

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



M. Younes^{1,2}, S. Azou², N.Tanguy², M. Telescu², P. Morel², C. Diouf²

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

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



10/06/2016

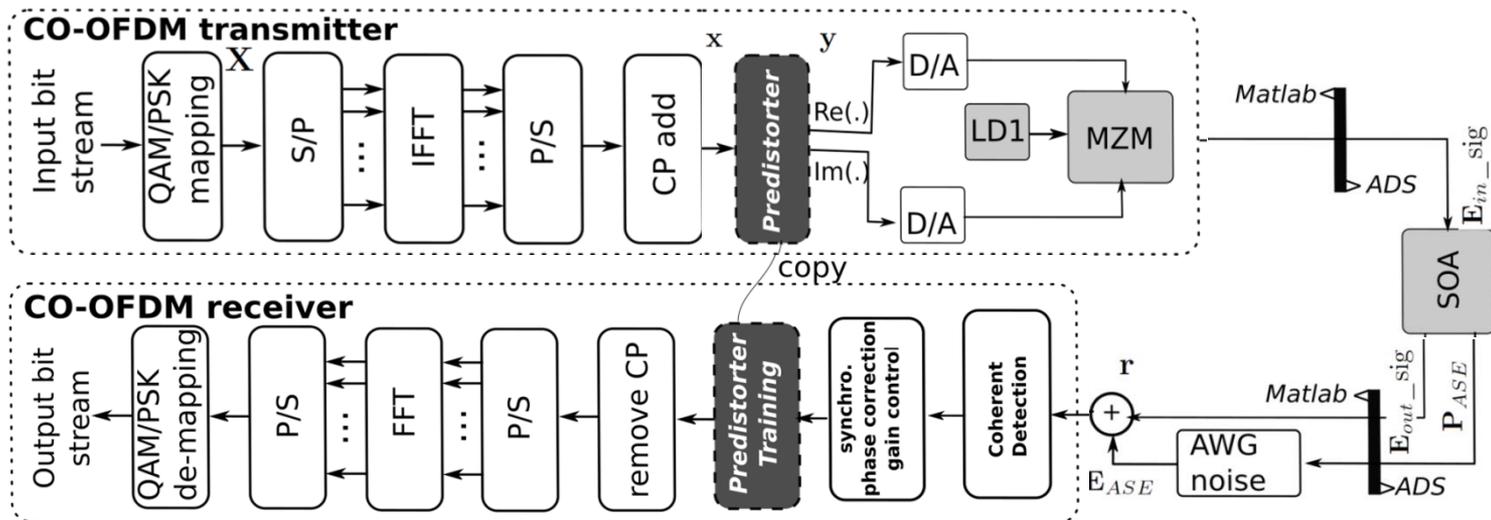


Plan

1. Introduction sur le système OFDM à base de SOA
2. Problématique des effets non-linéaires du SOA
3. Linéarisation via pré-distorsion numérique
4. Pré-distorseurs utilisés pour la linéarisation du SOA
5. Résultats numériques
6. Conclusions et perspectives

1. Introduction sur le système OFDM à base de SOA 3

- Les modulations multiporteuses apparaissent aujourd'hui comme une technologie éprouvée pour la transmission de données à haut débit sur des canaux pouvant être très perturbés
- L'OFDM (**Orthogonal Frequency Division Multiplexing**) a été largement utilisée dans les systèmes de communications radiofréquences, et qui va jouer un rôle très important dans les futurs réseaux de télécommunications optiques

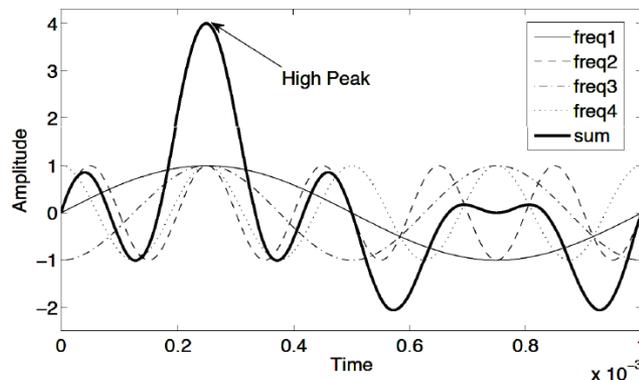


2. Problématique des effets non-linéaires du SOA (1/2)

Inconvénients significatifs des transmetteurs optiques considérés

Fluctuation importante de l'enveloppe

▪ Peak to Average Power Ratio (PAPR)

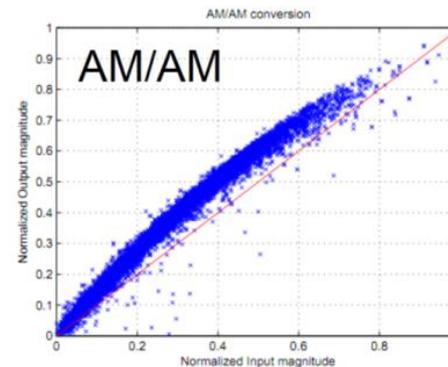


$$PAPR(x[n]) = \max_{0 \leq n \leq N-1} \frac{|x[n]|^2}{E[|x[n]|^2]}$$

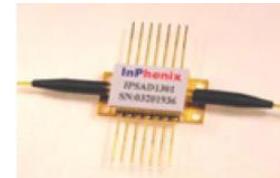
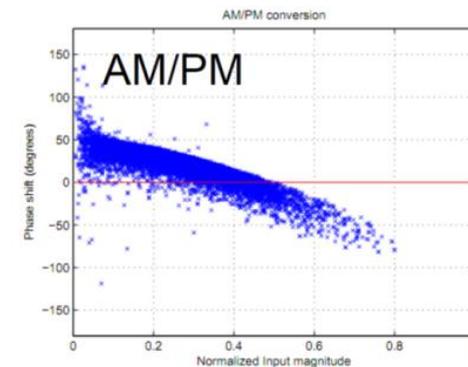
- Le PAPR est une quantité visant à caractériser les fluctuations temporelles de la puissance d'un signal modulé
- PAPR élevé par la présence de pics

Non-linéarités élevées du SOA

▪ Distorsion d'amplitude



▪ Distorsion de phase

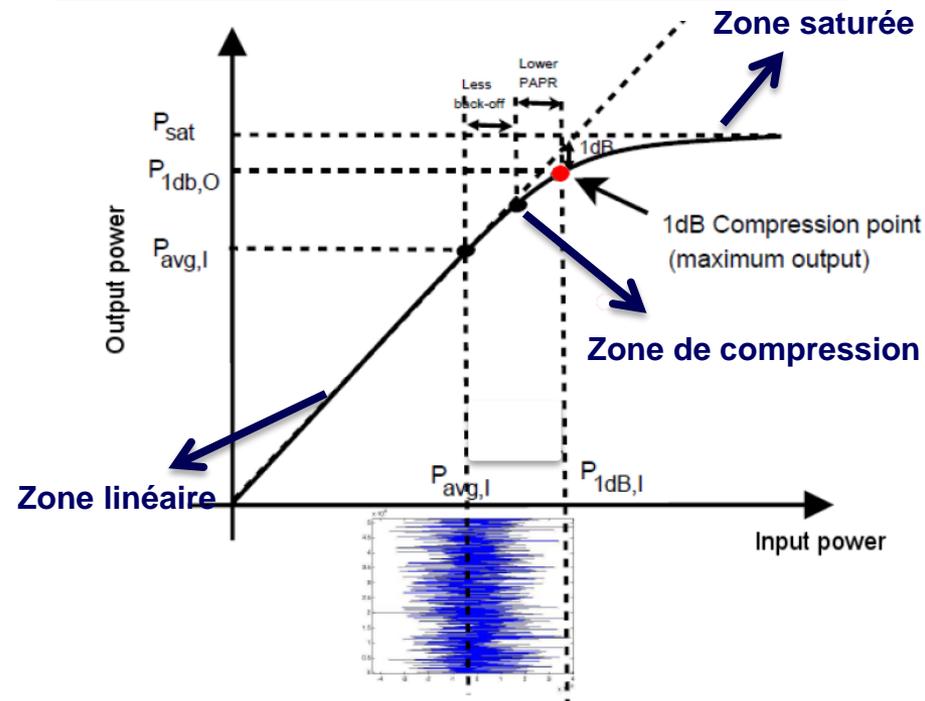
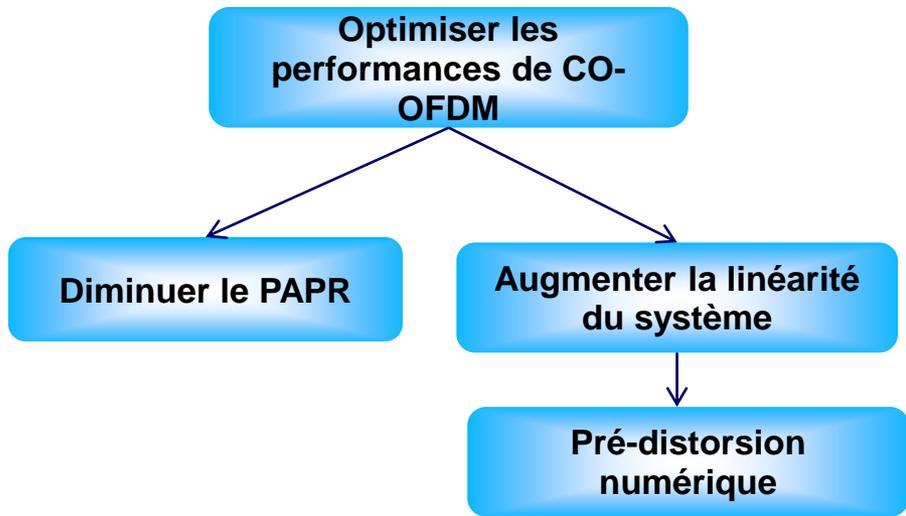


2. Problématique des effets non-linéaires du SOA (2/2)

L'amplificateur à semi-conducteur (SOA), possède une influence prépondérante sur le bilan global de la transmission en termes de puissance et de distorsion

- **Avantages du SOA :**
 - Large bande optique
 - Transparence du format de modulation
 - Faible coût

- **Limitation du SOA :**
 - Non-linéarités
 - Dégradation du signal appliqué, dans les zones de compression et de saturation

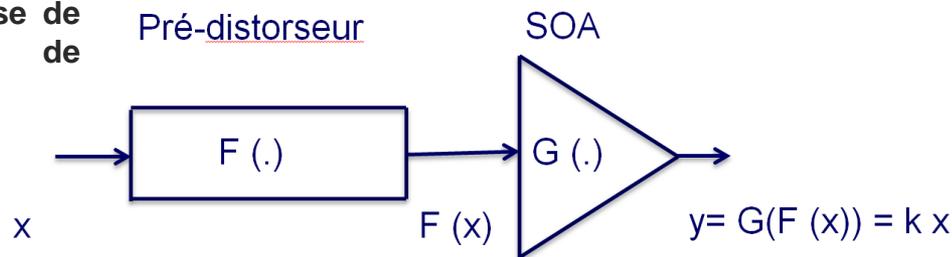


3. Linéarisation via une pré-distorsion numérique

○ Pré-distorsion numérique en bande de base

$F(.)$: fonction inverse de de l'amplificateur puissance SOA $G(.)$

Signal d'entrée en entrée du bloc de pré-distorsion



- Réponse linéaire
- Compensation des effets non-linéaires du SOA

- Plusieurs pré-distorseurs ont été étudiés dans ce travail :
 - STATIC polynomial
 - STATIC AM-AM/AM-PM
 - STATIC multipoint
 - STATIC à commutation

5. Résultats numériques (1/4)

STATIC polynomial

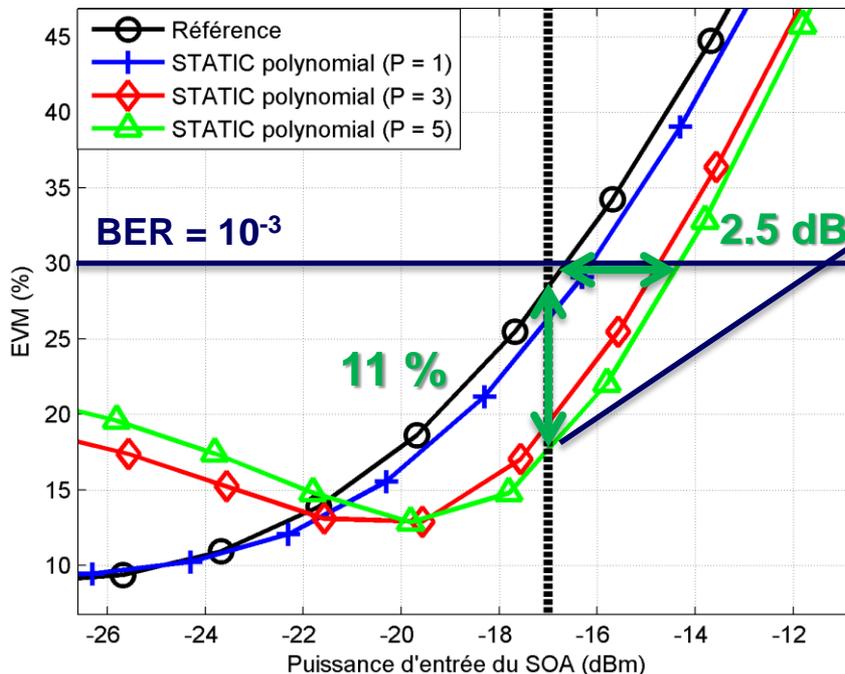


$$y_s(n) = \sum_{i=1}^P a_i x(n) |x(n)|^{i-1} \quad a_i \in \mathbb{C}$$

Paramètres de simulations :

- 4-QAM
- 128 sous-porteuses
- BW = 5 GHz
- 2^{11} symboles QAM

Performances sans et avec pré-distorsion via le bloc STATIC polynomial (Pour Pref = -17 dBm)



■ Meilleur compromis performances/complexité pour : P = 5

- Pour Pref = -17 dBm : Diminution de l'EVM de 11%
- Pour BER = 10^{-3} ou EVM = 30% : Augmentation de Pin de 2.5 dB

5. Résultats numériques (2/4)

STATIC AM-AM/AM-PM



Identification séparée en coefficients d'amplitude et de phase

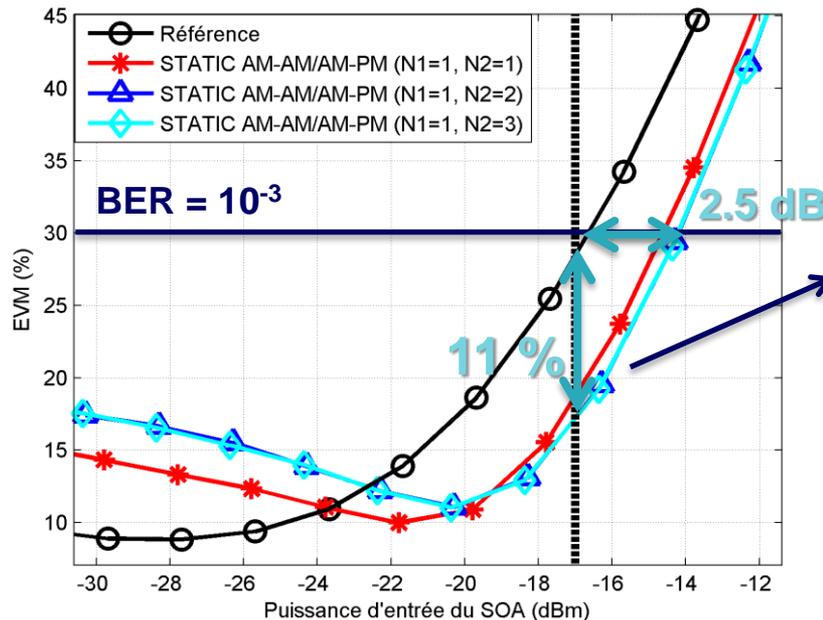
$$y_{ST}(n) = H_{AM-AM}\{|x(n)|\} \exp(j(\Phi_x - \Delta_{AM-PM}\{|x(n)|\}))$$

$$H_{AM-AM}\{|x(n)|\} = \sum_{i=0}^{N_1} b_i |x(n)|^i$$

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

$$b_i, c_i \in \mathbb{R}$$

Performances sans et avec pré-distorsion via le bloc STATIC AM-AM/AM-PM (Pour Pref = -17 dBm)



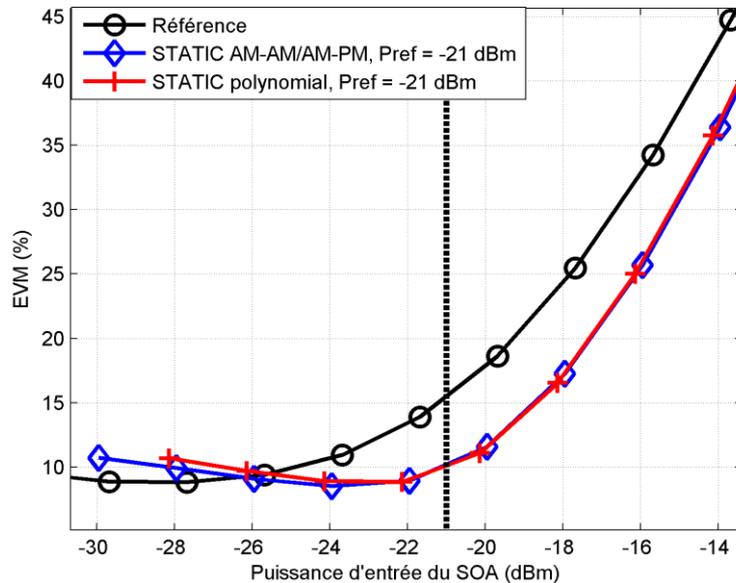
Meilleur compromis performances/complexité pour : N1 = 1 et N2 = 2

- Pour Pref = -17 dBm : Diminution d'EVM de 11%
- Pour BER = 10⁻³ ou EVM = 30% : Augmentation de Pin de 2.5 dB

5. Résultats numériques (3/4)

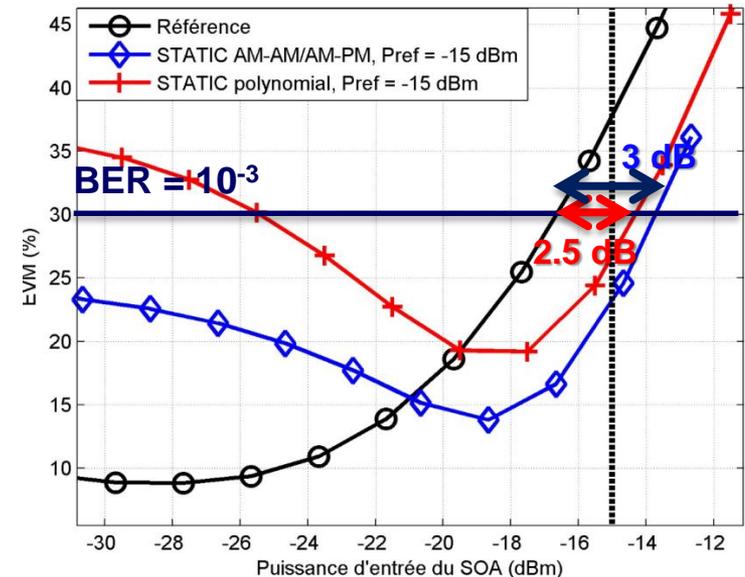
Effet de la puissance d'identification (P_{ref}) sur les performances des pré-distorseurs STATIC

Zone de compression du SOA



○ Performances des pré-distorseurs STATIC presque identiques

Zone de saturation du SOA

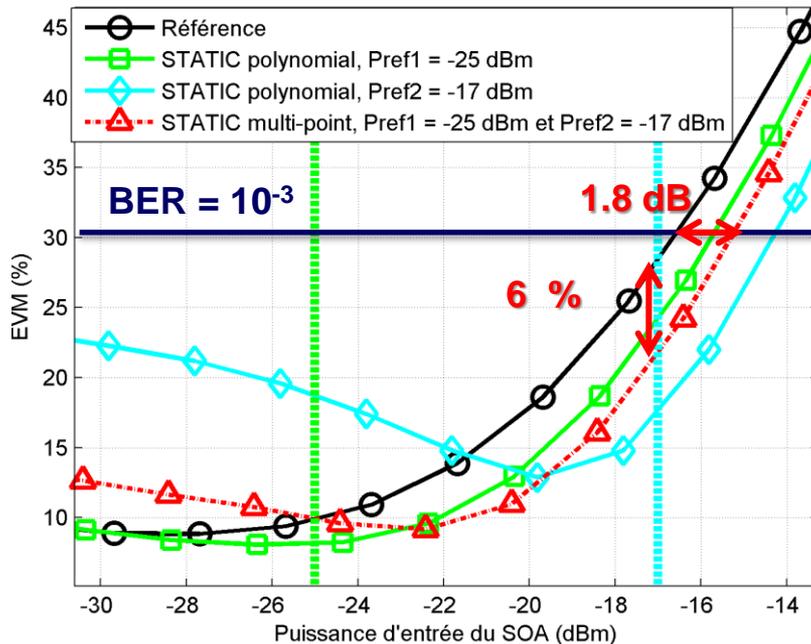


○ Pour $P_{ref} = -15$ dBm : Diminutions de l'EVM de 11% pour le STATIC polynomial et de 14% pour le STATIC AM-AM/AM-PM
 ○ Pour $BER = 10^{-3}$ ou $EVM = 30\%$: Augmentation de P_{in} de 2.5 dans le cas du STATIC polynomial et de 3 dB pour le STATIC AM-AM/AM-PM

5. Résultats numériques (4/4)

Pré-distenseur multipoint

Pré-distenseur unique découlant d'une identification sur plusieurs points de fonctionnement

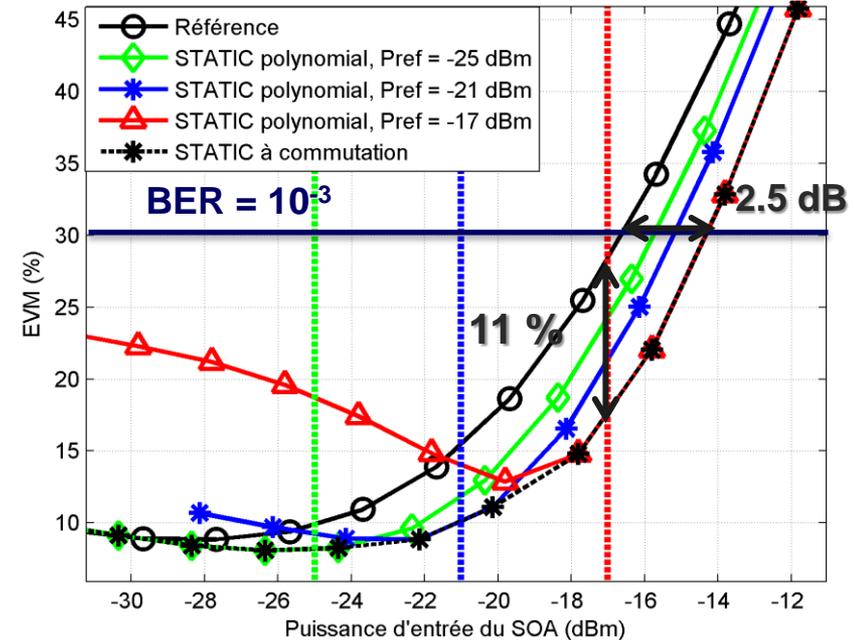


Pré-distenseur multipoint

Très bon compromis robustesse/performances sur cette plage de puissance

Pré-distenseur à commutation

Utilise une commutation entre plusieurs pré-distenseurs identifiés à diverses puissances Pref



Pré-distenseur à commutation

Conserve de bonnes performances (faible EVM) sur une gamme de puissance étendue

6. Conclusions et perspectives

○ Conclusions :

- La compensation des effets non-linéaires pour un transmetteur optique cohérent à été étudiée dans ce travail, via les pré-distorseurs STATIC polynomial et AM-AM/AM-PM
- Grande efficacité du pré-distorseur STATIC AM-AM/AM-PM dans la zone de saturation du SOA
- Gain de performance du transmetteur sur une plage de fonctionnement élargie via le pré-distorseur à commutation
- Amélioration de la robustesse via le pré-distorseur multipoint

○ Perspectives :

- Extension au cas 16QAM
- Proposition d'autres modèles de pré-distorsion pour la linéarisation du SOA
- Application à d'autres composant optiques non-linéaires (RSOA, laser DFB, ...)
- Etude de la robustesse des pré-distorseurs en fonction des paramètres de la chaine OFDM
- Validation expérimentale



Merci

12

Mohamad.Younes@univ-brest.fr