

# Geminiden 1990 :

## Fotografische resultaten (1) :

### Baanelementen

Hans Betlem<sup>1</sup>, Casper ter Kuile<sup>2</sup>, Marc de Lignie<sup>3</sup>, Jaap van 't Leven<sup>4</sup>, Michiel van Vliet<sup>5</sup>

1 Lederkarper 4, 2318 NB Leiden

2 Akker 145, 3732 XD De Bilt

3 Prins Hendrikplein 42, 2264 SN Leidschendam

4 Touwslagerhof 5, 1315 BR Almere

5 Postbus 451, 4380 AL Vlissingen

#### English summary

Between December 11 and December 15 a number of Dutch Meteor Society members settled themselves in southern France to monitor Geminid activity and to set up a multi station photographic network for the Geminids.

Visual and photographic reports were published earlier in this journal [1,2,3] ; this article deals with the first results from the photographic campaign.

Over 700 individual meteor photographs were obtained from the stations *Lardiers* (Casper ter Kuile cs.) , *Le Thouron* (Marc de Lignie cs.) and *Quinson and Barrème* (Peter Jenniskens).

About 200 Geminids were photographed from two or more stations. During the period from Januari 1991 up till July 1992 more than 450 meteor negatives were measured on the Jena Astrorecord XY measuring device of the Leidse Sterrewacht. From the 100 best multi-station events high precision orbital elements could be obtained. Orbital data of these are presented in this article.

#### Inleiding

De Geminidenactie 1990 is een doorslaand succes geworden, zowel visueel als fotografisch. In verschillende artikelen in *Radiant* [1,2,3] zijn de waarnemingsverslagen en de visuele resultaten al in alle toonaarden bezongen.

Het met name fotografisch enorme succes vindt zijn oorzaak in de welgeplande en met welhaast militaire precisie uitgevoerde fotografische simultaan campagne in Zuid Frankrijk. In vier nachten tijd waren grote camera-batterijen in typisch Nederlandse stijl actief in *Lardiers* (Casper ter Kuile cs.) , *Le Thouron* (Marc de Lignie cs.) en op de dropposten te *Quinson* en *Barrème* (Peter Jenniskens).

Het precieze aantal uitgemeten negatieven zal wel nooit meer te achterhalen zijn. Het zijn er ongeveer 450 geweest! Uitgangspunt is geweest : Alle simultaanopnamen worden uitgemeten. Dat hebben we geweten !

In dit artikel de eerste resultaten : Baanelementen van een 100-tal simultane Geminiden. Gegevens over radiantposities van een veel groter aantal simultaanopnamen zullen in een vervolgartikel aan de orde komen.

#### Een selectie van het materiaal

Het is niet zonder reden geweest, dat we besloten hebben om *alle* Geminidenmateriaal 1990 uit te meten. Maar al te vaak blijkt, dat opnamen die er helemaal niet zo veelbelovend uitzien, achteraf schitterende resultaten

geven. Ook het omgekeerde komt helaas voor : De mooie spetter valt in de simultaanberekening toch weer tegen. Erg veel voorbereidend werk moest uiteraard gedaan worden in het uitzoeken en combineren van de simultaanopnamen. Het simultaanprognoseprogramma *Simpro*<sup>TM</sup> heeft hier onschatbare diensten bewezen. Slechts enkele maanden na de expeditie waren de lijsten met de gecontroleerde en de vermoedelijke si- en trimultaanopnamen gereed.

Het uitmeten zelf is steeds volgens een strak werkschema afgehandeld. In een wisselende bezetting werkten de auteurs van dit artikel in tweeploegendienst één á twee avonden in de week aan de XY meetmachine op de

Leidse Sterrenwacht. Dankzij de sympathieke bemoeienis van Dr.A. van Genderen konden we snel na de aanvang van de werkzaamheden over meerdere sleutelkaarten van het gebouw beschikken zodat efficiënt en volgens een strak rooster gewerkt kon worden.

Sloten koffie en enorme hoeveelheden koeken in alle soorten en maten zijn er tijdens de traditionele meetavonden door gegaan.

Dit alles heeft een kleine twee jaar in beslag genomen. Om deze reden is het via Radiant dan ook lange tijd stil geweest van het fotografische rekenfront. Inmiddels is een grote verandering in het fotografisch rekenwerk ingetreden. Het uitmeetprogramma "Astrorecord" kwam begin januari beschikbaar voor de fotografische rekenaars. Op verschillende locaties in den lande kan nu gelijktijdig en met hoog tempo worden uitgemeten.

Het is niet zonder trots dat we kunnen melden, dat van het simultaanmateriaal van de zomeracties 1993 uit zuid Frankrijk (208 n-multaanopnamen over 493 negatieven !!) inmiddels 30% is uitgemeten én doorgerekend!

### Kwaliteit van het basismateriaal

Gemeten naar maatstaven anno 1990 was het Geminiden 1990 materiaal van zeer hoge kwaliteit. Van het overgrote deel van de n-multaan meteoren was het verschijningstijdstip bekend en alle cameratijden waren nauwkeurig vastgelegd. De gegevens zijn snel en overzichtelijk gerubriceerd, alle negatieven waren voor meting vrijwel onmiddellijk beschikbaar.

Afgezien van een kortdurende periode van stroomuitval en van té harde wind op één van de posten zijn steeds synchrone sectoren (fietsdynamo's) toegepast.

Als minpuntje moet de kwatiteit van sommige optieken aangemerkt worden. De Geminidenactie 1990 is in zoverre een historische actie geworden, dat het dé actie is, waarbij voor het laatst

grootschalig Lubitelcamera's zijn ingezet.

De kwaliteit en scherpte van deze optiek laat zoveel te wensen over, dat deze camera's binnen DMS inmiddels op alle posten van het toneel verdwenen zijn.

Ook zagen we tijdens de Geminiden 1990 nog een flinke inzet van camera's met groothoeklenzen (zelfs met  $f=28$  mm) van een twijfelachtige kwaliteit. Alle sectoren draaiden met 25 afdekkingen per seconde.

Vergelijken we deze situatie met de, naar het zich nu laat aanzien nóg succesvollere Perseïdenactie 1993, dan zijn de verschillen evident. Tijdens de Perseïden 1993 waren vier posten permanent actief tegen twee plus één droppost tijdens de Geminiden 1990. In 1993 waren drie van de vier posten voorzien van de nieuwe, kristalgestuurde sectoren met 50 afdekkingen per seconde. Lubitels worden niet meer gebruikt. Drie posten gebruikten volledig geautomatiseerde batterijen, voorzien van originele Canon optiek.

Het zal duidelijk zijn, dat ook in kwaliteit de Geminiden 1990 actie in de Provence inmiddels is voorbijgestreefd...

### Selectie van het materiaal

Zoals eerder vermeld : *alle* negatieven van n-multaanopnamen zijn uitgemeten en doorgerekend.

De selectie die vooraf met Simpro™ is toegepast bleek hier goud waard te zijn : Slechts een enkele uitgemeten opname bleek na uitmeten niet simultaan, waarbij in sommige gevallen het negatief weer andere simultaancomponenten bleek te bevatten. Er is maar heel weinig voor niets uitgemeten en dan nog betrof het meestal een tweemaal uitgemeten negatief ten gevolge van administratieve slordigheidjes ...

Van de 197 aanvankelijk geregistreerde n-multaanopnamen vielen er na schifting met Simpro™ 23 als niet simultaan af. Tien opnamen vertoonden een te kleine convergentiehoek om tot redelijke resultaten te kunnen komen en

negen opnamen bleken niet uitmeetbaar omdat de sporen te zwak waren. In de resterende 155 simultaanopnamen zitten 13 sporadische meteoren. Resteren 142 n-multaan berekende Geminiden.

De resultaten zijn in de volgende kwaliteitsklassen samengebracht :

#### Klasse A : (30 banen)

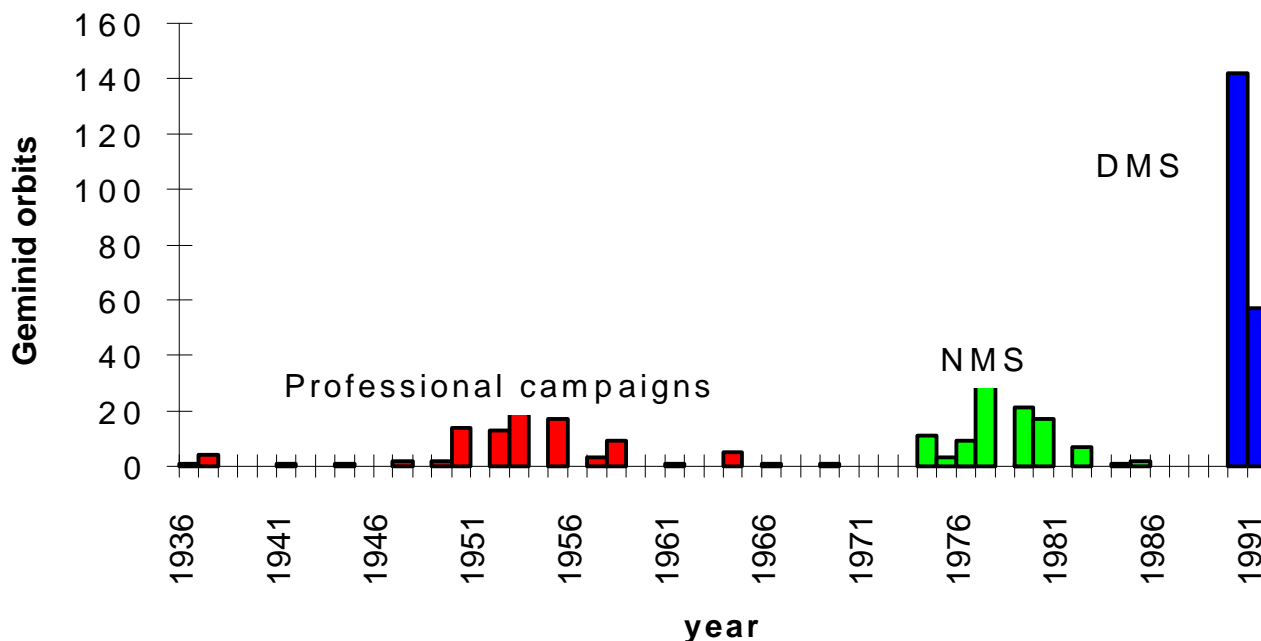
Trimultaanopnamen met bekend verschijningstijdstip. Dit soort opnamen geeft niet alleen radiantposities maar ook standaarddeviaties in de radiantposities. De hieruit af te leiden baanelementen zijn daardoor in het algemeen van de hoogste nauwkeurighedsgraad.

#### Klasse B : (50 banen)

Trimultaanopnamen waarvan het verschijningstijdstip niet bekend is (deze kwamen in het materiaal overigens niet voor!) en gewone simultaanopnamen. Voor deze opnamen moet de nauwkeurigheid in de berekende radiantpositie worden geschat. In de meeste gevallen is hiervoor  $\pm 0.2^\circ$  in zowel rechte klimming als declinatie aangehouden. De trimultaanopnamen zijn in het algemeen ongeveer een factor vier nauwkeuriger. De nauwkeurigheid in de klasse B banen is vanwege de grotere aangenomen tolerantie in de radiantpositie ook wat minder.

#### Klasse C : (12 banen)

Dit betreft gewone simultaanopnamen waarvan het verschijningstijdstip niet bekend is. In de radiantpositie is  $\pm 0.2^\circ$  in de declinatie aangehouden. De tolerantie in de rechte klimming is rechtstreeks gekoppeld aan de tolerantie in het verschijningstijdstip. ( $1^\circ$  per 4 tijdminuten). Voor het verschijnings-tijdstip is het midden van



**Figuur 1 :** Aantallen n-multane Geminiden uit de database van het IAU Meteor Data Center in Lund.

het overlapgebied in belichtingstijden voor de verschillende camera's (posten) aangehouden. Het klasse C materiaal toont meestal toleranties van één tot twee graden in de rechte klimmingen van de radianten. Omdat de visueel gemiste meteoren meestal de wat zwakkere exemplaren betreft die weinig sectoronderbrekingen laten zien en dus grotere toleranties in het snelheidsprofiel vertonen, leiden beide effecten samen tot baanelementen die nog een klasse onnauwkeuriger zijn.

#### **Klasse D :** (50 trajecten)

Dit zijn de meteoren waarvan om verschillende redenen (ongunstige convergentiehoeken, geen of te weinig sectoronderbrekingen) geen baanelementen berekend konden worden. In veel gevallen hebben deze meteoren wél goede radiantposities opgeleverd. In deze publicatie is deze groep niet van belang.

#### **Eerdere resultaten**

Figuur 1 (uit [4]) geeft informatie over aantallen simultaan gefotografeerde Geminiden uit de gegevens van de IAU

Database in Lund. Deze bevat materiaal van professionele (meest Russische en Harvard) campagnes tussen 1936 en 1976, Japanse simultaangegevens van de Nippon Meteor Society (NMS) tussen 1969 en 1982 en de DMS resultaten uit 1990 en 1991. Onze 1991 Nederlandse simultaanberekeningen naderen overigens hun voltooiing en zullen binnenkort ook gepubliceerd worden.

De IAU data uit de periode 1936 tot 1976 zijn gebaseerd op 105 n-multaanopnamen die als Geminiden geklasseerd zijn. Hieruit zijn zes banen verwijderd die zeker geen Geminiden zijn en er werd één klaarblijkelijke typerfout gecorrigeerd. Blijven over 99 professionele banen, een aantal dat DMS in één enkele actie evenaarde! De Japanners legden tussen 1969 en 1992 100 Geminiden n-multaan vast.

#### **Baanelementen**

De drie tabellen 1 t/m 3 op de volgende bladzijden geven de berekende baanelementen van de drie groepen A, B en C banen. Het moge duidelijk zijn,

dat van een individuele bespreking per simultaanopname met complete gegevens over opnamen en cameraposten en fotomateriaal bij de presentatie van zulke grote hoeveelheden gegevens natuurlijk geen sprake meer kan zijn. Slechts de koele gegevens en dan nog heel summier weergegeven.

De DMS code verwijst naar een unieke nummering volgens welke nu ruim 700 simultaanopnamen in de DMS database zijn opgeslagen. De 1990 Geminiden beginnen bij 90100. De datum is gegeven in decimalen. Maand (12) en jaar (1990) zijn weggelaten. De opgegeven helderheden zijn visuele magnituden, geschat door de waarnemer(s). Er is niet gefotometreerd, zodat geen fotometrische magnituden beschikbaar zijn. Alle baanelementen zijn gegeven met hun standaarddeviatie (in de naastliggende kolom 'tol') Onder de tabellen zijn de gemiddelde waarden voor de baanelementen met hun standaarddeviaties weergegeven.

Tabel 4 tot slot geeft een vergelijking van de gemiddelde resultaten uit de drie grote dataleveranciers : IAU, NMS en DMS.

Code	Day	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	omega	tol	node	pi	tol
90117	13,8590	-1	0,136	0,005	1,51	0,660	0,029	0,910	0,006	25,37	1,15	323,94	0,62	261,71	225,65	0,62
90128	13,8813	-2	0,140	0,005	1,35	0,740	0,024	0,897	0,003	23,97	0,79	324,58	0,99	261,73	226,31	0,99
90130	13,8911	0	0,135	0,004	1,45	0,689	0,028	0,907	0,006	25,49	0,85	324,45	0,34	261,74	226,19	0,34
90136	13,9209	-1	0,143	0,002	1,42	0,702	0,011	0,900	0,003	25,23	0,38	323,63	0,19	261,77	225,40	0,19
90142	13,9364	1	0,134	0,002	1,48	0,676	0,018	0,910	0,004	26,16	0,48	324,51	0,07	261,79	226,30	0,07
90144	13,9415	-1	0,138	0,004	1,31	0,761	0,030	0,895	0,007	25,13	0,90	325,19	0,21	261,79	226,98	0,21
90151	13,9671	-1	0,150	0,008	1,56	0,640	0,034	0,904	0,003	21,91	1,05	321,81	1,52	261,82	223,63	1,52
90155	13,9765	-1	0,140	0,003	1,35	0,743	0,016	0,896	0,004	23,19	0,52	324,66	0,31	261,83	226,49	0,31
90161	14,0060	-2	0,144	0,001	1,38	0,723	0,005	0,896	0,001	24,10	0,14	323,78	0,03	261,86	225,64	0,03
90162	14,0081	1	0,142	0,009	1,44	0,695	0,052	0,902	0,010	22,94	1,40	323,69	1,43	261,86	225,55	1,43
90167	14,0105	-1	0,141	0,004	1,32	0,755	0,025	0,894	0,006	23,70	0,69	324,69	0,13	261,86	226,55	0,13
90176	14,0434	0	0,138	0,002	1,52	0,659	0,016	0,909	0,004	25,25	0,44	323,63	0,12	261,90	225,52	0,12
90177	14,0479	-1	0,141	0,002	1,36	0,735	0,010	0,897	0,003	23,94	0,29	324,42	0,08	261,90	226,32	0,08
90183	14,0576	-2	0,144	0,003	1,37	0,732	0,020	0,895	0,005	23,96	0,61	323,93	0,25	261,91	225,84	0,25
90188	14,0665	-3	0,142	0,001	1,29	0,777	0,005	0,890	0,001	24,43	0,15	324,91	0,06	261,92	226,83	0,06
90191	14,0782	-1	0,145	0,002	1,38	0,726	0,010	0,894	0,003	23,31	0,27	323,61	0,07	261,93	225,54	0,07
90201	14,0920	-1	0,135	0,002	1,27	0,786	0,014	0,894	0,004	24,44	0,45	325,92	0,10	261,94	227,86	0,10
90208	14,1017	1	0,129	0,011	1,32	0,755	0,063	0,903	0,012	26,71	2,18	326,24	1,71	261,95	228,20	1,71
90215	14,1260	1	0,139	0,004	1,39	0,721	0,019	0,900	0,002	24,03	0,70	324,40	0,84	261,98	226,37	0,84
90219	14,1375	-2	0,142	0,001	1,43	0,670	0,005	0,901	0,001	23,96	0,15	323,69	0,05	261,28	224,97	0,05
90227	14,1565	0	0,141	0,005	1,42	0,704	0,027	0,901	0,006	24,52	0,91	323,86	0,56	262,01	225,87	0,56
90242	14,1978	-1	0,142	0,012	1,35	0,739	0,051	0,895	0,005	22,25	1,96	324,25	2,30	262,05	226,30	2,30
90250	14,2117	-1	0,143	0,004	1,41	0,709	0,024	0,899	0,006	21,06	0,73	323,69	0,32	262,07	225,76	0,32
90273	14,9497	-1	0,143	0,002	1,32	0,756	0,010	0,892	0,003	23,79	0,29	324,40	0,10	262,82	227,22	1,00
90274	14,9518	-1	0,145	0,001	1,28	0,779	0,006	0,887	0,001	22,13	0,19	324,51	0,20	262,82	227,33	0,20
90280	14,9698	-1	0,145	0,002	1,36	0,737	0,015	0,893	0,004	22,62	0,40	323,81	0,09	262,83	226,65	0,09
90281	14,9830	-2	0,140	0,002	1,41	0,709	0,011	0,901	0,003	24,44	0,39	324,14	0,21	262,85	227,00	0,21
90283	15,0067	-2	0,140	0,002	1,51	0,663	0,016	0,907	0,004	23,55	0,42	323,42	0,20	262,87	226,29	0,20
90284	15,0097	-2	0,131	0,002	1,46	0,686	0,016	0,910	0,003	25,79	0,44	325,05	0,09	262,88	227,92	0,09
90285	15,0196	-1	0,138	0,003	1,40	0,715	0,018	0,902	0,004	23,87	0,66	324,54	0,46	262,89	227,43	0,46

<b>DMS-a</b>	mean	0,140	1,394	0,718	0,899	24,041	324,25		226,33
<b>N=30</b>	st.dev	0,004	0,075	0,039	0,006	1,294	0,810		0,952

**Table 1 :** Class-A orbits. Geminids 1990 Dutch Meteor Society  
3 station meteors with well known time of appearance of the meteor

Code	Day	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	omega	tol	node	pi	tol
90106	12,9869	1	0,125	0,003	1,52	0,657	0,015	0,918	0,002	24,21	0,73	325,45	0,54	260,82	227,27	0,54
90115	13,8577	0	0,113	0,003	1,20	0,835	0,022	0,906	0,005	26,23	0,83	329,59	0,34	261,71	231,30	0,34
90118	13,8680	-1	0,170	0,017	1,61	0,621	0,070	0,894	0,007	19,21	1,74	318,80	3,21	261,72	220,51	3,21
90121	13,8714	0	0,160	0,016	1,44	0,695	0,070	0,889	0,008	21,52	1,79	321,18	2,98	261,72	222,90	2,98
90126	13,8767	-2	0,150	0,003	1,44	0,694	0,016	0,896	0,003	29,57	0,60	322,48	0,59	261,73	224,20	0,59
90127	13,8781	0	0,137	0,008	1,55	0,647	0,043	0,911	0,006	22,94	1,37	323,66	1,53	261,73	225,39	1,53
90132	13,8951	0	0,145	0,010	1,25	0,801	0,069	0,884	0,018	25,46	2,12	324,78	0,44	261,74	226,53	0,44
90133	13,8980	0	0,144	0,006	1,39	0,719	0,038	0,897	0,009	24,41	1,13	323,72	0,54	261,75	225,47	0,54
90134	13,9058	0	0,145	0,003	1,35	0,743	0,017	0,892	0,004	23,52	0,57	323,98	0,35	261,76	225,74	0,35
90135	13,9063	-1	0,141	0,010	1,55	0,646	0,037	0,909	0,005	25,91	2,12	323,09	1,83	261,76	224,85	1,83
90150	13,9671	-3	0,147	0,004	1,35	0,739	0,016	0,892	0,002	23,45	0,58	323,66	0,72	261,82	225,48	0,72
90153	13,9715	0	0,113	0,011	1,46	0,683	0,076	0,920	0,011	27,72	2,62	327,65	2,01	261,82	229,47	2,00
90154	13,9725	-3	0,144	0,000	1,34	0,746	0,005	0,893	0,001	24,36	0,14	324,11	0,02	261,82	225,93	0,02
90158	13,9933	0	0,132	0,004	1,57	0,637	0,033	0,916	0,007	25,60	0,96	324,18	0,39	261,84	226,02	0,39
90159	13,9937	-2	0,137	0,002	1,44	0,694	0,012	0,905	0,003	24,18	0,51	324,37	0,36	262,08	226,44	0,36
90169	14,0156	0	0,136	0,003	1,52	0,660	0,022	0,910	0,005	25,13	0,70	323,91	0,37	261,87	225,77	0,37
90173	14,0271	0	0,160	0,016	1,59	0,628	0,066	0,900	0,004	21,33	1,74	320,26	3,03	261,88	222,14	3,03
90178	14,0480	0	0,145	0,005	1,41	0,061	0,710	0,897	0,007	25,63	0,95	323,48	0,38	261,90	225,38	0,38
90181	14,0505	-1	0,113	0,007	1,24	0,804	0,034	0,909	0,004	25,78	1,57	329,13	1,36	261,90	231,03	1,36
90184	14,0590	-3	0,125	0,015	1,38	0,724	0,070	0,910	0,008	27,55	3,06	326,46	2,83	261,91	228,37	2,83
90189	14,0688	0	0,098	0,005	1,18	0,839	0,038	0,918	0,008	27,41	1,54	331,83	0,43	261,92	233,91	0,43
90193	14,0794	0	0,124	0,012	1,23	0,812	0,063	0,899	0,005	25,79	2,27	327,80	2,50	261,93	229,73	2,50
90199	14,0852	-2	0,138	0,002	1,55	0,645	0,012	0,911	0,002	24,12	0,50	323,49	0,37	261,94	225,43	0,37
90200	14,0986	-2	0,141	0,004	1,40	0,715	0,018	0,900	0,004	25,35	0,75	324,12	0,53	261,94	226,07	0,53
90202	14,0923	-1	0,140	0,003	1,31	0,761	0,011	0,893	0,002	22,26	0,62	324,87	0,51	261,95	226,82	0,51
90203	14,0956	-2	0,145	0,002	1,28	0,784	0,008	0,886	0,001	23,43	0,29	324,52	0,29	261,95	226,47	0,29
90206	14,0991	-1	0,137	0,004	1,35	0,743	0,021	0,898	0,005	24,21	0,71	324,99	0,36	261,95	226,95	0,36
90210	14,1124	0	0,129	0,008	1,33	0,752	0,051	0,903	0,012	26,60	1,76	326,17	0,78	261,97	228,14	0,78
90211	14,1130	0	0,146	0,005	1,30	0,767	0,024	0,888	0,007	19,26	0,72	324,22	0,39	261,97	226,19	0,39
90221	14,1450	0	0,136	0,010	1,40	0,714	0,040	0,903	0,010	24,42	1,24	324,67	0,43	262,00	226,67	0,43
90229	14,1511	0	0,131	0,005	1,43	0,698	0,032	0,909	0,007	25,56	1,12	325,23	0,56	262,00	227,24	0,56
90237	14,1894	-1	0,139	0,003	1,34	0,746	0,016	0,896	0,004	23,79	0,60	324,76	0,36	262,04	226,81	0,36
90244	14,2000	0	0,137	0,003	1,20	0,835	0,013	0,886	0,003	19,12	0,66	326,38	0,49	262,06	228,44	0,49

Code	Day	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	omega	tol	node	pi	tol
90246	14,2023	-1	0,141	0,003	1,26	0,794	0,010	0,888	0,002	22,20	0,61	325,26	0,50	262,06	227,31	0,50
90249	14,2068	0	0,130	0,007	1,51	0,663	0,052	0,914	0,011	29,86	1,85	324,91	0,59	262,06	226,97	0,59
90251	14,2179	-1	0,132	0,008	1,37	0,729	0,039	0,904	0,006	24,31	1,38	325,50	1,37	262,07	227,57	1,37
90253	14,2229	-1	0,137	0,002	1,44	0,694	0,012	0,905	0,003	24,18	0,51	324,37	0,36	262,08	226,44	0,36
90256	14,8384	-1	0,145	0,008	1,34	0,744	0,035	0,892	0,004	20,93	0,97	323,96	1,45	262,70	226,66	1,45
90264	14,9016	-1	0,149	0,009	1,37	0,729	0,040	0,891	0,007	23,44	1,41	323,16	1,50	262,77	225,93	1,50
90265	14,9054	-2	0,130	0,021	1,21	0,828	0,066	0,893	0,013	36,11	3,86	327,22	3,54	262,77	229,99	3,54
90266	14,9086	-2	0,138	0,003	1,36	0,734	0,017	0,899	0,004	22,58	0,57	324,74	0,35	262,78	227,52	0,35
90267	14,9303	-2	0,146	0,005	1,44	0,696	0,026	0,898	0,005	22,51	0,76	323,08	0,75	262,80	225,88	0,75
90271	14,9456	-4	0,142	0,003	1,40	0,712	0,011	0,899	0,001	23,16	0,48	323,81	0,47	262,81	226,62	0,47
90272	14,9167	-4	0,138	0,004	1,37	0,732	0,019	0,899	0,003	24,94	0,67	324,65	0,71	262,81	227,46	0,71
90276	14,9523	-2	0,143	0,008	1,35	0,740	0,034	0,894	0,004	23,19	1,13	324,13	1,42	262,82	226,96	1,42
90282	15,0022	0	0,136	0,003	1,32	0,759	0,021	0,897	0,005	25,02	0,71	325,39	0,36	262,87	228,26	0,36
90286	15,0000	-1	0,140	0,003	1,39	0,718	0,016	0,899	0,004	23,30	0,57	324,20	0,36	262,89	227,09	0,36
90288	15,0282	-1	0,141	0,013	1,40	0,714	0,086	0,900	0,021	22,93	2,27	324,11	0,54	262,90	227,01	0,54
90289	15,0331	-1	0,150	0,007	1,31	0,761	0,050	0,886	0,012	31,37	1,78	323,58	0,54	262,90	226,48	0,54
90296	14,0590	0	0,144	0,016	1,38	0,726	0,073	0,896	0,011	29,13	2,94	323,88	2,83	261,91	225,79	2,83

<b>DMS-b</b>	mean	0,138	1,382	0,714	0,900	24,68	324,66		226,78
<b>N=50</b>	st.dev	0,012	0,11	0,109	0,009	3,04	2,13		2,17

**Table 2 :** Class-B orbits. Geminids 1990 Dutch Meteor Society  
2 station meteors with well known time of appearance of the meteor

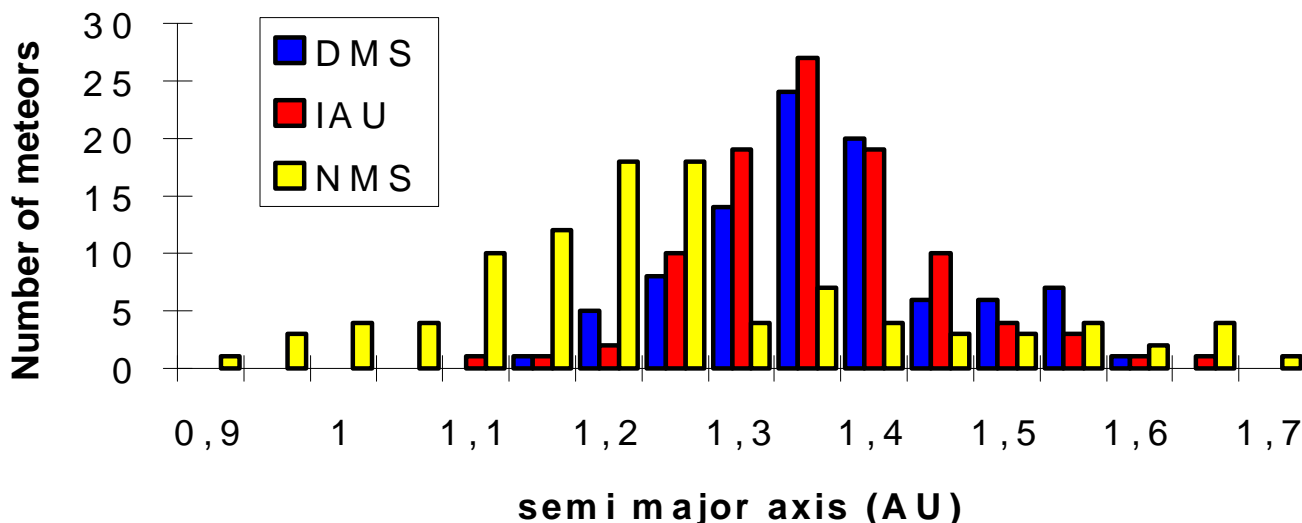
Code	Day	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	omega	tol	node	pi	tol
90120	13,8701	0	0,141	0,016	1,35	0,742	0,077	0,896	0,011	22,42	2,14	324,46	2,82	261,72	226,18	2,82
90131	13,8917	-1	0,126	0,012	1,29	0,777	0,063	0,902	0,004	28,15	2,29	326,94	2,54	261,74	228,68	2,54
90143	13,9410	0	0,156	0,017	1,61	0,622	0,084	0,903	0,013	23,21	2,19	320,67	3,00	261,79	222,46	3,00
90163	14,0081	1	0,138	0,010	1,43	0,702	0,065	0,904	0,013	24,61	1,81	324,33	1,41	261,86	226,19	1,41
90185	14,0602	0	0,137	0,008	1,37	0,728	0,043	0,900	0,007	23,81	1,30	324,83	1,38	261,91	226,74	1,38
90216	14,1288	0	0,146	0,015	1,46	0,685	0,052	0,900	0,004	22,96	1,52	322,98	2,25	261,98	224,96	2,25
90217	14,1351	-1	0,155	0,009	1,45	0,691	0,042	0,893	0,005	22,69	1,27	321,87	1,73	261,99	223,86	1,73
90236	14,1820	0	0,134	0,015	1,29	0,774	0,081	0,897	0,017	24,88	2,71	325,93	2,10	262,04	227,96	2,11
90248	14,2028	0	0,130	0,010	1,36	0,733	0,050	0,905	0,005	25,88	1,79	325,85	1,96	262,06	227,91	1,96
90252	14,2196	0	0,137	0,010	1,32	0,757	0,051	0,897	0,006	24,55	1,70	325,28	1,96	262,07	227,36	1,96
90261	14,8787	-1	0,149	0,009	1,34	0,746	0,042	0,889	0,007	22,94	1,21	323,51	1,55	262,75	226,25	1,55
90263	14,9002	0	0,118	0,013	1,39	0,721	0,076	0,915	0,009	28,31	2,72	327,29	2,58	262,77	230,06	2,58

<b>DMS-c</b>	mean	0,139	1,388	0,723	0,900	24,53	324,50		226,55
<b>N=12</b>	st.dev	0,011	0,090	0,043	0,007	2,01	1,98		2,09

**Table 3 :** Class-C orbits. Geminids 1990 Dutch Meteor Society  
2 station meteors with time of appearance of the meteor not known

Orbits	(2000.0)	q	a	1/a	e	i	omega	pi
<b>DMS</b>	mean	0,139	1,388	0,719	0,900	24,4	324,5	226,55
<b>N=92</b>	st. dev.	0,009	0,090	0,064	0,007	2,1	1,6	1,74
<b>IAU</b>	mean	0,140	1,384	0,726	0,899	23,8	324,4	225,48
<b>N=99</b>	st. dev.	0,010	0,091	0,048	0,010	1,8	1,5	4,59
<b>NMS</b>	mean	0,149	1,27	0,802	0,878	23,1	324,8	226,12
<b>N=100</b>	st. dev.	0,029	0,17	0,106	0,037	4,4	2,8	2,96

**Table 4 :** Mean values of orbital elements (2000.0). DMS data (92 meteors), IAU data (99 meteors) and NMS data (100 n



**Figuur 2 :** *Distributie van de halve lange assen a van de DMS, IAU en NMS Geminiden banen 1990.*

## Resultaten

Omdat de hoeveelheden data vergelijkbaar zijn laten de resultaten van de drie data leveranciers zich goed vergelijken. Omdat de waarnemingsperioden drie totaal verschillende perioden bestrijken, kunnen we onderzoeken of de baanelementen van de Geminiden zich gedurende een periode van 60 jaar noemenswaardig hebben gewijzigd.

Tabel 4 overduidelijk, dat de baanelementen uit de professionele IAU data (1936 - 1976) zo goed als identiek zijn met de door DMS berekende resultaten. De nauwkeurigheid in de banen is van eenzelfde orde van grootte. Het is goed om uit een dergelijk grote sample de correcte verwerking van het waarnemingsmateriaal weerspiegeld te zien. Amateurwerk hoeft niet voor professioneel werk onder te doen ! En zoals eerder in dit artikel opgemerkt : De kwaliteit van uitrusting en verwerkingsmethoden is nog steeds stijgende. Een tweede conclusie die getrokken kan worden is, dat de baanelementen van de Geminiden zich gedurende de laatste zestig jaar niet of nauwelijks hebben gewijzigd.

Minder fraai komen de Japanse data eruit. De berekende halve lange assen van de Japanse Geminidenbanen zijn systematisch te klein. De door de Ja-

panners opgegeven gemiddelde waarde komt overeen met de *ondervleugel* in de snelheidsverdeling van de DMS Geminiden. Zie figuur 2. Lindblad [5] onderzocht 325 Japanse fotografische n-multaan banen. Ook voor de Perseïden en de Boötiden wordt een te lage waarde van de halve lange assen opgegeven (Perseïden 7,8 AE i.p.v. 25,6 AE ; Boötiden 2,96 AE i.p.v. 3,0 AE). De meest waarschijnlijke verklaring voor deze systematische afwijking is, dat de Japanners in hun rekenmethoden niet corrigeren voor de atmosferische vertraging en derhalve de waargenomen snelheid  $V$  gelijkstellen aan  $V_{\infty}$ . De hieruit voortkomende systematisch te lage waarden voor de heliocentrische snelheid  $V_H$  leidt tot bovenvermelde afwijkingen in de baanelementen.

Het lijkt zinvol om de Japanse data eerst hiervoor te corrigeren dan wel ze te herberekenen, alvorens de gegevens integraal aan de IAU database toe te voegen..

## Tot slot

Velen hebben bijgedragen aan het succes van de Geminiden 1990 in de Provence. Het was de eerste grote gecoördineerde fotografische DMS actie in

het buitenland die meteen al tot geweldige successen heeft geleid.

Dank aan de waarnemers, de voorbereiders, de crashers en al degenen die aan de verwerking van de resultaten hebben bijgedragen.

Met name een dankwoordje aan studenten en medewerkers van de Leidse Sterrenwacht met wie het 's avonds in het verder verlaten gebouw vaak goed toeven was.

## Referenties :

- 1] Jenniskens, P.; ter Kuile, C.; de Lignie, M. : *Geminiden 1990 in Zuid Frankrijk*. Radiant **13** (1991) pag. 8.
- 2] ter Kuile, C.: *Post Geminiden filosofie*. Radiant **13** (1991) pag. 52
- 3] Jenniskens, P : *Winter 1990 : Geminiden, Monocerotiden en s-Hydrusiden*. Radiant **13** (1991) pag. 126.
- 4] Betlem, H.; ter Kuile, C.; de Lignie, M.C.: *Three station photographic observations of the 1990 Geminid meteor shower*. IAU Symposium "Meteoroid and their parent bodies". Smolenice, Czechoslovakia. July 1992.
- 5] Lindblad, B.A.: *A study of meteor orbits obtained in Japan*. (unpublished)