

La machine à faire tomber la foudre

PHYSIQUE. Personne ne sait vraiment ce qui se passe lorsqu'un éclair strie le ciel. Mais, en bombardant les nuages avec un laser très particulier, les chercheurs espèrent enfin comprendre le phénomène.

THE ECONOMIST
Londres

On croirait un camion de chantier garé devant l'entrée d'un parking souterrain, derrière l'Institut de physique expérimentale de l'Université libre de Berlin.

Mais, la nuit, la porte du parking s'ouvre et un rayon laser jaillit du côté du véhicule, brûlant le mur de ciment situé à 100 mètres de là. Contrairement aux apparences, les chercheurs du laboratoire de Ludger Wöste qui manœuvrent ce dispositif ne répètent pas pour le prochain film de James Bond. Téra-mobile – tel est le nom de ce laser mobile – doit leur permettre de déterminer la nature des éclairs. Ludger Wöste et son équipe espèrent arriver à fabriquer artificiellement des éclairs, utilisant le premier laser mobile femtoseconde (ainsi nommé parce que les impulsions lumineuses qu'il émet ne durent qu'un milliardième de milliardième de seconde). Il y a plus de deux cents ans, en manipulant un cerf-volant pendant un orage, Benjamin Franklin démontrait que l'éclair était une forme d'électricité. Aujourd'hui, si étonnant que cela paraisse, ce phénomène reste assez mal expliqué. Une bonne part de notre ignorance vient du fait que, sous leur forme naturelle, les éclairs sont imprévisibles et compliqués. Actuellement, les chercheurs doivent soit attendre que la foudre frappe, soit la déclencher à l'aide de fusées. Celles-ci fonctionnent en remorquant des fils de cuivre du haut du ciel, ce qui revient à relier à la terre les nuages vers lesquels elles sont lancées. Il serait plus simple d'utiliser un laser. Lorsqu'un rayon laser se propage dans l'air, les intenses champs électriques et magnétiques qu'il engendre interfèrent avec les atomes et les molécules de l'air, créant ce qu'on appelle un "canal d'ionisation". Ce canal conduisant le courant, il offre une voie de passage aux électrons environnants. S'il y a suffisamment d'électrons à proximité (les nuages d'orage en regorgent), un éclair se forme – du moins en théorie. Jusqu'ici, le Dr Wöste et ses collaborateurs ne sont parvenus à produire qu'un seul éclair en laboratoire, plus précisément dans le parking. Mais ils ont bon espoir de reproduire l'expérience en plein air.

Voilà pour l'imprévisibilité de l'éclair. En ce qui concerne sa complexité, elle tient au fait que les champs



◀ Dessin d'Albert Rocarols paru dans El País, Madrid.

■ **Surpuissant**
Téra-mobile doit son nom à sa puissance instantanée de 5 térawatts, soit l'équivalent d'environ 1 000 centrales nucléaires. Mais, compte tenu de la durée extrêmement brève de l'impulsion, la puissance moyenne, sur une seconde, ne dépasse pas quelques watts. Téra-mobile est un projet franco-allemand, financé par le CNRS et son homologue d'outre-Rhin, la DFG.

électriques et magnétiques qu'il génère produisent des interactions méconnues, dans la haute atmosphère et à des échelles de temps trop courtes pour qu'on puisse les observer avec les instruments actuels. Initialement, on pensait que la foudre était simplement constituée de gigantesques étincelles. Une étincelle se produit lorsqu'un champ électrique attire les électrons et les noyaux des atomes d'un gaz dans des directions contraires (ils ont des charges électriques opposées). Lorsque le champ est suffisamment fort pour surmonter l'attraction entre les électrons et les noyaux, une décharge électrique se produit. Or, malgré des

années d'efforts, les chercheurs n'ont jamais observé, lors d'un orage, un champ électrique suffisamment puissant pour obtenir un tel résultat. En fait, les champs observés n'atteignaient qu'un dixième de la puissance nécessaire pour justifier la théorie de la simple étincelle.

LES ÉCLAIRS INFLUENT SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

En outre, la théorie de l'étincelle suppose que la foudre devrait générer des rayons X. Malheureusement, personne n'en a détecté. Dans une expérience réalisée en 2003, Joseph Dwyer, du Florida Institute of Technology, est bien parvenu à observer des rayons X lors d'un orage en Floride, mais ils étaient d'un autre type que ceux qu'on attendait dans la théorie de l'étincelle. Ils corroboraient au contraire une théorie controversée, défendue par Alexandre Gourevitch, de l'Institut Lebed de Moscou, au début des années 90. Selon le chercheur russe, l'éclair serait en fait déclenché par des rayons cosmiques – des particules d'énergie, électriquement chargées, qui viennent des profondeurs de l'espace. Un rayon cosmique accélérerait un ou plusieurs électrons à de très hautes énergies, et ces électrons provoqueraient à leur tour une réaction en chaîne dans l'air en chassant de plus en plus d'électrons hors de leur atome d'origine. Il doit exister un champ électrique initial pour que la réaction en chaîne ait lieu, mais il suffit que ce champ soit d'un dixième de ce que nécessitent les théories classiques, ce qui correspond précisément aux observations. On le voit, même s'ils ne sont plus considérés comme une

manifestation de la colère des dieux, les éclairs auraient effectivement une origine extraterrestre.

L'intérêt croissant pour la foudre n'est pas que le fruit d'une curiosité pour le phénomène. En effet, les éclairs pourraient influencer plus qu'on ne le croyait et sur le temps qu'il fait et sur le climat à long terme. Pour le démontrer, Hugh Christian et son équipe du Marshall Spaceflight Centre de Huntsville (Alabama), un centre de recherches dirigé par la NASA, étudient le mode d'apparition des éclairs dans les orages qui sont à l'origine de tornades. L'éclair n'est pas la cause de la formation des tornades, mais le Dr Christian et son équipe ont observé une hausse soudaine du nombre d'éclairs à l'intérieur d'un orage environ vingt minutes avant que les tornades ne frappent le sol. Lorsqu'il s'agit de tornades, même ce bref avertissement est appréciable.

Un autre groupe de chercheurs, de l'université Paul-Sabatier de Toulouse, utilise les données des éclairs pour prévoir l'apparition des averses de grêle. Et l'importance de la foudre ne se limite pas à la prévision du comportement des orages. Les éclairs ont également une incidence sur la composition de l'air. Ils seraient la principale source d'ozone de la haute atmosphère.

Etant donné que l'ozone absorbe les rayonnements ultraviolets du soleil, contribuant à rendre la Terre habitable, il est important de comprendre quelle est son origine. La foudre est aussi responsable de la formation de la plus grande partie des oxydes d'azote présents dans la haute atmosphère. Il s'agit là de gaz à effet de serre, et ils jouent donc un rôle de premier plan dans le réchauffement du climat. ■