

# **Un Simulatore di Sistemi di Trasmissione in Fibra Ottica in Ambiente TOPSIM**

Andrea Carena<sup>‡</sup>, Vittorio Curri<sup>‡</sup>, Pierluigi Poggiolini<sup>‡</sup>,  
Filippo Bentivoglio Ravasio<sup>†</sup>, Paolo Ottolenghi<sup>†</sup>

<sup>‡</sup> Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Torino,  
Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino, Italia.

E-mail (Internet) [*surname*]@polito.it,  
Fax +39.11.5644099.

<sup>†</sup> Submarine Transmission Systems, R&D Dept., Pirelli Cavi S.p.A.,  
Viale Sarca 222, 20126, Milano, Italia.

E-mail (Internet) [*name.surname*]@pirelli.com,  
Fax +39.2.64429346.

## Sommario

- Sviluppo in ambiente TOPSIM di un simulatore di sistemi di comunicazioni ottiche.
- Modellizzazione della fibra ottica e della variazione statistica dei parametri della fibra.
- Scelta di algoritmi efficienti per la simulazione della propagazione del segnale.
- Modellizzazione di altri componenti di sistema con particolare attenzione al EDFA.
- Confronto con un esperimento realizzato su di un anello di ricircolo del segnale nei laboratori della Pirelli Cavi.

## Caratteristiche principali del simulatore (I)

- Simulazione di sistemi ottici punto-punto WDM.
- Algoritmo di simulazione basato sulla separazione degli operatori.
- Modello vettoriale della fibra ottica.
  - Modello statistico della birifrangenza e del PMD.
  - Dispersione di ordine 2 con variazione statistica della  $\lambda_0$  lungo la coordinata di propagazione  $z$ .
  - Dispersione di ordine 3 e 4 (opzionale).
  - Perdite.
  - Non linearità dovuta ad effetto Kerr.

## Caratteristiche principali del simulatore (II)

- Modello accurato del EDFA che comprende la dipendenza del guadagno dalla polarizzazione (PDG). Si sta sviluppando un modello che risolve spettralmente le caratteristiche di ciascun amplificatore di una catena.
- Librerie per la simulazione di componenti ottici e opto-elettronici (laser con rumore di fase, modulatori di ampiezza e di polarizzazione, filtri ottici, ...).
- Librerie per la valutazione delle prestazioni di sistema (analizzatore di spettro ottico e elettrico, valutatore del diagramma ad occhio e del parametro  $Q$ , ...).
- Librerie per la simulazione della parte elettrica del sistema.

## L'equazione propagativa nella fibra

$$\frac{\partial \underline{A}}{\partial z} + \left\{ j\underline{\beta}_0 + \underline{\beta}_1 \frac{\partial}{\partial t} - \frac{j}{2} \underline{\beta}_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{1}{6} \underline{\beta}_3 \frac{\partial^3}{\partial t^3} \right\} \underline{A} + \alpha \underline{A} = \underline{P}_{NL}$$

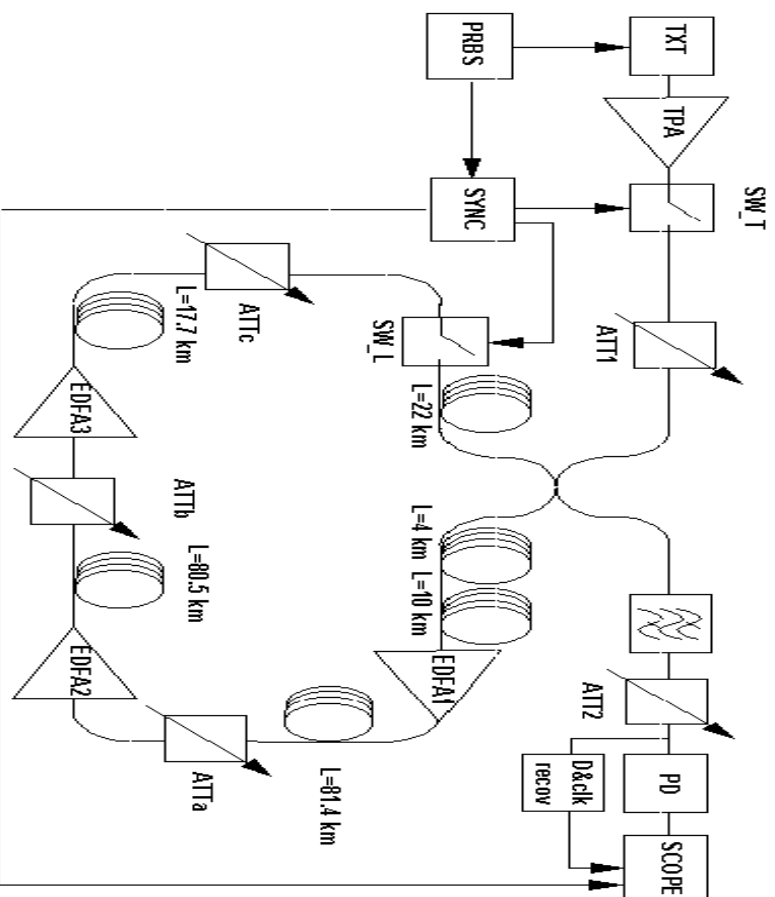
dove

$$\underline{P}_{NL} = -j \frac{\gamma}{3} \left\{ \begin{array}{l} (3|\mathcal{A}_x|^2 + 2|\mathcal{A}_y|^2) \mathcal{A}_x + \mathcal{A}_x^* \mathcal{A}_y^2 \\ (3|\mathcal{A}_y|^2 + 2|\mathcal{A}_x|^2) \mathcal{A}_y + \mathcal{A}_y^* \mathcal{A}_x^2 \end{array} \right\}$$

$\underline{\beta}_0$  induce la birifrangenza,  $\underline{\beta}_1$  provoca la PMD,  $\underline{\beta}_2$  e  $\underline{\beta}_3$  sono i coefficienti dispersivi,  $\gamma$  considera la non linearità e  $\alpha$  è responsabile delle perdite.

$$\underline{A} = \underline{A}(t, z) = \begin{bmatrix} \mathcal{A}_x(t, z) \\ \mathcal{A}_y(t, z) \end{bmatrix}$$

# Set-up sperimentale



- Bit rate = 2.5 Gbit/s
- $P = +9$  dBm
- $\lambda_0 \sim 1540$  nm
- EDFA - NF = 6.5 dB
- Filtro ottico  
 $B_W = 0.6$  nm
- Filtro elettrico  
 $B_W = 1.866$  GHz

# Confronto tra esperimento e simulazione (I)

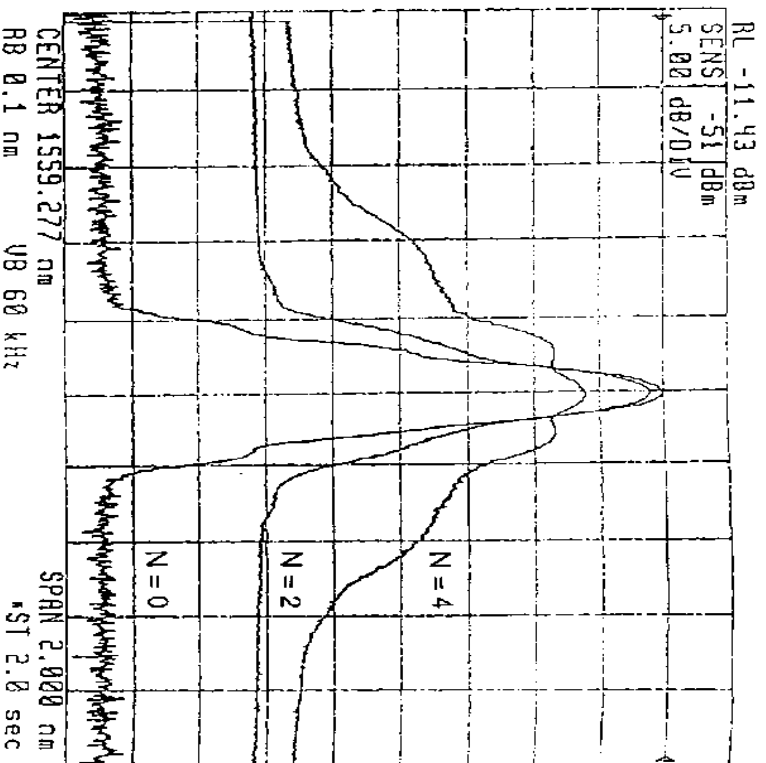


Figura 1: Spettri misurati.

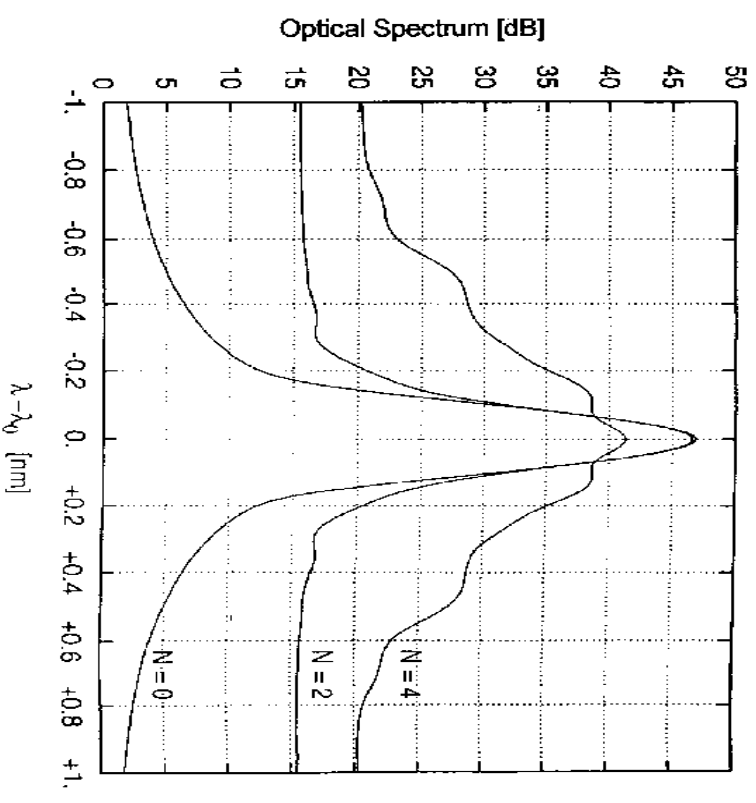


Figura 2: Spettri simulati.



## Confronto tra esperimento e simulazione (II)

### Conclusioni

- Ottimo accordo tra risultati sperimentali e simulativi.
- Versatilità nell'analisi di sistemi ottici completi.
- Possibilità di studio dei vari fenomeni non lineari nella fibra (PG, MI, FWM, SPM, XPM, ...).
- Supporto nella progettazione delle caratteristiche di sistema.

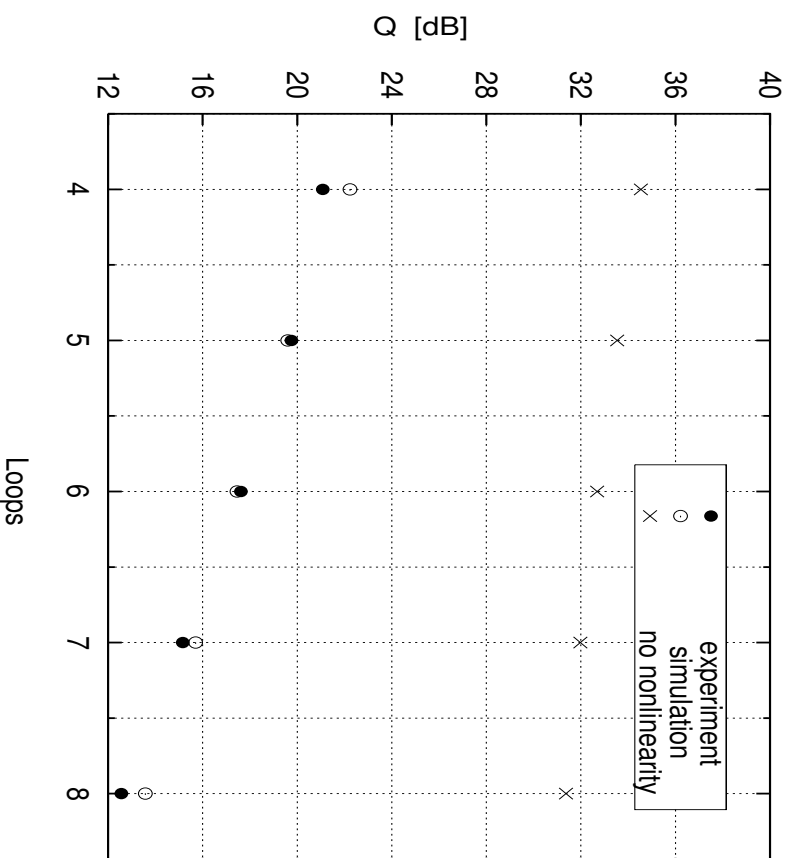


Figura 3: Andamento del parametro  $Q$ .