



RECHERCHES SUR LA Foudre EN FRANCE

Grp Rch de Saint-Privat-d'Allier

► **To cite this version:**

Grp Rch de Saint-Privat-d'Allier. RECHERCHES SUR LA Foudre EN FRANCE. Journal de Physique Colloques, 1979, 40 (C7), pp.C7-297-C7-298. 10.1051/jphyscol:19797146 . jpa-00219120

HAL Id: jpa-00219120

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00219120>

Submitted on 1 Jan 1979

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RECHERCHES SUR LA Foudre EN FRANCE

Le Groupe de Recherches de Saint-Privat-d'Allier.

Saint-Privat-d'Allier.

Une station expérimentale d'étude de la foudre a été érigée en 1973, dans le Massif Central à SAINT-PRIVAT-D'ALLIER (Haute-Loire). Sa principale originalité est le déclenchement artificiel des coups de foudre par la technique "fusée-fil" dont la validité a été démontrée avec succès par le Professeur M.M. NEWMAN.

LES OBJECTIFS

Cette station est exploitée conjointement depuis 1973 par ELECTRICITE DE FRANCE (EDF) et le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA - Centres de GRENOBLE et de SACLAY) auxquels se sont associés en 1974 le Laboratoire de Détection et de Géophysique (CEA - LDG BRUYERES LE CHATEL) en 1975 le Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET - LANNION) en 1977 l'Université de CLERMONT-FERRAND (Institut de Physique du Globe) et l'ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques - CHATILLON), et en 1978 le LPA (Laboratoire de Physique de l'Atmosphère de TOULOUSE). Cette collaboration a été établie pour tirer partie de la possibilité d'obtenir des coups de foudre en un lieu et à un instant choisis, chaque organisme ayant ses propres objectifs.

EDF étudie la protection des lignes THT contre les coups de foudre directs et les surtensions induites par les coups de foudre proches des lignes MT-BT, le CEA, intéressé par la physique de la décharge, étudie les propriétés générales des coups de foudre artificiellement déclenchés et des coups de foudre naturels; le Centre de GRENOBLE du CEA étudie pour sa part la tenue à la foudre de différents équipements. Le CNET a pour but principal la protection des lignes de télécommunication et étudie en collaboration avec le LDG la propagation des ondes électromagnétiques créées par les coups de foudre. L'ONERA effectue des recherches sur la protection des avions contre les phénomènes induits et les coups de foudre directs. L'IOPG recherche avec un radar météorologique une corrélation entre la structure des précipitations et des charges neutralisées

par la foudre. Le LPA étudie le champ électrique au sein des nuages à l'aide de ballons sondes.

LES INSTALLATIONS EXPERIMENTALES

La station expérimentale comprend essentiellement le site principal et 6 stations périphériques.

Le site principal comporte:

a) deux aires de tir: l'une à partir du sol, l'autre à partir d'un pylône, du type de ceux qu'utilise EDF pour les lignes 90 kV. L'ensemble permet de lancer 10 fusées au cours d'un orage, sans recharger les rampes de lancement.

b) Une centrale de commande, formée d'une double cage de FARADAY, qui constitue en même temps un abri sûr pour le personnel. Toutes les liaisons de commande sont effectuées par air comprimé, afin d'assurer une séparation électrique totale entre l'intérieur et l'extérieur de l'abri.

c) De nombreux équipements de mesure du courant de foudre, du champ électrique au sol, du champ électromagnétique proche, du champ acoustique, des phénomènes lumineux produits par la décharge, etc.

Les six stations périphériques, distantes de plusieurs kilomètres, permettent également des observations photographiques et optiques, des mesures du champ électromagnétique; le radar météorologique est quant à lui, installé à 12 km du site principal.

LA TECHNIQUE DE DECLENCHEMENT DE LA Foudre

La technique de tir utilisée a été mise au point par le CEA (Centre de GRENOBLE). Elle consiste à lancer vers les nuages d'orage une petite fusée du type paragrêle entraînant un mince fil métallique issu d'un dérouleur fixé au sol.

En l'absence d'un déclenchement, la fusée, freinée par le fil, est capable d'atteindre une hauteur de 700m en cinq secondes; pour des raisons de sécurité une charge explosive la détruit alors.

En présence de nuages orageux, le critère de réussite du déclenchement de la foudre est la valeur du champ électrique mesuré au sol; l'expérience a montré que le déclenchement est quasi-certain à partir d'un champ négatif (nuage négatif, sol positif) de

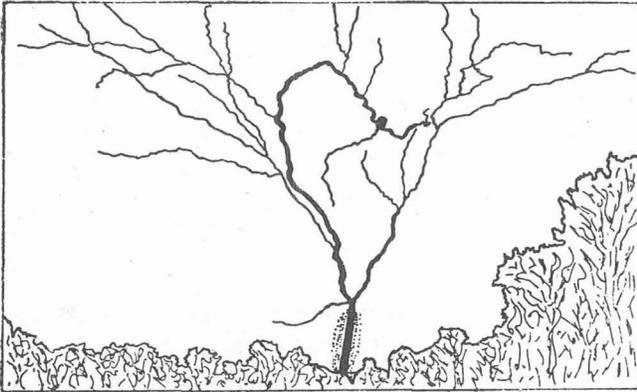


Fig.1 Photographie statique d'un coup de foudre déclenché, vu d'une distance de 2,7 km

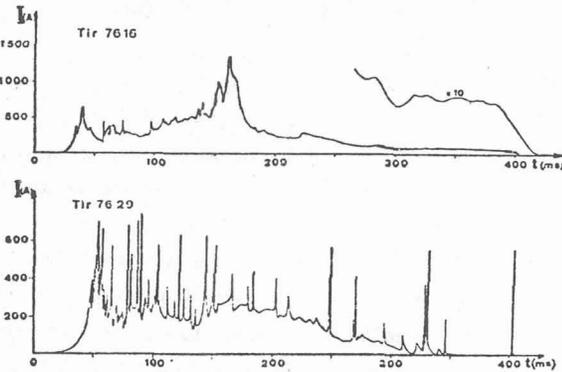


Fig.2 Composante persistante d'un coup déclenché:
 a) tir 7616 courant persistant seul
 b) tir 7629 courant persistant avec impulsions superposées. (l'amplitude de ces dernières n'est pas respectée).

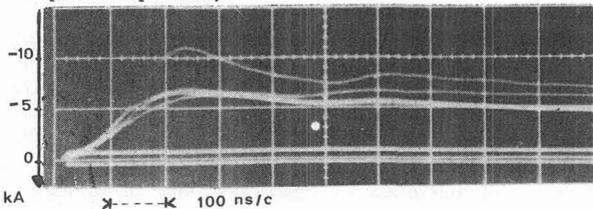


Fig.3 Impulsions de courant de foudre enregistrées avec un oscillo. à balayage rapide (tir 7716).

o a 10 kV/m. Le coup de foudre se produit alors pour des longueurs de fil déroulé comprises entre 50 et 520m, c'est à dire bien avant que la fusée ait atteint sa hauteur maximale. Sans que la corrélation soit rigoureuse, il semblerait que le déclenchement est d'autant plus précoce que le champ au sol à l'instant du départ de la fusée est élevé. Les courants de foudre parcourent le fil, tout en le vaporisant rapidement, et peuvent être recueillis et mesurés au point d'arrimage.

LES CARACTERISTIQUES DE LA Foudre DECLENCHEE

Résultats généraux. En 6 années d'exploitation de la Station (1973-1978) 148 tirs ont été effectués au cours de 39 orages. 114 tirs se sont déroulés correctement, et 84 coups de foudre ont été déclenchés. Si on élimine les 34 échecs dus à des causes

mécaniques telles que rupture d'attelage du fil, etc on relève un taux de réussite des tirs de 73%, ce taux ayant même atteint 93% en 1978. Lorsque le tir est techniquement correct, l'échec est généralement lié à un coup de foudre naturel ayant devancé le déclenchement, ou à un champ insuffisant.

Observations optiques. Elles montrent que la foudre déclenchée artificiellement est du type ascendant (Fig.1) présentant des propriétés semblables à la foudre naturelle frappant les structures élevées.

Le coup de foudre est initié par un précurseur ascendant, se développant à partir de la fusée (upwards-leader) et progressant vers le nuage, en se ramifiant, avec une vitesse de 2 à 10.10⁴ m/s. Lorsque ces ramifications atteignent le nuage il apparaît dans 2 cas sur 3 des réilluminations brèves et intenses, auxquelles correspondent des courants impulsionsnels. On observe alors un "return-stroke" dont la vitesse mesurée en tenant compte de la longueur réelle du canal de l'éclair est comprise entre 0,5 et 2.10⁸ m/s

Analyse des courants. Un coup comporte toujours un courant persistant, inférieur au kA, s'écoulant pendant la décharge. Dans 2/3 des cas il s'y superpose une série d'impulsions brèves, de 10 à 20 kA et de temps de front inférieur à 0,5µs (Fig.2 & 3). Le tableau ci-dessous rassemble les données relatives à ces courants. Il indique le pourcentage des coups de foudre ayant dépassé les valeurs indiquées.

%	90	50	10	MAX.
AMPLITUDE kA	2,5	12	21	42
RAIDEUR µs	0,1	0,3	1	qqµs
∫ dt en Cb	7	30	120	140
∫ I ² dt en A ² s	6.10 ²	6.10 ³	5.10 ⁴	5,6.10 ⁴
Nbre d'imp.	4	11	15	53
DUREE TOTALE ms	250	420	940	1070

Coups anormaux: Par un processus encore incomplètement éclairci, la foudre a quitté le fil au voisinage du sol à 14 reprises.

Comparaison avec les éclairs naturels. Semblables aux coups naturels, les coups déclenchés ont en commun avec les coups descendants les caractéristiques des impulsions secondaires mais en différent par l'absence d'une première impulsion, de forte amplitude mais de raideur moindre. Depuis deux ans les caractéristiques des éclairs naturels sont également mesurées.

En 1978 la collaboration de 8 équipes pour mieux connaître la foudre et ses effets sur divers équipements a permis d'obtenir de nombreux résultats qui seront présentés aux participants du Congrès.