

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2002)

**Heft:** 4

**Artikel:** Il fulmine : spettacolo naturale o pericolo mortale?

**Autor:** Romer, Sara

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-132452>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Il fulmine: spettacolo naturale o pericolo mortale?

Sara Romer

Da sempre l'uomo è stato affascinato dai fulmini. Dall'antichità fino al Medioevo questo fenomeno naturale era considerato il simbolo della potenza e della collera divina. Solo durante il xvii secolo l'uomo ha incominciato a liberarsi dalle sue superstizioni e nel corso del xviii secolo sono stati intrapresi i primi tentativi scientifici per comprendere il fulmine. Diversi esperimenti (per esempio quelli di Benjamin Franklin nel 1752, a Filadelfia) hanno contribuito a identificare la natura elettrica del fulmine. Il xix e il xx secolo sono stati caratterizzati da ulteriori esperimenti e da sistematiche osservazioni e classificazioni del fenomeno.

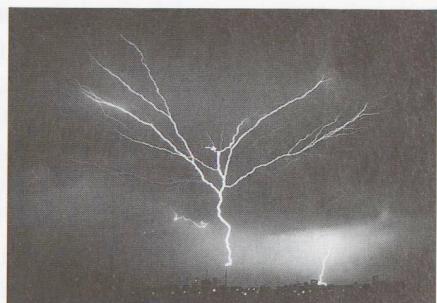
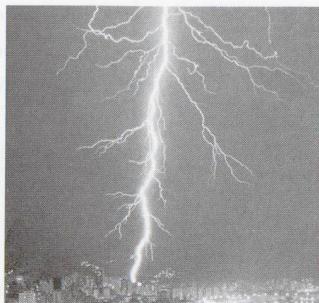
Sulla Terra si hanno 16 milioni di temporali all'anno, ovvero circa 44'000 al giorno con una caduta di circa 100 fulmini al secondo. Tuttavia la maggior parte dei fulmini non si sviluppano alle nostre latitudini, bensì ai tropici. In Svizzera vengono registrati in media 300'000 fulmini per anno con pesanti conseguenze: da 3 a 4 persone perdono la vita e i danni materiali si situano tra 40 e 70 milioni di franchi.

## Caratteristiche fisiche del fulmine

I fulmini sono delle rapide scariche elettriche che avvengono in una nube, tra due nubi o tra una nube ed il suolo durante un temporale. Nelle nostre regioni temperate viene osservato un rapporto di 3 a 1 per i fulmini tra nubi e quelli, più pericolosi per l'uomo, al suolo. Ai tropici questo rapporto è ancora maggiore.

Un fulmine viene caratterizzato dal bagliore luminoso della scarica, il *lampo*, e dal fenomeno acustico, il *tuono*. Quest'ultimo è dovuto al rapido riscaldamento dell'aria, fino a 15'000 °C, lungo lo stretto canale percorso dalla scarica. Il calore determina un'espansione esplosiva dell'aria, provocando il tipico fragore. Tale rumore può essere sentito fino a 20-25 chilometri di distanza.

Il lampo e il tuono non vengono osservati contemporaneamente. La differenza tra la visione del bagliore e la percezione del rumore è dovuta alle differenti velocità di propagazione della luce



Dal sito <http://www.muk.uni-hannover.de/~finke/blitz/lightning0.html>

e del suono. La luce si propaga a  $3 \cdot 10^8$  metri al secondo, mentre il suono a soli 340 metri al secondo. Pertanto si può trovare la distanza (in metri) tra un osservatore ed il fulmine moltiplicando per 340 i secondi che intercorrono tra il lampo, considerato istantaneo, ed il tuono.

In generale, la fisica ci insegna che se si caricano elettricamente due corpi conduttori con cariche di segno opposto, non c'è passaggio di corrente elettrica se i corpi sono separati da un materiale isolante (come l'aria). Ma ogni isolante possiede un limite. Aumentando il numero delle cariche, aumenta anche l'intensità del relativo campo elettrico fino ad un certo limite, oltre il quale il materiale isolante viene perforato (viene ionizzato) con un passaggio violento di corrente fra i conduttori. Il fulmine è l'equivalente atmosferico di questo fenomeno.

È ormai accertato che le grosse nubi temporalesche sono caricate positivamente nella parte più alta e negativamente in quella più bassa. Diverse teorie cercano di giustificare questa distribuzione di cariche. Secondo una di queste sembra credibile che le separazioni di cariche abbiano origine dalle collisioni fra le piccole gocce di acqua o fra i piccoli cristallini di ghiaccio, formatisi in seguito alla condensazione o alla sublimazione del vapore acqueo. Si ritiene che le particelle più piccole tendano ad acquisire cariche positive e quelle più grandi cariche negative. A causa delle correnti ascensionali e della forza di gravità le cariche si separano all'interno della nube. Le cariche elettriche

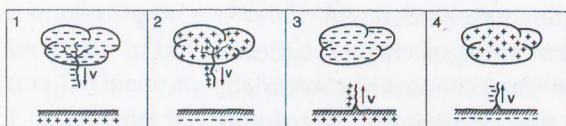
delle nuvole richiamano per induzione eletrostatica cariche al suolo.

La prima fase di un fulmine è sempre la formazione di una scarica iniziale, non visibile chiamata scarica pilota o scarica leader. La sua velocità è di 100 chilometri al secondo. Se questa scarica ha origine nelle nuvole si muove verso il suolo, se al contrario ha origine nel suolo si muove verso il cielo. In entrambi i casi viene formato un canale nell'aria che servirà da via di propagazione per l'intensa corrente del fulmine vero e proprio.

I fulmini vengono dunque classificati in fulmini discendenti o fulmini ascendenti, a seconda della propagazione della scarica pilota. In paesi con pochi rilievi montuosi i fulmini sono normalmente discendenti, poiché una scarica ascendente si può formare solo in presenza di un pronunciato promontorio.

I fulmini vengono pure classificati rispetto al segno delle cariche della regione da dove il fulmine parte. Si definisce un fulmine negativo quando la scarica parte da una regione negativa e un fulmine positivo quando la regione è positiva. Nei climi temperati i fulmini positivi rappresentano solo il 10% della totalità delle scariche.

La figura 1 illustra schematicamente i quattro tipi possibili di fulmine.



- 1. fulmine negativo discendente
- 2. fulmine positivo discendente
- 3. fulmine positivo ascendente
- 4. fulmine negativo ascendente

1 – I quattro tipi di fulmine (fonte: K. Berger, ETHZ)

I fulmini negativi comprendono una scarica principale e scariche successive. Il primo colpo è caratterizzato da correnti elettriche tra i 3'000 Ampère per i fulmini più deboli, e 200'000 Ampère per quelli più forti. I colpi successivi hanno una forma più regolare e ampiezze ridotte. Raramente superano i 20'000 Ampère.

I fulmini positivi sono caratterizzati invece da un solo colpo con un'ampiezza generalmente più alta di quella dei fulmini negativi, superando facilmente i 100'000 Ampère.

### 1. Fulmine discendente negativo

La scarica pilota, che ha origine al centro delle masse negative della nuvola temporalesca, si muove in direzione del suolo a zig-zag, con tempi di pausa tra una segmento e il successivo di 40-100  $\mu$ s. Quando

la scarica pilota si avvicina al suolo, da quest'ultimo parte una *scarica di richiamo*, diretta verso l'alto e composta da cariche positive presenti sulla superficie terrestre. L'incontro delle due scariche provoca una scia di congiunzione tra cielo e terra. Lungo tale canale una fortissima corrente elettrica risale verso la nube. Si stima che la sua velocità è un terzo della velocità della luce. La *scarica di ritorno* o *return stroke* può durare tra qualche decina e qualche centinaia di microsecondi. Il canale conduttore può dividersi in parecchi rami, lungo i quali si possono avere diverse scariche di ritorno, dando al fulmine un aspetto ramificato. La lunghezza del canale può raggiungere i 2-3 km; nel caso di fulmini tra nuvole tale lunghezza è ancora superiore, fino a raggiungere i 10-15 km. Spesso lungo tale canale dopo la prima scarica può innescarsi un secondo fulmine.

### 2. L'applicazione della legge di Gauss ai fulmini

La legge di Gauss è una delle leggi fondamentali dell'elettromagnetismo. Questa equazione mette in relazione il flusso di un campo elettrico  $E$  attraverso una superficie chiusa  $A$  con la carica  $q$  che è racchiusa da questa superficie:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$

$\epsilon_0$  è la costante di permeabilità,  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$ .

La legge di Gauss può essere applicata a un sottile cilindro, infinitamente lungo e uniformemente carico. Il campo elettrico a una distanza  $r$  è dunque:

$$E = \frac{\lambda}{2 \pi \epsilon_0 r}$$

con  $\lambda$  la densità lineare delle cariche elettriche. Questa formula può essere applicata al fenomeno del fulmine. Il canale creato dalla scarica pilota non è altro che una colonna di elettroni tra cielo e suolo. Tali elettroni provengono dalla ionizzazione delle molecole dell'aria. La densità  $\lambda$  ha un valore tipico di  $-10^{-3} \text{ C/m}$ . Sapendo che l'aria viene perforata quando il campo elettrico ha raggiunto un valore di  $3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$  ( $= 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ ), si può trovare il raggio della colonna. Si trova:

$$r = \frac{\lambda}{2 \pi \epsilon_0 E} = \frac{10^{-3} \text{ C/m}}{(2 \pi)(8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2)(3 \cdot 10^6 \text{ N/C})} = 6 \text{ m}$$

Il raggio della porzione luminosa del fulmine invece è più piccolo, al massimo di 0.5 m.

Anche se il raggio del canale degli elettroni è di 6 m non si può credere di essere al sicuro, trovandosi ad una distanza superiore. La scarica elettrica può infatti propagarsi nel suolo per chilometri.

### L'energia del fulmine

Fin dai primi esperimenti di Franklin, i ricercatori hanno cercato di controllare il fulmine per sfruttarne la grande energia. Infatti l'energia liberata da un fulmine è in media di 40 kWh. Purtroppo però l'alta corrente elettrica trasportata da un fulmine (parecchie migliaia di Ampère) limita fortemente l'uso pratico di tale energia. Queste correnti possono penetrare il suolo e fonderlo!

Quello che attualmente si sta cercando di fare è di scegliere delle zone dove far cadere in modo mirato i fulmini, evitando zone a rischio come i centri abitati. Le necessarie tecnologie sono tuttavia ancora in fase sperimentale. Al giorno d'oggi rimane sempre ancora difficile riuscire a catturare e imprigionare l'energia liberata da un fulmine.

Da alcuni anni inoltre sono attive delle reti di rilevamento in tempo reale dei fulmini nube-terra. Esse permettono il posizionamento esatto e una stima dell'intensità di un fulmine. In genere i sensori, simili a delle radio, percepiscono le onde elettromagnetiche prodotte dai fulmini e con delle triangolazioni ne consentono la localizzazione. Ogni sensore percepisce fulmini fino a 400 km. Questo tipo di rilevamento è utile per le compagnie elettriche che possono sapere in tempo reale dove sono le scariche, sia per deviare la corrente elettrica su altre linee, sia per attivare il servizio di manutenzione guasti.

### Suggerimenti per la sicurezza

Un fulmine ha importanti conseguenze per la salute degli esseri viventi. La scarica elettrica può entrare nel corpo umano attraverso gli occhi, le orecchie, il naso e la bocca, e si scarica a terra dopo aver percorso il sistema nervoso e quello sanguigno. Come conseguenza si ha l'arresto del cuore e dei polmoni. Sembra comunque che con un rapido e adeguato soccorso (per esempio con la respirazione bocca a bocca, con il massaggio cardiaco) il 70% delle persone colpite da un fulmine può sopravvivere senza danni.

Tutti i suggerimenti per la protezione delle persone dai fulmini si basano su due principi fondamentali:

- Cercare di non rappresentare un bersaglio per il fulmine
- Cercare di evitare le situazioni dove si possono formare delle differenze di potenziale elettrico tra diverse parti del corpo.

### All'aperto

- Non cercare rifugio sotto un albero, soprattutto se questo è isolato o fa parte di un piccolo gruppo di piante. Ai nostri giorni si può dimostrare che il rischio di una scarica elettrica per un albero isolato è cinquanta volte superiore a quella per un uomo in piedi.
- Evitare le attività all'aperto come pesca, nuoto, ciclismo e alpinismo. Un corpo bagnato e l'acqua stessa sono dei buoni conduttori dell'elettricità.
- In un campo aperto è meglio evitare di portare oggetti metallici che sorpassano l'altezza della testa, come ombrelli, mazze da golf, forconi. Il rischio di scarica di un oggetto infatti aumenta con il quadrato della sua altezza.
- Le persone che si trovano in un gruppo devono mantenere una distanza minima di circa tre metri per evitare la propagazione dalla scarica tra vicini.
- Cercare di evitare tutte le strutture metalliche, come per esempio i piloni, a causa del pericolo di una scarica per semplice contatto fisico.
- Evitare di rifugiarsi in una cabina telefonica esterna o di utilizzare il telefono. L'uso del cellulare invece non comporta pericolo, giacché il suo volume è troppo piccolo per attirare il fulmine.
- Non marciare a grandi passi o stare in piedi con le gambe divaricate a causa del rischio di differenze di potenziale elettrico tra i due piedi, dopo che un fulmine è penetrato nel suolo, in prossimità della persona. La posizione migliore rimane quella accucciata, con la testa tra le gambe piegate e i piedi stretti.
- Se ci si trova in un bosco durante un temporale è opportuno stare lontano dai tronchi e dai rami più bassi.
- Dei buoni rifugi contro i temporali sono delle case in pietra o delle chiese. Tuttavia è meglio non stare troppo vicini alle pareti.

### All'interno

- Non usare il telefono (eccetto per le emergenze) ed evitare di toccare gli apparecchi elettrici.
- Staccare tutti i dispositivi elettrici, incluso il modem del computer.
- Non fare il bagno e la doccia, e stare lontano da lavandini, tubi e acqua.

## Sistemi di protezione

La caduta di un fulmine può provocare sulle strutture colpite diversi effetti, quali:

### - Effetti termici

Il calore sviluppato da un fulmine può fondere metalli e provocare l'incendio di materiali combustibili. L'altissima temperatura può sgretolare per esempio gli alberi.

### - Effetti meccanici

Il passaggio di corrente determina sforzi elettrodinamici che possono provocare la rottura per esempio del parafulmine.

### - Effetti chimici

Le forti scariche causano la formazione di ozono e di composti nitrici tramite l'ossidazione dell'azoto.

### - Effetti elettromagnetici

Le scariche sono accompagnate da forti emissioni di onde elettromagnetiche che producono disturbi nelle trasmissioni radio, sulle onde lunghe e medie. Le sovratensioni nelle linee elettriche possono causare danneggiamenti nelle apparecchiature collegate.

Già durante la pianificazione di una nuova costruzione è opportuno decidere se munirla di un impianto esterno/interno di protezione contro i fulmini. Piccole case vengono munite di un impianto di protezione completo solo se si trovano in zone particolarmente a rischio (per esempio se costruite su una collina o su una montagna). I sistemi di protezione sono invece indispensabili per i grandi palazzi.

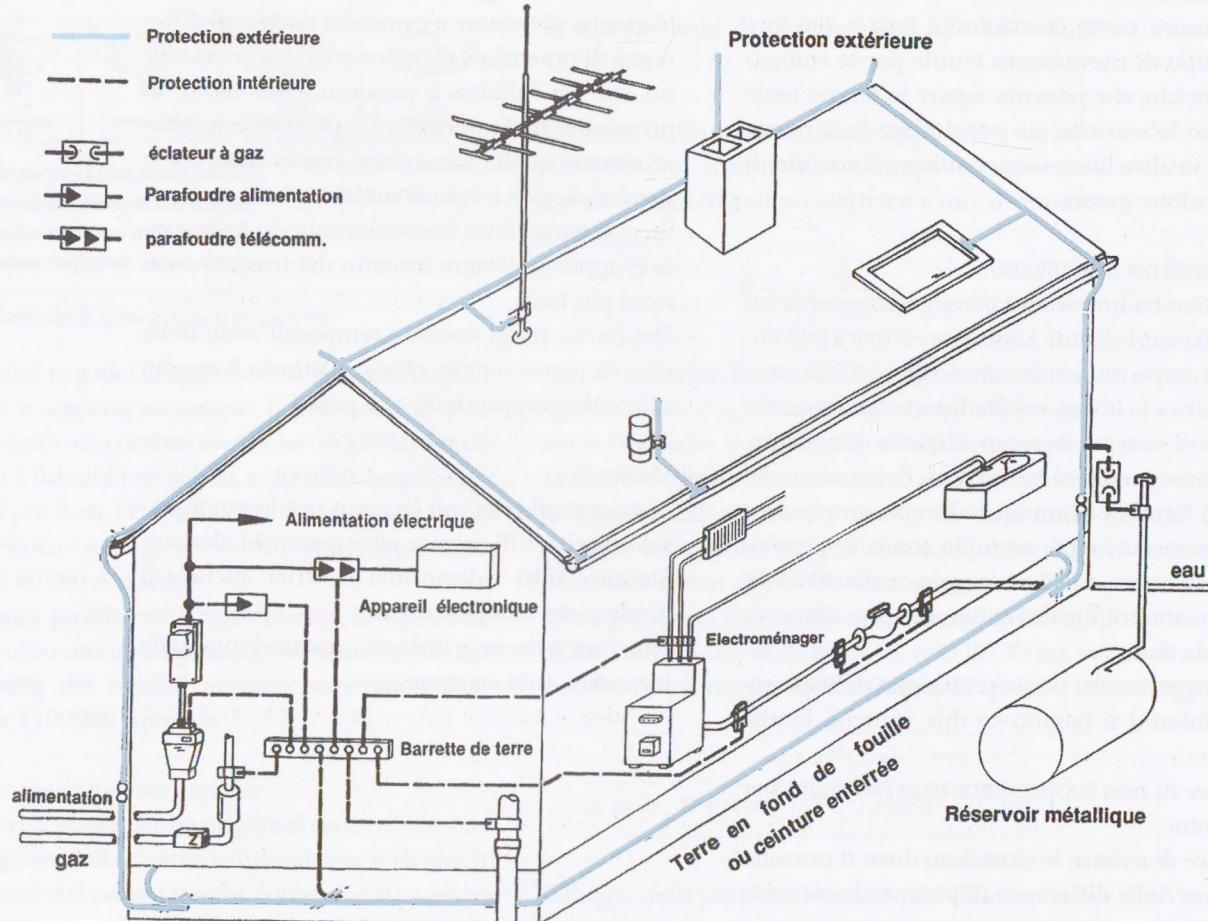
La figura 2 mostra una casa fornita di impianti di protezione esterni e interni. L'antenna è stata incorporata nel sistema di protezione.

La protezione esterna comprende sistemi di cattura, di deviazioni e di messa terra.

La protezione interna, il cui scopo è di evitare lo svilupparsi di tensioni troppo elevate all'interno dell'edificio, comprende sistemi di protezione per gli apparecchi elettrici in caso di sovratensione.

## Referenze

- Claude Gary, *La foudre*, ed. Masson, Paris, 1999
- <http://www.wetteronline.de/>  
Posizione geografica dei temporali in Europa (somma su 30 minuti); Dati forniti dal sistema meteorologico inglese
- <http://www.altanet.it/elettrico/sicur/soccorsi.htm>  
Soccorsi di urgenza da prestare ai colpiti da corrente elettrica
- <http://www.meteo89.it/fulmini.htm>  
Breve ma precisa descrizione delle caratteristiche del fulmine



2 – Protezione contro i fulmini (fonte: C. Gary, *La foudre*)