

La tempête solaire la plus violente à avoir frappé la Terre aurait eu lieu en 1859. Elle a frappé l'atmosphère avec une telle intensité que les aurores polaires qu'elle a provoquées ont pu être aperçues jusqu'à l'équateur. © AFP.

Le Soleil, cette bombe à retardement qui menace notre civilisation

En décembre, un groupe international d'experts a publié une étude réalisée sur près de 50.000 étoiles similaires au Soleil. Ils ont analysé la fréquence des éruptions extrêmes se produisant à leur surface. Le résultat a de quoi donner des frissons.

GAZETA **wyborcza**

PIOTR CIEŚLIŃSKI

Une « super-éruption solaire » pourrait avoir des conséquences désastreuses pour notre civilisation. Notre étoile est une immense boule de plasma qu'une réaction de fusion nucléaire fait se consumer.

A ce jour, nombre des phénomènes que l'on observe à sa surface depuis la moitié du XIX^e siècle demeurent imparfaitement compris, à commencer par les cycles solaires de onze ans qui rythment son activité. On ignore également s'il se produit sur le Soleil des éruptions extrêmes susceptibles de projeter vers la Terre un puissant flux énergétique constitué d'un rayonnement ionisant et d'un nuage de plasma, ni quand cela pourrait survenir. Jusqu'à présent, l'énergie dégagée par les éruptions les plus fortes que l'on ait pu observer à l'ère des études spatiales n'excédait pas un dixième de celle émise par le Soleil en une seconde. Cela ne les empêche toutefois pas d'avoir des impacts significatifs.

Le pic d'activité du 25^e cycle solaire approche

Le début de l'année 2025 a été marqué par une forte tempête géomagnétique provoquée par un nuage de plasma magnétisé en provenance du Soleil. Celui-ci a été neutralisé par le champ magnétique terrestre, si bien que les particules chargées se sont dissipées dans les couches supérieures de l'atmosphère, où elles sont entrées en collision avec les molécules de l'air. Dans les régions arctiques, et même jusqu'à des latitudes plus basses comme en Pologne, de magnifiques aurores boréales ont ainsi pu être observées.

Cette année, ces tempêtes solaires et les aurores qui les accompagnent seront communes car le Soleil s'approche du pic d'activité de son 25^e cycle (les cycles solaires sont comptés depuis la deuxième moitié du XVIII^e siècle). Il se couvre alors d'un grand nombre de taches solaires – des zones dans lesquelles une grande quantité d'énergie s'accumule dans des boucles de champ magnétique. Lorsque celles-ci se dé-

noient brutalement, l'énergie est libérée, déclenchant une éruption accompagnée d'un rejet de plasma.

Si l'explosion est dirigée vers la Terre, un ensemble d'intenses rayonnements (ondes radio, lumière visible et rayons X) nous parvient très rapidement (en seulement 8 minutes et 20 secondes exactement). Ces rayonnements chauffent et dilatent la haute atmosphère, perturbant les communications radio. Quelques dizaines d'heures plus tard a généralement lieu un second choc : le nuage de plasma éjecté nous arrive, entrant en collision avec le champ magnétique terrestre et provoquant des aurores polaires. Il peut aussi endommager les satellites ainsi que les infrastructures énergétiques et les pipelines.

Par le passé, les tempêtes solaires les plus violentes ont entraîné d'importantes perturbations. En mars 1989, le réseau électrique de la province de Québec, dans l'est du Canada, a cessé de fonctionner, et 5 millions de personnes ont été privées d'électricité pendant neuf heures.

La tempête solaire de 1859 a dégagé près 1.000 milliards de fois plus d'énergie que la bombe atomique qui a explosé à Hiroshima

Selon le professeur Tomasz Mrozek, du département de physique solaire du Centre d'études spatiales PAN de Wrocław, « les analyses ont montré que 10 % des surcharges de réseaux électriques dans le monde sont provoquées par des tempêtes géomagnétiques, qui parfois ne sont même pas particulièrement intenses ».

Les infrastructures électriques et les satellites modernes sont conçus pour résister aux périodes de forte activité solaire. Les agences spatiales surveillent également les événements qui surviennent à la surface de notre étoile, et des testeurs solaires patrouillent l'espace entre la Terre et le Soleil, mesurant l'épaisseur et la direction du vent solaire.

Pourtant, l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (Noaa en anglais) prévient que les tempêtes solaires extrêmes (classées G5 sur une échelle à cinq niveaux), qui surviennent en moyenne quelques fois par cycle solaire, sont susceptibles d'endommager satellites et transformateurs électriques, d'interrompre l'alimentation en électricité et de perturber pendant plusieurs jours la navigation satellite et la radionavigation. Les astronautes, ainsi que les passagers et les

membres d'équipage des avions volant à haute latitude, sont également exposés aux radiations.

La résilience de notre civilisation a ses limites

Les récits passés indiquent que la tempête solaire la plus violente à avoir frappé la Terre aurait eu lieu en 1859. Les travaux de l'astronome britannique Richard Carrington indiquent qu'une puissante éruption solaire a alors pu être observée à l'œil nu sur le disque solaire. Les particules de plasma solaire chargées ont frappé l'atmosphère avec une telle intensité que les aurores polaires qu'elles ont provoquées ont pu être aperçues jusqu'à l'équateur. Des incendies ont éclaté aux points d'émission et de réception des lignes télégraphiques.

Selon un rapport de la Nasa et de l'Académie des sciences américaine publié en 2009, si un tel cataclysme cosmique frappait les Etats-Unis aujourd'hui, les infrastructures énergétiques d'une grande partie du pays seraient détruites. Les lignes à haute tension et les transformateurs électriques cesseraient alors de fonctionner les uns après les autres, provoquant un effet domino. Même si la production d'électricité pouvait se poursuivre, il serait impossible de la transporter. En conséquence, les populations seraient non seulement privées d'électricité, mais aussi d'accès à l'eau courante, et environ 130 millions de personnes se retrouveraient sans électricité, eau, médicaments, nourriture et moyens de communication.

On estime que l'éruption de Carrington a libéré sur le Soleil une énergie de 5×1.032 ergs (les astrophysiciens utilisent cette unité de mesure de l'énergie qui équivaut à un dixième de milliardième de joules). C'est à peu près 1.000 milliards de fois plus que l'énergie dégagée par la bombe atomique qui a explosé à Hiroshima.

Pour le Soleil, pourtant, il ne s'agit que d'une perturbation mineure et presque imperceptible. Ce qui inquiète, c'est que, sur des étoiles cousines du Soleil (qui ont une taille, un spectre et une température comparables), des éruptions mille fois plus puissantes ont lieu. Pendant un instant, l'énergie expulsée dans l'Espace peut alors dépasser la puissance de rayonnement habituelle de l'étoile.

Les astronomes peuvent détecter l'augmentation de luminosité qui en résulte au télescope. Et ils pensent que le Soleil est lui aussi capable de ces super-éruptions. Des preuves indirectes en ont été trouvées dans les cernes des arbres et à l'intérieur de glaciers millénaires. Lorsqu'un flux important de particules énergétiques provenant du

Soleil entre en collision avec l'atmosphère terrestre, elle produit des atomes radioactifs, dont le carbone 14. Cet isotope est ensuite absorbé par les arbres ou les glaciers, où il est possible d'observer les variations de sa concentration. Cette méthode a permis d'identifier plusieurs événements de collisions particulièrement violentes entre le plasma solaire et la Terre au cours de l'ère géologique actuelle, l'holocène, qui a débuté il y a environ 12.000 ans. Par exemple, l'une de ces super-éruptions et la tempête solaire qui l'a suivie ont eu lieu en l'an 775.

A quelle fréquence le Soleil nous frappe-t-il aussi fortement ?

Il est difficile, sur la base de ces analyses, de déterminer la puissance maximale des super-éruptions solaires et la fréquence à laquelle elles atteignent la Terre. Nous ne disposons de mesures directes de la quantité de rayonnement qui nous parvient du Soleil que depuis le début de l'ère spatiale.

C'est pourquoi un groupe d'experts international a récemment comparé l'activité du Soleil à celle d'étoiles similaires.

Les chercheurs ont analysé de manière détaillée les données du télescope Kepler de la Nasa, qui a surveillé la luminosité de centaines de milliers d'étoiles de la Voie lactée au cours de la dernière décennie. Leur étude s'est concentrée sur 56.450 étoiles similaires au Soleil. Les super-éruptions solaires, qui libèrent une énergie de l'ordre de 1.034 à 1.035 ergs (soit des centaines de fois plus puissantes que la plus grande éruption observée sur le Soleil depuis le début de l'ère spatiale), apparaissent dans les données de Kepler comme des pics de luminosité courts et facilement identifiables.

Le résultat de leur analyse, publiée le vendredi 13 décembre dans *Science*, est préoccupant. Il en ressort que les étoiles de « type solaire » connaissent des super-éruptions à peu près tous les cent ans, soit environ trente fois plus souvent que ce à quoi on s'attendait. « Ça nous a beaucoup surpris », a déclaré Valeriy Vasilyev, l'auteur principal de l'article paru dans *Science*. « Cette étude n'indique pas si le Soleil pourrait réellement connaître une éruption aussi extrême susceptible de frapper la Terre, ni quand cela pourrait survenir. Il se pourrait que notre étoile, pour des raisons inconnues, soit moins active que les autres. Mais ces résultats incitent à la prudence », ont commenté les chercheurs. « Notre étude nous rappelle que des phénomènes extrêmes peuvent faire partie du répertoire du Soleil », ajoute la professeure Natalie Krivova du MPS.