

Scheppersinstituut Mechelen  
Schooljaar 1998-1999

# METEOR SCATTER

Vakgroep Wetenschappen  
Meneer I. Van den Broeck  
promotor

Eindwerk aangeboden door  
Steven Hostyn  
6E Latijn-Wetenschappen B

**WOORD VOORAF**

Bij de aanvang van dit eindwerk wil ik mijn dankbaarheid betuigen aan alle mensen die bijgedragen hebben tot de realisatie van dit project, dat deel uitmaakt van het vormings- en opvoedingsproject van het Scheppersinstituut.

Vooreerst gaat mijn oprechte dank naar mijn promotor, meneer I. Van den Broeck, die erin toestemde mij te begeleiden bij de voorbereiding en het opzoekingswerk. De kostbare tijd die hij wist vrij te maken leverde een aantal nieuwe inzichten op.

Verder gaat mijn dank uit naar de heer L. Wouters, die door zijn jarenlange ervaring met elektronica de realisatie van het praktische gedeelte van dit project mogelijk maakte.

Eveneens wil ik mijn dank betuigen aan de radioamateurclub van Lier en de heren C. Steyaert en E. Hamers die belangrijke raadgevingen inbrachten ter realisatie van dit project.

**INHOUDSOPGAVE**

|  |    |    |
|--|----|----|
| <b>Woord vooraf</b>                            |    | 2  |
| <b>Inhoudsopgave</b>                           |    | 3  |
| <b>Lijst van de afkortingen</b>                |    | 4  |
| <b>Inleiding</b>                               |    | 5  |
| <b>1 Meteoren</b>                              |    | 6  |
| <b>1.1 Meteoroiden - Meteoor - Meteoriet</b>   |    | 6  |
| <b>1.2 Meteorenzwermen</b>                     |    | 6  |
| <b>1.3 Daglichtmeteoren</b>                    |    | 7  |
| <b>2 Meteor Scatter</b>                        |    | 8  |
| <b>2.1 Meteor scatter</b>                      |    | 8  |
| 2.1.1 Wat is meteor scatter?                   |    | 8  |
| 2.1.2 Forward scatter                          |    | 8  |
| <b>3 Forward Scatter</b>                       |    | 10 |
| <b>3.1 De zender</b>                           |    | 10 |
| 3.1.1 Vereisten voor een bruikbare zender      | 10 |    |
| 3.1.2 Soorten zenders                          |    | 11 |
| <b>3.2 Tussen zender en ontvanger</b>          |    | 12 |
| 3.2.1 Reflectie op het ionenspoor              |    | 12 |
| 3.2.2 Geometrie van het ionenspoor             |    | 13 |
| 3.2.3 Diffusie van het ionenspoor              |    | 15 |
| 3.2.4 Invloed van wind                         |    | 16 |
| 3.2.5 Voorbeelden                              |    | 17 |
| 3.2.6 Interferentie                            |    | 18 |
| <b>3.3 De antenne</b>                          |    | 19 |
| <b>3.4 De ontvanger</b>                        |    | 22 |
| <b>3.5 Registratie</b>                         |    | 23 |
| 3.5.1 Manueel waarnemen                        |    | 23 |
| 3.5.2 Registratie met een pen recorder         |    | 23 |
| 3.5.3 Registratie met een elektronisch circuit |    | 24 |
| 3.5.4 Registratie met computer                 |    | 24 |
| <b>4 Besluit</b>                               |    | 25 |
| <b>5 Bijlagen</b>                              |    | 26 |
| <b>5.1 Waarnemingsresultaten</b>               |    | 26 |
| <b>5.2 Meteorenzwermen</b>                     |    | 33 |

|            |                                    |    |
|------------|------------------------------------|----|
| <b>6</b>   | <b>Literatuurlijst</b>             | 34 |
| <b>6.1</b> | <b>Internet</b>                    | 34 |
| <b>6.2</b> | <b>Geraadpleegde werken</b>        | 34 |
| <b>6.3</b> | <b>Geraadpleegde tijdschriften</b> | 34 |
| <b>6.4</b> | <b>Andere bronnen</b>              | 34 |

## LIJST VAN DE AFKORTINGEN

|        |                               |
|--------|-------------------------------|
| AGC    | Automatic Gain Control        |
| AFC    | Automatic Frequency Control   |
| cf.    | Confer (Lat., vergelijk)      |
| d.w.z. | Dat wil zeggen                |
| FM     | Frequentiemodulatie           |
| i.e.   | Id est (Lat., dat wil zeggen) |
| Lat.   | Latijn                        |
| m.b.v. | Met behulp van                |
| RDS    | Radio Data System             |
| VHF    | Very-High Frequency           |
| ZHR    | Zenithal Hourly Rate          |

## INLEIDING

Iedereen heeft wellicht al eens een meteor of ‘vallende ster’ gezien: een lichtflits die glijdt over de donkere hemel. Wat opvalt is dat een meteor alleen in het donker te zien is. En tot voor de Tweede Wereldoorlog waren de meeste mensen het eens dat een vallende ster typisch is voor de nachtelijke hemel. Na de Tweede Wereldoorlog werd heel wat militair materiaal afgedankt, waaronder vele radarinstallaties; de geboorte van een tak van de astronomie: radiosterrenkunde. Op dat moment worden zwermen van meteoren die enkel overdag actief zijn (bij toeval) ontdekt.

In het begin van de jaren ‘50 werd radiosterrenkunde toegankelijk voor amateurs. Op dat moment wordt steeds meer gebruik gemaakt van radiotoestellen en meteen wordt het begrip ‘meteor scatter’ geboren: luisteren naar meteoren!

Heden is meteor scatter een zeer populaire methode om meteoren waar te nemen, zowel overdag als ‘s nachts. Het is vrij eenvoudig, niet echt duur en dus heel toegankelijk voor amateur-astronomen. In België zijn onder andere de universiteit van Gent (Ramses) en een aantal leden van de VVS actief op het gebied van meteor scatter.

Het is niet mijn bedoeling geweest om een zuiver theoretisch werk te maken over dit onderwerp. Het heeft weinig zin om uit te leggen hoe radiogolven ontstaan en wat ze zijn of hoe een radio werkt. De essentie van meteor scatter is immers het praktisch gebruik van zender, ontvanger, ... Het is eerder een (wetenschappelijke) beschrijving van het principe ervan, een handleiding.

## **1 METEOREN**

### **1.1 Meteoroiden - Meteor - Meteoriet**

Elke dag valt ongeveer 400 ton kosmisch afval naar de Aarde. De meeste van deze stofdeeltjes of meteoroiden zijn klein genoeg om niet gezien te worden. Maar 5 à 10 keer per uur valt (lokaal) een stofdeeltje ter grootte van een graankorrel door de atmosfeer met een snelheid tussen 11,2 (ontsnappingsnelheid van de aarde) en 72 km/s (snelheid van een meteoroid die frontaal met de aarde botst). De wrijving met de lucht bij deze snelheid doet het stofdeeltje verbranden en het licht op bij een temperatuur van 2000 °C. Dit oplichtend stofdeeltje wordt een (sporadische) meteor genoemd, beter bekend als ‘vallende ster’. Wanneer een meteoroid groot genoeg is kan het zijn dat het niet helemaal opbrandt en inslaat op aarde. Het deeltje dat op het aardoppervlak valt, noemt men een meteoriet en kan eventueel een krater veroorzaken.

### **1.2 Meteorenzwermen**

Wanneer de baan van de Aarde de baan van een komeet nadert in haar baan om de zon, wordt een spoor van materie (van de komeetstaart) achtergelaten. Als de Aarde deze stofwolken doorkruist, kan men vanop het aardoppervlak meer meteoren dan in een gemiddelde nacht zien. De ZHR-waarde ligt tussen 5 en 150. Deze meteorenzwermen komen jaarlijks terug omdat de aarde ieder jaar op dezelfde baanpositie terugkeert. Meteorenzwermen worden genoemd naar het sterrenbeeld waarin de radiant zich bevindt. De belangrijkste zijn Boötiden met radiant in Boötes, Perseïden met radiant in Perseus en Geminiden met radiant in Gemini. Elke meteorenzwerm heeft bepaalde karakteristieken: radiant, ZHR, periode, snelheid, kleur en chemische samenstelling. Vlak na de periheliumdoorgang van de moederkomeet komt een sterke activiteit voor wegens de nieuwe stofdeeltjes die de komeetstaart achterlaat. In extreme gevallen is er dan een meteorenstorm te zien. De bekendste meteorenstorm is die van de Leoniden.

### **1.3 Daglichtmeteoren**

Daglichtmeteoren zijn afkomstig van meteorenzwermen waarvan de rechte klimming en declinatie van de radiant zich in de buurt van de rechte klimming en declinatie van de zon bevindt. Bijgevolg zijn deze zwermen enkel overdag waarneembaar en dit slechts via radiomethoden. De meest gebruikte methode is meteor scatter (zie infra).

## **2 METEOR SCATTER**

### **2.1 Meteor scatter**

#### **2.1.1 Wat is meteor scatter?**

Meteor scatter is een vorm van elektromagnetische golfgeleiding waarbij een zender radiogolven uitzendt. Via het geïoniseerde spoor van een meteor, dat tijdelijk fungeert als een reflector voor radiogolven, kunnen deze golven opgevangen worden door een ontvanger. Een meteor genereert zelf geen detecteerbare radiogolven.

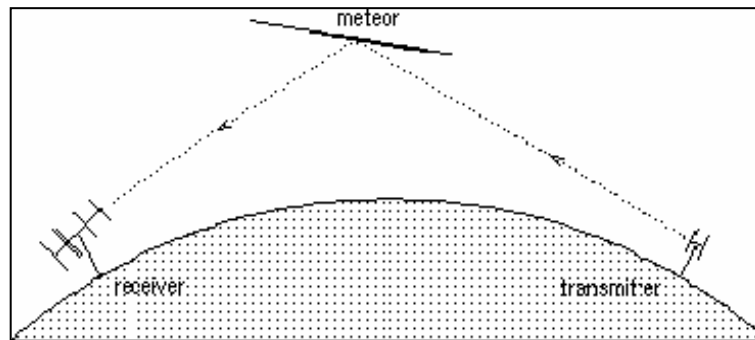
Er bestaan 2 vormen van meteor scatter. In het geval van *forward scatter* staan zender en ontvanger op verschillende plaatsen, afhankelijk van de gebruikte frequentie. In het geval van *backscatter* vallen zender en ontvanger samen. Typisch hierbij is de radar.

Meteor scatter kan dag en nacht gebruikt worden, zodat ook daglichtmeteoren kunnen bestudeerd worden. Het kan ook gebruikt worden voor militaire doeleinden: communicatie en radar. Uit dit laatste is de studie van daglichtmeteoren ontstaan nadat na WO II heel wat radartoestellen vrij kwamen.

#### **2.1.2 Forward scatter**

Forward scatter maakt gebruik van de kromming van de aarde. Ergens ter wereld zendt een radiostation op een bepaalde frequentie radiogolven uit. Tussen 300 en 2000 km westwaarts bevindt zich de ontvanger. Door de kromming van de aarde kan de ontvanger de zender niet rechtstreeks ontvangen.





*figuur 1: Het principe van forward scatter.*

Wanneer nu een meteor door de dampkring valt, laat het een spoor van geïoniseerde lucht moleculen achter. Dit geïoniseerd spoor kan fungeren als reflector voor de radiogolven, uitgezonden door de zender, zodat de radiogolven wel kunnen ontvangen worden door de ontvanger.

De frequentie van de radiogolven, uitgezonden door de zender, is dezelfde als die waarop de ontvanger afgesteld staat, rekening houdend dat de frequentie 'leeg' moet zijn, d.w.z. dat de zender onder normale omstandigheden niet mag kunnen ontvangen worden. In dicht bevolkte gebieden als West-Europa kan het vinden van zo'n lege frequentie een probleem zijn daar vele frequenties in de meest gebruikte band, de VHF-band (Very-High Frequency, tussen 30 en 100 MHz) bezet worden door lokale radiostations. Ook moet gezocht worden naar een sterke zender (enkele tientallen kW) opdat het te ontvangen signaal niet al te zwak is.

### **3 FORWARD SCATTER**

#### **3.1 De zender**

##### **3.1.1 Vereisten voor een bruikbare zender**

Om meteor scatter signalen te kunnen ontvangen is een radiozender nodig. Amateur-kringen maken gebruik van reeds bestaande zenders (buitenlandse radiostations). Deze zender moet wel aan bepaalde voorwaarden voldoen om gebruikt te kunnen worden.

Ten eerste moet het uitzenden in de juiste frequentieband. Lagere frequenties (ongeveer onder 30 MHz) zijn niet bruikbaar, omdat het radiostation dan ontvangen wordt doordat de radiogolven weerkaatsen op de ionosfeer en niet op het geïoniseerde meteoorspoor. Hogere frequenties (ongeveer boven 150 MHz) zijn ook niet bruikbaar, zoals theoretisch blijkt dat de maximale hoogte van de waarneembare meteoren afneemt met toenemende frequentie. Eveneens zal de duur en de sterkte van de reflecties afnemen. Meestal neemt men als compromis frequenties tussen 40 en 100 Mhz.

Ten tweede moet de zender ver genoeg van de ontvanger gelegen zijn om te voorkomen dat het signaal rechtstreeks ontvangen wordt. Men kan ook een zender gebruiken die afgeschermd is door een berg(keten). Zonder berg(keten) bedraagt de minimale afstand ongeveer 600 km. Het absolute maximum is ongeveer 2000 km. In theorie is het mogelijk om observaties te doen zonder deze vereiste, maar dan moeten speciale methoden gehanteerd worden.

Ten derde moet de sterkte van de zender voldoende hoog zijn. Het bepalen van de minimumsterkte is niet mogelijk, omdat het afhangt van de afstand tussen zender en ontvanger, het soort antenne van beide stations, de gevoeligheid en bandbreedte van de ontvanger, de detectiemaniër,... Algemeen kan gesteld worden dat minimum enige kW sterkte nodig is en hoe sterker de zender, hoe beter.

### 3.1.2 Soorten zenders

#### a) FM radiostations

Deze zenders zijn zeer populair. Hun frequentie (87.50 - 108.00 MHz) is vrij gunstig en de zendersterkte varieert van enkele W tot enkele honderden kW. Het voornaamste probleem van deze band is dat het zoeken van een bruikbare frequentie binnen een radius van 2000 km niet evident is, omdat er een enorm aantal stations op dezelfde frequentie uitzenden in het dichtbevolkte Europa. Een mogelijke oplossing is het gebruik van het RDS (Radio Data System) voor de identificatie van de ontvangen zender.

Niet alle landen gebruiken dezelfde frequentieband voor FM-uitzendingen. In de voormalige Sovjetunie en de Oost-Europese landen wordt de band van 65 tot 73 MHz gebruikt. Deze zenders zijn zeer bruikbaar voor West-Europese ontvangers. Wel dient opgemerkt te worden dat enkel de landen van de voormalige Sovjetunie deze band blijven gebruiken en vanaf het jaar 2000 alle andere Oost-Europese landen deze band zullen verlaten.

#### b) TV stations

Verschillende TV-kanalen bevinden zich laag in de VHF band. De juiste frequentietoewijzing hangt af van land tot land. Opgemerkt moet worden dat de bandbreedte van deze zenders (ongeveer 6 MHz) groter is dan die van de standaard FM zender, zodat de sterkte van het ontvangen signaal kleiner is dan men zou verwachten, omdat de totale sterkte uitgesmeerd is over een groot frequentiegebied. Men kan ook de audio-ondersteuner van TV-zenders gebruiken, die smallere bandbreedtes gebruiken.

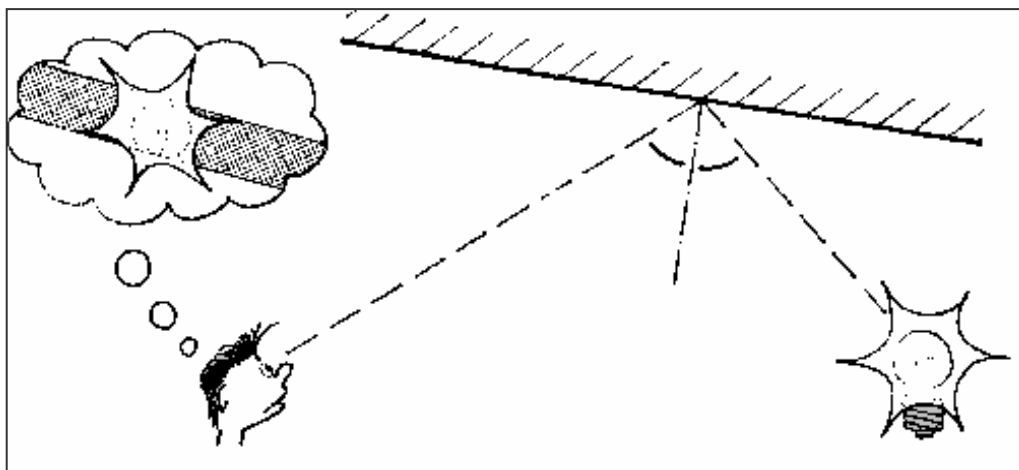
#### c) Vliegtuigbakens en amateur-bakens

Vliegtuig- (108 - 136 MHz) en amateur-bakens (50 - 70 MHz) zenden een identificatiecode uit. Ze zijn veel zwakker dan de bovengenoemde bakens en worden weinig gebruikt. Sommige zenders zenden niet constant uit.

## 3.2 Tussen zender en ontvanger

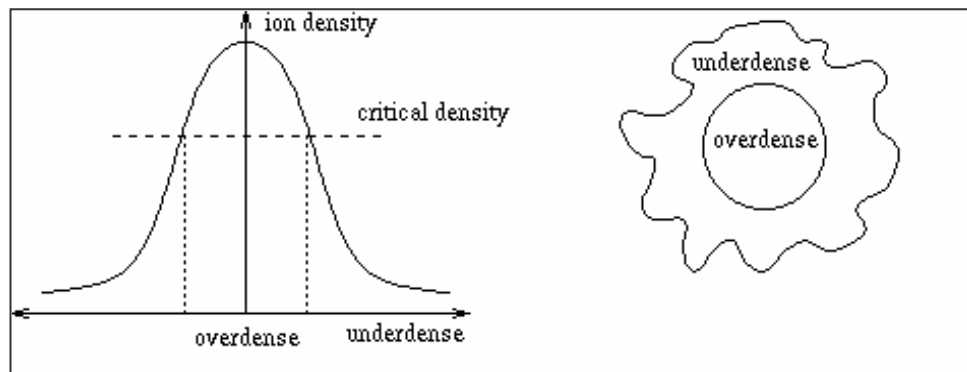
### 3.2.1 Reflectie op het ionenspoor

Reflectie van radiogolven op een meteorspoor gebeurt op één plaats. Je kan het het best vergelijken met een lichtbron als zender en een lange spiegel als meteor. De waarnemer ziet de lichtbron in een punt van de spiegel (figuur 1). Dit is belangrijk, omdat alle gegevens afkomstig zijn van één enkel gedeelte van het spoor. De plaats waar de lichtbron te zien is hangt enkel af van de geometrie van de reflectie, wat wil zeggen de plaats van de zender, ontvanger en het traject van de meteor.



*figuur 2: Reflectie.*

Het reflectiemechanisme hangt af van de ionendichtheid (nauwkeuriger: van de dichtheid van vrije elektronen) in het spoor. De ionenverdeling in het spoor wordt weergegeven in de Gausscurve van figuur 2. Als de ionendichtheid hoog genoeg is, is het spoor plasmatisch (d.w.z. wanneer de plasmafrequentie in het centrum van het spoor groter is dan de gebruikte radiofrequentie). De radiogolven kunnen het plasma niet doorkruisen en dan reflecteert het op het ‘oppervlak’ ervan, d.w.z. het oppervlak waar de plasmafrequentie van het spoor gelijk is aan de gebruikte radiofrequentie. Men zegt in dat geval dat het spoor ‘overdense’ is.



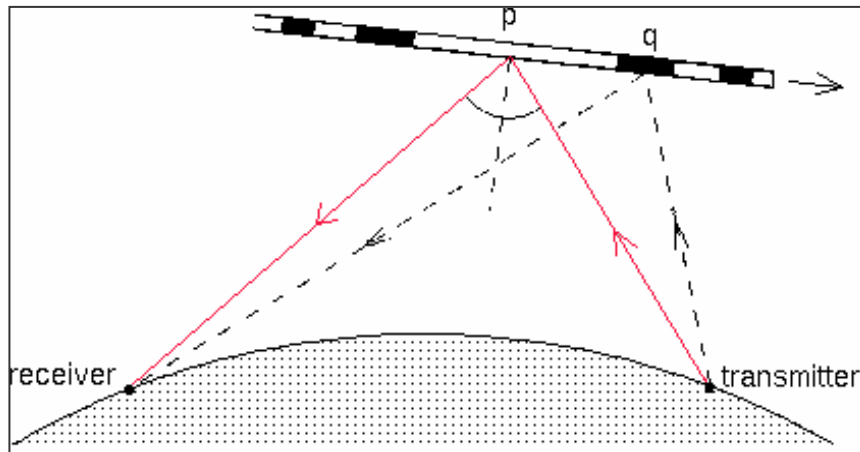
*figuur 3: De verspreiding van de ionendichtheid in een meteorspoor. De plasmafrequentie, die evenredig is met de ionendichtheid, vertoont dezelfde spreiding.*

Wanneer de plasmafrequentie van het spoor lager is dan de frequentie van de gebruikte radiogolven, zal het spoor zich niet als plasma gedragen en kunnen de radiogolven erdoorheen. Ze worden dan verstrooid door individuele elektronen. Meteorsporen die zich niet als plasma gedragen worden ‘underdense’ sporen genoemd.

### 3.2.2 Geometrie van het ionenspoor

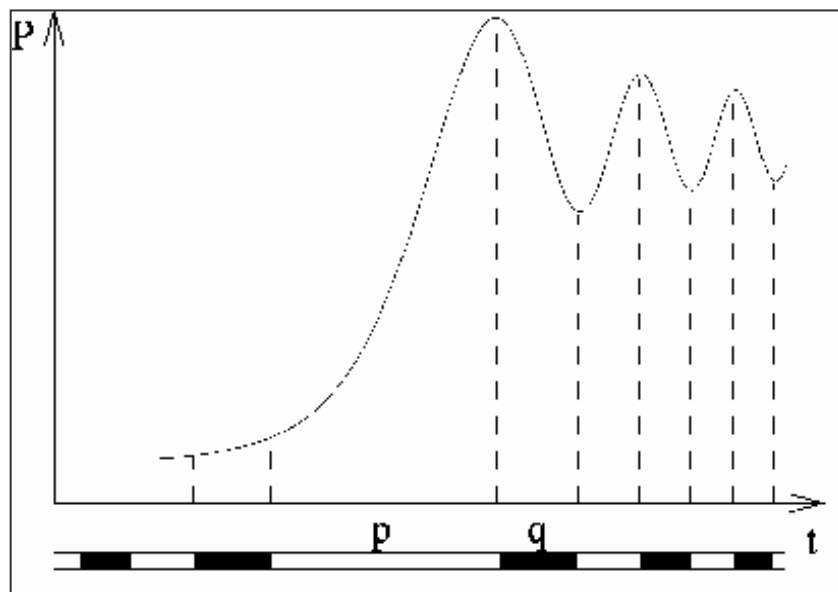
Verschillende reflecties vanuit een punt kunnen verklaard worden door interferentie. De golven worden in feite verstrooid op alle delen van een spiegel, maar er is slechts constructieve (positieve) interferentie in de richting voorspeld door geometrische factoren. Hoe dichterbij een punt van de spiegel bij het geometrische reflectiepunt bevindt, des te meer draagt het bij tot het uiteindelijke signaal. Bij meteor scatter spreekt men over enkele kilometers.

Het is duidelijk dat een in punt q (figuur 4) weerkaatst signaal een langere weg aflegt dan een in punt p weerkaatst signaal. Daarom zal er een faseverschil zijn tussen beide signalen. Men kan zones van het spoor definiëren als constructief interfererend met het ‘hoofdsignaal’ (via p), en gebieden die destructief (negatief) interfereren. Op figuur 4 zijn ze respectievelijk wit en zwart gekleurd. Deze zones worden Fresnel-zones genoemd.



figuur 4: De Fresnel-zones van een meteorspoor.

Tijdens de vlucht van de meteoroïde worden afwisselend witte en zwarte delen gevormd, die leiden tot signaalversterking en signaalverzwakking door de interferentie, resulterend in een profiel als in figuur 4.



figuur 5: Fresnel oscillaties.

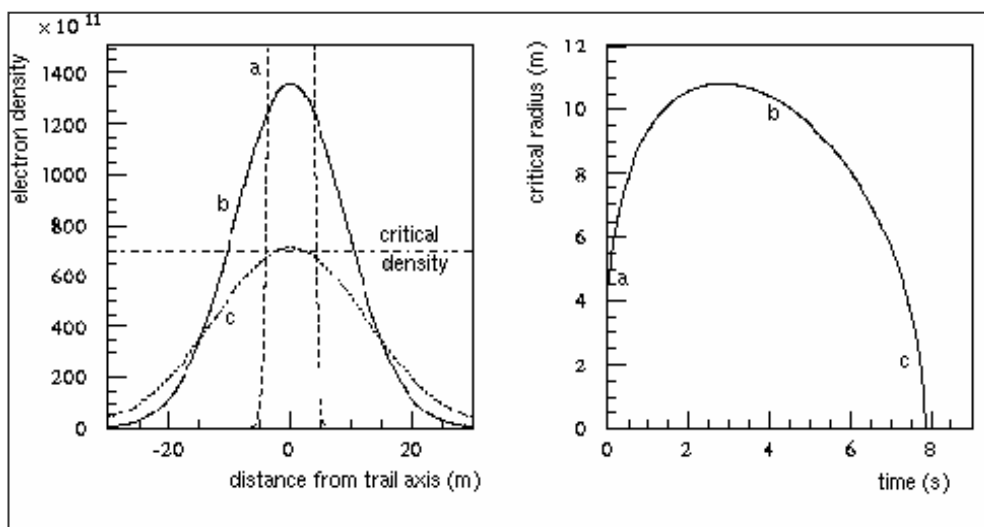
Wanneer de grootte van de Fresnel-zones bekend is, kan de snelheid van de meteoroïde gevonden worden door de frequentie te meten van de oscillaties. De grootte van de Fresnel-zones hangt af van de geometrie van de reflectie en van de gebruikte frequentie.

### 3.2.3 Diffusie van het ionenspoor

Onmiddellijk nadat het spoor gevormd is, beginnen de ionen zich te verspreiden in de omliggende atmosfeer. Op elk tijdstip kan de verdeling van de ionendichtheid beschouwd worden als Gaussisch.

Door het diffunderen wordt het overdense gedeelte van het spoor groter, terwijl de maximale ionendichtheid afneemt. Uiteindelijk veroorzaakt deze afname een verkleining van de radius van het overdense gedeelte van het spoor, totdat er geen overdense gedeelte meer aanwezig is.

Dit proces wordt geïllustreerd in figuur 6. Terwijl de kracht van het ontvangen signaal evenredig is met de radius van het spoor, neemt de signaalsterkte, te wijten aan de reflectie op het overdense gedeelte van het spoor, eerst toe, daarna neemt het af en uiteindelijk verdwijnt het signaal wanneer geen overdense gedeelte meer rest. Op dat moment rest enkel nog een onderdense spoor.



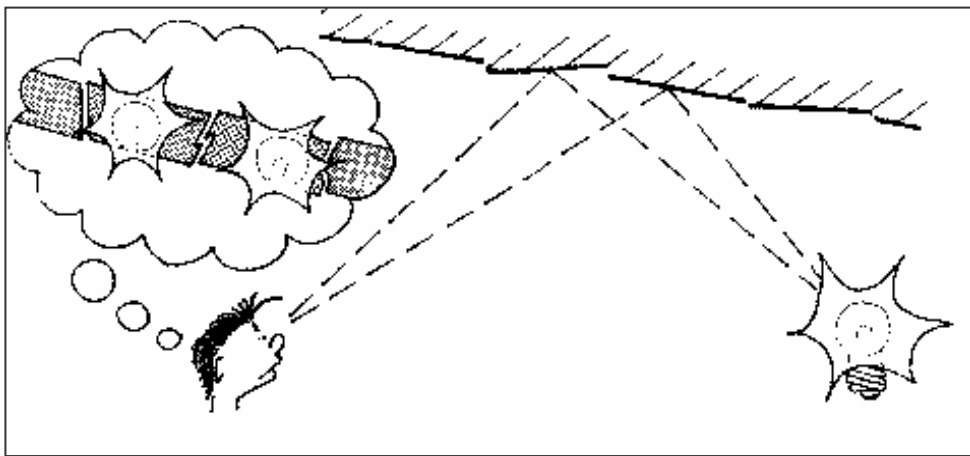
*figuur 6: Wanneer het spoor diffundeert, neemt eerst de radius toe (van a tot b), en daarna weer af (van b tot c).*

Wanneer het spoor onderdense is, i.e., wanneer het voortgebracht is door een kleine meteoroïde of wanneer het restant is van een overdense spoor, wordt de reflectie tot stand gebracht door afzonderlijke verstrooiing van de radiogolf door de elektronen in het spoor. Terwijl het spoor diffundeert, veroorzaakt het verlies in coherentie van de verstrooide golven snel signaalvermindering. De afname van de signaalsterkte gebeurt exponentieel. De

tijdsconstante ervan hangt af van de diffundeersnelheid, welke in wezen een functie is van atmosferische dichtheid.

### 3.2.4 Invloed van wind

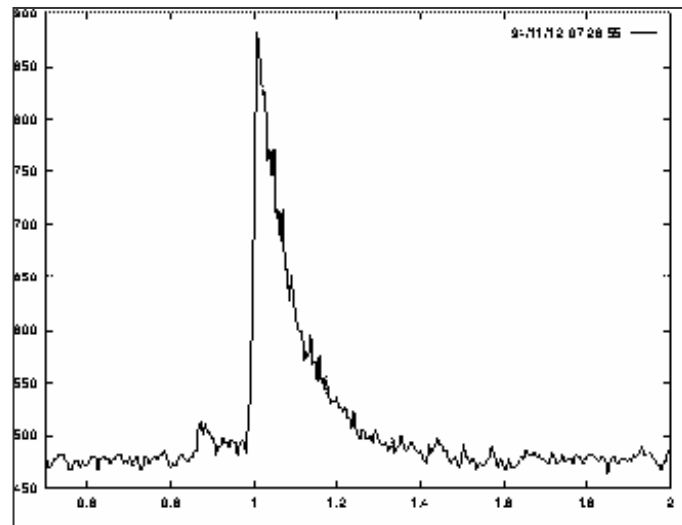
In de hoger gelegen lagen van de atmosfeer vervormen sterke winden het meteorspoor, aldus 'breekt' het de 'meteorspiegel'. Bijgevolg kunnen verschillende reflectiepunten ontstaan op het spoor (cf. een lichtpunt in een gebroken spiegel). De radiogolven afkomstig van verschillende reflectiepunten interfereren. Omdat de reflectiepunten niet stationair zijn door de wind, worden snelle oscillaties waargenomen in de ontvangen signaalsterkte. Dit kenmerk blijkt slechts na enkele seconden. Daarom heeft het geen invloed op onderdense meteoren, daar deze zelden meer dan enkele tienden van een seconde aanhouden. Gewoonlijk schommelt de frequentie van de oscillaties 5 tot 10 Hz. Deze oscillaties worden soms 'deep fading' genoemd.



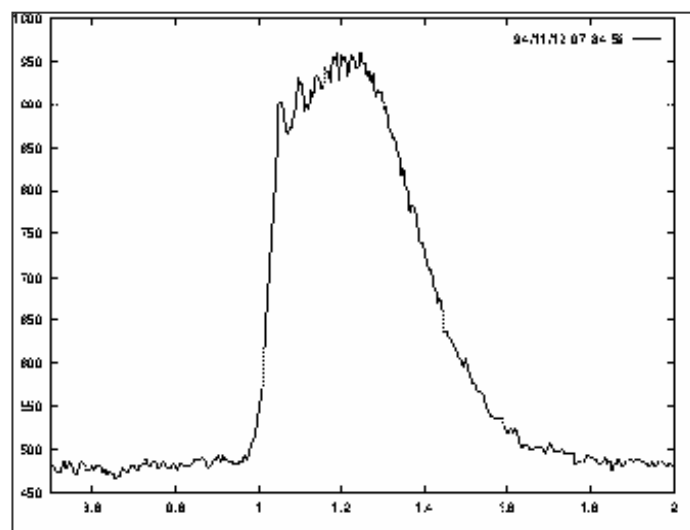
*figuur 7: Door de wind 'breekt' de meteorspiegel.*



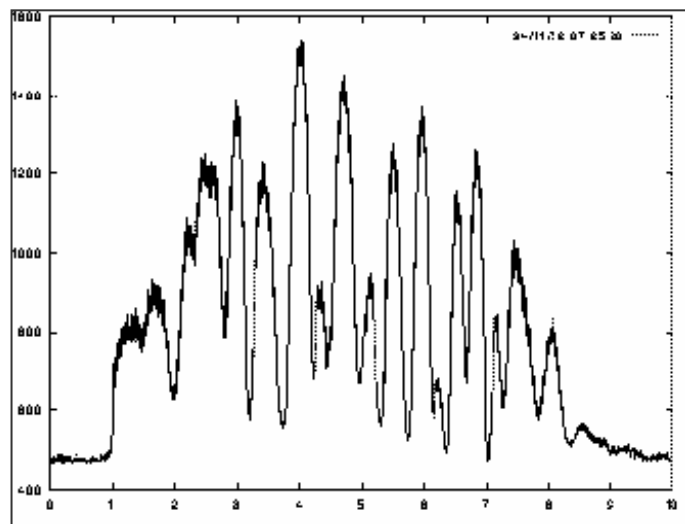
### 3.2.5 Voorbeelden



*figuur 8: De typische grafiek van een underdense meteor.*



*figuur 9: Een kleine, overdense meteor.*



*figuur10: Het 10-seconden durende signaal van een grotere, overdense meteor.*

### 3.2.6 Interferentie

Alle soorten natuurlijke of door de mens gemaakte radiobronnen zenden radiogolven uit op verschillende frequenties. Voor meteor scatter wordt slechts één bepaalde radiobron gebruikt. Signalen van andere bronnen op dezelfde frequentie als de gebruikte bron noemt men interferentie.

Naast bovengenoemde zijn er nog andere factoren die het ontvangen signaal beïnvloeden, maar storend werken. Het meest storend is de sporadische E-laag of Es, bestaande uit geïoniseerde 'wolken' van metaalionen in de bovenatmosfeer (100 km) die ervoor zorgen dat het signaal van de gebruikte zender permanent kan ontvangen worden gedurende tientallen minuten. Op het noordelijk halfrond komt dit vooral in de periode van mei tot juli voor (soms de hele nacht) en vooral na zonsopkomst en zonsondergang.

Interferentie kan ook optreden door troposferische invloed. Temperatuursinversie kan ervoor zorgen dat de zender over een grotere afstand kan ontvangen worden dan normaal.

Hoe kleiner de afstand tussen zender en ontvanger, des te meer komt interferentie voor als gevolg van weerkaatsing op een vliegtuig. Zulk signaal is gemakkelijk te herkennen omdat het enkele minuten kan aanhouden. Bliksems tijdens een onweer kunnen zeer scherpe pieken veroorzaken. Op de FM-band worden de meeste van deze pieken onderdrukt, maar het kan

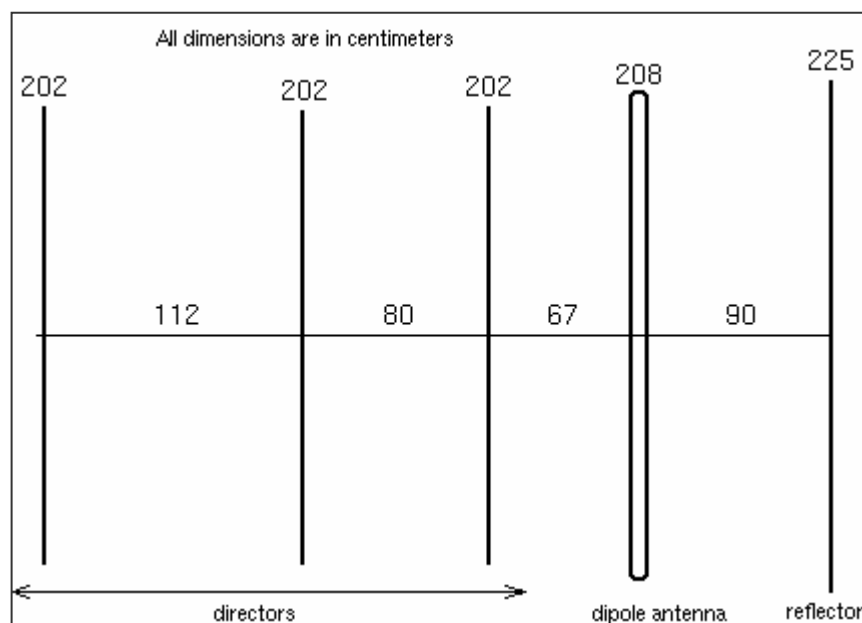
wel de apparatuur beschadigen of vernielen.

Tenslotte kan het voorkomen dat verschillende radiozenders op dezelfde frequentie uitzenden. Wanneer dan een signaal opgevangen wordt, kan er interferentie optreden door deze andere zenders. Gewoonlijk kan deze interferentie geëlimineerd worden door een richtingsgevoelige antenne te gebruiken. Ook elektronische apparaten die uitgerust zijn met microprocessors (o.a. computers) kunnen interferentie veroorzaken. De werking van microprocessors is gebaseerd op een oscillator. Deze zenden radiogolven uit op de frequentie en de veelvouden van de frequentie van de oscillator. Wanneer men waarneemt op een van deze frequenties kan interferentie voorkomen.

Interferentie uit de onmiddellijke omgeving kan weggefilterd worden m.b.v. twee parallel opgestelde ontvangers.

### 3.3 De antenne

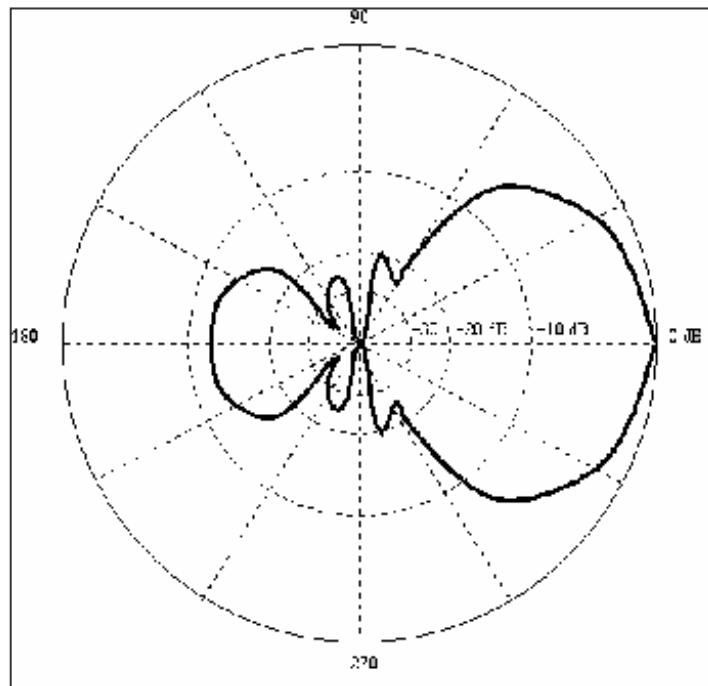
Gewoonlijk wordt een Yagi antenne gebruikt. De afmetingen ervan hangen af van de gebruikte frequentie.



figuur 11: Voorbeeld van een Yagi-antenne voor 70 MHz.

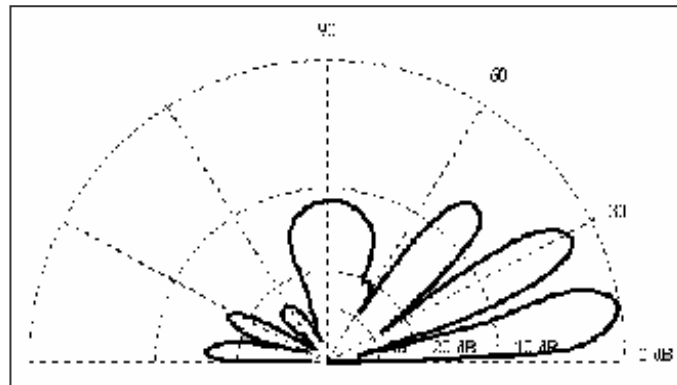
Men neemt als lengten voor de reflector  $\lambda/2 + 20\%$  van  $\lambda/2$  ( $\lambda =$  golflengte), voor de dipoolantenne  $\lambda/2$ , voor het eerste richtelement  $\lambda/2 - 20\%$  van  $\lambda/2$ . De afstand tussen reflector en dipoolantenne is  $\lambda/4$  en tussen dipoolantenne en het eerste richtelement  $\lambda/8$ .

Dit soort antenne wordt veel gebruikt omdat ze gemakkelijk te construeren zijn en hebben een relatief hoge opbrengst, i.e. ze zijn zeer gevoelig in een bepaalde richting en minder gevoelig in andere.



*figuur 12: De typische richtingsgevoeligheid van een horizontaal gepolariseerde yagi-antenne.*

De verticale richting waarin het signaal het sterkst ontvangen wordt, wordt ten eerste beïnvloed door de nabijheid van de bodem. De invloed van de bodem hangt af van de hoogte van de antenne boven de grond.



*figuur 13: Hoe langer de lob, des te gevoeliger is de antenne in die richting.*

De antenne is ideaal opgesteld wanneer de 'hoofdlob' ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ) onderverdeeld is in een serie kleinere, langwerpige lobben zoals schematisch getoond op figuur 12. In de praktijk verandert het gevoeligheidspatroon nog op een onvoorspelbare manier door de grond, het omliggend relief, gebouwen, ...

Als de antenne een goede richtingsgevoeligheid heeft, is het belangrijk dat hij goed georiënteerd wordt. Er zijn twee manieren om de antenne te oriënteren. De meest gebruikelijke is de horizontale opstelling, waarbij de antenne ruwweg naar de zender wordt gericht. Op deze manier zullen vooral ver verwijderde meteoren waargenomen worden en kunnen signalen van ver afgelegen zenders (tot 2000 km.) kunnen ontvangen worden. De tweede manier is de verticale opstelling, i.e. gericht naar het zenit. Er zullen minder meteoren waargenomen kunnen worden, maar de meteoren die dan waargenomen worden zijn er uit de buurt van de waarnemingsplaats. Met deze opstelling wordt de maximale afstand van de te ontvangen zenders beperkt, wat nuttig kan zijn omdat met minder (interfererende) zenders rekening moet gehouden worden.

De antenne wordt aangesloten aan een ontvanger met behulp van een coaxkabel. De lengte van deze kabel moet zo klein mogelijk gehouden worden om verlies van signaalsterkte minimaal te houden. Eventueel kan een voorversterker aangesloten worden voor signaalversterking.

### 3.4 De ontvanger

Elke radio, TV of scanner kan gebruikt worden om het ontvangen signaal in bruikbare gegevens om te zetten. Elk van deze toestellen kan een specifieke frequentieband beslagen. De ontvanger moet zo winstgevend mogelijk zijn. Hij moet de sterkte van het ontvangen signaal zo integraal mogelijk behouden bij de omzetting van de radiogolf. De uitvoer moet eerder snel gaan, i.e. een plotse verandering in signaalsterkte moet gemeten kunnen worden. De specifieke kenmerken van de ontvanger en de technische benodigheden die eventueel tussen het circuit geplaatst (moeten) worden hangen zeer sterk af van de zender.

Over het algemeen wordt een bestaande ontvanger omgebouwd om tegemoet te komen aan de benodigheden. Wanneer louter geluisterd wordt naar het signaal is dat niet echt nodig. Wanneer het signaal geregistreerd wordt met behulp van een pen recorder, elektronisch circuit of computer moet de signaalsterktemeter afgetapt worden en de AFC (Automatic Frequency Control) en AGC (Automatic Gain Control) uitgeschakeld worden. Het is bij dit laatste niet de bedoeling dat het geluidssignaal geregistreerd wordt, wel de signaalsterkte.

Omwille van de stabiliteit is het beter een digitale tuner te gebruiken, maar het is dan wel moeilijker om alles aan te koppelen. Wanneer voor de gebruikte radiofrequentie geen ontvanger gevonden kan worden, kan men een frequentie converter aangesloten worden aan een ontvanger. Wanneer de ontvanger niet gevoelig genoeg is, kan een RF-voorversterker gebruikt worden, gecombineerd met een bandbreedtefilter. Als een computer gebruikt wordt voor de registratie is het het best om computer en het stroomnet te beschermen met een aantal filters. Tussen de ontvanger en de computer moet nog een analoog/digitaal convertor geplaatst worden om het analoge signaal van de signaalsterktemeter om te zetten in binaire code zodat de registratieapparatuur de gegevens kan verwerken.

### **3.5 Registratie**

Het ontvangen signaal kan nu op verschillende manieren verwerkt worden.

#### **3.5.1 Manueel waarnemen**

De gemakkelijkste manier van registratie is manueel waarnemen, i.e. luisteren naar het signaal en elke verandering in signaal noteren. Er moet dan een hoofdtelefoon aangesloten worden op de ontvanger en op de ontvanger moet de trebleknop helemaal opgedraaid worden zodat ook zwakkere reflecties gehoord kunnen worden.

Meestal wordt slechts een uur per shift geluisterd omdat het vrij vermoeiend is. Zeer korte reflecties zijn nauwelijks te horen. Sommige waarnemers sluiten een signaalmeter aan om hen bij te staan in het detecteren van reflecties of om de sterkte van de reflectie te schatten. Tijdens perioden van hogere meteoractiviteit nemen sommige waarnemers het geluid op en luisteren er achteraf naar. Manuele waarneming geeft een ruw beeld van de eigenlijke meteoractiviteit.

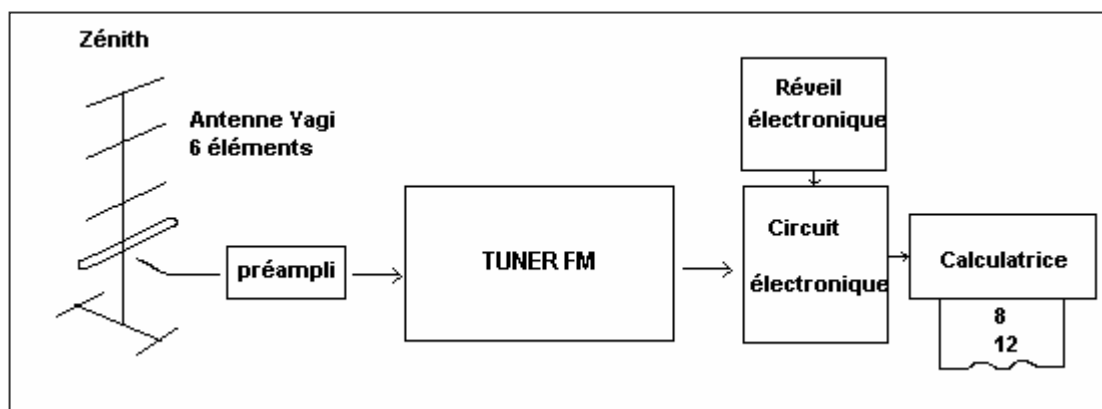
#### **3.5.2 Registratie met een pen recorder**

Een meer betrouwbare registratiemanier is een penrecorder aansluiten aan de signaaluitvoer van de ontvanger. Een pen recorder tekent een grafiek van de signaalsterkte in de tijd op een blok kettingpapier. Meteoren worden geregistreerd als pieken tussen de achtergrondruis. De grafiek wordt getekend met een snelheid van twee centimeter (van het blad) per minuut.

Waarnemen volgens deze manier kan nogal saai zijn, maar de resultaten zijn betrouwbaarder dan manuele waarneming. Hierdoor kan men een beter beeld vormen van de meteoractiviteit en de sterkte en duur van de reflecties kunnen onmiddellijk geschat worden.

### 3.5.3 Registratie met een elektronisch circuit

Wanneer men enkel geïnteresseerd is in het aantal gedetecteerde meteoren kan geopteerd worden voor een elektronisch circuit. Het wordt aangesloten aan een ontvanger, elektrische klok en rekenmachine met afdrukmogelijkheid. Om het uur wordt dan afgedrukt hoeveel meteoren (in feite hoeveel keer het ruissignaal verstoord werd) in dat uur gedetecteerd zijn door de ontvanger.



*figuur 14: Het elektronisch circuit, aangesloten op de ontvanger en klok.*

Deze methode geeft een goed beeld van het aantal meteoren, maar zegt niets over de duur en sterkte van de reflecties.

### 3.5.4 Registratie met computer

De beste manier om te registreren is met behulp van een computer. De analoog/digitaal convertor zet het signaal om in een voor de computer leesbare binaire code. Via gepaste software is het dan mogelijk een reflectie te detecteren en weg te schrijven voor verdere analyse.

De computer is in staat om reflecties van één tiende seconde te detecteren. Hoe meer metingen per seconde gedaan worden, des te nauwkeuriger zijn de gegevens. Bij een duizend metingen per seconde kunnen de Fresnel-zones zichtbaar gemaakt worden. Om interferentie te onderdrukken moeten wel enkele speciale voorzorgen genomen worden: een low-pass filter tussen ontvanger en digitaliseerkaart, de ontvanger een eindje van de computer plaatsen en



oplekken dat de waarnemingsfrequentie geen veelvoud is van de klokfrequentie van de computer.

#### **4 BESLUIT**

De gegevens die nu beschikbaar zijn, kunnen op vele manieren verwerkt worden. Deze kunnen belangrijke resultaten opleveren over de activiteit van meteorenzwermen, sporadische activiteit en Es activiteit. De meeste daglichtmeteorenzwermen zijn op deze manieren ontdekt. Als voorbeelden van deze verwerking verwijs ik naar de bijlage.

Het eigenlijke nut van meteor scatter kan het best geïllustreerd worden met het voorbeeld van de voorbije Leonidenstorm. Wie had kunnen vermoeden dat de Leoniden 16 uur vroeger uitbarstten dan voorzien was? Nochtans was het via meteor scatter mogelijk geweest om op tijd een signaal te geven dat het spektakel begonnen was! Het oorspronkelijk doel blijft nog altijd het waarnemen van radiometeoren.

## 5 BIJLAGEN

### 5.1 Waarnemingsresultaten

Observer: Maurice De Meyere

Location: Deurle, Belgium (3 37' E, 51 00' N)

Frequency: 66.51 MHz

Transmitter locations (all stations of more than 10 kW):

|            |           |           |        |                                 |
|------------|-----------|-----------|--------|---------------------------------|
| 66.35 MHz, | Klaipeda, | Lithuania | 12 kW, | 05h00-22h00                     |
| 66.41      | Siedlce   | Poland    | 39     | 04h57(Sun05h57)-02h00(Sat03h00) |
| 66.47      | Viesintos | Lithuania | 12     | 05h00-22h00                     |
| 66.50      | Sofia     | Bulgaria  | 10     | 24hrs                           |
| 66.56      | Poznan    | Poland    | 56     | 04h57(Sun05h57)-02h00(Sat03h00) |
| 66.62      | Budapest  | Hungary   | 100    | 24hrs                           |
| 66.68      | Valmiera  | Latvia    | 20     | 06h00-22h00                     |

Antenna: crossed Yagi, 4 elements, astronomical azimuth 270 ° (= East),  
elevation 27 °

Antenna amplifier: 25 dB max level 90 dBµV

Receiver: commercial, Progression 447A, TESLA, Bratislava

The receiver was calibrated with a Marconi TF2008 signal  
generator. Sensitivity: 5 µV (modulation frequency  
1000 Hz, frequency sweep 38 kHz) at (S+N)/N = 20 dB

Observing method: automated setup, 150 samples/second, 8 bit resolution.  
[Time and details of all individual meteor reflections are stored  
on file in the University of Ghent format (Prometeos), and are  
available for further analysis. Reduction software for DOS and  
Windows available].

## March 1996

Raw counts of reflections with a duration of at least 0.027 s during one hour interval starting at UT:

| Mar<br>1996 | UT<br>20h | 21 | 22 | 23 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05  | 06  | 07  |
|-------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1- 2        | 13        | 18 | 31 | 33 | 33 | 35 | 35 | 39 | 51 | 60  | 58  | 70  |
| 2- 3        | 17        | 19 | 45 | 47 | 53 | 69 | 63 | 56 | 61 | 43  | 60  | 57  |
| 3- 4        | 28        | 37 | 43 | 54 | 41 | 32 | 38 | 50 | 54 | 55  | 81  | 78  |
| 4- 5        | 14        | 29 | 34 | 46 | 66 | 57 | 61 | 71 | 76 | 96  | 147 | 148 |
| 5- 6        | 15        | 34 | 31 | 40 | 27 | 27 | 31 | 32 | 37 | 35  | 50  | 44  |
| 6- 7        | 20        | 28 | 46 | 38 | 53 | 53 | 67 | 60 | 59 | 59  | 84  | 58  |
| 7- 8        | -         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   |
| 8- 9        | 16        | 59 | 44 | 32 | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   |
| 9-10        | 13        | 21 | 48 | 45 | 48 | 41 | 34 | 49 | 43 | 38  | 51  | 45  |
| 10-11       | 47        | 18 | 47 | 49 | 46 | 59 | 69 | 69 | 66 | 53  | 86  | 75  |
| 11-12       | -         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   |
| 12-13       | -         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   |
| 13-14       | -         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   |
| 14-15       | -         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | -   |
| 15-16       | 25        | 68 | 60 | 46 | 47 | 44 | 47 | 61 | 47 | 56  | 74  | 45  |
| 16-17       | 8         | 29 | 38 | 48 | 55 | 63 | 38 | 47 | 53 | 70  | 57  | 64  |
| 17-18       | 26        | 43 | 53 | 55 | 66 | 78 | 63 | 64 | 52 | 62  | 71  | 60  |
| 18-19       | -         | 16 | 47 | 53 | 51 | 73 | 69 | 56 | 63 | 86  | 89  | 93  |
| 19-20       | 31        | 47 | 54 | 58 | 43 | 49 | 51 | 69 | 71 | 58  | 60  | 83  |
| 20-21       | 30        | 48 | 60 | 41 | 57 | 57 | 71 | 55 | 68 | 81  | 66  | 84  |
| 21-22       | 25        | 51 | 71 | 59 | 78 | 58 | 50 | 64 | 64 | 62  | 99  | 84  |
| 22-23       | 29        | 31 | 61 | 52 | 60 | 58 | 77 | 77 | 51 | 62  | 77  | 86  |
| 23-24       | 20        | 48 | 58 | 68 | 74 | 53 | 64 | 66 | 69 | 71  | 91  | 91  |
| 24-25       | 35        | 57 | 60 | 74 | 60 | 58 | 76 | 71 | 83 | 90  | 90  | 83  |
| 25-26       | 40        | 50 | 54 | 70 | 82 | 60 | 59 | 70 | 67 | 49  | 97  | 55  |
| 26-27       | 14        | 38 | 52 | 46 | 41 | 53 | 55 | 55 | 70 | 62  | 76  | 55  |
| 27-28       | 14        | 30 | 48 | 60 | 61 | 53 | 58 | 59 | 63 | 61  | 68  | 93  |
| 28-29       | 25        | 61 | 53 | 65 | 51 | 65 | 57 | 90 | 80 | 105 | 93  | 68  |
| 29-30       | 11        | 27 | 51 | 58 | 54 | 59 | 62 | 70 | 64 | 79  | 78  | 85  |
| 30-31       | 14        | 28 | 54 | 38 | 57 | 52 | 54 | 65 | 79 | 95  | 74  | -   |
| 31- 1       | 23        | 36 | 37 | 75 | 56 | 53 | 76 | 81 | 85 | 58  | 91  | -   |
| 1996        | 20h       | 21 | 22 | 23 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05  | 06  | 07  |
| Mar         | UT        |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |

- switch to summer hour during the night of March 30 - 31: local time = UT + 2 hours

Maurice De Meyere / Chris Steyaert

-----

Observer: Werfried Kuneth  
 Location: Villach, Austria (13 53' E, 46 37' N)  
 Antenna: dipole with reflector, direction east.  
 Receiver: AR-8000 , SSB mode, Narrowband passband filter, no preamplifier.  
 Frequency: 59.250 MHz  
 Transmitter: 150 kW TV video carrier  
           in Bucuresti, distance 950 km, east direction.  
 Observing method: the audio signal is fed into a real time FFT display  
                   (FFTDSP38 program from AF9Y) on the PC where 640 channels of 2Hz  
 width  
                   are recorded and stored continuously. Every meteor reflection  
 produces  
                   a distinct whistle, which is recorded easily by the real time FFT  
                   program in .GIF pictures of 200 seconds each.  
                   From the 1280 Hz wide received picture only one channel of 40 Hz  
 width  
                   is used for meteor identification, the other nearby "channels" are  
 used  
                   to monitor interference, which can be identified easily. If any  
                   interference occurs, the whole 200 second recording of one frame is  
                   skipped.

The following figures show the total length of the meteor reflections during one hour, expressed as percentage. The number here shows 10 times this value. (e.g. 100 means 10 percent).

| Mar 1996 |   |
|----------|---|
| UT       | 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30            |
| 5h       | 84  |
| 6h       | 86, 86, , 95, 94, , 99, 100, 123, 103, 87, 110            |
| 7h       | 102, 120, 103, 122, 120, 94, 115, 109, 118, 113, 71, 135  |
| 8h       | 103, 129, 107, 127, 127, 104, 107, 127, 121, 120, 74, 104 |
| 9h       | 92, 73, 97, 122, 108, 108, 122, 121, 131, 123, 71,        |
| 10h      | 84, 97, 78, 111, 80, 89, 87, 107, 111, 135, 54, 67        |
| 11h      | 89, 66, 75, 93, , 55, 81, 89, , , 49, 66                  |
| 12h      | 75, 31, 48, 36, 60, 52, 38, 42, 64, , 25, 62              |
| 13h      | , 28, 27, 42, 58, 39, 38, 40, 39, , 29, 33                |
| 14h      | , 28, 28, 51, 36, 36, 40, 50, 40, , 23, 40                |
| 15h      | , 22, 29, 55, 24, 23, 34, 42, 41, , , 53                  |
| 16h      | , 22, , 25, , 30, 44, 42, 37, 27, 33,                     |
| 17h      | , , , 30, , 24, , 28, 29, , 26,                           |
| 18h      | , , , 36, 34, 28, 33, 32, 33, 10, 22,                     |
| 19h      | , , , 30, 42, 29, 46, 45, 50, 18, ,                       |
| 20h      | , , , 43, 47, 42, 61, 66, 70, 29, ,                       |
| UT       | 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30            |

Notes:

- . blank value means no data available or interference.
- . local time conversion: one hour ahead of UT (06h00 UT is 07h00 local) until March 30, 1996.
- . Nothing happened (related to C/1996B2 Hyakutake), at least during my (daytime) observing time.  
Remarkably low activity, sometimes there have even been some hours with nearly no strong (15+ seconds) reflection!
- . see also: <http://www.net4you.co.at/user/kuneth/info.html>

Werfried Kuneth

-----  
 Location: Astronomical Observatory, University of Ghent, Belgium  
           (3 42' 32" E, 51 01' 25" N)  
 Antenna (2x): 4 elements horizontal Yagi, pointed East, elevation= 30 degs  
 Antenna amplifier: 10dB gain, smallband resonance lambda/4 antenna filter.  
 Frequency: (1)=66.29 Mhz (signal) and (2)=65.3 Mhz (interference control)  
 Receiver (2x): modified commercial FM receiver  
 Data acquisition: 12 bits PC-based A/D convertor, 250 Hz sampling rate  
 Interference rejection:  
   dual setup: receiver (1) tuned at distant transmitter, receiver (2)  
   tuned at empty frequency. Anticoincidence measurement rejects  
   registration of broadbanded spurious signals (lightnings, computers,  
   ingition motors, etc).  
 Further information:  
   see WWW page (additional info + observational data)  
   <http://allserv.rug.ac.be/~hdejongh/astro/meteor/meteor.html>  
 Data format:  
   results are shown as total reflection time, expressed as  
   a percentage. The actual number shows 10 times this value.

|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    | Feb 1996   10x % reflec. time   horiz: day   vert: time |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0  | 26  | 15 | 21 | 35 | 17 | 15 | 14 | 23 | 15 | 16 | 21 | 14 | 12 | 14 | 25 |
| 1  | 21  | 21 | 31 | 30 | 20 | 23 | 19 | 24 | 20 | 20 | 19 | 23 | 16 | 14 | 18 |
| 2  | 27  | 25 | 18 | 29 | 17 | 26 | 13 | 12 | 23 | 19 | 19 | 14 | 14 | 10 | 30 |
| 3  | 37  | 40 | 33 | 23 | 29 | 33 | 18 | 22 | 26 | 24 | 16 | 28 | 20 | 15 | 28 |
| 4  | 26  | 39 | 51 | 35 | 22 | 29 | 35 | 27 | 28 | 22 | 20 | 33 | 23 | 14 | 24 |
| 5  | 24  | 18 | 32 | 26 | 19 | 26 | 32 | 18 | 28 | 33 | 20 | 40 | 22 | 26 | 25 |
| 6  | 22  | 30 | 27 | 48 | 26 | 26 | 28 | 20 | 50 | 27 | 37 | 16 | 47 | 31 | 44 |
| 7  | 43  | 47 | 47 | 36 | 34 | 19 | 41 | 28 | 23 | 29 | 32 | 14 | 33 | 23 | 22 |
| 8  | 28  | 23 | 54 | 32 | 27 | 26 | 32 | 15 | 43 | 30 | 29 | 18 | 19 | 18 | 25 |
| 9  | 35  | 20 |    | 35 | 17 | 15 | 12 | 24 | 22 | 32 | 30 | 16 | 36 | 25 | 18 |
| 10 | 30  | 32 |    | 30 | 21 | 32 | 14 | 14 | 14 | 23 | 39 | 12 | 19 | 18 | 18 |
| 11 | 22  | 17 |    |    | 42 | 20 | 17 | 24 | 12 | 20 | 27 | 21 | 20 | 11 | 11 |
| 12 | 29  | 14 |    |    | 12 | 15 | 16 | 12 | 15 | 21 | 24 | 21 | 13 | 12 | 26 |
| 13 | 8   | 14 | 25 |    | 17 | 12 | 5  | 6  | 14 | 17 | 15 | 14 | 12 | 8  | 49 |
| 14 | 11  | 8  | 15 | 16 | 14 | 8  | 10 | 4  | 9  | 38 | 20 | 5  | 11 | 8  | 19 |
| 15 | 2   | 7  | 9  | 23 | 6  | 10 | 4  | 7  | 13 | 12 | 14 | 10 | 4  | 32 | 3  |
| 16 | 10  | 11 | 12 | 16 | 19 | 8  | 15 | 10 | 10 | 16 | 25 | 9  | 6  | 36 | 8  |
| 17 | 7   | 9  | 15 | 18 | 9  | 14 | 8  | 16 | 6  | 13 | 18 | 14 | 8  | 10 | 5  |
| 18 | 9   | 11 | 15 | 18 | 10 | 7  | 8  | 17 | 11 | 9  | 7  | 13 | 10 | 7  | 6  |
| 19 | 20  | 14 | 17 | 22 | 12 | 10 | 17 | 13 | 13 | 14 | 19 | 16 | 10 | 22 | 10 |
| 20 | 16  | 16 | 20 | 21 | 12 | 16 | 19 | 12 | 20 | 17 | 20 | 18 | 11 | 22 | 12 |
| 21 | 25  | 19 | 25 | 24 | 17 | 23 | 27 | 32 | 29 | 21 | 18 | 30 | 17 | 26 | 19 |
| 22 | 22  | 22 | 13 | 22 | 14 | 14 | 15 | 23 | 11 | 21 | 23 | 14 | 21 | 23 | 13 |
| 23 | 20  | 37 | 19 | 20 | 18 | 17 | 9  | 27 | 25 | 26 | 22 | 16 | 13 | 19 | 12 |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    | Feb 1996   10x % reflec. time   horiz: day   vert: time |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | 16  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0  | 11  | 12 | 11 | 12 | 12 | 10 | 9  | 10 | 8  | 14 | 14 | 15 | 13 | 14 |
| 1  | 13  | 12 | 16 | 14 | 15 | 14 | 8  | 12 | 12 | 8  | 17 | 11 | 10 | 19 |
| 2  | 22  | 19 | 19 | 17 | 16 | 33 | 7  | 21 | 10 | 28 | 16 | 11 | 12 | 12 |
| 3  | 32  | 20 | 14 | 19 | 16 | 9  | 15 | 14 | 12 | 14 | 33 | 30 | 20 | 14 |
| 4  | 23  | 24 | 16 | 16 | 18 | 24 | 20 | 18 | 11 | 18 | 28 | 26 | 34 | 19 |
| 5  | 24  | 19 | 52 | 31 | 12 | 24 | 27 | 14 | 20 | 25 | 25 | 17 | 18 | 13 |
| 6  | 20  | 32 | 30 | 37 | 30 | 21 | 28 | 25 | 19 | 19 | 23 | 30 | 16 | 15 |
| 7  | 21  | 15 | 37 | 27 | 7  | 31 | 20 | 33 | 26 | 32 | 36 | 14 | 20 | 21 |
| 8  | 18  | 14 | 38 | 15 | 17 | 9  | 13 | 17 | 15 | 24 | 25 | 23 | 17 | 12 |
| 9  | 21  | 13 | 42 | 13 | 14 | 8  | 18 | 16 | 17 | 30 | 12 | 14 | 13 | 8  |
| 10 | 18  | 26 | 23 | 23 | 11 | 13 | 10 | 17 | 73 | 22 | 11 | 9  | 11 | 11 |
| 11 | 16  | 17 | 23 | 11 | 11 | 5  | 14 | 20 | 25 | 18 | 28 | 7  | 16 | 8  |
| 12 | 13  | 13 | 29 | 14 | 10 | 5  | 11 | 12 | 24 | 30 | 9  | 8  | 7  | 10 |
| 13 | 8   | 9  | 24 | 2  | 4  | 3  | 4  | 6  | 15 | 13 | 7  | 9  | 12 | 5  |
| 14 |   | 7  | 17 | 1  | 11 | 2  | 5  | 5  | 12 | 11 | 13 | 5  | 7  | 6  |
| 15 | 28  | 6  | 12 | 2  | 6  | 7  | 6  | 6  | 23 | 9  | 5  | 3  | 2  | 2  |
| 16 | 2   | 7  | 13 | 3  | 3  | 5  | 8  | 22 | 11 | 14 | 8  | 6  | 4  | 29 |
| 17 | 2   | 4  | 11 | 5  | 4  | 2  | 12 | 55 | 6  | 9  | 7  | 5  | 5  | 7  |
| 18 | 13  | 7  | 11 | 3  | 5  | 4  | 6  | 8  | 14 | 13 | 6  | 8  | 8  | 7  |
| 19 | 7   | 12 | 20 | 8  | 9  | 6  | 10 | 10 | 6  | 14 | 8  | 12 | 15 | 9  |
| 20 | 21  | 13 | 24 | 11 | 11 | 16 | 15 | 14 | 14 | 18 | 15 | 17 | 12 | 13 |
| 21 | 13  | 17 | 19 | 16 | 7  | 13 | 17 | 10 | 13 | 18 | 13 | 20 | 14 | 11 |
| 22 | 16  | 11 | 26 | 16 | 9  | 14 | 11 | 7  | 9  | 12 | 13 | 7  | 14 | 11 |
| 23 | 11  | 11 | 15 | 12 | 8  | 11 | 14 | 7  | 12 | 16 | 10 | 14 | 11 | 8  |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | 16  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
|    | -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

| -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Mar 1996   10x % reflec. time   horiz: day   vert: time |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0   | 11 | 9  | 8  | 12 | 12 | 7  | 20 | 8  | 7  | 7  | 16 | 8  | 9  | 8  | 7  |
| 1   | 10 | 8  | 18 | 10 | 10 | 13 | 24 | 7  | 10 | 9  | 9  | 12 | 10 | 10 | 10 |
| 2   | 13 | 13 | 12 | 20 | 14 | 13 | 13 | 9  | 19 | 7  | 6  | 9  | 14 | 16 | 14 |
| 3   | 30 | 26 | 11 | 12 | 21 | 14 | 26 | 9  | 13 | 13 | 14 | 15 | 23 | 18 | 14 |
| 4   | 22 | 15 | 19 | 15 | 16 | 21 | 34 | 16 | 12 | 32 | 12 | 25 | 32 | 21 | 23 |
| 5   | 17 | 18 | 25 | 14 | 26 | 30 | 27 | 19 | 13 | 10 | 26 | 23 | 26 | 38 | 12 |
| 6   | 20 | 20 | 27 | 12 | 28 | 21 | 40 | 29 | 18 | 31 | 16 | 22 | 26 | 19 | 19 |
| 7   | 17 | 24 | 25 | 22 | 26 | 13 | 34 | 22 | 22 | 30 | 8  | 23 | 26 | 24 | 12 |
| 8   | 13 | 23 | 28 | 20 | 17 | 34 | 25 | 21 | 17 | 41 | 12 | 21 | 19 | 18 | 14 |
| 9   | 14 | 24 | 25 | 17 | 25 | 15 | 17 | 21 | 9  | 23 | 35 | 12 | 17 | 16 | 13 |
| 10  | 25 | 17 | 27 | 14 | 14 | 11 | 21 | 18 | 16 | 17 | 24 | 20 | 11 | 15 | 10 |
| 11  | 52 | 23 | 15 | 18 | 10 | 9  | 14 | 33 | 29 | 19 | 9  | 19 | 15 | 9  | 9  |
| 12  | 24 | 11 | 23 | 16 | 16 | 9  | 11 | 13 | 16 | 11 | 26 | 15 | 12 | 12 | 15 |
| 13  | 6  | 6  | 15 | 8  | 5  | 10 | 6  | 6  | 11 | 5  | 5  | 17 | 11 | 6  | 5  |
| 14  | 5  | 7  | 12 | 4  | 8  | 5  | 14 | 4  | 9  | 11 | 8  | 7  | 3  | 4  | 4  |
| 15  | 6  | 5  | 7  | 3  | 5  | 4  | 5  | 3  | 9  | 5  | 5  | 3  | 10 | 6  | 4  |
| 16  | 4  | 4  | 8  | 6  | 12 | 9  | 6  | 3  | 14 | 4  | 8  | 7  | 9  | 8  | 10 |
| 17  | 5  | 3  | 8  | 6  | 8  | 4  | 2  | 8  | 6  | 6  | 2  | 6  | 10 | 7  | 7  |
| 18  | 11 | 3  | 6  | 3  | 11 | 7  | 6  | 4  | 7  | 9  | 4  | 7  | 13 | 5  | 11 |
| 19  | 9  | 6  | 10 | 13 | 9  | 11 | 6  | 4  | 11 | 12 | 7  | 14 | 11 | 6  | 6  |
| 20  | 4  | 11 | 17 | 10 | 12 | 11 | 13 | 10 | 12 | 10 | 27 | 12 | 15 | 11 | 12 |
| 21  | 8  | 13 | 15 | 19 | 11 | 19 | 10 | 10 | 15 | 9  | 14 | 12 | 14 | 10 | 15 |
| 22  | 10 | 20 | 10 | 14 | 11 | 18 | 12 | 7  | 10 | 7  | 11 | 8  | 13 | 11 | 10 |
| 23  | 11 | 13 | 8  | 11 | 15 | 12 | 9  | 11 | 9  | 9  | 10 | 13 | 12 | 8  | 10 |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

| -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Mar 1996   10x % reflec. time   horiz: day   vert: time |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| -----   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0   | 11 | 9  | 9  | 7  | 7  | 12 | 12 | 14 | 16 | 11 | 15 | 10 | 11 | 11 | 13 | 15 |
| 1   | 9  | 13 | 7  | 14 | 13 | 14 | 13 | 16 | 16 | 20 | 16 | 23 | 10 | 10 | 19 | 15 |
| 2   | 18 | 13 | 8  | 18 | 13 | 19 | 20 | 25 | 21 | 23 | 21 | 14 | 12 | 13 | 9  | 20 |
| 3   | 18 | 15 | 14 | 18 | 17 | 20 | 18 | 17 | 25 | 19 | 27 | 26 | 18 | 22 | 28 | 21 |
| 4   | 23 | 16 | 27 | 36 | 24 | 35 | 46 | 57 | 24 | 28 | 36 | 42 | 28 | 28 | 16 | 27 |
| 5   | 25 | 24 | 44 | 40 | 33 | 31 | 61 | 39 | 35 | 31 | 26 | 24 | 21 | 69 | 32 | 37 |
| 6   | 29 | 35 | 29 | 29 | 32 | 36 | 67 | 37 | 40 | 28 | 23 | 33 | 25 | 44 | 43 | 40 |
| 7   | 22 | 31 | 21 | 25 | 36 | 32 | 44 | 47 | 37 | 36 | 25 | 28 | 37 | 39 | 31 | 41 |
| 8   | 23 | 48 | 17 | 25 | 20 | 39 | 48 | 43 | 62 | 33 | 36 | 18 | 32 | 27 | 35 | 46 |
| 9   | 34 | 29 | 23 | 26 | 25 | 30 | 49 | 46 | 66 | 23 | 36 | 13 | 16 | 31 | 41 | 40 |
| 10  | 27 | 32 | 17 | 18 | 14 | 20 | 44 | 30 | 49 | 19 | 35 | 20 | 15 | 35 | 28 | 50 |
| 11  | 16 | 32 | 14 | 24 | 10 | 24 | 31 | 47 | 50 | 18 | 23 | 13 | 14 | 38 | 28 | 27 |
| 12  | 17 | 22 | 11 | 25 | 11 | 12 | 38 | 44 | 24 | 13 | 15 | 80 | 18 | 18 | 58 | 32 |
| 13  | 11 | 12 | 10 | 7  | 6  | 11 | 30 | 20 | 14 | 20 | 10 | 9  | 11 | 17 | 19 | 36 |
| 14  | 7  | 12 | 11 | 10 | 5  | 9  | 11 | 17 | 19 | 8  | 9  | 6  | 9  | 18 | 14 | 21 |
| 15  | 11 | 7  | 3  | 5  | 8  | 3  | 23 | 19 | 9  | 4  | 10 | 6  | 8  | 6  | 15 | 23 |
| 16  | 7  | 6  | 10 | 8  | 20 | 11 | 25 | 19 | 16 | 3  | 11 | 13 | 17 | 11 | 10 | 15 |
| 17  | 7  | 6  | 14 | 12 | 8  | 9  | 19 | 18 | 10 | 11 | 9  | 15 | 8  | 10 | 18 | 19 |
| 18  | 5  | 5  | 15 | 10 | 8  | 17 | 14 | 13 | 14 | 15 | 13 | 16 | 9  | 7  | 12 | 6  |
| 19  | 8  | 12 | 20 | 13 | 16 | 11 | 18 | 20 | 16 | 17 | 16 | 8  | 9  | 14 | 13 | 23 |
| 20  | 14 | 15 | 20 | 14 | 14 | 18 | 28 | 20 | 21 | 17 | 17 | 7  | 11 | 12 | 16 | 20 |
| 21  | 14 | 21 | 16 | 18 | 18 | 20 | 26 | 21 | 20 | 24 | 20 | 30 | 14 | 17 | 23 | 11 |
| 22  | 11 | 9  | 9  | 15 | 16 | 10 | 18 | 18 | 12 | 14 | 13 | 10 | 9  | 12 | 13 | 15 |
| 23  | 8  | 13 | 9  | 10 | 11 | 12 | 14 | 13 | 14 | 8  | 15 | 15 | 9  | 19 | 13 | 22 |
|   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

Paul Vauterin



## 5.2 Meteorenzwermen

| ZWERM                   | MAXIMUM    | PERIODE       | RADIANT  |          | V0<br>km/sec | ZHR | POSITIE ZON |         | MAAN<br>% | $\Delta\alpha$ |
|-------------------------|------------|---------------|----------|----------|--------------|-----|-------------|---------|-----------|----------------|
|                         |            |               | $\alpha$ | $\delta$ |              |     | $\delta$    |         |           |                |
| Boötiden                | 3/01/1998  | 01-01 - 06-01 | 15,467   | 50       | 41           | 100 | 18,933      | -22,783 | 28        | -3,47          |
| Virginiden              | 20/03/1998 | 05-03 - 02-04 | 12,667   | 0        | 30           | 5   | 23,967      | -0,133  | -58       | -11,30         |
| Lyriden                 | 22/04/1998 | 19-04 - 25-04 | 18,133   | 33       | 49           | 10  | 1,983       | 12,183  | -22       | 16,15          |
| Eta Aquariden           | 4/05/1998  | 21-04 - 12-05 | 22,400   | 0        | 67           | 60  | 2,750       | 15,983  | 60        | 19,65          |
| Ariëtiden               | 7/06/1998  | 30-05 - 18-06 | 2,933    | 23       | 39           | 60  | 5,017       | 22,750  | 93        | -2,08          |
| Zêta Perseïden          | 9/06/1998  | 01-06 - 17-06 | 4,133    | 24       | 29           | 40  | 5,167       | 22,933  | 99        | -1,03          |
| Bêta Tauriden           | 29/06/1998 | 24-06 - 05-07 | 5,800    | 20       | 31           | 20  | 6,533       | 23,217  | 28        | -0,73          |
| Delta Aquariden<br>Zuid | 28/07/1998 | 21-07 - 18-08 | 22,600   | -17      | 41           | 20  | 8,500       | 18,967  | 23        | 14,10          |
| Alfa<br>Capricorniden   | 1/08/1998  | 15-07 - 20-08 | 20,533   | -10      | 24           | 15  | 8,750       | 18,000  | 59        | 11,78          |
| Iota Aquariden          | 5/08/1998  | 15-07 - 25-08 | 22,200   | -15      | 36           | 10  | 9,017       | 16,950  | 91        | 13,18          |
| Perseïden               | 12/08/1998 | 25-07 - 22-08 | 3,000    | 58       | 60           | 80  | 9,483       | 14,833  | -71       | -6,48          |
| Kappa<br>Cygniden       | 20/08/1998 | 09-08 - 25-08 | 19,067   | 55       | 25           | 8   | 9,950       | 12,417  | -2        | 9,12           |
| Orioniden               | 21/10/1998 | 16-10 - 26-10 | 6,333    | 16       | 66           | 30  | 13,717      | -10,717 | 1         | -7,38          |
| Tauriden                | 7/11/1998  | 20-10 - 30-11 | 3,500    | 14       | 30           | 15  | 14,817      | -16,300 | -84       | -11,32         |
| Leoniden                | 17/11/1998 | 14-11 - 20-11 | 10,133   | 22       | 71           | var | 15,517      | -19,067 | -1        | -5,38          |
| Geminiden               | 14/12/1998 | 07-12 - 16-12 | 7,467    | 32       | 34           | 90  | 17,417      | -23,200 | -18       | -9,95          |
| Ursiden                 | 22/12/1998 | 17-12 - 24-12 | 14,467   | 78       | 33           | 15  | 18,017      | -23,433 | 12        | -3,55          |

*tabel 1: Parameters voor de meteorenzwermen in het jaar 1998.*

## 6 LITERATUURLIJST

### 6.1 Internet

[Http://www.imo.net](http://www.imo.net)

[Http://www.imo.net/radio/index.html](http://www.imo.net/radio/index.html)

[Http://www.imo.net/radio/general.html](http://www.imo.net/radio/general.html)

[Http://www.imo.net/radio/transmitter.html](http://www.imo.net/radio/transmitter.html)

[Http://www.imo.net/radio/receiver.html](http://www.imo.net/radio/receiver.html)

[Http://www.imo.net/radio/antenna.html](http://www.imo.net/radio/antenna.html)

[Http://www.imo.net/radio/interference.html](http://www.imo.net/radio/interference.html)

[Http://www.imo.net/radio/registering.html](http://www.imo.net/radio/registering.html)

[Http://www.imo.net/radio/questions\\_answers.html](http://www.imo.net/radio/questions_answers.html)

[Http://www.axl.be](http://www.axl.be)

[Http://allserv.rug.ac.be/~hdejongh/astro/meteor/meteor.html](http://allserv.rug.ac.be/~hdejongh/astro/meteor/meteor.html)

[Http://www.seds.org](http://www.seds.org)

### 6.2 Geraadpleegde werken

MEEUS, J., Hemelkalender 1998, uitg. Vereniging Voor Sterrenkunde, v.z.w., Brugge, 1998

MEEUS, J., Hemelkalender 1999, uitg. Vereniging Voor Sterrenkunde, v.z.w., Brugge, 1999

### 6.3 Geraadpleegde tijdschriften

HAMERS, E., “Het automatisch waarnemen van radiometeoren”, in: Zenit, juni 1994, p. 267-268.

### 6.4 Andere bronnen

RMOB, Radio Meteor Observation Bulletin No. 32, april 1996