



**Les impacts
de foudre sont
plus fréquents en
été et à proximité
des crêtes et des
sommets. Shutterstock**

En Suisse, on dévie la foudre



Le sommet du Säntis accueille une expérience étonnante. Cet été, des scientifiques vont tenter de neutraliser les éclairs qui s'abattent fréquemment sur cette zone à l'aide d'un laser.

GENEVIÈVE COMBY

genevieve.comby@lematindimanche.ch

Le mois de juin a été marqué par une moisson d'orages parfois épiques. En tout cas dans l'ouest de la Suisse. Sur le Säntis, aux confins des deux Appenzell et du canton de Saint-Gall, les cioux se sont montrés plus calmes. Un comble, alors que des scientifiques y ont pris leurs quartiers pour l'été dans le but de... manipuler la foudre. Rien que ça. Canaliser cette force potentiellement dévastatrice à l'aide d'un laser: loin d'être folle, cette idée est actuellement testée en conditions réelles. Mais pour cela, il faut que des éclairs s'abattent sur cette montagne qui culmine à 2502 m d'altitude.

Ce qui ne manquera pas d'arriver d'ici à fin septembre, selon le responsable du projet, le Pr Jean-Pierre Wolf, du dé-

partement de physique de l'Université de Genève. «Je ne suis pas inquiet, rassure-t-il. Les statistiques de ces dix dernières années montrent que la foudre tombe à cet endroit entre 100 et 400 fois par an, plutôt entre juillet et août.»

Le Säntis séduit les touristes venus admirer un panorama à couper le souffle, mais il héberge aussi une antenne Swisscom haute de 124 m qui attire les éclairs selon le bon vieux principe du paratonnerre (lire l'encadré). L'endroit possède un autre avantage pour les scientifiques engagés dans ce projet: il abrite depuis de nombreuses années une station de l'EPFL dotée d'instruments de mesure de l'activité électrique. Près de 29 tonnes de matériel ont tout de même dû être acheminées là-haut pour faire fonctionner le fameux

laser. Une opération réalisée durant le mois de mai, en partie grâce au téléphérique qui relie Schwägalp au sommet de la montagne, les plus gros éléments étant transportés par hélicoptère.

Ce projet d'envergure européenne, financé à hauteur de 4,5 millions d'euros, regroupe, autour de l'Université de Genève, un consortium composé du laboratoire d'optique appliquée de l'École polytechnique de Paris, du fabricant allemand du laser, l'entreprise Trumpf, du département d'électricité de l'EPFL, ainsi que de la Haute École d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud, auxquels il faut ajouter le concours de l'opérateur Swisscom.

Prêts à «chasser» les orages

Jusqu'à la fin juin, le système, installé en partie sous une tente climatisée et étanche, était encore en phase de correction des bugs. Désormais, l'équipe de scientifiques est prête à «chasser» les

orages. Leur laser doit faire mieux qu'un paratonnerre classique, constitué en général d'une tige métallique. Car ce genre de dispositif ne peut assurer la sécurité que d'une zone dont le rayon est à peu près égal à la hauteur de la tige, comme le rappelle Jean-Pierre Wolf: «Si vous voulez protéger des sites sensibles de grande taille, comme un aéroport, une centrale électrique ou nucléaire, voire un parc d'éoliennes, il vous faudra un paratonnerre d'un kilomètre de haut, ou plus. D'où l'idée du laser, qui constitue une sorte de paratonnerre virtuel, dans le sens où il permet de rendre l'air conducteur



d'électricité.» Et donc, de canaliser la foudre. En effet, c'est l'air, le long de la trajectoire du faisceau, qui va faire ce que feraient une tige métallique, en créant un chemin pour la foudre. «Le laser arrache les électrons des molécules de l'air par ionisation, poursuit le physicien. On obtient alors des électrons libres qui peuvent se déplacer et conduire l'électricité.»

Le laser doit permettre de capter la foudre et de la rediriger afin qu'elle ne frappe pas là où elle pourrait causer d'importants dégâts. Son avantage, en théorie, c'est sa longueur, donc sa capacité à protéger une grande surface. Mais obtenir le canal le plus long possible, voilà le challenge de l'équipe installée sur le Sântis. «On rêve d'atteindre un kilomètre, admet le Pr Wolf. Des études préalables, réalisées en propagation horizontale dans une installation spécifique et en reproduisant les conditions d'un orage, montrent que le système fonctionne jusqu'à 150 mètres, soit la longueur maximale des infrastructures sécurisées dans lesquelles ont été menés ces tests. Le Sântis constitue une expérience grandeur nature, sans limites physiques, et en conditions réelles. Bref, le test du feu», concède Jean-Pierre Wolf.

Concrètement, il suffit d'attendre une dégradation de la météo et, quand un front de foudre s'approche du Sântis, d'orienter le laser dans sa direction. «Localement, il est possible de savoir si la foudre va frapper prochainement en mesurant le voltage au sol, précise Jean-Pierre Wolf. Quand un nuage très chargé en électricité se trouve au-dessus de votre tête, les charges du bas du nuage vont attirer des charges qui se trouvent dans la terre. Il en résulte une augmentation de la tension électrique au niveau du sol.» C'est à ce moment-là que le laser peut-être déclenché, une fois déter-

minée la bonne distance de «frappe» à l'aide d'un télescope. Inutile, pour autant, de tirer plus vite que son ombre. «Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la foudre n'est pas si rapide que cela, rappelle le Genevois. Le phénomène dure entre 1 et 50 millisecondes, c'est très long pour un laser.» Celui qui est utilisé dans ce cas-là est unique en son genre. Il est extrêmement puissant, avec son millier d'impulsions lumineuses par seconde. «Chacune d'entre elles est très courte mais déjà très intense», insiste Jean-Pierre Wolf.

Opération très délicate

Une fois que la foudre est captée et redirigée le long du faisceau laser, il faut encore s'assurer que la charge électrique ne suive pas ce chemin jusqu'au sol, soit jusqu'à la station de départ du laser et la détruisse. «Ça ne doit pas être une expérience qui ne se produit qu'une fois et ça ne le sera pas, souligne Jean-Pierre Wolf. Nous pouvons contrôler l'intensité du laser le long de sa trajectoire. Si on ne sait pas encore jusqu'à quelle distance il va être actif, on peut, par contre, définir où le laser va commencer à ioniser l'air, donc à partir de quelle distance l'air va devenir conducteur d'électricité.»

À proximité du sol, une zone où l'air ne sera pas conducteur le long du faisceau est prévue. En réalité, le laser doit, à quelques dizaines de mètres du sol, frôler la pointe d'un paratonnerre classique (voir l'infographie). Sur le Sântis, il s'agit de l'antenne Swisscom. En résumé, quand la foudre s'abattra, elle sera canalisée par le laser jusqu'à ce que celui-ci passe à proximité de l'antenne relais. Et comme c'est à cet endroit que le laser cesse d'être conducteur, l'électricité de l'éclair se verra naturellement attirée par l'antenne métallique qui la conduira jusqu'au sol pour y être absorbée, en toute sécurité.



Jacques Errard / UNIGE



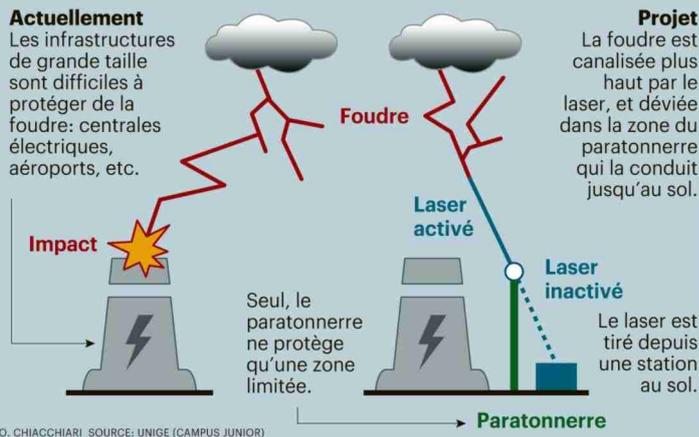
«Le laser constitue une sorte de paratonnerre virtuel, dans le sens où il permet de rendre l'air conducteur d'électricité.»

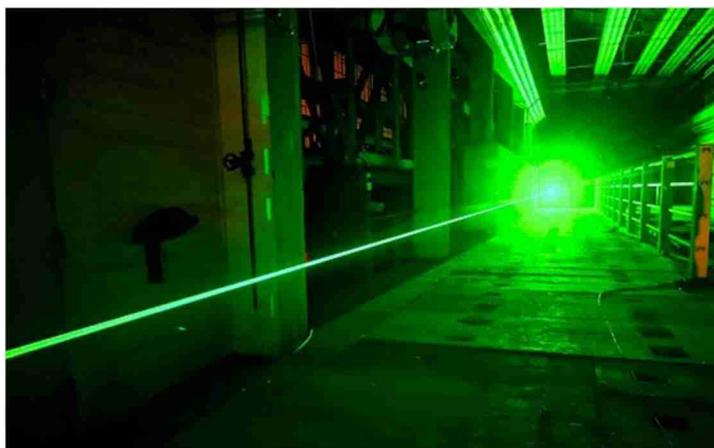
Jean-Pierre Wolf, professeur à la Section de physique de l'Université de Genève



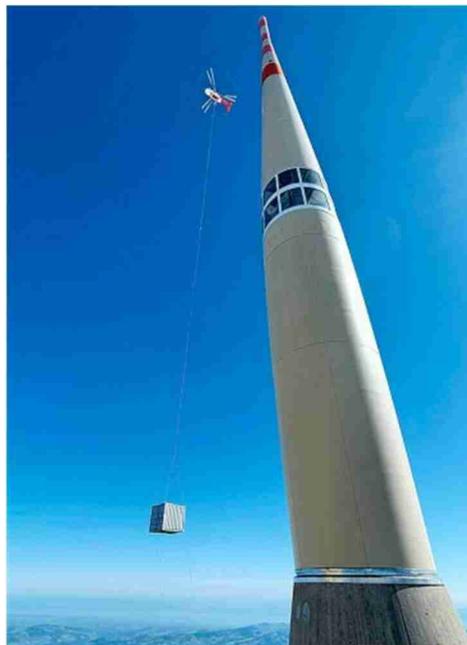
Le sommet du Sântis, dans les Préalpes appenzelloises, culmine à 2502 mètres d'altitude. La foudre s'y abat entre 100 et 400 fois par an. Alamy Stock Photo

Une nouvelle protection contre la foudre





Le laser a, dans un premier temps, été testé en propagation horizontale dans une installation sécurisée. *Pierre Walch, UNIGE*



Quelque 29 tonnes de matériel ont été acheminées, en partie par hélicoptère, près du relais Swisscom qui coiffe le Sântis. *UNIGE*



Pourquoi la foudre frappe-t-elle plus en été?

La foudre correspond au déclenchement d'une décharge électrique intense. C'est un phénomène météorologique associé aux orages. En Suisse, la période qui connaît le plus d'épisodes de foudre s'étend de juillet à août. L'été est particulièrement propice, car pour qu'un orage se produise, il faut notamment un contraste de température, entre de l'air chaud au sol, qui va monter, et de l'air plus froid en altitude. Il faut aussi de l'humidité, qui permet la formation de cumulonimbus. Dans ces nuages en forme d'enclume se produit un grand brassage de cristaux de

glace et de gouttelettes d'eau qui se chargent électriquement au point de permettre à du courant électrique de se frayer un chemin. Et produire un éclair, dont la température peut atteindre 30'000 degrés. Raison pour laquelle un impact direct de la foudre est en mesure de causer d'importants dégâts matériels, voire la mort d'animaux ou d'individus. Mais la foudre, qui émet un large spectre d'ondes électromagnétiques, peut également entraîner des effets indirects, comme une surtension qui risque d'endommager les appareils électriques et électroniques.

Pour s'en protéger, le paratonnerre est un dispositif très efficace. Il est composé d'une tige dotée d'une pointe métallique conductrice d'électricité qui attire l'éclair. Sur une maison, par exemple, cette pointe est reliée à la terre par des fils conducteurs d'électricité qui guident le courant jusqu'au sol où la charge se disperse sans causer de dégâts. D'autres dispositifs parafoudre peuvent être installés directement sur les circuits électriques pour protéger les appareils électriques et électroniques en cas de surtension générée par la foudre.