

Mesure de champ électrique pendant des orages atmosphériques – Mise en évidence du chauffage de la basse ionosphère par le champ électrique des éclairs

Electric field measurement during thunderstorms – highlight of the heating of the lower ionosphere by lightning-induced electric field

T. Farges*

*CEA / DAM / DIF, 91297 Arpajon Cedex, France, thomas.farges@cea.fr

Résumé

Le CEA a réalisé en France entre 2003 et 2009 des mesures du champ électrique (de l'EBF à la HF) dans le cadre de programmes européens nommés Eurosprite. Deux thèmes principaux ont été étudiés : les phénomènes induits par les sprites et les elves (émission de champ électrique ou perturbation de ce dernier) et propagation des ondes. Nous nous focalisons dans cet article sur la Mise en évidence du chauffage de la basse ionosphère par le champ électrique des éclairs.

Abstract

CEA organised, in France from 2003 to 2009, electric field measurement campaigns (from ELF to HF) in the framework of European Eurosprite programs. Two main topics have been studied: sprite or elve induced phenomena (radiation or perturbation) and wave propagation. We highlight, in this paper, the heating of the lower ionosphere by lightning-induced electric field.

Mots Clés : éclair, elve, champ électrique, mesure (lightning, elve, electric field, measurement)

1. Introduction

La découverte, il y a une vingtaine d'années des événements lumineux transitoires, comme les sprites, les elves, les jets bleu ou géants, etc ... a relancé les recherches concernant le couplage énergétique entre les différentes couches de l'atmosphère. Ces phénomènes lumineux sont tous associés à l'activité électrique intense qui a lieu lors des orages. Certains phénomènes existent par eux-mêmes : les jets sont des décharges qui partent du nuage vers la plus haute atmosphère ; les sprites sont des décharges qui ont lieu dans la mésosphère déclenchées par l'occurrence d'un éclair nuage-sol positif ; enfin les elves sont la manifestation lumineuse des éclairs les plus intenses, quelque soit leur polarité, puisqu'ils sont le résultat de l'interaction de l'impulsion électromagnétique de l'éclair avec la basse ionosphère.

Le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) participe à ces recherches en réalisant des mesures de champ électrique des éclairs et de ces phénomènes lumineux. Depuis 2000, date des premières observations de sprites en Europe depuis le Pic du Midi, des campagnes européennes de mesure sont organisées en été et en automne. Des observations par caméra, des mesures de champ électrique et magnétique dans des gammes très variées (allant de l'EBF à la HF), des mesures infrasonores et des mesures météorologiques (radar météo, localisation des éclairs) sont mises en œuvre. Le CEA a participé entre 2003 et 2005 aux campagnes d'observation de sprites dans le cadre du projet Européen CAL (Coupling of Atmospheric Layers) [1,2]. Lors de la campagne 2003, un réseau de 4 stations nous a permis de localiser un sprite avec la mesure du champ électrique TBF qui lui est associé [2].

2. Phénomène induit par les elves

En 2004, des mesures du champ électrique ont fait apparaître que l'amplitude du champ électrique des ondes radio dans le domaine des Moyennes Fréquences (300 kHz – 3 MHz) s'atténue fortement juste après des éclairs d'orage (Figure 1) [3]. Cette atténuation dure quelques millisecondes et peut atteindre jusqu'à 30 dB. Une étude statistique de ce phénomène a été réalisée sur 4000 événements. Nous avons pu révéler que l'atténuation crête et la durée de l'atténuation sont directement reliées à l'intensité de l'éclair – liant ainsi de manière certaine les deux phénomènes. De plus, nous avons pu établir que les éclairs perturbent les ondes radio jusqu'à 250 km autour d'eux (Figure 1).

Nous avons cherché à comprendre l'origine de ces atténuations. Les éclairs génèrent une impulsion électromagnétique (IEM) qui en se propageant dans les basses couches de l'ionosphère (80-100 km d'altitude) produit plus d'ionisation et chauffe les électrons. Nous avons examiné lequel de ces deux mécanismes était responsable de l'atténuation observée. Nous avons calculé le coefficient d'absorption d'une onde radio en considérant une ionosphère standard modifiée soit par l'ionisation, soit par le chauffage électronique, soit par les

deux. L'absorption s'explique essentiellement par le chauffage électronique. Ceci est confirmé par un temps de retour à la normale du chauffage des électrons compatible avec la durée de l'atténuation observée alors que celui de l'ionisation est mille fois plus long. Les elves et ces atténuations radio sont donc la double signature de l'effet du champ électrique des éclairs sur la basse ionosphère.

L'incidence de ce phénomène n'est pas négligeable si on considère l'étendue des zones orageuses de l'ordre de 10^5 à 10^6 km². Avec une activité moyenne d'une dizaine d'éclair par seconde, l'interaction de l'IEM des éclairs avec la basse ionosphère est la plus importante source d'ionisation de l'ionosphère nocturne à basse altitude (80-100 km).

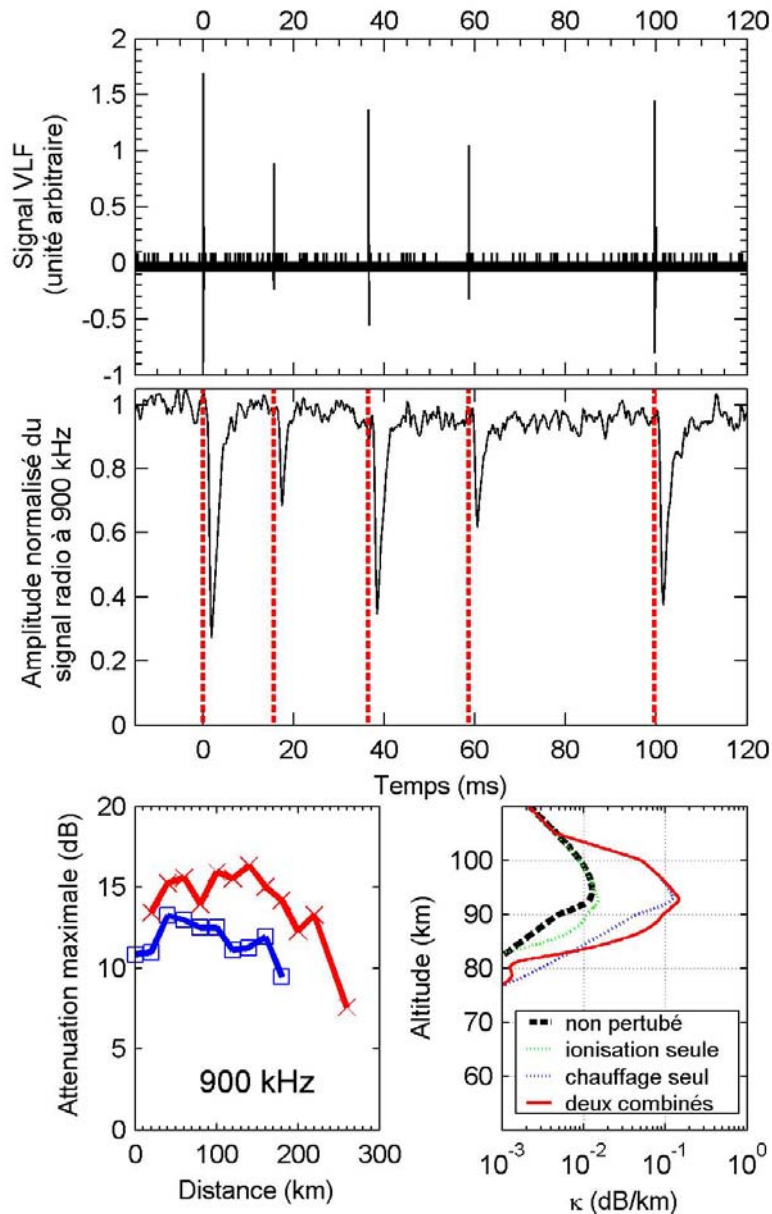


Figure 1 : - (haut) : Emissions transitoires TBF d'éclairs successifs (milieu) et absorption des ondes radio correspondante à 900 kHz; Une atténuation importante se produit après chaque éclair indiqué par un tiret vertical rouge - (bas gauche) : Atténuation maximale en fonction de la distance de l'éclair (en bleu pour les éclairs les plus faibles et en rouge pour les plus intenses) montrant que la zone affectée atteint 200 km autour de l'éclair - (bas droit) : Profil du coefficient d'absorption d'une onde radio MF κ pour différentes hypothèses théoriques.

3. Conclusion

D'autres expériences ont été menées en 2008 et 2009. Les mesures effectuées en 2008 avaient pour but de valider un code de propagation d'onde de sol. Des premiers résultats ont été présentés en 2009 lors des précédentes journées scientifiques de l'URSI-France [4]. En 2009, nous avons mesuré le champ électrique des éclairs ayant généré des sprites. Nous avons pu mettre en évidence très clairement la queue EBF que l'on

s'attend à avoir quand les sprites ont lieu mais qui jusqu'à présent n'avait été mesuré qu'à très longue distance du sprite.

Références

- [1] Neubert, T., T. H. Allin, E. Blanc, T. Farges, et al. (2005), Co-ordinated observations of transient luminous events during the EuroSprite2003 campaign, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 67, 807–820.
- [2] Neubert, T., M. Rycroft, T. Farges, E. Blanc, et al. (2008), Recent Results from Studies of Electric Discharges in the Mesosphere, *Surv. Geophys.*, 29, 71-137, doi:10.1007/s10712-008-9043-1.
- [3] Farges, T., E. Blanc, and M. Tanguy, Experimental evidence of D region heating by lightning-induced electromagnetic pulses on MF radio links, *J. Geophys. Res.*, 112, A10302, doi:10.1029/2007JA012285, 2007.
- [4] Garcia G, Millet C, Farges T (2009), Modélisation de la propagation du champ électromagnétique généré par les éclairs, Actes des « Journées scientifiques de l'URSI-France », Paris, 24-25 mars 2009.