons pour chaque état de polarisation une estimation des sources numériques (figures 2c et 3c).

Ces résultats montrent l'intérêt d'utiliser une technique MIMO pour restituer les données en présence d'un canal relativement simple. L'étape suivante consiste à insérer dans la chaîne de transmission le SOA. Ce dernier comportant de nombreuses non-linéarités (biréfringence et dépendance du gain vis-à-vis de la polarisation) [4], il convient d'étudier précisément son influence sur la transmission des signaux injectés. Son comportement étant fortement dépendant

des conditions de fonctionnement (puissance, polarisation et longueur d'onde des signaux optiques injectés), le DSP devra utiliser un algorithme de poursuite de la matrice canal.

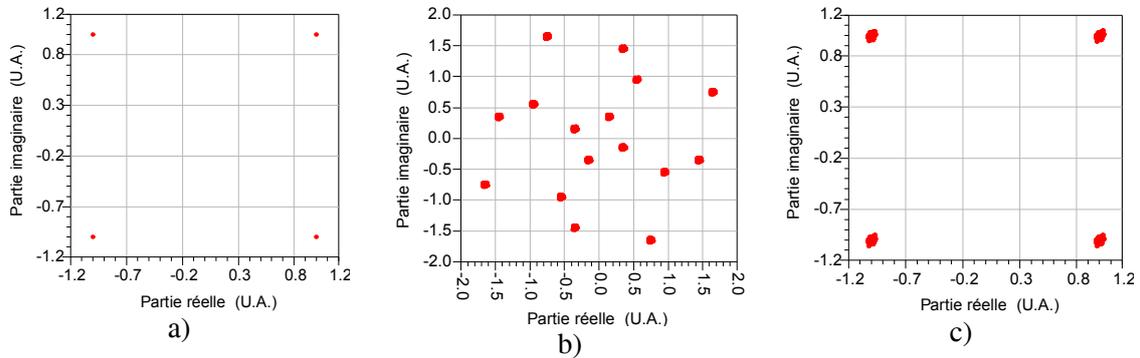


FIG. 2 : Constellations QPSK obtenues selon le mode TE : (a) à l'émission, (b) après détection cohérente, (c) après traitement par le DSP.

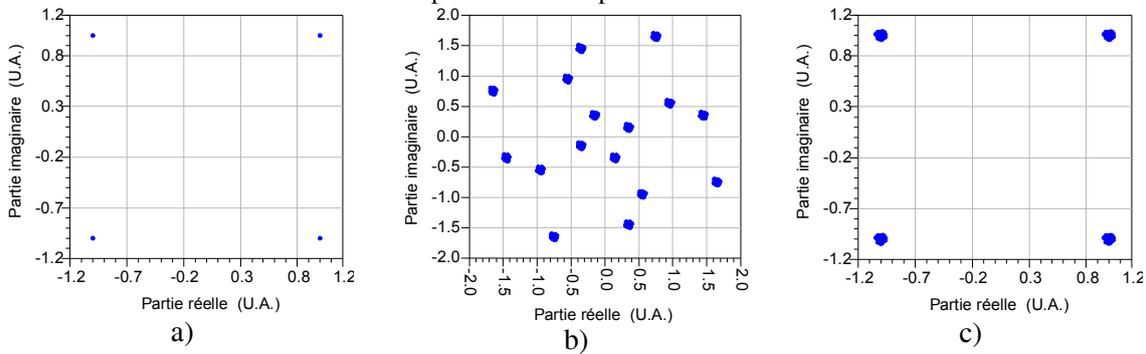


FIG. 3 : Constellations QPSK obtenues selon le mode TM : (a) à l'émission, (b) après détection cohérente, (c) après traitement par le DSP.

## CONCLUSION

Nous présentons dans ce travail des résultats de simulation montrant l'intérêt des techniques MIMO pour un système de communication optique basé sur le multiplexage en polarisation dans le cas d'un canal simple, composé d'une fibre optique standard. La suite de notre étude sera dédiée à l'insertion d'un SOA dans la chaîne pour déterminer l'influence de ses non-linéarités sur les performances de ce type de transmission.

## REFERENCES

- [1] B. Vrigneau, J. Letessier, P. Rostaing, L. Collin, and G. Burel, "Max-dmin precoder performances in a polarization diversity MIMO channel", *40th IEEE - Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, California, USA, October 29 - November 1, 2006.
- [2] Y. Han and G. Li, "Coherent optical communication using multiple-input-multiple-output", *Optics Express*, vol. 13, no. 19, p. 7527-7534, 2005.
- [3] A. Paulraj, R. Nadar and D. Gore, "Introduction to space-time wireless communication", Cambridge University Press, 2005.
- [4] M. Guégan, A. Sharaiha, M. Tariaki, F. F. L. Bentivegna and J. Topomondzo, "Towards the optimization of self-induced polarization rotation (SPR)-based all-optical 2R regeneration in a semiconductor optical amplifier", *ISMOT'07 Proceedings*, pp. 731-734, Rome, Italie, 2007.