







**DEPARTEMENT PHYSIQUE INSTRUMENTATION
ENVIRONNEMENT ESPACE (DPHY)****INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET PRÉVISION DE L'IMPACT
DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE
SUR L'ENVIRONNEMENT MAGNÉTIQUE TERRESTRE****Soutenance de thèse de Marina GRUET****28 septembre 2018 – 14:00****Université Toulouse III Paul Sabatier
Amphithéâtre Concorde - Bâtiment U4
118 route de Narbonne - Toulouse****devant le jury :**

-  **Nathalie BARTOLI (Co-encadrante - ONERA/DTIS Toulouse)**
-  **Carine BRIAND (Rapporteur - LESIA Meudon)**
-  **Aude CHAMBODUT (EOST Strasbourg)**
-  **Thierry DUDOK DE WIT (Rapporteur - LPC2E Orléans)**
-  **Jean LILENSTEN (IPAG Grenoble)**
-  **Angélica SICARD (Directrice de thèse - ONERA/DPHY Toulouse)**

RESUME

Dans cette thèse, nous présentons des modèles appartenant au domaine de l'intelligence artificielle afin de prédire l'indice magnétique global am à partir des paramètres du vent solaire. Ceci est fait dans l'optique de fournir des modèles opérationnels basés sur les données enregistrées par le satellite ACE situé au point de Lagrange L1. L'indice am ne possède pas à l'heure actuelle de modèles de prédiction. Pour prédire cet indice, nous avons fait appel à des modèles non-linéaires que sont les réseaux de neurones, permettant de modéliser le comportement complexe et non-linéaire de la magnétosphère terrestre. Nous avons dans un premier temps travaillé sur le développement et l'optimisation des modèles de réseaux classiques comme le perceptron multi-couche. Ces modèles ont fait leurs preuves en météorologie de l'espace pour prédire aussi bien des indices magnétiques spécifiques à des systèmes de courant comme l'indice Dst , caractéristique du courant annulaire, que des indices globaux comme l'indice Kp . Nous avons en particulier étudié un réseau temporel appelé Time Delay Neural Network (TDNN) et évalué sa capacité à prédire l'indice magnétique am à une heure, uniquement à partir des paramètres du vent solaire. Nous avons analysé la sensibilité des performances des réseaux de neurones en considérant d'une part les données fournies par la base OMNI au niveau de l'onde de choc, et d'autre part des données obtenues par le satellite ACE en L1. Après avoir étudié la capacité de ces réseaux à prédire am , nous avons développé un réseau de neurones encore jamais utilisé en météorologie de l'espace, le réseau Long Short Term Memory ou LSTM. Ce réseau possède une mémoire à court et à long terme, et comme le TDNN, fournit des prédictions de l'indice am uniquement à partir des paramètres du vent solaire. Nous l'avons optimisé afin de modéliser au mieux le comportement de la magnétosphère et avons ainsi obtenu de meilleures performances de prédiction de l'indice am par rapport à celles obtenues avec le TDNN. Nous avons souhaité continuer le développement et l'optimisation du LSTM en travaillant sur l'utilisation de fonctions de couplage en entrée de ce réseau de neurones, et sur le développement de réseaux multi-sorties pour prédire les indices magnétiques am sectoriels ou $\alpha\alpha$, spécifiques à chaque secteur Temps Magnétique Local. Enfin, nous avons développé une nouvelle technique combinant réseau LSTM et processus gaussiens, afin de fournir une prédiction probabiliste jusqu'à six heures des indices magnétiques Dst et am . Cette méthode a été dans un premier temps développée pour l'indice magnétique Dst afin de pouvoir comparer les performances du modèle hybride à des modèles de référence, puis appliquée à l'indice magnétique am .

Mots-clefs : Météorologie de l'espace, intelligence artificielle, indices magnétiques, événements solaires, prévision