

Lille, le 21 avril 2018

## Les fibres optiques au secours d'un célèbre paradoxe.

*Une équipe franco-italienne (Université de Lille - CNRS - Université de Ferrara)<sup>1</sup> vient de franchir un palier dans la compréhension d'un phénomène qui résiste depuis plus de soixante ans aux physiciens. Grâce à une série de mesures dans des fibres optiques, elle a réussi à beaucoup mieux cerner ce processus, dans lequel un système complexe retourne à son état initial au lieu d'évoluer vers l'équilibre. Ces progrès, publiés dans la prestigieuse revue *Nature Photonics*\* en mai 2018 ont une portée pour l'ensemble de la physique. En effet ce processus est au cœur de phénomènes aussi divers que la formation de vagues très hautes dans l'océan ou la conception d'horloges optiques de haute précision.*

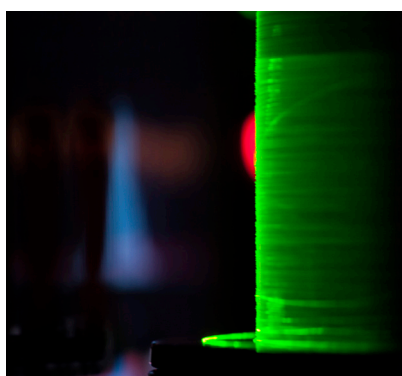
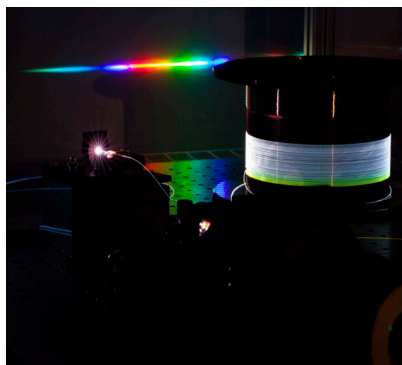
À l'origine de la découverte en 1954, se trouvent plusieurs scientifiques de premier plan, certains impliqués dans le projet Manhattan qui visait à doter les États-Unis de la bombe atomique, et a fait naître les premiers ordinateurs de l'histoire. Il s'agit de Stanislaw Ulam, John Pasta, Mary Tsingou, et du prix Nobel de physique Enrico Fermi. Celui-ci a en effet l'idée d'utiliser un de ces ordinateurs pour explorer des phénomènes physiques complexes nouveaux dont la résolution n'est pas possible par le calcul. Cela marque le début d'une révolution, la simulation numérique, qui est devenue incontournable dans tous les domaines de la physique.

Mais pour Fermi et ses collègues, ce premier essai sera celui d'une grande surprise : l'ordinateur révèle en effet un comportement tout à fait inattendu, le retour à l'état initial du système qu'ils étudiaient. Un peu comme si une barre de métal chauffée à une de ses extrémités, au lieu de répartir peu à peu la chaleur sur toute sa longueur, finissait par redevenir brûlante à cet endroit.

Depuis, le problème a fait couler beaucoup d'encre, et les efforts répétés des physiciens pour le résoudre ont été particulièrement féconds pour les nombreuses branches de la physique où on l'a observé. Ils ont conduit notamment à la découverte de la théorie du soliton, des impulsions qui se déplacent sans déformation et interviennent dans les océans, en physique des plasmas ou en optique.

Certains modèles prédisaient que le phénomène de Fermi, Pasta et Ulam était en fait cyclique (le système retournant plusieurs fois à l'état initial). Mais les expériences qui l'avaient mis en évidence dans de nombreux domaines (physique des plasmas, hydrodynamique, fibres optiques...) n'avaient jamais pu observer plus d'un retour à l'état initial : les pertes d'énergie atténuent trop rapidement ses manifestations.

Grâce à son **expertise des fibres optiques**, une équipe de recherche lilloise<sup>1</sup> associée à un théoricien italien est parvenue à trouver un **moyen de compenser ces pertes sur plus de huit kilomètres de fibre**, en ajoutant une autre source de lumière de fréquence très différente. Cette disposition inédite leur a permis d'observer pour la première fois un deuxième retour à l'état initial.



### CONTACT CHERCHEUR

Pr Arnaud Mussot  
Laboratoire de physique des  
lasers atomes et molécules -  
PhLAM - unité mixte de  
recherche 8523 - Université de  
Lille - CNRS  
T +33 (0)3 62 53 16 44  
[arnaud.mussot@univ-lille.fr](mailto:arnaud.mussot@univ-lille.fr)

### CONTACTS PRESSE

Cristelle Fontaine  
Responsable du pôle relations  
presse pour l'Université de Lille  
T +33 (0)3 62 26 92 24  
[cristelle.fontaine@univ-lille.fr](mailto:cristelle.fontaine@univ-lille.fr)

Vincent Voisin  
Chargé de communication et de  
médiation scientifique  
Université de Lille  
T +33 (0)3 62 26 92 45  
[vincent.voisin@univ-lille.fr](mailto:vincent.voisin@univ-lille.fr)



Mais ils sont allés plus loin. Grâce à un astucieux dispositif exploitant la diffusion de la lumière par les impuretés de la fibre, ils sont parvenus à mesurer non seulement l'intensité de la lumière, mais aussi ce que les spécialistes en optique appellent sa phase (et ce, tout au long de la fibre). De cette manière, ils ont observé un **comportement inédit** : les phases se décalent au fur et à mesure des cycles.

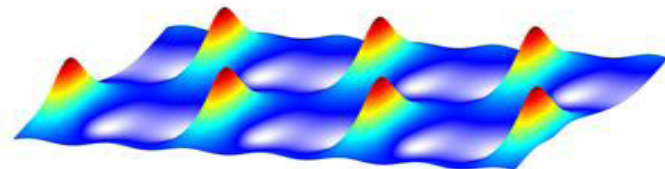
Ce résultat prévu par certains modèles ouvre une nouvelle voie dans la compréhension du phénomène. D'autant que ce dernier est à la base de nombreux autres processus, et notamment les « peignes de fréquence ». Ces véritables « règles lasers », en plein essor ces dernières années font entrevoir un grand nombre d'applications nouvelles, allant de la mesure de distance pour les voitures autonomes à la découverte d'exoplanètes.

Ce domaine, dont l'équipe de recherche lilloise<sup>1</sup> est l'une des spécialistes mondiales, devrait bénéficier des avancées fondamentales de cette expérience.

<sup>1</sup> Laboratoire de physique des lasers, atomes et molécules - PhLAM - unité mixte de recherche 8523 - Université de Lille - CNRS. L'expérience s'est déroulée au sein de la plate-forme *FiberTech Lille*, de l'Institut de recherche sur les composants logiciels et matériels pour l'information et la communication avancée - *Ircica* - Unité scientifique de recherche 3380 - Université de Lille - CNRS.

\* Publication : A. Mussot et al, « Fibre multi-wave mixing combs reveal the broken symmetry of Fermi–Pasta–Ulam recurrence », *Nature Photonics*, 1 (2018). doi:10.1038/s41566-018-0136-1

### ILLUSTRATION



**Fig.1** : Décalage de la phase de la lumière au cours du temps.

#### Le PhLAM, c'est quoi?

Le laboratoire de physique des lasers, atomes et molécules (PhLAM) est une unité mixte de recherche, sous la double tutelle du CNRS et de l'Université de Lille, dirigée par Marc Douay.

Le laboratoire PhLAM présente des activités de recherche dans 5 domaines principaux relevant de l'interaction lumière-matière :

la spectroscopie moléculaire et ses applications, la physico-chimie moléculaire théorique, la photonique, la dynamique non linéaire de systèmes optiques et biologiques, et la physique des atomes refroidis par laser.

site internet : [phlam.univ-lille1.fr](http://phlam.univ-lille1.fr)

#### L'IRCICA, c'est quoi?

L'institut de recherche sur les composants logiciels et matériels pour l'information et la communication avancée (IRCICA) est une unité de service et de recherche (USR 3380) associant le CNRS et l'Université de Lille. Les 4 thématiques de recherche de l'IRCICA sont : objets connectés, interactions tactile et gestuelle, photonique, traitements bioinspirés de l'information.

site internet : [ircica.univ-lille1.fr/spip.php?article1](http://ircica.univ-lille1.fr/spip.php?article1)

