

Offre de Stage IPSL 2025

(Soutenu par le programme EUR IPSL-*Climate Graduate School*)

Titre du sujet de stage :

Identification des points de bascule à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique

Description du sujet (1 page maximum) :

Un point de bascule décrit la perte de stabilité d'un système, qui dérive ainsi de son état d'équilibre. Par exemple, la transition d'un système dynamique d'un attracteur vers un autre attracteur est décrite comme un point de bascule. Cette notion est utilisée dans les sciences du climat pour décrire des changements de diverses natures : abrupts, non-réversibles ou des transitions d'un état du système climatique vers un autre. Cette notion a été par exemple étudiée pour décrire le comportement de la circulation méridienne de retournement Atlantique ou les changements de la végétation continentale. La détection de ces points de bascules en climatologie est importante pour la définition des seuils de réchauffement à ne pas dépasser et pour la mise en place de politiques efficaces d'adaptation et d'atténuation du réchauffement climatique. La détection de ces points de bascules en climatologie se fait typiquement dans des simulations de modèles climatiques, et éventuellement dans des observations (voir revue de Dakos et al., 2024). Le stage vise à implémenter une détection des points de bascule dans des séries temporelles avec un apprentissage supervisé de réseaux de neurones (par exemple en suivant la méthode Deb et al., 2022 ou Li et al. 2023). Le stage se focalisera d'abord sur deux cas théoriques et synthétiques bien contrôlés : le système dynamique de Lorenz (1963) ou la transition plus ou moins rapide d'une série bruitée par un processus autorégressif. Si le temps le permet, la performance du système sera ensuite validée sur des données d'un modèle climatique de complexité intermédiaire, ou des données spatio-temporelles de simulations climatiques. Dans les deux cas, la détection de points de bascule sera alors entraînée à l'aide de critères basés sur la compréhension physique.

Bibliographie :

Dakos et al., 2024. <https://doi.org/10.5194/esd-15-1117-2024>

Deb et al., 2022. <https://doi.org/10.1098/rsos.211475>

Li et al. 2023. <http://doi.org/10.34133/research.0174>

Description of the internship work

A tipping point describes the loss of stability of a system, which thus drifts away from its equilibrium state. For example, the transition of a dynamic system from one attractor to another is described as a tipping

point. This concept is used in the climate sciences to describe changes of various kinds: abrupt, non-reversible or transitions from one state of the climate system to another. This concept has been studied, for example, to describe the behaviour of the Atlantic meridional overturning circulation or changes in land vegetation. Detecting these tipping points in climatology is important for defining warming thresholds that must not be exceeded and for implementing effective policies for adapting to and mitigating global warming. These tipping points are typically detected in climate model simulations, and possibly in observations (see review by Dakos et al., 2024). The aim of the internship is to implement the detection of tipping points in time series using supervised learning of neural networks (for example following the method of Deb et al., 2022 or Li et al. 2023). We will initially focus on two well-controlled theoretical and synthetic cases: Lorentz's (1963) dynamic system or the more or less rapid transition of a noisy time series using autoregressive process. If time permits, the system's performance will then be validated on data from a climate model of intermediate complexity, or spatio-temporal data from climate simulations. In both cases, the detection of tipping points will then be trained using criteria based on physical understanding.

Reference :

Dakos et al., 2024. <https://doi.org/10.5194/esd-15-1117-2024>

Deb et al., 2022. <https://doi.org/10.1098/rsos.211475>

Li et al. 2023. <http://doi.org/10.34133/research.0174>

Responsable du stage (Nom/prénom/statut) :

Gastineau / Guillaume / Maître de Conférences

Laboratoire concerné :

UMR LOCEAN

Adresse à laquelle a lieu le stage : UMR LOCEAN campus Jussieu, 4 place Jussieu, 75005 Paris

Equipe de recherche concernée (si pertinent) ou autre participant à l'encadrement du stage :

Eike Köhn (Postdoctorant) et Juliette Mignot (Directeur de recherche) pour les aspects climats. Sylvie Thiria (professeur) et Carlos Mejia (ingénieur CNRS) pour les aspects apprentissage machine.

Niveau du stage (Licence, M1, M2, *internship*) : M2 (ou M1 long)

Licence ou Master(s) où sera proposé le sujet : Master MOCIS, Master TRIED

Thème scientifique de l'IPSL concerné : Thème SAMA et Thème Variabilité interne et forcée

Durée du stage : 6 mois

Période : à négocier mais typiquement 1/03/2025 → 30/08/2025

Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ? Non