

# Verwachtingstijdstip Leonidenmaximum in 1998 en de mogelijke activiteit

E.P.Bus<sup>1</sup>

1. Eerste Spoorstraat 16, NL-9718 PB Groningen

## English summary

It appears there is a relation between the distance in the orbits of the Earth and comet 55P/Tempel-Tuttle and the time of outbursts after the comet's node within a year after the comet's perihelion passage. An extrapolation departing from the 1833, 1866 and 1966 peak positions, the calculated time of the outburst in 1998 is on November 17 at about 21<sup>h</sup>38<sup>m</sup> UT ( $\sigma = 12^m$ ), around solar longitude  $\lambda_0$  235°.356 ( $\sigma = 0^\circ.008$ ).

In principle the window of opportunity stretches from about 21<sup>h</sup>00<sup>m</sup> until 22<sup>h</sup>15<sup>m</sup> UT.

Because the lack of well documented observations of Leonid activity in 1833 and 1966 and the somewhat better documented observations of 1866, only an indication of the peak rates is given.

An extrapolation departing from the 1833, 1866 and 1966 peak rates, the expected peak rate of the outburst in 1998 is most likely between 1 and 10 Leonids per second and probably about  $>4$  ( $\sigma = 2$ ) Leonids per second. A calculation by a model gives a result of 6 Leonids per second.

However, the uncertainties in the extrapolations leave considerable room for significant deviations from the values given as a 'best estimate' above.

All solar longitudes refer to equinox 2000.0.

## Samenvatting

Uit goed gedocumenteerde tijdstippen van maxima van de Leoniden in 1833, 1866 en 1966 lijkt een relatie te bestaan tussen afstand van de komeetbaan tot de aardbaan en het tijdstip van het maximum van de Leoniden binnen een jaar na periheli-umdoorgang van de komeet.

Door de tijdstippen van deze maxima te extrapoleren is het maximum berekend op 17 november 1998 rond zonslengte  $\lambda_0$  235°.356 ( $\sigma = 0^\circ.008$ ) omstreeks 21<sup>h</sup>38<sup>m</sup> UT ( $\sigma = 12^m$ ). Het waarneemvenster waarin het maximum kan gaan optreden is gelegen tussen ongeveer 21<sup>h</sup>00<sup>m</sup> en 22<sup>h</sup>15<sup>m</sup> UT.

Slecht gedocumenteerde waarnemingen van het maximum van de Leoniden in 1833 en 1966 en het iets betere gedocumenteerde van 1866, geven slechts een indicatie van de komende activiteit.

Tijdens het maximum is een aantal tussen 1 en 10 Leoniden per seconde waarschijnlijk terwijl een aantal van  $>4$  ( $\sigma = 2$ ) Leoniden per seconde beslist niet wordt uitgesloten. Een modelberekening levert zelfs als resultaat 6 Leoniden per seconde op! Echter dient er met bovengenoemde resultaten duidelijk rekening te worden gehouden dat grote afwijkingen kunnen optreden omdat de resultaten alleen zijn verkregen door extrapolatie.

## Inleiding

Voor de komende activiteit van de Leoniden op 17 november 1998, worden een aantal verschillende tijdstippen voor het maximum gegeven door evenveel auteurs. Peter Jenniskens geeft hiervan een samenvatting in literatuur [1] en in bron [2]. De tijdstippen voor het maximum op 17 november 1998 lopen uiteen van ongeveer 18<sup>h</sup> - 23<sup>h</sup> UT.

De verwachte tijdstippen zijn verkregen op verschillende gronden:

1: Gebaseerd op de baan van de komeet en het passeren van de Aarde van de knoop van de komeet, waarbij activiteit zowel voor- als na passage, maar vooral nabij passage zal optreden [3].  
2: Gebaseerd op een onzeker model met zeer veel aannames van het gedrag van de stofdeeltjes in hun banen, Beech, Brown, Jones and Webster [in 1,2].

3: Gebaseerd op recente activiteit en deze te vergelijken met de activiteit in het verleden met de aanname dat dit gedrag zich zal herhalen [1,4].

Ook de verwachte activiteit tijdens het maximum is verkregen op verschillende gronden en lopen uiteen van een ZHR van ongeveer 100 - 20 000 [1,2]. Deze voorspellingen hebben vaak als aanname dat in 1899 en 1932 geen hoge activiteit is geweest. Echter recent archief onderzoek van Marco Lang-

broek toont aan dat in 1899 hoge activiteit in China is waargenomen [5] en een recent onderzoek in de archieven door deze auteur toont aan dat waarnemingen op 17 november 1932 te Helwan in Egypte [6], duiden op hogere activiteit (ZHR ca. > 1000) dan de ZHR van ca. 240 verkregen uit waarnemingen verricht in Amerika [7,8,9].

### Tijdstip Leoniden maximum op 17 november 1998.

Uit bronnenonderzoek [7,8,9] blijkt dat de tijdstippen van de waargenomen maxima schattingen zijn van de auteurs. Dit is niet zo verwonderlijk, omdat men zelfs in de tweede helft van deze eeuw nog niet nauwkeurig tijdstippen van een aantal maxima kan bepalen omdat de waarnemers o.a. niet hebben aangegeven met welke tijd ze hebben gerekend.

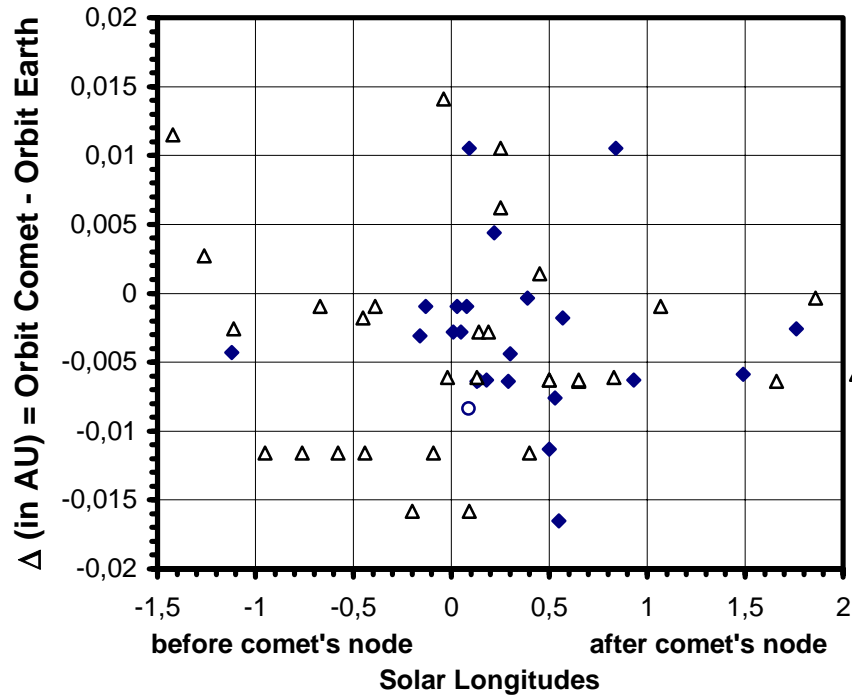
Een trendanalyse van de verschijningen tussen 902 en 1966 geeft aan, dat de tijdstippen van de meeste maxima mogelijk ná knooppassage optreden (Zie scatterdiagram, figuur 1 en 2).

Echter van maar drie maxima zijn vrij nauwkeurige tijdstippen bekend en ze zijn allen verricht aan een donkere sterrenhemel. In 1833 was het maximum bij een zonnestand van -23 graden en dus ruim voor het begin van de astronomische schemering. Het maximum van 1866 was in de vroege nacht bij een radianthoogte van 22 graden en bij die van 1966 te Kitt Peak stond de zon tijdens het maximum nog op 25 onder de horizon en dus ook ruim vóór het begin van de astronomische schemering.

Op deze nauwkeurig bepaalde tijdstippen van de maxima van 1833, 1866 en 1966 [8,10] is een trendanalyse toegepast.

Volgens de door Kresák vastgestelde tijdstippen van de maxima, zou met extrapolatie van zijn tijdstippen het maximum in 1998 omstreeks 22<sup>h</sup>04<sup>m</sup> UT plaatsvinden, zo'n 2,8 uur na knooppassage.

Dit zou inhouden dat de groep in Deilingha het maximum te zien zouden



**Figure 1.** The activity of the Leonids as given in de literature [7,8,9] around two days before and after the Earth crosses the comet's orbital plane. Most of the given times are, according to the authors, estimations and is probably the course of the high scatter and the very low correlation. "Storms" are marked by diamonds and "showers" or "high activity" by triangles. The circle represents the expected position of 1998.

The trend of higher activity after the comet's node than before is clearly noticeable in the figure.

The data of 1097, 1399 and 1800 are missing because the day of maximum is very uncertain and the date of 1582 is missing because the given day is 11,5 days after the node. This day is probably wrong because of the Gregorian calendar reform in that year, 4 October 1582 is followed by 15 October 1582.

krijgen aan het begin van de astronomische schemering in Xinglong bij een zonshoogte van maar ongeveer -10 graden en dus reeds duidelijk in de schemering!

Extrapolatie van de tijdstippen van Jenniskens levert een maximum op om 21<sup>h</sup>21<sup>m</sup> UT, zo'n 2 uur ná knooppassage.

Vanwege dit verschil zijn uit de literatuur [7,8,9] de waarden opnieuw bepaald waarbij ook nog andere bronnen [11,12,13] zijn geraadpleegd.

Deze nieuwe trendanalyse leverde een tijdstip op van 21<sup>h</sup>24<sup>m</sup> UT.

Opmerkelijk is dat de waarde van Jenniskens maar 3 minuten verschilt met de laatste analyse en dat beide een zeer

hoge correlatie hebben,  $r = 0,995$  resp.  $r = 0,999$ . Maar de waarden van Kresák hebben ook een zeer hoge correlatie;  $r = 0,998$ . (Zie ook figuur 3).

Op grond hiervan werden de resultaten van de 3 analyses bij elkaar gevoegd. Het gemiddelde van deze drie analyses leverde als resultaat op dat op 17 november 1998, rond 21<sup>h</sup>38<sup>m</sup> UT bij een Zonslengte van  $\lambda_0 = 235^\circ.356$  ( $\sigma = 0^\circ.008$ ) de grootst kans aanwezig is dat het maximum **kan** plaatsvinden.

Het waarneemvenster waarin het maximum optreedt is volgens de berekening gelegen tussen 21<sup>h</sup>02<sup>m</sup> en 22<sup>h</sup>14<sup>m</sup> UT. In deze periode is de grootste kans aanwezig waarin het maximum **kan** gaan optreden.

Voor de groep in Delingha staat om 21<sup>h</sup>38<sup>m</sup> UT de Zon nog op 31 graden onder de horizon en in Xinglong is de astronomische schemering reeds 20 minuten eerder begonnen.

### Mogelijke activiteit op 17 november 1998

Ook zijn trendanalyses uitgevoerd om een mogelijke activiteit voor het komende maximum te bepalen.

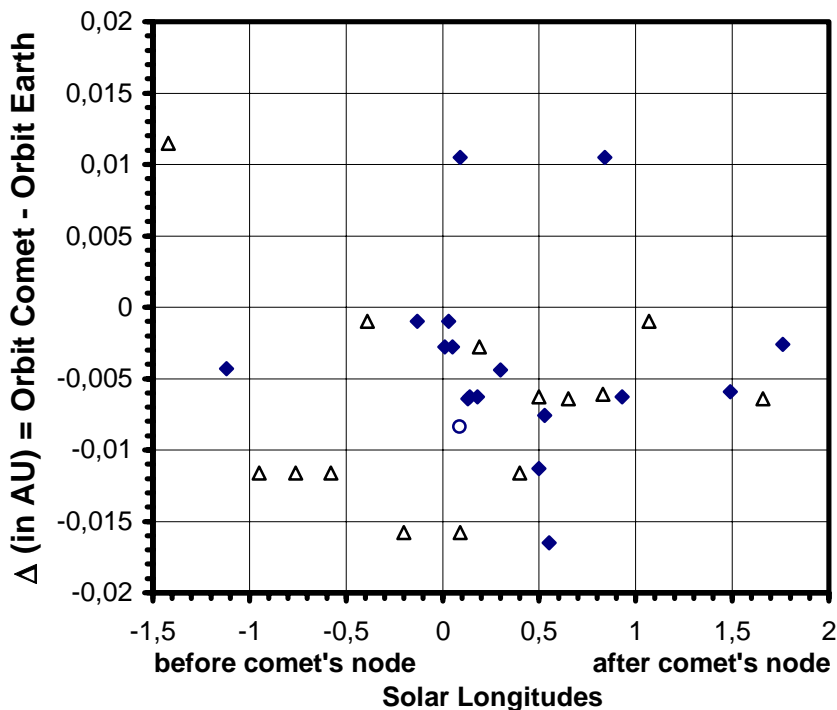
Hierbij zijn de resultaten veel minder homogeen omdat de verschillende auteurs voor dezelfde data met verschillende ZHR's als maximum aankomen. Door alleen de resultaten van Jenniskens en Kresák te plotten is de kans groot dat de verschillen elkaar min of meer uitmiddelen. Deze methode is gezien de weinig homogene data erg arbitrair. Maar voor een indicatie bij een trendanalyse als hulpmiddel zeker bruikbaar.

Behalve de lineaire regressie analyse (< 1 Leonide per seconde) geven de andere regressie analyses voor de data van Jenniskens en Kresák een maximum activiteit van gemiddeld ca. 4 ( $\sigma = 2$ ) Leoniden per seconde voor 17 november 1998.

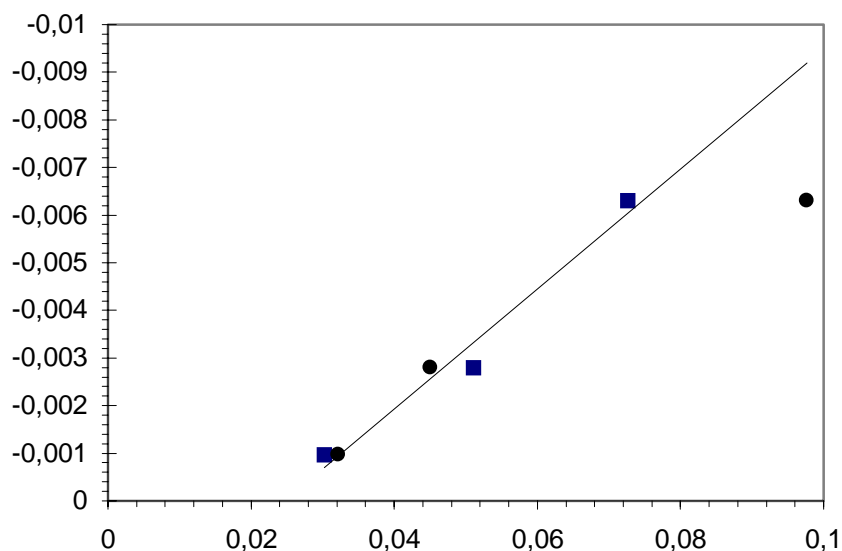
Ook hier zijn de waarnemingen opnieuw bekeken met als uitgangspunt het maximum van 1866. Hierbij is er vanuit gegaan dat het waargenomen maximum in 1866, 2 Leoniden per seconde is geweest bij een grensgrootte van +6.5. Met een radianthoogte van 22 graden wordt dit gecorrigeerd naar ongeveer 8 Leoniden per seconde.

De data voor de waarnemingen van 1833 en 1966 leveren geen consistent beeld op.

Er zijn geen echte tellingen bekend van 1833 en de waarnemingen van 1966 van een team van 13 man te Kitt Peak van 40 Leoniden per seconde lijkt meer op een zeer ruwe schatting, dan op werkelijke tellingen [11]. Andere waarnemers meldden aantallen die een factor 4 lager zijn dan die van de groep te Kitt Peak. Deze lagere waarden komen goed overeen met de twee foto's in het artikel van Milon [11].



**Figure 2.** This diagram is equal to figure 1 except only data after the comet's perihelion passage is taken into account.



**Figure 3.** Correlation between the comet and the Earth orbital distance and the time of maximum activity of the Leonids after the comet's node within a year after perihelion passage.

The bold line represents the mean result between the different analyses: Squares represent the analysis of Kresák and circles represent the analysis of Jenniskens and triangles the analysis of this paper.

Op een kleinbeeld opname met een f/2-50 mm lens staan 43 Leoniden opgenomen in 43 seconden en op een opname met een f/150mm 1 : 3.5 lens staan 70 Leoniden opgenomen in 3,5

minuten. Als we nu rekening houden met het beeldveld en de openingsverhouding van beide camera's, de helderheid en de hoeksnelheid van de Leoniden, de hoogte van de radiant en ook

met magnitude verdeling, dan verkrijgen we een gemiddelde van ongeveer 14 Leoniden per seconde voor de piek activiteit in 1966.

Ook een recent onderzoek van Marco Langbroek geeft voor 1966 een maximale ZHR van hooguit 50 duizend, omgerekend komt dit overeen met 13,9 Leoniden per seconde [14].

Op grond van deze recente resultaten lijken veel hogere waarden dan ca. 15 Leoniden per seconde voor 1966 niet erg waarschijnlijk.

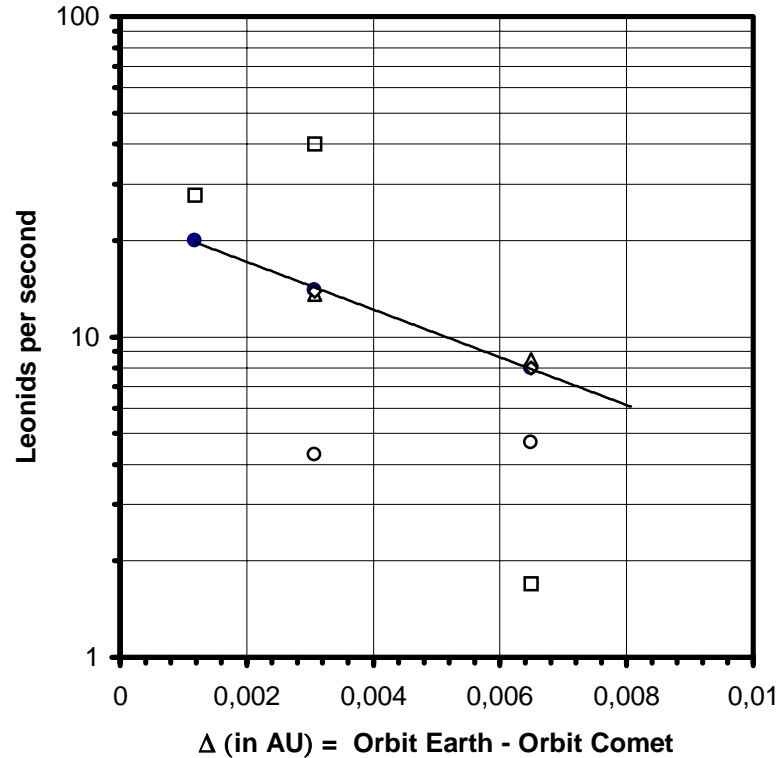
Het is ook onwaarschijnlijk dat het aantal Leoniden met de toenemende afstand tot de komeetbaan afneemt met  $r^{-2}$ .

Het verloop is in werkelijk veel steiler en is wellicht gelegen tussen  $r^{-10}$  tot  $r^{-20}$ .

Als we met een model rekenen met  $r^{-16}$  en met de waarde van 8 Leoniden per seconde voor 1866, dan berekenen we voor 1966 een waarde van 14 en voor 1833 20 Leoniden per seconde. En dit zijn in feite geen onrealistische waarden voor de piek activiteit in 1833, 1866 en 1966.

Met deze benadering vinden we door extrapolatie voor 17 november 1998 een waarde van 6 Leoniden per seconde. En dit is toch veel meer dan gedacht.

Hoewel we geen duidelijk beeld krijgen van de activiteit van 1833 en de recent gevonden waarden voor 1966 nog onzeker zijn maar dat we wel een iets beter beeld hebben van de activiteit van 1866 is het waarschijnlijk dat op 17 november 1998 de piek activiteit is gelegen tussen ongeveer 1 - 10 Leoniden per seconde waarbij een aantal van  $>4$  ( $\sigma = 2$ ) Leoniden per seconde beslist niet is uitgesloten.



**Figure 4.** Relation between the number of Leonids per second at peak activity and the orbital distance between the Earth and the comet. The line represents the results of the model (dots). The open circles represent the analysis of Kresák, squares represent the analysis of Jenniskens, diamonds represent the analysis of Langbroek and triangles represent the analysis of this paper.

## Referenties

- [1] Jenniskens, P., *Meteoritics & Planetary Science*, **31**, 177-184 (1996)
- [2] Jenniskens, P., in "1996-98 Leonid Outburst Event Summary", <http://web99.arc.nasa.gov/~leonid/1998.html>, (1998)
- [3] Yeomans, D.K., K.K.Yau and P.R.Weisman, *Icarus* **124**, 407-413 (1996)
- [4] Langbroek, M., "Leonid outburst activity 1996", poster IMC (1998)
- [5] Hasegawa, I., in "Meteoroids and their parent bodies", J. Stohl and I.P.Williams (eds.), 177-180, (1993)
- [6] Curry, P.A., *Mon. Not. R. Astron.* **93**, 3, 190-192 (1933)
- [7] Yeomans, D.K., *Icarus*, **47**, 492-499, (1981)
- [8] Kresák, L., *Astron.Astrophys.* **279**, 646-660 (1993)
- [9] Mason, J.W., *J. Br. Astron. Assoc.* **105**, 5 (1995)
- [10] Jenniskens, P., *Astron. Astrophys.*, **295**, 206-235 (1995)
- [11] Milon, D., *J. Br. Astron. Assoc.* **77**, 2 (1967)
- [12] Maanders, E.J., *Hemel en Dampkring*, **65**, 6, 149-160 (1967)
- [13] Heath, T., *Atlas of Popular Astronomy*, Plate X, (1922).
- [14] Marco Langbroek, *Privé communicatie*, (juni 1998)