

IL ÉTAIT UNE FOIS L'ÉLECTRICITÉ

En grec, *elektron* signifie « ambre ». Lorsqu'on la frotte, cette résine fossile attire vivement les corps légers, tels les barbes de plumes, les brins de paille ou la sciure de bois. Dans l'Antiquité, Thalès de Milet, parmi les Grecs, et Pline l'Ancien, chez les Romains, mentionnaient déjà cette propriété, mais sans paraître y attacher plus d'importance qu'à un accident de forme ou de couleur. Ils ne se doutaient pas qu'ils venaient de toucher au premier maillon d'une longue chaîne de découvertes.

Le nom grec de l'ambre a conduit au mot « électricité », qui a d'abord désigné le pouvoir d'attraction des corps frottés. Ce même mot s'applique maintenant à une grande variété d'effets, à tous les détails d'une science en perpétuelle évolution.





Paratonnerre radioactif *Preventor*

COMPRENDRE ET MAÎTRISER LA Foudre



Les Gaulois, dit-on, ne redoutaient qu'une seule chose : que le ciel leur tombât sur la tête. Si la foudre est aujourd'hui mieux connue, certains mécanismes résistent encore et toujours à l'investigation scientifique.

La foudre : un phénomène électrique

Nous sommes au XVIII^e siècle. Dans les cabinets de physique, les expériences d'électrostatique attirent le gratin de la haute société. Des étincelles crépitent de toutes parts pour la plus grande joie des spectateurs, à l'affût de sensationnel et d'émotions fortes. Parmi les organisateurs, l'abbé Nollet, un autodidacte aux talents de pédagogue et de metteur en scène avérés, tient le haut du pavé et orchestre les festivités.

Pendant ce temps, de l'autre côté de l'Atlantique, un dénommé Benjamin Franklin observe la foudre. Il s'interroge sur sa nature et suggère que l'électricité formée dans les nuages ne serait pas fondamentalement différente de celle que l'on génère dans les cabinets de physique. La forme ondoyante et crochue de la foudre ne ressemble-t-elle pas à s'y méprendre aux étincelles produites artificiellement par les machines électrostatiques ?

Mais si les Américains passent pour de hardis pionniers, leur compétence en matière scientifique est loin de faire l'unanimité dans le Vieux Monde. Les idées de Franklin vont se heurter au scepticisme de l'Académie des sciences de Paris et de la Royal Society de Londres. Malgré tout, trois hommes vont prendre au sérieux l'intuition de Franklin : Thomas François Dalibard, son traducteur, le comte de Buffon, toujours à l'affût d'idées nouvelles, et le physicien Delor. Chacun d'entre eux installe dans sa propriété le dispositif décrit par Franklin pour tirer l'électricité des nuages et capter le feu du ciel : une verge de fer, d'un pouce de diamètre et de trente pieds de haut, fixée sur un support isolant. Et les trois hommes attendent l'orage de pied ferme. C'est Dalibard qui, le 10 mai 1752, à

Marly-la-Ville, réussira le premier à tirer des étincelles entre le bas de la tige et un conducteur relié à la terre. Au grand dam de l'abbé Nollet, soigneusement tenu à l'écart de l'aventure.

Le mécanisme de l'orage

De gros nuages bourgeonnants, à la partie supérieure en forme d'enclume, les cumulonimbus, créent les orages. Ces nuages se distinguent par une forte extension verticale : si leur base se trouve à tout au plus un kilomètre du sol, leur sommet dépasse fréquemment la dizaine de kilomètres. Les cumulonimbus se forment lorsqu'un puissant courant d'air ascendant porte à haute altitude les masses d'air chaud et humide présentes au voisinage du sol, phénomène particulièrement fréquent en été, lorsque les jours sont plus longs et le Soleil plus haut dans le ciel.



Un cumulonimbus

Les cumulonimbus sont des nuages bourgeonnants qui créent les orages.

Quand la température est suffisamment basse, l'eau se condense : des gouttelettes se forment, qui donnent naissance à des cristaux de glace. Maintenus en

suspension dans la partie supérieure du nuage, les cristaux de glace croissent en taille jusqu'à ce que leur poids les entraîne vers le bas. Leur interaction avec les gouttelettes, sous l'effet des turbulences atmosphériques, engendre une séparation des charges électriques : le sommet du nuage acquiert une charge positive et sa base une charge négative. Cette charge négative, à son tour, repousse les électrons situés dans la portion de sol située sous le nuage. Le sol se charge positivement, par le phénomène dit d'influence électrostatique. Des différences de potentiel de plusieurs centaines de millions de volts prennent ainsi naissance entre la base du nuage et la terre.

Cette situation, on s'en doute, n'est pas viable et dame Nature va prendre à cœur de réunir les charges positives et les charges négatives. Elle y parviendra... par l'intermédiaire de la foudre, qui va débloquent la situation. Les coups de foudre descendants, les plus fréquents, débutent par l'apparition d'un précurseur, ou traceur, issu de la base du nuage. Habituellement l'air est un isolant, mais sous l'effet de l'intense champ électrique auquel il est soumis, il devient conducteur. Une première décharge négative, peu lumineuse, progresse par bonds successifs de quelques dizaines de mètres, à des intervalles de quelques dizaines de microsecondes. Le traceur s'approche ainsi du sol, jusqu'à la distance dite d'amorçage.

Un traceur ascendant jaillit alors du sol, le plus souvent d'aspérités ou de proéminences : pointes d'édifices, pics rocheux, arbres élevés ou alors câbles métalliques de très faible rayon. Par effet de pointe, le champ électrique est amplifié en leur voisinage, ce qui provoque une ionisation de l'air, en arrachant des électrons aux molécules d'oxygène et d'azote. Lorsque les électrons, accélérés, se recombinaient avec les ions, il y a émission de lumière. Le phénomène, dit effet couronne, se traduit par l'apparition d'aigrettes lumineuses, appelées feux de Saint-Elme par les marins qui les observaient au sommet des mâts des navires. Ces signes avant-coureurs de l'orage s'accompagnent d'un crépitement caractéristique, redouté des alpinistes également : le bruit d'abeilles, qui traduit l'imminence du coup de foudre.

Au moment précis où le traceur ascendant et le traceur descendant se rejoignent, un court-circuit se crée. Un canal ionisé continu relie alors le nuage au sol. Les charges s'y engouffrent, produisant un intense courant de remontée. Cet arc en retour engendre une forte luminosité. Plusieurs arcs en retour successifs peuvent ensuite emprunter le même chemin.



L'éclair relie le nuage et le sol

Au final, la longueur de l'éclair varie d'une centaine de mètres à une vingtaine de kilomètres, et l'intensité du courant de quelques milliers à quelques centaines de milliers d'ampères. Le bruit du tonnerre, quant à lui, est provoqué par la dilatation brutale de l'air, échauffé à des températures de l'ordre de vingt à trente mille degrés, soit quatre à cinq fois la température de surface du Soleil. Il se crée alors des ondes de choc, comme pour les avions en vol supersonique. Les bruits issus des différents segments de l'éclair parviennent décalés dans le temps, d'où une sensation de roulements sourds et de claquements, qui augmente avec la distance.

Rouge, bleu, blanc : la couleur de l'éclair

La couleur d'un éclair renseigne sur l'état de l'atmosphère au moment de l'orage. L'éclair est rouge en cas de pluie et bleu en cas de grêle. Un éclair blanc indique un air très sec et un éclair jaune révèle la présence d'une grande quantité de poussières.

Les effets de la foudre

La foudre cause des dégâts variés. Dans les matériaux mauvais conducteurs électriques, le courant cherche la voie la plus facile, par exemple celle qui recèle la plus grande humidité. Les infiltrations d'eau dans les bâtiments et les vaisseaux gorgés de sève des végétaux offrent une résistance moindre. Le passage du courant s'accompagnant d'un dégagement de chaleur, nommé effet Joule, l'eau se vaporise, d'où une forte surpression qui fait exploser le matériau. Le souffle destructeur engendré par la dilatation de l'air se perçoit dans tout le voisinage de l'objet atteint.



Arbre ayant subi l'impact de la foudre

Dans les métaux, qui sont de bons conducteurs, l'échauffement reste modeste tant que leur diamètre n'est pas trop faible. L'effet Joule, en effet, augmente avec la résistance, qui varie en sens inverse de la section. Un fil de cuivre de

20 millimètres carrés de section verra sa température monter de 200 °C seulement lors d'un violent coup de foudre. Aux points de pénétration et de sortie du courant, l'échauffement peut toutefois être considérable, se traduisant par une fusion locale du métal, accompagnée de projections.

Le corps humain peut jouer le rôle de conducteur, permettant au courant de décharge de gagner le sol. Les effets ressentis dépendent de l'intensité du courant. Quelques dixièmes de milliampères, moins que le courant d'une lampe de poche, et des picotements se manifestent ! Selon le trajet du courant, l'asphyxie par tétanisation des muscles respiratoires peut survenir dès une vingtaine de milliampères et l'arrêt cardiaque autour d'une cinquantaine de milliampères, sans parler des effets de brûlure. L'intensité du courant dépend du voltage, c'est-à-dire de la tension électrique, mais aussi de la résistance électrique du sujet. Plus sa résistance est faible, plus son corps est conducteur, et plus l'intensité est élevée. Les nerfs, les vaisseaux sanguins et les muscles conduisent assez bien le courant, contrairement à la graisse, aux tendons et à la peau, lorsqu'elle est sèche tout du moins. Dès lors qu'elle est mouillée, elle perd tout caractère isolant et la résistance du corps chute dangereusement.

Des roches façonnées par la foudre : les fulgurites

Quand la foudre frappe le sable, ou d'autres sols peu conducteurs, la température s'élève à plus de 20 000 °C. La silice qui constitue le sable fond, en suivant le tracé de la foudre, refroidit en formant d'étranges tubes creux en verre naturel : les fulgurites, ou pierres de foudre, dont le nom savant est « lechatéliérite ».



Fulgurites du désert de Libye