



HAL
open science

Le soliton Peregrine, une onde fondamentale des dynamiques non-linéaires

Bertrand Kibler, Amin Chabchoub, Gang Xu, Frédéric Audo, Kamal Hammani, Julien Fatome, John M. Dudley, Christophe Finot

► **To cite this version:**

Bertrand Kibler, Amin Chabchoub, Gang Xu, Frédéric Audo, Kamal Hammani, et al.. Le soliton Peregrine, une onde fondamentale des dynamiques non-linéaires. 25ème congrès général de la Société Française de Physique, Jul 2019, Nantes, France. 2019. hal-02176105

HAL Id: hal-02176105

<https://hal.science/hal-02176105v1>

Submitted on 16 Jul 2019

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.

Bertrand Kibler¹, Amin Chabchoub², Gang Xu¹, Frédéric Audo¹, Kamal Hammani¹,
Julien Fatome¹, John M. Dudley³, **Christophe Finot¹**

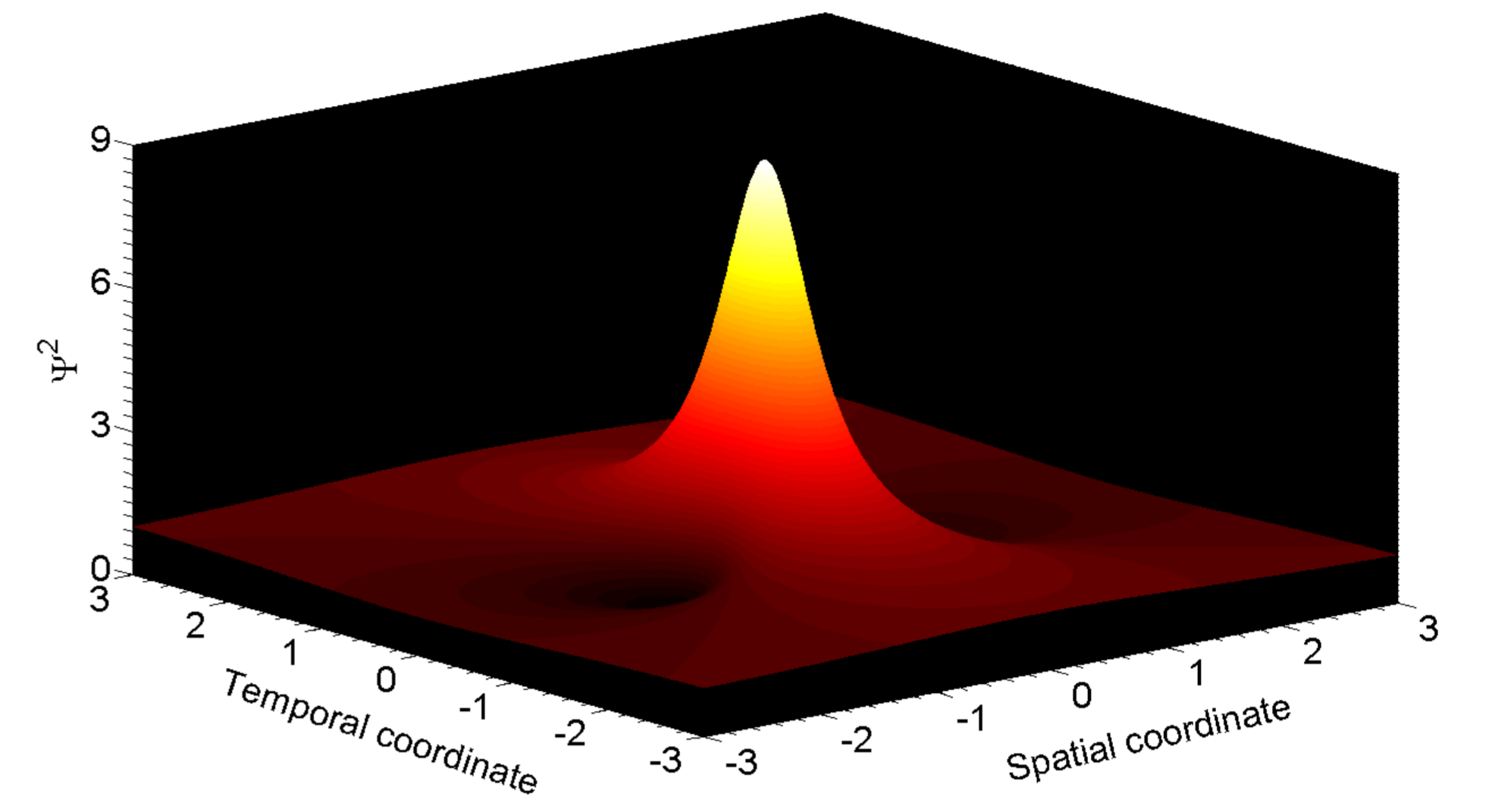
1- Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS-Université de Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France

2- School of Civil Engineering, The University of Sydney, Sydney, Australia

3- Institut FEMTO-ST, CNRS Université de Bourgogne Franche-Comté UMR 6174, Besançon, France

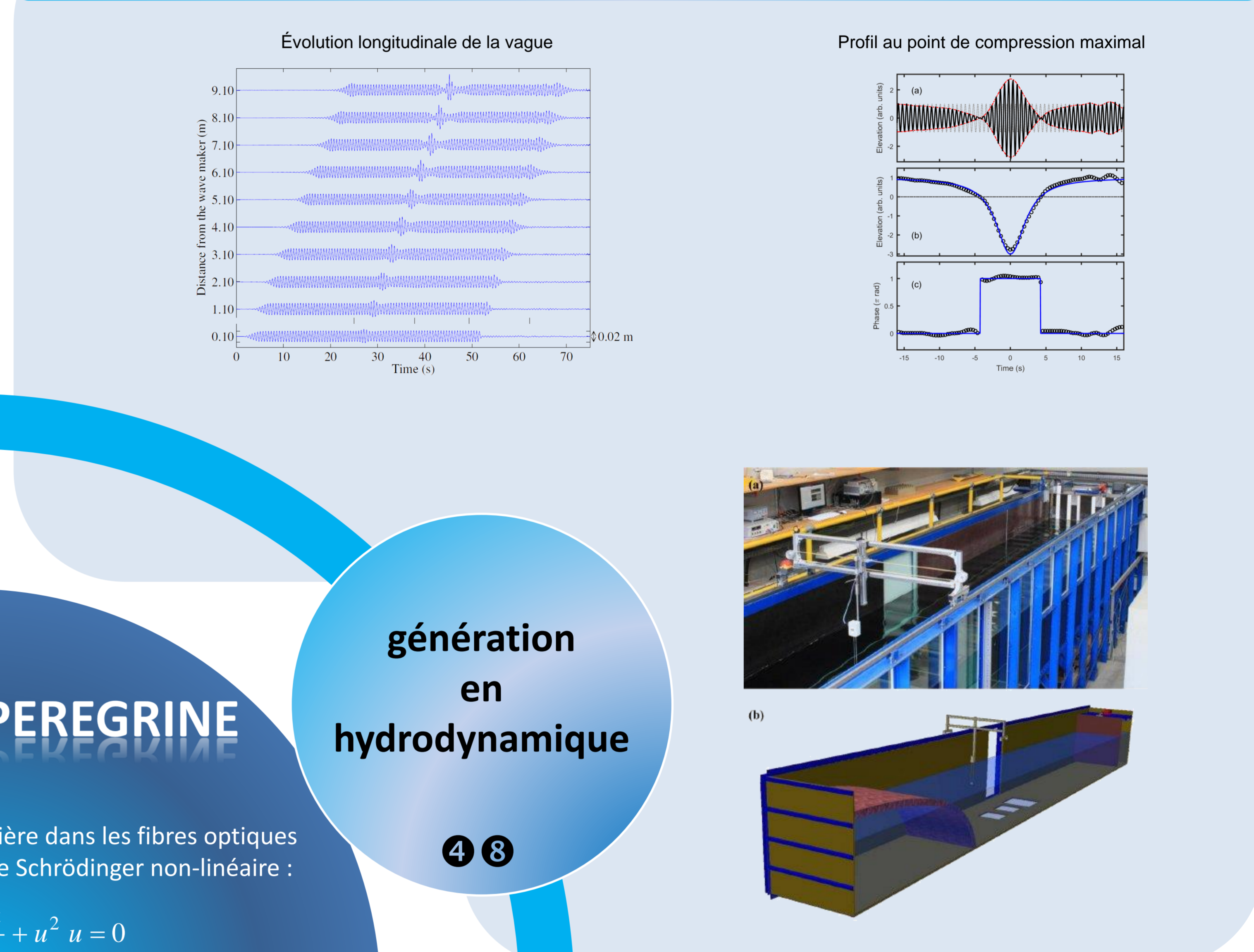
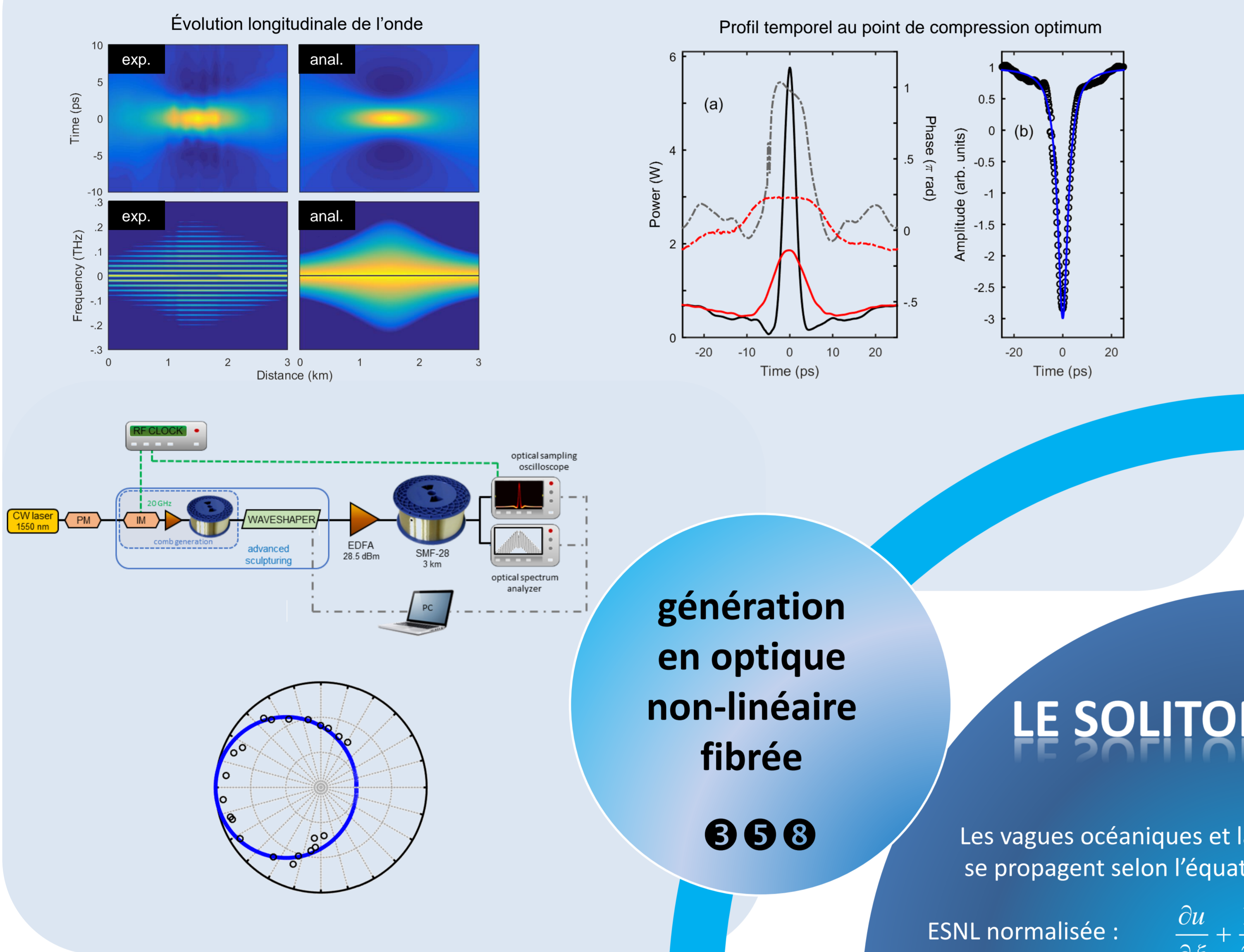
Introduction

Des ondes très différentes voient leur propagation régie par l'équation de Schrödinger non-linéaire : la lumière dans les fibres optiques, les vagues océaniques, les ondes dans les plasmas, les condensats de Bose-Einstein... Lorsque la non-linéarité compense les effets de la dispersion, un soliton peut alors se propager tout en maintenant ses caractéristiques temporelles et spectrales inchangées. En présence d'une onde continue, une autre onde non-linéaire existe et stimule beaucoup de recherches scientifiques depuis une décennie : le **soliton Peregrine (PS)**, prédit théoriquement dès 1983 mais démontré expérimentalement seulement en 2010.



La fibre optique, grâce à ses pertes très faibles, constitue un milieu de choix pour l'étude de structures ultrabrèves. Les études en temps et fréquence ont permis de confirmer expérimentalement les caractéristiques des profils d'intensité et de phase des structures PS.

La propagation dans un canal hydrodynamique 1D d'une vague modulée conduit à une modification de l'enveloppe de l'onde. Là encore, les caractéristiques essentielles du PS sont confirmées expérimentalement.



génération en optique non-linéaire fibrée

3 5 8

génération en hydrodynamique

4 8

LE SOLITON PEREGRINE

Les vagues océaniques et la lumière dans les fibres optiques se propagent selon l'équation de Schrödinger non-linéaire :

$$\text{ESNL normalisée : } \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \tau^2} + u^2 u = 0$$

Le soliton Peregrine est une solution rationnelle de cette équation :

$$u(\tau, \xi) = \left[1 - \frac{4(1+2i\xi)}{1+4\tau^2+4\xi^2} \right] e^{i\xi}$$

Cette structure non-linéaire repose sur un fond continu et présente une localisation spatio-temporelle : elle apparaît de nulle et disparaît sans laisser de trace.

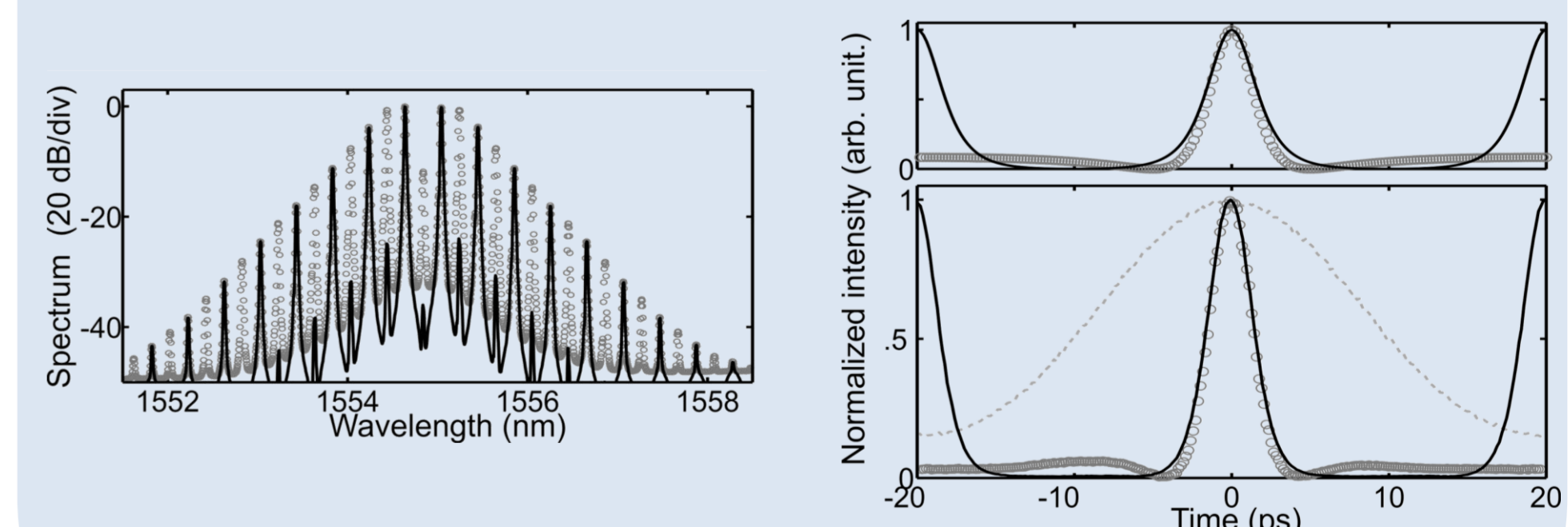
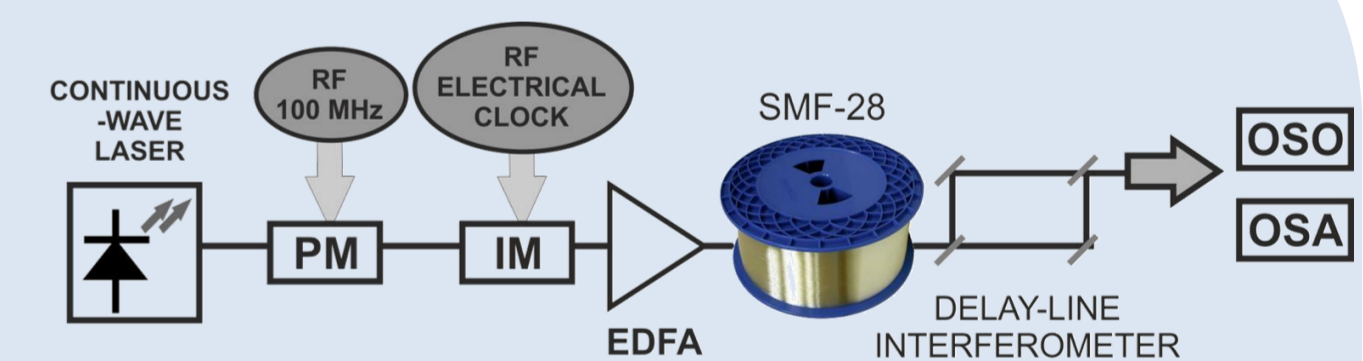
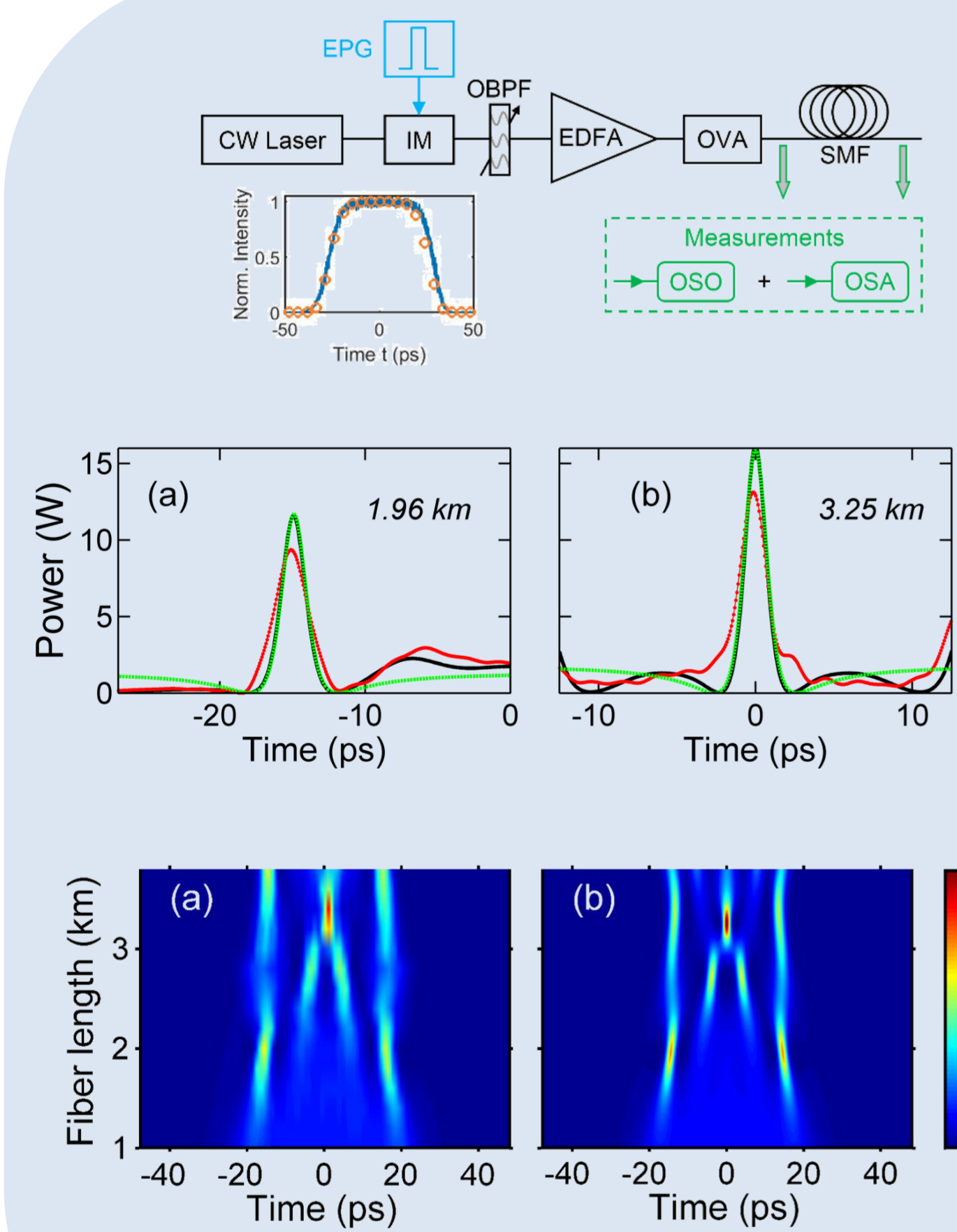
1 2

une structure pour sources optiques ultrabrèves

6

brique fondamentale des dynamiques non-linéaires complexes

7



Le PS peut apparaître dans les flancs d'une impulsion aplatie se propageant dans une fibre à dispersion anormale en présence de non-linéarité.

La compression du PS peut être exploitée dans des sources à haut débit basées sur une simple modulation sinusoïdale. Un interféromètre optique double le débit et élimine le fond continu.

Références des travaux



1

2

3

4

5

6

7

8

[1] H. Peregrine, "Water waves, nonlinear Schrödinger equations and their solutions," J. Austral. Math. Soc. Ser. B 25, 16-43 (1983).

[2] N. Akhmediev, A. Ankiewicz, and M. Taki, "Waves that appear from nowhere and disappear without a trace," Phys. Lett. A 373, 675-678 (2009).

[3] B. Kibler, J. Fatome, C. Finot, G. Millot, F. Dias, G. Genty, N. Akhmediev, and J. M. Dudley, "The Peregrine soliton in nonlinear fibre optics," Nature Physics 6, 790-795 (2010).

[4] A. Chabchoub, N. P. Hoffmann, and N. Akhmediev, "Rogue wave observation in a water wave tank," Phys. Rev. Lett. 106(2011).

[5] K. Hammani, B. Kibler, C. Finot, P. Morin, J. Fatome, J. M. Dudley, and G. Millot, "Peregrine soliton generation and breakup in standard telecommunications fiber," Opt. Lett. 36, 112-114 (2011).

[6] J. Fatome, B. Kibler, and C. Finot, "High-quality optical pulse train generator based on solitons on finite background," Opt. Lett. 38, 1663-1665 (2013).

[7] F. Audo, B. Kibler, J. Fatome, and C. Finot, "Experimental observation of the emergence of Peregrine-like events in focusing dam break flows," Opt. Lett. 43, 2864-2867 (2018).

[8] G. Xu, K. Hammani, A. Chabchoub, J. M. Dudley, B. Kibler, and C. Finot, "Phase evolution of Peregrine-like breathers in optics and hydrodynamics," Phys. Rev. E 99, 012207 (2019).