



HAL
open science

Étude expérimentale d'un système hybride WDM/DS-OCDMA pour un réseau d'accès optique haut-débit

Steevy Cordette, Bertrand Kibler, Ihsan Fsaifes, Catherine Lepers, Cédric
Ware, Christophe Finot, Guy Millot

► **To cite this version:**

Steevy Cordette, Bertrand Kibler, Ihsan Fsaifes, Catherine Lepers, Cédric Ware, et al.. Étude expérimentale d'un système hybride WDM/DS-OCDMA pour un réseau d'accès optique haut-débit. 27èmes Journées Nationales de l'Optique Guidée, Oct 2008, Lannion, France. pp.A5.15, 302-304. hal-00469995

HAL Id: hal-00469995

<https://hal.science/hal-00469995>

Submitted on 4 Apr 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.

ETUDE EXPERIMENTALE D'UN SYSTEME HYBRIDE WDM/DS-OCDMA POUR RESEAU D'ACCES OPTIQUE HAUT DEBIT

**Steevy Cordette¹, Bertrand Kibler², Ihsan Fsaifes³, Catherine Lepers³, Cédric Ware¹,
Christophe Finot² et Guy Millot²**

¹ *Institut TELECOM, TELECOM ParisTech, CNRS LTCI
46 rue Barrault, 75634 Paris CEDEX 13, France*

² *Institut Carnot de Bourgogne, CNRS, UMR 5209, Université de Bourgogne, 9 av. Alain Savary,
21078 Dijon CEDEX, France*

³ *Laboratoire PhLAM, CNRS, UMR 8523, Université des Sciences et Technologies de Lille,
59650 Villeneuve d'Ascq, France*

steevy.cordette@telecom-paristech.fr

RESUME

Nous présentons une solution hybride WDM/DS-OCDMA pour l'application réseau d'accès optique haut débit. Cette solution permet d'augmenter la capacité de multiplexage du réseau en ajoutant une dimension supplémentaire à la dimension temporelle du code : la longueur d'onde. Les N longueurs d'onde du réseau WDM sont obtenues par découpage spectral d'une source continuum pulsée. Chaque sous-bande spectrale découpée délivre ensuite un train d'impulsions adapté à un codage temporel des données des utilisateurs du système.

MOTS-CLEFS : *OCDMA à séquence directe, WDM, découpage spectral, continuum optique, réseau de Bragg superstructuré*

1. INTRODUCTION

L'émergence de services triple-play (voix sur IP/vidéo/données) nécessitant des débits élevés, conduit au développement de technologies FTTH (fibre jusqu'à l'abonné). Dans ce contexte, il est intéressant de multiplexer plusieurs utilisateurs simultanément sur une même fibre.

Pour ce faire, le classique multiplexage en longueur d'onde (WDM) est un excellent candidat ; de plus, il peut être complémentaire de la technique d'accès multiple par répartition de codes (OCDMA : Optical Code Division Multiple Access) [1], afin d'augmenter le nombre total d'utilisateurs dans le réseau tout en gardant une gestion asynchrone de ce dernier. Toutefois, la nécessité de maintenir un bas coût pour le réseau d'accès s'accommode mal de la multiplication de sources laser.

Dans le cadre du Projet SUPERCODE financé par l'Agence Nationale pour la Recherche, nous présentons une architecture de système hybride WDM/DS-OCDMA utilisant le découpage spectral d'une unique source continuum [2] en N sous-bandes spectrales, et le codage de plusieurs utilisateurs par sous-bande en DS-OCDMA (Direct Sequence OCDMA). Le concept est étudié de façon expérimentale.

2. ARCHITECTURE DU SYSTEME HYBRIDE WDM/DS-OCDMA

Nous générons une source continuum, puis nous utilisons un démultiplexeur WDM afin d'obtenir, par découpage spectral, N canaux WDM. Les trains d'impulsions obtenus dans chaque canal WDM sont modulés par les données des utilisateurs et encodés temporellement suivant la technique DS-OCDMA par des codeurs fibrés à réseaux de Bragg superstructurés (S-FBG). Les différents canaux WDM sont ensuite transmis à travers le lien optique. Après transmission, chaque canal optique est filtré et les données des utilisateurs sont décodées par les décodeurs adaptés (Fig.1).

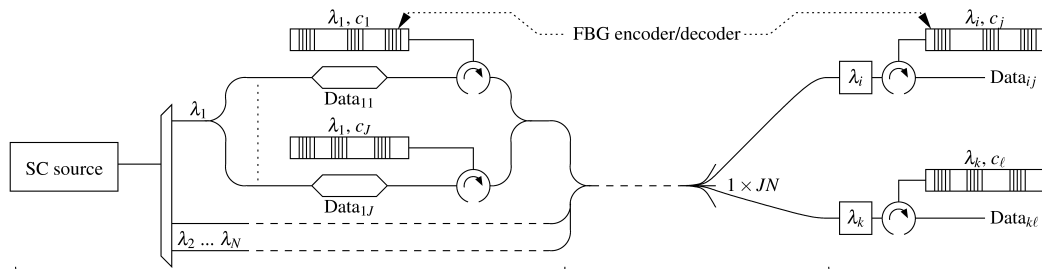


FIG. 1 : Architecture du réseau d'accès hybride WDM/DS-OCDMA pour réseau d'accès optique haut débit

3. GENERATION ET DECOUPAGE DE LA SOURCE CONTINUUM

Le continuum est généré par propagation d'une impulsion courte (1 ps) issue d'un laser à modes bloqués de forte intensité ($P_{crête} = 100$ W) dans 500 m de fibre OFS HNLF (Highly Non-Linear Fiber) [3]. Les caractéristiques de la fibre ($\gamma = 10$ W⁻¹.km⁻¹, dispersion : -0,6 ps.km⁻¹.nm⁻¹, faible dispersion d'ordre 3) sont choisies de telle sorte qu'elles permettent d'obtenir un continuum, à spectre plat dans la bande C. La source continuum délivre des impulsions de largeur spectrale à mi-hauteur de 35 nm centrée sur 1550 nm (Fig. 2(a)).

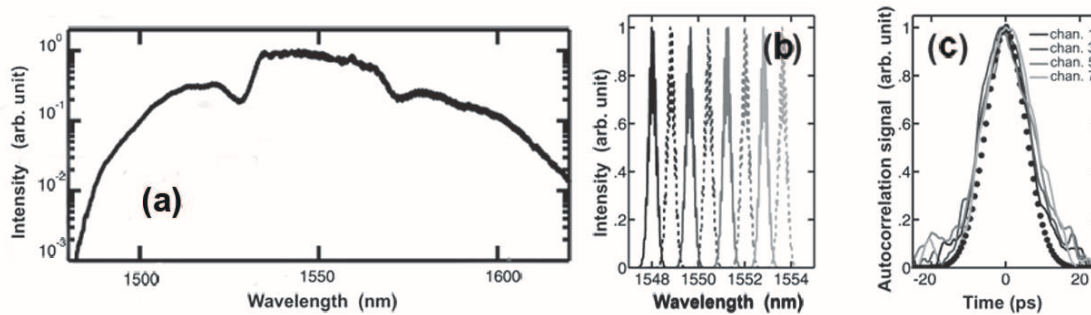


FIG. 2 : (a) Spectre expérimental du continuum en échelle logarithmique
(b) Spectre des sous-bandes du continuum (c) Autocorrélation d'une impulsion après découpage (simulation en courbe pointillée).

Le découpage spectral de la source continuum à l'aide d'un démultiplexeur permet d'obtenir des sous-bandes spectrales de 0,4 nm et des impulsions de l'ordre de 10 ps à mi-hauteur (Fig. 2(b) et (c)). Il n'est pas possible d'effectuer le découpage via un filtrage direct par les réseaux de Bragg constituant la structure des codeurs OCDMA, car leur spectre présente des lobes secondaires de niveau élevé (-10 dB) et une largeur spectrale à mi-hauteur de 1 nm. L'utilisation d'un démultiplexeur WDM présentant une largeur spectrale inférieure ou égale à celle des réseaux de Bragg de la superstructure des codeurs (≤ 1 nm) et un taux de réjection inter-canal élevé (> -30 dB), permet de diminuer l'amplitude de ces lobes secondaires. D'autre part, le choix de la largeur spectrale du démultiplexeur détermine la largeur temporelle à mi-hauteur des impulsions entrant dans les codeurs.

4. INTEGRATION SYSTEME

Le codage DS-OCDMA utilisé est un codage à étalement temporel : chaque bit codé donne une séquence d'impulsions qui matérialise les « 0 » et les « 1 » correspondant aux chips du code implémenté. Dans notre cas, les données de 4 utilisateurs sont codées sur chaque canal WDM. Les codes utilisés sont des codes quadratiques congruents étendus ($p = 5$) [1]. Ces codes sont des codes unipolaires quasi-orthogonaux de longueur $L = 45$, choisis pour leur faible niveau d'intercorrélations ($\lambda_c \leq 2$). Le temps chip T_c de ces codes est choisi égal à la largeur à mi-hauteur des impulsions obtenues après découpage spectral, ce qui donne un temps code $L \times T_c$ de 450 ps. Afin de minimiser

les interférences entre symboles, le temps bit devra être d'environ le double de cette valeur, suivant la séquence du code employé. Le débit par utilisateur a donc été fixé à 1,25 Gb/s.

Expérimentalement, nous réalisons le découpage spectral de la source continuum ; nous considérons le canal à $\lambda_c = 1550,41$ nm. Le train d'impulsions résultant est amplifié puis modulé par des données pseudo-aléatoires (PRBS) à 1,25 Gb/s. Ce train est divisé par un coupleur passif 1×4 et injecté dans 4 codeurs S-FBG et autant de fibres de décorrélation. Les trains de données codés sont recombinaés et amplifiés avant d'être injectés dans le décodeur 4 afin de reconstituer la séquence de données originelle.

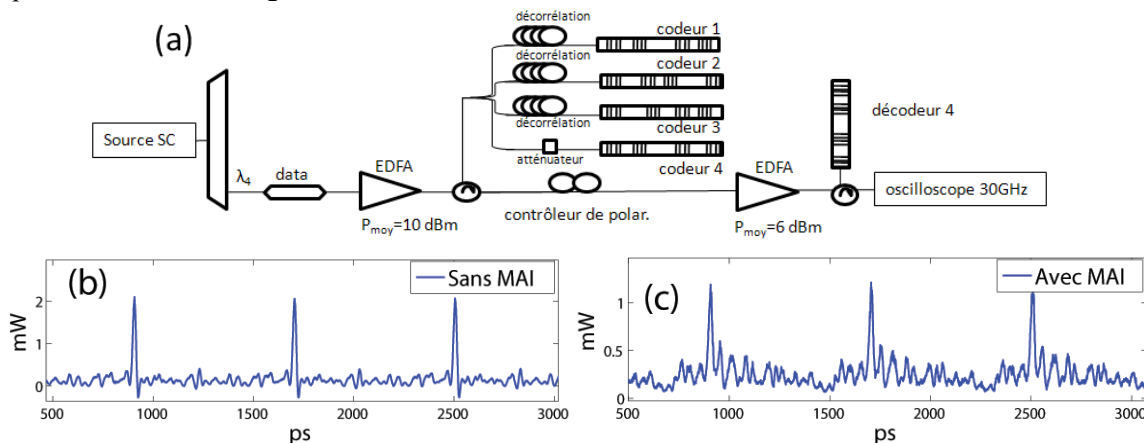


FIG. 3 : (a) Banc expérimental (b) Fonction d'autocorrélation obtenue derrière le décodeur 4 sans interférents (c) Fonction obtenue avec interférents.

Lors du décodage adapté, on obtient une réponse temporelle correspondant à la fonction d'autocorrélation ou à la reconstruction du bit transmis (Fig. 3(b)). Dans le cas de la transmission comportant les 4 utilisateurs, il s'y ajoute un bruit d'interférences d'accès multiples (MAI : Multiple Access Interference), qui provient des intercorrélations entre le code désiré et les codes des 3 autres utilisateurs (dits interférents). (Fig. 3(c)).

CONCLUSION

Nous avons étudié expérimentalement un système hybride WDM/DS-OCDMA pour une application réseau d'accès optique haut débit (de l'ordre de 1,25 Gb/s). Nous avons découpé spectralement une source continuum grâce à un démultiplexeur WDM. Les impulsions obtenues dans chaque canal ont ensuite été codées temporellement par la technique DS/OCDMA. Après décodage, la fonction d'autocorrélation observée présente les qualités requises pour une transmission de données dans un système à 4 utilisateurs par canal WDM. Le travail expérimental se poursuit afin d'évaluer le taux d'erreur binaire de la transmission en fonction du nombre d'utilisateurs.

Ce travail est financé par l'Agence Nationale pour la Recherche (projet SUPERCODE, BLAN 0401).

REFERENCES

- [1] I.Fsaïfès, C.Lepers, M.Lourdiane, P.Gallion, V.Beugin, and P.Guignard, "Source coherence impairments in a direct detection direct sequence optical code-division multiple-access system", *Appl.Opt.*, vol. 46, no. 4, (2007).
- [2] C.S.Brès, I.Glesk, and R.Prucnal, "Demonstration of an eight-user 115 Gchip/s incoherent OCDMA system using supercontinuum generation and optical time gating", *IEEE Photon.Tech.Lett.* 18, 889 (2006).
- [3] F.Parmigiani, C.Finot, K.Mukasa, M.Ibsen, M.A.Roelens, P.Petropoulos, and D.J.Richardson, "Ultra-flat SPM-broadened spectra in a highly nonlinear fiber using parabolic pulses formed in a fiber Bragg grating", *Opt.Express*, vol. 14, no. 17, (2006).