



De Planeterrella

Aurora binnen handbereik

Karolien Lefever
en het STCE-team

Weinig natuurfenomenen spreken zo tot de verbeelding als de aurora borealis. Het noorderlicht met eigen ogen zien staat ongetwijfeld op de *bucket list* van heel wat reizigers en het is dan ook iets dat je nooit zal vergeten. Al duizenden jaren doen tal van volksverhalen en legendes over poollicht de ronde. Het onbegrip over het ontstaan van het fenomeen boezemde mensen angst in en werd door de noordelijke volkeren vaak gelinkt aan de dood. Pas iets meer dan een eeuw geleden is de mensheid er voor het eerst in geslaagd het mechanisme achter dit mysterieuze lichtspel bloot te leggen. De Noorse wetenschapper Kristian Birkeland ontwierp een experiment dat de basis zou leggen voor onze kennis over het ontstaan van poollicht, lang voordat we de werking van de zon en haar interacties met onze aarde, diens atmosfeer en magnetisch veld onder de knie hadden. Een eeuw later herontdekte een andere wetenschapper, de Fransman Jean Lilensten, dit historisch experiment. Hij moderniseerde het om het aan het grote publiek te kunnen voorstellen. Het experiment in kwestie is de *planeterrella*, waarvan het Solar-Terrestrial Centre of Excellence (STCE) in Ukkel intussen twee exemplaren ontwikkelde.

Kristian Birkeland

Het poollicht werd pas vanaf de 17de eeuw vanuit een wetenschappelijk perspectief bestudeerd. De Franse astronoom Pierre Gassendi (1592-1655) en de Engelsman Edmund Halley (1656-1742) waren voorlopers, maar men moest uiteindelijk wachten op de Noorse Kristian Birkeland om de basis van het ontstaan van het poollicht te begrijpen.

Olaf Kristian Bernhard Birkeland werd op 13 december 1867 geboren in Oslo, Noorwegen. Van kindsbeen af aangetrokken door de wetenschap studeerde hij fysica en werd op 31-jarige leeftijd door Koning Oscar II benoemd tot professor in de fysica aan de Universiteit van Oslo. Ondanks het feit dat het noorderlicht regelmatig aanwezig was in zijn omgeving ontwikkelde Birkeland pas vanaf 1895 een wetenschappelijke interesse in het fenomeen. Hij leidde drie expedities naar het noorden van Noorwegen om het te bestuderen en stichtte het eerste permanente observatorium op de Haddle-berg, een bevoorrechte locatie op bijna 1000 meter hoogte en op 70° breedte, boven de poolcirkel, waar de kans om poollicht te zien het grootst is. Naast het noorderlicht bestudeerde Birkeland ook komeetstaarten, de ringen van Saturnus, en het zodiakaal licht.

Birkelands terrella

In 1901 begon Birkeland te werken aan de *terrella*. Hij legde de link tussen de activiteit van zonnevlekken en het verschijnen van noorderlicht. De Noorse fysicus voelde intuïtief aan dat er een vorm van interactie bestond tussen de zon en het magnetisme dat door de kern van de aarde werd gegenereerd. Zijn specialisatie in elektriciteit en magnetisme leidde tot de realisatie van een miniatuur-aarde die hij de *terrella* ('kleine aarde' in het Latijn) doopte.

De *terrella* is in werkelijkheid een elektrisch geleidende metalen sfeer waarin zich een kleine staaftmagneet bevindt, met een noord- en zuidpool, geplaatst in een vacuümkamer die Birkeland als het ruimtevacuüm beschouwde. Binnen deze lege ruimte stuurde hij een sterke stroom elektronen (men sprak toen van kathodestrallen). Natuurlijk is in deze 'lege' ruimte de leegte echter niet absoluut, er is nog steeds een kleine hoeveelheid lucht. Door een gelukkig toeval reproduceerde Birkeland de bovenste laag van de aardse atmosfeer (ongeveer 70 km boven de zeespiegel) met precies de juiste atmosferische druk; net iets meer of minder en het experiment zou geen enkel relevant resultaat opleverd hebben.

Zodra het experiment zich in absolute duisternis bevond, observeerden Birkeland en zijn assistent de gloed rondom de *terrella*. De wetenschappers merkten op dat de noord- en zuidpool van hun model gespaard bleef en dat het poollicht enkel in een ring daarrond voorkwam. Ze constateerden dat de gloed die in de vacuümkamer verscheen het pad aanduidde dat gevolgd werd door de elektrische deeltjes langsheen de magnetische veldlijnen, maar ze waren niet in staat – met de wetenschappelijke middelen van die tijd – om te begrijpen en te verklaren wat er zich voor hun ogen voltrok.

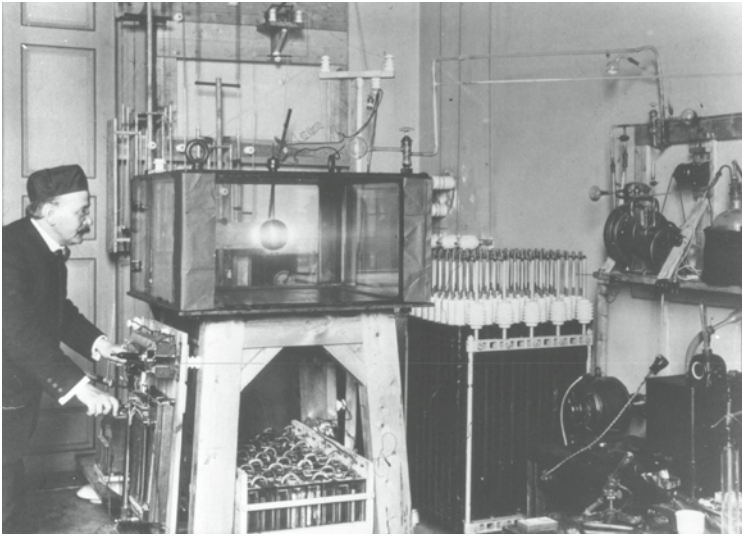


Birkeland in zijn laboratorium rond 1900

Natuurlijk geeft de *terrella* slechts een glimp weer van de invloeden tussen de zon en het magnetisme van de planeet aarde, maar het toont in elk geval de fameuze ovale zones waarin het poollicht waargenomen kan worden. Het duurde ongeveer een eeuw voordat de eerste satellietbeelden van de polen van de aarde de waarnemingen van Birkeland bevestigden.

Het mechanisme achter het poollicht

Het ontstaansmechanisme van het poollicht is zeer complex. Het wordt veroorzaakt door de wisselwerking van de zonnwind met het magnetisch schild rond de aarde, de magnetosfeer. Die wisselwerking geeft aanleiding tot veranderingen in de elektrische en magnetische velden rondom de aarde. Daardoor worden er elektronen uit de magnetosfeer naar de aarde toe versneld. Die elektronen botsen met de atomen in de bovenste lagen van de atmosfeer. Hierdoor krijgen ze extra energie, die ze zo snel mogelijk terug kwijt willen. Het atoom geeft deze energie af in de vorm van licht: het poollicht dat je 's nachts kan waarnemen. Hoe sterker de zonneactiviteit, hoe variabelere zonnwind, en hoe meer het poollichtverschijnsel – dat in feite permanent is – dynamische opflakeringen



De *terrella* in werking in het laboratorium van Birkeland.



Poollicht boven Skibotn, Noorwegen. Foto genomen door BIRA-wetenschapper Gaël Cessateur op 7 maart 2019 (Canon 6D, 14 mm, F / 2.8, belichtingstijd 15s).



Jean Lilensten en zijn *planetterrella*.



Het logo van het *planetterrella*-project

vertoont en ook op lagere breedtegraden zichtbaar wordt. De energie van de elektronen die de atmosfeer bombarderen bepaalt op welke hoogte het meeste licht wordt uitgezonden. Omdat de samenstelling van de atmosfeer verandert met de hoogte, betekent dit dat de kleur van het poollicht eveneens wijzigt. Zo betekenen groen en rood licht – de meest voorkomende kleuren bij het poollicht – dat er atomair zuurstof aanwezig is tussen 100 en 250 kilometer hoogte. Het paars (of roze) is een symptoom van de aanwezigheid van moleculair stikstof tussen 70 en 100 kilometer hoogte.

De *planetterrella*

Birkeland bouwde zijn *terrella*'s in Noorwegen. Andere *terrella*'s zagen een beetje overal in Europa het daglicht. Allen raakten in vergetelheid, zelfs die van Birkeland... Tot op het moment dat Jean Lilensten, onderzoeksdirecteur aan het Centre national de la recherche scientifique (CNRS), het een eeuw later een moderne make-over gaf. Jean Lilensten werkt aan het Instituut voor Planetologie en Astrofysica van Grenoble (IPAG) en is één van de pioniers van ruimteweer in Europa, waardoor hij in het kader van zijn functie vaak de regio's rond de poolcirkel bezocht om er het noorderlicht te bestuderen. Tijdens een van die zendingen hoorde hij spreken over de restauratie van, naar men vermoedt, de laatste door Birkeland ontwikkelde *terrella* door een lokale ingenieur en specialist in de geschiedenis der wetenschappen, Terje Brundtland. Na het bijwonen van een demonstratie van deze historische *terrella*, droomde hij ervan een vergelijkbaar toestel te ontwikkelen. Aan de hand van gerecupereerde onderdelen start hij met de realisatie van de eerste moderne *terrella*. Al snel verbeterde hij het originele experiment, voegt een tweede bol toe en vindt heel wat andere configuraties uit. Zo is het mogelijk om het poollicht van Uranus en Neptunus te simuleren, of de invloed van Ganymedes – de grootste maan van Jupiter – op de planeet Jupiter, of algemener alle interacties tussen sterren en hun planeten die in het bezit zijn van een magnetisch veld, en dus ook het poollicht op aarde. Het experiment werd uiteindelijk *planetterrella* gedoopt, als eerbetoon aan Kristian Birkeland.

Gaandeweg betreft hij ook enkele vrienden en collega's in het experiment, waaronder ook Cyril Simon die de opstelling tijdens zijn verblijf als wetenschapper aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA) naar het Plateau van Ukkel brengt. Dit eerste experiment, dat tot op de dag van vandaag gebruikt wordt voor wetenschappelijke doeleinden, was zo'n succes dat er al gauw een tweede versie volgde, ontwikkeld voor puur educatieve doeleinden. Deze kan vanaf heden bewonderd worden in het Planetarium van Brussel.

Bewonder het noorderlicht live in Brussel

De *planetterrella* in het Planetarium werd gebouwd door het STCE op basis van de plannen van Jean Lilensten, en in het bijzonder door de intussen gepensioneerde Eddy Equeter van het BIRA. Wetenschappers van het BIRA zijn actief in verschillende domeinen van het poollichtonderzoek, en zij waren daarom bijzonder geïnteresseerd in de *planetterrella*. Het STCE verenigt de expertise van wetenschappers van de drie federale wetenschappelijke instituten in Ukkel (het BIRA, de Koninklijke Sterrenwacht van België en het Koninklijk Meteorologisch Instituut) op vlak van de interacties tussen de ruimte, de zon en de aarde.

De *planetterrella* bestaat uit een glazen koepel, waar we met een vacuümpomp (bijna) alle lucht uitzuigen: er blijft een heel ijl neutraal gas over. Onder deze glazen koepel bevinden zich twee sferen (een grote en een kleine) en een staafje. Deze drie metalen objecten kunnen fungeren als elektroden. Om de *planetterrella* te laten werken heeft men

een positief geladen kathode en een negatief geladen anode nodig. Als anode kiest men de sfeer die de aarde moet nabootsen; als kathode kiest men hetzij het metalen staafje, hetzij de tweede sfeer. In beide sferen zit een staafmagneet met een duidelijke noord- en zuidpool.

Door een hoogspanning van 500 à 1000 Volt op deze elektroden aan te sluiten ontstaat een elektrisch spanningsverschil. Het spanningsverschil zorgt ervoor dat negatief geladen elektronen van de negatieve elektrode loskomen en naar de positieve elektrode bewegen. Terwijl ze naar de positieve elektrode bewegen krijgen ze extra energie – tot 500 à 1000 Volt – waardoor ze sneller vliegen en botsen met de enkele lucht-moleculen die nog in de planeterrella aanwezig zijn. Deze moleculen springen hierdoor naar een hogere energietoestand. Bij het terugvallen naar hun normale energietoestand geven ze licht. Elke soort molecuul heeft zijn eigen specifieke kleuren. In de planeterrella zit meestal gewone lucht (moleculair stikstof en zuurstof) en dat leidt tot een paarse kleur. Simulaties van atmosferen met een andere chemische samenstelling zijn echter ook mogelijk en die kunnen andere kleuren tevoorschijn toveren.

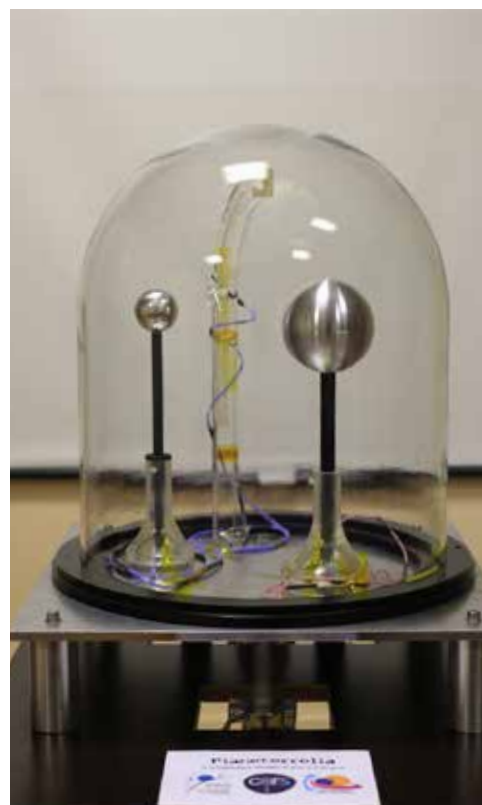
Nu is er in de planeterrella nog iets bijkomend aan het werk. In de elektroden van de planeterrella zit er een magneet. De versnellende elektronen volgen de magnetische veldlijnen, en daardoor wordt het lichtschijnsel geconcentreerd. En dat is precies wat er in het magneetveld rond de aarde gebeurt. De bron van elektronen in de aardse magnetosfeer bevindt zich doorgaans in de magnetostaart, te vergelijken met een komeetstaart die zich achter de aarde bevindt en van de zon weg wijst. Deze bron is extra sterk tijdens geomagnetische stormen. Door de dipool-vorm van het aardmagnetisch veld komen deze elektronen terecht in twee ringvormige gebieden rond de aardmagnetische polen, de zogenaamde poollicht-ovalen, ééntje voor het noorderlicht, ééntje voor het zuiderlicht.

Al deze effecten maken deel uit van het ruimteweer: de zon beïnvloedt de omgeving van de aarde, soms met nefaste gevolgen voor ruimte-tuigen en astronauten, soms ook met negatieve gevolgen op het aardoppervlak, maar tegelijk met prachtige verschijnselen zoals het poollicht.

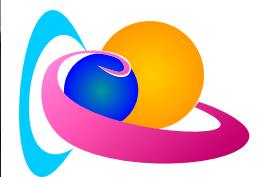
De *planeterrella* is niet alleen relevant op wetenschappelijk vlak, maar is ook spectaculair om te zien... en kleurrijk! Rond de magnetische sferen vormt zich een gloed met paarse en rode tinten, wat het geheel een esthetisch, zelfs artistiek aspect geeft. Kom zeker eens langs op het Planetarium van de Koninklijke Sterrenwacht aan de Heizel om het live te bewonderen! Poollicht in Brussel, dat zie je niet elke dag!



De Planeterrella tijdens zijn installatie in Courrières (2017).



De Planeterrella van het Solar-Terrestrial Centre of Excellence in Ukkel, nu te bewonderen in het Planetarium van de Koninklijke Sterrenwacht van België aan de Heizel.



Het logo van het STCE

Bronnen

Met dank aan Simon Lericque (GAAC). Naar aanleiding van onze samenwerking in het kader van de Astronomiques de Courrières schreef hij een artikel over de Planeterrella in 'La porte des étoiles n°37' (<http://astrogaac.fr/index.php?id=22>), op basis waarvan dit artikel geschreven werd.

Website van de planeterrella:

<http://planeterrella.osug.fr>

Website van het Planetarium:

<http://planetarium.be>

Website van het STCE:

<http://www.stce.be>

De auteur

Karolien Lefever is diensthoofd communicatie van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie.

Het STCE is bij uitstek het Belgische Zon-Ruimte-Aarde centrum. Wetenschappers proberen de zon te begrijpen en te voorspellen hoe zonneuitbarstingen door de ruimte reizen en de aarde beïnvloeden. De onderzoekers gebruiken hiervoor een schare satellieten en telescopen, die ze zelfs mee helpen ontwikkelen. Het STCE staat echter niet alleen, het werkt samen met bedrijven uit binnen- en buitenland, met universiteiten en andere wetenschappelijke instellingen.