

NOTE TECHNIQUE

Décembre 2015

Principe de calcul de l'intensité crête du courant d'arc

Le réseau Météorage donne une estimation de l'intensité du courant d'arc qui circule dans les éclairs qui se produisent entre le nuage et le sol et ceux qui restent dans l'atmosphère. Ce calcul est effectué par le calculateur central en temps réel à partir de l'amplitude crête du champ magnétique mesurée par les capteurs.

Principe de calcul

La première étape consiste à « corriger » les mesures pour tenir compte de l'amortissement subi par le signal au cours de son trajet jusqu'au capteur. En effet, la propagation sur le sol d'une onde électromagnétique entraîne une modification de la forme de son signal [1][2]. De plus, les mesures des capteurs doivent être « normalisées » afin de pouvoir déterminer le champ magnétique moyen rayonné par l'arc en retour. Cette opération consiste à calculer pour tous les capteurs, le champ qui aurait été détecté s'ils étaient situés à 100 km de l'arc en retour.

La formule ci-dessous est utilisée pour effectuer la normalisation des mesures (première partie de l'équation) et la correction de l'effet de la propagation (seconde partie de l'équation) [3].

$$RNSS = SS * \left(\frac{r}{100}\right)^b * \exp\left(\frac{r - 100}{L}\right)$$

SS, valeur du champ magnétique mesurée par un capteur

r, distance entre le capteur et l'arc en retour en km

b et L, paramètres du modèle

RNSS, valeur du champ B normalisée et corrigée de l'atténuation du sol utilisée dans la moyenne

La seconde étape permet de convertir la valeur du champ magnétique mesuré par les capteurs (V/m) en intensité électrique (kA). Pour cela, le calculateur utilise une modélisation de l'arc en retour qui exprime la valeur d'un champ rayonné par une antenne verticale en fonction du courant qui circule dans l'antenne et de la distance à laquelle on mesure le champ [4]. Ce modèle dit « Modèle de l'Antenne Filaire » a été calibré à partir de mesures effectuées sur des courants dans des éclairs déclenchés à Camp Blanding en Floride (USA) [5] ou à partir de tours instrumentées [6][7]. Il permet par une simple multiplication de transformer le champ magnétique rayonné en un courant d'arc en retour.

Estimation des erreurs de mesure

La mesure des performances du calcul du courant d'arc nécessite la mise en œuvre de moyens techniques lourds. En effet, il faut pouvoir obtenir une mesure directe du courant c'est-à-dire arriver à savoir où va frapper la foudre afin de mesurer ses caractéristiques. A ce jour, seules deux techniques existent : la foudre déclenchée et les tours instrumentées.

Une étude récente basée sur des mesures de courant effectuées à Camp Blanding en Floride (USA) montre que l'erreur médiane commise sur l'estimation du courant d'arc fournie par le réseau national de détection de la foudre aux USA (NLDN), dont la technologie est identique à celle de Météorage, est estimée 14% [8].

Limitations dans l'usage de la donnée

Le mode de calibration décrit ci-dessus implique que dans l'absolu seuls les courants d'arcs subséquents négatifs délivrés par Météorage sont calibrés. En effet, les arcs obtenus par les méthodes de la foudre déclenchée ou les tours instrumentées possèdent exclusivement les caractéristiques des arcs subséquents négatifs naturels. Ainsi, il demeure une incertitude sur les valeurs des intensités calculées pour les premiers arcs négatifs, les arcs positifs et les décharges intra-nuageuses.

Enfin, une étude remet en question la capacité des réseaux de détection à estimer correctement l'intensité des premiers arcs en retour négatifs de très grande intensité [9], ce qui est cohérent avec la remarque précédente. Il existerait une limite théorique estimée à 300 kA pour des décharges possédant un canal ionisé de 4 km de hauteur ce qui correspond en général à l'altitude du centre de charge négatif à l'intérieur d'un cumulonimbus sous nos latitudes. Cette valeur pourrait augmenter à 450kA dans le cas des orages tropicaux qui ont des extensions verticales plus importantes.

References:

- [1] Herodotou N., Chisholm W.A., Janischewskyj W.: *Distribution of lightning peak stroke currents in Ontario using an LLP system, IEEE transactions on Power delivery, Vol. 8, Nb. 3, July 1993.*
- [2] Cramer J.A., Cummins K.L., Morris A., Smith R., Turner T.R.: *Recent upgrades to the U.S. national lightning detection network. 18th ILDC, Helsinki, 2004.*
- [3] Cummins, K. L., Murphy, M. J., Bardo, E. A., Hiscox, W. L., Pyle, R. B., Pifer, A. E.: *A combined TOA/MDF technology upgrade of the U. S. National Lightning Detection Network, J. Geophys. Res. Vol. 103, No. D8, p. 9035, 1998.*
- [4] Uman M.A. and McLain D.K.: *Magnetic field of the Lightning Return Stroke, J. Geophys. Res. Vol. 74, 1969.*
- [5] Idone V.P., Arsalan S.B., Henderson R.W., Moore P.K. and Pyle R.B.: *A Reexamination of the Peak Current Calibration of the National Lightning Detection Network, J. Geophys. Res. Vol. 98, No. D10, p. 18,323-18,332, 1993.*
- [6] Schulz W. and Diendorfer G.: *Lightning peak currents measured on tall towers and measured with lightning location systems, ILDC, 2004a.*
- [7] Schulz W. and Diendorfer G.: *Lightning field peaks radiated by lightning to tall towers, GROUND, 2004b.*
- [8] Mallick, S., V. A. Rakov, T. Ngin, W. R. Gameraota, J. T. Pilkey, J. D. Hill, M. A. Uman, D. M. Jordan, J. A. Cramer, and A. Nag (2014e), *An update on the performance characteristics of the NLDN, in 23rd International Lightning Detection Conference & 5th International Lightning Meteorology Conference, Vaisala Inc., Tucson, Ariz.*
- [9] Cooray, V., *On the upper limit of peak current in return strokes of lightning flashes, Proceedings of the X International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), November, 2009.*