

Cartographie des émissions terrestres observées par DEMETER depuis
l'ionosphère en EBF, TBF, et MF
Maps of terrestrial emissions observed by DEMETER from the ionosphere
in ELF, VLF, and MF

M. Parrot*

*LPC2E/CNRS, mparrot@cnrs-orleans.fr

Résumés

DEMETER était le premier des micro-satellites scientifiques développés par le CNES. Ses objectifs étaient la détection et la caractérisation des signaux électromagnétiques associés à des phénomènes naturels (tels que les tremblements de Terre, éruptions volcaniques, tsunamis) ou à l'activité anthropique. Le lancement a eu lieu le 29 Juin 2004 et la mission a été arrêtée en Décembre 2010. Le satellite était placé sur une orbite polaire, héliosynchrone, et circulaire d'altitude 710 km. Ce papier présentera les cartes des ondes électromagnétiques provenant de la Terre qui ont été observées pendant la mission de jour, de nuit, et pendant les différentes saisons. Ces ondes sont principalement dues à l'activité orageuse et à l'activité humaine. Elles se propagent par rebond dans la guide Terre-ionosphère. Mais l'ionosphère n'est pas régulière et ces ondes peuvent aussi traverser l'ionosphère et être observées par un satellite.

DEMETER was the first micro-satellite developed by CNES. Its scientific objectives were the detection and the characterisation of electromagnetic signals associated with natural phenomena (earthquakes, volcanic eruptions, tsunamis) or with anthropogenic activity. The launch was on June 29, 2004 and the mission was stopped in December 2010. The orbit was polar, circular and nearly sun synchronous with an altitude of 710 km. This paper will show terrestrial maps of electromagnetic waves observed during day time, night time, and during different seasons. These waves are mainly due to thunderstorm activity and to anthropogenic activity. They propagate in the Earth-ionosphere waveguide. But the ionosphere is not regular and these waves can cross the ionosphere and can be observed by a satellite.

Mots clés: Ionosphère, activité orageuse, activité humaine, ionosphere, thunderstorm activity, anthropogenic activity

Introduction

Le présent papier présente des cartes des ondes électromagnétiques observées par DEMETER pendant la mission dans diverses gammes de fréquence. L'expérience Champ électrique mesurait les ondes dans les gammes EBF, TBF (0 - 20 kHz), et MF (0 - 3 MHz). Les spectrogrammes étaient régulièrement enregistrés à bord du satellite tout autour de la Terre sauf dans les régions aurorales. En EBF et TBF, la résolution temporelle était de 2 secondes, et la résolution fréquentielle de 20 Hz. En MF, la résolution temporelle était identique, mais la résolution fréquentielle était de 3.25 kHz.

L'orbite du satellite était presque hélio-synchrone (un exemple est montré dans la figure 1) et pour obtenir une bonne couverture de la Terre il est nécessaire d'intégrer les données sur au moins 2 mois afin d'avoir une bonne résolution spatiale.

Les cartes obtenues montrent que les ondes sont principalement liées à l'activité orageuse (section 1) et à l'activité humaine (section 2).

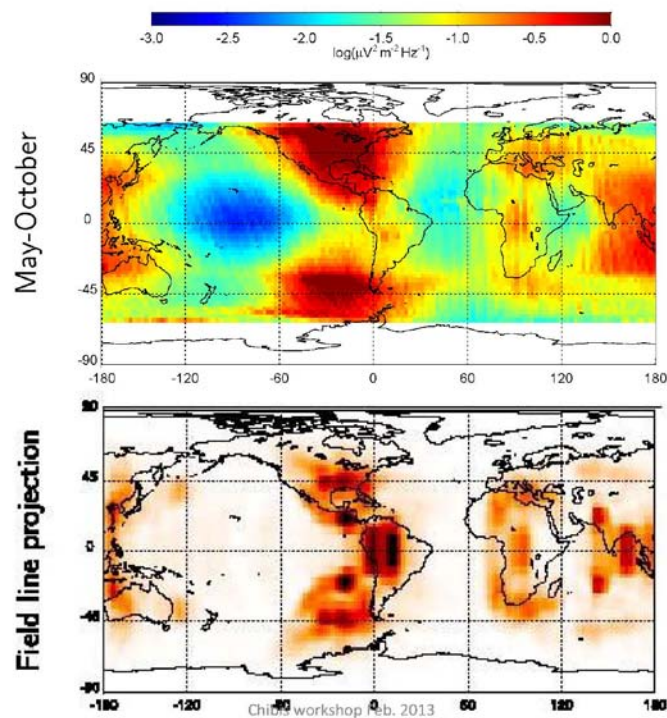


Figure 2 : Le panneau du haut montre la variation intégrée du champ électrique dans la gamme 1 – 10 kHz de nuit pendant la saison d’été dans l’hémisphère Nord. Le panneau du bas montre l’occurrence des éclairs d’orage pendant la même période obtenue par l’expérience OTD (voir texte pour explication).

2. Activité humaine

Les émetteurs TBF au sol sont principalement utilisés pour les communications par les militaires. Ils émettent à des fréquences fixes et leurs ondes se propagent par rebond dans la guide Terre-ionosphère. Mais l’ionosphère n’est pas régulière et ces ondes peuvent aussi traverser l’ionosphère et être observées par un satellite [2]. DEMETER a montré que l’émetteur le plus puissant NWC en Australie perturbe l’ionosphère en la chauffant sur une grande échelle [3]. La Figure 3 montre les ondes recueillies dans la gamme de fréquence 18-25 kHz. On observe ainsi l’emplacement de tous les émetteurs dans cette gamme de fréquence. Les ondes des émetteurs se propagent aussi dans l’hémisphère opposé.

La Figure 4 montre les émissions à 100 kHz dues au système de radionavigation LORAN-C.

On peut aussi observer avec DEMETER des émetteurs à plus hautes fréquence comme les émetteurs de radio, et la Figure 5 montre l’émetteur d’Europe 1 (la fréquence choisie pour la carte est 183 kHz). Le spot de plus grande intensité n’est pas situé exactement au-dessus de l’émetteur car à l’altitude du satellite l’onde a suivi les lignes de force du champ magnétique.

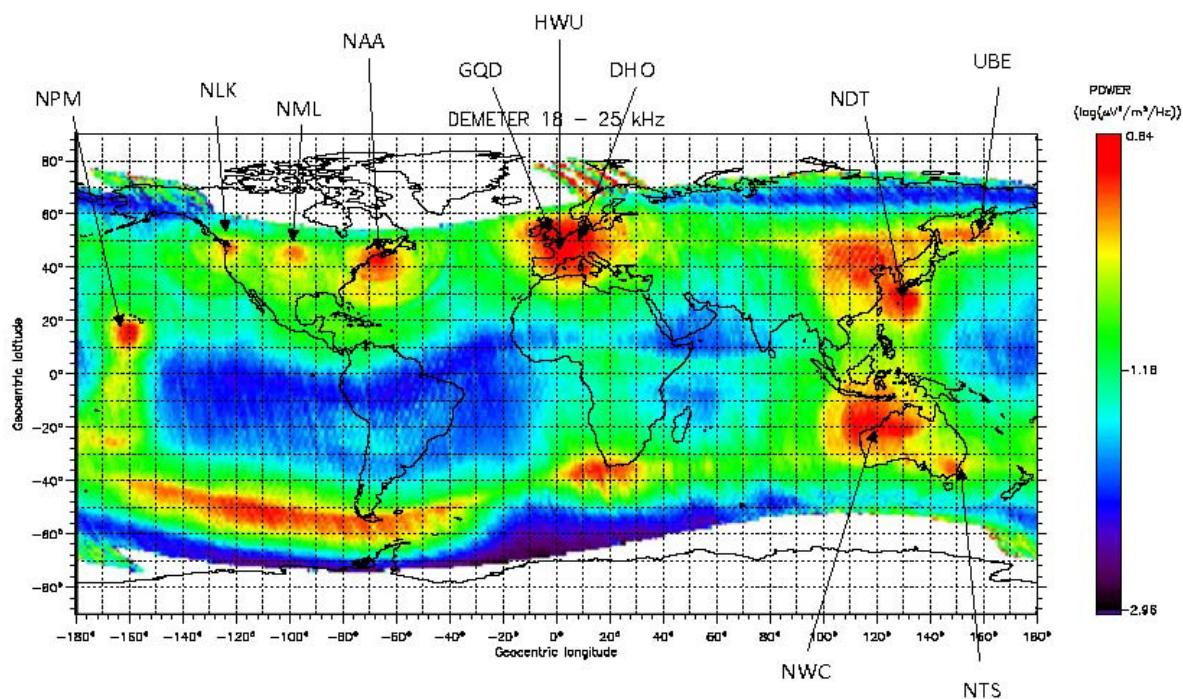


Figure 3 : Carte montrant les principaux émetteurs TBF dans la gamme de fréquence 18-25 kHz.

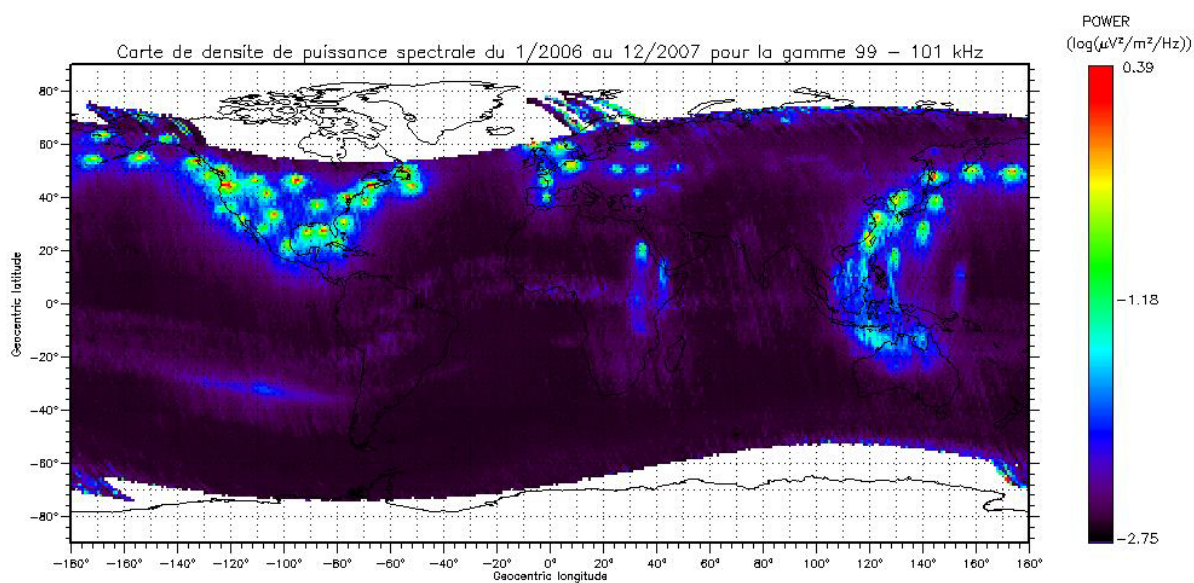


Figure 4 : Carte à la fréquence 100 kHz qui est la fréquence du système de radionavigation LORAN-C. Ce système n'existe plus aux USA et au Canada depuis 2010. Il servait de secours en cas de dégradation des performances du GPS.

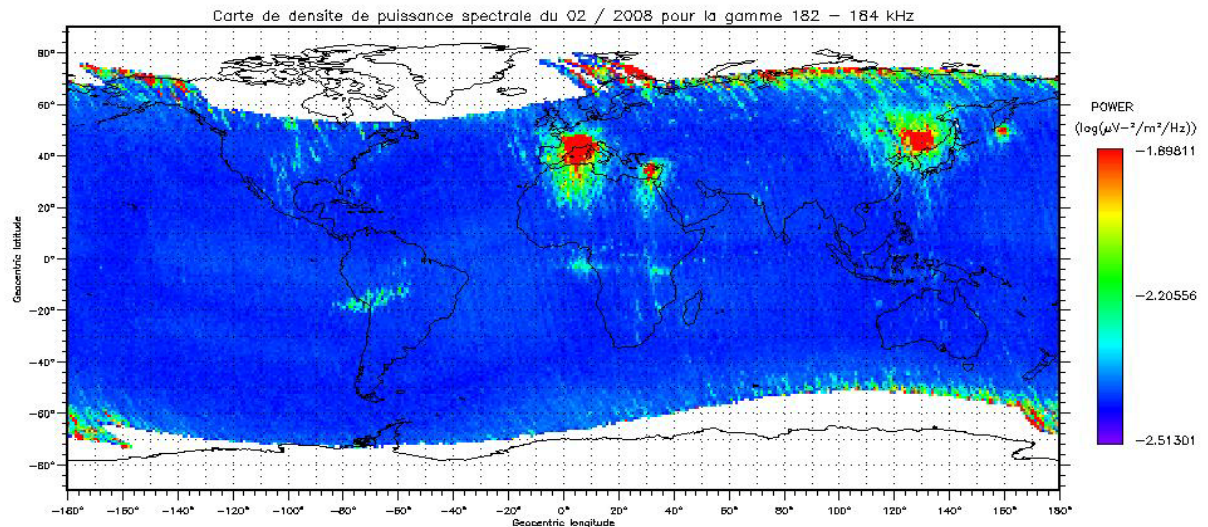


Figure 5 : Carte à la fréquence 183 kHz qui est la fréquence de l'émetteur radio d'Europe 1. On voit qu'il existe dans le monde d'autres émetteurs à la même fréquence.

3. Conclusions

La mission s'est terminée en Décembre 2010. Toutes les données ont été transférées au CDPP. Tous les papiers publiés sur les données DEMETER sont listés sur le site de la mission au CNES http://smc.cnes.fr/DEMETER/A_publications.htm

Remerciements : L'auteur remercie les principaux expérimentateurs des expériences à bord de DEMETER (J.J. Berthelier pour la mesure du champ électrique et des ions, J.A. Sauvaud pour la mesure des particules énergétiques, J.P. Lebreton pour la mesure de la densité et de la température électronique, et J.L. Pinçon pour le réseau de neurones) ainsi que les participants du CNES à la mission.

Références bibliographiques

1. Nemeč, F., O. Santolík, M. Parrot, and C. J. Rodger (2010), Relationship between median intensities of electromagnetic emissions in the VLF range and lightning activity, *J. Geophys. Res.*, 115, A08315, doi:10.1029/2010JA015296.
2. Fullekrug, M., M. Parrot, M. Ash, I. Astin, P. Williams, and R. Talhi (2009), Transionospheric attenuation of 100 kHz radio waves inferred from satellite and ground based observations, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L06104, doi:10.1029/2008GL036988.
3. Parrot, M., J. A. Sauvaud, J. J. Berthelier, and J. P. Lebreton (2007), First in-situ observations of strong ionospheric perturbations generated by a powerful VLF ground-based transmitter, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L11111, doi:10.1029/2007GL029368.