

BRAMS

Een Belgisch netwerk voor radiodetectie van meteoren

Achtergrond

Terwijl de aarde rond de zon draait, komt zij continu in botsing met brokstukken. Deze brokstukken hebben zeer verschillende afmetingen, met een diameter van enkele microns tot enkele meters. Ze vormen het zogenaamde ‘interplanetaire stof’. De totale massa van de deeltjes die elke dag in onze atmosfeer terechtkomen, wordt geschat tussen de 40 en 100 ton. Wanneer zo een deeltje botst met de aarde, heeft het een hoge snelheid (meer dan 11,2 km/s), wordt het erg heet door de wrijving met de atomen en moleculen in de bovenste luchtlagen (80-120 km hoogte) en kan het een visueel fenomeen genaamd ‘meteor’ of ‘vallende ster’ veroorzaken (zie figuur 1). Deze deeltjes vinden hun oorsprong ofwel in botsingen van planetoiden (men spreekt over sporadische meteoren omdat ze op elk moment en uit elke richting kunnen komen), ofwel in het stof dat vrijkomt wanneer komeetkernen de zon naderen (dit zijn de meteorozwermen, die jaarlijks op hetzelfde tijdstip plaatsvinden).

8



Figuur 1: Een meteor die werd waargenomen tijdens de Perseïden op 8 augustus 2007 (gemaakt door Jimmy Westlake, Colorado, USA)

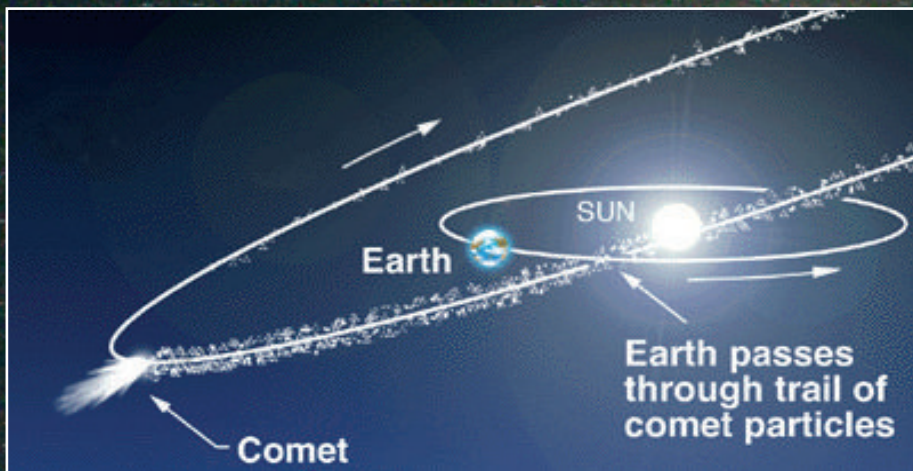
Radiodetectie van meteoren

Een opbrandend interplanetair stofdeeltje produceert een spoor van elektronen in zijn kielzog. Hierop kan een radiogolf in de VHF-band (Very High Frequency, frequenties tussen 30 en 300 MHz) weerspiegelen. De reflectie duurt tussen een paar tienden van seconden voor kleinere objecten tot enkele minuten voor grote objecten. Onder bepaalde

geometrische condities kan het gereflecteerd radiosignaal worden ontvangen door een ontvangststation dat naar de frequentie van de zender luistert. Dit is het principe van radiodetectie van meteoren.

De reflectie is in wezen spiegelen, wat betekent dat het meeste vermogen van één enkel punt van het traject komt. De zender en ontvanger kunnen zich op

dezelfde plaats bevinden ('back scattering' of radarsysteem) of niet (dit heet 'forward scattering'). Het tweede systeem heeft een complexere geometrie, maar het heeft geen last van een selectie-effect dat we kennen bij radarsystemen, genaamd het 'echo plafond'. Dit selectie-effect beperkt de detectie van zwakke en snelle meteoren. De twee belangrijkste voordelen van radio-observatie van meteoren in vergelijking met optische waarnemingen zijn: ten eerste, een grotere gevoeligheid voor kleine objecten (die ook het meest talrijk zijn, maar geen oplichtende meteor produceren) en ten tweede, de mogelijkheid van continue waarnemingen (optisch waarnemen kunnen we enkel 's nachts en bij heldere hemel).



BRAMS

Het project BRAMS (Belgian Radio Meteor Stations) werd in 2009 opgestart door het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA). Dit project maakt gebruik van de techniek van 'forward scattering' met een speciale zender en een aantal ontvangststations verspreid over het Belgische grondgebied. De belangrijkste wetenschappelijke doelstellingen van het project zijn:

- 1) de berekening van de trajecten van meteoren. Dit vereist de waarneming van eenzelfde meteor door verschillende stations, waarbij elk station informatie geeft over één enkel punt van het traject.
- 2) de berekening van de flux-dichtheden (aantal meteoren met een bepaalde massa per tijdseenheid en per oppervlakte-eenheid) en de massa-index in meteoroorzwermen (die een idee geeft van de massaverdeling).
- 3) analyse van individuele meteoorecho's om fysische informatie over het deeltje, zoals snelheid, afremming, ionisatie of massa, te verkrijgen.

Het jaar 2010 was voornamelijk gewijd aan de technische uitvoering en de ontwikkeling van de nodige technologie voor BRAMS. De inspanningen waren vooral gericht op de keuze, de aanschaf en de installatie van de zendapparatuur, de ontvangers, en de ontwikkeling van algoritmen voor de gegevensverwerking. Het BRAMS-netwerk moet operationeel zijn in de zomer van 2011.



Zender

Sinds september 2010 heeft het BIRA een eigen zender op de site van het Geofysisch Centrum (Centre de Physique du Globe) in Dourbes. Deze site werd gekozen omwille van zijn geografische locatie, de bestaande infrastructuur en de aanwezigheid van technici en ingenieurs van het KMI om eventuele problemen aan te pakken. Het Belgisch Instituut voor Postdiensten en Telecommunicatie (BIPT) zorgde voor een vergunning voor het uitzenden van een zuivere sinusgolf (frequentie 49,97 MHz en vermogen 150 watt). De keuze van de frequentie werd bepaald op wetenschappelijke gronden (het vermogen en de duur van het signaal vermindert snel als de frequentie toeneemt) en praktische redenen (om reflecties op de E-laag van de ionosfeer te vermijden moet de frequentie groter zijn dan 30 Mhz; de gekozen frequentie is relatief 'schoon' omdat er weinig andere zenders in dat frequentiedomein werken). De zendantenne is een gekruiste Yagi-antenne met twee verticaal uitzendende elementen, met een relatief brede stralingshoek voor het bestrijken van een oppervlakte die groot genoeg is op 100-120 km hoogte (zie figuur 2).



Fig. 2. De zendantenne op de site van het Geofysisch-Centrum in Dourbes. De signaalgenerator en de versterker staan in de houten barak op de achtergrond.

10

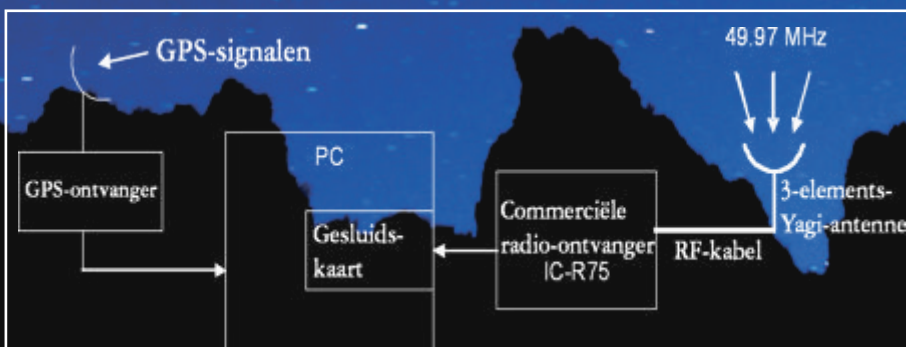


Fig. 3: Schema van een ontvangststation.

Elk station bestaat uit een 3-elementen-Yagi-antenne, een RF-kabel, een commerciële radio-ontvanger (IC-R75) en een GPS-ontvanger. De lokale gebruikers leveren de pc. De antenne staat naar de zender toe gericht en wijst naar een punt op een hoogte van ongeveer 100 km boven Dourbes. Aangezien het door het baken 'verlichte' volume relatief groot is, gebruikt

het BIRA een 3-elementen-Yagi-antenne (met een beperkte richtingsgevoeligheid), omdat de richting van de meteor a priori onbekend is. De antenne is met een RF-kabel aangesloten op een commerciële ontvanger, die de frequentie verlaagt tot ongeveer 1 kHz (zoals ook het geval is bij een dagdagelijkse FM-ontvanger). De praktische reden daarvoor is dat de geluidskaart van de PC nu het analoge signaal kan bemonsteren. Daarna wordt het signaal opgeslagen en verwerkt. Een ander voordeel is dat dit signaal in het audiogebied zit en dat de meteorrecho's daarom met luidsprekers hoorbaar zijn. Dit heeft geen bijzondere wetenschappelijke waarde, maar dit aspect is wel belangrijk voor de amateurs die het project willen tonen aan hun bezoekers. Tot slot zorgt een GPS-klok voor de synchronisatie van gegevens tot op minder dan een milliseconde. Figuren 4 en 5 toont twee ontvangststations, één vlakbij het BIRA, de andere op het dak van volksterrenwacht Mira in Grimbergen.



Figuur 4 en 5: 3-elementen-Yagi-antennes in Ukkel (links) en in Grimbergen (rechts, pagina 11).

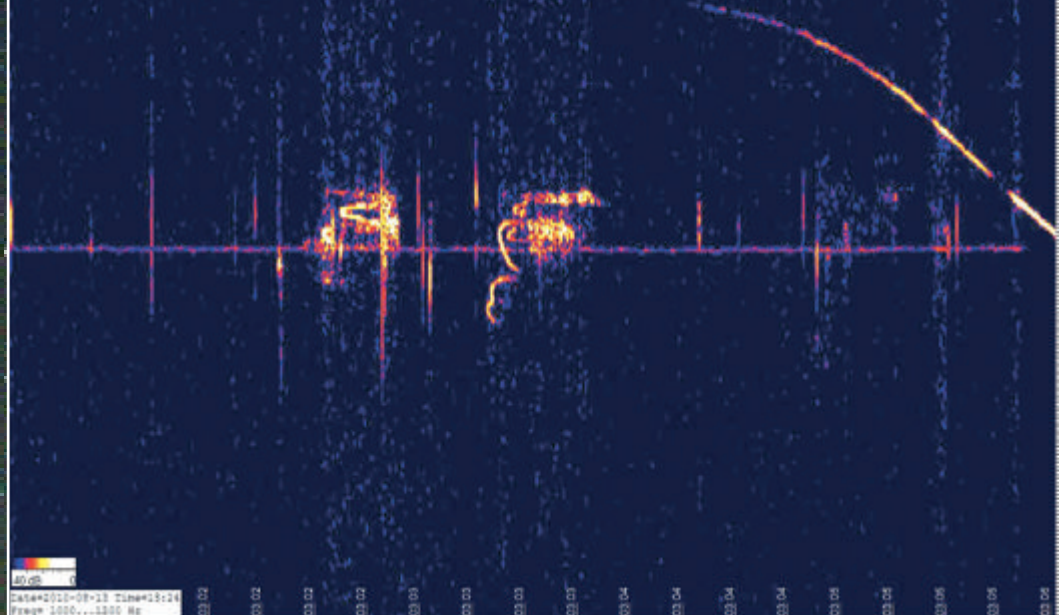
Ontvangers

Op het einde van 2011 moeten ongeveer 25 ontvangststations over het hele Belgische grondgebied deel uitmaken van het BRAMS-netwerk. Het BIRA werkt hiervoor samen met verschillende radioamateurs en amateur-sterrenkundigen. Het materiaal werd aangekocht door het BIRA en is identiek voor elk station. Hierdoor zijn de resultaten makkelijk te vergelijken. Figuur 3 illustreert het schema voor een ontvangststation.

Eén ontvangststation is anders dan de andere. Het is een interferometer die bestaat uit vijf 3-element-Yagi-antennes die toelaten om de richting van het ontvangen signaal met een precisie van 1° te meten. De waarnemingen van deze interferometer kunnen gecombineerd worden met die van verschillende enkelvoudige stations om het traject van een individuele meteor nauwkeurig te berekenen. De teamleden installeerden de interferometer op de radioastronomische site van Humain, vlakbij Rochefort. Deze site is eigendom van de Koninklijke Sterrenwacht van België.

Overdracht, opslag en analyse van de gegevens

Omdat meteoren continu voorkomen, moeten de observaties ononderbroken gebeuren. Elk ontvangststation verzamelt dagelijks ongeveer 1 gigabyte aan informatie. Deze gegevens worden lokaal opgeslagen en regelmatig opgestuurd naar het BIRA, dat ze analyseert en archiveert. De initiële spectrumanalyse kan ook lokaal en in real time gebeuren. Dit laat toe om een spectrogram te maken, dit wil zeggen een grafiek die de intensiteit geeft in functie van de tijd en de frequentie. Een kleurcode geeft de intensiteit weer. Figuur 6 toont hiervan een voorbeeld. Gezien de enorme hoeveelheid gegevens moet de verwerking automatisch verlopen. Het BIRA ontwikkelt op dit moment de nodige algoritmes, voornamelijk voor het automatisch tellen van de echo's in de spectrogrammen.



Figuur 6: Grafiek die de evolutie van de frequentie-inhoud in functie van de tijd weergeeft. Op de abscis staat de tijd (5 minuten in totaal), de ordinaat is de frequentie (van 1 tot 1,2 kHz). De horizontale lijn is het directe signaal van het baken. De verticale sporen zijn de meteor-echo's. Ze zijn zeer kortstondig en ze hebben een kleine afwijking van de bakenfrequentie omwille van het Dopplereffect, dat te wijten is aan de beweging van de elektronen en het spoor dat zich vermengt (diffundeert) in de neutrale atmosfeer. Het langdurige signaal met een omgekeerde S-vorm rechts is een echo op een vliegtuig. Men ziet soms ook bijzondere meteorecho's ('epsilons') waarvan we de oorsprong nog niet begrijpen.

Conclusies en vooruitzichten

De studie van meteoren heeft zijn nut voor diverse domeinen. Ze beïnvloeden de chemie van de hoge atmosfeer. Wellicht zijn meteoren de oorzaak van lichtende nachtwolken (NLC's). Ook voor de astrofysica is de studie van meteoren belangrijk, omdat ze inzicht geeft in de ontgassing van kometen en in de dynamische evolutie van interplanetair stof.

Het interplanetair stof dat meteoren veroorzaakt, vormt een gevaar voor satellieten. De ruimtevaartagentschappen ESA en NASA houden daarom sinds kort rekening met een nauwkeurig statistisch model voor de meteorflux. Met het BRAMS-netwerk kan het BIRA een significante bijdrage leveren aan deze studies. Het netwerk zal operationeel zijn in de zomer van 2011 en dus klaar zijn voor de observatie van de Perseïden in augustus en de Draconiden begin oktober. De Draconiden zijn normaal gezien een zwakke zwerm, maar specialisten voorspellen een piek tot 600 meteoren per uur (met het blote oog en onder ideale omstandigheden) dit jaar. (Dit is tot zes keer meer dan de Perseïden in de voorbije jaren.) De wetenschappers bereiden verschillende observatiecampagnes voor. Het zal belangrijk zijn voor BRAMS om deel te nemen aan deze internationale inspanning. □

Meer
<http://brams.aeronomie.be>