

Sujet de stage M2 ou Ingénieur, 6 mois, 2023 - Centrale Lyon

Analyse de la propagation d'ondes de choc générées par des éclairs

Contexte

Le tonnerre généré par les décharges électriques de foudre est un signal acoustique large bande avec un contenu fréquentiel compris entre quelques hertz et plusieurs kilohertz. La signature de pression est liée à la géométrie de l'éclair et à son énergie. Des mesures en milieu extérieur ont ainsi montré qu'il est possible de remonter à la géométrie des éclairs à partir des signaux de pression acquis sur une antenne acoustique posée au sol [1]. Ces mesures posent néanmoins des difficultés. En effet, les ondes acoustiques générées par la décharge se propagent dans une atmosphère inhomogène, qui n'est connue que très partiellement. Les signaux de pression mesurés sont ainsi largement modifiés pendant leur propagation dans l'atmosphère et la géométrie reconstruite peut être impactée fortement par ces effets de propagation.

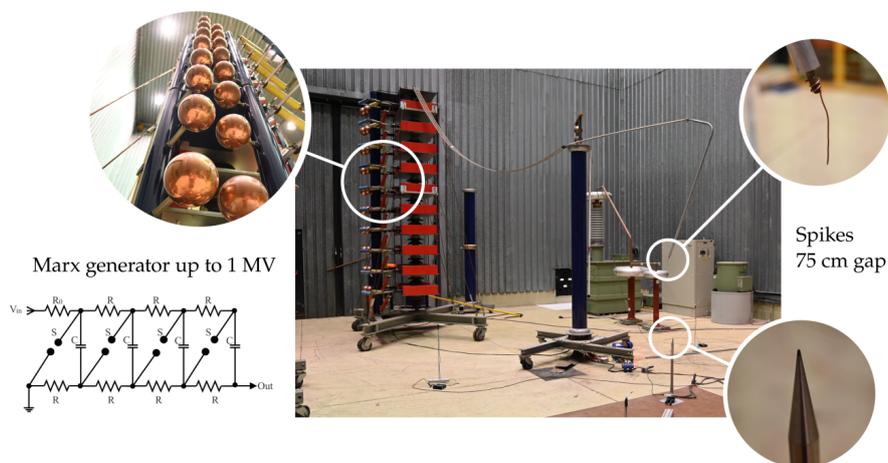


FIGURE 1 – Photographie de la tour haute tension du laboratoire Ampère. L'éclair est généré entre les deux électrodes. Extrait de [2].

Afin de pouvoir relier plus directement la géométrie de l'éclair et les signaux acoustiques, une collaboration entre les laboratoires Ampère et LMFA (Laboratoire de Mécanique de Fluide et d'Acoustique) a démarrée en 2020. Elle vise à mener des mesures synchrones de la géométrie de l'éclair et des signaux de pression induits en environnement contrôlé. Pour cela, la tour haute tension du laboratoire Ampère est utilisée (voir Figure 1). Elle permet de générer des éclairs de l'ordre du mètre. Une première campagne de mesure réalisée au printemps 2021 [2] a permis de vérifier la faisabilité de l'expérience, à la fois sur la visualisation de l'éclair et sur la mesure acoustique des ondes de chocs à différentes distances de l'éclair (voir Figure 2). Une seconde campagne de mesure est prévue en décembre 2022 avec pour but la reconstruction de la géométrie tridimensionnelle de l'éclair et la mise en place de mesures acoustiques plus détaillées.

Travail proposé

L'objectif de ce stage est d'analyser la base de données, qui sera réalisée suite aux mesures de décembre 2022. Une analyse statistique sur la géométrie de l'éclair ainsi que sur les caractéristiques des signaux de pression sera faite. On essaiera en particulier de relier la forme des éclairs aux caractéristiques des signaux. Un modèle simple décrivant l'éclair par des portions de sources acoustiques linéiques [3] sera développé et une comparaison entre les signaux de pression mesurés et prédits par le modèle sera menée. Enfin, suivant l'avancée des travaux, des simulations numériques basées sur un code de résolution des équations d'Euler [4] pourront être réalisées.

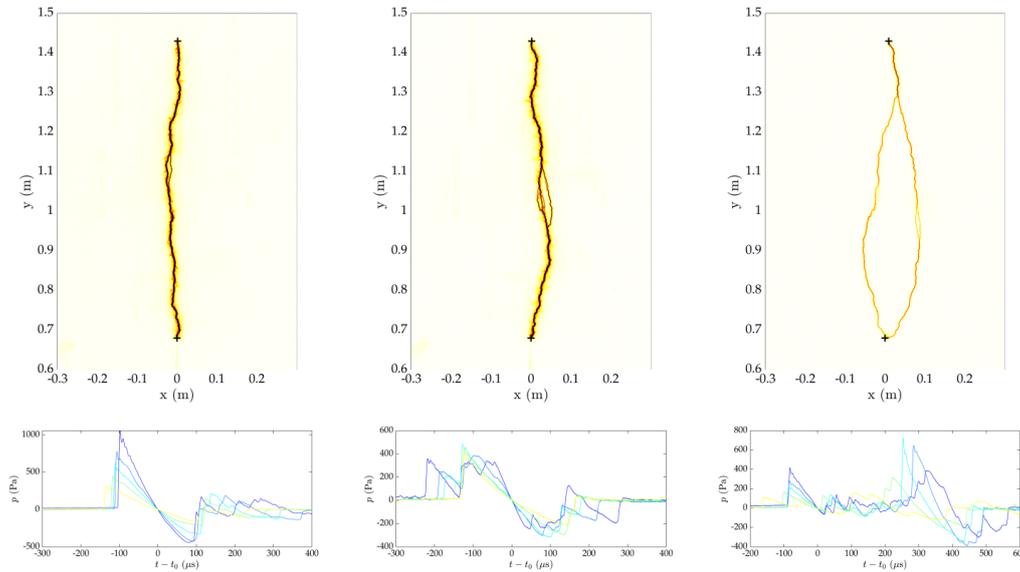


FIGURE 2 – Exemples de mesures de (haut) trois géométries d'éclair et (bas) de signaux de pression à différentes distances. Extrait de [2].

Présentation du laboratoire

Le stage se déroulera au LMFA (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique) sur le campus de l'École Centrale de Lyon.

Profil recherché

Étudiant en Master 2 ou équivalent avec une spécialisation en acoustique et/ou en mécanique des fluides.

Encadrement

- Edouard Salze, ingénieur de recherche, edouard.salze@ec-lyon.fr
- Didier Dagna, enseignant-chercheur, didier.dagna@ec-lyon.fr
- Sébastien Ollivier, enseignant-chercheur, sebastien.ollivier@ec-lyon.fr

Références

- [1] Lacroix, A., Farges, T., Marchiano, R. & Coulouvrat, F., 2018, Acoustical measurement of natural lightning flashes : Reconstructions and statistical analysis of energy spectra. *Journal of Geophysical Research : Atmospheres* **123**, 12,040-065. <https://doi.org/10.1029/2018JD028814>.
- [2] Salze, E., Vagnon, E., Ollivier, S., El-Khattabi, M., Zouaghi, A., Dagna, D. & Blanc-Benon, P., 2022, Laboratory-scale characterization of lightning strikes : acoustical and electrical measurements synchronized with optical visualizations. 22nd International Symposium on Nonlinear Acoustics, Oxford, UK, 4-8 July.
- [3] Lacroix, A., Coulouvrat, F., Marchiano, R., Farges, T. & Ripoll, J.-F., 2019, Acoustical energy of return strokes : A comparison between a statistical model and measurements. *Geophysical Research Letters* **46**, 11479– 11489. <https://doi.org/10.1029/2019GL085369>.
- [4] Lechat, T., Emmanuelli, A., Dagna, D. & Ollivier, S., 2021, Propagation of spherical weak blast waves over rough periodic surfaces, *Shock Waves* **31**, 379-398. <https://doi.org/10.1007/s00193-021-01024-8>.