

## Be sterren

Hugo Van den Broeck

Op 23 augustus 1866 kondigde Angelo Secchi, de toenmalige directeur van de Vaticaanse sterrenwacht, aan dat hij de ster Gamma Cassiopeiae, ook gekend onder de naam Tsih of Cih, had waargenomen door een spectroscop. Hij merkte op dat daar waar de meeste andere sterren, zoals Wega en Sirius een donkere lijn vertoonden in hun spectrum, er op dezelfde plaats bij Gamma Cassiopeiae een heldere spectraal lijn te zien was. Secchi verwees naar de gekende lijn "f" in het spectrum om de juiste plaats aan te duiden. Hij bedoelde hiermee de Fraunhofer F lijn die nu bekend staat als H-Beta (hydrogen – waterstof lijn). Hij merkte ook op dat er naast de "f" lijn nog andere heldere lijnen in het spectrum van Gamma Cassiopeiae aanwezig waren, zij het dan veel zwakker. Had Secchi dan door zijn toenmalige spectroscop de meer heldere lijn H-Alfa niet gezien? Desalniettemin, de eerste spectrale emissie ster was ontdekt.

### Schreiben des Herrn Prof. Secchi, Dir. der Sternwarte des Collegio Romano, an den Herausgeber.

Dans ma dernière je vous annonçais la grande facilité d'observer les spectres stellaires avec la nouvelle construction de spectroscop que j'ai réussi à combiner. Bientôt j'espère de pouvoir vous envoyer une liste des objets examinés, mais pour le moment je ne pourrais différer davantage à vous signaler une particularité curieuse de l'étoile  $\gamma$  Cassiopée, unique jusqu'à présent. Celle-ci est que pendant que la grande majorité des étoiles blanches montre la raie  $f$  très-nette et large, et comme  $\alpha$  Lyre, Sirius etc.,  $\gamma$  Cassiopée a à sa place une ligne lumineuse très-belle et bien plus brillante que tout le reste du spectre. La place de cette raie est, autant que j'en ai pu prendre des mesures, exactement coïncidente avec celle de  $f$ , et on peut très-bien en faire la comparaison avec l'étoile voisine  $\beta$  Cassiopée. La mesure je l'ai prise en plaçant une pointe de repère dans le chercheur et couvrant la raie dans la grande lunette avec la pointe micrométrique du spectroscop: si les deux lunettes sont portées de l'étoile  $\gamma$  à l'étoile  $\beta$  et placées de la même manière sur l'une et sur l'autre on

trouve que la position de la raie luisante de la première correspond à la raie obscure de la seconde. J'espère pouvoir faire ces mesures d'une manière plus exacte encore. En comparant ainsi l'étoile  $\beta$  Pégase on trouve que la  $f$  tombe sur une région noire des bandes que cette étoile présente. Du reste la bande luisante que montre  $\gamma$  Cassiopée, n'est pas unique, il y en a plusieurs autres, mais assez plus petites, et je ne les ai pas mesurées. Cette étoile présente donc un spectre inverse de celui du type ordinaire des étoiles blanches.

Pour vous donner une idée pratique de l'effet de cette bande je vous dirai que cette ligne brille sur le reste du spectre comme le groupe du magnésium brille sur le fond lumineux du spectre lorsqu'on brûle ce métal.

Dans une autre lettre les détails des autres étoiles. — M. *Respighi* a vérifié ces résultats et a même vu avec sa lunette de 5 pouces seulement plusieurs beaux spectres avec l'usage de ma combinaison.

Rome, 1866 Août 23.

*A. Secchi.*

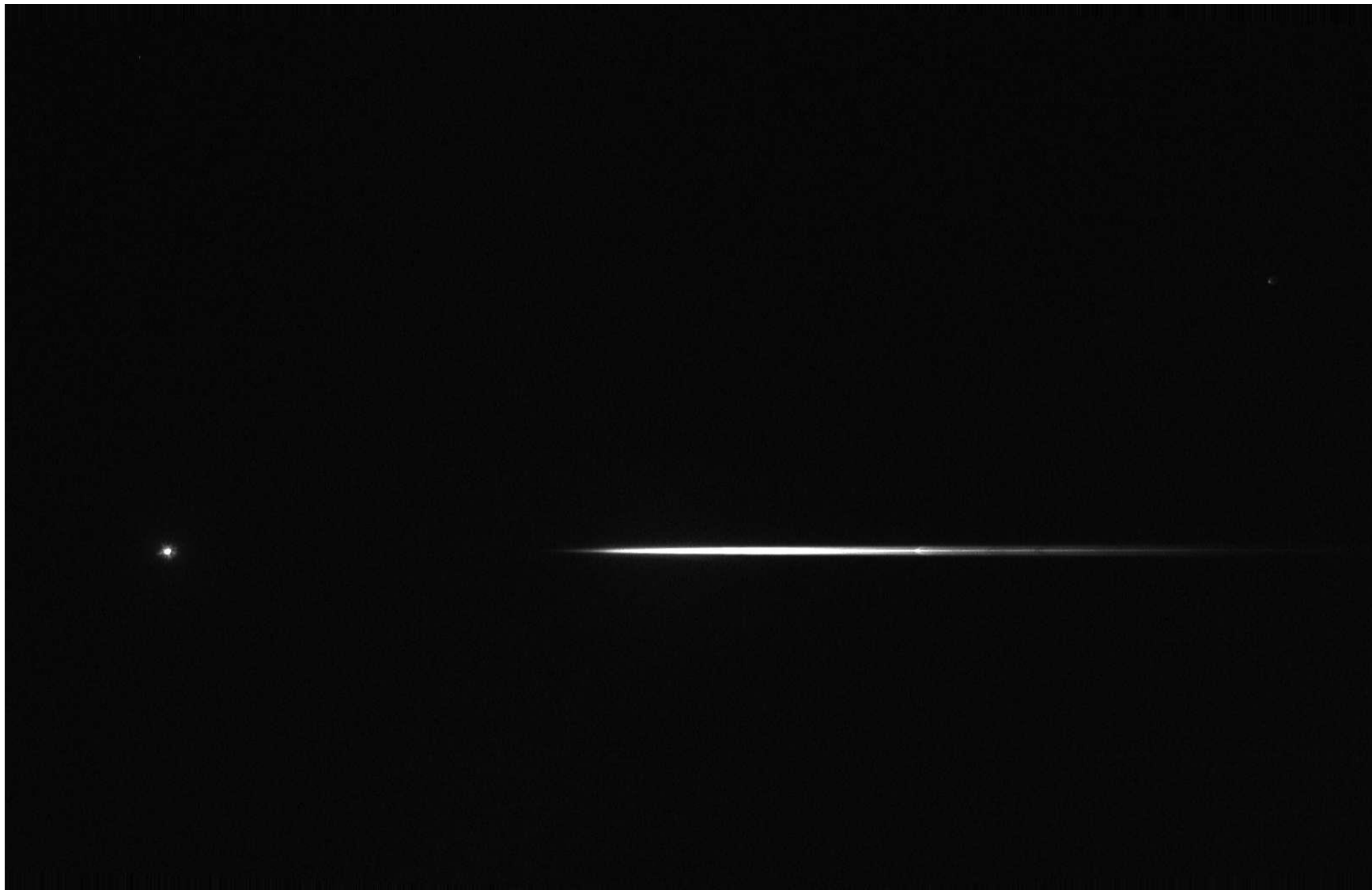
*Spectroscopische ontdekking van de eerste Be ster, Gamma Cassiopeia door Angelo Secchi op 23 Augustus 1866. Let vooral op de Duitstalige titel van deze aankondiging, terwijl de uitleg zelf in het Frans gegeven wordt!*



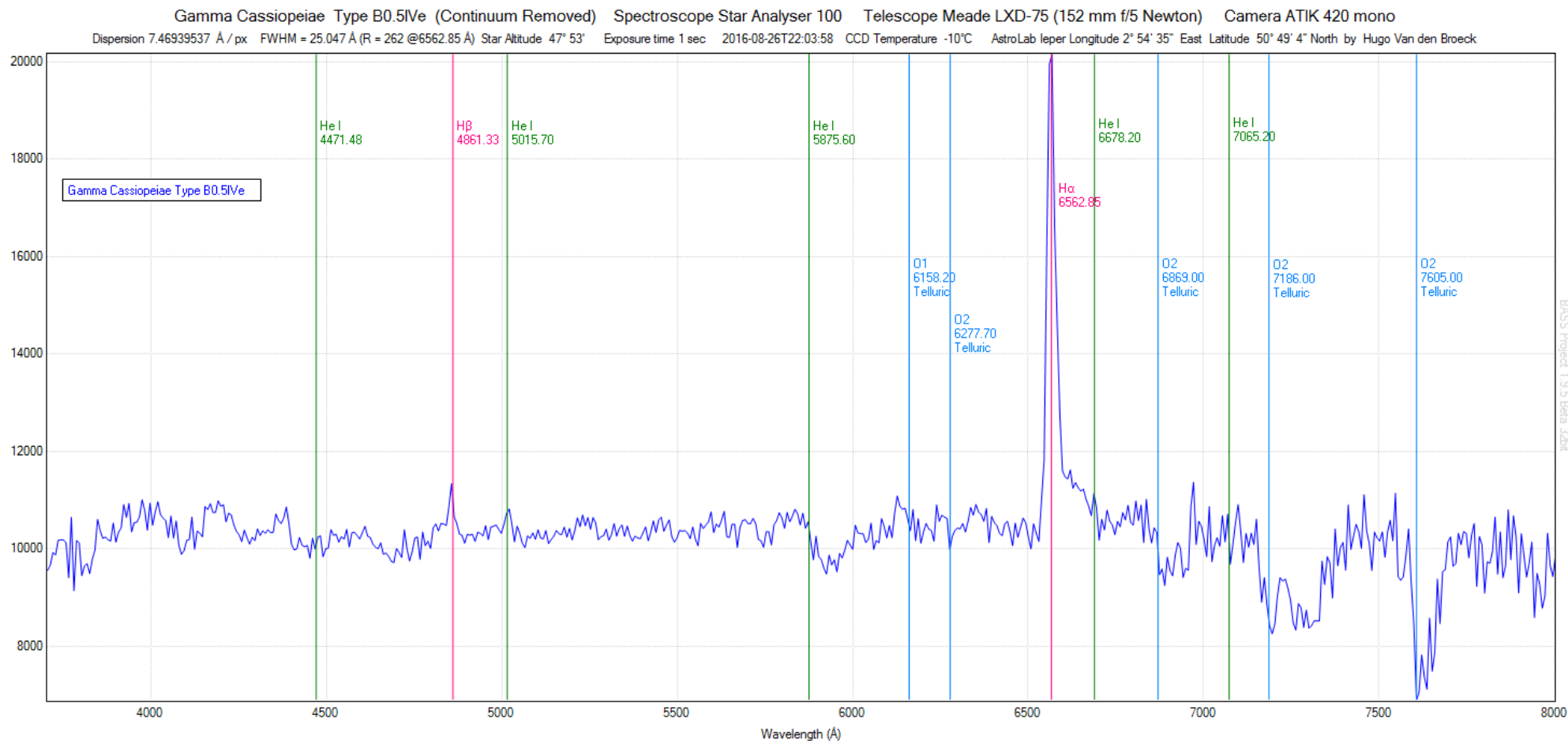
*father Pietro Angelo Secchi*

*(<http://www.klima-luft.de/steinicke/ngcic/persons/secchi.htm>)*

150 jaar na de ontdekking van de eerste Be ster, op 26 augustus 2016 richtte ondergetekende op de jaarlijkse starparty “Starnights” op de terreinen van Astrolab Ieper zijn Meade LXD-75 telescoop naar de ster Gamma Cassiopeiae. De telescoop was voorzien van een eenvoudige rooster spectrocoop, de Star Analyser 100. Na slechts 1 seconde belichtingstijd werd er met behulp van de ATIK CCD 420 monochrome camera, gekoeld tot  $-10^{\circ}$  Celsius, een ruw spectrum vastgelegd. Een bewerking van dit beeld in het reductie programma Bass Project leverde een mooie grafiek op met een synthetische kleurenband.



*Het ruwe spectrum van de ster Gam Cas in het sterrenbeeld Cassiopeia.*



*Het spectrum van de ster Tsih in het sterrenbeeld Cassiopeia, nadat het door het reductieprogramma Bass Project werd verwerkt tot grafiek en synthetische kleurenband. Merk vooral de emissielijnen op van H-Alfa en H-Beta*

Gamma Cassiopeiae wordt, vooral in de Amerikaanse literatuur en planetarium software, ook aangeduid als NAVI. Destijds gebruikte de Amerikaanse astronaut Virgil Ivan "Gus" Grissom, zijn tweede naam Ivan met de letters in omgekeerde volgorde om deze ster aan te duiden. Grissom kwam om het leven gedurende een test op de grond in de Apollo I capsule. De latere Apollo astronauten gebruikten de naam NAVI verder voor deze navigatiester, ter ere van Grissom.

Het is ondertussen duidelijk geworden dat de kleine letter e in Be sterren staat voor spectrale emissie. Maar waar komt dan de hoofdletter B vandaan? Het is namelijk zo dat deze spectrale emissielijnen voorkomen bij sommige sterren van het spectrale type B. De hoofclassificatie van spectrale type sterren werd reeds in 1901 vastgelegd door Annie Jump Cannon van het Harvard observatorium. Zij klasseerde de spectra van sterren volgens de letters O, B, A, F, G, K, M, waarvan de oppervlaktetemperaturen deze letterreeks volgen van hoog naar laag. Zo is de gemiddelde oppervlaktetemperatuur van blauwe B sterren gelijk aan 33000 K. Deze temperatuur is hoog genoeg om een gasschijf die rond Be sterren draait te verhitten. Het is dit gas dat in emissie treedt en de emissielijnen laten zien in de spectra van Be sterren. De gewone type B sterren die geen gasschijf bezitten worden dan ook waargenomen zonder emissie lijnen in het spectrum. Deze "gewone" B sterren hebben zoals de meeste sterren absorptielijnen op dezelfde plaats in hun spectrum.

Omdat de verhitte gasschijf rond de Be ster draait en deze aan schommelingen in de tijd onderhevig is zullen ook de spectrale emissielijnen niet constant zijn in de tijd. Deze variatie kan zowel gemeten worden in amplitude (helderheid) als in een schommeling van de golflengte.

Voor astronomen is het opmeten hiervan een boeiende doch tijdrovende bezigheid. Beroepsastronomen kunnen de grote en dure telescopen dan ook niet permanent inzetten om Be sterren op te volgen. Om dit te verhelpen werden er Pro-Am verenigingen opgericht. Pro-Am staat voor Professioneel-Amateur.

De belangrijkste Pro-Am vereniging voor het opvolgen van Be sterren op wereldvlak is de in Frankrijk gevestigde vereniging BeSS. (**Be Star Spectra**).

Deze vereniging, die bestaat uit een 130 tal professionele en amateur astronomen heeft reeds meer dan 130 000 spectra van Be sterren verzameld en gegroepeerd in een database, die vrij toegankelijk is voor iedereen. <http://basebe.obspm.fr/basebe/>



Professionele astronomen kunnen op deze wijze een Be ster bestuderen en nagaan in de tijd wat het gedrag is van deze ster. Het spreekt voor zichzelf dat diegenen die nieuwe spectra toevoegen aan deze database dit moeten doen op een kwaliteitsvolle manier. De regels en vereisten zijn dan ook strikt op te volgen. De controle van een team van moderatoren is groot. Ondergetekende leverde ook bijdragen aan deze database en kan stellen dat het opnemen van spectra van Be sterren veel gemakkelijker is dan het bijkomend werk om deze spectra toe te voegen aan de database.

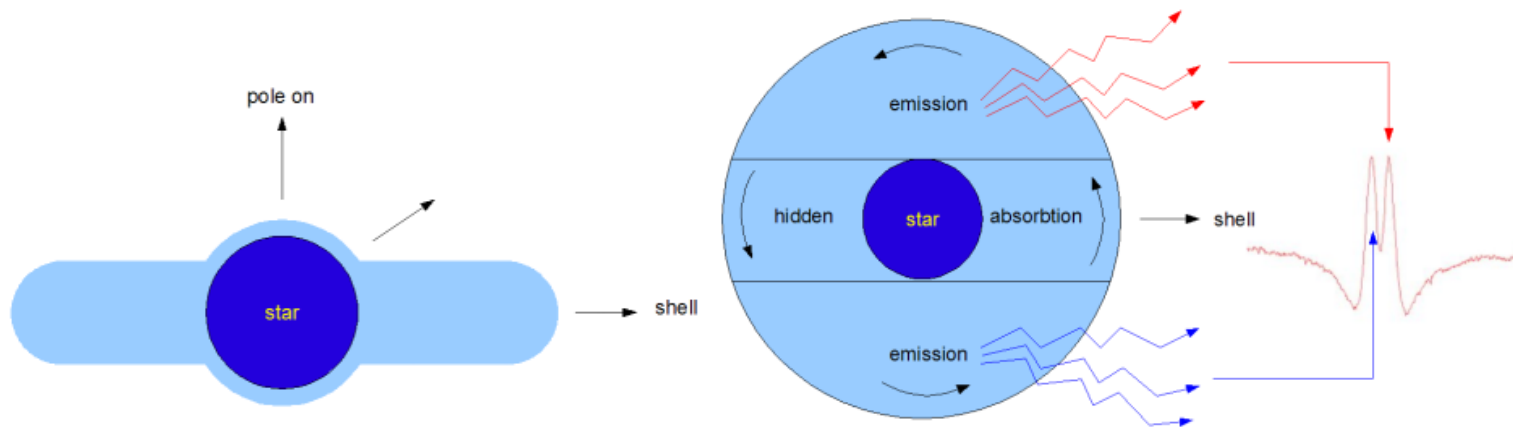
In principe wordt een spectrum met een lage resolutie toegelaten in BeSS, zolang de resolutie maar vermeld staat in de BeSS header. Spectra zoals dit van Gamma Cassiopeiae hierboven, opgenomen in lage resolutie zijn echter enkel informatief. Wil men echter metingen kunnen uitvoeren, zoals de draaisnelheid van de gasschijf rond de ster, dan zijn spectra met een resolutie van 5000 of hoger noodzakelijk.

De resolutie hier is een onbenoemd getal en is gelijk aan de golflengte gedeeld door de verschilgolflengte waarbij er nog eigenschappen in het spectrum waarneembaar zijn. Om te voldoen aan deze voorwaarde zijn duurdere spectroscopen noodzakelijk. Een voorbeeld maakt dit duidelijk. Op 24 maart 2017 nam Guy Wauters vanop de sterrenwacht S9 van UGent de Be ster Kappa Draconis (Magnitude 3,82) spectroscopisch waar met de eShell spectrocoop. De eShell is een echelle spectrocoop van de firma Shelyak. Hiermee worden een groot aantal ordes van het spectrum gelijktijdig opgenomen. Wat ons interesseert zijn de 34<sup>ste</sup> orde, waarin de H-alpha waterstof lijn gelegen is en in mindere mate de 46<sup>ste</sup> orde met hierin de H-Beta waterstof lijn. Na de reductie van deze opnamen in de programma's ISIS en Bass Project bemerken wij dat de H-Alpha lijn een dubbele piek heeft. De linkse emissiepiek is een beetje blauw verschoven terwijl de rechtse rood verschoven is ten opzichte van de H-Alpha lijn in rust. Dit is als volgt te verklaren: De gasschijf draait rond de ster en het deel van het gas dat naar ons toekomt gaat zijn licht uitzenden aan een snelheid die kleiner is, terwijl het gedeelte van het gas dat van ons weg beweegt dit gaat doen met een grotere snelheid. Dit vertaalt zich spectroscopisch, respectievelijk in blauw en rood verschoven lijnen. Om nu de snelheid van de ronddraaiende schijf te berekenen, snelt Bass Project ons ter hulp en gaat de X-as van de grafiek, waarop normaal de golflengte uitgezet is, omrekenen naar een snelheids as, met als nulsnelheid de rustgolflengte van H-Alpha. Op die manier kunnen wij rechtstreeks de snelheid van de gasschijf aflezen in de grafiek. In het geval van Kappa Draconis zien wij dat de snelheid al gauw 200 km / sec haalt! Toch nog een kleine opmerking. Wij hebben tot nu toe verondersteld dat de ronddraaiende gasschijf zich beweegt in hetzelfde vlak als onze zichtlijn naar de ster. In wekelijkheid maakt het vlak van de draaischijf een hoek tussen 0° en 90° t.o.v. onze kijkrichting. De hoek ( $i$ ) is echter meestal onbekend, waardoor men de gemeten snelheid ( $v$ ) uitdrukt als  $v \sin i$ .

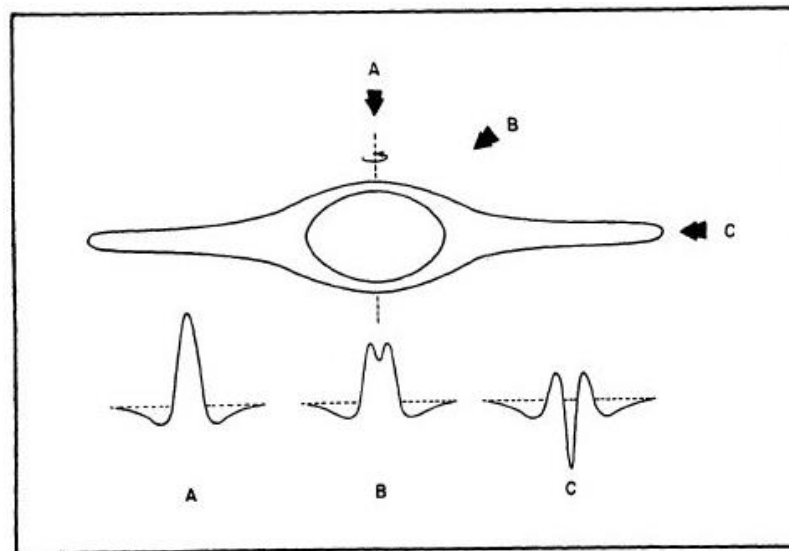
Ook op de grafiek van de 46ste orde zien wij dat H-Beta een dubbele emissie piek vertoont. In intensiteit (Y-as) is deze wel kleiner dan bij H-Alpha en bovendien ligt de dubbele piek, afkomstig van het licht van de gasschijf, nog ingebed in het absorptie "dal" van H-Beta, van licht dat afkomstig is van de ster zelf.

Dit, Gam Cas en Alf Dra, waren twee voorbeelden van Be sterren. Er zijn echter veel meer Be sterren aanwezig aan het firmament. In de Bess database zijn er momenteel 2320 verschillende Be sterren. Dit lijkt veel, maar is niet zo. Van alle sterren tot magnitude 10 zijn er slechts ongeveer 0,3 % Be sterren. Nochtans zijn er onder goede, donkere omstandigheden, (tot magnitude 5) een 65 tal Be sterren met het blote oog waar te nemen. Visueel is er echter geen verschil te merken met andere nabuur sterren. De spectrocoop doet hier wonderen.

Als je nog eens naar de Plejaden kijkt, weet dan dat vier van de helderste sterren Be sterren zijn: Alcyone, Electra, Merope en Pleione.



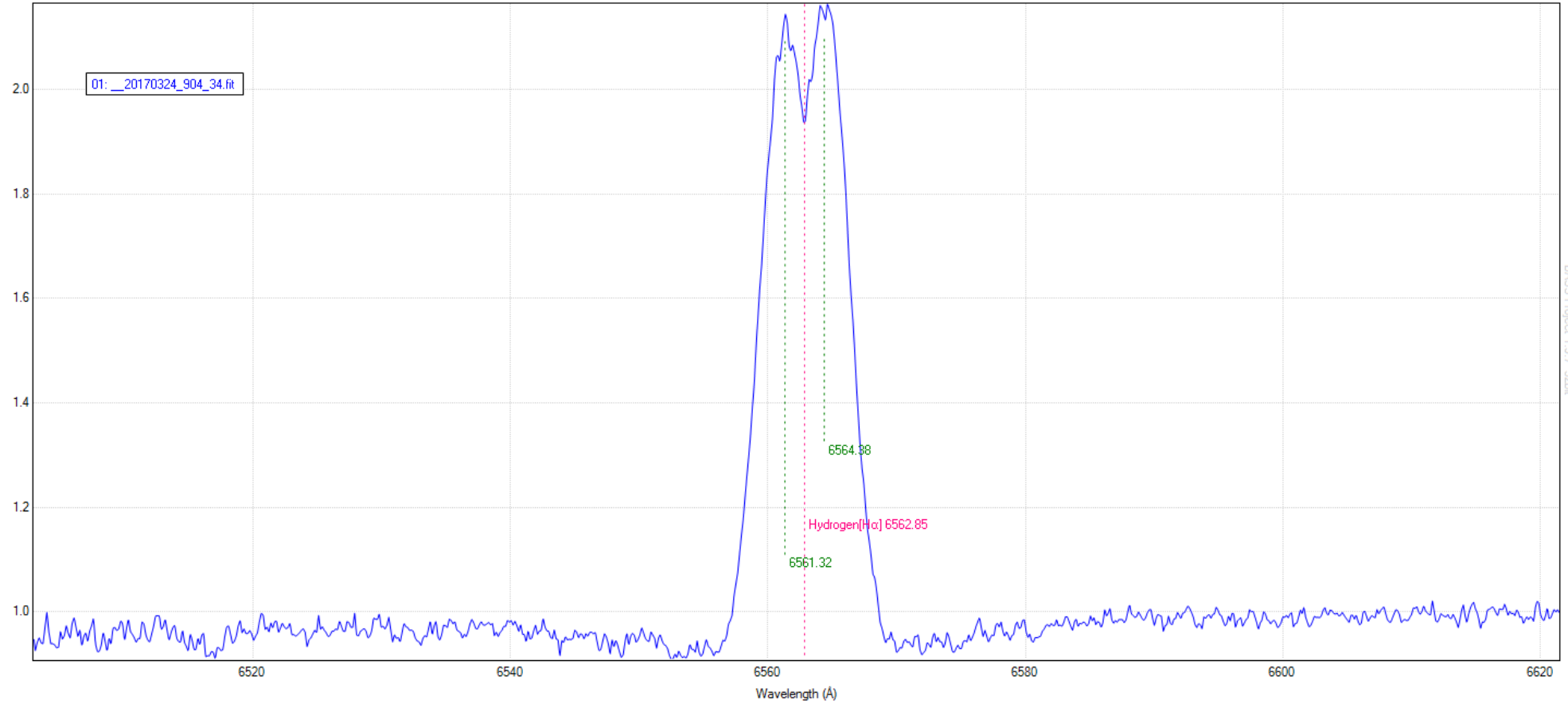
*Mode van een typische Be ster (Kogure & Hirata, 1982)*



Dezelfde Be ster kan een verschillend spectrum hebben, afhankelijk van hoe wij op de schijf aankijken  
*Example of spectra of Be stars based on view angle (Slettebak 1988)*

Kappa Draconis eShel 34°order Telescope 0.4 meter Cassegrain f/4 Spectroscopie Shelyak eShel Imaging Camera ATIK-460EX Guiding Camera ATIK 314L+ March 24 2017 Location UGent S9 Ghent Belgium

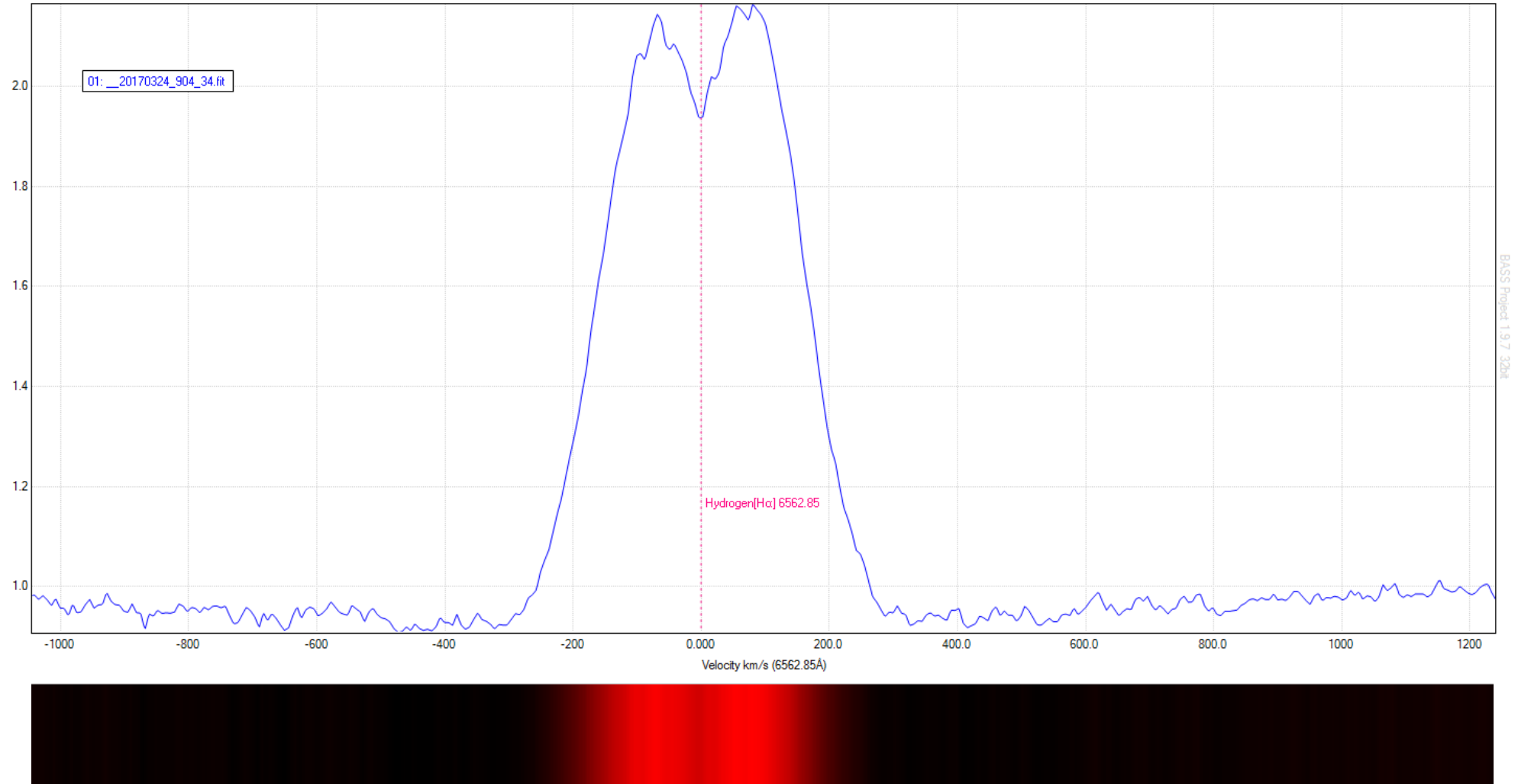
Dispersion 0.05 Å/px Exposure time 3 x 300 sec 2017-03-24T21:41:32 Observation and Reduction (ISIS V5.5.2): Guy Wauters Reduction (Bass 1.9.7): Hugo Van den Broeck



*De H-Alpha emissielijn van Kappa Draconis (HD109387) vertoont een dubbele piek.*

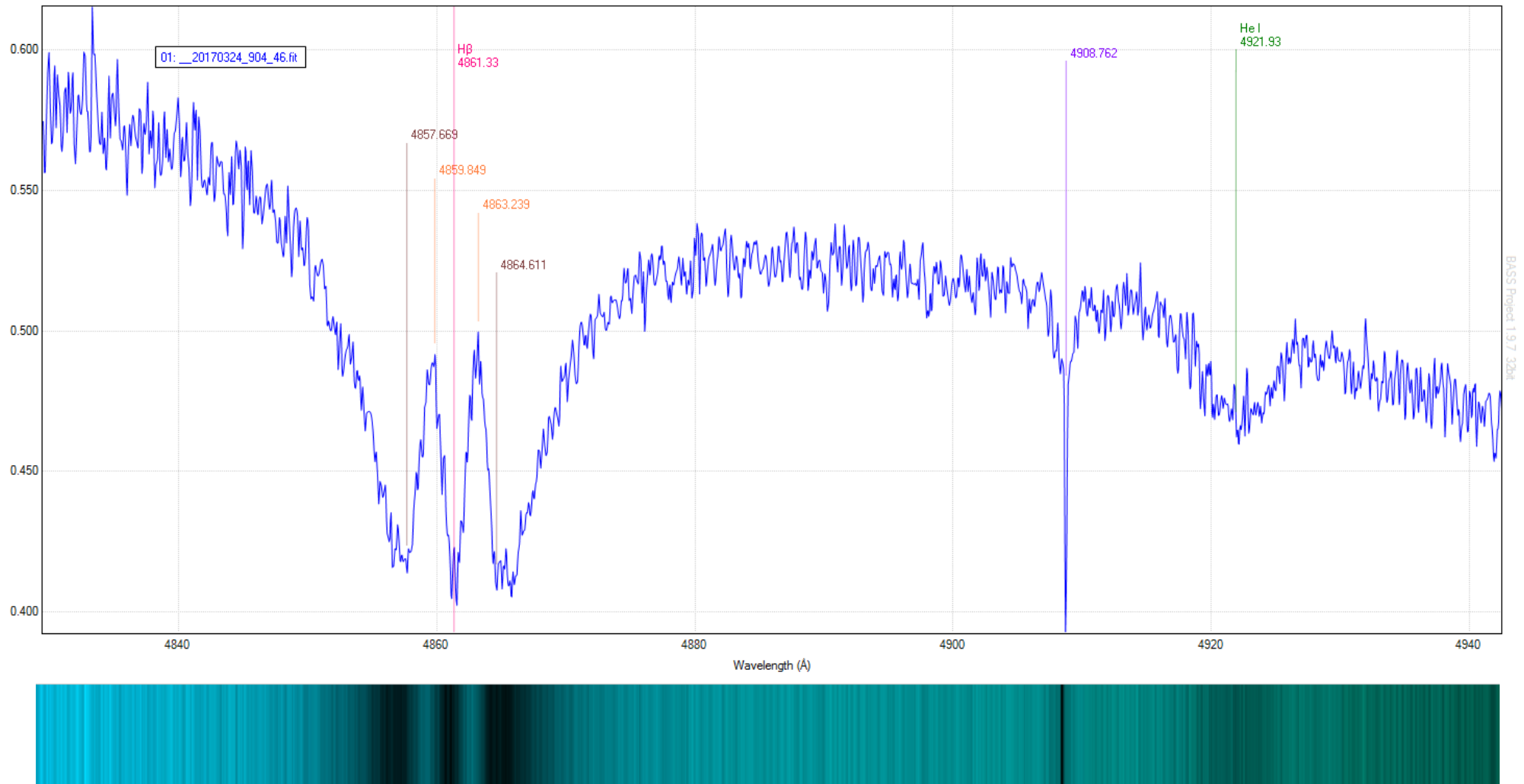


Kappa Draconis eShel 34<sup>o</sup>order Telescope 0.4 meter Cassegrain f/4 Spectroscopie Shelyak eShel Imaging Camera ATIK-460EX Guiding Camera ATIK 314L+ March 24 2017 Location UGent S9 Ghent Belgium  
Spectral Type B6IIIe Dispersion 0.05 Å / px Exposure time 3 x 300 sec Date/Time UT: 2017-03-24T21:41:32 Observation and Reduction (ISIS V5.5.2): Guy Wauters Reduction (Bass 1.9.7): Hugo Van den Broeck



*De H-Alpha emissielijn van Kappa Draconis, uitgedrukt als rotatiesnelheid (X-As) ( $v \sin i$ ) rond de rustgolflengte 6562,85 Ångström. Negatieve snelheid is naar ons toe, positieve snelheid is van ons weg.*

Kappa Draconis eShel 46°order Telescope 0.4 meter Cassegrain f/4 Spectroscopie Shelyak eShel Imaging Camera ATIK-460EX Guiding Camera ATIK 314L+ March 24 2017 Location UGent S9 Ghent Belgium  
Spectral Type B6IIfe Dispersion 0.05 Å/px Exposure time 3 x 300 sec Date/Time UT: 2017-03-24T21:41:32 Observation and Reduction (ISIS V5.5.2): Guy Wauters Reduction (Bass 1.9.7): Hugo Van den Broeck



*De H-Beta emissielijn van de gaswolk rond Kappa Draconis (HD109387) vertoont eveneens een dubbele piek maar ligt ingebed in de absorptielijn van de ster zelf.*