

SCIENCE VIE

*On a isolé
des gènes du
cancer*

*Un guide
alimentaire
national*

*14
skis au banc
d'essai*

**LA
FOUDRE EN
BOULE**

**OVNI:
LES EXTRA-TERRESTRES
OBSEDES PAR LES
TRIANGLES**

10 F

N° 770/BEL 80 FB/SUISSE 4,50 FS/CANADA \$ 2,50/ESPAGNE 200 P

FOUDRE EN BOULE: UNE BRILLANTE ÉNIGME

En 1753, alors que Franklin venait à peine d'inventer le paratonnerre, le Dr Richman était tué par la foudre en boule alors qu'il mesurait l'électrisation des nuages orageux. C'était la première observation scientifique d'un phénomène vieux comme le monde, et dont l'explication reste un difficile problème pour les physiciens.

● Ce soir de juillet, une petite voiture grimpe lentement la départementale sinueuse qui s'étire vers le plateau du Morvan ; la tiédeur encore lourde est coupée de brusques ondées orageuses dont les larges gouttes scintillent sans cesse dans la brève clarté des phares. Par instants, la violente lueur d'un éclair sort de l'ombre les arbres mouillés et des feuillages aplatis par le vent.

L'énigme apparaît au détour d'un long virage, au beau milieu d'une courte ligne droite : sur la chaussée une boule de lumière orangée, immobile, grosse comme un veau. Prudemment et par réflexe, le conducteur contourne l'obstacle tandis que son passager essuie sur la vitre la buée qui lui voile l'objet. Quand les deux hommes repasseront une heure plus tard, la sphère lumineuse sera toujours là, mais moins grosse, moins brillante, déjà rougeâtre.

Les témoins : des artisans de la région tout à fait dignes de foi. Pas d'enjolivures dans leur récit, d'ailleurs : pas de lueurs bizarres, ni bourdonnements, ni petits hommes verts. Rien à voir avec une soucoupe volante. Alors, une météorite, un grain d'antimatière tombé des galaxies ? Pas du tout. Un cas de foudre en boule ? Pas tout à fait, disent les spécialistes, mais à coup sûr une manifestation curieuse de l'électricité atmosphérique. Et, qui plus est, un phénomène moins rare qu'on ne le croit.

La foudre simple, c'est-à-dire la décharge électrique entre un nuage et le sol, a fait l'objet d'innombrables études et expériences ; sa nature commence à être mieux connue, mais ses effets au point d'impact posent encore de difficiles énigmes. Un exemple : sous l'œil de plusieurs chercheurs installés là pour cela, la foudre tombe sur un groupe d'arbres. Six d'entre eux, en deux groupes de trois, sont touchés par

les ramifications de l'éclair.

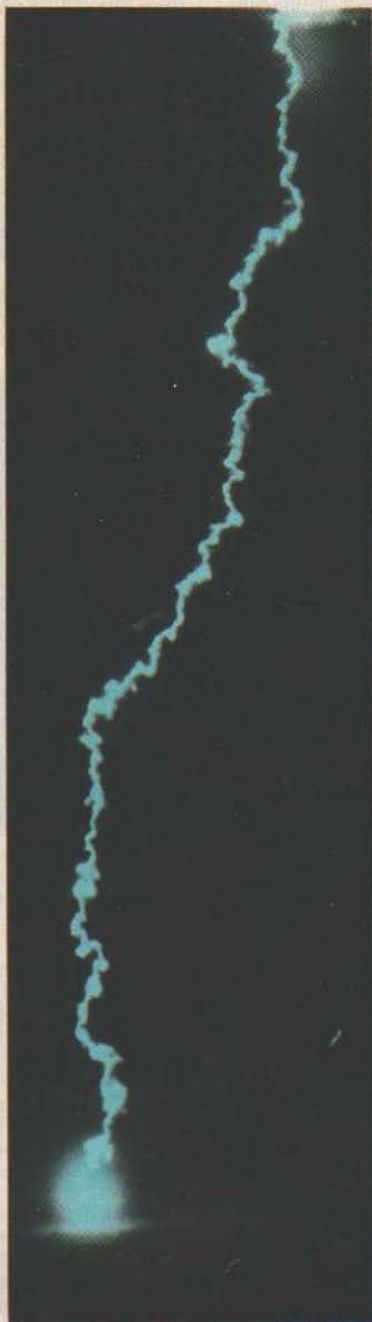
En principe, les 6 arbres ont des chances d'être perdus ; en pratique, les soixante qui constituaient le bois sont morts avant la fin de l'année. Des spécialistes de l'agronomie tentent une explication : le courant, qui circule du tronc vers le sous-sol, détruit au passage les racines. Des micro-champignons s'y installent alors, puis passent dans les racines des arbres voisins. Un seul ennui : on n'a jamais pu, ni voir, ni isoler ce champignon.

Autre exemple : la foudre tombe sur un sapin, descend le long du tronc jusqu'à mi-hauteur puis passe sur un chêne voisin et de là rejoint le sol. Le chêne est fendu de haut en bas jusqu'au cœur sur la largeur d'une main, à la manière dont on enlève une part dans un camembert. Mais le bois qui remplissait cette portion n'a pas disparu : il tapisse le sol et les feuilles des arbres voisins sous forme de centaines de minces fibres longues de quelques décimètres.

Mais le cas le plus étrange reste, bien sûr, celui de la foudre en boule ; la description typique est bien connue : un éclair tombe, en général sur une maison, et une sphère lumineuse mobile apparaît soudain, se promène au-dessus du sol comme si elle flottait dans l'air, puis disparaît par la fenêtre ou sous une porte ; parfois, elle explose en touchant un objet. Ses dimensions sont celles d'un pamplemousse et sa durée de vie n'excède pas quelques secondes.

Les témoignages sont aussi nombreux qu'anciens et, apparemment, ce n'est donc pas un phénomène trop rare. En contrepartie, c'est un phénomène aléatoire, donc remarquablement difficile à étudier : la foudre tombe à peu près n'importe où, ce qui explique l'extraordinaire rareté des documents photographiques couvrant précisément le point d'impact. Or c'est en ce

(suite du texte page 56)



TROIS ÉTAPES DANS LA VIE D'UN COUP DE FOUDRE : un éclair déclenché à St-Privat-d'Allier commence par se diviser en deux pointes au niveau du sol ; une demi-seconde plus tard le canal commence à se fragmenter et une sphère lumineuse apparaît au point d'impact ; 0,06 s après, l'éclair apparaît en pointillé tandis que la boule brille encore au point de chute.

(suite de la page 54)

point qu'il y aurait quelques chances (et quelques seulement) de voir apparaître la fameuse foudre en boule.

D'un autre côté, les puissances mises en jeu pendant un orage sont si énormes qu'il n'est pas question de les reproduire en laboratoire. Les seules expériences possibles consistent à déclencher la chute de l'éclair, et là il y a déjà eu un grand travail de fait depuis une dizaine d'années. Il existe une station d'études de ce type en France, à St-Privat-d'Allier, mais elle est moins favorisée que certaines stations installées aux USA où il y a quasiment un orage violent par jour.

En pratique, donc, l'existence de la foudre en boule repose uniquement sur des témoignages : ceci explique que certains chercheurs, et non des moindres, n'y croient pas, de même qu'il y en a qui ne croient pas à la relativité générale ni à l'existence des étoiles à neutrons. En règle générale toutefois, les spécialistes de l'électricité atmosphérique admettent son existence, et certains se sont consacrés à son étude. Il faut citer en France M. Hubert, du CEA, et en Amérique, MM. Singer et Barry qui ont chacun consacré un ouvrage à la question. Par ailleurs, quantité d'autres chercheurs ont travaillé sur le phénomène et proposé des interprétations que nous passerons en revue plus tard.

Pour le moment il nous faut rester aux seuls témoignages pour tenter de cerner le processus de plus près. C'est d'ailleurs là que surgit la première difficulté, le cas typique que nous avons décrit plus haut ne couvrant pas, tant s'en faut, la totalité des rapports. En fait, la dispersion des données fournies par les témoins est très grande ; c'est ainsi que le diamètre de la boule lumineuse semble varier de 1 cm à 1 m, la durée de vie d'une fraction de seconde à une heure, la couleur du blanc à l'orangé, et ainsi de suite.

Face à cette diversité, l'Américain Rayle, de la NASA, avait décidé de considérer comme foudre en boule tout objet décrit comme tel par le témoin. Cette attitude, dit M. Hubert, a l'avantage de prendre en compte toutes les observations, et laisse la liberté d'opérer un tri dont on ne sera pas surpris qu'il mette en évidence plusieurs classes de phénomènes justifiant des explications différentes.

La première catégorie est celle des boules observées au contact d'un objet ou du sol. Le phénomène, dont nous avons parlé en début d'article, et qui avait été noté par deux témoins sûrs, appartient à cette catégorie. Il diffèrait de la moyenne des descriptions par le diamètre de la boule — 1 m — et par sa durée voisine d'une heure. Mais l'apparition d'une sphère lumineuse persistant plusieurs secondes ou même plusieurs minutes sur le sol au point d'impact de la foudre est notée dans de nombreux cas. En règle générale, le diamètre mentionné varie entre 10 et 30 cm.

Appartiennent à cette même catégorie les boules lumineuses observées par temps d'orage sur les fils des lignes à haute tension, les câbles

des remonte-pente en montagne, les câbles de grue, etc. Là encore, les témoignages sont fréquents et nous allons en citer un tout à fait typique : une après-midi de juillet, sur les montagnes au-dessus de Zürich. Le témoin est surpris par l'orage, très violent, au milieu des sapins et court se mettre à l'abri dans la cabine du téléphérique qui l'a monté à cet endroit. Il est placé juste à l'avant, contre la vitre et regardant vers la descente.

Les éclairs se succèdent très proches ; soudain presque simultanée avec l'un d'eux, une boule lumineuse de la taille d'un ballon de hand-ball se matérialise sur le câble du téléphérique et le descend très rapidement, comme une goutte d'eau glissant le long d'un fil. Quelques minutes plus tard, une autre sphère lumineuse



Photographiés durant un violent orage, ces curieux objets lumineux hérissés d'aigrettes sont considérés par certains experts comme un groupe de foudres en boules.

descend le câble de la même façon.

Le même phénomène a été observé sur les lignes à haute tension, aussi bien en France qu'à l'étranger. Bien entendu, ceux qui s'occupent de ces problèmes ne retiennent que les témoignages solides, et éliminent tous les récits un peu fantaisistes, et même ceux qui laissent place au doute le plus léger. Souvent d'ailleurs, le phénomène est repéré par plusieurs personnes ; dans de nombreux cas il s'agit de personnes possédant de plus des connaissances scientifiques et ayant l'habitude de l'expérimentation.

C'est d'ailleurs le processus dont les traits caractéristiques semblent les plus constants quels que soient les témoins. Pour les spécialistes de l'électricité atmosphérique, toutefois, ces gouttes lumineuses qui glissent le long des fils ne constituent pas de réels cas de foudre en boule ; cependant on en tient compte quand même, car ils apparaissent liés à des coups de foudre et appartiennent aux manifestations cu-

rieuses des décharges orageuses.

Une seconde classe, encore apparentée à la foudre en boule sans en constituer une manifestation stricte, comprend toutes les observations relatant la chute d'une boule lumineuse précédant de peu un coup de foudre. Le cas est assez souvent rapporté, et l'exemple type pourrait être l'observation suivante : sortant de l'école du village en fin d'après-midi, sous un ciel orageux, un élève de 10 ans lève machinalement la tête vers les nuages. A ce moment, il voit une boule lumineuse tomber sur le clocher de l'église et glisser le long des tuiles ; étonné, il rentre dans un commerce proche avertir les gens du phénomène. Il ressort, suivi de plusieurs personnes qui peuvent aussi voir la sphère lumineuse rouler dans la rue à quelque distance du clocher. Presque aussitôt, d'ailleurs, la foudre tombe sur l'église.

De telles observations ne sont pas rares, mais il faut noter qu'elles se produisent toujours à l'extérieur. D'autre part, la boule précède ici l'éclair, ce qui a mené les spécialistes à séparer ce genre de phénomène des cas, beaucoup plus rares, qu'on peut considérer comme étant la foudre en boule au sens strict.

Pour illustrer le cas type, nous ferons appel au témoignage d'un ingénieur de l'EDF dont le rapport est, comme il se doit, précis et complet. Nous sommes dans une maison du Cantal, de construction ancienne et bien entretenue. En fin d'après-midi, elle est juste sous l'orage violent qui se préparait depuis quelques jours. Brusquement, leur éclatante de la foudre, fracas instantané du tonnerre et, de la cheminée, sort une boule lumineuse grosse comme un melon qui ondule à travers la pièce à quelques décimètres du sol. Elle arrive près d'un bloc de papier à lettres et, au passage, les feuilles bougent et se mettent en éventail. Au bout d'une durée estimée à quelques secondes, elle disparaît. Après l'orage, le témoin examine le bloc de papier et constate que les feuilles sont criblées de petits trous, ce qui prouve qu'une haute tension était en jeu. En effet, le papier est un isolant et, en présence de champs électriques intenses, il peut être traversé par des dizaines de petites décharges qui, à chaque fois, laissent un trou minuscule. On peut très facilement faire l'expérience en passant une feuille de papier entre deux électrodes portées à un potentiel élevé, par exemple entre les bornes d'une bobine d'allumage.

Pour les spécialistes, ceci est un vrai cas de foudre en boule car la sphère lumineuse a flotté librement, sans toucher aucun objet, pendant quelques secondes. Le phénomène est donc différent des deux groupes précédents dans lesquels la boule reste en contact avec le sol, avec un fil, avec un mur, etc. Ces cas vrais semblent rares, ou plus précisément les témoignages les relatant sont rares. Ils concernent toujours, soit des maisons de campagne, soit des avions. Dans le premier cas, la sphère lumineuse apparaît au voisinage du point d'impact de la foudre, le-

quel est très souvent la cheminée, mais peut être une porte, une fenêtre, etc. Cette sphère flotte librement dans l'air ; ceci est important, car les témoignages concernant des boules se promenant sur le sol sont beaucoup plus nombreux. En règle générale, elle ressort par une ouverture quelconque (fenêtre, cheminée) ou disparaît brusquement. Enfin, statistiquement, il semble qu'il y ait des maisons prédisposées à l'apparition du phénomène.

Les constructions récentes, et en particulier les immeubles en béton armé, semblent à l'abri de la foudre en boule. Ceci peut être expliqué par l'usage fréquent de structures métalliques dans les toitures et par l'armature en fer du béton. Dans les deux cas, le réseau métallique constitue une cage conductrice, voisine d'une



Une instabilité de pincement du canal ionisé (l'éclair) a provoqué un phénomène inattendu, donnant cette curieuse forme à un puissant éclair jaillissant entre deux nuages bas.

cage de Faraday, laquelle isole l'intérieur des influences électriques extérieures. Ceci n'empêche pourtant pas les avions de connaître la foudre en boule ; en général, l'éclair frappe l'avant de l'appareil et les passagers voient une boule lumineuse sortir du poste de pilotage et suivre l'allée centrale. Elle disparaît à l'arrière, le plus souvent en silence mais parfois avec une explosion suivie de dégâts. L'avion faisant une cage de Faraday presque parfaite, il est certain que la boule est centrée dans la carlingue par des forces électrostatiques.

Notons tout de suite qu'il ne faut pas confondre la foudre en boule en intérieur avec certaines décharges secondaires apparaissant à l'intérieur des maisons. Exemple type : au cours d'un dîner, dans une vieille maison du Morvan, la foudre tombe sur le toit. Une violente leur accompagnée d'une éclatante détonation aveugle les dîneurs, et l'un des enfants tombe mort. Plus tard les témoins diront avoir vu une boule

FOUDRE EN BOULE

(suite de la page 57)

de feu jaillir du robinet de l'évier et atteindre l'enfant. En réalité, il ne s'agit nullement de foudre en boule, mais d'une décharge secondaire du coup de foudre qui a suivi la conduite d'eau venant d'un réservoir installé sous le toit.

Reste maintenant à savoir ce qu'est réellement la foudre en boule, et c'est là que commencent les difficultés. La première, et la plus simple à résoudre, provient de ce qu'il y a trois groupes de phénomènes relevant d'explications différentes. Nous y reviendrons. La seconde est liée à la rareté des documents photographiques, et à la diversité des témoignages. Cela a d'ailleurs mené des chercheurs à considérer qu'il s'agissait de simples illusions d'optique.

En fait, cette objection est assez facile à lever. Elle repose sur le fait qu'une vive lueur laisse une image rétinienne persistante, un point d'aveuglement que l'œil perçoit comme une tache flottant devant lui et se déplaçant en même temps qu'on dirige le regard d'un point à un autre. Or, il faut d'abord remarquer que l'image rétinienne est presque toujours négative: après un éblouissement par un phare ou un flash, on voit une tache sombre et non une tache lumineuse.

Il existe toutefois des cas, très rares, d'image positive. Mais on voit mal alors pourquoi l'éclair, qui est un trait lumineux, donnerait pour image un cercle. En second lieu, quand il y a plusieurs témoins, ce qui est fréquent, ils voient tous la boule suivre le même trajet. S'il s'agissait d'une image rétinienne, ils verraient la tache lumineuse se promener là où ils portent le regard, c'est-à-dire d'un côté pour les uns, de l'autre pour les suivants; pour toutes ces raisons, l'illusion optique ne peut être retenue, et elle a été abandonnée comme explication par tous les spécialistes. Il s'agit donc, indéniablement, d'une manifestation curieuse de l'électricité atmosphérique. Il nous faut ici rappeler brièvement les processus mis en jeu lors d'un coup de foudre. Pour commencer, il y a un nuage énorme électriquement chargé qui influence le terrain situé en dessous. La différence de potentiel entre la base du nuage et le terrain a été estimée par les chercheurs à plusieurs dizaines de millions de volts.

Pour la physique, la première étape du coup de foudre est la formation d'un front de particules électriquement chargées qui se propage dans l'espace en traçant un canal ionisé faiblement conducteur, alors que l'air est normalement isolant. Quand ce précurseur a relié sol et nuage, le courant principal, de très forte intensité, emprunte le canal qui vient d'être ainsi tracé, permettant à la charge du nuage de s'écouler. Le sens de la marche du précurseur caractérise le coup de foudre: si le front ionisé part du nuage vers le sol, le coup est descendant, et as-

cendant dans le cas contraire. Chose curieuse, le précurseur ascendant monte vers le nuage à une vitesse moyenne de 20 km/s alors que le coup descendant se propage beaucoup plus vite à 150 km/s. Le sens du courant principal qui se décharge, lui, à la vitesse de 100 000 km/s est indépendant de la marche du précurseur et ne dépend que de la charge, positive ou négative, du nuage. L'intensité du courant principal est en moyenne de 25 000 A, mais il existe des coups beaucoup plus puissants allant jusqu'à 200 000 A. Il est impossible de prévoir le point de chute de la foudre (à moins de la déclencher artificiellement) car il dépend à la fois du trajet suivi par le précurseur et des particularités électrostatiques locales. D'autre part, nous l'avons dit, celui-ci peut être ascendant ou descendant.

Commençons par le premier cas; sous l'influence du champ électrique engendré par le nuage, l'air commence à être ionisé, c'est-à-dire porteur de charges électriques — les atomes ne sont plus neutres. Quand le champ est suffisant, apparaissent des effluves; ceux-ci ne sont autres que des étincelles un peu floues et très mobiles. Si le champ augmente encore, les effluves se transforment en aigrettes, lesquelles commencent à s'étaler plus loin vers le haut et finissent par prendre la forme de véritables étincelles souvent fort longues. Celles-ci ont tous les caractères d'un précurseur ascendant qui peut alors monter jusqu'au nuage.

Dans le second cas (coup descendant), on admet que la pointe du précurseur renferme une forte concentration de charges électriques. Quand cette pointe se rapproche du sol, le champ s'accroît considérablement en dessous et des prédécharges ascendantes se développent à partir des aspérités ou d'un point de moindre résistance électrique.

Dans les deux cas, il y a présence d'un champ intense au point de chute, et donc émission lumineuse de l'air: sous l'influence du champ, les atomes sont déséquilibrés, perdent des électrons, et des charges opposées commencent à circuler. Ces particules chargées, dites ions, peuvent se recombiner, ou heurter les molécules, et à chaque fois l'énergie se retrouve sous forme d'émission lumineuse. Ces effets sont sans doute à la base du premier groupe de foudres en boules, là où la sphère lumineuse apparaît en contact avec le sol, ou avec un fil. Il pourrait, dans ce cas, s'agir d'un précurseur de gros diamètre — 10 m ou plus — très lent et faiblement lumineux. Au voisinage du sol, une variation du potentiel d'ionisation de l'air resserrerait ce gros précurseur à quelques centimètres de diamètre seulement.

Cette concentration locale engendre une densité de courant beaucoup plus élevée, donc une émission lumineuse nettement visible alors que le reste du précurseur ne l'est pas. La boule serait donc faite de gaz ionisé, l'énergie étant apportée par les charges du nuage à travers les lignes de courant du précurseur. La boule ne serait donc qu'un point de focalisation du courant

(suite du texte page 178)

FOUDRE EN BOULE

(suite de la page 176)

de décharge, avec luminescence de l'air en ce point, l'énergie étant assurée par le courant de décharge à travers une liaison trop peu lumineuse pour être visible.

Cette explication, proposée par Powell et Finkelstein, suppose donc un potentiel d'ionisation différent de celui de l'air ambiant sur une petite zone à ras du sol. Or une telle différence est facilement assurée par une faible concentration de vapeurs organiques dans la zone considérée. De telles vapeurs, faites d'hydrocarbures complexes volatils, sont libérées par tous les processus de fermentation ou de décomposition des matières végétales et animales. C'est une situation qui est donc relativement courante en terrain campagnard. L'Américain Barry a d'ailleurs montré qu'en présence d'une faible proportion d'hydrocarbures dans l'air, la décharge d'un champ électrique engendre une boule de combustion, lumineuse, qui se déplace ensuite en flottant. Mais il s'agit là d'un phénomène différent, l'étincelle ne faisant que déclencher la combustion locale de l'hydrocarbure dans l'air. Et il faut pour cela que la concentration de vapeur organique, bien que faible, soit très supérieure à ce qu'on peut rencontrer dans la nature.

Pour en rester au domaine de la luminescence par décharge électrique, notons que le Français P. Hubert, lors d'expériences faites à St-Privat-d'Allier, avait pu obtenir des boules lumineuses durant plus d'une demi-seconde. La foudre, déclenchée par le lancement d'un fil conducteur très fin, tombait sur des cylindres remplis de suie et simulant les conduits de cheminée dans les maisons campagnardes. Par trois fois, un objet lumineux apparut au voisinage de la pseudo-cheminée, non loin du point de chute de la foudre, près de piquets traités au carbonyl. Celui-ci émet des traces de vapeurs organiques qui modifient le potentiel d'ionisation de l'air. Ces objets avaient la même durée de vie que l'éclair, et on peut exclure la possibilité d'une simple combustion. Il s'agit plutôt d'une décharge lumineuse favorisée par la présence d'une faible quantité d'hydrocarbure.

Dans le cas des boules se promenant sur des fils, il est difficile d'avancer cette explication, à moins d'admettre que la graisse sur les câbles ne libère aussi des traces d'hydrocarbures. Peut-être s'agit-il plus simplement d'effluves, appelées aussi "effet couronne", mais leur déplacement sur le fil est alors difficile à expliquer. Pour dire vrai, et malgré des témoignages nombreux et solides, l'interprétation de ces gouttes lumineuses constitue encore un domaine vierge.

En ce qui concerne la foudre en boule stricte, celle où une sphère lumineuse voltige à l'intérieur d'une maison, de nombreuses explications ont été proposées. Mais, là encore, aucune d'entre elles ne satisfait les chercheurs. L'interpréta-

tion chimique, celle d'une boule de combustion, ne peut être retenue car elle n'explique pas les phénomènes électriques observés au passage de la sphère lumineuse. L'intervention de réactions nucléaires, avec formation d'atomes instables, peut aussi être exclue : toute réaction de ce type engendrerait des rayonnements auxquels ne résisteraient pas les témoins. Or aucun de ceux-ci n'a présenté la moindre séquelle d'irradiation.

D'autres chercheurs ont cru voir dans la foudre en boule un plasma confiné ; cette hypothèse ne peut être soutenue car la durée du phénomène est trop grande. En effet, le confinement du plasma ne peut être assuré que par les forces magnétiques dues aux courants circulant dans la boule. Or la constante de temps d'amortissement de ces courants est trop brève (1/1000 de s) pour que le phénomène soit perçu comme durant de deux à trois secondes. Pour assurer une telle durée, il faudrait des courants fabuleux, donc une énergie fantastique à laquelle ne résisteraient ni les témoins, ni même la maison.

La seule explication qui ne puisse être exclue totalement est celle qui fait appel à une concentration d'ondes électromagnétiques. L'énergie serait alors accumulée dans la boule sous forme d'excitation moléculaire à un niveau métastable ; ceci expliquerait la durée de vie relativement longue du phénomène. Selon l'Américain Barry, le terme correct pour décrire la foudre en boule serait "électroluminescence moléculaire".

Une seule chose reste certaine : le phénomène est d'origine électrique. Deux exemples sûrs, parmi bien d'autres, le prouvent ; le premier cas : dans une maison de campagne, une boule lumineuse se promenant à ras du sol entre la fenêtre et la porte est observée à trois reprises lors d'orages violents. Une ligne haute tension de l'EDF passe à proximité et, un jour, des techniciens viennent installer des mises à la terre sur les pylônes. Depuis, aucune sphère lumineuse n'a plus jamais été observée dans la maison, même quand la foudre tombe à proximité.

Second exemple : les éclairs en chapelet. Très rarement visibles à l'œil nu, ils sont par contre très repérables sur quantité de photographies. La décharge, au lieu d'affecter la forme d'un canal continu, se compose d'une succession de boules lumineuses comme les grains d'un chapelet. Il y a là, à l'évidence, des phénomènes de contraction régulière du canal ionisé, dont la cause est difficile à établir : variation du potentiel d'ionisation sur le trajet de la décharge, forces magnétiques dues à une circulation en spirale de courants le long du canal, concentration locale d'énergie électromagnétique, ou une interaction de plusieurs facteurs similaires.

La formation de boules lumineuses sur le trajet d'un éclair est donc une certitude scientifique ; qu'une de ces boules puisse persister au point d'impact est également un fait assuré. Savoir maintenant comment cette boule se forme, et pourquoi elle persiste constitue toujours une énigme pour la physique.

Renaud de La TAILLE ■