

# drievoudige conjuncties

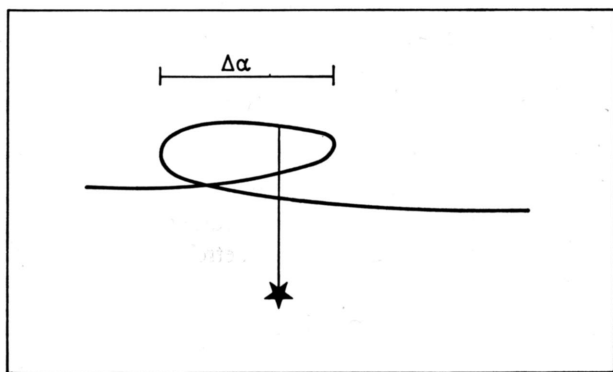
G. P. Können

Drievoudige of grote conjuncties van planeten met sterren of van planeten onderling hebben reeds in vroege tijden de aandacht van de mensheid getrokken. De planeetbewegingen werden nauwlettend gadegeslagen, want men was van mening dat astronomische gebeurtenissen samenhangen met aardse. Weinigen hechten tegenwoordig nog mystieke betekenis aan een samenstand, maar de schoonheid ervan houdt de belangstelling van velen gaande.

In dit artikel geven wij, als resultaat van statistische berekeningen, de gemiddelde tijdsduur  $t$  die tussen twee dergelijke zeldzame gebeurtenissen verloopt. Strikt genomen behandelen wij conjuncties in lengte. Het overgrote deel van de resultaten is echter precies hetzelfde voor conjuncties in rechte klimming.

## a. Planeet-Ster conjuncties

Als een planeet en een ster binnen een zeker tijdsinterval vóór of na elkaar in oppositie met de zon komen, dan zal de oppositielus van de planeetbaan zich zover uitstrekken, dat de planeet drie keer achterelkaar met de ster in conjunctie zal komen. Uit de breedte  $\Delta\alpha$  van de oppositielus is dit tijdsinterval  $\Delta t$  direct te berekenen als men zich bedenkt dat de zon, dus ook het tegenpunt van de zon, iets minder dan een graad per dag langs de ecliptica aflegt.



Figuur 1. Als een ster binnen een bepaalde tijd voor of na een planeet in oppositie met de zon komt, dan komt hij drie keer met de planeet in conjunctie.

Het oppositiepunt van een planeet, dat is het punt van de ecliptica waar de planeet zich bevindt op het ogenblik dat hij in oppositie staat met de zon, is na iedere oppositie zodanig verplaatst, dat de planeet één (of twee) jaar en een zeker aantal  $\lambda$  dagen later met de zon in oppositie komt. Na  $T$  jaar is het oppositiepunt in een aantal stappen de ecliptica rondgegaan, en staat het weer in de buurt van zijn oorspronkelijke plaats. Er is dus iedere  $T$  jaar kans op een drievoudige conjunctie van de planeet met een bepaalde ster.

Uit  $\Delta t$  en  $\lambda$  is uit te rekenen, hoe groot deze kans  $K$  is, en dus met hoeveel procent van de sterren

van de ecliptica een planeet bij zijn rondgang langs de ecliptica in drievoudige conjunctie komt. Omgekeerd weet men nu de gemiddelde tijd  $t$  die tussen twee drievoudige conjuncties van een planeet en een bepaalde ster. Tabel I geeft deze waarden,  $\Delta\alpha$  is hier ontleend aan lit. 1:

Tabel I

	$\Delta\alpha$	$\Delta t$	$T$	$\lambda$	$K$	$t$
Mars gemiddeld	15°,95	8 <sup>a</sup> ,1	15,8 jr	49 <sup>a</sup> ,5	33%	48 jr
perihelium	10°,0	5 <sup>a</sup> ,1	„	78 <sup>a</sup> ,6	13%	122 jr
aphelium	19°,5	9 <sup>a</sup> ,9	„	34 <sup>a</sup> ,1	58%	26 jr
Jupiter	9°,97	5 <sup>a</sup> ,1	11,9 jr	33 <sup>a</sup> ,6	30%	40 jr
Saturnus	6°,78	3 <sup>a</sup> ,4	29,5 jr	12 <sup>a</sup> ,8	53%	55 jr
Uranus	4°,07	2 <sup>a</sup> ,1	84,0 jr	4 <sup>a</sup> ,4	93%	90 jr
Neptunus	2°,82	1 <sup>a</sup> ,4	164,8 jr	2 <sup>a</sup> ,2	100%	165 jr
vijfvoudig	„	„	„	„	28%	588 jr

In de laatste kolom staat de gemiddelde tijd tussen twee drievoudige conjuncties.

(Wij nodigen de lezer uit de hier summier aangegeven gedachtengang van de auteur na te vorsen. Het geval dat  $\lambda$  exact gelijk aan nul is moet men apart behandelen. Het zou zich b.v. voordoen bij een planeet met een siderische omlooptijd van precies twee jaar. De omweg over  $T$  en  $K$  is niet nodig. Men kan onder voorbehoud beredeneren dat  $t = T_{syn}/2\Delta t$  dan wel  $t = T_{syn}/\lambda$  al naar gelang  $2\Delta t$  kleiner resp. groter is dan  $\lambda$ . Het omgekeerde van  $t$  is in zekere zin de kans per jaar dat een bepaalde ster een drievoudige conjunctie ondergaat. *Red.*)

Neptunus heeft een zo grote oppositielus ten opzichte van zijn jaarlijkse verplaatsing, dat hij met alle sterren driemaal en met enkele sterren vijfmaal in conjunctie komt (zie ook lit. 3).

Voor Mars zijn ook de waarden gegeven die gelden bij een perihelium-oppositie en bij een aphelium-oppositie. Omdat bij een perihelium-oppositie de weg  $\lambda$  die het oppositiepunt na twee jaar heeft afgelegd groter en de oppositielus kleiner is dan bij een aphelium-oppositie, is de kans  $K$  dat Mars met een ster in drievoudige conjunctie komt, in het eerste geval veel kleiner dan in het tweede. Derhalve zal een ster in de Leeuw  $4\frac{1}{2}$  keer zoveel kans hebben op een drievoudige conjunctie met Mars dan een ster in de Waterman.

Ook bij andere planeten is de invloed van de excentriciteit van de banen merkbaar. Dit is echter een veel minder uitgesproken effect.

Om een indruk te krijgen van de invloed van de excentriciteit van de Marsbaan op de frequenties van de drievoudige conjuncties, hebben wij deze frequenties berekend voor de vier helderste sterren van de ecliptica, Regulus, Antares, Aldebaran en Spica. Als de planeet in drievoudige conjunctie met Regulus komt, staat hij dicht bij zijn aphelium. Bij Antares staat hij betrekkelijk dicht bij zijn perihelium.

Tabel II

	$K$	$t$
Mars – Antares	27%	59 jr
Mars – Aldebaran	40%	40 jr
Mars – Regulus	58%	27 jr
Mars – Spica	45%	35 jr

In 1969 komt Mars voor de eerste keer in de 20ste eeuw in drievoudige conjunctie met Antares hetgeen gezien het bovenstaande tot de zeldzame gebeurtenissen moet worden gerekend. Bovendien was in 1967 Mars drie keer in conjunctie gekomen met Spica. Deze beide verschijnselen zullen zich deze eeuw zeker niet meer herhalen. Een drievoudige Mars-Regulus conjunctie kunnen wij nog ver-

wachten in 1980 en 1995, terwijl er zich in 1948 ook een voorgedaan heeft. In 1963, toen het oppositiepunt zich eveneens bij Regulus bevond, bleef het bij een enkelvoudige conjunctie. Tenslotte heeft zich in 1943 een drievoudige Mars-Aldebaran-conjunctie voorgedaan, hetgeen zich pas weer in 1990 herhaalt.

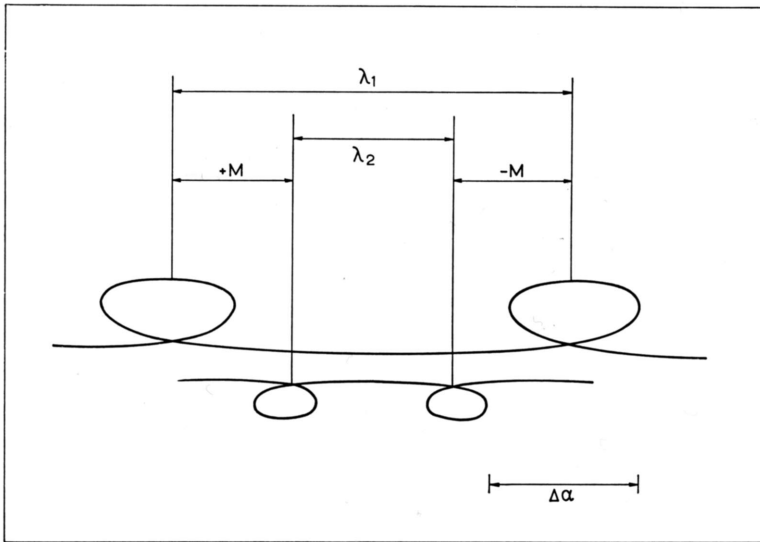
Uranus is een totaal ander geval. Zijn  $K = 93\%$  uit Tabel I suggereert reeds, dat deze planeet met bijna alle sterren van de ecliptica in drievoudige conjunctie komt. Het feit, dat een oppositielus bij een aphelium-oppositie groter is dan bij een perihelium-oppositie heeft hier wel een zeer vreemd resultaat. In lit. 4 staat hierover het volgende:

‘M. Meeus has made an interesting discovery about the stations of Uranus which does not apply to Jupiter or Saturn. It is that the interval in R.A. between the Eastern station preceding one opposition and the Western station following the *next* opposition (. . .). Meeus points out that the interval is nearly zero when the planet is near the aphelium of its orbit.’

Hieruit blijkt, dat de kans op een *enkelvoudige* conjunctie met een ster nabij het perihelium en Uranus' baan vele malen groter is dan bij het aphelium; hier is immers  $K = 100\%$ !

#### b. Planeet-Planeet conjuncties

Ook voor planeetconjuncties is statistisch na te gaan, hoe groot de frequentie van de onderlinge drievoudige conjuncties zal zijn. Bij de passage van de oppositiepunten, is het eenvoudig na te gaan hoe groot de maximale tijdsduur is die tussen de opposities van de planeten met de zon verloopt (zie fig. 2).



Figuur 2. De maximale tijdsduur  $M$ , verlopende tussen de oppositiedata van de planeten is  $\frac{1}{2}(\lambda_1 - \lambda_2)$ .

In lit. 2 is bovendien gegeven, hoe groot deze tijd maximaal mag zijn wil er een drievoudige conjunctie optreden. Deze tijd geven wij aan met  $\Delta t$ . In tabel III is  $T$  de tijd waarna de oppositiepunten elkaar ingehaald hebben, en  $K$  weer de kans om een drievoudige conjunctie te krijgen als de oppositiepunten elkaar passeren:

Tabel III

	$T$	$\Delta t$	$K$	$t$
Mars – Jupiter	47,8 jr	3,9 d	44%	110 jr
Mars – Saturnus	34,2 jr	5,4 d	46%	75 jr
Mars – Uranus	19,2 jr	6,5 d	32%	60 jr
Mars – Neptunus	17,1 jr	7,0 d	31%	55 jr
Jupiter – Saturnus	19,9 jr	1,7 d	16%	125 jr
Jupiter – Uranus	13,8 jr	3,1 d	21%	65 jr
Jupiter – Neptunus	12,8 jr	3,7 d	24%	55 jr
Saturnus – Uranus	45,4 jr	1,4 d	33%	140 jr
Saturnus – Neptunus	35,9 jr	2,1 d	40%	90 jr
Uranus – Neptunus	171,4 jr	0,63 d	57%	300 jr

Ook hier ziet men weer duidelijk, dat drievoudige conjuncties tot de zeldzame verschijnselen moeten worden gerekend. In lt. 2 en 3 staat beschreven, wanneer deze gevallen zich voordoen.

### c. Drievoudige conjuncties tussen drie planeten

Als een planeet in oppositie staat met de zon, dan zal een tweede planeet ten hoogste  $S_2$  dagen vroeger of later, en een derde planeet hoogstens  $S_3$  dagen vroeger of later eveneens in oppositie met de zon komen. Wil deze eerste planeet in drievoudige conjunctie met beide planeten komen, dan moeten deze binnen resp.  $\Delta t_2$  en  $\Delta t_3$  voor of na de eerste planeet in oppositie met de zon komen.

Aangezien de eerste planeet een keer in de  $\frac{2 S_1}{365}$  jaar in oppositie komt, zal het gemiddeld eens in

de  $t = \frac{2 S_1 S_2 S_3}{365 \Delta t_1 \Delta t_2}$  jaar voorkomen, dat een planeet drie keer met twee planeten in drievoudige

conjunctie komt. Een gedeelte van deze conjuncties  $K$  zal bovendien zodanig zijn, dat de tweede en de derde planeet drie keer in conjunctie met elkaar komen, zodat dan drie planeten drie keer met elkaar in conjunctie komen. In tabel IV is deze kans voor het geval Jupiter-Saturnus-Mars berekend:

Tabel IV

	$t$	$K$
Jupiter	12000	99,7%
Saturnus	8800	72 %
Mars	3800	31 %

Uit tabel IV blijkt, dat eens in de 12000 jaar Jupiter, Saturnus en Mars met elkaar in drievoudige conjunctie zullen komen. De drievoudige conjuncties van Jupiter met Mars en Saturnus gaan bijna altijd vergezeld van een drievoudige conjunctie tussen Mars en Saturnus onderling; slechts één keer in de 4 miljoen jaar zal dit niet het geval zijn!

In 1979–1980 zal er zich een verschijnsel voordoen, dat sterk aan het bovenstaande doet denken. Dan zullen namelijk Jupiter en Mars drie keer met elkaar in conjunctie komen, terwijl Mars met Regulus eveneens drie keer in conjunctie zal staan. Jupiter en Regulus komen dan juist niet in

drievoudige conjunctie; de afstand tussen het westelijk stationnair punt van Jupiters baan en Regulus zal echter slechts  $0,9^\circ$  bedragen (zie lit. 5).

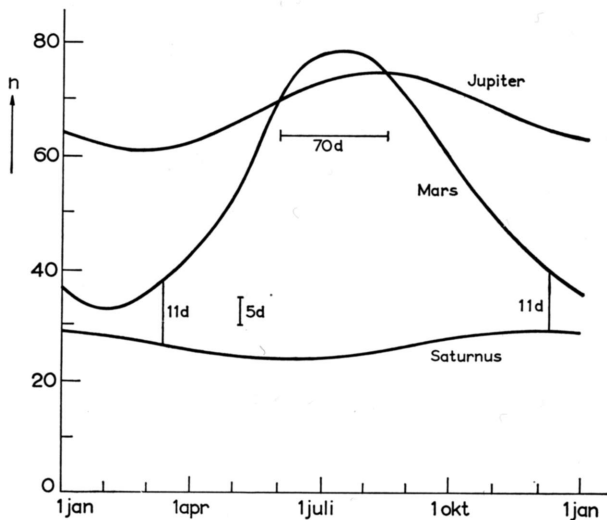
Een conjunctie als deze zal zich gemiddeld eens in de 2000 jaar voordoen, terwijl het slechts eens in de 5000 jaar eveneens van een Jupiter-Regulus drievoudige conjunctie vergezeld zal zijn. Het is dus wel een zeer zeldzaam verschijnsel, dat ons hier wacht.

De kans, dat een analoog verschijnsel zich voordoet met een van de andere sterren van de eerste grootte bij de ecliptica is iets kleiner. Aangezien er vier zulke sterren zijn, zullen 'wij' ongeveer een keer per millenium een drievoudige conjunctie tussen Mars, Jupiter en een ster van de eerste grootte kunnen aanschouwen.

#### d. Meervoudig - drievoudige conjuncties

In het bovenstaande hebben wij de invloed van excentriciteit van de banen verwaarloosd. Als wij die echter in het geval Mars-Jupiter en Mars-Saturnus in rekening brengen, komen wij tot nog nieuwe resultaten.

Als Mars nabij zijn perihelium in oppositie komt met de zon, zal hij zich sneller bewegen dan wanneer hij zich tijdens zijn oppositie in het aphelium van zijn baan beweegt. Nu blijkt, dat het oppositiepunt zich bij het perihelium sneller beweegt dan dat van Jupiter op dezelfde plaats (zie fig. 3), waardoor het mogelijk is dat er zich *drie* drievoudige conjuncties achter elkaar zullen voordoen met tussenpozen van twee jaar, terwijl indien men met cirkelvormige banen rekent, de tussenpoos tussen twee drievoudige Mars-Jupiter conjuncties ten minste 47 jaar is (zie tabel III). Indien Jupiter bijvoorbeeld in een bepaald jaar op 1 juni en Mars op 31 mei in oppositie met de zon komt, dan zullen deze data twee jaar later 10 augustus en 10 augustus en nog twee jaar later resp. 26 en 25 oktober zijn, zodat er zich hier drie keer achter elkaar een drievoudige conjunctie tussen de planeten heeft voorgedaan! Een gebeurtenis als deze moet wel van een bijzondere schoonheid zijn, omdat Jupiter en Mars onder deze omstandigheden ongeveer even helder zullen zijn.



Figuur 3. Als een planeet op de datum  $T$  in oppositie met de zon komt, valt deze datum na twee jaar  $n$  dagen later.

Omdat  $\Delta t$  Mars-Jupiter voor deze kritische zone helaas niet goed bekend is, is het niet mogelijk precies na te gaan hoe groot deze zone is en hoe groot de kans op dit gebeuren zal zijn. Om echter toch een schatting van de frequentie van dit verschijnsel te krijgen, bedenken wij dat na 47,8 jaar, als de oppositiepunten van Jupiter en Mars elkaar passeren, Jupiter iets meer dan 4 keer zijn baan

heeft afgelegd, en wel zodanig dat het (dan) gemeenschappelijk oppositiepunt van Jupiter en Mars gemiddeld 9,3 dagen later in oppositie met de zon komt. In 1880 jaar zal dit punt derhalve weer op dezelfde plaats teruggekeerd zijn, en eens in de 1880 jaar zal daarom dit punt zich nabij het perihelium van Mars bevinden, zodat er dan een kans is op een of wellicht meerdere twee-drievoudige of drievoudige-drievoudige Mars-Jupiter conjunctie. Deze serie's zouden zich dan met tussenpozen van 48 jaar voordoen.

Bij de drievoudige conjunctie van Mars en Saturnus doet zich een analoog verschijnsel voor als de Mars-oppositie nabij het aphelium van zijn baan gebeurt. Uit figuur 3 ziet men, dat indien de middelste conjunctie van een drievoudige conjunctie tussen 10 december en 10 maart valt, het onderlinge verschil in de oppositiedata van deze planeten twee jaar later zeker kleiner is dan  $2\Delta t$ , zodat hier wederom een drievoudige conjunctie kan optreden.

Bij de volgende oppositie van Mars, twee jaar later, zal er echter beslist geen drievoudige conjunctie weer kunnen optreden met Saturnus.

Uit de grafiek ziet men, dat in 1946 toen Mars op 14 januari en Saturnus op 12 januari in oppositie met de zon kwamen, er een kans is geweest op een tweede drievoudige conjunctie, 2 jaar later. Dit zou gebeurd zijn als Mars drie tot zeven dagen eerder in oppositie met de zon was gekomen. De kans  $K$  op deze gebeurtenis op dit gedeelte van de ecliptica is 50%.

Tenslotte zal het duidelijk zijn, dat als de oppositiepunten van twee planeten elkaar passeren in de kritische zone, het niet mogelijk is dat er niet éénmaal een drievoudige conjunctie optreedt.

Tot besluit van dit artikel wil ik de heer Jean Meeus danken voor de bijzondere wijze waarop hij mij behulpzaam is geweest. Ook de heer K. P. Bijleveld dank ik voor zijn bijdrage aan dit artikel.

#### Literatuur

- 1 André Danjon, *Astronomie Générale* (Parijs 1959) blz. 189.
- 2 Jan Meeus, *Hemel en Dampkring* 65, blz. 242 (1967).
- 3 Jean Meeus, *Hemel en Dampkring* 65, blz. 272 (1967).
- 4 A. Alexander, *The Planet Uranus* (London 1965) blz. 188.
- 5 Jean Meeus, 'Les Conjonctions Jupiter-Régulus', *Ciel et Terre*, 1968.

## Kort bericht: Drievoudige conjuncties bij de vleet

Drievoudige conjuncties tussen een *bepaalde* planeet en een *bepaalde* ster, of tussen twee *bepaalde* planeten, zijn zeldzame verschijnselen. Zo zal er eerst in 2038–2039 weer een drievoudige Jupiter-Regulus samenstand optreden. Algemeen genomen nochtans komen drievoudige conjuncties tussen twee planeten, of tussen een planeet en een ster van de eerste grootte, tamelijk vaak voor. Hieronder vindt u de lijst van al deze verschijnselen tussen de jaren 1963 en 1981. De planeten Mercurius en Pluto zijn buiten beschouwing gelaten, evenals de moeilijk waarneembare Venus-Neptunus conjuncties.

1963–1964	Venus-Mars	1972–1973	Uranus-Spica
1964–1965	Mars-Uranus	1974	Neptunus-Antares
1965–1966	Venus-Mars	1975	Venus-Regulus
1967	Mars-Spica	1976–1977	Venus-Mars
1967	Venus-Regulus	1977–1978	Mars-Pollux
1967–1968	Jupiter-Regulus	1977–1978	Saturnus-Regulus
1968–1969	Jupiter-Uranus	1978	Venus-Uranus
1969	Venus-Saturnus *	1978–1979	Venus-Mars
1969	Mars-Antares	1979–1980	Mars-Jupiter
1970–1971	Venus-Jupiter	1979–1980	Mars-Regulus
1971	Jupiter-Neptunus	1981	Jupiter-Saturnus
1972	Venus-Mars		

\* Drievoudige conjunctie in lengte, maar enkelvoudige conjunctie in rechte klimming – zie *Hemel en Dampkring*, jaargang 65, bladz. 128.

Jean Meeus