



**HAL**  
open science

## Remise en forme de signaux à base de micro-résonateurs non-linéaires couplés

Laura Ghisa, Yannick Dumeige, Patrice Feron

### ► To cite this version:

Laura Ghisa, Yannick Dumeige, Patrice Feron. Remise en forme de signaux à base de micro-résonateurs non-linéaires couplés. 25èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2006), Nov 2006, Metz, France. pp.194-196. hal-00199372

**HAL Id: hal-00199372**

**<https://hal.science/hal-00199372v1>**

Submitted on 18 Dec 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Remise en forme de signaux à base de micro-résonateurs non-linéaires couplés

Laura Ghişa<sup>1</sup>, Yannick Dumeige<sup>1</sup>, Patrice Féron<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ENSSAT-FOTON (CNRS UMR 6082) - Université de Rennes 1

BP 80518, 6 Rue de Kerampont, 22305 Lannion CEDEX

yannick.dumeige@enssat.fr ou patrice.feron@enssat.fr

## RÉSUMÉ

Nous proposons et testons de manière numérique un dispositif présentant une fonction de transfert non-linéaire permettant l'augmentation du rapport signal sur bruit dans les télécommunications optiques. Ce dispositif tout optique de remise en forme des impulsions est basé sur l'utilisation de micro-résonateurs présentant un effet Kerr non linéaire. Comme nous profitons de l'exaltation du champ électrique à l'intérieur des résonateurs, ce dispositif pourrait être sensiblement plus réduit que les dispositifs basés sur des fibres optiques ou des guides d'onde plus conventionnels.

**MOTS-CLEFS :** *optique non-linéaire, optique intégrée, résonateurs, traitement optique du signal*

## 1. INTRODUCTION

L'intégration des dispositifs pour les fonctions de traitement tout optique du signal, comme la régénération, est un point crucial pour les systèmes de télécommunications[1]. D'autre part l'utilisation de micro-résonateurs a déjà largement été proposée pour l'intégration de fonctions optiques logiques[2]. Nous proposons et nous modélisons en régime stationnaire et en régime dynamique le couplage de micro-résonateurs non-linéaire pour la réalisation de fonctions de régénération tout optique du signal dans un volume très faible. Le dispositif proposé (Fig.1) est fondé sur deux étages constitués chacun des trois anneaux couplés entre eux et à trois guides rectilignes. Le premier groupe réduit le niveau de bruit sur les "0" et le deuxième limite les

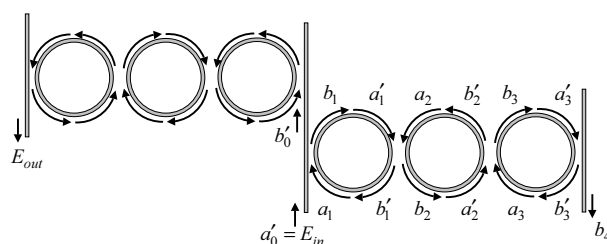


Fig. 1: Deux groupes de 3 résonateurs non-linéaires couplés. Pour le premier groupe, la propagation des champs est représentée.

fluctuations sur les "1" dans le cas d'un signal RZ (return-to-zero).

## 2. MODÈLE

Nous considérons des anneaux et des guides monomodes et nous représentons les signaux par l'intermédiaire de leurs enveloppes modales[3]. Les anneaux sont identiques, constitués d'un milieu Kerr non-linéaire instantané, dispersif, local, d'indice non linéaire effectif  $N_2$ . Le couplage (assymétrique avec pertes) entre les  $i^{eme}$  et  $(i+1)^{eme}$  résonateurs (ou guides d'ondes) ( $i \in \{0, 1, 2, 3\}$ ) s'exprime à partir des relations matricielles de Yariv [4]

$$\begin{pmatrix} a'_i \\ b'_i \end{pmatrix} = \frac{1}{\kappa_i'^*} \begin{pmatrix} t_i^* & -1 \\ \kappa_i \kappa_i'^* + t_i^* t_i' & -t_i' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{i+1} \\ b_{i+1} \end{pmatrix} \quad (1)$$

L'approximation de l'enveloppe lentement variable (SVEA) donne pour solutions à la propagation non-linéaire[5] dans le  $i^{eme}$  anneau :

$$a_i = b'_i \exp(-j\beta L) \exp(-j\gamma|b'_i|^2), \quad b_i = a'_i \exp(j\beta L) \exp(j\gamma|a'_i|^2/A) \quad (2)$$

avec  $\beta = 2\pi n/\lambda_0 + j\alpha/2$  constante de propagation à  $\lambda_0$  ( $n$  indice effectif linéaire,  $\alpha < 0$  pertes optiques).  $L$  étant le demi périmètre du résonateur,  $A = \exp(\alpha L)$  et  $\gamma$  caractérisent les propriétés non-linéaires effectives du résonateur :

$$\gamma = \frac{\pi N_2 \epsilon_0 c n A - 1}{\lambda_0 \alpha} \quad (3)$$

Pour un groupe d'anneaux, après 4 itérations nous déduisons les relations entre les enveloppes  $a'_0$ ,  $b'_0$  et  $b_4$ .

### 3. RÉGIMES STATIONNAIRE ET DYNAMIQUE

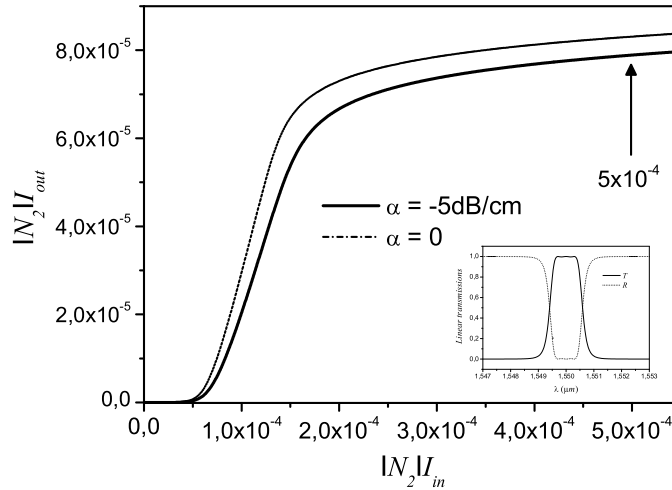


Fig. 2: Fonction de transfert non-linéaire pour  $2 \times 3$  micro-anneaux. Les intensités sont définies comme :  $I_{in} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c n |E_{in}|^2$  et  $I_{out} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c n |E_{out}|^2$ .

Pour illustrer la fonction de remise en forme nous considérons des résonateurs en polymère (PTS) non-linéaire avec  $N_2 = 2.2 \times 10^{-12} \text{cm}^2/\text{W}$  à  $\lambda_0 = 1.6\mu\text{m}$ [6]. Nous négligeons ici la faible absorption à deux photons  $\alpha_2 = 0.5 \text{cm}/\text{GW}$  [6]. L'indice effectif est pris égal à 1.6. Nous considérons l'ordre d'interférence  $m = 98$  ( $\phi \sim 30 \mu\text{m}$ ) et le choix de  $\kappa_0 = \kappa_3 = 0.52j$  et  $\kappa_1 = \kappa_2 = 0.13j$  donne un filtre passe-bande compatible avec une transmission à 40 Gbit/s. l'insertion de la figure 2 représente les spectres de transmission linéaire d'un groupe de résonateurs ( $T = |b_4/E_{in}|^2 = |E_{out}/b'_0|^2$  et  $R = |b'_0/E_{in}|^2$ ). La longueur d'onde de travail est  $\lambda_0 = 1550 \text{nm}$ . Pour un champ  $E_{in}$  faible, le champ est résonant dans le premier groupe d'anneaux et  $|b_4|^2 \simeq |E_{in}|^2$  alors que  $|b'_0|^2 \simeq 0$ . Pour une intensité plus élevée l'accumulation de phase non-linéaire dans les résonateurs couplés décale la résonance. Par conséquent le rapport  $|b_4/E_{in}|^2$  décroît alors que la valeur de  $|b'_0|^2$  augmente. En utilisant  $b'_0$  comme signal d'entrée, le second groupe

d'anneaux agit comme un limiteur optique pour les "1". La figure 2 montre clairement la forme en "S" requise pour la remise en forme d'impulsions.

En régime dynamique, les hypothèses utilisées sont identiques à celles de la SVEA et nous

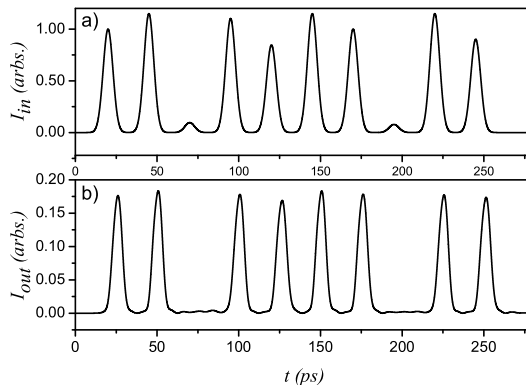


Fig. 3: (a) Signal d'entrée bruité (b) signal régénéré.

utilisons le modèle de Pereira *et al* [7] où l'évolution du champ  $E_i(t, s)$  est donnée par

$$E_i(s, t + \delta t) = E_i(s - \delta s, t) \exp(-j\beta\delta s) \times \exp\left[-\left(j\frac{2\pi}{\lambda_0}N_2 + \alpha_2\right) I_i(s - \delta s, t)\delta s\right] \quad (4)$$

où  $s$  est l'abscisse curviligne le long de l'anneau et  $\alpha_2$  le coefficient d'absorption à deux photons,  $\delta t = n\delta z/c$  avec  $\delta z \approx 2\mu m$ . Pour une transmission à 40 Gbit/s avec un  $T_{bit} = 25 ps$ ,  $N_2 I_{in} = 5 \times 10^{-4}$  (intensité de référence = 1) et une durée optimale d'impulsion  $\tau_0 = 7.1 ps$  la figure 3 montre un exemple de régénération sur 10 bits où le facteur  $Q$  [8] évolue de 2.4 (Fig.3 (a)) à  $\sim 9$  (Fig.3 (b)).

- [1] P.V. Mamyshev, in 24th European Conference on Optical Communication (IEEE, 1998), p. 475; O. Leclerc, B. Lavigne, E. Balmeffre, P. Brindel, L. Pierre, D. Rouvillain, F. Seguin, J. Lightwave Technol. 21, 2779 (2003).
- [2] T.A. Ibrahim, V. Van, P.T. Ho, Opt. Lett. 27, 803 (2002).
- [3] J.K.S. Poon, J. Sheuer, S. Mookherjee, G.T. Paloczi, Y. Huang, A. Yariv, Opt. Express 12, 90 (2004).
- [4] A. Yariv, Electron. Lett. 36, 321 (2000).
- [5] Y. Dumeige, L. Ghiša, P. Féron, J. Opt. A : Pure Appl. Opt. 8, S483-S489 (2006).
- [6] B.L. Lawrence, M. Cha, J.U. Kang, W. Torruellas, G. Stegeman, G. Baker, J. Meth, S. Etemad, Electron. Lett. 30, 447 (1994).
- [7] S. Pereira, P. Chak, and J. E. Sipe, J. Opt. Soc. Am. B 19, 2191 (2002).
- [8] T. N. Nguyen, M. Gay, L. Bramerie, T. Chartier, J. C. Simon, and M. Joindot, Opt. Express 14, 1737 (2006).