

**HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES
UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

N° d'ordre : sans

NOM/PRENOM DU CANDIDAT : COULIBALY Saliya

Ecole doctorale : Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement (SMRE)

Laboratoire/Etablissement : Physique des Lasers, Atomes et Molécules (PhLAM)

Discipline : Sciences Physiques

JURY :

- Garant de l'habilitation : Abdelmajid TAKI
- Rapporteurs : Arnaud COUAIRON, Philippe GRELU, Ariel LEVENSON
- Examineurs : Stefan WABNITZ, Marc DOUAY

SOUTENANCE : 17 novembre 2017 à 14h au CERLA

TITRE DE L'HDR :

**Dynamique spatio-temporelle
des systèmes dissipatifs hors équilibre : de l'ordre vers le chaos**

RESUME :

Les systèmes non-linéaires maintenus hors équilibre peuvent générer spontanément une diversité d'états auto-organisés appelés structures dissipatives. De par leur capacité à confiner de l'énergie, les structures dissipatives dites localisées, sont souvent considérées comme les analogues macroscopiques de particules élémentaires. A ce titre, elles cristallisent une grande partie des efforts de la communauté du non-linéaire de l'optique à la biologie. Dans cet ouvrage, des problématiques liées à ces propriétés de type particule sont abordées. La première partie est consacrée à l'étude de l'interaction de deux, puis un grand nombre structures localisées générées par forçage paramétrique : forçage par lequel un des paramètres pertinents du système est modulé. Au voisinage de la résonance paramétrique, tous les systèmes ont en commun le fait d'être décrits par le même modèle réduit : l'équation de Schrödinger non-linéaire paramétrique avec dissipation. Les solutions de type soliton de cette équation ont la particularité d'avoir deux paramètres arbitraires : la position et un paramètre de polarité lié à la phase. L'interaction de deux solitons de même polarité a été démontrée attractive avec pour résultat une fusion radiative de laquelle un seul des solitons subsiste. Dans le cas contraire l'interaction est répulsive. Répulsif ou attractif, le processus d'interaction est largement dominé par le comportement asymptotique des solitons. Pour plusieurs solitons de même polarité en interaction, l'évolution du nombre de soliton suit de façon auto-similaire la loi d'échelle obtenue pour deux solitons isolés. La deuxième partie du mémoire résume mes travaux consacrés à l'étude des événements extrêmes. En l'espace de quelques années, l'étude de ces structures localisées très intenses, rares et imprévisibles est devenue un sujet de recherche très attractif. Bien que l'analyse des ondes linéaires puisse expliquer certains aspects du comportement des événements extrêmes, il est généralement admis que la non-linéarité joue un rôle central dans l'apparition de structures d'amplitude très élevée. De plus, l'observation récente des similitudes entre les systèmes hydrodynamiques et optiques a conduit au développement de dispositifs expérimentaux non-linéaires optiques pour en explorer les aspects dynamiques et stochastiques. Bien que les analogies entre hydrodynamique et optique soient connues depuis les années 1960, ce n'est que très récemment, en 2010, que des études en optique ont montré que cette correspondance s'applique même dans la limite de localisation non-linéaire extrême. Cela a conduit aux premières études dans des systèmes conservatifs qui ont permis de lier des processus de turbulence non-linéaire à la génération d'événements extrêmes à partir du bruit. Ces études ont aussi permis la mise en évidence d'une classe fondamentalement nouvelle d'événements extrêmes sous forme de structure localisée rationnelle connue sous le nom de soliton de Peregrine. Pourtant, en dépit des avancées apportées par l'optique non-linéaire, les études se sont très souvent limitées à une classe essentiellement idéale d'événement extrême en l'absence de dissipation et de dynamique plus complexe. Les travaux présentés ici montrent comment l'application des outils de la théorie des systèmes dynamiques a permis de faire le lien entre les événements extrêmes et le chaos spatio-temporel dans des systèmes dissipatifs.

**HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES
UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

N° order: sans

NAME/SURNAME OF THE CANDIDATE: COULIBALY Saliya

Doctoral School : Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement (SMRE)
Laboratory/Institution : Physique des Lasers, Atomes et Molécules (PhLAM)
Discipline : Physics

HDR COMMITTEE :

- Supervisor : Abdelmajid TAKI
- Referees : Arnaud COUAIRON, Philippe GRELU, Ariel LEVENSON
- Examiners : Stefan WABNITZ, Marc DOUAY

DEFENSE: November 17th 2017 at 2 pm, place: CERLA

TITLE OF THE HDR :

**Spatiotemporal dynamics of dissipative systems out of equilibrium:
from order to chaos**

ABSTRACT :

Nonlinear systems maintained out of equilibrium can spontaneously generate a variety of self-organized states called dissipative structures. Because of their ability to confine energy, the so-called localized dissipative structures are considered as the macroscopic analogues of elementary particles. As such they are of great interest of the community of the nonlinear science from optics to biology. In this book, problems related to these particle-like properties are discussed. The first part is devoted to the study of the interaction of two isolate or a diluted gas localized structures generated by parametric forcing: forcing by which one of the relevant parameters of the system is modulated. In the vicinity of the parametric resonance, such systems have in common to be described by the same reduced model, the parametrically driven and damped nonlinear Schrödinger equation. The soliton solutions of this equation have the particularity of having two arbitrary parameters: the position and a polarity parameter related to the phase. The interaction of two solitons of the same polarity has been shown to be attractive, resulting in the radiative fusion from which only one of the solitons remains. In the opposite case the solitons repel each other. Being repulsive or attractive, the interaction process is largely dominated by the asymptotic behavior of the solitons. For a multi-solitons states with the same polarity, the number of the remaining solitons follows a self-similar law derived from the isolated pair interaction. The second part of the paper summarizes my works related to the study of extreme events. Within a few years, the study of these very intense, rare and unpredictable localized structures has become a highly attractive research area. Although linear wave analysis can explain some aspects of the behavior of extreme events, it is generally accepted that nonlinearity plays a central role in the appearance of very high amplitude structures. Moreover, the recent observation of similarities between hydrodynamic and optical systems has led to the development of optical non-linear experimental devices to explore dynamic and stochastic aspects. Although the analogies between hydrodynamics and optics have been known since the 1960s, optical studies have shown in 2010 that this correspondence applies even within the limit of extreme nonlinear localization. This led to the first studies in conservative systems that allowed to link nonlinear turbulence processes to the generation of extreme events from noise. These studies have also revealed a new class of extreme events in the form of a rational localized structure known as the Peregrine soliton. However, despite the advances made by nonlinear optics, studies have often been limited to an essentially ideal class of extreme events in the absence of dissipation and more complex dynamics such as internal feedback loops. The works presented here show how the application of the tools of the theory of dynamic systems made it possible to make the link between the extreme events and the spatiotemporal chaos in dissipative systems.