



La vue d'un éclair déchiquetant le ciel à distance rapprochée provoque assurément des inquiétudes dans l'esprit de beaucoup de marins. Ils sont très peu à comprendre le phénomène pour agir avec confiance.

### Les questions abondent:

- Qu'est-ce que je fais si un orage s'approche ou vient sur moi?
- Que se produit-il quand un éclair frappe un bateau?
- Est-ce qu'un système de protection contre la foudre est utile?
- Mais si j'installe un système de protection contre la foudre, ne l'attire-t-il pas?

### D'autres questions se rapportent à la foudre elle-même:

- Est-ce que l'éclair descend ou bien monte vers les nuages?
- La lumière et le tonnerre commencent-ils en même temps?
- Que cause le tonnerre?
- Qu'est-ce que provoque la foudre si elle heurte un objet sur la terre ou sur l'eau?

Bien que les risques dûs à la foudre sur des plans d'eau, soient périodiquement évoqués, les accidents corporels sont relativement rares. Sur ce point, nombreux sont les témoignages de plaisanciers qui, après avoir traversé un orage, ont été très étonnés de n'avoir pas été touchés par la foudre, alors que partout autour d'eux les éclairs frappaient la surface de l'eau.

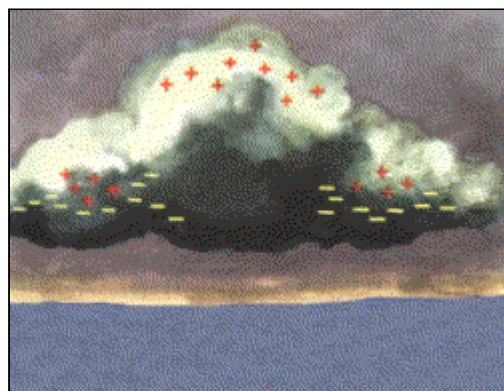
### L'électrification d'un nuage d'orage

Les nuages orageux sont d'énormes masses généralement du type cumulonimbus en forme d'enclume, couvrant plusieurs kilomètres carrés et atteignant souvent dix kilomètres et plus d'altitude, composés de cristaux de glace, de grêlons et d'eau surfondue.

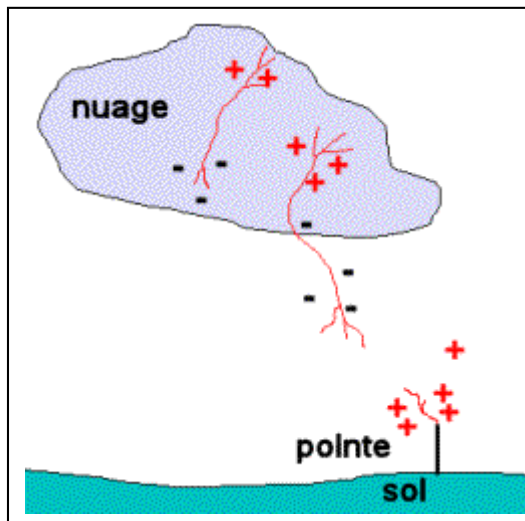
A l'intérieur du nuage coexistent des vents violents (jusqu'à 200 km/h) conduisant à des processus d'ionisation par collisions des particules constituant le nuage.

Il se forme alors des charges électriques de signes opposés. La partie inférieure du nuage présente presque toujours une région riche en charges positives, entourées de charges négatives. Les petits cristaux de glace qui se trouvent dans la partie supérieurs des cumulus ont des charges positives.

On pense que l'électrification des nuages est due au choc des masses d'air chaud s'élevant contre les masses d'air froid qui descendent.



## Initiation d'un éclair



L'air n'est généralement pas bon conducteur de courant, cependant, sous l'effet des charges électriques, une masse d'air peut devenir légèrement conductrice : on dit alors qu'elle est « ionisée ».

La transition de l'état isolant de l'air en un état conducteur permet de rétablir l'équilibre entre les charges électriques. Ce phénomène peut se produire aussi bien dans le nuage (éclairs intra-nuages), qu'entre le nuage et le sol (décharges nuages-sol ou foudre). Un tiers seulement des éclairs frappe le sol.

Il se forme ainsi une sorte de parcours sur lequel le courant électrique pourra passer avec plus de facilité. Ce canal est appelé traceur.

Tout le long de ce canal d'air ionisé, une série de décharges électriques éclate alors, si rapidement qu'à nos yeux elle a l'air d'une seule et même décharge : c'est la foudre.

Celle-ci peut être descendante (le plus fréquent dans nos régions), mais également certaine fois, ascendante.

## Caractéristiques d'un éclair

Tension	Courant	Température	Vitesse	Épaisseur
10 à 20 millions de volts	10 à 20'000 ampères	30'000°C	40'000 km/s	2 à 3 centimètres

## Le tonnerre

Au moment où l'intense courant s'écoule le long du canal ionisé, celui-ci se transforme instantanément en un véritable arc électrique, où les températures atteignent 20'000 à 30'000°C; une violente lumière est alors émise. Simultanément, l'élévation de pression explosive due à l'échauffement du canal produit une onde de choc acoustique, source du tonnerre.

Distance, longueur et orientation des éclairs sont très variables, ce qui explique la perception, soit de longs roulements sourds, soit au contraire de claquements secs. Pour savoir à quelle distance est tombé la foudre, comptez les secondes entre l'éclair et le coup de tonnerre. Chaque seconde représente environ 300 m.

## Ce qui attire la foudre:

- Les lignes d'énergie électrique
- Le métal
- Les conducteurs électriques
- Les endroits élevés, les objets très visibles ou très hauts. La foudre cherche à frapper le sol le plus rapidement possible.
- Un bateau sur un grand plan d'eau (*voir remarque*)

## Remarque:

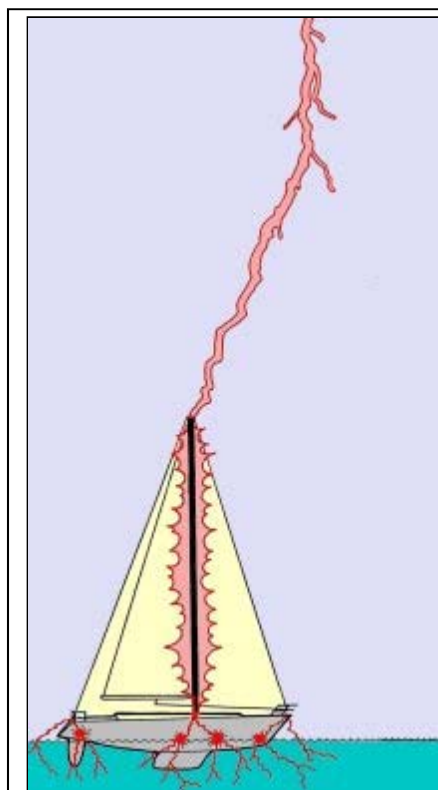
Comme tout objet pointu sur une surface plane, un mât de bateau peut effectivement jouer un rôle attractif sur la foudre. Cette attraction ne se manifeste cependant que dans un cercle délimité, appelé par les professionnels "surface de capture". La surface de capture d'un mât est un cercle dont le rayon vaut trois fois la hauteur du mât.

Par exemple, pour un mât de 10 mètres, le rayon critique est de 30 mètres. Si la foudre frappe dans ce cercle, il y a de fortes chances pour que ce soit effectivement sur le mât du bateau. Mais l'éclair peut très bien frapper l'eau à 50 mètres du bateau malgré la présence toute proche du mât.

## Comportement de la foudre sur un bateau

La foudre est imprévisible et ne peut être contrôlée. Aussi pour prévenir ces effets directs, il faut s'assurer que les structures susceptibles d'être touchées sont aptes à résister à ces impacts, et qu'à partir du point de capture, le courant de foudre s'écoule à la terre ou à l'eau sans dommage et sans amorçage.

C'est la norme **ISO 10134** qui fixe les lignes directrices relatives à la conception, à la construction et à l'installation des dispositifs de protection contre la foudre installés sur les petits navires de longueur de coque inférieure ou égale à 24 m. Comme tout courant, la foudre est naturellement "paresseuse"; elle frappe et traverse les structures qui lui opposent une moindre résistance.



sans mise à la terre

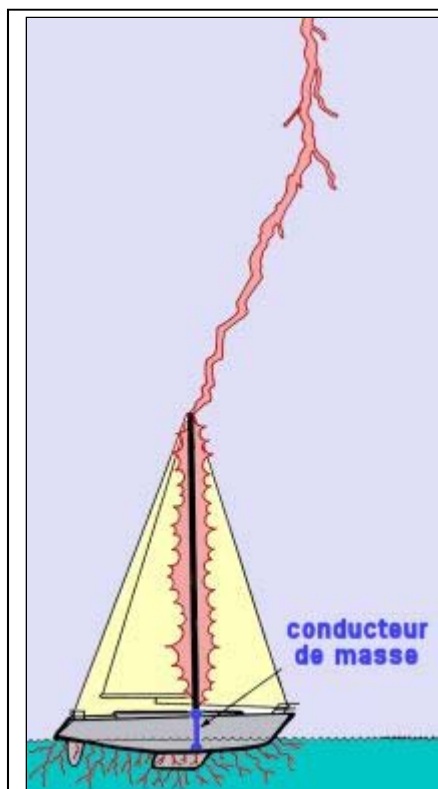
Le mât en aluminium d'un voilier étant bon conducteur d'électricité, il est le premier élément important dans un système de protection contre la foudre.

C'est à l'intérieur de la coque que ça se gâte, si le trajet du courant est ralenti par un autre matériau ou bien qu'il est interrompu.

C'est le cas par exemple sur les voiliers où le mât repose sur un socle au dessus de la cabine et où aucun conducteur traverse celle-ci vers la quille, la résistance ou l'impédance devient trop grande et peut forcer l'énergie de la foudre à prendre un autre chemin que celui qui est prescrit.

Lorsque ceci se produit, des arcs électriques peuvent se créer et ces derniers peuvent perforer la coque, blesser les passagers voir même causer la mort.

## Comment se protéger de la foudre



avec mise à la terre

L'idée du système est de forcer la foudre à passer par un passage prédéterminé de sorte qu'elle ne fasse pas son propre chemin explosif par la fibre de verre, le teck, les membres d'équipage, etc...

Le mât est relié à la terre par le biais de plaques de contact en cuivre étamé. À l'autre extrémité, sont connectés soit, des électrodes de dissipation électrique conçues pour maximiser le contact avec l'eau, soit la quille en plomb ou en fonte du voilier.

Lorsque la foudre frappe le mât du navire, l'immense énergie électrique qui est déchargée est immédiatement mise à la terre dans l'eau qui entoure le navire.

Il existe des systèmes portatifs de mise à la terre composés d'un ensemble d'arrimage universel qui s'attache rapidement au mât en aluminium d'un voilier.

Le système est composé de deux conducteurs capables de supporter plusieurs frappes de foudre. À l'extrémité des conducteurs, il y a une électrode de dissipation électrique qui est suspendue chaque côté du navire et qui est submergée sous l'eau.

Une autre solution consiste à relier le mât du bateau à la mer avec la chaîne d'ancre. Il y a intérêt à s'assurer du bon contact. En cas de mauvaise connexion, l'étincelle entre la chaîne et le mât peut le fondre et le sectionner.



Mais la meilleure protection reste indiscutablement le choix **d'un bateau entièrement métallique** (ou en aluminium). Ce sont les seuls à pouvoir subir un coup de foudre direct aux conséquences pour le matériel et l'équipage considérablement diminuées.

Toutefois la prudence élémentaire et de faire rentrer tout l'équipage à l'intérieur de la coque qui est elle, une cage de faraday idéale. Il faut cependant s'assurer de ne pas toucher de pièces métalliques. Une précaution supplémentaire est d'enlever montre, gourmette et tout objet métallique que l'on porte sur soi.

### Et les autres ?

Pour tous ceux qui n'ont pas la chance d'avoir un bateau métallique, un mât ou des haubans conducteurs d'électricité, une cabine pour se tenir au sec (un corps humain sec est beaucoup moins attractif qu'humide), pour tous ceux-là, la précaution élémentaire est de se mettre à l'abri avant l'arrivée de l'orage en rentrant dans un port le plus proche.

Chaque année aux États-Unis, on déplore de multiples décès de plaisancier dans des canots ouverts foudroyés par des éclairs, mais paradoxalement très peu de marins tués par la foudre sur des voiliers.

**En fait, il n'y a aucun endroit en sécurité sur ce genre de bateau**

Il faut essayer dans la mesure du possible de s'éloigner du niveau de la ligne de flottaison, tout en évitant de toucher des objets métalliques et en essayant de rester sec. Facile à faire sous un orage.....

### Et pour les bateaux de la SISL ?

Les sections de la SISL qui ont choisi un bateau d'intervention en aluminium sont :

Du côté des stations françaises: **Evian, Thonon, Sciez et Yvoire.**



Du côté des stations suisses: **Genève, Bellevue, St-Prex, La Tour-de-Peilz et Bouveret.**



### Les effets de la foudre

Les effets directs de la foudre regroupent toutes les perturbations liées à l'impact direct du coup de foudre. Ces perturbations sont dues à la circulation d'un courant de forte intensité dans les installations ou tout équipement situé entre le point d'impact et le point d'évacuation de l'énergie de foudre vers la terre ou l'eau. Par ses effets directs, la foudre peut provoquer des dommages tels que :

- **perçage**
- **éclatement**
- **déformation**
- **inflammation**
- **explosion par amorçage**
- **des effets physiologiques sur l'homme**



### Les conséquences sur l'homme

Les foudroiements sont globalement graves : 10% des victimes décèdent, plus de 70% des survivants ont des séquelles permanentes et invalidantes.

Les personnes sont exposées à la foudre par différents types de foudroiement :

- **foudroiement direct:** la décharge électrique se produit par impact direct sur la personne.
- **foudroiement par éclair latéral:** le courant de foudre descend par un élément faiblement conducteur avant de choisir un chemin de moindre résistance qui peut être une personne située à proximité.
- **foudroiement par tension de pas:** lorsque la foudre frappe un point au sol, on a alors une différence de potentiel suffisante pour générer un courant passant entre les membres inférieurs d'une personne.
- **foudroiement par tension de toucher:** si l'on touche simultanément deux objets conducteurs dont l'un subit une surtension, la différence de potentiel entre les deux conducteurs est telle que le corps de l'individu est parcouru par le courant de foudre.
- **foudroiement par courant induit:** foudroiement par captage capacitif d'une ramification d'un coup de foudre descendant.

Le risque majeur lors d'un foudroiement est l'arrêt cardio-vasculaire. Comme dans tous les cas d'électrisation seule la réanimation cardiaque et respiratoire immédiate peut sauver la victime.

Les lésions que l'on peut rencontrer sont :

- de type neurologiques
- de type cardio-vasculaires
- de type pulmonaires
- de type traumatiques
- de type auditives
- de type oculaires
- des brûlures

### La prévention

Le bon sens est de toute évidence d'éviter absolument ces situations à risque lorsque c'est possible :

- rester à l'abri par temps orageux
- si on se trouve en train de naviguer, ne pas rester à découvert et rejoindre le port le plus proche
- si on est dans l'eau, sortir avant l'orage
- si on a pas le temps de sortir de l'eau, attendre une accalmie en restant le plus possible immergé

Consultez ici le récit et l'analyse d'un accident dû à la foudre sur un bateau [Analyse\\_accident.pdf](#) (14Kb)

*Rappel: cette page n'engage ni la SISL, ni son auteur*