

OPTAV : de nouvelles fibres OPTiques pour des usages Avancés

Sous-programme 1 : Techniques de communication CDMA optique

Responsable : C. Lepers, ENIC/PhLAM

Equipes impliquées

Telecom Paris : P. Gallion, R. Gabet, M. Lourdiane (thésard), I. Sfaïfes (thésard)

ENIC et PhLAM : C. Lepers (en délégation CNRS à Télécom Paris)

PhLAM/Université de Lille : M. Douay, P. Niay, V. Beugin (thésard)

1. Contexte

Dans le cadre du projet Crédits Incitatifs FDRO, un travail fédératif sur le CDMA optique a été établi entre les équipes « photonique » du laboratoire PhLAM de l'Université des Sciences et Technologies de Lille et « communications optiques » du laboratoire LTCI de l'ENST. Les différentes solutions de traitement du signal tout-optique et les moyens avancés de caractérisation et de validation de composants en configuration système de Telecom Paris permettent de tester les codeur/décodeur à réseaux de Bragg fabriqués à l'Université de Lille.

2. Design et réalisation des codeurs/décodeurs optiques dans le laboratoire PhLAM de l'Université de Lille

Nous avons choisi de réaliser des codeurs/décodeurs optiques avec des réseaux de Bragg échantillonnés. Ils reproduisent des structures de code satisfaisant aux critères des codes optiques de type séquences premières générées à partir d'un nombre premier.

L'outil de simulation IFOGratings a permis d'établir les spécifications des réseaux de Bragg échantillonnés répondant aux caractéristiques des codes optiques C_1 (001001001) et C_2 (100010001) (voir Tableau 1). Les réseaux de Bragg échantillonnés utilisés en réflexion, sont constitués de trois réseaux de Bragg BG_i représentant les « 1 » des codes et de fibres optiques $L_{BG_i-BG_{i+1}}$ entre deux réseaux successifs dont la longueur variable représente le nombre de « 0 ». Les réseaux de Bragg échantillonnés ont été photoinscrits au PhLAM par la méthode du masque de phase. Les codeurs/décodeurs réalisés ont ensuite été intégrés dans une plate-forme de transmission CDMA de Telecom Paris.

Codeur/décodeur C_1	BG_1	$L_{BG_1-BG_2}$	BG_2	$L_{BG_2-BG_3}$	BG_3
Taux de réflexion	13 %	21 000 μm	23 %	21 000 μm	33 %
Taille du réseau	500 μm		500 μm		500 μm

Codeur/décodeur C_2	BG_1	$L_{BG_1-BG_2}$	BG_2	$L_{BG_2-BG_3}$	BG_3
Taux de réflexion	13 %	15 000 μm	23 %	15 000 μm	33 %
Taille du réseau	500 μm		500 μm		500 μm

Tableau 1 : Caractéristiques des codeurs/décodeurs C_1 et C_2 réalisés

3. Intégration système des codeurs/décodeurs

Le montage expérimental est constitué d'une source laser DFB pulsé. Le train d'impulsions est modulé par les données binaires « utilisateur » et séparé en deux par un coupleur 50 :50 utilisé en séparateur. Les deux trains d'impulsions sont réfléchis et codés respectivement par les codeurs 1 et 2. Ils sont ensuite superposés en utilisant un coupleur 50/50, transmis via un canal optique, et décodés par le décodeur adapté au codeur C1 (Fig.2).

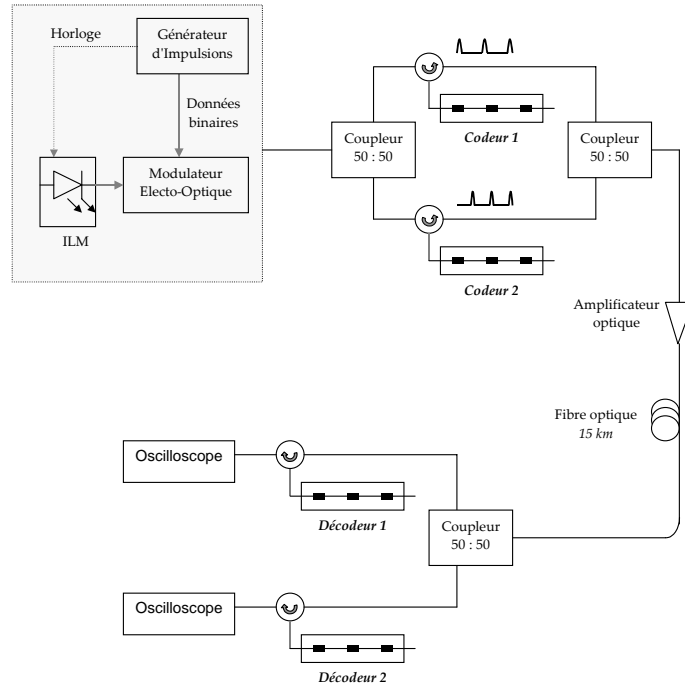


Figure 2 : Banc expérimental de mesure des fonctions d'autocorrélation et d'intercorrrelation

Nous observons un pic d'autocorrélation prédominant, avec un rapport de 0.75 entre le pic principal et les lobes latéraux (Fig.3(a)). La fonction d'intercorrrelation d'amplitude plus faible ne présente pas de pic prédominant (Fig.3(b)). Ce résultat confirme que l'utilisation d'un décodeur non adapté au mot de code utilisé, ne permet pas la reconstitution du signal initial émis.

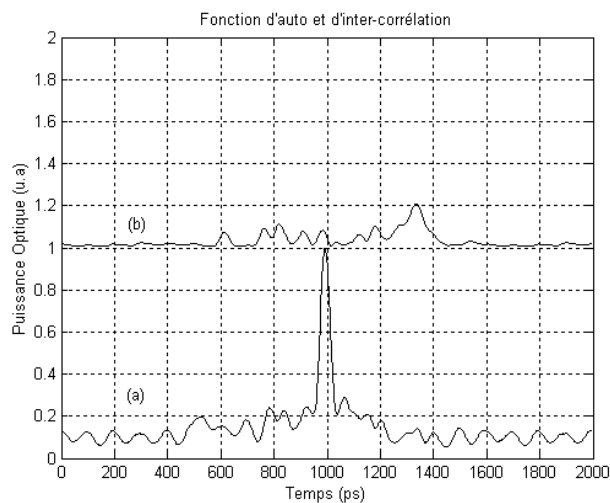


Figure 3 : (a) Fonction d'autocorrélation (b) Fonction d'intercorrrelation

4. Mesure du taux d'erreur binaire de la liaison CDMA

Le premier étage du banc expérimental est identique à celui décrit précédemment et consiste à générer un train d'impulsions de largeur à mi-hauteur 50 ps . Le second étage permet d'émettre un train d'impulsions « pseudo-aléatoire » qui est ensuite transmis aux différents codeurs. Les signaux codés et superposés par le coupleur optique sont ensuite envoyés vers le décodeur 1, ce qui nous permet de recouvrer les bits de données émis par le premier utilisateur en présence du second (interférant). Le signal issu du décodeur, amplifié et filtré est alors détecté par une photodiode PIN et analysé avec un détecteur de taux d'erreurs binaires.

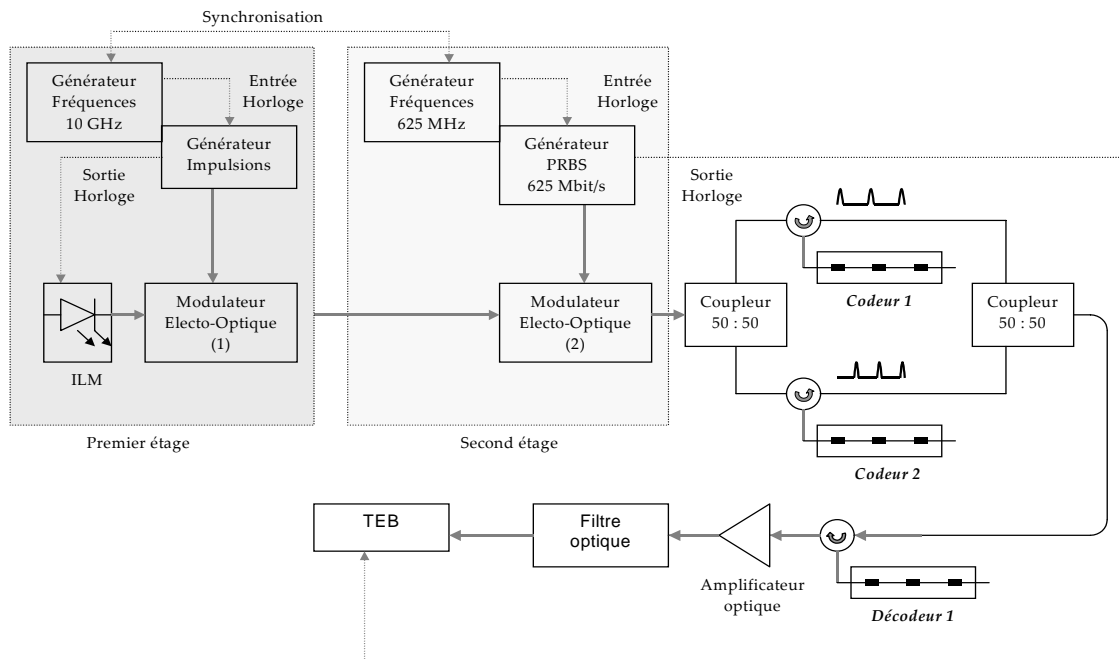


Figure 4 : Banc expérimental de mesure du taux d'erreur binaire de la liaison CDMA.

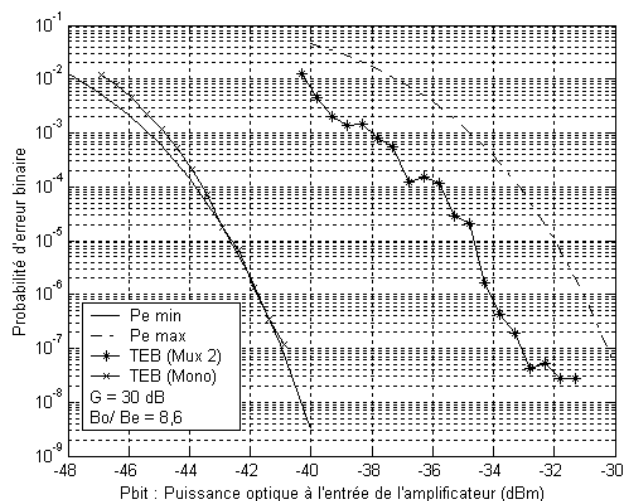


Figure 5 : Taux d'erreur binaire en configuration mono-utilisateur et en présence d'un interférant. Comparaison aux courbes issues du modèle.

Le développement d'un modèle analytique du BER a permis de comparer la mesure du TEB avec les probabilités d'erreur minimale et maximale théoriques. La courbe du TEB en configuration « 1 utilisateur - 1 interférant » est plus proche de $P_e^{(\max)}$ que de $P_e^{(\min)}$ car la présence d'un interférant entraîne une augmentation des effets d'interférences d'accès multiples (IAM). Par contre, la courbe de TEB en configuration « mono-utilisateur » montre de meilleures performances proches de celles de $P_e^{(\min)}$.

5. Conclusion

Ce travail sur le CDMA optique est le fruit d'une collaboration suivie entre le PhLAM pour la fabrication des composants et le groupe Communications Optiques pour l'intégration système. Une partie des résultats a fait l'objet de la thèse de M. Lourdiane soutenue en Février 2005 à l'ENST. La partie « fabrication de composants » sera intégrée dans la thèse de V. Beugin du PhLAM.

Des études sont en cours afin d'étudier l'influence du temps de cohérence de la source et des paramètres des réseaux de Bragg sur les fonctions d'autocorrélation des codeurs/décodeurs. Elles font partie de la thèse de I. Fsaifes coencadrée par P. Gallion et C. Lepers. D'autres types de codeurs sont à l'étude afin de lever certains verrous technologiques.

D'autre part, ce travail a donné lieu à un contrat de recherche entre FT R&D, l'ENST et l'Université de Limoges sur le CDMA dans les réseaux d'accès (montant 40 Keuros durée 1 an : démarrage en Mars 2005).

6. Thèses soutenues et en cours

- Thèse de M.Lourdiane coencadrée par P. Gallion/R.Vallet soutenue le 31/01/2005
- Thèse de Ihsan Fsaifes co-encadrée par P. Gallion/C. Lepers depuis décembre 2004.
- Thèse de Vincent Beugin co-encadrée par M. Douay/P.Niay

7. Publications et communications orales

1. I. Fsaifes, M. Lourdiane, C. Lepers et P. Gallion, Comparaison des performances des codes PS (Prime sequence), QC (Quadratic Congruence), EQC (Extended Quadratic Congruence) et du codage spectral pour le CDMA optique, Journée d'études COSTO'04, Communications Optiques et Systèmes « Tout optique » et workshop of the IEEE Lasers and Electro-Optics Society French Chapter, 28 oct. 2004, Paris.
2. M. Lourdiane, C. Lepers, P. Gallion and V. Beugin, "OCDMA low cost access network by using Bragg encoders/decoders", Conférence IEEE ICIT'2004, 8-10 déc 2004, Tunisie.
3. M. Lourdiane, « CDMA à séquence directe appliqué aux communications optiques », thèse soutenue le 31 janvier 2005.
4. I. Fsaifes, C. Lepers, M. Lourdiane and P. Gallion, « Performances of quadratic congruence and extended quadratic congruence codes in optical CDMA systems » submitted to J. Lighthwave Technology