

Détection d'ondes radio naturelles en Antarctique

INSTALLATION D'UNE ANTENNE MAGNÉTIQUE DURANT LA CAMPAGNE 2015-2016

Fabien Darrouzet et
Johan De Keyser

Durant la dernière campagne (janvier-février 2016) à la station belge en Antarctique, la station Princesse Elisabeth, une antenne magnétique a été installée dans le but de détecter des ondes naturelles basses fréquences appelées sifflements (*whistlers* en anglais). A partir des données mesurées, il est possible d'obtenir des informations sur l'état de la plasmasphère terrestre, une sous-région de la magnétosphère de la Terre.

Explications générales

La magnétosphère terrestre est une cavité globalement modelée par le champ magnétique de la Terre et modifiée par le vent solaire. Parmi ses sous-régions, la plasmasphère est de forme toroïdale et peuplée d'électrons et d'ions d'origine principalement ionosphérique (Figure 1). Elle s'étend en moyenne jusqu'à des distances équatoriales d'environ 4-5 rayons terrestres ($1 R_E = 6371 \text{ km}$).

Après avoir étudié cette région à l'aide de satellites scientifiques (par exemple les 4 de la mission européenne Cluster), où à l'aide de modèles numériques (simulation de l'évolution de sa frontière externe), l'Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) a proposé de l'étudier à l'aide de mesures effectuées au sol. En effet, la plasmasphère a elle-même été découverte dans les années 1960 à l'aide de mesures au sol d'ondes électromagnétiques dans la gamme des très basses fréquences (TBF, ou *VLF, very low frequency* en anglais). Ces ondes appelées sifflements (*whistlers* en anglais) sont effectivement détectées entre 5 et 20 kHz (en fonction de la latitude magnétique des observations), juste au milieu de cette bande de fréquence. Elles sont créées par les éclairs des orages, et se propagent le long des lignes de champ magnétique d'un hémisphère à l'autre en croisant la région équatoriale de la plasmasphère. L'analyse détaillée des sifflements permet ainsi de déterminer la densité des électrons dans cette région.

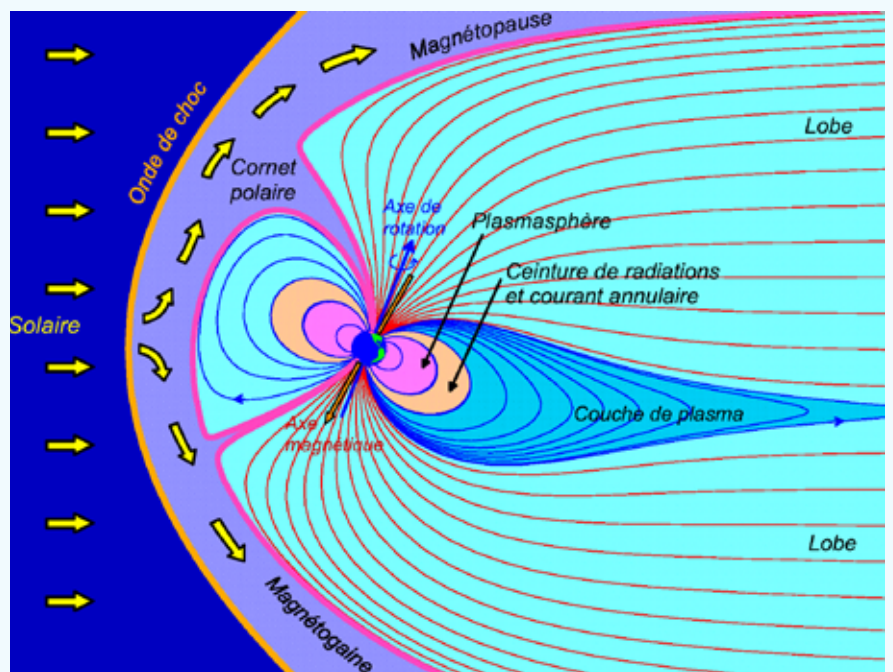


Figure 1 : Magnétosphère de la Terre et ses sous-régions, incluant la plasmasphère. Adapté du blog <http://l-unite.ning.com/> par © Geunes

Après avoir installé en 2011 une station de mesure à Humain (province de Luxembourg), le projet fut donc d'installer une autre station de mesure, comprenant une antenne magnétique équipée d'un système complet d'analyse de données à la station belge en Antarctique, la station Princesse Elisabeth. L'intérêt d'installer un instrument à cet endroit est le relatif calme électromagnétique de l'Antarctique, en comparaison aux régions industrielles et habitées du reste du monde. Par ailleurs, la localisation magnétique de cette station est très intéressante car elle permet d'étudier les changements dynamiques de l'extension radiale de la plasmasphère, ainsi que les variations de position de sa frontière externe.

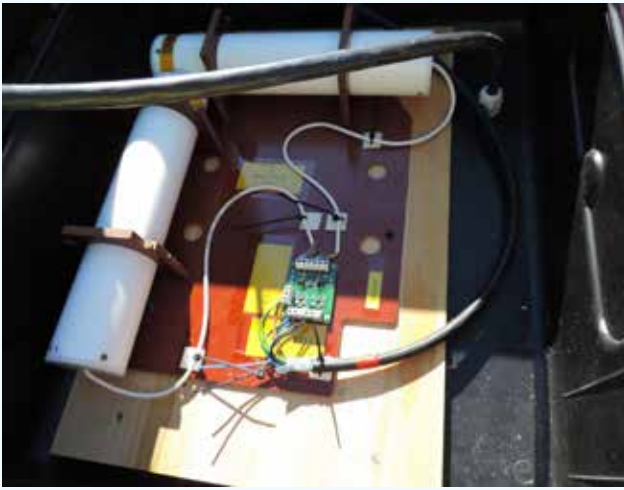


Figure 2 : Boîte en plastique contenant l'instrument de mesure. Les deux bobines magnétiques sont installées perpendiculairement, dans les directions Nord-Sud et Est-Ouest. © Darrouzet



Figure 3 : Tests effectués à l'aide d'un instrument portable afin de trouver le meilleur emplacement pour installer l'instrument complet. © Lichtenberger



Figure 4 : Instrument fixé sur la table en bois, elle-même enfoncée dans 1 mètre de neige et de glace. Au loin à droite, on distingue les éoliennes de la station Princesse Elisabeth. © Darrouzet

L'instrument se compose de deux bobines magnétiques placées dans une boîte hermétique en plastique, elle-même posée dans une boîte en bois isolée thermiquement (Figure 2), que l'on fixe sur une table en bois (Figure 4). Les bobines possèdent un préamplificateur intégré et l'ensemble est connecté à un enregistreur de données que l'on installe à environ 500 mètres de l'instrument. Cet enregistreur numérise, reformate puis envoie les données vers deux ordinateurs, qui effectuent une pré-analyse des données.

Installation de l'instrument

Après une période de préparation de plusieurs mois, pour étudier la faisabilité du projet, trouver un financement, acheter le matériel, réfléchir à l'emplacement, un scientifique de l'IASB accompagné d'un scientifique Hongrois se sont rendus à la station Princesse Elisabeth du 8 janvier au 11 février 2016 pour procéder à l'installation de l'instrument et de son système d'analyse.

Cette installation s'est déroulée en plusieurs étapes : trouver le meilleur endroit pour mettre l'instrument, installer l'instrument et ses câbles connectés à un abri et à la station, tester l'instrument et enfin finaliser l'installation en fonction des résultats de ces tests.

Les premiers tests ont permis de décider l'emplacement de l'instrument de mesure, à environ 500 mètres à l'est de l'abri nord, qui se trouve lui-même à environ 300 mètres au nord de la station (Figure 3). Ainsi, l'instrument est suffisamment éloigné de la station pour ne pas être perturbé par les émissions électromagnétiques provenant de celle-ci, mais pas trop loin non plus pour ne pas perdre trop de signal dans des câbles trop longs. Une table en bois a ensuite été construite par le menuisier de la station, afin de poser et fixer la boîte en bois de l'instrument au-dessus de celle-ci. La table a été placée dans un trou d'environ 1 mètre de profondeur, trou qui a été rempli au fur et à mesure par de l'eau et de la neige, afin de former un bloc de glace solide et compact. Une tranchée de 500 mètres de long et 80 cm de profondeur a été creusée entre la table et l'abri, afin d'y placer le câble électrique, lui-même glissé dans un tuyau protecteur afin de le protéger de l'environnement froid, humide et mobile. La tranchée fut recouverte presque entièrement et en quelques jours par le vent et la neige (Figure 4)! Pendant ce temps, l'enregistreur et les 2 ordinateurs étaient placés dans l'abri et connectés à l'instrument, alors qu'une antenne GPS était fixée sur le toit. De nouveaux tests du système de mesure montrèrent que les ordinateurs chauffaient trop l'abri, ils ont dû donc être déplacés dans la station et connectés à celui-ci par des câbles électriques. L'installation fut à nouveau testée et ensuite finalisée, avec l'installation d'un système de batteries autonomes pour l'enregistreur et les bobines magnétiques afin d'éviter des petites perturbations du signal provenant de l'alimentation électrique.

Premiers résultats

Dès que l'ensemble de l'instrument et de son système d'analyse fut installé, des ondes sifflantes ont été rapidement détectées. Un exemple se trouve sur la Figure 5 qui montre deux spectrogrammes magnétiques temps-fréquence (4 s, 0-10 kHz) enregistrés le 2 février 2016, avec l'onde sifflante au milieu de la figure.

Un autre type d'onde électromagnétique a été également observé, les ondes de chœur (*chorus* en anglais). Elles rayonnent dans la même bande fréquence, et leur région source se situe en général à l'équateur magnétique.

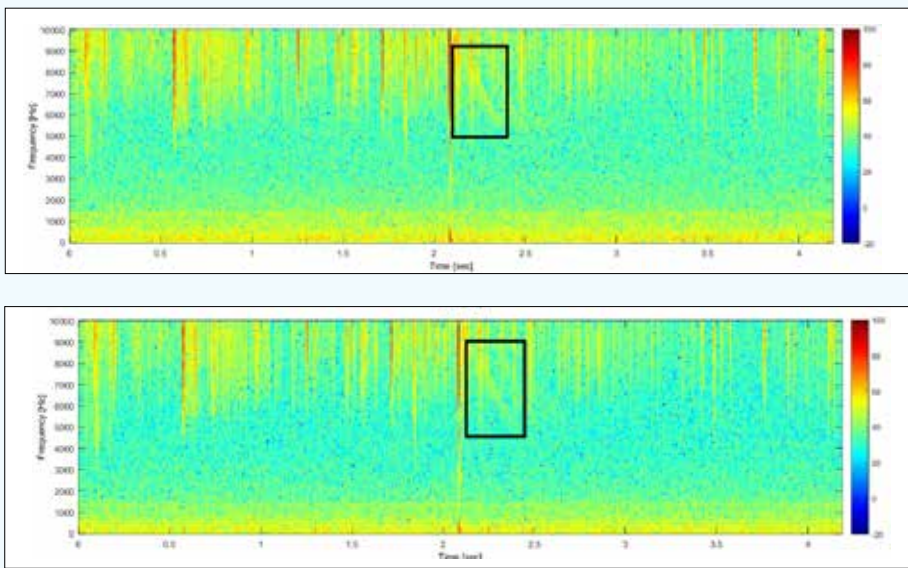


Figure 5 : Ondes sifflements observées à la station Princesse Elisabeth. © AWDAnet

Conclusion et futur

L'installation de cette antenne magnétique fut donc un succès (Figure 6) et les premières données semblent très intéressantes. Le pic d'activité des ondes sifflements se situe normalement durant l'hiver en Antarctique, donc une fois cette période passée, il sera possible d'effectuer des analyses statistiques de ces ondes.

Dans le cas d'une onde sifflement clairement observée, il est possible d'effectuer une analyse complémentaire afin de déterminer la densité des électrons dans la plasmasphère équatoriale. L'étude d'un sifflement observé le 8 mars 2016 à 21h34m04s UT a permis de déterminer une densité électronique de $879 \pm 29 \text{ cm}^3$ à une position radiale équatoriale de $3.04 \pm 0.08 R_E$.

Le système récemment installé en Antarctique est, tout comme celui installé à Humain il y a quelques années, intégré dans le réseau AWDA (*Automatic Whistler Detector and Analyzer*) qui couvre toute la planète. Il sera également possible de déterminer la région source des sifflements détectés à la station, en utilisant un réseau de loca-

tisation d'éclairs (WWLLN, *World Wide Lightning Location Network*). Et dans le futur, le but ultime sera d'effectuer une analyse en temps presque réel des ondes sifflements, afin d'utiliser ces données dans un modèle assimilatif de la plasmasphère.

Les auteurs

Dr. Fabien Darrouzet et Dr. Johan De Keyser sont chercheurs à l'Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB).

Fabien.Darrouzet@aeronomie.be

Johan.DeKeyser@aeronomie.be

Plus

<http://aeronomie.be/fr/nouvelles-presse/2016-antarctique.htm>

<http://awda.aeronomie.be/>



Figure 6 : Panorama à 360 degrés depuis le toit de la station Princesse Elisabeth. © Darrouzet