

Modèle d'Ising 2D pour l'organisation à mésoéchelle des champs de nuages

Olivier Pujol¹, Faustine Mascout¹

Université de Lille, Département de physique, Laboratoire d'optique atmosphérique, Villeneuve d'Ascq
 olivier.pujol@univ-lille.fr

Un aspect frappant des champs de nuages à des échelles suffisamment grandes, de l'ordre de quelque 100 km, est leur apparente organisation, ou structuration, sous certaines conditions, comme l'illustre la figure 1a. La question qui se pose est celle de savoir si cette organisation apparente est gouvernée par des lois fondamentales, et donc si elle peut être comprise dans un cadre théorique bien précis. Dit autrement, selon les conditions thermodynamiques, les champs de nuages sont-ils aléatoires ou des systèmes auto-organisés avec un certain degré d'ordre ? Quelle est l'échelle de corrélation, la fonction de partition, l'entropie d'un tel système ? Comment évolue-t-on d'une situation "ciel clair" à des champ nuageux comme ceux de la figure 1a ? Est-ce une transition de phase critique ? La création d'entropie est-elle extrême ? Répondre à ces questions est précieux en sciences du climat : prédire, selon les conditions thermodynamiques, la formation de structures nuageuses et, inversement, déduire des propriétés environnementales (p. ex. température, humidité, type d'aérosols) à partir de la caractérisation de ces structures apporterait un éclairage nouveau. La physique statistique a fourni des outils et des modèles efficaces d'analyse des comportements collectifs dans la matière condensée (p. ex. magnétisme). Les nuages sont des systèmes physiques en interaction avec leur environnement et doivent pouvoir être abordés avec de telles méthodes éprouvées. L'approche est originale et très peu développée.

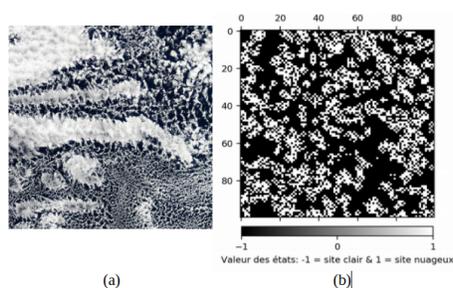


Figure 1. (a) Champ de nuages au large du Pérou, dans l'Océan Pacifique (d'après Nasa) ; (b) Modèle d'Ising générant un champ nuageux (flocculation)

L'objectif de cette contribution est double : (1) présenter un modèle type proie-prédateur qui permet de comprendre le fonctionnement d'un nuage individuel comme un oscillateur non linéaire à bifurcation de Hopf [1] ; (2) montrer une version préliminaire d'un modèle d'Ising (2D), permettant de "fabriquer", selon la force des couplages interpixels et des interactions avec l'environnement, des structures nuageuses réalistes (Fig. 1b). En participant à ces rencontres 2022, notre souhait est de nouer des collaborations avec des experts des systèmes complexes. Dans une préface de la revue PRL, [2] soulignait le caractère fructueux et urgemment souhaitable d'associer mathématique, physique non linéaire, thermodynamique hors-équilibre et sciences du climat. Nous espérons pouvoir contribuer à généraliser cette association.

Références

1. O. PUJOL AND A. JENSEN, *Physica D*, **399**, 86-94, (2019)
2. J.S. WETTTLAUFER, *Physical Review Letter*, **116**, 150002, (2016)