

Effets des perturbations spatiales sur la dynamique des fronts

F. Haudin¹, R. G. Elías², M. G. Clerc² U. Bortolozzo¹ et S. Residori¹

¹ INLN, Université de Nice Sophia-Antipolis, CNRS, 1361 route des Lucioles 06560 Valbonne, France

² Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Casilla 487-3, Santiago, Chile

`florence.haudin@inln.cnrs.fr`

Dans un système spatialement étendu, et en présence de bistabilité entre deux états métastables, nous pouvons observer la formation d'états localisés, souvent décrite en termes d'interaction de fronts [1]. En effet, quand les deux états sont respectivement un état homogène et un état périodique, il y a un effet d'*agrafage* du front sur le réseau, ce qui bloque sa propagation et permet de stabiliser des structures localisées [2]. Quand les deux états métastables sont spatialement homogènes, le phénomène d'agrafage est absent et le front est immobile seulement au point de Maxwell, correspondant au point où les deux états ont la même énergie. Les solutions localisées sont alors toujours instables, car toute petite perturbation fera se propager le front vers l'état énergétiquement le plus favorisé.

Dans ce travail, nous avons étudié les effets qu'une modulation spatiale va introduire sur la dynamique des fronts. Dans une expérience d'optique non linéaire, constituée par un dispositif à cristaux liquides inséré dans une boucle de rétroaction, nous avons fixé les paramètres de manière à avoir bistabilité entre deux états homogènes [3]. Il est donc possible d'observer le type de dynamique décrit ci-dessus : dans la zone de bistabilité, un front induit par une condition initiale appropriée se propage de manière à ce que l'état énergétiquement le plus favorisé envahisse tout l'espace, et les états localisés de taille quelconque sont instables. Nous allons montrer qu'en modulant spatialement les deux états homogènes l'on obtient un effet nouveau. La perturbation est réalisée en modulant avec une petite amplitude (moins de 10 pourcents) l'intensité de la lumière à l'entrée de la boucle de rétroaction. Cela induit une petite modulation spatiale sur l'état haut et bas du système. Dans ce cas, nous observons une large région d'agrafage du front, au-delà de laquelle le front se propage avec une vitesse oscillante. A l'intérieur de la région d'agrafage, il est possible de stabiliser des états localisés de taille différente.

Théoriquement, nous avons considéré un modèle unidimensionnel de type Ginzburg-Landau. Les ingrédients nécessaires sont la bistabilité entre deux états homogènes et un forçage périodique dans l'espace :

$$\partial_t u = \eta + \varepsilon u - u^3 + \partial_{xx} u + \Gamma_{dx}(x)(\partial_x u)^2, \quad (1)$$

où u est l'amplitude de l'état homogène, η le paramètre de brisure de symétrie, ε le paramètre de bifurcation et Γ_{dx} l'opérateur qui modélise la perturbation spatiale. Les simulations numériques de cette équation montrent l'existence d'une zone d'agrafage du front sur toute une plage de valeurs de η . De plus, de part et d'autre de la zone d'agrafage le front se propage avec une vitesse oscillante. L'extension de la région d'agrafage, ainsi que l'amplitude des oscillations de la vitesse du front, dépendent du pas dx de la modulation.

L'effet d'une modulation spatiale permet donc de réaliser une méthode de contrôle simple et robuste de la dynamique du front qui connecte deux états homogènes métastables.

Références

1. M.C. Cross, P.C. Hohenberg, Rev. of Mod. Phys. **65**, 851-1112 (1993)
2. Y. Pomeau, Physica D, **23**, 3 (1986)
3. S. Residori, Phys. Rep., **416**, 201 (2005)