

Mira: ook spectroscopisch een “wonderbaarlijke” ster.

Hugo Van den Broeck

De ster Mira of omicron Ceti (omi Cet) is gelegen in het sterrenbeeld De Walvis (Cetus in het latijn). Mira betekent “de wonderbaarlijke”. De ster ontleedt haar naam aan de helderheidsverandering die ze ondergaat gedurende een cyclus van bijna 332 dagen. Deze helderheidsverandering is vrij groot, namelijk van een magnitude kleiner dan 3 tot een magnitude groter dan 9. Op haar helderste is Mira dus goed te zien met het blote oog en wordt ze de derde helderste ster in het sterrenbeeld na Deneb Kaitos (Magnitude 2,04) en Menkar (Magnitude 2,53). Gedurende haar minimale helderheid verdwijnt de ster voor het blote oog en is minstens een amateur telescoop noodzakelijk om er een glimp van op te vangen. (Figuur 1)

Reeds op het einde van de 16^{de} eeuw werd dit veranderlijk gedrag van Mira door de Duitse astronoom David Fabricius en zijn zoon Johannes waargenomen. Het was nog steeds in de begintijd van de telescoop. De Fries Johannes Holwarda bepaalde voor het eerst de duur van de periode, van 11 maanden, in 1638.

Mira is het prototype van lang periodieke pulserende veranderlijke sterren. De helderheidsverandering wordt dus niet veroorzaakt door de (periodische) bedekking van een andere ster zoals dit bij de “duivelsster” Algol het geval is.

Op 16 januari 2020, in de afnemende helderheidsfase, bereikte Mira een magnitude van ongeveer 5. De ster stond op 36° boven de horizon bij doorgang door de meridiaan in het zuiden en was door ondergetekende niet te zien met het blote oog. In de zoeker van de telescoop was de ster echter duidelijk zichtbaar. In deze omstandigheden werden een aantal spectra opgenomen met de SBIG SGS spectroscop. (Figuur 2) De Santa Barbara Instrument Group – Self Guiding Spectrograph is een reeds ouder toestel van het Czerny Turner type. Met zijn 9 spiegelende oppervlakken lijkt het binnenin net op een spiegelpaleis! De SGS is geen prisma spectroscop maar een rooster spectroscop. Het toestel heeft 2 roosters: één van 150 lijnen per mm en één van 600 lijnen per mm. Met het eerste rooster kunnen lage resolutie opnamen gemaakt worden over een groot golflengte bereik (Resolutie $R=600$), met het tweede rooster kan in een hogere resolutie opgenomen worden maar over een kleiner golflengtebereik. (Resolutie $R=2000$).

Het lage resolutie spectrum heeft alle kenmerken van het spectrum van een rode reus. (Figuur 3) De oppervlaktetemperatuur van de ster is laag. Het spectrum toont dan ook de grootste intensiteit in het rode en begin infrarode gebied. De zeer vele TiO moleculaire absorptie banden (Titanium Monoxide molecule) wijzen er nogmaals op dat de oppervlaktetemperatuur vrij laag is (in tegenstelling tot een spectrum met atomaire absorptielijnen, waar de oppervlaktetemperatuur hoger is) en dat molecule vorming reeds begonnen is. De aardse zuurstof absorptie lijnen (O₂) laten een diepe indruk na. Dit komt omdat het continuüm in het rode gebied van het spectrum vrij sterk is. Wanneer het sterlicht door onze aardse atmosfeer dringt neemt de zuurstof molecule O₂ een hele hap uit het spectrum. Wij hebben helaas niet de mogelijkheid om een spectrum van deze ster vanuit de ruimte te maken om de invloed van de aardse atmosfeer niet te moeten ondergaan.

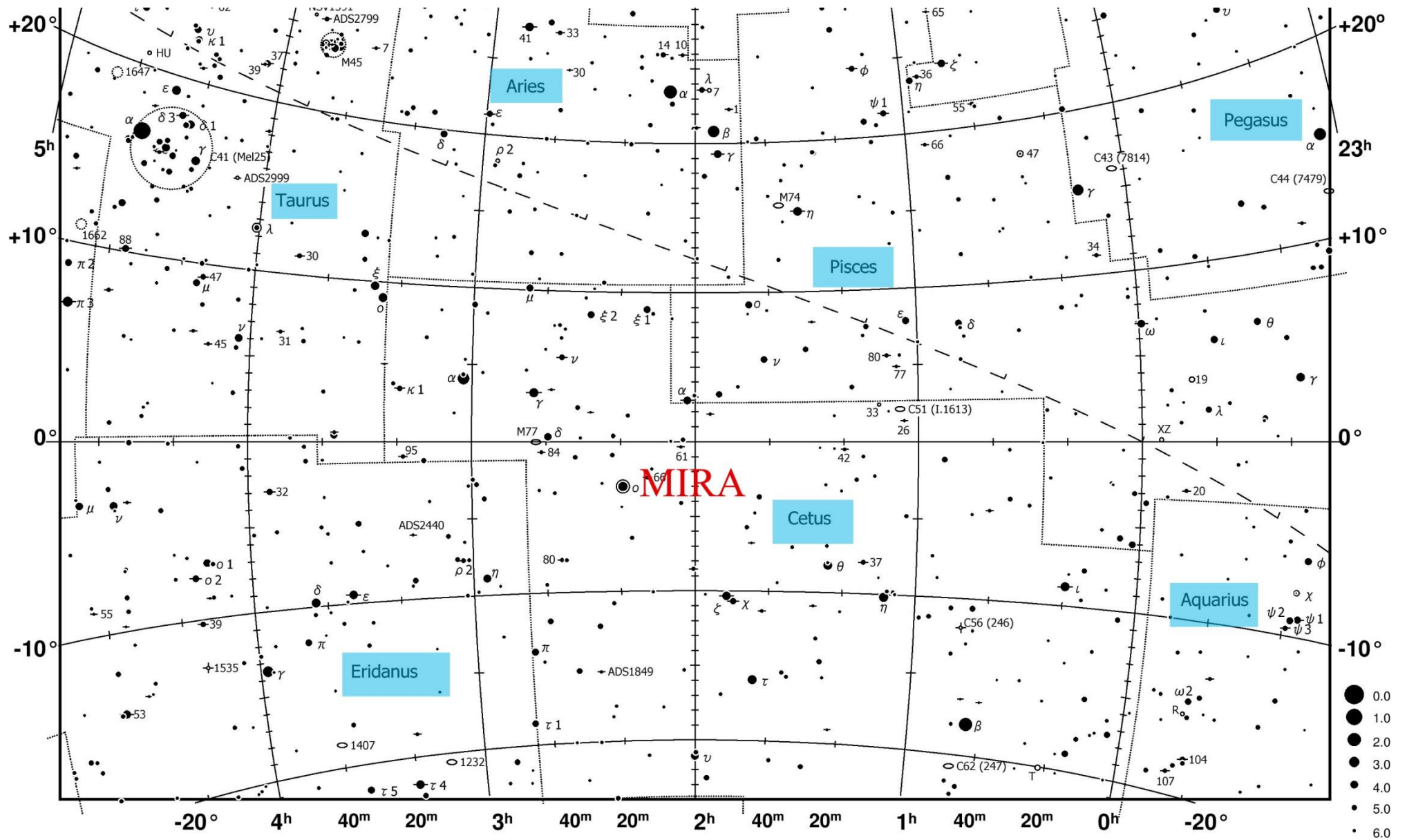
Wat echter het meest opvalt zijn de waterstof Balmer emissielijnen H-gamma en H-delta, bij een golflengte van 4340,47 Ångström en 4101,74 Ångström respectievelijk. (Figuur 4) Bij andere rode reuzen, zoals Betelgeuze en Antares, zijn deze emissielijnen niet aanwezig. Wat is de oorzaak hiervan? En waarom zien wij geen emissie lijnen bij H-alpha en H-beta?

Het antwoord op deze laatste vraag is vrij eenvoudig. De emissielijnen van H-alpha en H-beta zouden er ook zijn volgens het Balmer decrement mochten de TiO banden bij deze golflengten (6562,85 Ångström en 4861,33 Ångström respectievelijk) niet primeren en de emissielijnen zo goed als teniet doen. Maar dat geeft impliciet ook een antwoord op de eerste vraag. De waterstof emissie lijnen kunnen niet teniet gedaan worden als ze gevormd zouden zijn in een zone buiten de TiO absorptie zone. Dus de waterstof emissielijnen worden gevormd in een zone die binnen de zone ligt waar TiO absorptie overheerst. In deze binnenste zone zijn schokgolven de oorzaak die het waterstof gas verhitten, zodat het in emissie treedt. De temperatuur van deze binnenste zone is dus vele malen hoger dan de oppervlaktetemperatuur van de ster. Bij de golflengten van H-gamma en H-delta zijn er geen TiO banden en kunnen de emissielijnen uit de binnenste zone ons vrij bereiken. Bij spectra in hogere resolutie zijn de H-alpha en H-beta emissie lijnen echter, zij het zeer zwak, zichtbaar. (Figuur 5) De emissielijnen hebben hun hoogste amplitude bij de maximale helderheid van de ster en verdwijnen haast rond het minimum. De oppervlaktetemperatuur van Mira is bepaald tussen 2,918 K en 3,192 K en kan ook door middel van een “Planck curve fitting” uit het spectrum worden afgeleid.

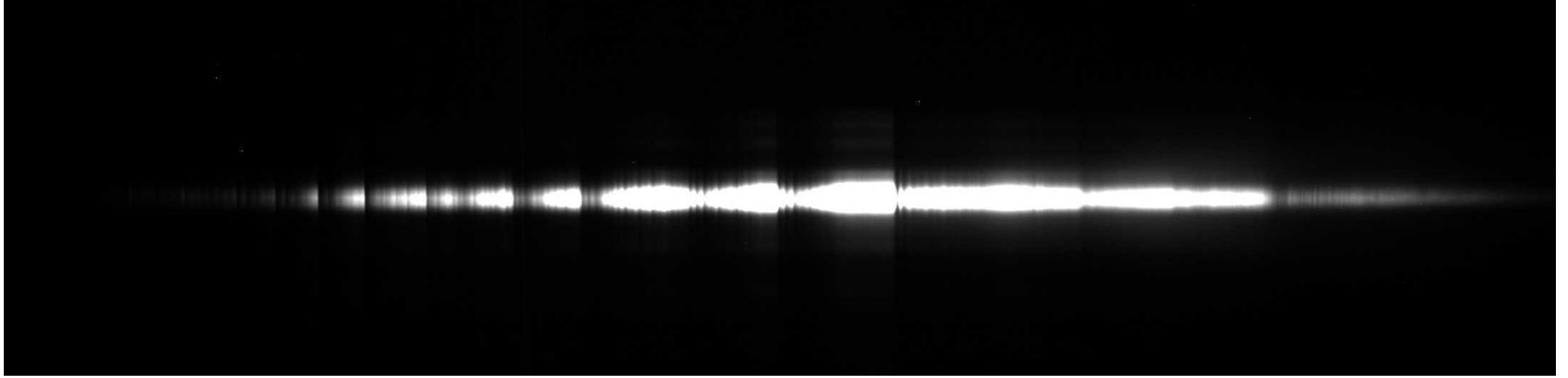
Het spectraal type van de ster, bepaald als M5-9IIIe+DA verandert wel met de pulsatie periode van M5 naar M9 en terug. De lichtkrachtsklasse III blijft constant. Het achtervoegsel “e” van emissie (denk aan H-gamma en H-delta) maakt dit tot een aparte klasse. Mira is dan ook het prototype uit deze M(e) klasse. DA ten slotte duidt op het spectrale type van de begeleider (Mira-B). Deze laatste is een witte dwerg waarvan de eigenschappen in deze lage resolutie spectra niet te zien zijn.

Bronnen:

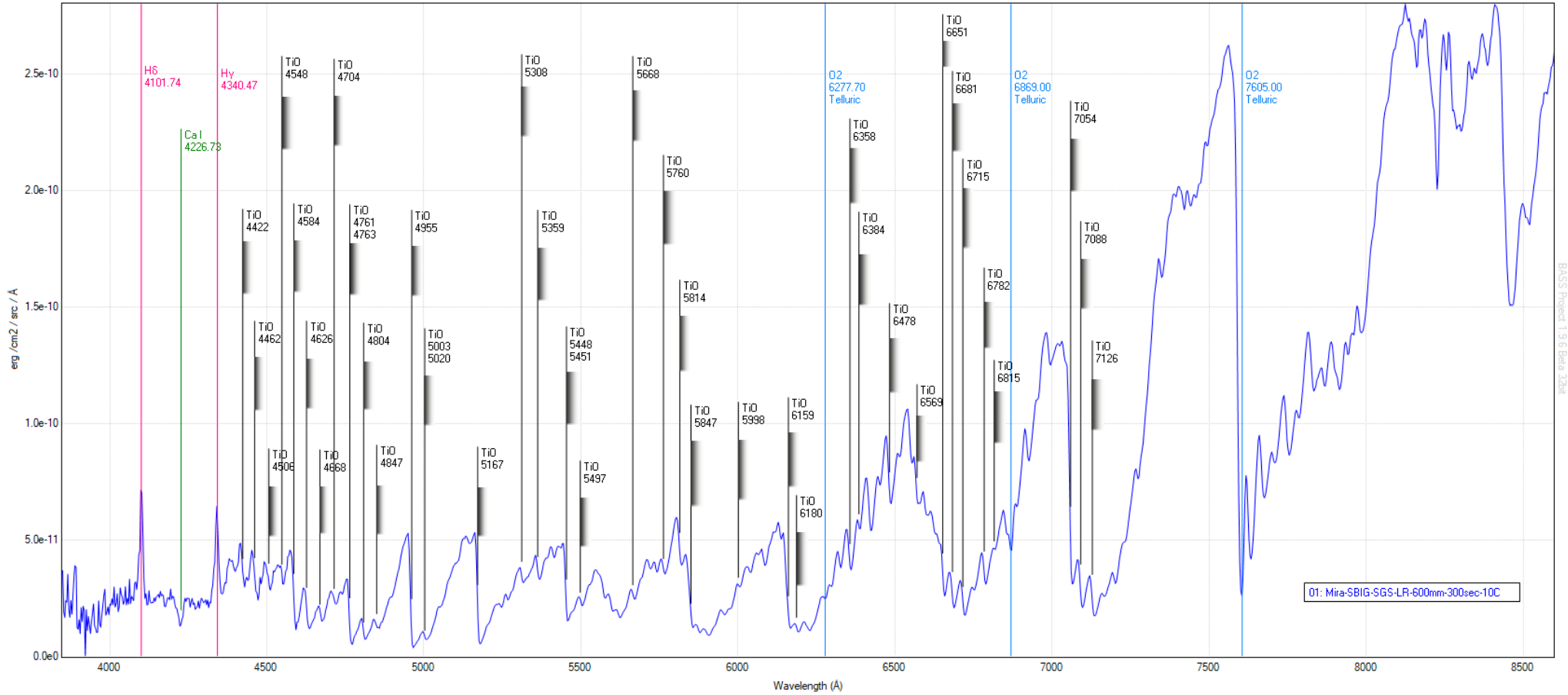
- Wikipedia
- Gedigitaliseerd sterkaartje: Toshimi Taki
- Eigen spectrale opnamen met de SBIG-SGS spectroscop, ST-10XME camera en Celestron C11 telescoop



Figuur 1. Zoekkaartje

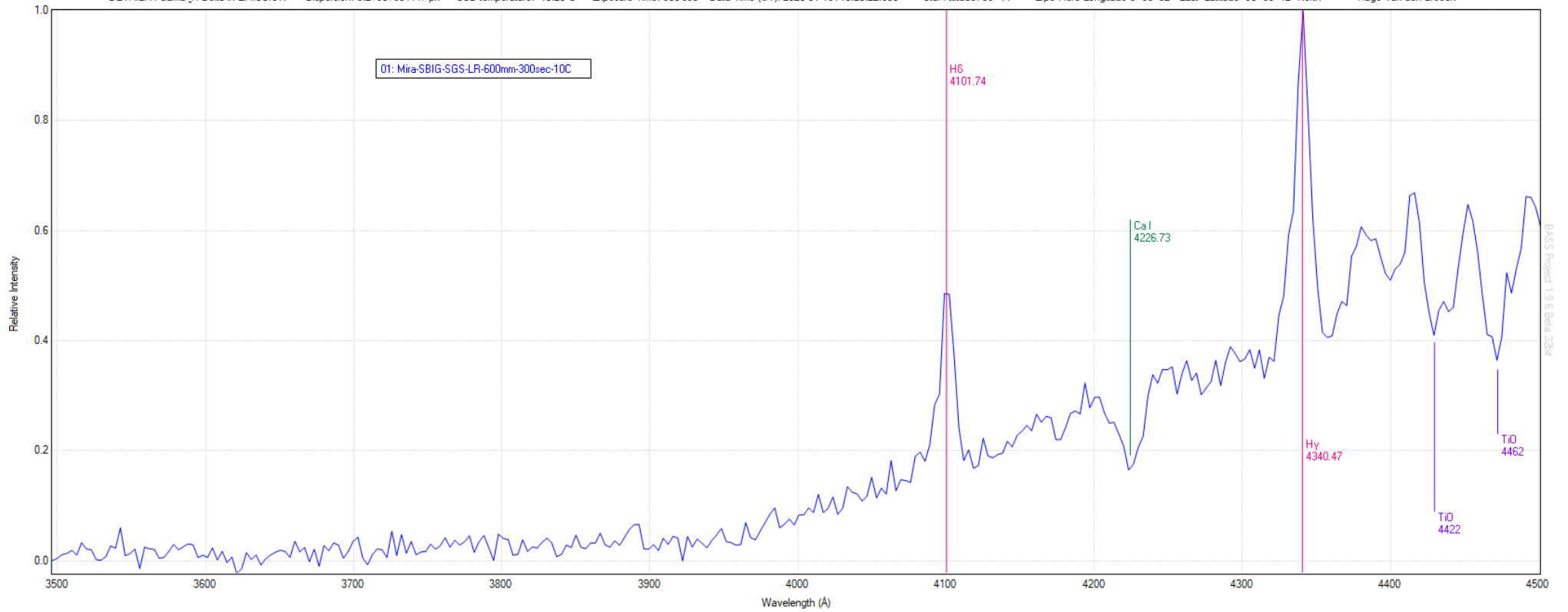


Figuur 2. Opname van het ruwe spectrum van Mira op 16 januari 2020 met de SBIG-SGS spectroscop en de SBIG-ST 10XME (Zwart/Wit) CCD camera. Opnameduur 300 seconden bij een CCD temperatuur van -10°C

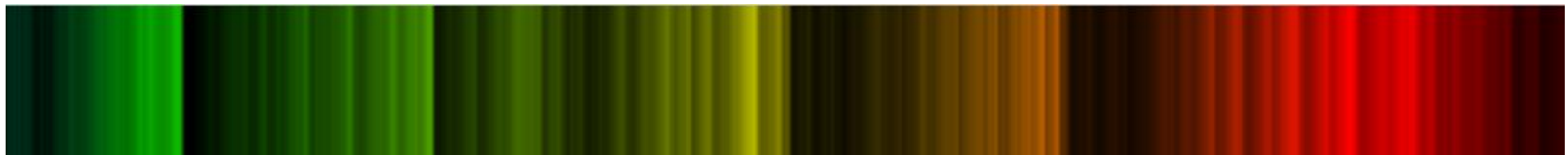
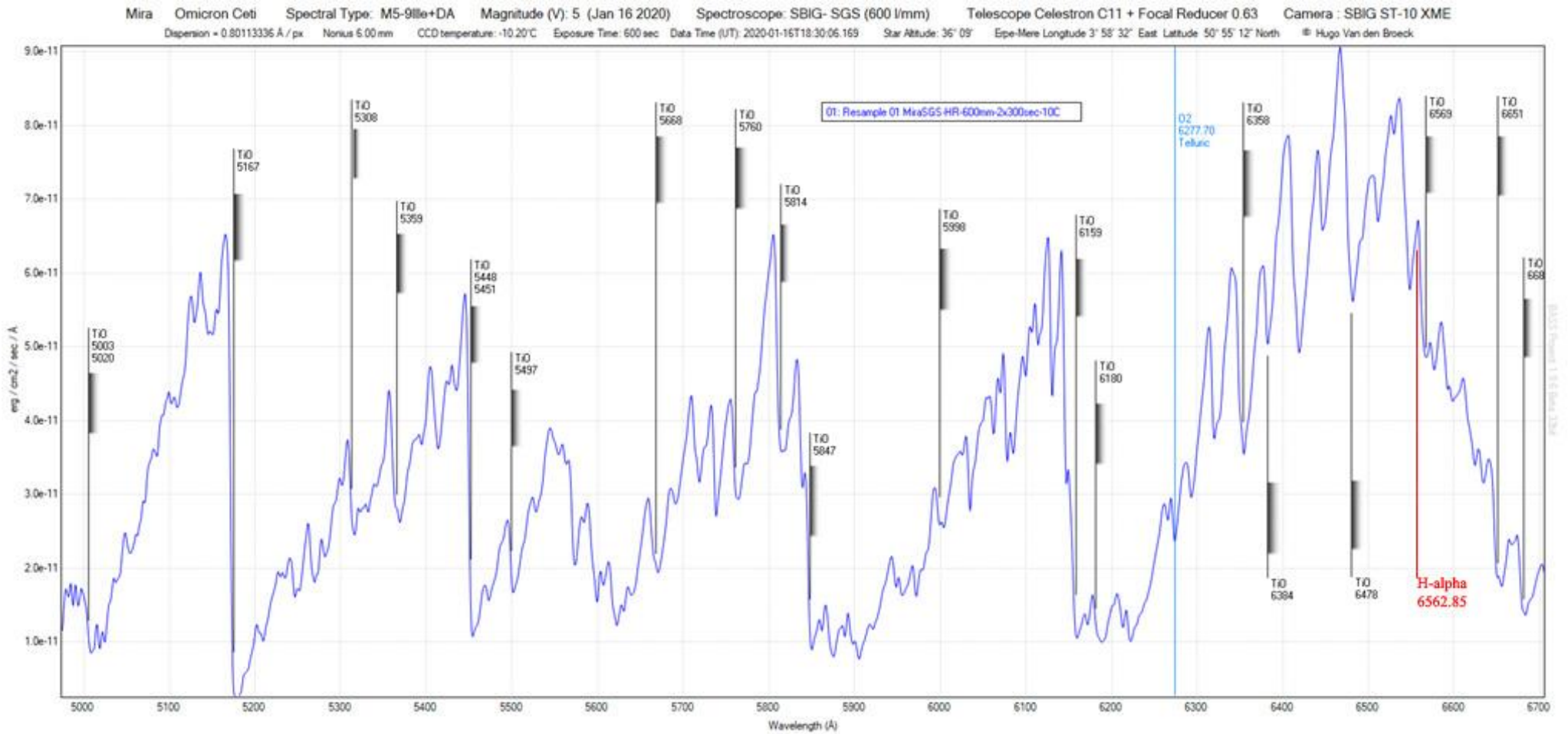


Figuur 3. Het spectrum van Mira in lage resolutie ($R = 600$)

Mira Omicron Ceti Spectral Type: M5-9IIIe+DA Magnitude (V): 5 (Jan 16 2020) Spectroscopie: SBIG- SGS (150 l/mm) Telescope Celestron C11 + Focal Reducer 0.63 Camera : SBIG ST-10 XME
DETAIL: H-Gama_H-Delta in EMISSION Dispersion: 3.27987684 Å / px CCD temperature: -10.20°C Exposure Time: 300 sec Data Time (UT): 2020-01-16T18:20:22.600 Star Altitude: 36° 11' Erpe-Mere Longitude 3° 58' 32" East Latitude 50° 55' 12" North © Hugo Van den Broeck



Figuur 4. Detail uit het lage resolutie spectrum van Mira met de typische atomaire emissie lijnen H-gamma en H-delta



Figuur 5. *Het spectrum van Mira in hogere resolutie ($R = 2000$)*