

## La Planeterrella, un nouveau modèle de science en société grâce à un simulateur d'aurores polaires

*Voilà plusieurs mois que l'Institut des sciences de l'univers et l'InSHS accompagnent la Planeterrella, un simulateur d'aurores polaires. L'expertise de l'InSHS en matière d'innovation sociale accompagne ce projet à fort impact éducatif, culturel et social de s'implanter dans des pays en voie développement.*



La terrella de Birkeland rénovée en 1995 est exposée dans le Musée des sciences à Oslo © Jean Liliensten / CNRS

### Les aurores

Les aurores polaires font partie intégrante de notre planète Terre, excitant l'imagination, favorisant les légendes et les croyances. Mais ces magnifiques couleurs, qui enflamment le ciel nocturne principalement dans les régions proches des pôles, ne dépendent aucunement de l'activité humaine, mais bien de celle du Soleil et du champ magnétique terrestre.

Bien peu de Français ont eu la chance d'admirer une aurore polaire, « boréale » dans l'hémisphère nord, « australe » dans l'hémisphère sud. Pour cela, il faut aller à haute latitude, la Laponie pour l'Europe, entre 60 et 65° nord. Il est nécessaire qu'il fasse nuit — la nuit polaire —, que la lumière de la lune n'atténue pas l'éclat auroral, qu'il n'y ait pas de nuages trop proches. Il faut également partir loin de tout centre urbain afin d'éviter les

lumières parasites, et passer des heures dans la neige, la tête vers le ciel, à attendre avec des températures qui peuvent friser les moins trente degrés. Même lorsque toutes ces conditions sont réunies, il n'est pas certain que la récolte soit bonne : il faut encore que le Soleil ait daigné envoyer des électrons et des protons — c'est le vent solaire — en quantité assez abondante et avec une vitesse assez élevée. Ou mieux : qu'une éruption solaire ait propagé dans l'espace une grosse bouffée de ces particules, et que, par hasard — par chance pour notre observateur — celles-ci aient intercepté la Terre sur son orbite.

Si toutes ces conditions sont réunies, alors la récompense est largement à la hauteur des attentes : le ciel devient vert et on pourrait se croire sur une autre planète. C'est une aurore diffuse, entre 100 et 150 kilomètres d'altitude, dans laquelle des jets



Des spectateurs devant la Planeterrella en action © Alexandre Bottollier - AurorAlpes

plus intenses semblent parfois fuser de l'infini et tomber vers le sol. Quelquefois, ce vert danse comme des rideaux derrière une fenêtre ouverte : un voile auroral. En regardant attentivement un peu plus haut, le ciel n'est plus aussi noir qu'à l'accoutumée : il se pare d'un pourpre cardinal vers 200 kilomètres d'altitude. Si une éruption solaire a eu lieu, de nouvelles couleurs apparaissent plus bas, jusqu'à environ 80 kilomètres : du mauve, du rose, du bleu, du jaune et les formes deviennent dynamiques.

Si on n'a pas la chance de pouvoir aller en Laponie en hiver, pourquoi ne pas en fabriquer ? C'est ce que propose la Planeterrella.

## De la Terrella à la Planeterrella

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le physicien norvégien Kristian Birkeland débuta des travaux sur le fonctionnement des aurores polaires. Expérimentateur de génie, il eut l'idée somptueuse de tirer des « rayons de cathode » sur une sphère magnétisée suspendue dans une enceinte à vide. Dans sa conception, le canon à électrons représentait le soleil tandis que la sphère magnétisée représentait naturellement la Terre. Cette expérience s'appelaient « la Terrella ». Elle permit de faire la première démonstration en laboratoire du mécanisme des aurores polaires en reconstruisant et en visualisant les ovales auroraux.

Un siècle plus tard, cette expérience a été totalement repensée par Jean Liliensten, en collaboration avec ses collègues et thésards<sup>1</sup>. La finalité était pédagogique, de médiation scientifique afin d'élargir des communautés d'apprenants et d'utilisateurs et valoriser la recherche à impact sur la société.

Imaginez une cloche de verre de la taille d'un aquarium d'environ cinquante litres dans laquelle une pompe fait un vide similaire

à celui qu'on trouve entre 80 et 250 kilomètres d'altitude. Un générateur produit un courant de quelques centaines de volts, comme ce qu'on trouve dans le vent solaire. Dans l'enceinte, deux sphères en métal contiennent des aimants. Selon qu'elles envoient ou reçoivent l'électricité du générateur, elles sont Soleil ou Terre. Dans ce montage, contrairement à la Terrella où elle était suspendue, la sphère est posée sur un socle que l'on peut déplacer à volonté et dont on peut régler la hauteur.

L'observateur, lui, est un géant dans l'espace, qui observe sous ses yeux la fabrication du vent solaire, son parcours, la création d'une cavité autour de la Terre (la magnétosphère), la ceinture de radiation qui entoure notre planète et la formation des aurores autour des pôles magnétiques...

Le nouveau montage s'inspire de la Terrella de Kristian Birkeland, car il est un démonstrateur d'aurores polaires, mais il va au delà de ça. Dans l'ancienne configuration, il n'était pas possible d'avoir deux sphères, car celles-ci s'attirent en raison des champs forts. Dans la nouvelle expérience, il est possible de multiplier le nombre de sphères et, ainsi, de regarder des interactions dans des configurations multiples. C'est pourquoi cette expérience s'appelle désormais la Planeterrella. Sa très grande souplesse permet également de simuler de très nombreux phénomènes spatiaux : en premier lieu, la formation des ovales auroraux, mais aussi, celle des ceintures de Van Allen, la création des cornets polaires et d'une zone de choc en amont de la magnétosphère. D'autres phénomènes sont moins fidèles à la réalité physique, et plus proches d'analogies. Ainsi en est-il de la formation de la couronne solaire et des trous coronaux. Ces extensions permettent à la Planeterrella de mieux assurer un rôle de transfert de la science vers différents types d'utilisateurs, des jeunes publics tout aussi bien que des plus âgés dans différentes régions du monde trop éloignées pour pouvoir bénéficier de ce spectacle naturel.

1. Les étudiants Cyril Simon, aujourd'hui chercheur à Graz en Autriche, Guillaume Gronoff, aujourd'hui chercheur à la NASA aux États-Unis, et Mathieu Barthélémy, aujourd'hui professeur à l'Université Grenoble Alpes.

## La Planeterrella, une invention scientifique

Grâce à ses expériences avec la Terrella, Kristian Birkeland a défriché un pan de la physique. En plus d'avoir effectué la première démonstration des aurores en laboratoire, la Terrella lui a permis d'être le premier à visualiser l'« anneau de courant » même s'il a donné une mauvaise interprétation à son observation, l'assimilant aux anneaux de Saturne. Cet anneau de courant sera découvert lors du premier vol spatial des États-Unis par James Van Allen en 1959 qui obtiendra le prix Crawford de Physique pour cette découverte.

La Planeterrella n'a pas échappé à cette possibilité d'observations inédites. Elle a permis en particulier de prévoir l'existence d'aurores bleues dans l'atmosphère de Mars<sup>2</sup>.

## Des utilisations inattendues

La machine n'a pas seulement séduit les physiciens/scientifiques. Depuis sa création, la Planeterrella a connu un succès croissant. Elle sert actuellement à la recherche scientifique et est un outil pédagogique pour l'enseignement de la physique dans différents domaines tels que le magnétisme, la spectroscopie et la physique atomique. Mais, sa destination principale reste le très grand public néophyte. La machine a été conçue pour être facile à démonter et remonter (sans outil) de façon à la montrer dans des classes, dans des maisons des jeunes et de la culture (MJC), ou lors d'événements de médiation et vulgarisation scientifique...

Les artistes, qu'ils soient peintres, sculpteurs ou conteurs, s'y intéressent aussi, s'en inspirent. En 2016, un spectacle a été créé par une troupe professionnelle autour de la Planeterrella et a été joué quinze fois en France et en Suisse. Cette nouvelle dimension artistique permet de multiplier les publics et d'apporter une autre forme de médiation à la diffusion des savoirs en astronomie. La Planeterrella aide à construire des passerelles interdisciplinaires au travers d'une diversification des usages.

Peut-être plus émouvant : de nombreux enfants des écoles envoient des dessins de la Planeterrella...



Dessin de Maël, CM2 à Vienne © Jean Liliensten / CNRS

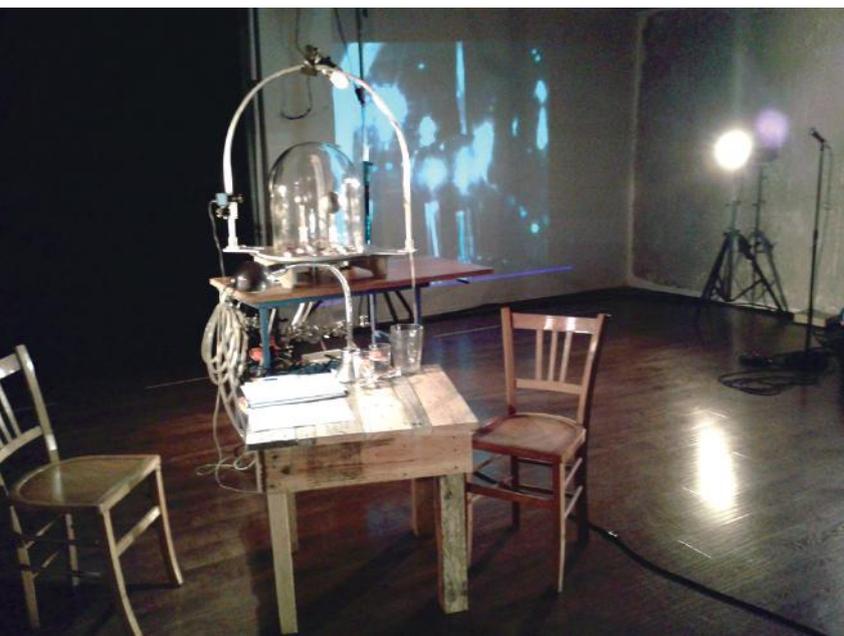
## La science en société

Parce que la recherche publique est « partage », aucun brevet n'avait été déposé pour la Planeterrella. À la place, et avec le soutien du CNRS, un accord informel avait été rédigé aux termes duquel Jean Liliensten, initiateur de la Planeterrella, s'engageait à donner les plans gratuitement et à aider à la construction jusqu'à ce que la manipulation fonctionne et à condition que le demandeur soit un service public (université, école, musée...). Évidemment, il n'y a, à ce stade, aucun retour économique, mais la valorisation sociale est bien là.

Chaque Planeterrella se construit dans un esprit de collaboration, avec un objectif de fédération de communautés d'utilisateurs qui continuent d'enrichir la Planeterrella et ses usages.

Cette forme de science en société a bien fonctionné jusqu'à présent, mais doit être totalement revisitée car, désormais, une douzaine de pays en voie de développement sont demandeurs de la machine et d'une formation. Or, les conditions de démonstration qui y règnent ne sont pas adaptées à la Planeterrella actuelle. Enfin, plusieurs pays demandeurs échouent parce qu'ils n'ont pas l'infrastructure industrielle pour en fabriquer une.

Il devient donc nécessaire de créer une nouvelle structure en lien avec le laboratoire et animée par des jeunes chercheurs pour assurer la construction, la location ou la vente, les services et prestations qui sont à la base et accompagnent le projet de valorisation de la Planeterrella... Les porteurs ont déjà créé une association et s'orientent vers la création d'une société coopérative d'intérêt collectif qui permettrait également, en accord avec la Division Technique de



Répétition de « Face à la Lumière », compagnie Ithéré, Grenoble © Jean Liliensten / CNRS

2. Liliensten J., Bernard D., Barthélemy M., Gronoff G., Simon-Wedlund C., Opitz A. 2015, [Prediction of blue, red and green aurorae at Mars](#), *Planetary and Space Science* 115 : 48-56.

l'Institut des sciences de l'univers (INSU) du CNRS, de repenser la Planeterrella pour la rendre facile à assembler, à transporter, à envoyer, résistante aux chocs et aux conditions difficiles. Cette structure sera à même de rechercher des financements pour les pays en voie de développement. Par exemple, des pourparlers sont en cours avec l'Unesco ; des contacts sont pris avec l'Agence française de développement et un partenariat est en cours de construction avec l'ONG Objectif Science International.

Quitte à interroger notre modèle, nous allons également y inclure de nouveaux usages sociétaux, en phase avec la communication moderne et les réseaux sociaux. Aujourd'hui, les Planeterrellas existent essentiellement dans des laboratoires de recherche et dans des musées occidentaux, avec un déploiement marginal. Le projet actuel consiste à l'ouvrir non seulement à d'autres musées mais aussi à d'autres publics. La création du club de planeterrelliens — une communauté d'usagers et co-développeurs en lien avec les vidéastes (ou youtubeurs, ou influenceurs...) — est un nouvel usage aux impacts sociétaux importants qui nous aidera à créer un lien fort entre utilisateurs des pays du Nord et du Sud, et donc avec une forte composante sociale. Nous souhaitons démontrer que la valorisation économique est une des formes de valorisation, pas la seule, et que la fédération de communautés d'utilisateurs partout dans le monde avec impact sur la formation et la médiation scientifique en est une autre.

Pour mener à bien ce projet, la structure reposera essentiellement sur des étudiants de l'Université Grenoble Alpes et sur leur association dévolue à la médiation scientifique, Auroralpes. Cette structure nouvelle constituera, en outre, une plateforme vers la professionnalisation de nos étudiants, pour construire des liens plus forts avec le transfert et les applications dans la société civile.

Le développement de la Planeterrella, puis d'autres pratiques de médiation scientifiques, contribuera à sensibiliser le public à la science, en commençant par la météorologie de l'espace. Ce développement passera par des ruptures d'usage et de R&D :

### ► Une rupture d'usage à forte valeur ajoutée et en forte croissance

Nous voulons faire de la Planeterrella un instrument de médiation et de vulgarisation scientifique destiné à tous, utilisé pour l'éducation scientifique, comprenant des fonctionnalités utiles pour la recherche et adapté à tous les pays, y compris ceux en voie de développement, avec création et animation d'une communauté d'usagers et co-développeurs (club de planeterrelliens).

### ► Une rupture en termes de modèle de création de valeur économique et sociétale

Nous sommes sensibles à une éthique industrielle dans l'économie circulaire : produire de la richesse *via* l'entreprise sur la base des connaissances Planeterrella ; financer des projets d'éducation et de vulgarisation *via* cette richesse ; générer un engouement (club des Planeterrelliens) et un soutien pour la recherche *via* les projets d'éducation et de partage des savoirs ; aider la recherche qui fournira de la matière à l'entreprise, exprimée sous des nouvelles formes, coopératives et collaboratives.

### ► Un saut technologique

La maturité technologique est grande pour un environnement protégé occidental (université, musée des sciences, etc.) et une Planeterrella construite sur place. Les contraintes nouvelles — conditions de terrain dans les pays en voie de développement,

envoi de machines à monter à l'autre bout du monde, support technique, etc. — obligent à reconsidérer totalement la machine, pour la rendre fiable, solide, transportable... Il faut concevoir, à dire vrai, une machine totalement nouvelle.

La Planeterrella de médiation est un instrument unique au monde au succès croissant non seulement auprès de la communauté scientifique mais aussi du grand public fasciné par sa beauté. Elle offre de nouvelles perspectives en avançant un nouveau modèle de science en société. La création du club de planeterrelliens en particulier questionnera le lien de la recherche scientifique et de la médiation sous un angle nouveau en misant sur la collaboration, la confiance et la réciprocité entre des partenaires variés, et entre des acteurs venant de milieux différents qu'ils soient scientifiques ou non. L'ambition est de créer, grâce à la fédération autour de la Planeterrella, un réseau élargi d'interconnaissances et de travail.

En complément de ce réseau, outil essentiel pour faire de Planeterrella un instrument de médiation et de vulgarisation scientifique, l'Institut des sciences humaines et sociales (InSHS) du CNRS peut jouer un rôle à son échelle dans la transmission du savoir sur certains territoires en s'inscrivant dans une démarche de science ouverte.

La difficulté de mettre à disposition la Planeterrella dans les pays en voie de développement pourrait être en partie estompée en s'appuyant sur la présence des unités de l'InSHS à l'international et sur leurs liens avec des acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche locaux. Certaines unités pourraient jouer un rôle de relai, dans une démarche de médiation et de vulgarisation scientifique tournée à la fois vers le grand public et vers le public de la recherche et de l'enseignement supérieur : dans les pays sub-sahariens avec l'unité [Environnement, Santé, Sociétés](#) (ESS, IRL3189, CNRS / Université Cheikh Anta Diop / Université Gaston Berger / CNRS / Université de Bamako) basée à Dakar, en Amérique du Sud avec l'unité [Amérique Latine](#) (USR3337, CNRS / MEAE / Université de Paris) présente notamment à Mexico, au Maghreb avec l'Institut de recherche sur le Maghreb contemporain (IRMC, USR3077, CNRS / MEAE / AMU) de Tunis, en Asie centrale avec l'[Institut français d'études sur l'Asie centrale](#) (IFEAC, UAR3140, CNRS / MEAE) de Bichkek, ainsi qu'en Asie avec l'[Institut de Recherche sur l'Asie du Sud-est Contemporaine](#) (USR3142, CNRS / MEAE) à Bangkok.

L'exemple de la Planeterrella montre à quel point les SHS jouent un rôle important dans la construction de passerelles interdisciplinaires pour aider différentes scientifiques à transférer la science auprès de différentes catégories de population, avec une incidence sur la modification des relations à la culture et des usages.

**Jean Liliensten, Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble – CNRS, Grenoble, France ; Baptiste Falque et Olivier Katz, Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble, Université Grenoble Alpes, France ; Aymane Hedaraly, Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble, France**

contact&info

► [planeterrella@auroralpes.fr](mailto:planeterrella@auroralpes.fr)

► Pour en savoir plus  
<http://planeterrella.osug.fr>