

Détection de dynamiques de basse dimension par analyse entropie-complexité

Antoine Chrisment & Marie-Christine Firpo

Laboratoire de Physique des Plasmas, CNRS UMR 7648, Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau
marie-christine.firpo@lpp.polytechnique.fr

Il y a quelques années, Rosso et ses collaborateurs [1] ont suggéré qu'il était possible d'envisager une classification du chaos des systèmes dynamiques via une analyse en entropie-complexité de leurs signaux temporels. Dans le plan entropie-complexité, les points accessibles occupent un croissant ayant pour coins des états de complexité nulle, le coin gauche correspondant à une entropie nulle (signaux monotones), le coin droit correspondant à une entropie maximale (réalisations du processus stochastique de bruit blanc). Utilisant les séries issus de mappings chaotiques bien connus et de différents processus stochastiques, ils ont constatés que les mappings chaotiques (chaos de basse dimension) étaient caractérisés par une forte complexité tandis que les processus stochastiques étaient caractérisés par une forte entropie et une complexité plus basse. Dans ce contexte, la question de la nature de l'information dynamique associée à la notion de "complexité" est un sujet de recherches actif.

Nous présentons ici une analyse en entropie-complexité [2] de la dynamique d'observables dans un modèle champ-moyen, prototype des systèmes à longue portée, le modèle HMF (Hamiltonian Mean Field) [3]. Les systèmes à N -corps globalement couplés sont connus pour posséder une dynamique non-triviale, où lorsque N est grand, les effets collectifs peuvent drastiquement réduire la dimension effective de la dynamique, rendant caduques les conditions d'ergodicité nécessaires pour l'applicabilité de la mécanique statistique d'équilibre. Le modèle HMF répulsif présente par exemple à basse énergie un état quasi-stationnaire hors équilibre à deux amas.

Dans ce travail, nous discutons

- de la très grande sensibilité de l'estimation de l'entropie et de la complexité d'un signal vis-à-vis de la fréquence d'échantillonnage, et du statut à donner à une telle dépendance ;
- d'une piste pour permettre de révéler les dynamiques hors-équilibre de basses dimensions dans une analyse entropie-complexité : le recours à une section de Poincaré.

Ces observations offrent des perspectives intéressantes pour l'approche entropie-complexité, en tant qu'indicateur dynamique d'emploi facile pour estimer les poids respectifs des modes collectifs/ de la turbulence dans des domaines tels que la dynamique des fluides ou la physique des plasmas.

Références

1. O. A. Rosso, H. A. Larrondo, M. T. Martin, A. Plastino, et M. A. Fuentes, *Distinguishing Noise from Chaos*, Phys. Rev. Lett. **99**, 154102 (2007).
2. A. Chrisment et M.-C. Firpo, *Entropy-complexity analysis in some globally-coupled systems*, hal-01238068.
3. M. Antoni et S. Ruffo, *Clustering and relaxation in Hamiltonian long-range dynamics*, Phys. Rev. E **52**, 2361 (1995).