


SCIENCES FONDAMENTALES



Au sein de
la Planeterrella,
les atomes présents
dans l'atmosphère
sont excités par
un flux d'électrons.
En se relaxant,
ces atomes émettent
de l'énergie sous
forme de lumière.

La machine à fabriquer des aurores boréales

La Planeterrella, dispositif ingénieux bientôt exposé au palais de la Découverte à Paris, permet de simuler des phénomènes lumineux sur Terre ou sur d'autres planètes. Explications.

Par Audrey Boehly

QUEL N'A JAMAIS RÉVÉ DU MAGNIFIQUE BALLET qu'offrent les aurores boréales dans les nuits dans le ciel polaire ? Ce spectacle jusqu'ici réservé à ceux qui ont eu la chance de faire le voyage jusqu'aux latitudes extrêmes de l'île du Spitzberg ou de la Laponie. Réjouissez-vous, car le mois de juillet c'est dans les halls du palais de la Découverte, à Paris, qu'il deviendra possible d'admirer ce phénomène physique en toute couleur. Et ce, grâce à l'ingénieuse machine conçue pour reproduire certains phénomènes électromagnétiques présents dans l'univers par des chercheurs de l'Institut d'astrophysique et de géophysique de Grenoble (Ipag). Déjà disponible dans plusieurs centres de recherche dans le monde, dont à la Nasa, aux États-Unis, elle recrée en modèle réduit les aurores polaires terrestres. Plus encore, elle permet aussi de visualiser à quoi ressemblent les aurores sur d'autres planètes. L'idée de « fabriquer » des aurores polaires en laboratoire ne date pas d'hier. En 1901, Kristian Birkeland, un physicien norvégien passionné par le phénomène, bricole le premier prototype de cette



Jean Lilensten, chercheur à l'Ipag, et le système Planeterrella qui reproduit des phénomènes électromagnétiques de l'Univers.

étonnante machine — alors surnommée « Terrella ». Dans une enceinte sous vide, un canon à électrons figure le Soleil. Comme lui, il émet un flux de particules, et ce vent solaire artificiel vient frapper une sphère magnétisée représentant la Terre. Miracle de la technique : des ovales auroraux apparaissent progressivement aux pôles nord et sud de la sphère, ce qui apporte pour la première fois la preuve que les émissions solaires sont à l'origine de l'illu-

mination du ciel aux pôles de notre planète. Plus d'un siècle plus tard, Jean Lilensten, directeur de recherche à l'Ipag, pionnier de la météorologie de l'espace et auteur du livre *Chasseur d'aurores* (La Martinière), fait renaître l'expérience sous une nouvelle forme : la Planeterrella.

Le système opère aux très basses pressions

Ce système plus élaboré, composé de plusieurs éléments mobiles (une buse et deux sphères aimantées), permet de simuler de multiples configurations entre une étoile et une planète. Isolé sous une cloche de verre, il opère aux très basses pressions, 10 000 fois plus faibles qu'au sol, qui règnent dans la haute atmosphère — c'est entre 80 et 500 km d'altitude que se forment les aurores. Ces conditions sont obtenues à l'aide d'une pompe à vide, dont le ronronnement accompagne l'expérience dès sa mise en route.

« La Planeterrella est une analogie avec ce qui se passe dans l'espace plutôt qu'une modélisation scientifique proprement dite, car les conditions ne sont pas exactement identiques », précise Jean Lilensten. Néan-



Sur l'île de Spitzberg, les radars de l'EISCAT observent une aurore boréale. Cette base scientifique étudie ces phénomènes pour comprendre les interactions entre le vent solaire et la magnétosphère terrestre.

► moins, elle permet d'observer un grand nombre de phénomènes bien réels. » Et notamment lorsqu'une éruption de notre étoile provoque de spectaculaires aurores. De gigantesques quantités de matière (électrons, protons, ions) sont alors éjectées dans l'espace à des vitesses pouvant atteindre plus de 1000 km/s. Tel un bouclier géant, le champ magnétique terrestre détourne ces particules de haute énergie et les oblige à contourner la Terre. Reste qu'une fraction d'entre elles, notamment des électrons, se fraye un chemin à travers la magnétosphère. Venant frapper les couches supérieures de l'atmosphère, ces électrons cognent et excitent les atomes de gaz qui la composent. Pour revenir à leur état initial, ces atomes excités libèrent de l'énergie sous forme de photons. « La concentration des électrons en provenance du Soleil est plus importante autour des pôles, vu la configuration de notre champ magnétique, explique Jean Lilensten. C'est donc là que l'émission de lumière est la plus forte, ce qui la rend visible à l'œil nu. »

La couleur mauve correspond à l'azote dans l'atmosphère

On observe ce même phénomène au sein de la Planeterrella (voir l'infographie ci-contre). Une partie des électrons émis par la sphère « Soleil » parvient à pénétrer le champ magnétique de la Terre miniature et se concentre à ses pôles, engendrant d'intenses

DES BOMBARDEMENTS DE PARTICULES AUX CONSÉQUENCES DRAMATIQUES

Les aurores polaires ne sont qu'une des conséquences des éruptions solaires. Lors de certaines d'entre elles, les particules de émis par notre étoile bombardent la Terre à grande vitesse, pouvant causer de nombreux dommages.

■ **Novembre 1882**
Interruption des communications télégraphiques au nord-est des États-Unis. Installations électriques endommagées à Chicago.

■ **Février 1956**
Coupures radio aux États-Unis, au Canada et en Europe. Perte de contact

avec un sous-marin britannique pendant quatre heures en zone arctique.

■ **Juillet 1979** Chute dans l'atmosphère et destruction du satellite Skylab I, attribuées à une période de forte activité solaire.

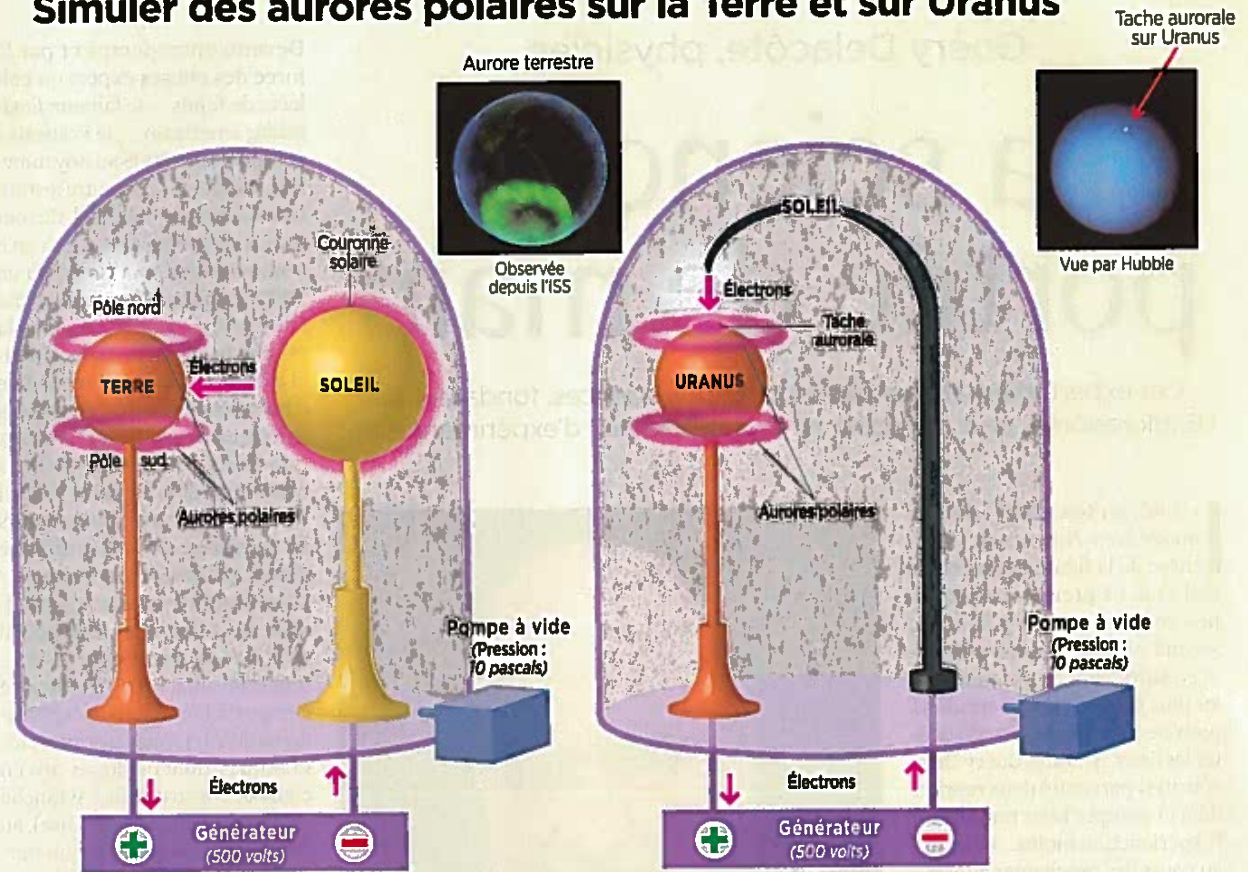
■ **Mars 1989**
Incidents sur le réseau électrique québécois plongeant la province dans le noir pendant neuf heures.

■ **Octobre 2003**
Panne du système électronique de navettes spatiales, dont Mars Odyssee. Perte de précision du réseau

GPS durant onze heures, handicapant notamment l'aéronautique et l'industrie minière.

■ **Janvier 2012**
Coupures de communication en zone arctique obligeant Delta Airlines à détourner ses vols entre l'Asie et les États-Unis.

Simuler des aurores polaires sur la Terre et sur Uranus



Configuration Terre-Soleil.
Sous l'effet du champ électrique, les électrons provenant du Soleil sont attirés par la Terre. Une partie se concentre aux pôles magnétiques, formant les aurores polaires. On observe aussi la couronne solaire, couche de gaz ionisé autour du Soleil.

Configuration Uranus-Soleil.
Curiosité du système solaire, l'axe magnétique d'Uranus se situe parfois face à notre étoile. La buse figurant le Soleil projette des électrons qui s'engouffrent directement au niveau du pôle magnétique, créant une tache aurorale.

aurores de couleur mauve; bien visibles dans la pénombre où se déroule l'expérience: « Cette couleur correspond à celles des aurores qui naissent entre 80 et 100 km d'altitude, où l'atmosphère est majoritairement composée d'azote et d'oxygène. Ce que l'on observe, ce sont les lumières roses et rouges essentiellement issues de l'azote. L'oxygène, lui, n'émet que très peu dans le spectre visible. ». Dans la nature, aux pôles de notre planète, les nuances vertes arborées par certaines aurores proviennent de l'oxygène atomique présent au-dessus de 100 km d'altitude, ce que

ne reproduit pas la Planète réelle. C'est aussi de mauve que s'illumine le dispositif quand on modifie sa configuration pour une simulation d'aurores sur d'autres planètes. « Grâce à la flexibilité du système, nous pouvons estimer la forme des aurores polaires sur Uranus, Neptune, ou même sur des exoplanètes », affirme Jean Lilensten, tout en soulignant que ces indications sont à prendre avec précaution à cause des limitations actuelles de l'appareil. Les observations du satellite Hubble sur Uranus ont néanmoins corroboré les résultats obtenus avec la Plane-

INFOGRAPHIE BETTY LAFON - PHOTOS NASA, ESA ET L'AHN

terrella. En laboratoire, on voit en effet apparaître une tache aurorale au pôle nord de la planète, comme sur les clichés du télescope spatial. « L'expérience prédit aussi la formation d'anneaux autour des pôles d'Uranus, mais qui n'ont pas été détectés par Hubble sur la face éclairée par le Soleil, peut-être pour des questions de luminosité », explique Jean Lilensten. Une mission spatiale côté nuit révélera peut-être la présence d'un ovale auroral uranien. En attendant, vous pourrez toujours les admirer en miniature au palais de la Découverte. ■