

Etude expérimentale de l'influence du filtrage moyenne fréquence sur les performances d'un système optique cohérent de type CPFSK

Y. JAOUEN, I. ROUDAS et P. GALLION

Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications
Département Communications
46, rue Barrault, 75634 Paris Cedex 13
Tel : (1) 45.81.77.77

Introduction

Les systèmes optiques cohérents à modulation CPFSK (Continuous Phase Frequency Shift Keying) présentent des performances en sensibilité proche de celles du système synchrone idéal, tout en conservant des contraintes sur la largeur spectrale des sources compatibles avec les lasers semiconducteurs actuels. Les performances sont essentiellement déterminées par le filtrage passe-bande en fréquence intermédiaire. La bande passante optimale du filtre FI est issu d'un compromis entre minimisation de la puissance de bruit affectant la détection et filtrage du signal produisant de l'interférence intersymbole. L'influence du filtrage sur les performances, en présence de bruit de phase et bruits du récepteur est analysée et les résultats appliqués au cas d'un système à 1 Gbit/s avec un indice de modulation de fréquence $m = 1$.

Liaison CPFSK à 1 Gbit/s

Le schéma synoptique d'un système optique cohérent à modulation CPFSK est donné par la figure 1. La modulation CPFSK optique est obtenue directement par variation du courant d'injection d'une diode laser. En réception, la photodiode est chargée par une impédance de 50Ω . La densité de courant de bruit thermique ramené à l'entrée mesurée est de $20.2 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$. Le filtre FI présente une bande passante $B_{IF} = 2 R_b$ centré sur la fréquence de battement égale à 3 GHz. Le filtre passe-bas, de fréquence de coupure 1.2 GHz a pour rôle la réjection des composantes à la fréquence double.

Influence du filtrage FI sur les performances en présence de bruit de phase

Une expression analytique des performances d'un système CPFSK, en présence de bruit de phase a été donné par Iwashita [1]. Elle ne prend pas en compte les effets de filtrage sur le signal et sur le bruit de phase. Le caractère gaussien de la gigue de phase est conservé par filtrage [2]. Une expression analytique de la gigue de phase à la sortie peut être obtenue dans le cas d'un filtre intégrateur [3].

L'expérience a été effectuée avec un laser de largeur spectrale minimale de 28 MHz. Une évolution de la largeur spectrale peut être obtenue en jouant sur le courant de polarisation. L'oscillateur local est un laser à cavité externe accordable. Sur la figure 2, les courbes pleine et en pointillé correspondent respectivement aux planchers d'erreur théoriques sans filtrage et avec un filtre intégrateur de bande passante $B_{IF} = 2 R_b$. Le filtre passe-bas utilisé après le mélangeur présente une fréquence de coupure suffisamment élevée pour que son influence soit négligeable. Les résultats expérimentaux mettent en évidence l'effet du filtrage du bruit de phase qui conduit à une amélioration des performances.

Sur la figure 3, les courbes en trait plein et en pointillé correspondent à l'évolution de la probabilité d'erreur en fonction du rapport S/B respectivement sans et avec filtrage. Les points expérimentaux, obtenus pour une largeur spectrale à la fréquence intermédiaire de 28 MHz et ajustés de manière à prendre en compte le bruit thermique et les effets d'interférence intersymbole, sont en concordance avec la théorie.

Performances en l'absence d'influence du bruit de phase

L'influence du bruit de grenaille sur les performances ont été effectuées avec des lasers de très faible largeur spectrale, respectivement 155 KHz et 225 KHz. La figure 4 présente en fréquence intermédiaire le spectre de modulation CPFSK à 1 Gbit/s. Le spectre obtenu est caractéristique d'un indice de modulation $m = 1$. Les 2 premiers pics latéraux correspondent l'écart fréquentiel instantané par rapport à la fréquence porteuse. Les premiers lobes secondaires sont également visibles, compte-tenu de la faible largeur spectrale des lasers utilisés. Le spectre en basse fréquence correspond à la détection directe.

Les performances ont été mesurées pour 2 types de séquence, une séquence "1010" et une séquence pseudo-aléatoire de $2^7 - 1$ éléments binaires. Les résultats expérimentaux sont comparés aux performances théoriques (figure 5). La courbe 1 correspond à la limite théorique de 40 photons par bit pour un taux d'erreur de 10^{-9} . La prise en compte de la sensibilité de la photodiode (0.8 A/W) engendre une pénalité de 1.9 dB (courbe 2).

La puissance de l'oscillateur local sur la photodiode est de +1.4 dBm. Le niveau élevé du bruit thermique ne permet pas d'atteindre la limite quantique, et engendre une pénalité de 3.6 dB (courbe 3). L'influence du RIN (Relative Intensity Noise) a été également pris en compte. Son influence conduit à une dégradation supplémentaire de 2.2 dB (courbe 4). Le seuil de sensibilité pour une séquence de type "1010" est de - 43.8 dBm, soit 310 photons par bit. L'écart de sensibilité entre des 2 types séquences provient de la non-uniformité de la fonction de transfert FM des lasers utilisés. La dégradation des performances due aux effets d'interférence intersymbole est donc seulement de 1.2 dB environ pour un indice de modulation de $m = 1$.

Conclusion

Un système optique cohérent en modulation CPFSK 1 Gbit/s, avec un indice de modulation $m = 1$, a été réalisé. Les performances sont essentiellement déterminées par le filtrage à la fréquence intermédiaire. L'optimisation du filtrage FI sur le bruit de phase conduit à une amélioration très sensibles des performances. Un filtre de largeur $B_{IF} = 2 R_b$ présente une dégradation des performances de 1.2 dB par rapport au récepteur idéal.

Remerciements

Les auteurs remercient H. Bissessur et J. Jacquet de Alcatel Alsthom Recherche pour la fourniture des lasers de très faible largeur spectrale.

Références

- [1] K. Iwashita and T. Matsumoto, "Modulation and detection characteristics of optical continuous phase FSK transmission system", *IEEE Lightwave Technol.*, LT-5, Vol 4, pp. 1750-1769, Apr. 1987.
- [2] I. Garrett and al, "Impact of phase noise in weakly coherent systems : a new and accurate approach," *IEEE Lightwave Technol.*, LT-8, n° 3, pp. 329-337, Mar. 1990.
- [3] G. Jacobsen and al, "Performance of CP-FSK systems with tight IF filtering," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 2, n° 10, pp. 747-149, Oct. 1990.

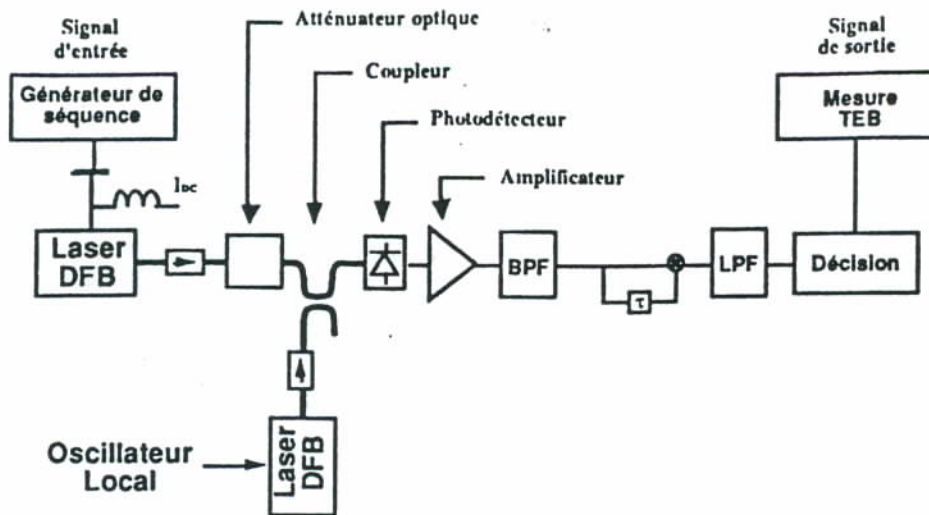


Fig. 1 Dispositif expérimental d'un système optique CPFSK

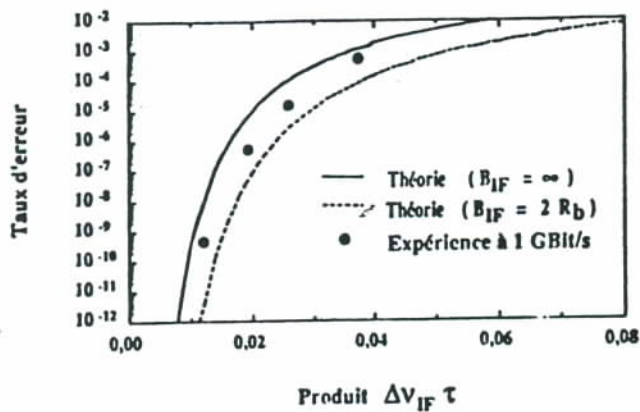


Fig 2 TEB en fonction du produit $\Delta V_{IF} \tau$

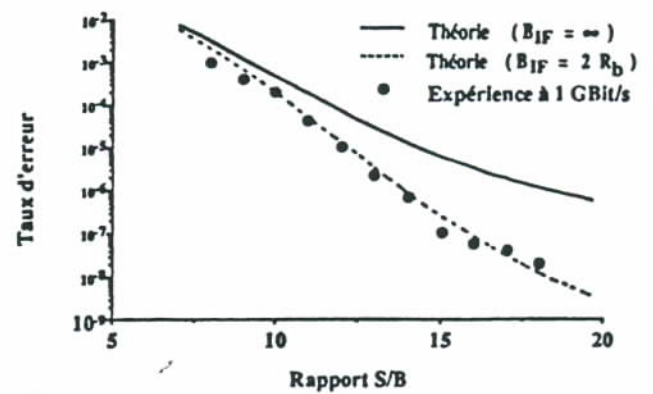


Fig. 3 TEB en en fonction de S/B avec $\Delta V_{IF} = 28$ MHz

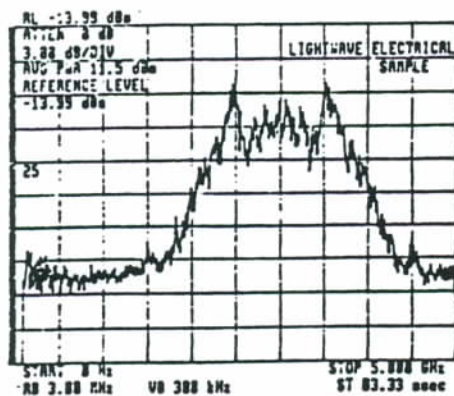


Fig. 4 Spectre de modulation (indice $m = 1$)

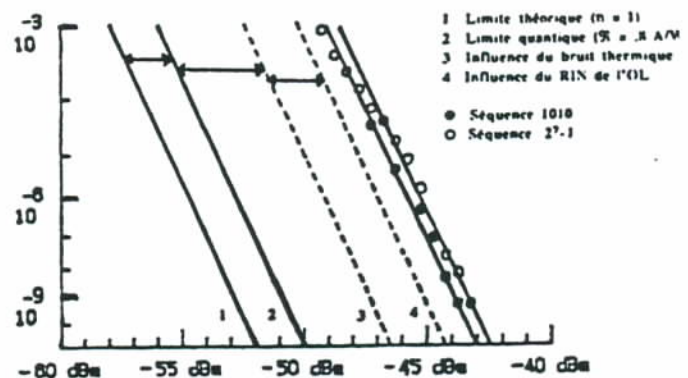


Fig. 5 TEB en fonction de la puissance optique reçue