

Les Phénomènes Lumineux Transitoires (TLE) et les Bouffées de Rayonnement Gamma d'Origine Terrestre (TGF) Observés dans l'Atmosphère au Dessus des Cellules Orageuses Actives

J.-L Pinçon¹

¹LPC2E, Université d'Orléans/CNRS, Orléans
mél: jlpincon@cns-orleans.fr

Depuis le début des années 90, on sait que les couches de l'atmosphère au dessus des orages sont le lieu d'impressionnantes décharges électriques [1] regroupées sous le terme générique de Transient Luminous Events (TLE) et de très énergétiques émissions de bouffées de rayonnement gamma [2] nommées Terrestrial Gamma-ray Flashes (TGF). La découverte tardive de ces phénomènes a mis en évidence les limites de notre compréhension des processus physiques et chimiques ainsi que les mécanismes de couplage intervenant entre les différentes couches de l'atmosphère au dessus des zones orageuses. Il est maintenant clair que les orages affectent l'ensemble de la haute atmosphère jusqu'au proche environnement spatial de la Terre.

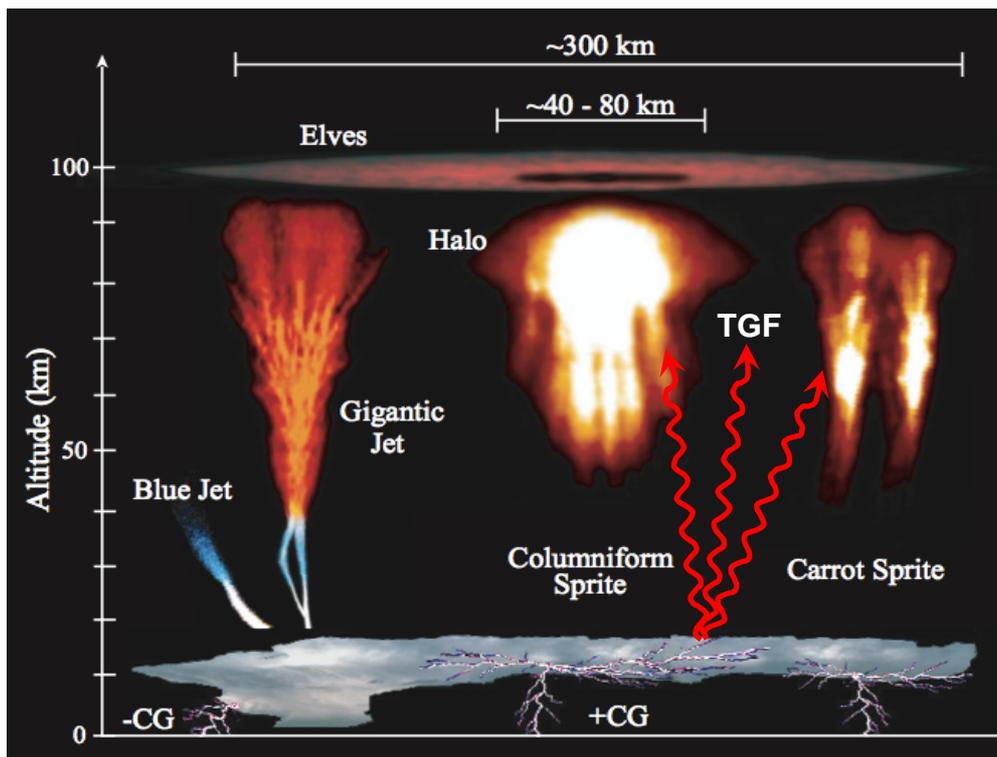


Figure 1 : les différents phénomènes (TLE et TGF) observés au dessus des cellules convectives orageuses

Initialement, les TGF et TGE étaient considérés comme des phénomènes rares. Les nombreuses observations collectées ces dernières années [3,4] montrent à l'évidence que ce n'est pas du tout le cas et que la question de leurs impacts sur : la physico-chimie de la haute atmosphère ; le circuit électrique global ; le couplage atmosphère-ionosphère, mérite d'être revisitée.

Les TLE et les TGF

Les principaux types de TLE sont : les Elves, les Sprites, les Blue Jets et les Gigantic Jets. Ils sont observés à des altitudes allant du sommet des nuages d'orages pour les Blue Jets jusqu'à la frontière inférieure de l'ionosphère pour les Elves (cf. Figure 1). Les temps caractéristiques associés sont également hautement variables, allant de plusieurs centaines de millisecondes pour les Blue Jets jusqu'à la milliseconde pour les Elves. Ces différences ne font que refléter la diversité des mécanismes à l'origine de ces phénomènes bien qu'ils soient tous, d'une façon ou d'une autre, reliés aux décharges électriques se produisant dans les nuages d'orages. On dispose maintenant d'un grand nombre d'observations de TLE. Il s'agit de phénomènes relativement fréquents pouvant exister à toutes les latitudes et dépendant principalement de la seule existence d'une activité orageuse significative. L'état de notre connaissance sur les mécanismes à l'origine des TLE dépend du type de TLE considéré. Nous avons une bonne compréhension des processus physiques à l'origine des Elves, la situation est beaucoup moins satisfaisante pour ce qui est des Sprites et presque tout reste à faire en ce qui concerne les Blue Jets et les Gigantic Jets.

Pour les TGF la situation est encore plus compliquée que pour les TLE. En effet, ces phénomènes ne peuvent pas être détectés depuis le sol et les seules observations disponibles à ce jour proviennent de satellites en orbite basse dédiés à l'étude des processus énergétiques cosmiques et des éruptions solaires. Ces dernières années, suite à la mise en service du satellite Fermi, il a été établi que les TGF sont beaucoup plus fréquents que ce que l'on pensait initialement. Il est également établi que les zones d'accélération des électrons responsables du rayonnement gamma des TGF sont situées juste au dessus du sommet des nuages d'orages. L'occurrence des TGF semblent être liée à la présence de décharges électriques dans la partie supérieure du nuage. Les mécanismes à l'origine de ces phénomènes font encore l'objet de nombreuses discussions.



Figure 2 : *vue d'artiste de la mission TARANIS dédiée à l'étude des TLE et TGF. Le lancement sera effectué fin 2015.*

Contexte – TARANIS et COBRAT

Les difficultés rencontrées jusqu'à présent pour l'interprétation et l'explication des TLE et TGF vient de ce qu'ils sont particulièrement difficiles à observer à partir du sol. Le rayonnement gamma des TGF est absorbé par les couches denses de la basse atmosphère et ils ne peuvent être détectés qu'à partir de l'espace. Les observations spatiales actuellement disponibles proviennent d'instruments dont les caractéristiques et les performances ne sont pas adaptées à la nature des TGF. Les phénomènes optiques caractérisant les TLE se produisent pendant et au dessus des orages, et ne peuvent donc être observés à partir du sol qu'à la condition de se trouver à grande distance du foyer orageux. Cette situation ne devrait plus durer car, d'ici la fin de 2005, ce ne sont pas moins de trois missions spatiales d'envergure dédiées à l'études des TLE et TGF qui seront en activité. Il s'agit : du satellite TARANIS du CNES (lancement en 20015) ; de l'expérience ASIM de l'ESA qui sera installée à bord de la Station Spatiale Internationale (ISS) d'ici la fin de 2014 ; de l'expérience GLIMS de la JAXA qui sera également opérationnelle à bord de l'ISS d'ici le début de 2013. De ces trois missions spatiales, le satellite TARANIS (cf. Figure 2) sera celui qui fournira à la communauté scientifique les jeux de données les plus complets et les plus abondants [5]. A ces mesures faites au Nadir depuis l'espace, il sera aussi possible, à partir de 2015, d'ajouter les mesures ballons du projet COBRAT. L'objectif de COBRAT est de maximiser le retour scientifique des missions spatiales TARANIS et ASIM en effectuant des mesures complémentaires à partir de ballons stratosphérique situés au dessus des orages. De telles mesures sont requises pour identifier sans ambiguïté les mécanismes de génération des TLE et TGF et pour quantifier leurs effets sur la physico-chimie de la haute atmosphère.

Conclusion

L'étude des TLE et TGF et, plus généralement, les recherches sur l'électricité atmosphérique sont actuellement des domaines qui font l'objet d'une intense activité. A partir de 2005 les nouvelles informations sur les TLE et TGF provenant de la combinaison des observations au Nadir de TARANIS avec les mesures ballons de COBRAT au voisinage des régions de générations et les données sols des réseaux d'observations (éclairs, ELF-VLF) devrait nous permettre d'obtenir enfin les réponses aux nombreuses questions en suspens sur les mécanismes à l'origine de ces phénomènes et à l'impact qu'ils pourraient avoir sur la physico-chimie de la haute atmosphère.

Références

- [1] R. C. Franz, R. J. Nemzek, and J. R. Winckler, Vol. Science, 249, 48-51, (1990).
- [2] G. J. Fishman, P. N. Bhat, R. Mallozzi, J. M. Horack, T. Koshut, C. Kouveliotou, G. N. Pendleton, C. A. Meegan, R. B. Wilson, W. S. Paciesas, S. J. Goodman, and H. J. Christian, Science, Vol. 264, 1313-1316, (1994).
- [3] A. B. Chen, C. L. Kuo, Y. J. Lee, H. T. Su, R. R. Hsu, J. L. Chem, H. U. Frey, S. B. Mende, Y. Takahashi, H. Fukunishi, Y. S. Chang, T. Y. Liu, and L. C. Lee, J. Geophys. Res., Vol. 113, A08306, (2008).
- [4] D. M. Smith, L. I. Lopez, R. P. Lin, and C. P. Barrington-Leigh, Terrestrial Gamma-Ray Flashes Observed up to 20 MeV, Science, Vol. 307, 1085-1088, (2005).
- [5] F. Lefeuvre, E. Blanc, J-L Pinçon, R. Roussel-Dupré, D. Lawrence, J-A Sauvaud, J-L Rauch, H. de Feraudy, and D. Lagoutte, Space Sci. Rev., Vol. 137, 301–315, (2008).