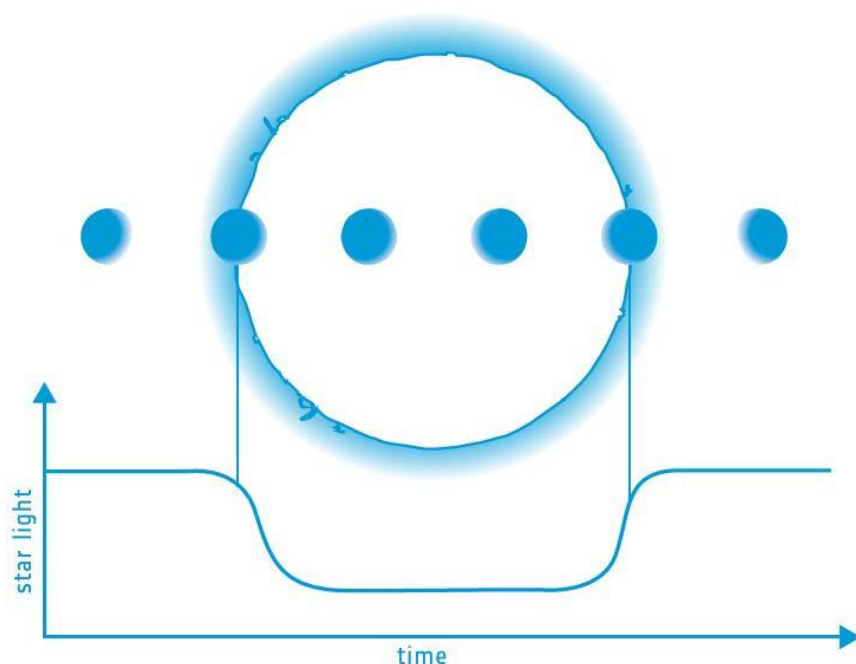
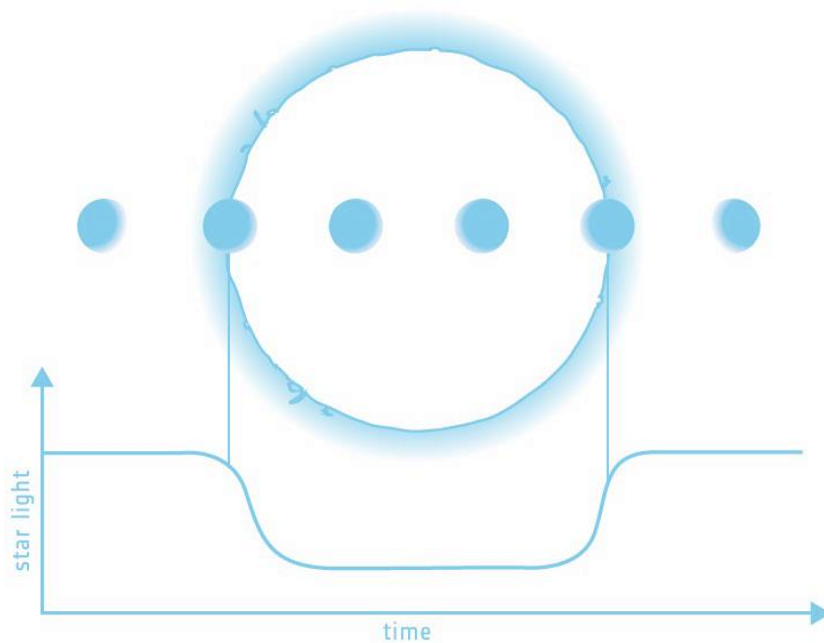


# leren met ruimte

## → EXOPLANETEN DETECTIVE

Karakterisering van exoplaneten met behulp van satellietgegevens





## Docentenhandleiding

Snelle feiten	Pag. 3
Samenvatting van de activiteiten	Pag. 4
Inleiding	Pag. 5
Activiteit 1: Lichtkrommen begrijpen	Pag. 6
Activiteit 2: Een exoplaneetdetective zijn	Pag. 9
Werkblad studenten	Pag. 11
Links	Pag. 19

leren met de ruimte - exoplaneten detective | P31  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

Het ESA Education Office verwelkomt feedback en opmerkingen  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

Een ESA Education productie  
 Copyright 2022 © Europees Ruimteagentschap

## → EXOPLANETEN DETECTIVE

### Karakterisering van exoplaneten met behulp van satellietgegevens

#### SNELLE FEITEN

**Onderwerp:** Wiskunde, Natuurkunde, Astronomie

**Leeftijdscategorie:** 13-18 jaar

**Type:** Studentenactiviteit, hands-on modellering

**Complexiteit:** gemiddeld

**Benodigde lestijd:** 45 minuten

**Kosten:** laag (0-10 euro)

**Locatie:** klaslokaal

**Trefwoorden:** Natuurkunde, Wiskunde, Astronomie, Exoplaneten, Lichtkrommen, Transities (overgangen), Banen, Schalen, Grafieken, Periode

#### Korte beschrijving

In deze reeks activiteiten leren de leerlingen hoe wetenschappers exoplaneten bestuderen met telescopen, met behulp van de transitiemethode. Verder zullen ze exoplaneten karakteriseren met behulp van model- en echte satellietlichtkrommen van ESA's satelliet Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite).

De leerlingen oefenen het plotten en interpreteren van gegevens en het schalen van grafieken in de context van de karakterisering van exoplaneten.

Deze activiteit maakt deel uit van een reeks met "**Exoplaneten in beweging**" waarbij leerlingen hun eigen transitie-model bouwen en "**Exoplaneten in een doos**" waarbij leerlingen een transitie-model in een schoendoos bouwen en de grootte van een exoplaneet berekenen.

#### Leerdoelen

- Begrijpen wat exoplaneten zijn en hoe satellieten ze onderzoeken.
- Begrijpen hoe de transitiemethode wordt gebruikt voor de karakterisering van exoplaneten.
- Het verbeteren van experimentele vaardigheden door het observeren en interpreteren van gemeten lichtkrommen.
- Wiskundig denken en een abstract model omzetten in een reëel model.
- Experimentele gegevens interpreteren met behulp van wiskundige modellen en grafieken.
- Conclusies trekken door een model te vergelijken met een echt exoplaneetsysteem.
- Het communiceren van wetenschappelijke en wiskundige bevindingen aan collega's.

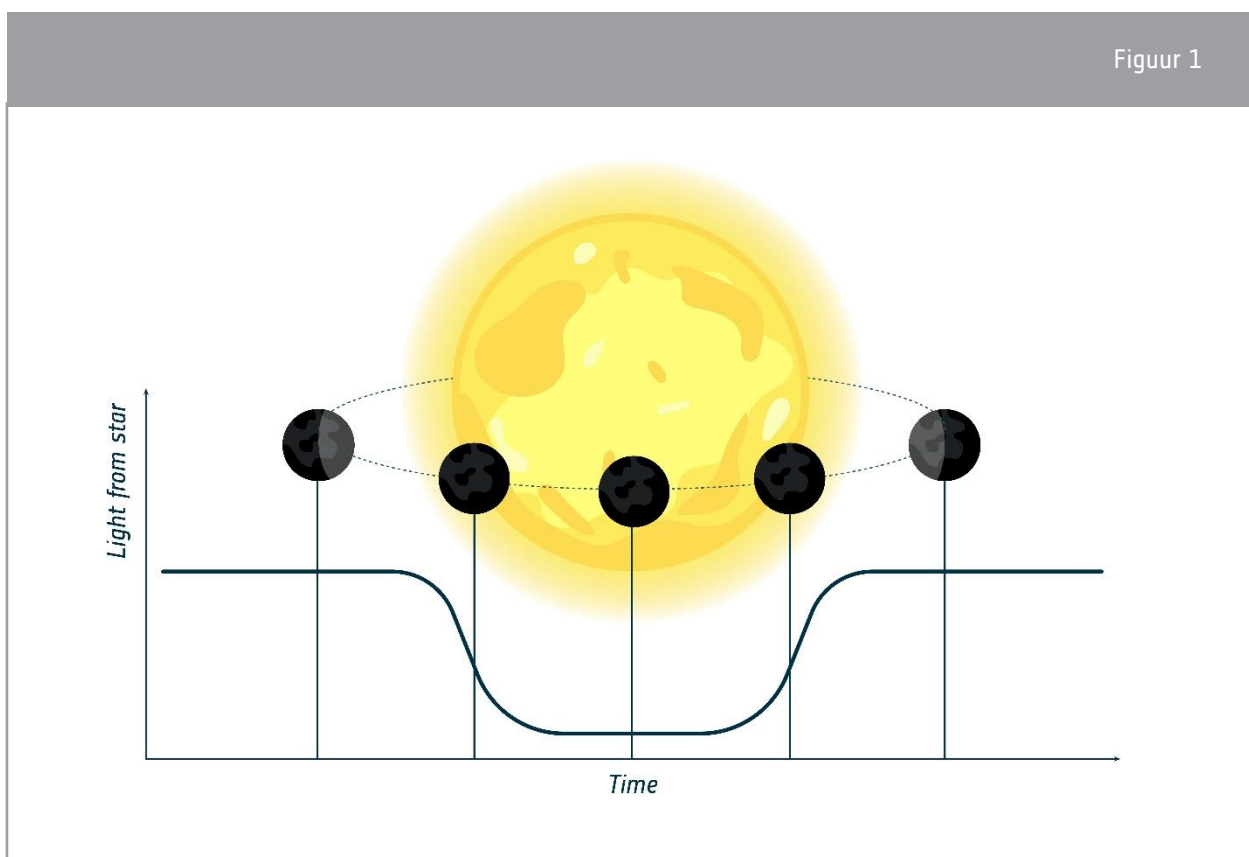
→ Samenvatting van de activiteiten

Samenvatting van de activiteiten					
	Titel	Beschrijving	Resultaat	Eisen	Tijd
1	Lichtcurven begrijpen	Zowel synthetische als echte lichtkrommen analyseren om te bepalen welke informatie zij bevatten over het model of de echte exoplanetaire systemen.	Begrijpen hoe en waarom grafieken moeten worden geschaald. Grafiekinterpretatievaardigheden ontwikkelen en deze gebruiken om conclusies te trekken over echte exoplanetaire systemen.	Geen	30 minuten
2	Een Exoplaneet Detective zijn	Deze activiteit is bedoeld om de in de vorige activiteiten opgedane kennis samen te vatten en te beschrijven wat wetenschappers kunnen leren van door satellieten gemeten lichtkrommen.	De bevindingen van een model relateren aan de werkelijke situatie, met behulp van analogieën.	Geen	10 minuten

## → Inleiding

In deze reeks activiteiten zullen wij ons concentreren op de analyse van lichtkrommen die zijn verkregen met behulp van de transitiemethode. Deze methode is gebruikt om veel van de tot nu toe bekende exoplaneten op te sporen en te karakteriseren. Met deze techniek meten telescopen zeer nauwkeurig de hoeveelheid licht die individuele sterren uitzenden over een periode van uren tot maanden. Deze meting van het licht van een object als functie van de tijd staat bekend als een lichtcurve (zie figuur 1). Door de vorm en kenmerken van de lichtcurve te analyseren, kunnen we meer te weten komen over de ster en eventuele exoplaneten die er omheen draaien.

Wanneer een exoplaneet voor de ster langs gaat waar hij omheen draait, blokkeert hij een klein deel van het licht van de ster - dit wordt een overgang of transitie genoemd. Als een telescoop het licht van die ster tijdens die overgang waarneemt, zal hij een kleine dip in de lichtcurve meten.



Figuur 1

↑ Weergave van de dip in een lichtcurve van een ster tijdens een exoplaneetovergang.

De diepte van de dip houdt direct verband met het percentage van het licht van de ster dat wordt tegengehouden door de passerende exoplaneet, wat afhangt van de grootte van de exoplaneet ten opzichte van de ster. Hoe groter de planeet ten opzichte van de ster is, hoe meer licht hij blokkeert. Als we de grootte van de ster kennen, kunnen we dus de grootte van de planeet bepalen.

## → Activiteit 1: Lichtkrommen begrijpen

Deze oefening behandelt het schalen en interpreteren van grafieken van zowel gesimuleerde als echte satellietgegevens.

Als inleiding op exoplaneten wordt voorgesteld de activiteit "*Exoplaneten in beweging*" uit te voeren.

Om de leerlingen kennis te laten maken met het onderwerp exoplaneten kunt u ook videomateriaal gebruiken dat beschikbaar is via onderstaande links, of de achtergrondinformatie gebruiken als aanvullende bron.

Hieronder staan enkele suggesties van ESA-videomateriaal:

- Meet the Experts series - Other Worlds:  
[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/07/Meet\\_the\\_Experts\\_Other\\_worlds](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds)
- Ontmoet Cheops, de karakteriserende exoplaneetsatelliet:  
[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_the\\_Characterising\\_Exoplanet\\_Satellite](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite)
- Paxi verkent exoplaneten!  
[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi\\_explores\\_exoplanets](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets)

Zodra de leerlingen kennis hebben gemaakt met exoplaneten, de transitmethode en Cheops, kunnen ze activiteit 1 van het werkblad voor de leerlingen doornemen.

## Oefening 1 - Grafieken schalen

Inzicht hebben in het schalen van grafieken is een belangrijke vaardigheid in zowel wiskunde als wetenschap. In deze oefening zullen de leerlingen een voorbeeld zien van echte gegevens die door de Cheops-satelliet zijn verzameld en aan de hand daarvan zien hoe grafieken worden geschaald om zoveel mogelijk informatie uit de gegevens te halen.

In deze grafieken wordt het licht van de ster op de y-as weergegeven als percentage van de gemiddelde waarde die gedurende de waarnemingsperiode van die ster is gemeten. In beide grafieken in deze oefening zijn precies dezelfde gegevens uitgezet, maar ze hebben elk een andere schaal.

**Opmerking:** aangezien de grafiek het licht van de ster weergeeft als een percentage van de gemiddelde helderheidswaarde, wordt deze gemiddelde helderheid geacht gelijk te zijn aan een waarde van 100% op de y-as. Als zich tijdens de waarnemingen gebeurtenissen voordoen waardoor de hoeveelheid gemeten licht toeneemt, bijvoorbeeld bij stellaire fakkels, dan worden helderheidswaarden boven het gemiddelde gemeten en in de grafiek weergegeven als metingen boven 100%.

## Discussie

Hieronder staan de antwoorden op oefening 1. Bespreek de antwoorden samen met het principe van schaling met uw leerlingen.

1.1. De leerlingen moeten inzien dat de overgang in figuur 3 veel gemakkelijker te herkennen is dan in figuur 2, doordat de y-as anders geschaald is.

1.2. In figuur 2 ziet de lichtcurve er vrijwel constant uit, terwijl in figuur 3 een afname van het percentage sterlicht in de curve tussen 6,5 u en 10,75 u zichtbaar is.

De tijd (uren) op de x-as is voor beide grafieken gelijk.

De waarden van het licht van de ster (%) op de y-as zijn verschillend. In de eerste grafiek variëren de waarden van 0% tot 110%, terwijl in de geschaalde grafiek, waar de dip zichtbaar is, de waarden variëren van 99,3% tot 100,1%.

## Oefening 2 - Interpretatie van lichtkrommen

In deze oefening krijgen de leerlingen voorbeelden van gesimuleerde transitlichtkrommen en richtlijnen voor het lezen en interpreteren van de grafieken daarvan. Deze oefening kan in tweetallen of individueel worden uitgevoerd.

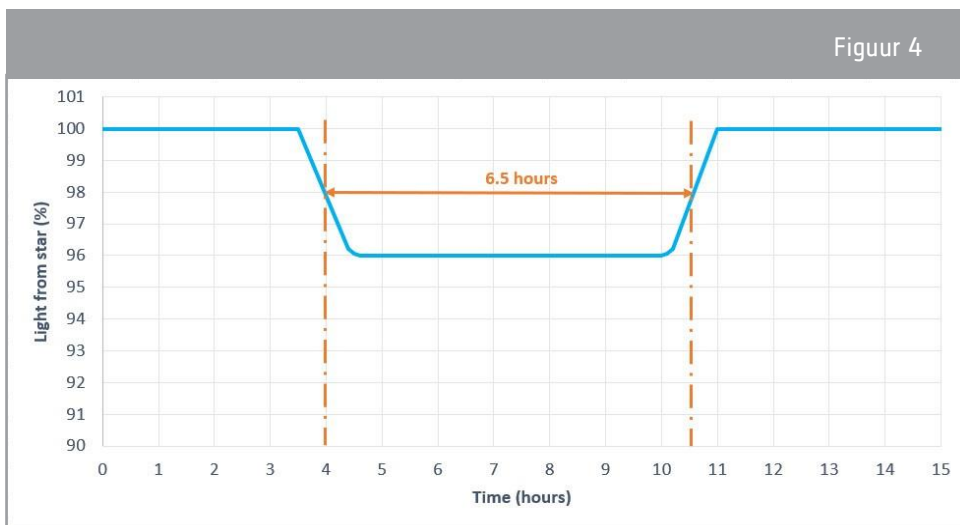
**Extra informatie:** de hoeveelheid sterlicht die door de planeet wordt tegengehouden is direct gerelateerd aan het geblokkeerde gebied van de planeet. Het licht dat de planeet tegenhoudt is evenredig met  $\frac{R_p^2}{R_s^2}$  waarbij  $R_p$  de straal van de planeet is en  $R_s$  de straal van de ster. Als een planeet twee keer zoveel licht tegenhoudt, betekent dat niet dat de planeet twee keer zo groot is: om twee keer zoveel licht tegen te houden moet de planeet  $\sqrt{2}$  (= ongeveer 1,41) keer zo groot zijn.

### Discussie

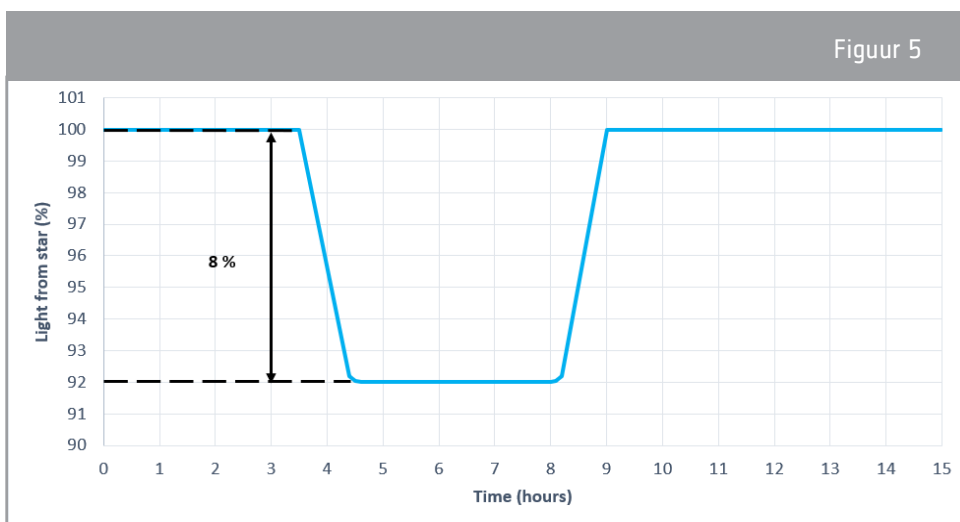
Zoek de antwoorden op oefening 2 hieronder:

2.1. De exoplaneet die werd waargenomen om deze lichtcurve te produceren had **4,5 uur** nodig om voor de ster langs te gaan en blokkeerde **4%** van het licht van de ster.

2.2.



2.3



Nadat de leerlingen deze oefening alleen of in tweetallen hebben gemaakt, bespreek je de resultaten in de klas om de leerlingen voor te bereiden op de interpretatie van echte Cheops-gegevens.

## Oefening 3 - Interpretatie van echte satellietgegevens

In deze oefening gebruiken de leerlingen de in de vorige oefeningen geleerde concepten om een lichtcurve van WASP 189b te interpreteren, waargenomen met ESA's satelliet Cheops.

### Discussie

Zoek de juiste antwoorden hieronder.

- 3.1. 4.5 uur
- 3.2. 0.55%

#### Extra informatie:

Bij de analyse van de echte gegevens kunnen uw leerlingen enkele verschillen opmerken tussen de gesimuleerde gegevens en de echte gegevens. De leerlingen kunnen vragen hebben over de pasvorm of de gaten in de lichtcurve.

'Fitting' is het construeren van een kromme op basis van een wiskundige functie die het best past bij een reeks gegevenspunten.

Tijdens de baan van Cheops doen zich twee soorten gebeurtenissen voor waardoor we het licht van een ster soms niet continu kunnen meten. Deze gebeurtenissen creëren gaten in de lichtcurve. De eerste is wanneer de ster wordt tegengehouden door de aarde, een zogenaamde aarde-occultatie. De tweede vindt plaats wanneer Cheops over een gebied in de Zuid-Atlantische Oceaan passeert, waar de zeer gevoelige instrumenten aan boord van de satelliet sterk worden verstoord. De verstoringen hebben zo'n groot effect dat wetenschappers niet eens proberen het licht van de ster te meten wanneer de satelliet door dit gebied gaat.

## Oefening 4 - Baanperiode

Deze oefening gaat over de manier waarop de omlooptijd kan worden bepaald uit een lichtkromme.

**Opmerking:** de omlooptijd van een planeet is de tijd die de planeet nodig heeft om één volledige baan om zijn ster te voltooien. Dit kan worden gemeten door het middelpunt van twee opeenvolgende omlopen van dezelfde exoplaneet te vinden en het tijdsinterval daartussen te meten.

### Discussie

Zoek de juiste antwoorden hieronder.

- 4.1. 3 dagen
- 4.2. In dit antwoord moeten de leerlingen in hun eigen woorden kunnen beschrijven dat er in dit exoplanetaire systeem twee exoplaneten zijn die we kunnen waarnemen en die rond dezelfde ster draaien. Verder moet het antwoord vermelden dat de diepere dips in de curve wijzen op een grotere planeet die een periode van 3 aardse dagen heeft en 2% van het licht van de ster blokkeert, en dat de ondiepere dips in de curve wijzen op een kleinere planeet die een omlooptijd van 2,5 aardse dagen heeft en 1% van het licht blokkeert. Als je het conceptgeïntroduceerd hebt dat het licht dat een exoplaneet tegenhoudt evenredig is met  $\frac{R_p^2}{R_s^2}$ , dan moeten de leerlingen kunnen vaststellen dat de grotere planeet dus 1,4 keer zo groot is als de kleinere planeet.



## → Activiteit 2 - Een exoplaneetdetective zijn

In deze activiteit passen de leerlingen toe wat ze geleerd hebben van de analyse van de vorige lichtkrommen en interpreteren ze een waarneming van een exoplanetair systeem van Cheops, als een echte wetenschapper.

### Oefening 1: Observaties van exoplaneten beschrijven

De zinnen moeten als volgt worden ingevuld:

Wanneer een exoplaneet tussen de satelliet en de ster door beweegt, blokkeert hij een klein deel van het licht van de ster, waardoor een dip in de lichtcurve ontstaat. Dit wordt een transitie genoemd.

Als meerdere banen van dezelfde exoplaneet worden waargenomen, is het tijdsinterval tussen de waargenomen dips in de lichtcurve een directe maat voor de omlooptijd van de planeet.

Een grotere exoplaneet geeft een diepere dip in de gemeten lichtcurve en een kleinere exoplaneet een ondiepere dip.

Individuele exoplaneten kunnen van elkaar worden onderscheiden door de diepte van de dips die zij in de lichtcurve veroorzaken en hun periode.

Als u de leerlingen in uw klas wilt uitdagen, kunt u hen hun conclusies in hun eigen woorden laten formuleren. Let er bij de bespreking van de zelf geformuleerde conclusies op dat waarnemingen en conclusies niet door elkaar worden gehaald en dat hun conclusies voortvloeien uit de waarnemingen.

### Oefening 2: observeren van exoplaneten

In de tweede oefening wordt de leerlingen gevraagd echte Cheops-gegevens te interpreteren zoals een professionele wetenschapper dat zou doen. Als sommige leerlingen hulp nodig hebben, kunt u hen ondersteunen door onderstaande vragen te stellen om hen te helpen de interpretatie van de lichtcurve te structureren.

1. Hoeveel exoplaneten heeft het waargenomen stelsel?
2. Wat is de omlooptijd/interval van elke exoplaneet?
3. Hoeveel licht (in %) wordt door elke exoplaneet tegengehouden?
4. Kunt u iets zeggen over de grootte van de exoplaneet?
5. Zie je nog iets opvallends? Probeer in je eigen woorden te beschrijven en indien mogelijk te interpreteren.

**Extra informatie:** het TOI-178-systeem bevindt zich op slechts 205 lichtjaar van de aarde. ESA's exoplaneetmissie Cheops heeft onthuld dat het een uniek planetenstelsel is dat bestaat uit zes exoplaneten, waarvan er vijf zijn opgesloten in een zeldzame ritmische dans terwijl ze rond hun centrale ster draaien. Merk op dat in deze dataset slechts 4 planeten identificeerbaar zijn (b, c, d en e).

Dit verschijnsel wordt baanresonantie genoemd, wat betekent dat er patronen zijn die zich herhalen wanneer de planeten rond de ster draaien, waarbij sommige planeten om de paar omlopen op één lijn staan. U kunt dit effect visualiseren in deze animatie: <https://youtu.be/-WewvRGgysY>

De twee binnenste planeten (b en c) hebben een aardse dichtheid, vergelijkbaar met die van de Aarde, en de vier buitenste planeten (d, e, f en g) zijn gasvormig, met dichtheden als die van Neptunus en Jupiter.

Hoewel de planeten in het TOI-178-systeem zeer ordelijk rond hun ster draaien, volgt hun dichtheid geen bepaald patroon. Een van de exoplaneten, een dichte, aardse planeet zoals de aarde, staat vlak naast een even grote maar zeer pluizige planeet - zoals een mini-Jupiter – daarnaast staat een planeet die sterk op Neptunus lijkt.

## → EXOPLANETEN DETECTIVE

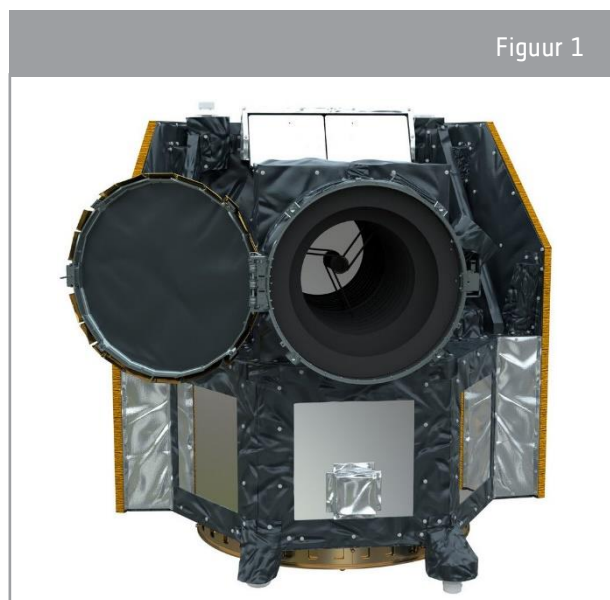
### Karakterisering van exoplaneten met behulp van satellietgegevens

#### → Inleiding

Door grote aantallen verschillende exoplaneten te bestuderen, kunnen wetenschappers begrijpen hoe exoplanetaire systemen ontstaan en evolueren. Dit is een belangrijke stap op weg naar een beter begrip van ons eigen zonnestelsel en de plaats van de Aarde in het heelal.

In deze reeks activiteiten maak je gebruik van echte gegevens die zijn verzameld door ESA's satelliet Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite).

Door nauwkeurige metingen van de lichtkrommen van nabije sterren waarvan bekend is dat zij een transiterende exoplaneet herbergen, kan Cheops de grootte van deze exoplaneten bepalen. Door deze informatie te combineren met andere metingen, kunnen wetenschappers de dichtheid van de exoplaneten bepalen. Voor sommige specifieke exoplaneten kunnen we zelfs bepalen of ze wolken hebben.



Figuur 1

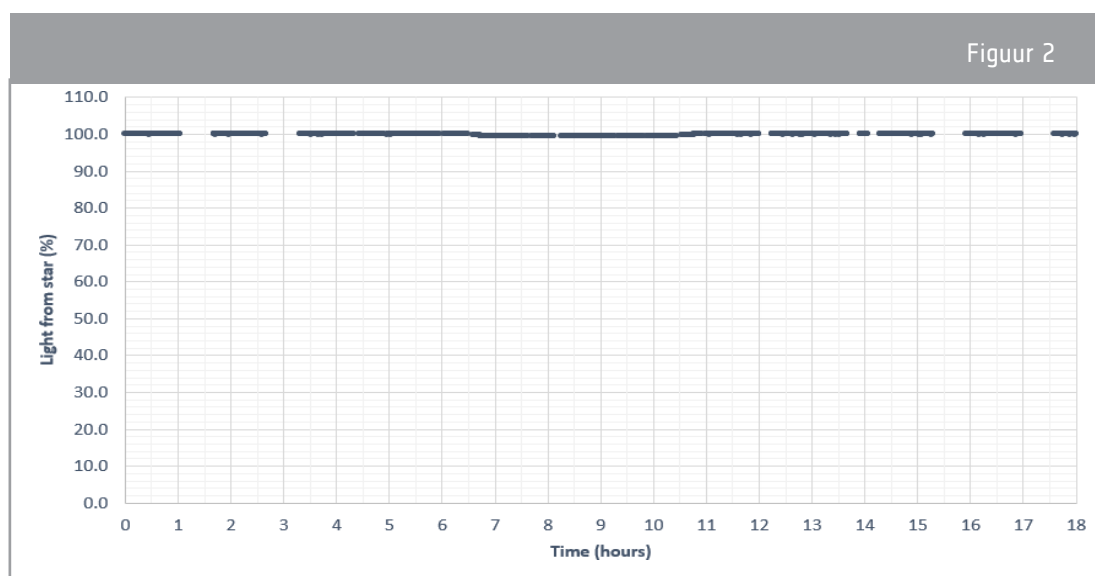
↑ Cheops satelliet

#### → Activiteit 1: Lichtkrommen begrijpen

Wanneer een satelliet exoplanetaire overgangen waarneemt, kunnen de diepte, de vorm en de positie van de dip in de lichtkromme ons informatie geven over het exoplanetaire systeem. In deze activiteit ga je dit idee verder onderzoeken aan de hand van echte Cheops-satellietgegevens.

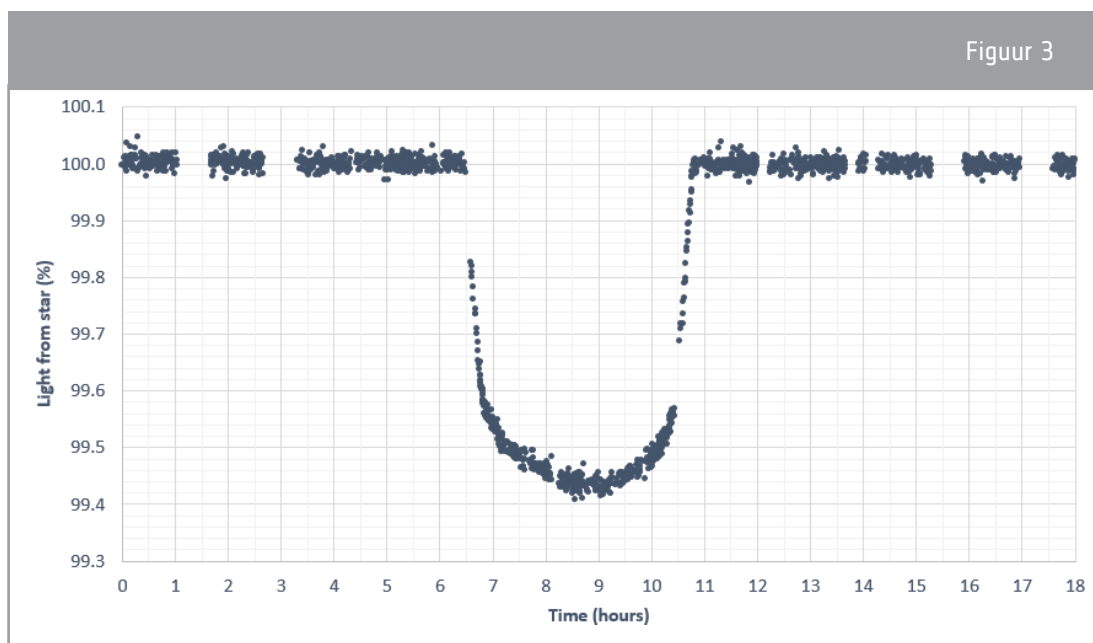
### Oefening 1 - Grafieken schalen

Exoplaneten zijn doorgaans een kleine fractie van de grootte van de ster waar zij omheen draaien. De Aarde is bijvoorbeeld  $1/1000$ e van de grootte van de zon, Jupiter is  $1/100$ e van de grootte van de zon. De hoeveelheid geblokkeerd licht is daarom vaak minder dan één procent van het totale licht van de ster.



Figuur 2

↑ transitie lichtkromme van WASP 189b verkregen met Cheops.



↑ Zelfde lichtcurve van WASP 189b verkregen met Cheops, met een andere schaal op de y-as.

Bekijk de lichtcurve van WASP 189b, genomen met Cheops, in figuur 2 en figuur 3:

1.1. Kan je de overgang van de exoplaneet in zowel figuur 2 als figuur 3 identificeren?

---



---

1.2. Vergelijk beide grafieken en beschrijf de verschillen hieronder

---



---



---



---

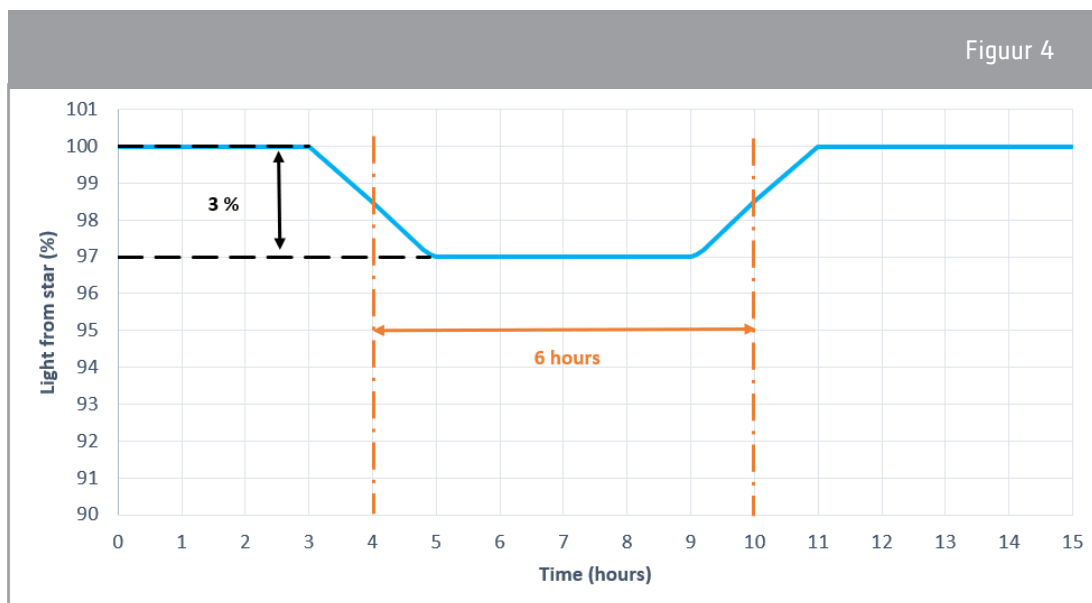
### Wist je dat:

WASP 189 b is een grote gas-exoplaneet die ongeveer 50% groter is dan Jupiter. Deze reusachtige exoplaneet bevindt zich in een baan van 2,7 aarddagen rond een ster die meer dan 2000°C heter is dan onze zon, en bijna 2,5 keer zo groot.



## Oefening 2 - Interpretatie van lichtkrommen

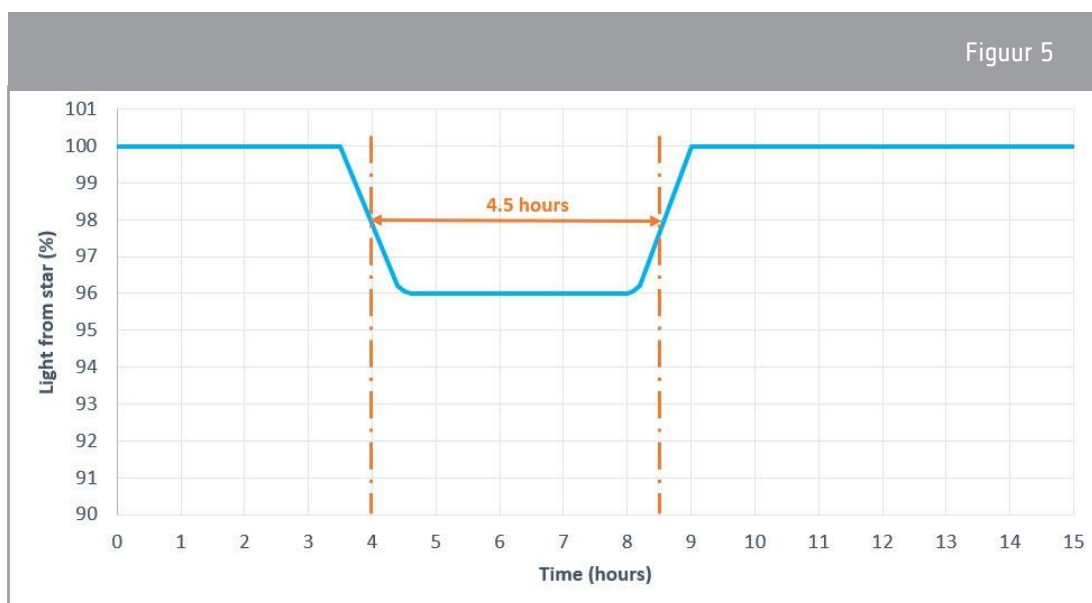
Hieronder zie je een vereenvoudigde weergave van de lichtkromme van een ster, gemeten rond het tijdstip van een exoplaneetovergang. De stippellijnen illustreren hoe je uit de grafiek enkele basisgegevens over het exoplanetensysteem kunt afleiden.



↑ Voorbeeld van een gesimuleerde lichtkromme.

Uit de lichtcurve kunnen we afleiden dat de waargenomen exoplaneet er 6 uur over deed om voor de ster langs te gaan en 3% van het licht van de ster tegenhield.

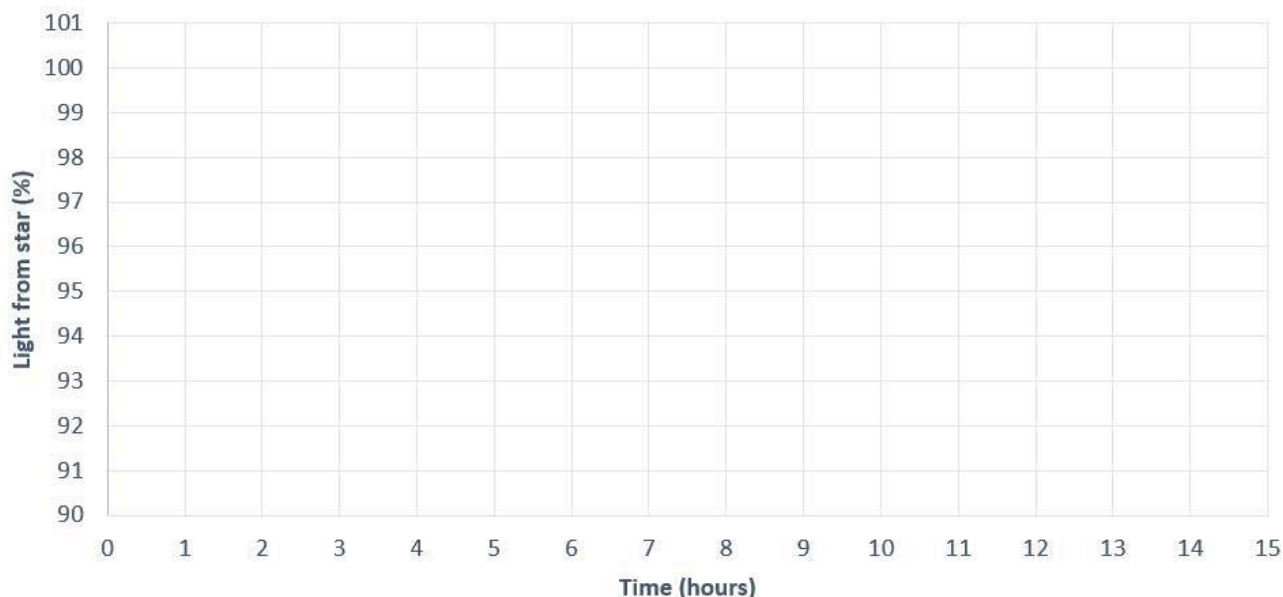
2.1. Bestudeer de lichtkromme in figuur 5, en vul de ontbrekende informatie in



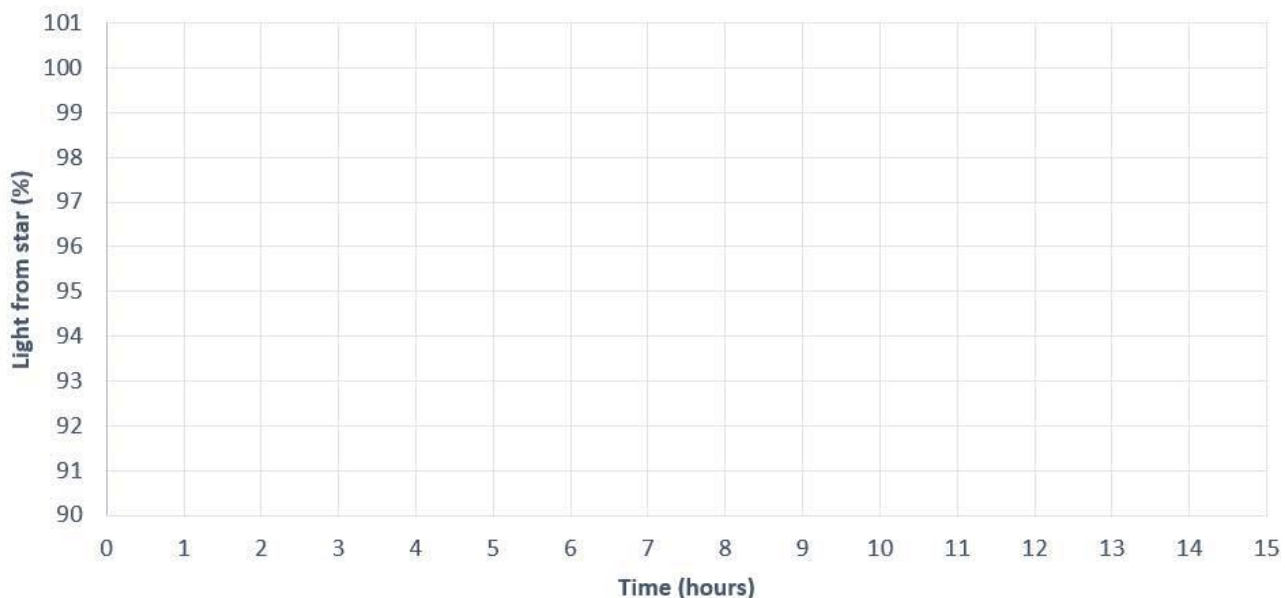
↑ Gesimuleerde lichtkromme.

De exoplaneet die werd waargenomen om deze lichtkromme te produceren, had \_\_\_\_\_ uren om voor de ster langs te gaan en blokkeerde \_\_\_\_\_% van het licht van de ster.

2.2. Schets de verwachte lichtkromme voor een exoplaneet die even groot is als die in figuur 5, maar er twee uur langer over doet om voorlangs te reizen.

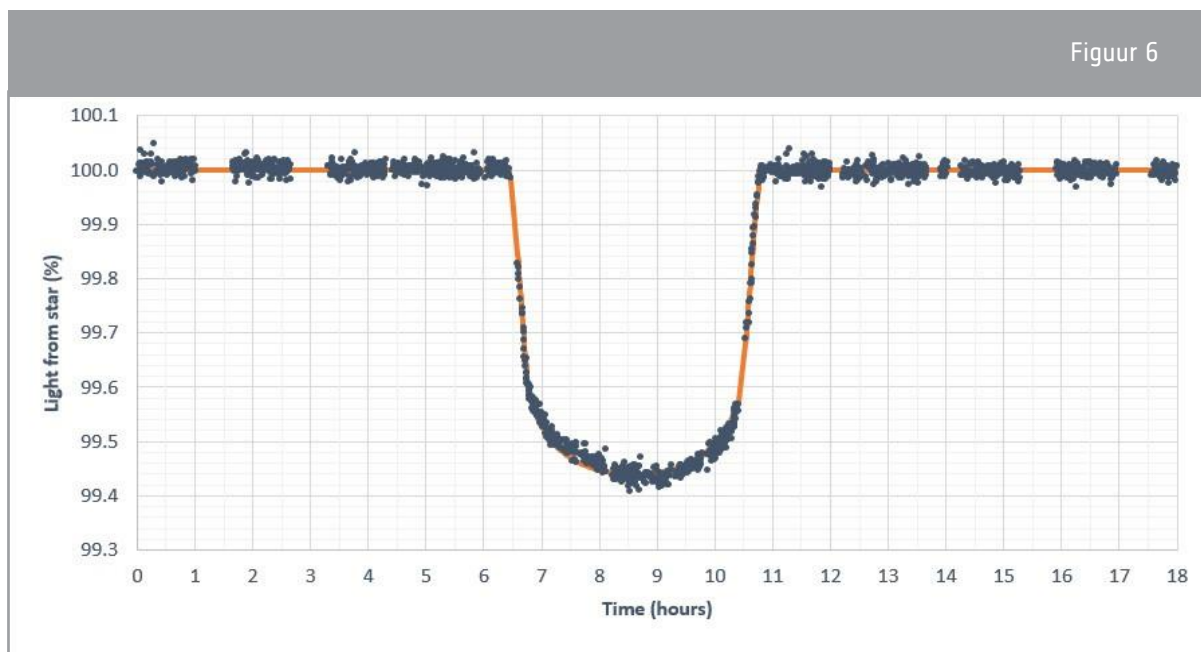


2.3. Schets de lichtkromme voor een andere exoplaneet die om dezelfde ster draait als die in figuur 5; de exoplaneet is groter dan de vorige en houdt tweemaal zoveel licht tegen. Neem aan dat de exoplaneet er even lang over doet om voor de ster langs te gaan als in figuur 5.



## Oefening 3 - Interpretatie van echte satellietgegevens

Met wat je tot nu toe hebt geleerd, kun je de lichtcurve van de WASP 189 b-transitie van Cheops analyseren, die je eerder in deze activiteit hebt gezien (figuur 3).



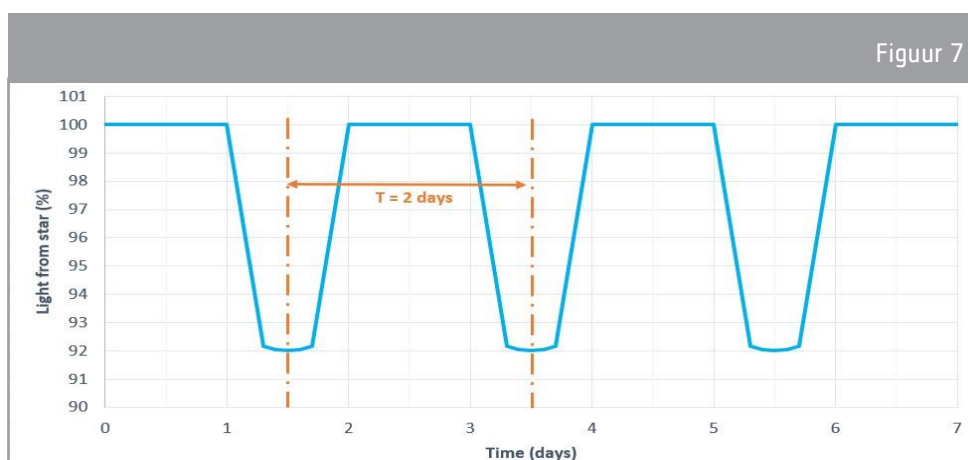
↑ transitie lichtkromme van WASP 189 b, inclusief het best passende model.

- 3.1. Hoe lang doet WASP 189 b er ongeveer over om voor zijn ster langs te gaan? \_\_\_\_
- 3.2. Welk percentage van het sterlicht houdt WASP 189 b ongeveer tegen? \_\_\_\_\_

## Oefening 4 - Baanperiode

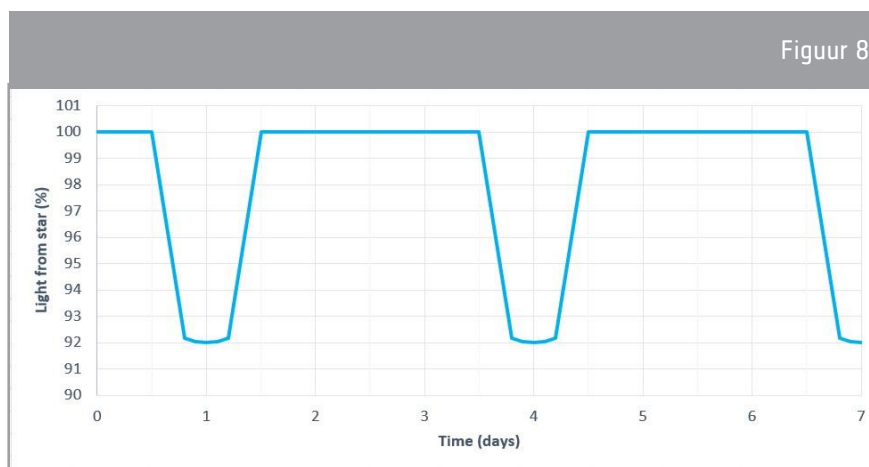
Telkens wanneer een exoplaneet zijn gastheerster passeert, is er een dip in de lichtcurve te zien. Als een ster lang genoeg wordt geobserveerd om de exoplaneet meer dan één baan te laten voltooien, is er meer dan één dip in de lichtcurve. Het tijdsinterval tussen de eerste dip en de volgende dip is de periode of **omlooptijd (T)** van de exoplaneet.

Figuur 7 is een gesimuleerde lichtkromme over een periode van 1 week. Gedurende deze tijd is de gesimuleerde planeet drie keer voorlangs gegaan. Door de afstand tussen de dips in de lichtcurve te meten, zien we dat de omlooptijd van de planeet 2 dagen is.



↑ Gesimuleerde lichtkromme, inclusief meerdere transities.

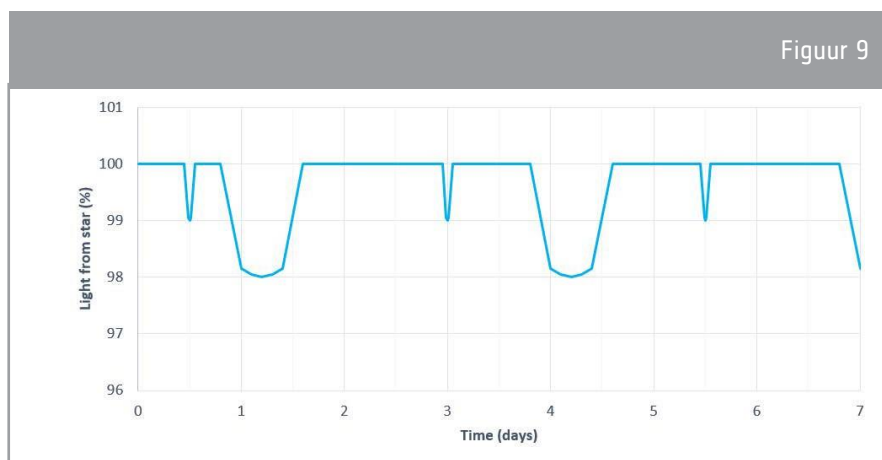
4.1. Bestudeer figuur 8 hieronder



↑ Vereenvoudigde schets van een lichtkromme.

Wat is de omlooptijd van de exoplaneten waarvan de transities te zien zijn in de lichtcurve van figuur 8?

4.2. Wat kun je met de vaardigheden die je tot nu toe hebt geleerd zeggen over het exoplanetensysteem dat is waargenomen en dat de lichtkromme van figuur 9 oplevert?



↑ Vereenvoudigde schets van een lichtkromme met meerdere overgangen.



## → Activiteit 2 - Een exoplaneetdetective zijn

Je bent nu klaar om als een echte exoplaneetwetenschapper echte waarnemingen te analyseren en samen te vatten wat je hebt geleerd. Je zult je waarnemingen van je eigen model-exoplanetair systeem vergelijken met die van echte exoplanetaire systemen die je met Cheops hebt gedaan.

### Oefening 1: Beschrijven van waarnemingen van exoplaneten

Vul de gaten in met de woorden uit de woordwolk om je leerstof samen te vatten. Elk woord wordt slechts één keer gebruikt.

<i>satelliet</i>	<i>grotere</i>	<i>ondiepere</i>	<i>ster</i>	<i>transitie</i>
<i>periode</i>	<i>banen</i>	<i>diepte</i>	<i>dip</i>	<i>kleiner</i>
				<i>tijdsinterval</i>

Als een exoplaneet tussen de \_\_\_\_\_ en de ster staat, blokkeert hij een klein deel van het licht van de ster waardoor een \_\_\_\_\_ ontstaat in de lichtkromme. Dit wordt een \_\_\_\_\_ genoemd.

Als er meerdere \_\_\_\_\_ van dezelfde exoplaneet worden waargenomen, dan is het \_\_\_\_\_ tussen de waargenomen dips in de lichtcurve een directe maat voor de omlooptijd van de planeet.

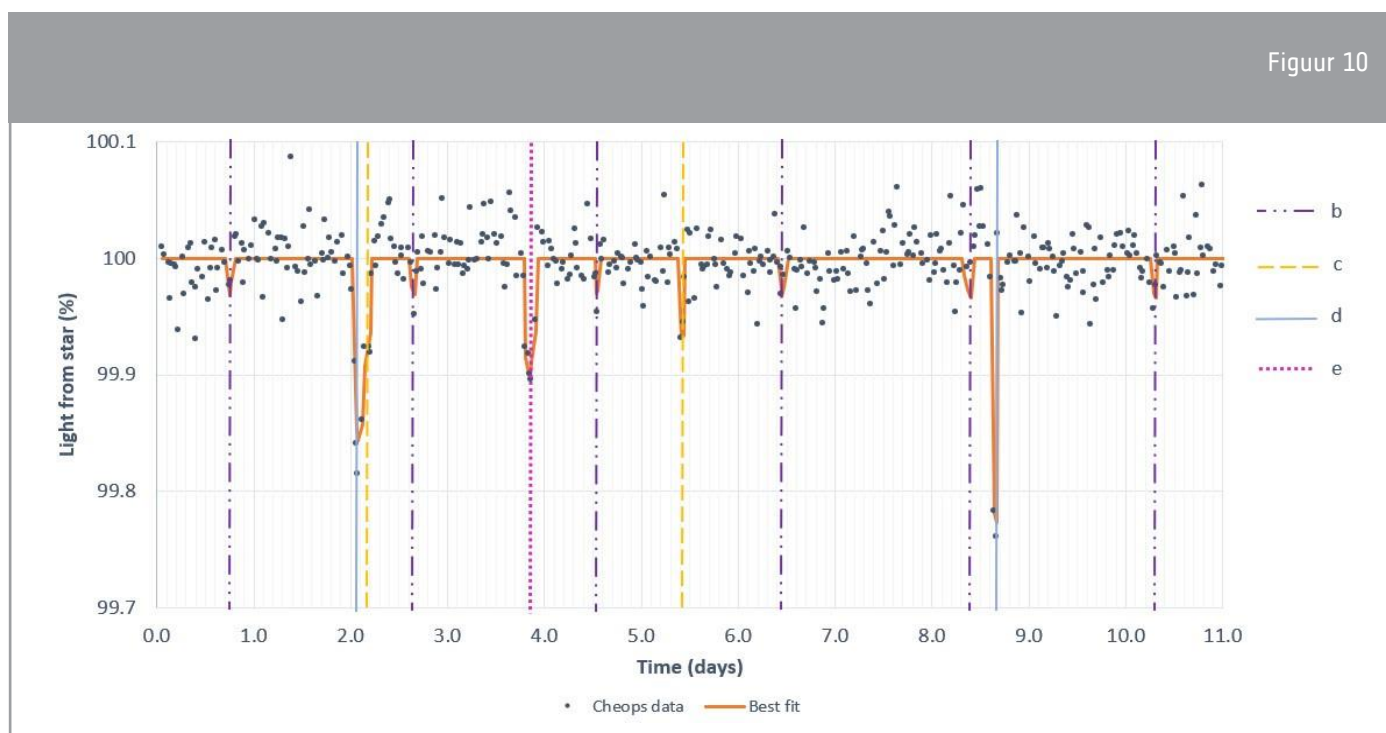
Een \_\_\_\_\_ exoplaneet veroorzaakt een diepere dip in de gemeten lichtcurve en een \_\_\_\_\_ exoplaneet veroorzaakt een \_\_\_\_\_ dip.

Individuele exoplaneten kunnen van elkaar worden onderscheiden door de \_\_\_\_\_ van de dips die ze produceren in de lichtkromme en hun \_\_\_\_\_.

## Oefening 2: observeren van exoplaneten

Je bent nu klaar om deze lichtkromme van het TOI-178-stelsel, waargenomen gedurende een periode van 11 dagen door Cheops, te interpreteren.

Analyseer de lichtcurve in figuur 10 en beschrijf welke informatie je uit deze dataset kunt halen.



↑ Lichtkromme van TOI-178 systeem, waargenomen door Cheops

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

→ Links

## ESA-middelen

ESA-bronnen voor klaslokalen  
[esa.int/Education/Classroom\\_resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

Lesgeven met exoplaneten  
[esa.int/Education/Teach\\_with\\_Exoplanets](https://esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets)

Ontmoet Cheops: de karakteriserende exoplaneetsatelliet  
[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_de\\_karakteriserende\\_exoplaneetsatelliet](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_de_karakteriserende_exoplaneetsatelliet)

Meet the Experts series - Other Worlds  
[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/07/Meet\\_the\\_Experts\\_Other\\_worlds](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds)

Paxi verkent exoplaneten!  
[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi\\_explores\\_exoplaneten](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplaneten)

Hack een Exoplaneet  
[hackanexoplanet.esa.int](https://hackanexoplanet.esa.int)

## ESA-ruimteprojecten

ESA's exoplanet missies tijdlijn  
<http://sci.esa.int/exoplanets/60649-exoplanet-mission-timeline>

Cheops - CHaracterising ExOPlanet Satellite  
[esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Cheops](https://esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops)

Webb - James Webb Space Telescope  
[esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Webb](https://esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb)

Detectie van exoplaneten met  
Gaia  
<https://sci.esa.int/s/WEmoOnW>

PLATO - planetaire overgangen en oscillaties van sterren  
[sci.esa.int/plato](https://sci.esa.int/plato)

ARIEL - de Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey  
[sci.esa.int/ariel](https://sci.esa.int/ariel)

## Extra informatie

Artist's animation van het TOI-178 systeem banen en resonanties <https://youtu.be/-WevvRGgysY>