Sujet de thèse :

***Nouveaux indices d’activité magnétique pour contraindre les modèles de propagation des ondes dans l’ionosphère, application à SATIS***

***Mots-clés : ionosphère, géomagnétisme, physique des plasmas spatiaux, Météorologie de l’Espace, Deep Learning***

***Co-financements acquis : Thalès/DGA***

***Encadrantes : Aurélie Marchaudon(IRAP) et Aude Chambodut (EOST)***

Nous faisons aujourd’hui face à un besoin croissant d’une meilleure représentation de l’environnement spatial terrestre (système Magnétosphère-Ionosphère-Thermosphère) et de sa réponse aux événements solaires, responsables d’orages magnétiques. Ce besoin est critique dans le cadre de la Météorologie de l’Espace, dont le but est de prévoir la réponse de l’environnement spatial comme on prévoit aujourd’hui le temps qu’il fait, en particulier pour contraindre la propagation des ondes HF et UHF dans l’ionosphère.

Depuis quelques années, nous avons contribué à améliorer cette description de l’environnement terrestre en proposant de nouveaux indices d’activité magnétique, appelés indices , avec une bonne résolution temporelle de l’ordre de 15 minutes. Ces indices ont vocation à supplanter les indices historiques Kp développés dans les années 1940 à 1960 et qui sont aujourd’hui obsolètes, utilisés pour contraindre les modèles empiriques de l’ionosphère dans les outils de propagation comme SATIS.

Dans cette thèse, nous proposons de créer une nouvelle génération d’indices issus des indices , avec une meilleure résolution spatiale via une subdivision en temps local.

* La 1ère partie de la thèse sera consacrée à la construction de ces nouveaux indices sectoriels et à leur caractérisation lors d’événements solaires intenses, responsables des orages magnétiques et des perturbations ionosphériques. Pour cela, on développera un automate à base d’un réseau de neurones pour caractériser les événements du point de vue de la source (vent solaire) et du point de vue de l’effet magnétosphérique (indices d’activité magnétique) et de l’effet ionosphérique (irrégularités provoquant des pertes de signaux HF et UHF).
* La 2ème partie sera ensuite consacrée à la détection automatique de ces événements géoeffectifs à partir de ces indices. Dans cette seconde phase, nous ferons évoluer l’automate en s’appuyant sur des techniques de Deep Learning afin de rendre plus efficace la détection, voir la prévision des indices, en particulier on s’intéressera aux précurseurs potentiels, en terme de types d’événements et de paramètres physiques.

***Références :***

Chambodut, A., **A. Marchaudon**, C. Lathuillère, M. Menvielle, and E. Foucault (2015), New hemispheric geomagnetic indices α with 15 min time resolution, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, 9943–9958, <https://doi.org/10.1002/2015JA021479>.

Chambodut, A., **A. Marchaudon**, M. Menvielle, F. El-Lemdani Mazouz, and C. Lathuillère (2013), The K-derived MLT sector geomagnetic indices, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 4808-4812, <https://doi.org/10.1002/grl.50947>.

Thesis subject

**New indices of magnetic activity to constrain wave propagation models in the ionosphere, application to SATIS**

***Keywords: ionosphere, geomagnetism, space plasma physics, Space Weather, deep learning***

Co-funding secured: Thalès / Defense Agency

Supervisors: Aurélie Marchaudon (IRAP) and Aude Chambodut (EOST)

We currently face a growing need for a better representation of the terrestrial space environment (Magnetosphere-Ionosphere-Thermosphere system) and its response to solar events, responsible for magnetic storms. This need is critical in the context of Space Weather, whose goal is to predict the response of the space environment especially to constrain the propagation of HF and UHF waves in the ionosphere.

In recent years, we have helped to improve this description of the terrestrial environment by proposing new indices of magnetic activity, called indices. Their main characteristics is to have a good temporal resolution of about 15 minutes. These indices are intended to supplant the historical Kp indices developed in the 1940s and 1960s, now obsolete, but which are still used to constrain the empirical models of the ionosphere in propagation tools such as SATIS.

In this PhD thesis, we propose to create a new generation of indices derived from the  indices, with a better spatial resolution via a subdivision in local time.

* The first part of the thesis will be devoted to the construction of these new sectoral indices and their characterization during intense solar events, responsible for magnetic storms and ionospheric disturbances. To do this, we will develop an automated tool based on a neural network to characterize the events from the point of view of the source (solar wind) and from the point of view of the magnetospheric effect (indices of magnetic activity) and the ionospheric effect (irregularities causing loss of HF and UHF signals).
* The second part will then be dedicated to the automatic detection of geoeffective events from these indices. In this second phase, we will evolve the automated tool by relying on Deep Learning techniques to make the detection more efficient and even possibly the prediction of the indices, in particular we will be interested in the potential precursors, in terms of types of events and physical parameters.

***References:***

Chambodut, A., **A. Marchaudon**, C. Lathuillère, M. Menvielle, and E. Foucault (2015), New hemispheric geomagnetic indices α with 15 min time resolution, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, 9943–9958, <https://doi.org/10.1002/2015JA021479>.

Chambodut, A., **A. Marchaudon**, M. Menvielle, F. El-Lemdani Mazouz, and C. Lathuillère (2013), The K-derived MLT sector geomagnetic indices, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 4808-4812, <https://doi.org/10.1002/grl.50947>.