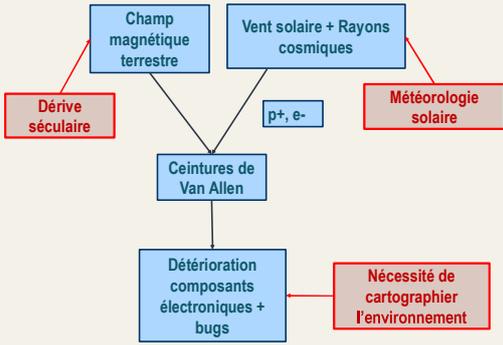
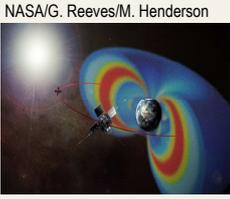


Doctorant : François Ginisty, CNES & IES Montpellier
 Directeur de thèse : Frédéric Wrobel, IES Montpellier
 Référent CNES : Robert Ecoffet, CNES

Introduction

Contexte :

Le champ magnétique terrestre est à l'origine de la formation des ceintures de radiations, dites aussi ceintures de Van Allen. Ces ceintures de radiations sont constituées d'électrons ou de protons provenant soit du soleil via le vent solaire soit de au delà du système solaire via les rayons cosmiques.



I - Projection des mesures de flux d'électrons via Machine Learning

Données :

- 2 jeux de données contemporains Flux Electron 1.6 MeV :

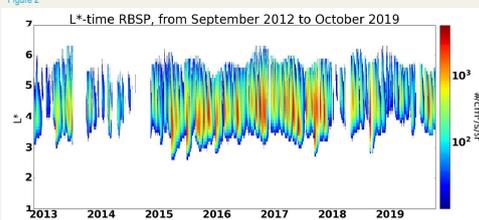
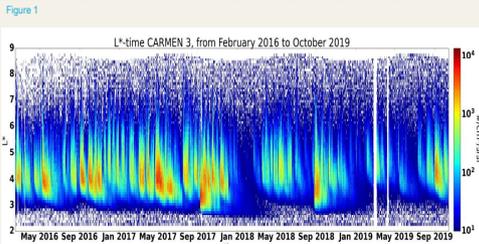
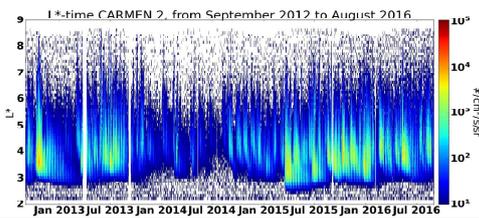


CARMEN-2 & 3, missions CNES : instrument CNES-ONERA ICARE-NG sur les satellites JASON-2 et 3 en orbite basses (1336 km, 66°) respectivement de juin 2008 à août 2016 et de janvier 2016 à aujourd'hui.



RBSP (Van Allen Probes), satellite développé par la NASA, en orbite elliptique (600 – 30 600 km, 11°) de septembre 2012 à octobre 2019, équipé du capteur d'électron MAGEIS.

Diagramme L*-temps:



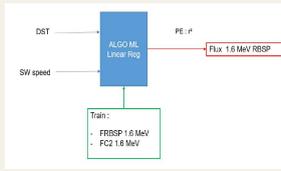
Figures 1, 2 et 3 : diagramme L*-temps des missions CARMEN-2 (C2), CARMEN-3 (C3) et RBSP.

Ces diagrammes donnent la valeurs des flux d'électrons (en #/cm²/sr/s) d'une énergie supérieure à 1.6 MeV en fonction du temps et de la variable spatiale L* (paramètre de Roederer : associée à chaque ligne du champ magnétique terrestre la distance en rayon terrestre du centre de la Terre à l'endroit où cette ligne de champ coupe le plan de l'équateur magnétique).

Méthode :

Objectif : → Comparaison et projection données flux C2 & C3 sur données flux RBSP

Méthode : → Entraîner un algorithme de machine learning (ML) de régression linéaire avec les valeurs en flux mesurés par RBSP (FRBSP) et mesurées par C2/C3 (FC2/FC3) + DST et vitesse vent solaire en input.



→ Maximisation coefficient de corrélation r^2

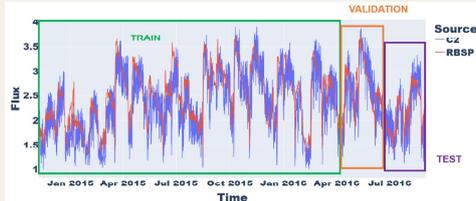


Figure 5

→ Séparation des données : Train (70%), Validation (15%), Test (15%).

Résultats:

→ Coefficient de corrélation r^2 en fonction de L* pour FC2 et FC3

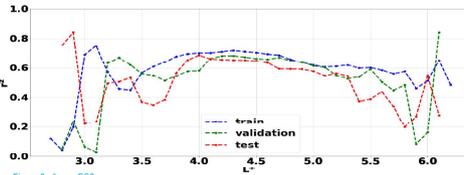


Figure 6: r^2 pour FC2

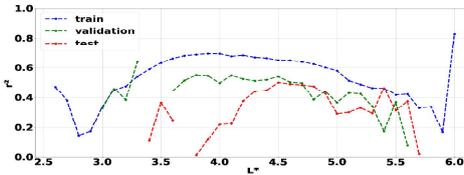


Figure 7: r^2 pour FC3

→ $r^2 > 0,7$ pour $L^* = 3.2 - 4.7$ pour le train. ✓

→ Validation et test : manque de données → résultats contrastés. ✗

→ Allure temporelle (échelle log) de FRBSP mesuré et prédits respectivement pour $L^* = 4.0$ et $L^* = 5.5$

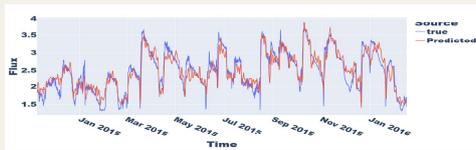


Figure 8: $L^* = 4.0$



Figure 9: $L^* = 5.5$

→ Tendance globale suivie fidèlement. Soudaineté des événements solaires difficilement anticipées.

II - Etude de la SAA

Les mesures en flux de protons dans la ceinture de radiation interne grâce à des satellites en orbite basse permettent de donner une image de l'Anomalie Sud Atlantique (SAA). Cette dernière est une région du globe terrestre (au Sud-Ouest de l'Atlantique) où le champ magnétique terrestre a une plus faible amplitude. Cette région de la terre est donc moins protégée des protons de la ceinture interne.

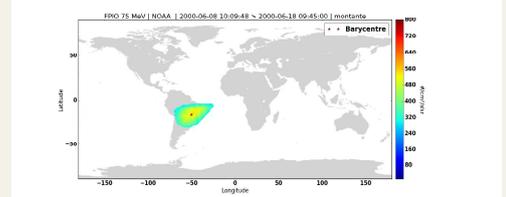


Figure 10

Figure 10 : image de la SAA donnée en projetant sur le planisphère les mesures de flux de protons effectué par le satellite NOAA-15 de la NASA équipé du capteur de protons SEM-2.



Etude de l'évolution de la SAA :

- Surface de la SAA : anticorrélation avec activité solaire (F 10.7 cm)

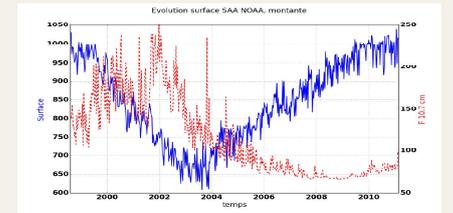


Figure 11

Barycentre de la SAA en terme de flux :

- Latitude du barycentre : anticorrélation avec activité solaire

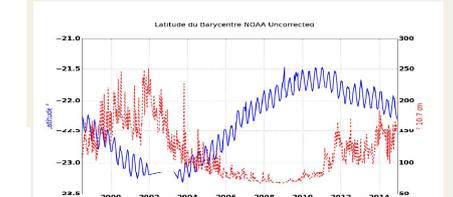


Figure 12

- Longitude du barycentre : constant puis changement de pente

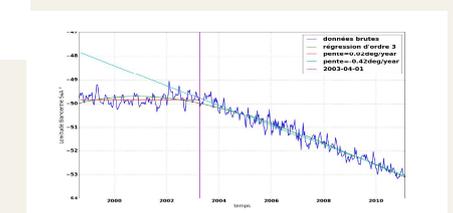


Figure 13

Remerciements

Nous remercions l'ONERA de nous avoir transmis les données des missions CARMEN ainsi que la NOAA pour les données RBSP et SEM. Nous remercions également le CNES et la région Occitanie, co-financeurs de la thèse pour leur soutien constant.

Contact Information

François Ginisty, CNES & IES Montpellier

Coordonnées

Tel: +33621687604

Email: francois.ginisty@cnes.fr