

Pluie de solitons dans un laser à fibre co-dopée Er:Yb en forme de huit

Alioune Niang, Foued Amrani, Mohamed Salhi, François Sanchez

► **To cite this version:**

Alioune Niang, Foued Amrani, Mohamed Salhi, François Sanchez. Pluie de solitons dans un laser à fibre co-dopée Er:Yb en forme de huit. Journées Nationales d'Optique Guidée JNOG 2013, Jul 2013, Villetaneuse, France. hal-03204237

HAL Id: hal-03204237

<https://hal.univ-angers.fr/hal-03204237>

Submitted on 21 Apr 2021

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.

Pluie de solitons dans un laser à fibre co-dopée Er -Yb en forme de huit

A. Niang¹, F. Amrani¹, M. Salhi¹, F. Sanchez¹

¹ LUNAM Université, Université d'Angers, Laboratoire de Photonique d'Angers EA 4464,
2 Bd Lavoisier, 49000 Angers, France

alioune.niang@univ-angers.fr

RÉSUMÉ

Nous rapportons ici l'observation expérimentale d'un comportement collectif d'un ensemble de soliton, appelé pluie de solitons, dans un laser à fibre en forme de huit avec un miroir à boucle non linéaire (NOLM). Cette dynamique non linéaire a été précédemment observée dans un laser à fibre verrouillé passivement par la technique de rotation de polarisation non linéaire. A partir d'un fond continu, des solitons se créent et dérivent vers la phase condensée de plusieurs solitons. L'observation de cette dynamique tend à renforcer l'idée de l'universalité du comportement collectif des solitons.

MOTS-CLEFS : *Laser à fibre ; NOLM ; pluie de solitons ; harmonique de la pluie.*

1. INTRODUCTION

Les lasers à fibre verrouillés passivement en phase ont démontré leur capacité de générer des régimes multi-impulsionnels. En régime de dispersion anormale, la rotation non linéaire de la polarisation (RNLP) [1] et le laser à fibre en forme de huit (LF8) [2] sont les techniques les plus utilisées pour verrouiller passivement les modes dans les lasers à fibre. Mitschke [3] est le premier en 1987 à mettre en évidence l'existence des forces entre solitons dans un système passif. En effet pour une puissance de pompage fixée, ces configurations peuvent générer plusieurs impulsions dans la cavité [2,4]. Plus ce pompage est élevé, plus le nombre d'impulsion est important [4,5]. Ainsi les impulsions interagissent entre elles (phénomènes attractifs et/ ou répulsifs) et se structurent pour former des distributions plus ou moins organisées de solitons. Plusieurs comportements solitonique ont été expérimentalement observés : gaz de solitons, liquide de solitons, cristal de solitons [1,2]; harmonique de cristaux de solitons. Une dynamique de pluie de solitons a été observée dans un laser à fibre verrouillé en phase par la RNLP [6]. C'est une distribution où le fond quasi-continu et une phase condensée de solitons coexistent. Des solitons isolés émergent spontanément et d'une manière aléatoire sur le fond continu puis dérivent vers la phase condensée.

Dans cette communication, nous présentons l'observation et l'étude d'une dynamique de pluie de solitons dans un laser à fibre verrouillé en phase par le NOLM. Avec le contrôleur de polarisation et la puissance de pompage, nous avons étudié la dynamique de pluie de solitons.

L'observation de ce type de dynamique multi-solitonique dans une configuration différente de celle étudiée dans la référence [6] renforce l'idée de l'universalité du comportement collectif des solitons. Ces états d'impulsions ne dépendent pas du mécanisme exact de verrouillage de modes mais plutôt des types d'interactions entre les solitons.

2. RESULTATS EXPERIMENTAUX

La configuration expérimentale est représentée sur la figure 1. Il s'agit d'une cavité toute fibrée en forme de huit, verrouillé en phase par NOLM. La boucle en anneau unidirectionnelle (BU) et NOLM sont reliées par un coupleur fibré 80/20%. La recombinaison des impulsions à travers le coupleur après chaque tour de cavité conduit à un raccourcissement des impulsions dans la BU. Le blocage de mode se fait par la transmission des fortes intensités et par la réflexion des faibles intensités par le NOLM.

La cavité en anneau unidirectionnelle est constituée d'un amplificateur de 1W à fibre double gaine (DCF) dopée erbium-ytterbium de 8m de longueur ($\beta_{2DCF} = -0.015 ps^2 / m$), pompée par deux diodes à 980 nm d'environ 3 W chacune qui sont utilisées en montage contra-propagatif; d'un isolateur optique indépendant de l'état de polarisation. Ce dernier garantit d'avoir une cavité unidirectionnelle; de bloquer toutes réflexions parasites, et d'éviter la diffusion Brillouin qui se génère dans le sens contra-propagatif du laser. La boucle contient également quelques tronçons de fibre standard SMF28.

Le NOLM ne contient qu'un contrôleur de polarisation (CP) et des tronçons de fibre standard SMF28. La sortie du laser se fait à l'aide d'un coupleur à fibre placé juste à la sortie de l'amplificateur; il permet d'extraire 10% du signal circulant dans la cavité.

A $1,55\mu\text{m}$, les fibres DCF et SMF28 sont en régime de dispersion anormale, par conséquent la dispersion totale de la cavité est complètement anormale ($\beta_{2T} = -0.56 \text{ ps}^2$). La longueur totale de la cavité est de 28.1 m, ce qui donne une période de 139.6 ns par tour de cavité.

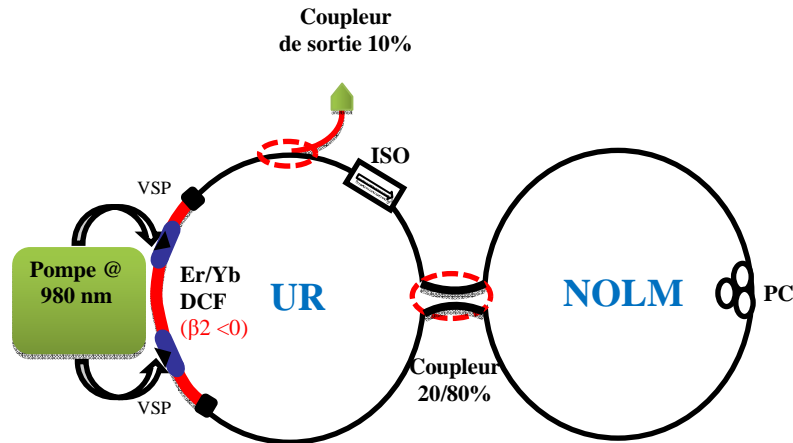


Figure 1: Dispositif expérimental.

En fixant la puissance de pompe à 3 W et après ajustement du contrôleur de polarisation, nous obtenons la trace temporelle donnée sur la figure 2. C'est une distribution de solitons particulière où le fond continu coexiste avec une phase condensée de solitons d'un tour à l'autre dans la cavité. Du fait des fluctuations du fond continu, plusieurs solitons isolés apparaissent spontanément, puis dérivent (de droite à gauche) vers la phase condensée et finissent par fusionner avec cette dernière.

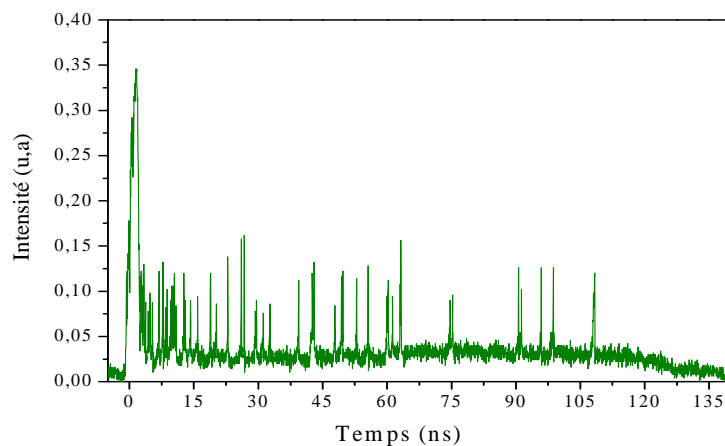


Figure 2: Trace temporelle de la pluie de solitons.

Nous avons étudié cette dynamique multi-impulsionnelle en fonction des paramètres (pompe et CP) de la cavité en partant du verrouillage de modes. En fixant la puissance de pompe à 1.6 W, nous avons fait jouer le contrôleur de polarisation dans un premier temps. Deuxièmement, nous sommes partis d'une position de contrôleur de polarisation donnée, nous avons varié la puissance de pompe entre 1.2 W et 2.4 W. Dans les deux cas, nous assistons à l'augmentation du fond continu et par conséquent du nombre de solitons qui se créent à partir du fond continu (solitons isolés).

Après avoir caractérisé la pluie de solitons, nous avons gardé la puissance de pompe à 2.4 W, nous avons à nouveau joué sur le contrôleur de polarisation, le nombre de solitons isolés diminue. Au fur et à mesure qu'on joue sur la polarisation, plusieurs groupes de pluie de solitons se mettent en place le long de la cavité d'un tour à l'autre. L'ajustement progressif du contrôleur de polarisation nous a permis de passer successivement du 1^{er} au 5^{ème} harmonique de la pluie de solitons. Les résultats sont présentés dans la figure 3.

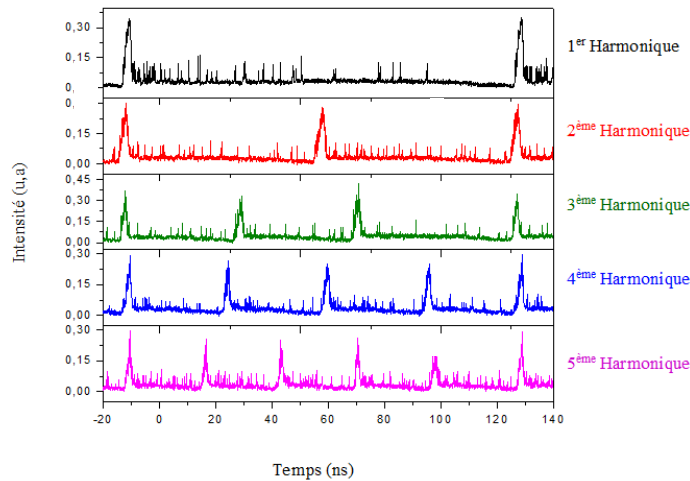


Figure 3: Trace temporelle de la pluie de solitons.

Bien que ces pluies de solitons soient différentes d'une période à l'autre en ce qui concerne l'amplitude de la phase condensée, le nombre moyen de solitons isolés et les fluctuations du fond continu, ces groupes représentent les harmoniques de la pluie solitons. Les différences sont attribuées à la formation aléatoire des solitons isolés sur le fond quasi-continu [6].

3. CONCLUSION

Dans cette communication nous avons présenté une étude expérimentale d'une pluie de solitons dans un laser à fibre double gaine co-dopé Er:Yb verrouillé passivement en phase par le NOLM. Nous avons caractérisé la formation de la pluie de solitons en fonction du contrôleur de polarisation d'une part et de la puissance de pompage d'autre part. Pour un pompage fixé, l'ajustement judicieux du contrôleur de polarisation a permis de passer du 1^{er} au 5^{ème} harmonique de pluies de solitons. L'observation de cette dynamique tend à renforcer l'idée de l'universalité du comportement collectif des solitons.

REFERENCES

- [1] Amrani, F., Haboucha, A., Salhi, M., Leblond, H., Komarov, A., Sanchez, F., "Dissipative solitons compounds in a fiber laser. Analogy with the states of the matter", *Appl. Phys. B*, 99, 107-114 (2010).
- [2] Amrani, F., Salhi, M., Grelu, Ph., Leblond, H., Sanchez, F., "Universal soliton pattern formations in passively mode-locked fiber lasers", *Opt. Lett.*, 36, 1545-1547, (2011).
- [3] Mitschke, F. M., and Mollenauer, L. F., "Experimental observation of forces between solitons in optical fibers", *Opt. Lett.* 12, 355-357 (1987).
- [4] Richardson, D. J, Laming, R. I., Payne, D. N, Matsas, V. J, Phillips, M. W, "Pulse repetition rates in passive, selfstarting, femtosecond soliton fiber laser", *Electron. Lett.* 27, 1451-1453 (1991).
- [5] F. Amrani, A. Niang, M. Salhi, A. Komarov, H. Leblond, F. Sanchez, "Passive harmonic mode locking of soliton crystals", *Opt. Lett.*, 36, 4239-4241, (2011).
- [6] S. Chouli and Ph. Grelu, "Soliton rains in a fiber laser: an experimental study", *Phys. Rev. A* **81**(6), 063829 (2010).