

# Peut-on dompter la foudre ?

À chaque instant, 2 000 orages grondent sur la planète. Leur caractéristique première est l'apparition dans le ciel de leurs vives et très brèves : les éclairs. Mais pourrait-on envisager un jour de canaliser ces puissantes décharges ?

## Quand le ciel s'électrise

### Prendre la mesure du phénomène

La puissance et l'énergie des décharges électriques qui balafrent les ciels orageux sont absolument colossales : une intensité de 30 000 ampères pour une tension de 100 millions de volts.

Les éclairs se propagent sur plusieurs kilomètres de long et leur vitesse peut atteindre 40 000 km/s, soit un peu plus du dixième de la vitesse de la lumière. Sur leur passage l'air est chauffé à 30 000°C. C'est 5 fois plus que la température qui règne à la surface du Soleil. Au cours d'un orage, la quantité d'énergie présente dans un cumulonimbus correspond à celle que consomme la France entière pendant 5 minutes !

## Des charges pour une décharge

Depuis trois siècles, on connaît, grâce à Benjamin Franklin, la nature électrique des éclairs. Mais les mécanismes à l'origine de la tension qui se forme dans les nuages d'orage sont encore mal connus. Ce dont les scientifiques sont sûrs, c'est que les cumulonimbus constituent d'énormes réservoirs de charges électriques. En revanche les raisons de l'apparition de ces charges ne fait pas l'unanimité. Selon certains chercheurs, elles résultent des frottements que provoquent les importants déplacements d'air au sein d'un nuage entre les poussières, les gouttes d'eau et les cristaux qui le constituent. Pour d'autres, ce sont les changements d'état de l'eau (gaz, liquide ou solide) qui sont responsables de la création des charges électriques.



ORAGE SUR LA VILLE DE DÉCINES (RHÔNE).



ORAGE AU-DESSUS DE RILLIEUX-LA-PAPE (RHÔNE).

Une chose est certaine, dans la partie basse des cumulonimbus<sup>1</sup> s'accumulent des charges négatives tandis qu'au sommet de ces nuages se regroupent des charges positives. La présence de particules négativement chargées à la base des nuages engendre au sol une accumulation de charges positives

(1) Un cumulonimbus est un nuage caractéristique des orages. Aux latitudes tempérées, sa base se situe entre 300 et 3 000 m de hauteur avec une épaisseur allant jusqu'à 12 000 m. Son sommet s'étale le plus souvent en forme d'enclume, de panache ou de chevelure désordonnée et sa base, très sombre, s'accompagne fréquemment de nuages déchiquetés.

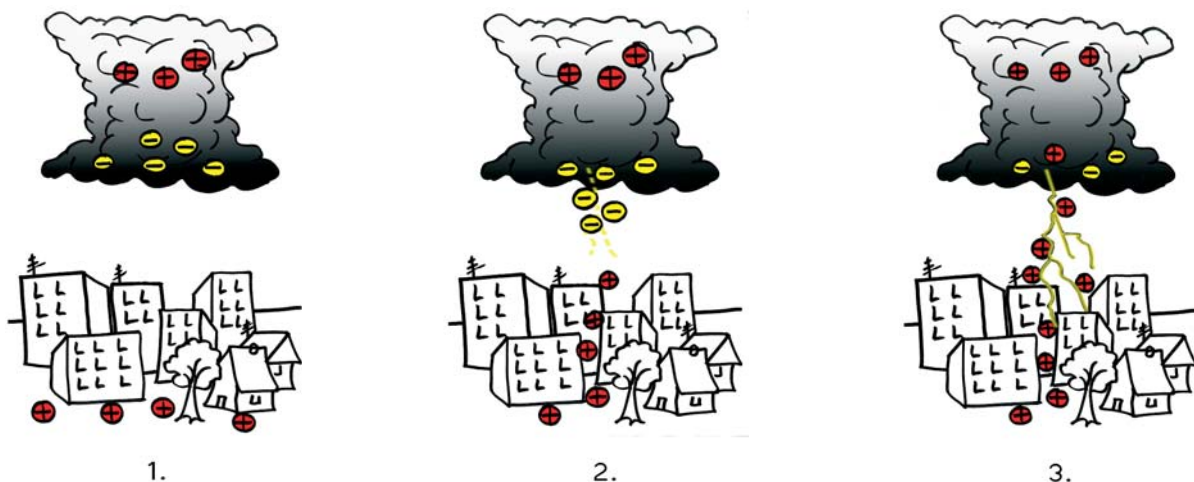
(car les charges de signes opposés s'attirent). Ainsi une tension se crée entre les deux électrodes géantes que constituent la terre ferme et la partie basse du nuage. La couche d'air qui les sépare est loin d'être un isolant parfait. Ainsi, lorsque l'attraction entre les charges devient trop forte, quelques charges négatives prennent le chemin de la terre. Elles constituent ce que l'on appelle le « traceur descendant ». Au sol, des charges positives viennent à leur rencontre en s'accumulant sur des points élevés (comme la cime d'un arbre). Lorsque le traceur descendant est suffisamment proche un « traceur ascendant » se crée. À ce stade, rien n'est visible à l'œil nu. Mais quand les deux traceurs se rencontrent, ils établissent un pont conducteur entre la terre et le ciel. Un intense courant électrique emprunte le canal ainsi formé, produisant une violente illumination : la foudre frappe.

Le plus souvent les éclairs produits lors des orages ne touchent pas le sol, mais se forment au sein d'un même nuage ou entre deux nuages différents. Quoiqu'il en soit, ils ont toujours pour cause l'attraction de deux groupes de charges de signes opposés.

Les 50 000 orages qui éclatent chaque jour au quatre coins du globe, remplissent un rôle très utile. En effet, ils équilibrent en permanence le champ électrique terrestre.

Toutefois, si elle est utile la foudre n'en est pas moins dangereuse. Un bon moyen de s'en protéger serait de parvenir à prendre le contrôle de sa trajectoire. Mais comment canaliser un phénomène si hautement énergétique ? Actuellement des scientifiques sont sur une piste intéressante. Ils parviennent à diriger des éclairs générés en laboratoire. L'outil de ces dompteurs de foudre : un laser...

#### LE COUP DE Foudre



1. Des charges négatives s'accumulent à la base du cumulonimbus. Au sol, à l'aplomb du nuage, des charges positives se regroupent.

2. La tension entre le sol et le nuage augmentant, quelques charges négatives quittent le nuage et se dirigent vers le sol. Elles forment le traceur descendant. Arrivées à proximité de la terre ferme, elles font jaillir du sol des charges négatives. C'est le traceur ascendant.

3. Traceurs descendant et ascendant se rejoignent et forment un canal conducteur par lequel s'écoule un intense courant électrique. C'est le coup de foudre.  
Durée totale du phénomène : quelques millisecondes.

## Un laser ultrapuissant pour dompter la foudre

De nombreuses inconnues subsistent au sujet des éclairs, notamment concernant leur déclenchement et la trajectoire qu'ils empruntent. Pour étudier ce phénomène fascinant, des scientifiques recréent en laboratoire des décharges semblables à la foudre, puis les guident à l'aide d'un laser émis par un dispositif baptisé Teramobile.



© Gilles DUPERRON

ÉCLAIRS ENTRE NUAGES AU-DESSUS DE CHASSIEUX (RHÔNE).

Fruit d'une collaboration franco-allemande, l'appareil en question est un dispositif mobile qui délivre des impulsions laser ultrapuissantes et ultra-brèves. En effet, leur puissance atteint 5 térawatts (5 000 milliards de watts) soit l'équivalent de la

puissance de 1 000 centrales nucléaires. La durée de chaque impulsion est à peu près de 100 femtosecondes (1 centième de milliardième de seconde).

Le système électronique et optique du dispositif Teramobile pèse 9 tonnes et tient dans un conteneur classique de 6 mètres de long. C'est la première fois au monde que l'on parvient à construire un instrument de cette puissance dans un volume aussi réduit. Cette prouesse technologique permet de transporter facilement le laser sur des sites d'expériences différents. C'est ainsi que des scientifiques du CNRS et de l'université Lyon I, qui recréent la foudre dans leur laboratoire, ont pu utiliser ce laser ultrapuissant pour diriger des éclairs.



© CNRS Photothèque / Teramobile / Jérôme KASPARIAN

LE SYSTÈME TERAMOBILE. Les « hubs » servent à émettre le faisceau laser horizontalement. Deux autres hubs sur le toit permettent de l'émettre verticalement.



## Recréer la foudre en laboratoire et la guider

Pour simuler la foudre, les scientifiques du laboratoire de spectrométrie ionique moléculaire du CNRS se servent d'appareils impressionnants. Ils utilisent un générateur haute tension qui permet d'accumuler des charges négatives dans une électrode de la même façon que des charges négatives se regroupent à la base d'un cumulonimbus lors d'un orage. Le générateur employé est unique, il permet d'atteindre une tension de 2 millions de volts. Face à l'électrode « nuage », une seconde électrode joue le rôle du sol terrestre.

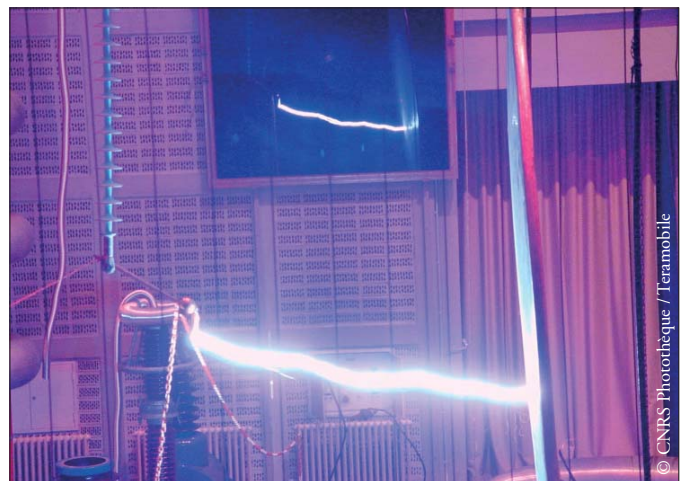


GÉNÉRATEUR HAUTE TENSION DU LABORATOIRE DE SPECTROMÉTRIE IONIQUE MOLÉCULAIRE DU CNRS

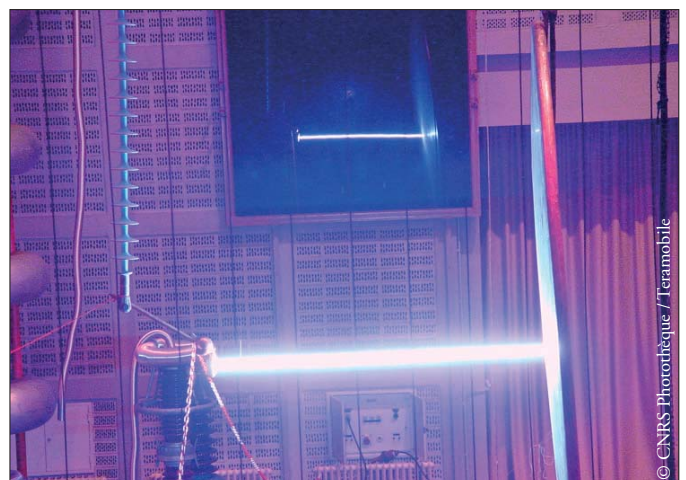
Lorsque la tension entre la base d'un nuage orageux et la terre ferme devient trop importante, la foudre frappe le sol. De la même manière, dans le laboratoire du CNRS, quand la différence de potentiel entre les deux électrodes atteint un certain seuil, un éclair se forme entre elles. Mais jusqu'à présent, il n'était pas possible pour les scientifiques ni de prévoir, ni de décider la trajectoire empruntée par l'éclair.

(2) Le plasma est le quatrième état de la matière, avec les liquides, les solides et les gaz. Dans un plasma les atomes sont disloqués. Noyaux et électrons circulent en toute indépendance

En utilisant le laser Teramobile, les scientifiques du CNRS ont réussi à canaliser la foudre. En effet les impulsions laser produites par le dispositif modifient l'état de l'air qu'il traverse. Celui-ci s'organise en plasma<sup>2</sup>. On dit qu'il « ionise l'air ». En se propageant, les impulsions lasers forment des sortes de filaments rectilignes d'air ionisé. Ceux-ci ayant la propriété de conduire l'électricité, ils peuvent frayer un chemin à un éclair et le contraindre à se propager en ligne droite.



DÉCHARGE ÉLECTRIQUE NATURELLE DE HAUTE TENSION. En en l'absence de laser, la décharge prend un chemin erratique. La distance entre les électrodes est de 2 m.



DÉCHARGE DE HAUTE TENSION GUIDÉE PAR LE LASER TERAMOBILE. L'éclair se propage en ligne droite car les filaments ionisés générés par le laser Teramobile le guident.

## Pourquoi canaliser la foudre ?

La foudre est dangereuse à plus d'un titre. Un éclair qui touche une ligne de courant peut griller l'ensemble des appareils électriques branchés sur elle. De plus, par la chaleur qu'elle dégage, la foudre peut provoquer des incendies. À cela vient s'ajouter la force explosive des éclairs. En effet, à haute température, l'air se dilate extrêmement violemment. Ce phénomène peut abattre un arbre, faire exploser une habitation ou encore catapulter des personnes sur plusieurs mètres. Enfin, la foudre génère de puissants champs électromagnétiques qui peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur les appareils électroniques. Le cou-

rant induit par ces champs peut détruire une puce électronique située à quelques centaines de mètres de distance de l'éclair proprement dit.

Les expériences menées par les chercheurs du CNRS pour tenter de canaliser la foudre à l'aide de laser pourraient un jour permettre de se protéger de ses effets dévastateurs. Par exemple, on pourrait imaginer déclencher la foudre de façon contrôlée en dirigeant convenablement un laser sur un gros cumulonimbus menaçant. La manœuvre aurait pour but de décharger le nuage avant qu'il ne nous bombarde de ses éclairs ravageurs.



© 1991 Patrick EMIN

ORAGE AU DESSUS DE SYDNEY, EN AUSTRALIE (TEMPS DE PAUSE : 20 MINUTES).



## Le paratonnerre et ses limites

Le principe du paratonnerre, inventé par Benjamin Franklin à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, est simple. Puisque la foudre s'abat préférentiellement sur les objets proéminents où s'accumulent les charges électriques, une tige métallique tendue vers le ciel constitue pour la gigantesque étincelle un point de chute irrésistible. Pour que le dispositif soit efficace, il faut que la tige soit connectée à un voire plusieurs câbles reliés à la terre. Ceux-ci ont pour but de conduire la décharge électrique jusque dans le sol, lui faisant ainsi contourner l'édifice à protéger. Malheureusement, l'ingénieux système a ses limites. Certains témoins prétendent avoir vu la foudre tomber juste en

dessous ou à côté d'un paratonnerre. Aujourd'hui, des systèmes plus complexes ont été mis en place pour protéger les bâtiments. Ils sont constitués de multiples petites pointes métalliques reliées au sol par des câbles électriques. En couvrant l'intégralité de la toiture de la construction à préserver, ces pointes auraient plus de chance de capter la foudre. Enfin, notons que les paratonnerres ne protègent pas des effets dévastateurs de la puissante onde électromagnétique que produisent les éclairs. À ce jour, il n'existe aucune technologie permettant de se protéger à coup sûr de la foudre. Un phénomène d'une telle puissance ne se laisse pas dompter si facilement !



FOUDRE FRAPPANT LA VILLE DE VOIRON (ISÈRE).



PLAINE DE SATOLAS, À 2 KM DE L'AÉROPORT LYON-SAINT-EXUPÉRY.

## Chasseurs d'éclairs

Lorsque un orage éclate, tout le monde court se mettre à l'abri... sauf les chasseurs d'éclairs. Au contraire, ils se précipitent à sa rencontre pour ne pas perdre une miette du spectacle. Munis d'appareils photographiques, ils tentent d'immortaliser les fugaces balafres qui déchirent la voûte céleste. C'est sans conteste la nuit qu'ils ont réussi leurs meilleures prises de vue. Un coup d'œil aux clichés qui composent leur tableau de chasse suffit pour s'en convaincre. Mais attention, traquer les éclairs n'est pas sans danger. En 10 ans de safari météorologique, le chasseur d'orage Gilles Duperron a vu plus d'une fois la foudre s'abattre juste devant lui. Sa voiture a même été foudroyée alors qu'il s'y était réfugié. Mais pas question pour ce passionné de prendre des risques inconsidérés : « *Si je prends des photos, c'est pour pouvoir les regarder ensuite* » précise-t-il dans un sourire.

### Le saviez-vous ?

- On emploie le mot « foudre » uniquement pour désigner les éclairs qui touchent le sol ou un aéronef.
- En avril 1932, dans le Manitoba au Canada, les habitants d'Eglin ont vu tomber du ciel 52 oies rôties. Les malheureux volatiles venaient d'être frappés par la foudre alors qu'ils volaient en formation.
- 79 000 coups de foudre en 24 heures ! C'est le record d'impacts d'éclairs sur le sol français.
- En France plusieurs dizaines de personnes sont foudroyées chaque année. Mais seulement 10 % de ces accidents s'avèrent mortels.



RILLIEUX-LA-PAPE (RHÔNE).



ÉCLAIRS ENTRE NUAGES, CHASSIEU (RHÔNE).



CHASSIEU (RHÔNE).

### En savoir plus

Pour découvrir l'univers des chasseurs d'orages, vous pouvez visiter le site [www.chasseurs-orages.com](http://www.chasseurs-orages.com)