

# Linéarisation de dispositifs opto-électroniques dans un contexte de transmission

Stéphane AZOU

AG Lab-STICC, 25/01/2019



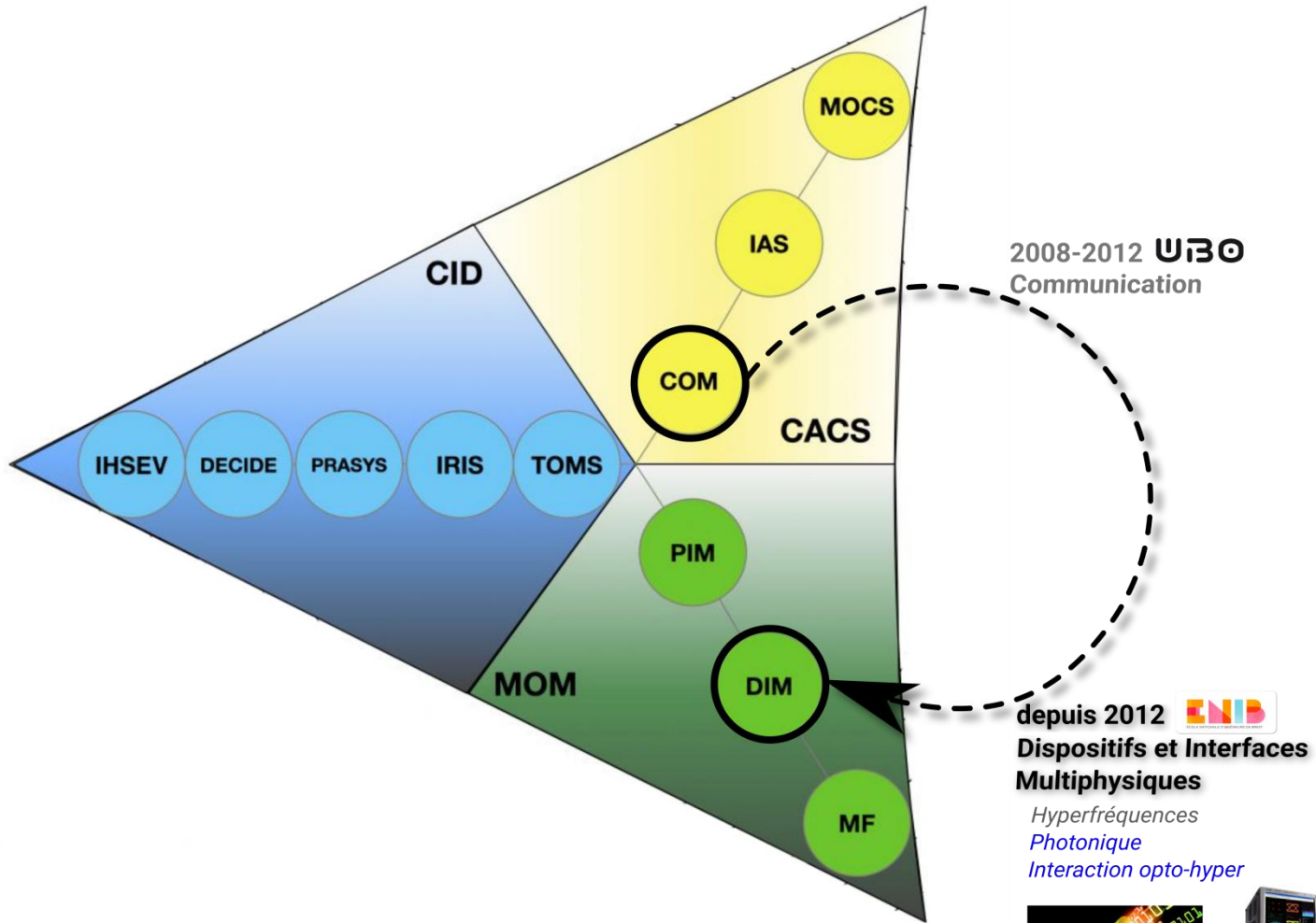


# Plan de la présentation

- 1. Contexte et Objectifs**
- 2. Quelques contributions sur la linéarisation de dispositifs opto-électroniques :**
  - *Systèmes Impulse Radio UWB sur fibre*
  - *Systèmes Coherent-Optical OFDM*
- 3. Perspectives**



# 1. Contexte et Objectifs





# 1. Contexte et Objectifs

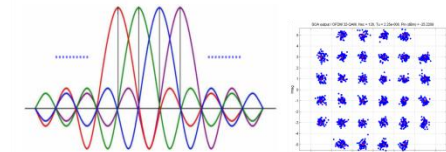
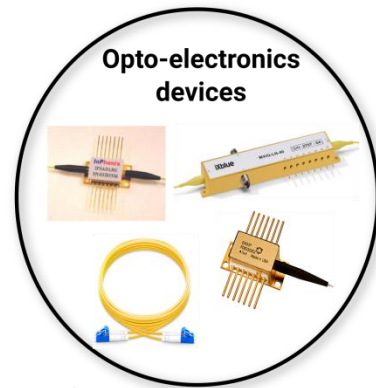


## Communication Systems

Architecture Coherent vs. IM/DD, PDM, WDM,...  
High speed, Multiple Access, Flexibility, Security, ...



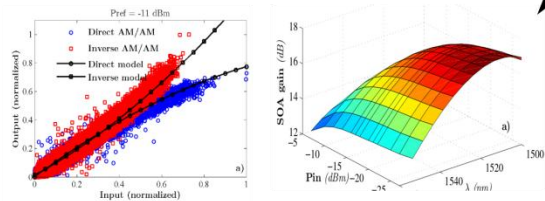
**Proof-of-concept  
(offline processing)**



**Waveforms, Modulation formats**



Linear & Nonlinear impairments, Uncertainty  
(physical properties, environment, fabrication process,...)



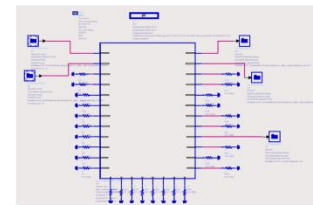
## System performance improvement

Impairments monitoring & compensation, Linearization

4

Self-calibration

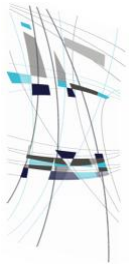
Signal processing (analog, digital)



## Device/System modeling and simulation

Device/waveforms interaction analysis

Performance evaluation (co-simulation)



# 1. Contexte et Objectifs

## ➤ Exemple de composant opto-électronique : l'amplificateur optique à semiconducteurs (SOA)

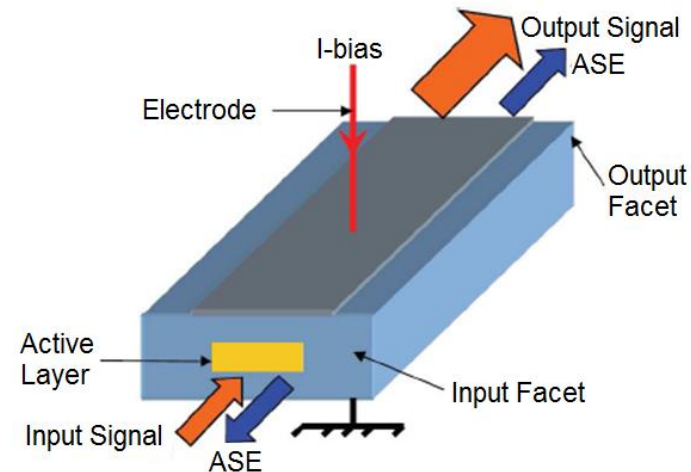
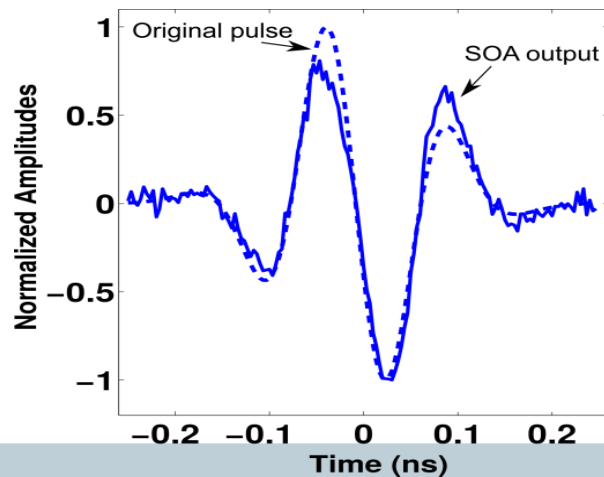
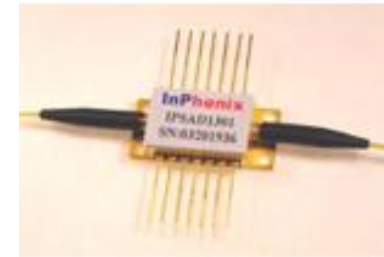
- Bas coût, très large bande, intégrable,...

### MAIS

Bruit ASE, Effets non-linéaires variés (FWM, SGM, SPM, XGM, XPM, XpolM)

- Modèle précis développé au Lab-STICC

[Morel et al., IEEE J. QE 2009][Khaleghi et al., IEEE J. LT 2012]

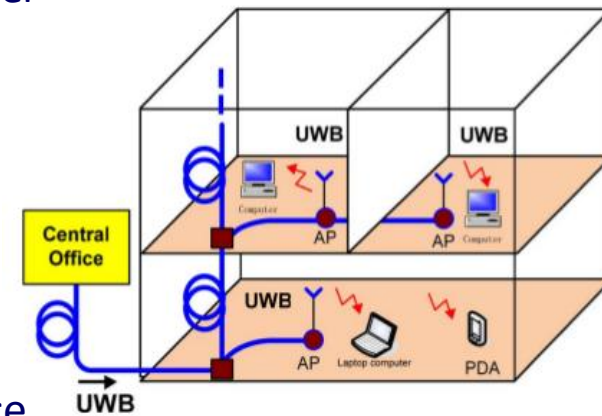




## 2. Systèmes *Impulse Radio UWB* sur fibre

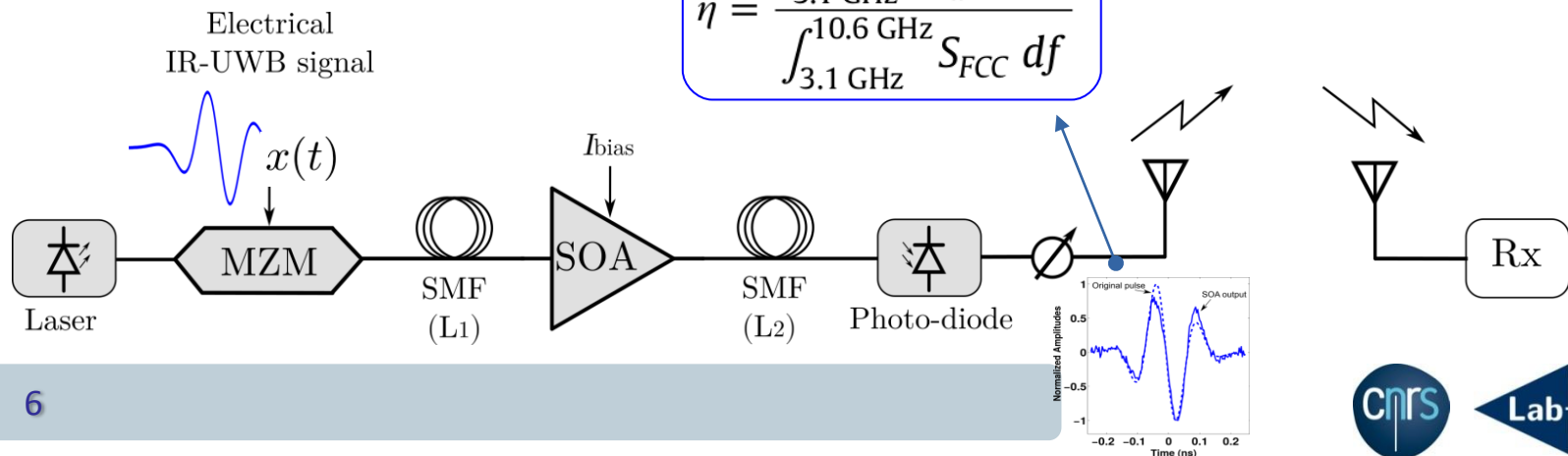
### ➤ Contexte & Objectifs (Thèse de Haidar TAKI, 2013-2017)

- Fibre optique pour acheminer des signaux IR-UWB et limiter la portée du lien radio.
- Architecture à base de SOA (extension de portée)
- Compensation d'imperfections du lien optique dans le domaine électrique (SOA, MZM); Linéarisation.
- Priorité au traitement analogique



Efficacité en puissance

$$\eta = \frac{\int_{3.1 \text{ GHz}}^{10.6 \text{ GHz}} S_x(f) df}{\int_{3.1 \text{ GHz}}^{10.6 \text{ GHz}} S_{FCC} df}$$



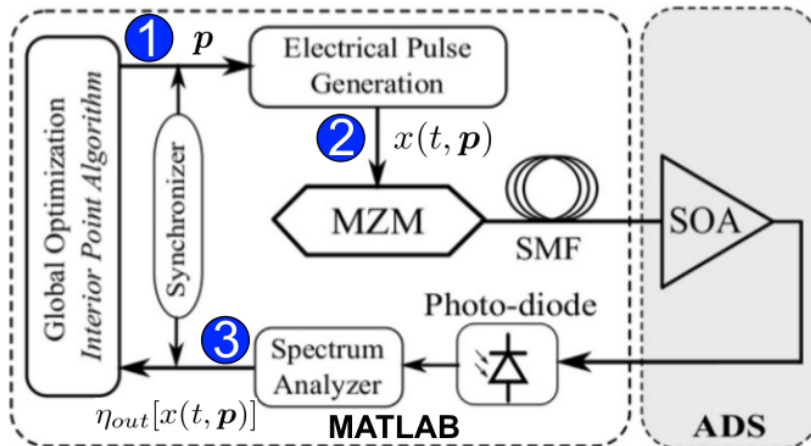


## 2. Systèmes *Impulse Radio UWB* sur fibre

### *Compensation via Prédistorsion paramétrique (1/2)*

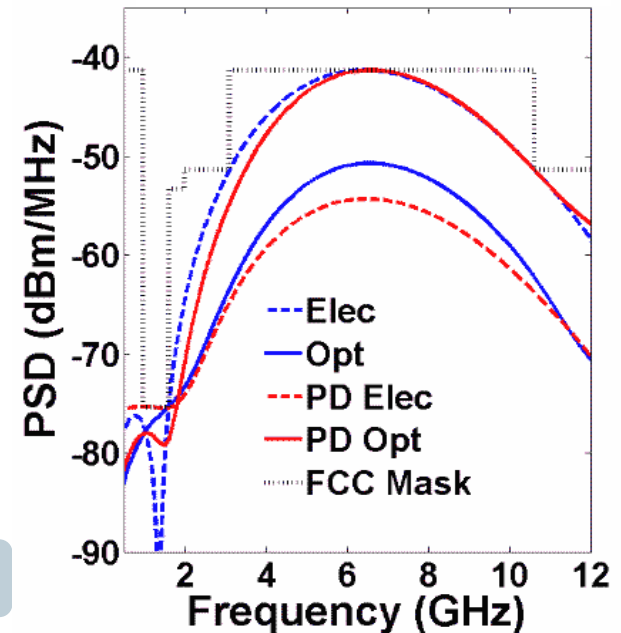
- Hypothèse de travail : faisabilité d'un générateur d'impulsions gaussiennes à paramètres accordables [R. Thai-Singama et al., IEEE Trans. CAS-II, 2012]
- Proposition d'une procédure simple de calibration de l'impulsion  $x(t, \mathbf{p})$

$$\mathbf{p}^* = \arg \max_{\mathbf{p}} \eta_{out}[x(t, \mathbf{p})]$$



H. Taki, S. Azou, A. Hamie, A. Al Housseini, A. Alaeddine and A. Sharaiha, "Simple pre-distortion schemes for improving the power efficiency of SOA-based IR-UWB over fiber systems", *Optics Communications*, vol. 382, pp. 225-231, jan. 2017.

$$\eta = 6.2\% \rightarrow \eta = 53\%$$







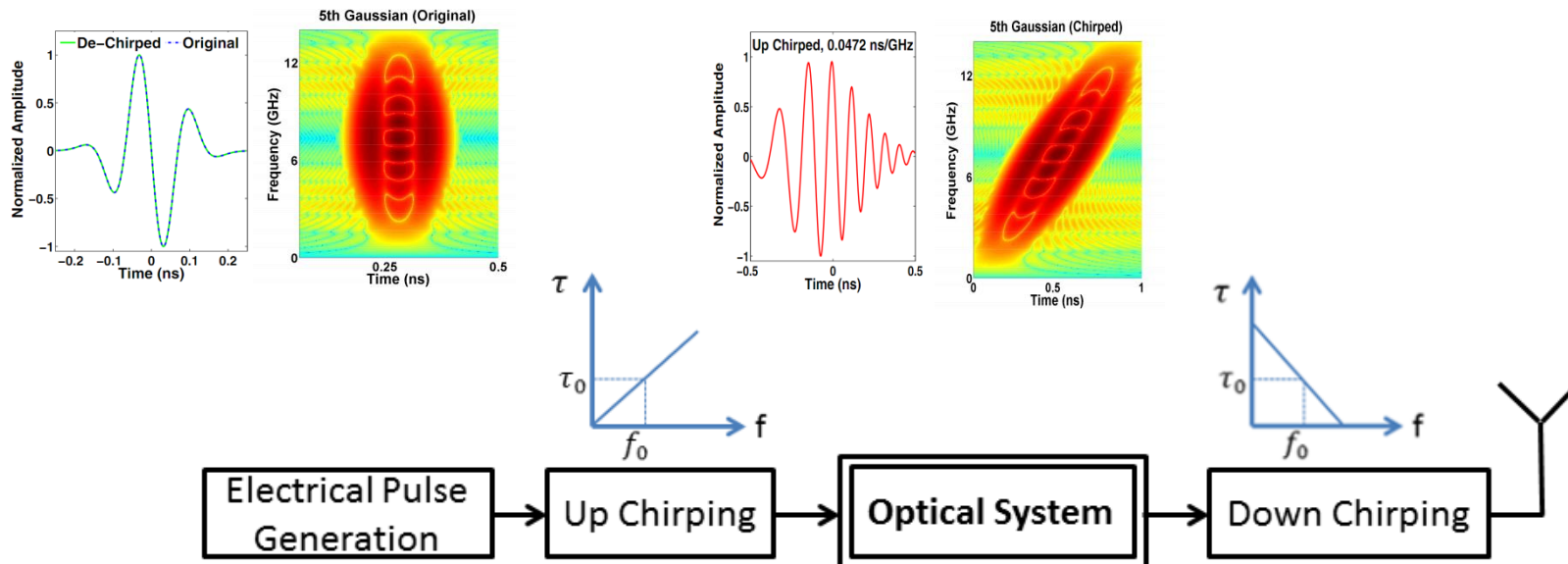


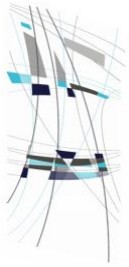


## 2. Systèmes *Impulse Radio UWB* sur fibre

### *Compensation par déphasage de formes d'ondes électriques (1/2)*

- Intérêts d'un traitement analogique de signaux large bande via *Phaser* [C. Caloz et al., IEEE Microwave mag., 2013] [L. Zou, IEEE Trans. WC 2018]
- Déphasage (*up-chirping/down-chirping*) des impulsions dans le domaine électrique pour réduire l'impact des non-linéarités et du bruit d'ASE du SOA





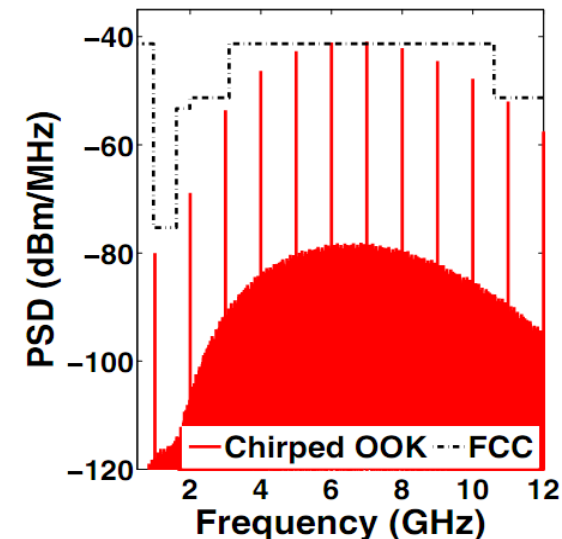
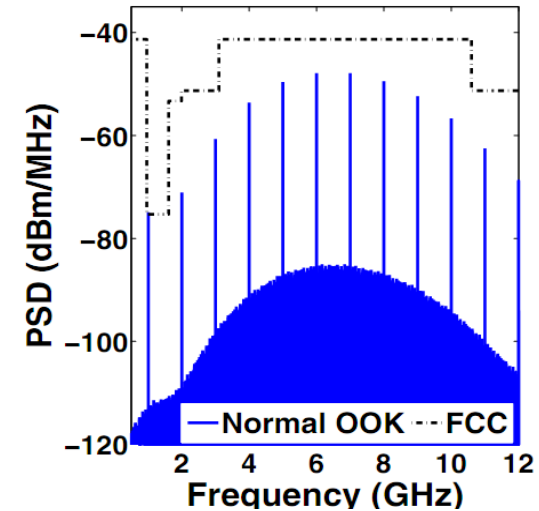
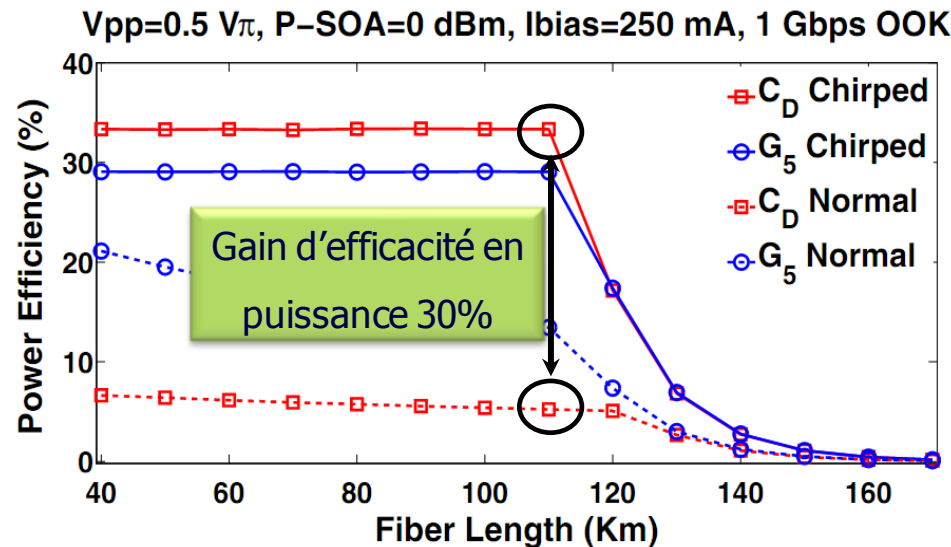
## 2. Systèmes *Impulse Radio UWB* sur fibre

### *Compensation par déphasage de formes d'ondes électriques (2/2)*

➤ Performance (SOA @40 km; chirping 0.0472 ns/GHz)

- Gain d'efficacité en puissance de 25% à 110 km pour un lien OOK à 1 Gb/s avec combinaison de doublets;

- Gain de 30% à 120 km pour un lien PPM à 0.5 Gb/s



H. Taki, S. Azou, A. Hamie, A. Al Housseini, A. Alaeddine and A. Sharaiha, "On Phaser-Based Processing of Impulse Radio UWB over Fiber Systems Employing SOA", *Optical Fiber Technology*, vol. 36, pp. 33-40, 2017.

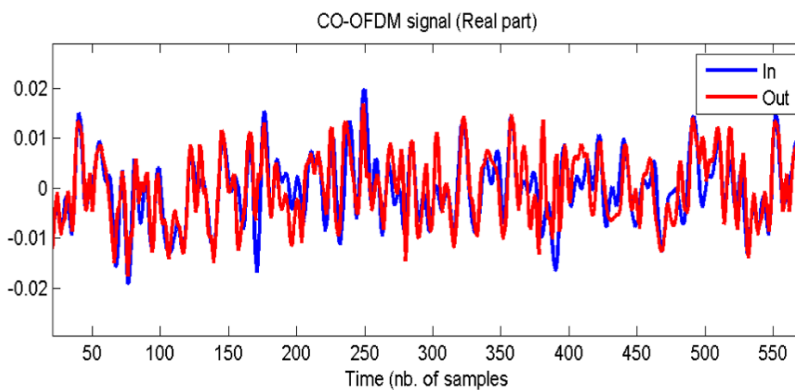
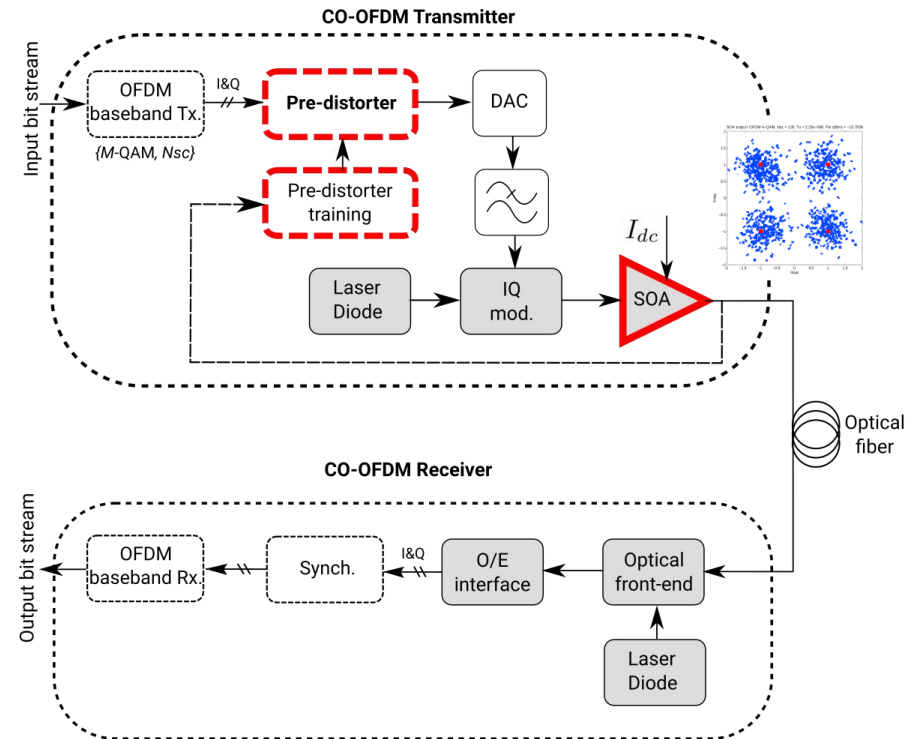


## 2. Systèmes Coherent-Optical OFDM

### Pré-distorsion numérique en bande de base (1/3)

➤ **Contexte & Objectifs (Stages S. BEJAN, A. FRUNZA, Thèse de Mohamad YOUNES, 2015-2019)**

- Conception d'un transmetteur CO-OFDM à base d'amplificateur SOA pour les réseaux d'accès/méto.
- Etude comparative de solutions numériques (DPD) pour la linéarisation

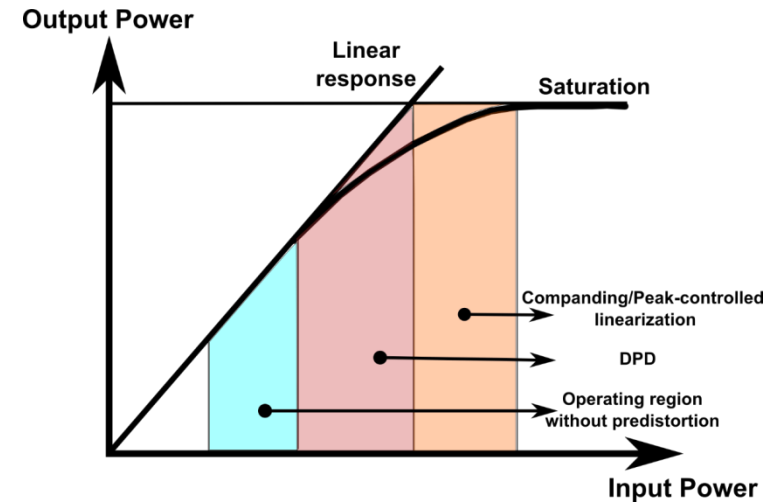
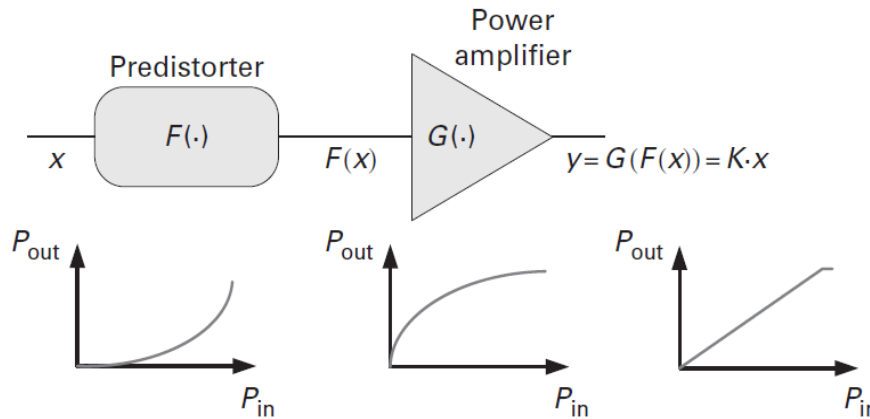




## 2. Systèmes Coherent-Optical OFDM

### Pré-distorsion numérique en bande de base (2/3)

#### ➤ Linéarisation du SOA via pré-distorsion (DPD)



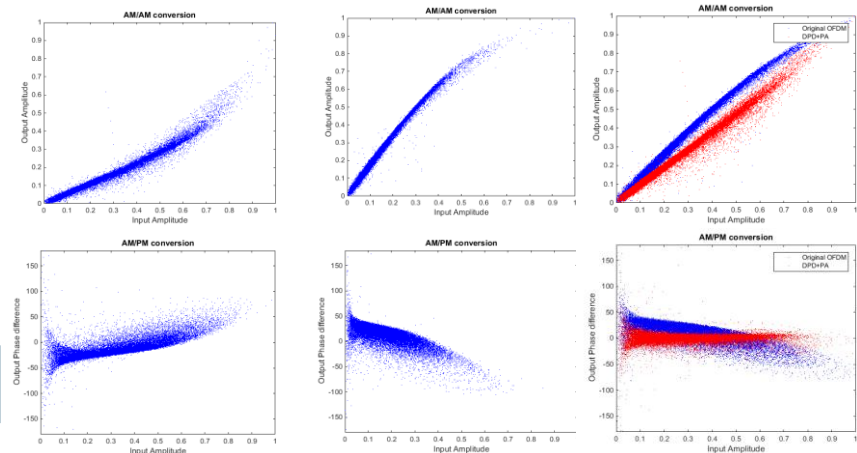
#### ➤ Exemple de pré-distorreur : le modèle polynomial à mémoire

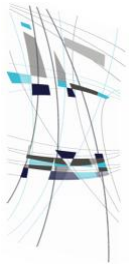
$$F(x) = \sum_{i=1}^{N_3} \sum_{j=0}^{M_1-1} c_{i,j} x[k-j] |x[k-j]|^{i-1}$$

DPD

SOA

DPD/SOA

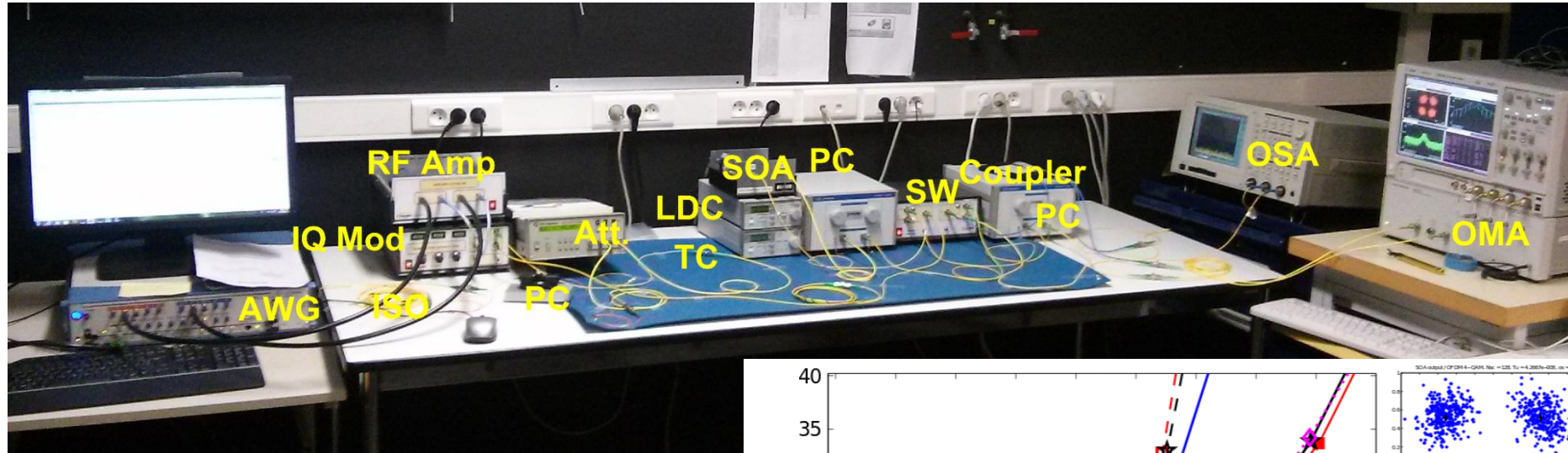




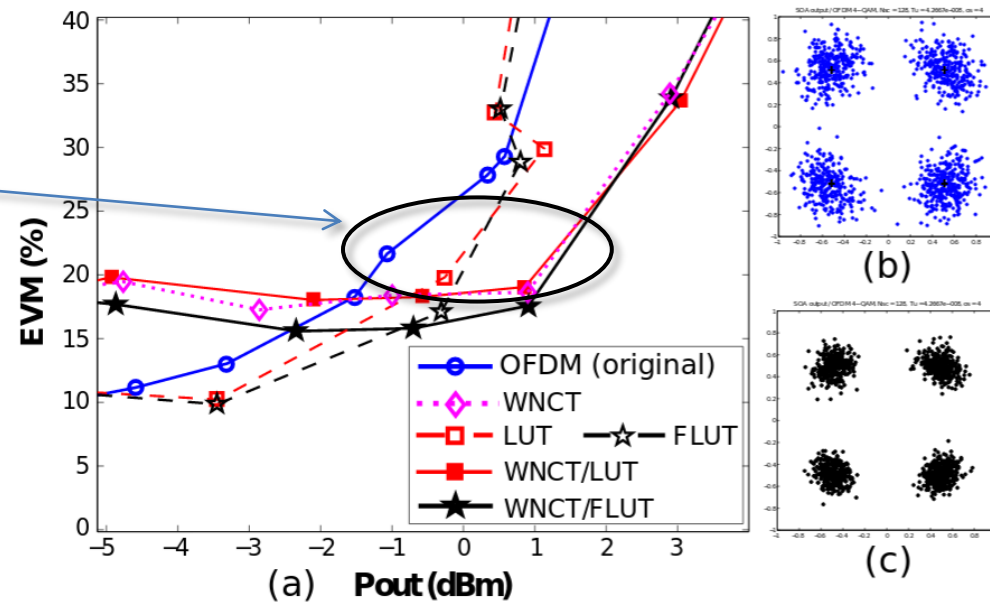
## 2. Systèmes Coherent-Optical OFDM

### Pré-distorsion numérique en bande de base (3/3)

#### ➤ Validation expérimentale



Puissance accrue d'environ  
2 dB en sortie du SOA



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

Photonics Technology Letters, vol. 27, no. 20, oct. 2015.