

## Sur la robustesse de pré-distorseurs numériques statiques pour la compensation de non-linéarités au sein de transmetteurs optiques multi-porteuses

Mohamad Younes<sup>1,2</sup>, Stéphane Azou<sup>2</sup>, Noël Tanguy<sup>1</sup>, Mihai Telescu<sup>1</sup>, Pascal Morel<sup>2</sup>, Cherif Diouf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Bretagne Occidentale / CNRS UMR 6285 Lab-STICC, Brest, France

<sup>2</sup>École Nationale d'Ingénieurs de Brest / CNRS UMR 6285 Lab-STICC, Brest, France

[Mohamad.Younes@univ-brest.fr](mailto:Mohamad.Younes@univ-brest.fr)

La technologie OFDM offre de nombreux atouts pour les futurs réseaux de communication optique à très haut débit [1], avec en particulier la flexibilité d'allocation de bande passante et la compensation efficace d'imperfections du canal dans le domaine fréquentiel par traitement numérique du signal. Dans cette communication, nous étudions un transmetteur OFDM optique cohérent employant un amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA) en tant que booster de puissance (Figure 1). Ce composant présente des effets non-linéaires susceptibles d'affecter les performances du système. La linéarisation est un moyen classique de réduire l'impact de non-linéarités dans les systèmes télécoms; la pré-distorsion numérique en bande de base constitue une approche intéressante pour répondre à ce problème, pour sa capacité à satisfaire à la fois aux critères de performance (diminution du critère d'EVM) et de flexibilité. Le pré-distorseur correspond alors à un modèle numérique inverse du composant source d'effets non-linéaires (essentiellement le SOA dans notre cas). Une grande diversité de pré-distorseurs numériques est étudiée dans la littérature, essentiellement pour le cas de systèmes radiofréquences [2]; l'intérêt de ce type de traitement pour les systèmes optiques est beaucoup plus récent [3]. Dans cette communication, nous comparons les performances de plusieurs pré-distorseurs très simples, reposant uniquement sur une caractéristique statique, et étudions leur robustesse en présence d'une puissance variable. Deux pré-distorseurs sont initialement considérés, l'un basé sur un modèle polynomial opérant sur les échantillons complexes (STATIC polynomial), l'autre utilisant une modélisation séparée en amplitude et phase (caractéristiques AM-AM et AM-PM). Ces deux pré-distorseurs sont définis comme suit :

- **STATIC polynomial** : 
$$y_s(n) = \sum_{i=1}^P a_i x(n)|x(n)|^{i-1} \quad , \text{ avec } i \text{ impair}$$
- **STATIC AM-AM/AM-PM**: 
$$y_{ST}(n) = H_{AM-AM}\{|x(n)\} \exp(j(\Phi_x - \Delta_{AM-PM}\{|x(n)\}))$$

$$H_{AM-AM}\{|x(n)\} = \sum_{i=0}^{N_1} b_i |x(n)|^i \quad \Delta_{AM-PM}\{|x(n)\} = \sum_{i=0}^{N_2} c_i |x(n)|^i$$

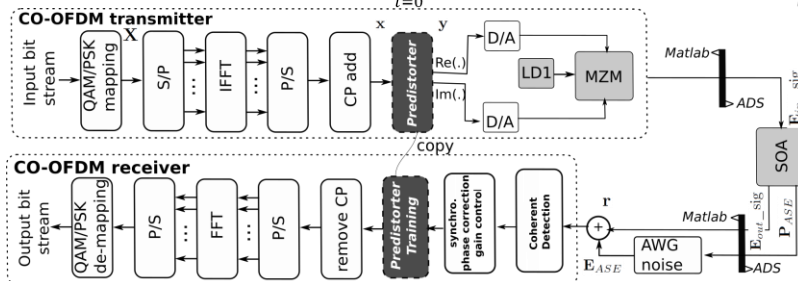


Figure 1. Système CO-OFDM basé sur une co-simulation Matlab/ADS, incluant une pré-distorsion

En vue d'élargir la plage opérationnelle deux approches sont ensuite explorées : l'une utilisant une commutation entre plusieurs pré-distorseurs identifiés à diverses puissances  $P_{ref}$  (Pré-distorseur à commutation), l'autre correspondant à un pré-distorseur unique découlant d'une identification sur plusieurs points de fonctionnement (Pré-distorseur multi-point).

La figure 2 montre les résultats obtenus, en termes d'EVM en fonction de la puissance d'entrée du SOA, pour différents cas : système conventionnel (absence de linéarisation), pré-distorsion via le

STATIC polynomial ou via le STATIC AM-AM/AM-PM. Nous obtenons le meilleur compromis performance/complexité pour un ordre 5 du pré-distorseur STATIC polynomial, et pour des ordres du STATIC AM-AM/AM-PM égaux à 1 et 2 pour l'amplitude et la phase. En effet au-delà de ces valeurs il n'y a plus d'amélioration significative de l'EVM.

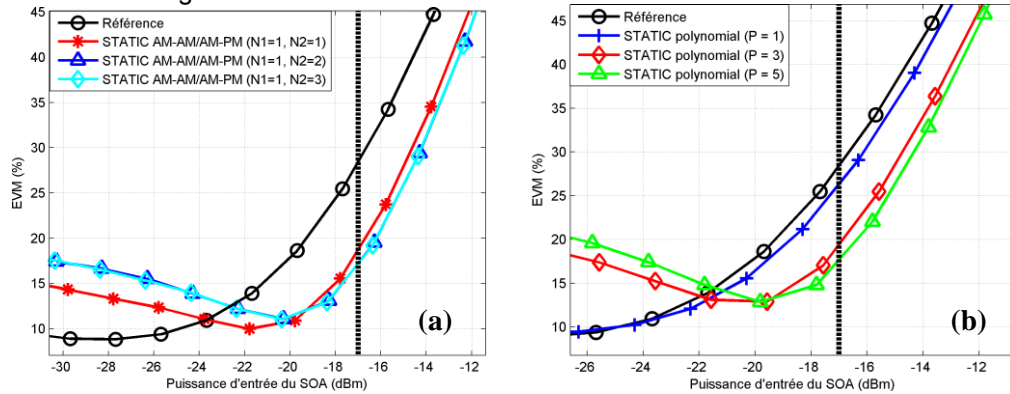


Figure 2. (a) Pré-distorseur STATIC AM-AM/AM-PM, influence des ordres d'amplitude AM-AM et de phase AM-PM, (b) Pré-distorseur STATIC polynomial, influence de l'ordre de non-linéarité, pour Pref = -17 dBm

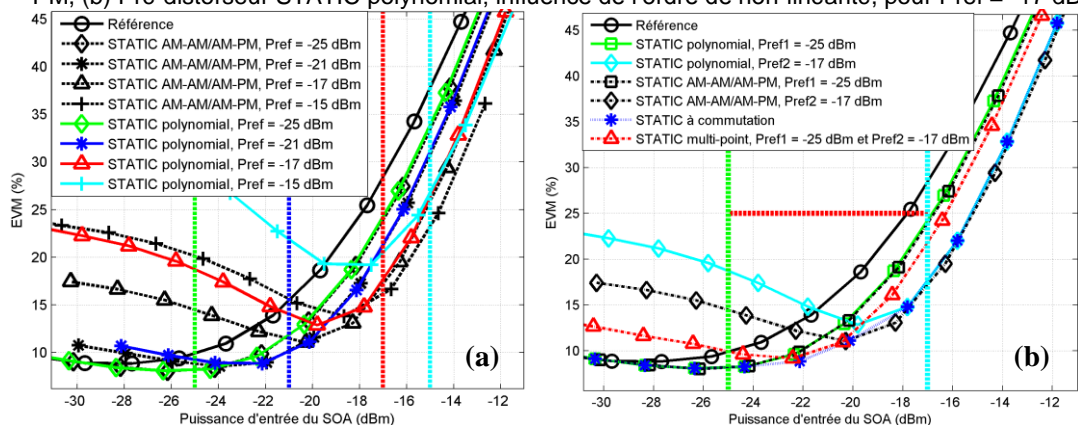


Figure 3. (a) Pré-distorseurs statiques (polynomial ou AM-AM/AM-PM), influence de Pref (b) Performances des divers pré-distorseurs (polynomial, AM-AM/AM-PM, à commutation ou multi-point)

La figure 3 (a) montre l'influence de la puissance injectée dans l'amplificateur et de la puissance d'identification Pref sur les performances des pré-distorseurs STATIC polynomial et AM-AM/AM-PM pour les meilleurs ordres précédemment calculés. Nous pouvons observer qu'il est possible de commuter les coefficients du modèle en fonction du point de fonctionnement pour conserver de bonnes performances (faible EVM) sur une gamme de puissance étendue; la figure 3 (b) illustre l'intérêt de cette approche pour le cas du STATIC polynomial. Il peut être clairement observé que ce pré-distorseur STATIC à commutation offre un large gain de performance par rapport au système CO-OFDM conventionnel, il est par exemple possible d'augmenter la puissance d'entrée du SOA d'environ 2,5 dB et ainsi d'atteindre un récepteur plus lointain tout en limitant l'EVM à 30%. Le pré-distorseur multi-point évite de devoir commuter entre différents jeux de coefficients lorsque la puissance d'entrée du SOA change. Identifié pour fonctionner identiquement aux puissances Pref1 = -25 dBm et Pref2 = -17 dBm, il donne, par rapport aux pré-distorseurs polynomial et AM-AM/AM-PM, un très bon compromis robustesse/performance sur cette plage de puissances (Figure 3 (b)).

#### Références :

- [1] N. Cvijetic, "OFDM for Next-Generation Optical Access Networks", IEEE J. Lightw. Technol., vol. 30, no. 4, feb. 2012.
- [2] L. Guan, A. Zhu, "Green Communications: Digital Predistortion for Wideband RF Power Amplifiers", IEEE Microw. Mag., nov./dec. 2014.
- [3] S. Bejan, S. Azou, P. Morel, C. Diouf, M. Telescu, N. Tanguy, A. Sharaiha, "A joint Linearization/Companding Approach for Improving a CO-OFDM Transmitter", IEEE Photon. Technol. Lett., 27 (20), pp. 2162-2165, 2015.