

Points de cascade en climatologie : bifurcation de Fold-Hopf

Mathieu Rousseau¹

¹ Université Catholique de Louvain, Ecole de Physique, Louvain-La-Neuve, Belgique

Résumé

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum. *Keywords:* Points de cascade, Bifurcation Fold-Hopf

1 Introduction

Plusieurs sous-systèmes composent le système climatique. Ces systèmes se retrouvent couplés à travers divers flux (quantité de mouvement, masse, chaleur, ...).

Certains sous-systèmes sont en quelque sorte un état de référence pour l'évolution d'autres sous-systèmes. D'ailleurs dans le système climatique, plusieurs points de cascade ont été identifiés (LENTON et al., 2008).

Lorsqu'un sous-système est soumis à une transition, l'état de référence d'un autre sous-système se retrouve modifier ce qui peut provoquer une transition de ce dernier sous-système. On appelle cela un effet domino.

L'objectif de cet article est d'étudier la bifurcation *Fold-Hopf*. Cette dernière apparait dans un système d'équations différentielles ordinaires (EDOs) constitué à la fois d'une EDO à 1 dimension que l'on appellera système primaire et d'un sous-système d'EDOs à 2 dimensions que l'on appellera système secondaire. De ce premier système surgit une bifurcation de type "*Fold*" tandis que du second système surgit une bifurcation de type "*Hopf*".

$$\begin{cases} \dot{x} = a_1 x^3 + a_2 x + \phi & , \text{ système primaire} \\ \dot{y} = b_1 z + b_2 (\gamma(x) - (y^2 + z^2)) y & , \text{ système secondaire} \\ \dot{z} = c_1 y + c_2 (\gamma(x) - (y^2 + z^2)) z \end{cases} \quad (1)$$

Si l'on fait lentement varier ϕ , le "leading system"

Références

- DEKKER, M. M., von der HEYDT, A. S. & DIJKSTRA, H. A. (2018). Cascading transitions in the climate system. *Earth System Dynamics*, 9(4), 1243-1260. <https://doi.org/10.5194/esd-9-1243-2018>
- LENTON, T. M., HELD, H., KRIEGLER, E., HALL, J. W., LUCHT, W., RAHMSTORF, S. & SCHELLNHUBER, H. J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(6), 1786-1793. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- STROGATZ, S. H. (2014). *Nonlinear Dynamics and Chaos : With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering* (2 édition). Westview Press.