

EVALUATION DES PERFORMANCES D'UN SYSTEME OPTIQUE COHERENT CPFSK A PARTIR DU SIMULATEUR TOPSIM

I. ROUDAS, Y. JAOUEN et P. GALLION

Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications
46, rue Barrault, 75634 PARIS CEDEX

1. INTRODUCTION

Une modulation CPFSK peut être obtenue par simple variation du courant d'injection d'une diode laser. Elle présente pour des faibles valeurs de l'indice de modulation un spectre très compact permettant un espacement minimum entre canaux. Pour des systèmes hétérodynes, la modulation CPFSK nécessite une largeur spectrale compatible avec les lasers monolithiques actuels. Les différentes expressions de la probabilité d'erreur en présence de bruit de phase, qui sont données par la bibliographie, sont basées sur des hypothèses réductrices (non prise en compte de l'interférence intersymbole,...) qui ne sont pas toujours vérifiées en pratique. C'est pourquoi il est nécessaire de définir des outils de simulation pour l'analyse et l'optimisation des performances. TOPSIM IV (TOOrino Politecnico SIMulator) [1] est un logiciel permettant la simulation des systèmes analogiques et numériques et l'évaluation de leurs performances.

2 ETUDE D'UN SYSTEME CPFSK AVEC RECEPTEUR DIFFERENTIEL

Un système optique CPFSK à 1 Gbit/s avec détection cohérente différentielle a été simulé. Le synoptique de la modélisation du système en langage TOPSIM est donné par la figure 1. TOPSIM est conçu pour fonctionner dans le domaine temporel. Il utilise la représentation des signaux à bande étroite sous forme analytique, l'échantillonnage étant effectué sur l'enveloppe complexe, car cela réduit la fréquence d'échantillonnage. La séquence binaire est transformée en un signal NRZ d'amplitude ± 1 , qui représente la modulation du courant d'injection. Le laser est modélisé comme un modulateur de fréquence, autour de la fréquence optique moyenne f_0 , à caractéristique plate sur tout le spectre du signal modulant. L'indice de modulation est défini comme le rapport de l'écart fréquentiel entre symboles et le débit binaire R_b . Dans l'hypothèse d'un profil spectral lorentzien pour le champ émis, l'écart fréquentiel instantané $\dot{\phi}(t)$, résultat du bruit de phase, peut être représenté comme un bruit blanc gaussien de densité spectrale $2\pi\Delta\nu$ [3].

La figure 2 présente le spectre du champ optique non modulé calculé pour une valeur de largeur spectrale à mi-hauteur $\Delta\nu$ égale à 50 MHz. Les points représentent la courbe lorentzienne théorique correspondante. Le spectre du signal optique CPFSK, dans le cas MSK (Minimum Shift Keying) en présence de bruit de phase est donné par la figure 3. Dans ce cas, la largeur spectrale à mi-hauteur du laser est fixée à 10 MHz.

Le récepteur différentiel est constitué d'un filtre passe-bande, suivi d'un discriminateur qui effectue la conversion FM-AM. Le bruit de photons est supposé gaussien. La puissance de l'oscillateur local est supposée suffisamment élevée pour se placer en limite quantique. Les propriétés de filtrage du bruit du récepteur sont essentiellement déterminées par le filtre passe-bande. Une bande passante de ce filtre trop importante augmente la puissance de bruit ramenée au niveau du circuit de décision et dégrade les performances. Au contraire, un filtre trop étroit distord le signal et augmente l'interférence intersymbole, dégradant également les performances.

Au niveau du diagramme de l'oeil, les influences du bruit de phase pour une largeur spectrale à la fréquence intermédiaire de 10 MHz, et du bruit quantique sont montrées respectivement par les figures 4 et 5. Avec TOPSIM, nous avons estimé la probabilité d'erreur pour le récepteur différentiel, dans l'hypothèse où les effets d'interférence intersymbole sont négligeables. Elles sont en concordance avec celle donnée par [4], qui a généralisé les expressions données pour le DPSK [5, 6]. Le bruit de phase engendre une erreur de phase non négligeable même pour des rapports signal sur bruit élevés. L'effet de plancher d'erreur, dont l'expression est donnée par [3,7] a été également vérifié par la simulation.

3. CONCLUSION

Un système optique cohérent CPFSK à 1 Gbit/s utilisant un récepteur différentiel a été simulé. La modélisation du bruit de phase et du bruit quantique nous a permis de vérifier les expressions théoriques de la probabilité d'erreur dans l'hypothèse où les effets d'interférence intersymbole étaient négligeables. Les outils de simulation permettent de mieux prendre en compte les différents effets physiques des dispositifs (les propriétés statistiques du bruit, la non-uniformité de la caractéristique FM, l'interférence intersymbole, la corrélation des échantillons et la diaphonie éventuelle entre canaux adjacents) et apportent une aide importante à l'optimisation des performances du système.

4. BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. A. Marsan et al. : "Digital Simulation of Communications Systems with TOPSIM III", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. SAC-2, No. 1, pp.29-42, Jan. 1984.
- [2] J. G. Proakis : "Digital Communications", McGraw-Hill, 1983.
- [3] L. G. Kazovsky : "Impact of laser phase noise on optical heterodyne communication systems", *IEEE Opt. Commun.* , Vol. 7, pp. 66-78, Fev. 1986.
- [4] K. Iwashita et T. Matsumoto : "Modulation and detection characteristics of optical continuous phase FSK transmission system", *IEEE J. Lightwave Technol.*, vol. LT-5, No. 4, pp. 1750-1769, Apr. 1987.
- [5] G. Nicholson : "Probability of error for optical heterodyne DPSK system with quantum phase noise", *Electron. Lett.* , Vol. 20, No. 24, pp. 1005-1007, Nov. 1984.
- [6] N. M. Blachman : "The effect of phase error on DPSK error probability", *IEEE Trans.*, Vol. COM-29, pp. 364-365, Mar. 1981.
- [7] G. Jacobsen et I. Garrett : "Theory for optical heterodyne DPSK receivers with post-detection filtering", *IEEE J. Lightwave Technol.*, Vol. LT-5, No. 4, pp. 1750-1769, Apr. 1987.

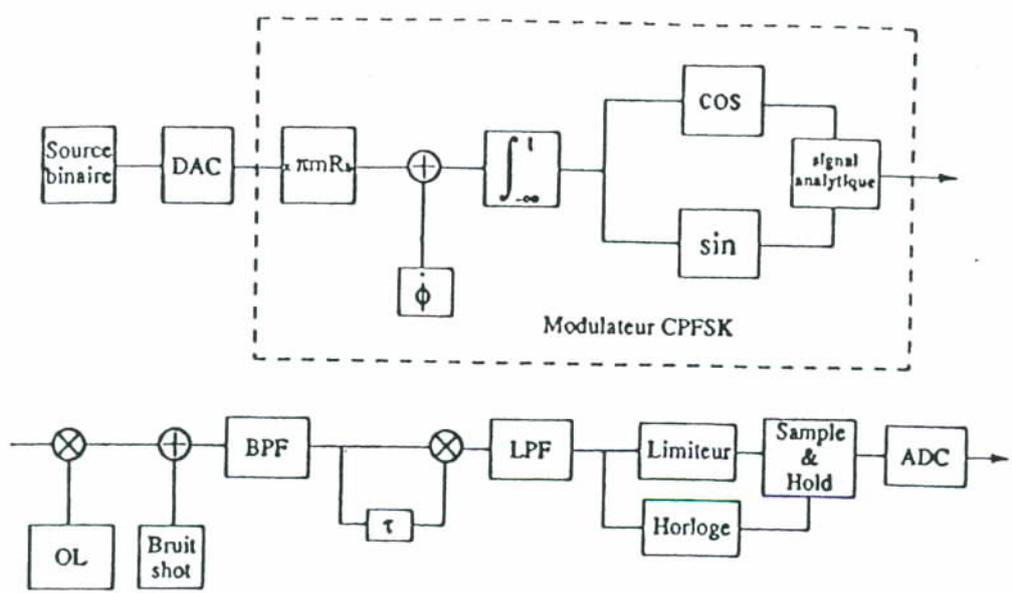


Fig. 1 Modélisation d'un système CPFSK en langage TOSIM

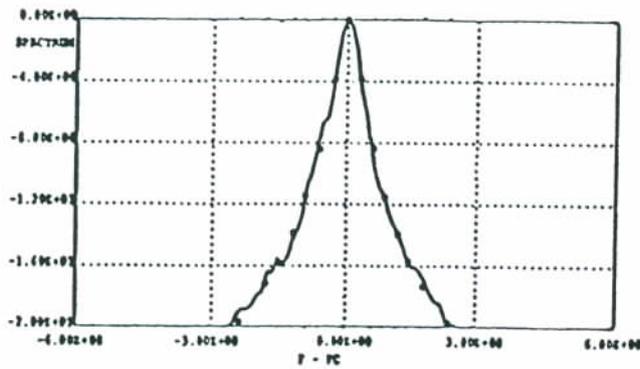


Fig.2 Spectre du champ optique non modulé pour $\Delta\nu = 50$ MHz

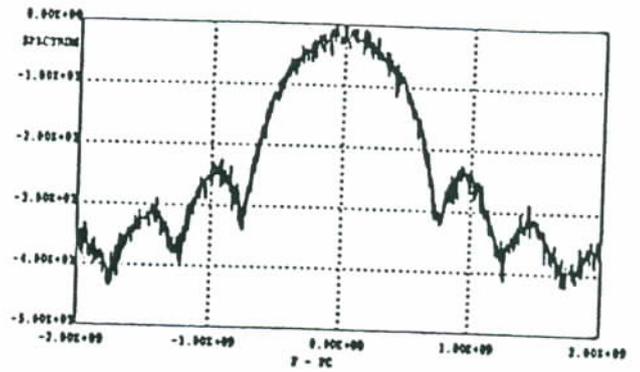


Fig. 3 Spectre MSK 1 Gbit/s avec $\Delta\nu = 10$ MHz

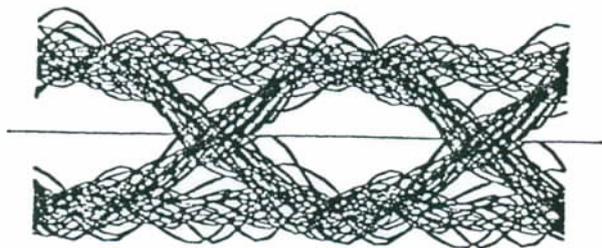


Fig. 4 Diagramme de l'oeil en présence de bruit de photons

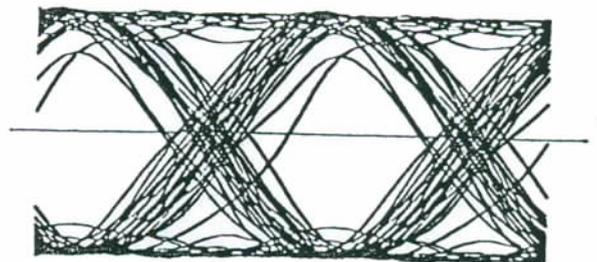


Fig. 5 Diagramme de l'oeil en présence de bruit de phase