

De ster P Cygni bevindt zich, zoals de naam het laat uitschijnen, in het sterrenbeeld Cygnus of in het Nederlands De Zwaan. Dit is één van de zomer sterrenbeelden (Figuur 1). De aanduiding P werd gegeven door Johann Bayer (°1572 +1625) in zijn beroemd geworden atlas Uranometria, uitgegeven in 1603. P duidt op een nova of nieuwe ster. De ster wordt ook wel aangeduid met de naam 34 Cygni. Het is een zwak sterretje dat enkel in een zeer donker gebied met het blote oog te ontwaren valt. Zwak is echter relatief. De ster heeft namelijk een lichtkracht van 600 000 maal die van onze zon met een absolute magnitude van  $-7,9$  ! Het is dan ook niet te verwonderen dat P Cygni heel ver van ons verwijderd is: 6000 lichtjaar. P Cygni behoort tot de klasse van de LVBs (Luminous Blue Variables). Dit zijn massieve, zeer hete hyperreuzen uit de helderheidsklasse Ia. Hun plaats in het Hertzsprung–Russell diagram is dan ook helemaal bovenaan (grote helderheid) links (hoge temperatuur). De helderheid van de ster verandert een beetje, soms cyclisch, doch onregelmatig.



Figuur 1: Zoekkaartje: De ster P Cygni in het sterrenbeeld De Zwaan

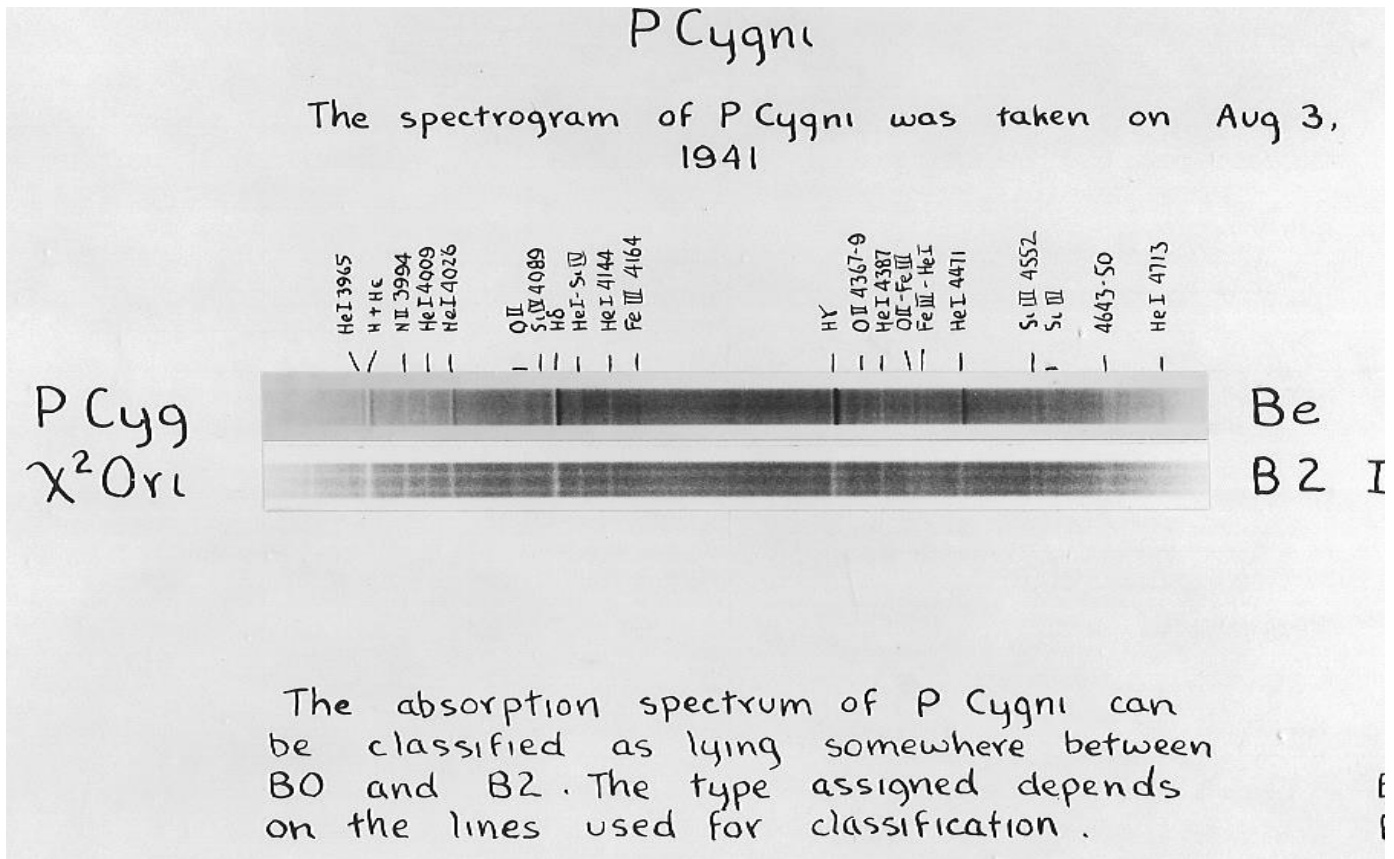
P Cygni is een voormalige nova die op 8 augustus 1600 ontdekt werd door de Nederlandse cartograaf Willem Janszoon Blaeu (°1571 +1638). Blaeu schatte de nieuwe ster van de derde magnitude. Mogelijk bereikte deze nova zijn maximum enkele maanden vóór de ontdekking. De ster bleef de derde magnitude aanhouden tot 1606 waarna een geleidelijke afname van de helderheid plaatsgreep tot magnitude 6 in het jaar 1620. Daarna verdween de ster voor waarnemingen met het blote oog. Een tweede opflakking gebeurde wanneer de ster in 1654 terug magnitude 6 bereikte en in 1655 van magnitude 5 naar magnitude 3,5 verhelderde. Tot 1659 bleef P Cygni deze helderheid aanhouden. De ster bleef helder tot 1662 waarna ze terug onzichtbaar werd. In 1665 werd ze echter terug waargenomen als een 6<sup>de</sup> magnitude ster. Na nog wat fluctuaties bereikte de ster in 1715 magnitude 5,2. Sedert 1891 en tot op heden wordt de ster gezien als een magnitude 5 ster.

### **Spectroscopie.**

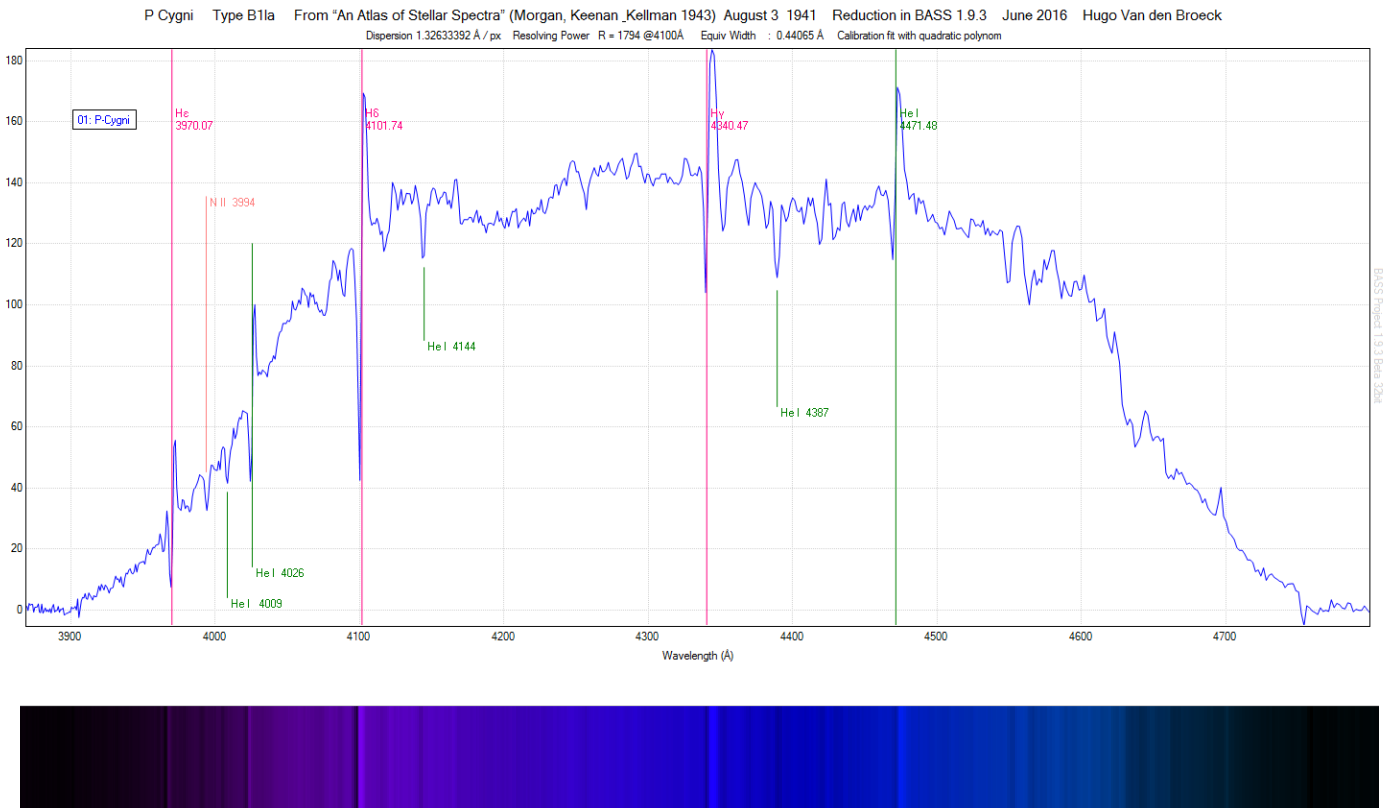
Reeds in 1897 werd het eigenaardige karakter van P Cygni ontdekt langs spectroscopische weg. In de beroemde Draper catalogoog van de Harvard universiteit in Boston stond de ster gecatalogeerd als een Q type, vanwege de heldere emissie lijnen in het spectrum. Een meer gedetailleerde beschrijving door de nicht van Henry Draper, Antonia Maury, werd gegeven via de golflengtebeschrijving van de eigenaardigheden van het spectrum. Daardoor weten wij dat het spectrum niet al te veel veranderde sedert de eerste opnamen op fotografische platen met een objectief prisma voor de telescoop.

Gedurende de tweede wereldoorlog, in 1943 werd in de Verenigde Staten de MKK spectraal atlas uitgegeven. De atlas is genoemd naar de twee auteurs, William Wilson Morgan en Philip Childs Keenan van het Yerkes observatorium van de universiteit van Chicago en van hun assistente Edith Kellman. De atlas bevat 55 samengestelde fotografische platen. Deze (zwart-wit) fotografische platen, uit de tijd van de natte fotografie, zijn enkel gevoelig in het violet en blauwe licht. Wij zien dus enkel spectrale eigenschappen met een golflengte van 3800 Å tot 4800 Å. Het spectrum van P Cygni wordt aldus afgebeeld op één van de platen, tezamen met de blauwe superreus B2Ia ster Chi02 Ori of khi2 Ori (Figuur 2). De platen in de atlas zijn afgebeeld als negatieven. Daardoor is het nodig om emissielijnen en absorptielijnen omgekeerd te interpreteren: emissielijnen zijn zwart, terwijl absorptielijnen wit worden afgebeeld. Desalniettemin worden de P Cygni kenmerken, een sterke emissielijn, net voorafgegaan door een absorptielijn, waargenomen bij de waterstof Balmerlijnen H-gamma, H-delta en H-epsilon, alsook bij de neutrale heliumlijnen met golflengten 4471 Å en 4021 Å.

Het moet gezegd zijn dat het destijds een erg lastige karwei moet geweest zijn om, niet alleen deze eigenschappen te herkennen, maar ook de intensiteit ervan te bepalen: de diepte van het dal of de hoogte van de piek. Heden ten dage is dit veel gemakkelijker. Ondergetekende heeft de platen in gescand, er een negatief van gemaakt en het reductieprogramma Bass Project er op los gelaten om een mooie grafiek te bekomen (Figuur 3). Hierdoor komt de scherpe scheiding tussen absorptie en emissie veel beter tot uiting. Naast de kalibratie in golflengte eenheden (Ångstrom) en de benoeming van de vele chemische eigenschappen in het spectrum, zou ook een intensiteitsmeting kunnen gebeuren. De relatieve flux is maar af te lezen op de Y-as. Laten wij echter opmerken dat het spectrum niet “instrument response gecorrigeerd” is zoals dit in het vakjargon noemt, zodat aflezingen toch behoorlijk foutief kunnen zijn.

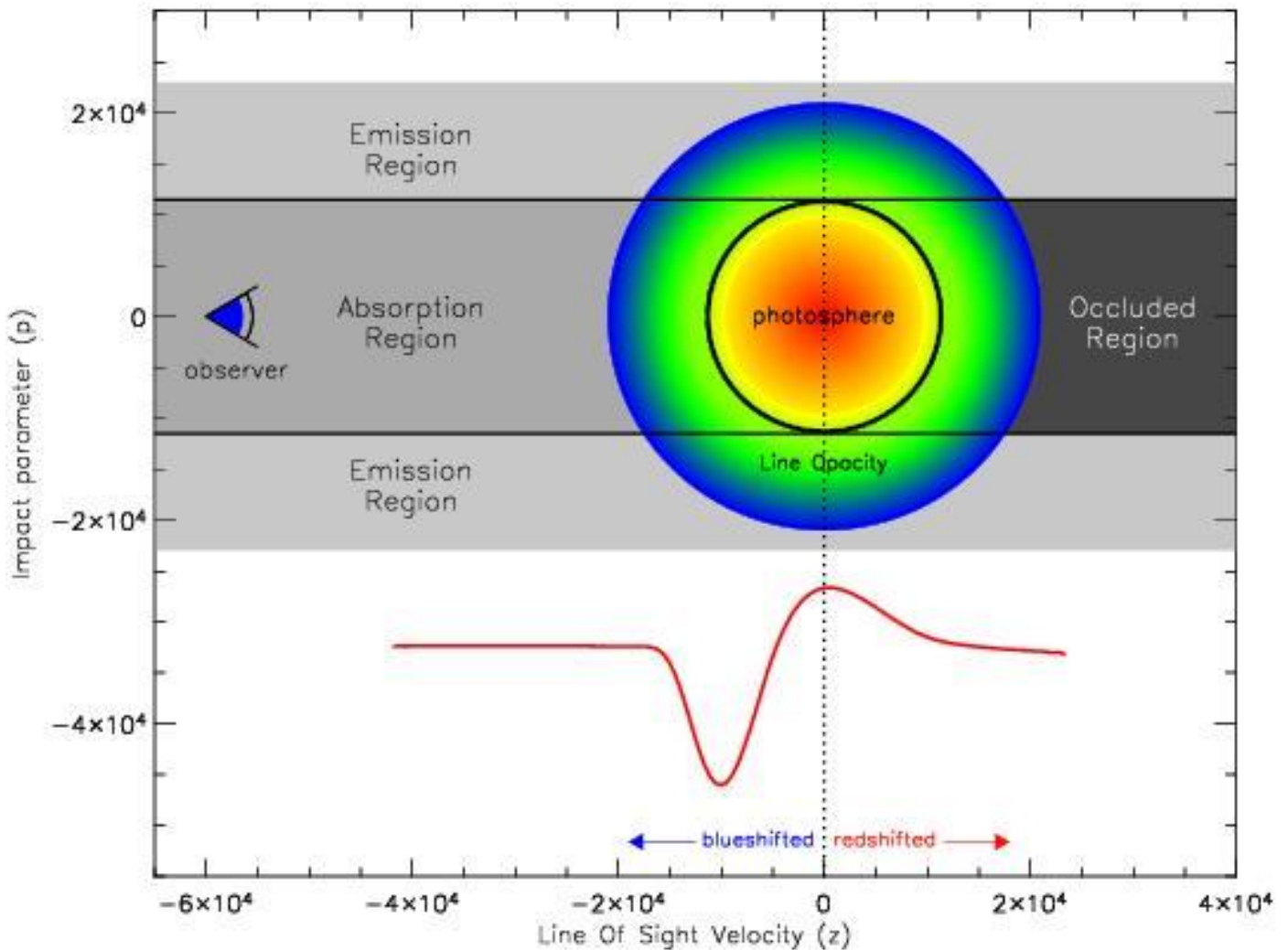


Figuur 2: Fotografische plaat uit de MKK spectraal atlas (Morgan Keenan Kellman), uitgegeven in 1943



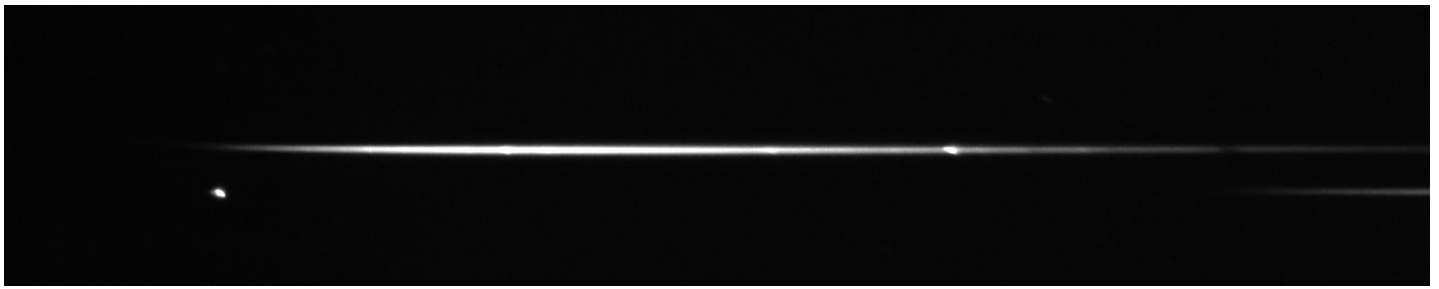
Figuur 3: Reductie met Bass Project software van de spectrografische opname van P Cygni uit 1941

Waar komen emissie en absorptie nu vandaan? Een en ander kan verduidelijkt worden aan de hand van de uitleg van Daniel Kasen (Figuur 4). Vooreerst zendt de ster een sterwind uit in alle richtingen. Deze wind bestaat in hoofdzaak uit waterstof en helium. De uitstoot gebeurt met een vrij behoorlijke snelheid (enkele honderden km / sec). De aldus ontstane gas schil veroorzaakt de absorpties gezien vanuit onze kijkrichting. Omdat deze absorberende laag naar ons toekomt zijn de absorptie lijnen blauw verschoven. Het is trouwens uit de verschuiving van het absorptie dal dat wij de snelheid van het uitstromend gas kunnen bepalen. Loodrecht op onze kijkrichting zendt de ster ook gas uit (naar onder, boven, links en rechts). Deze component vertoont praktisch een nul snelheid t.o.v. ons als waarnemer. Bovendien is de ster ,een spectraal type B2, zo heet dat zij het gas in de onmiddellijke omgeving verhit en tot emissie brengt. Vandaar de emissielijnen in het spectrum met nagenoeg geen verschuiving.

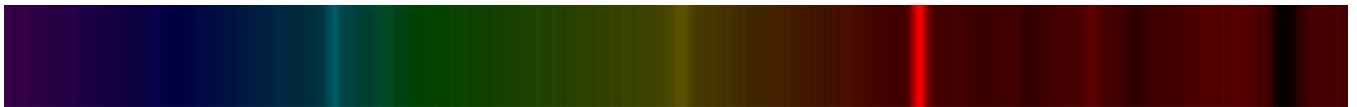
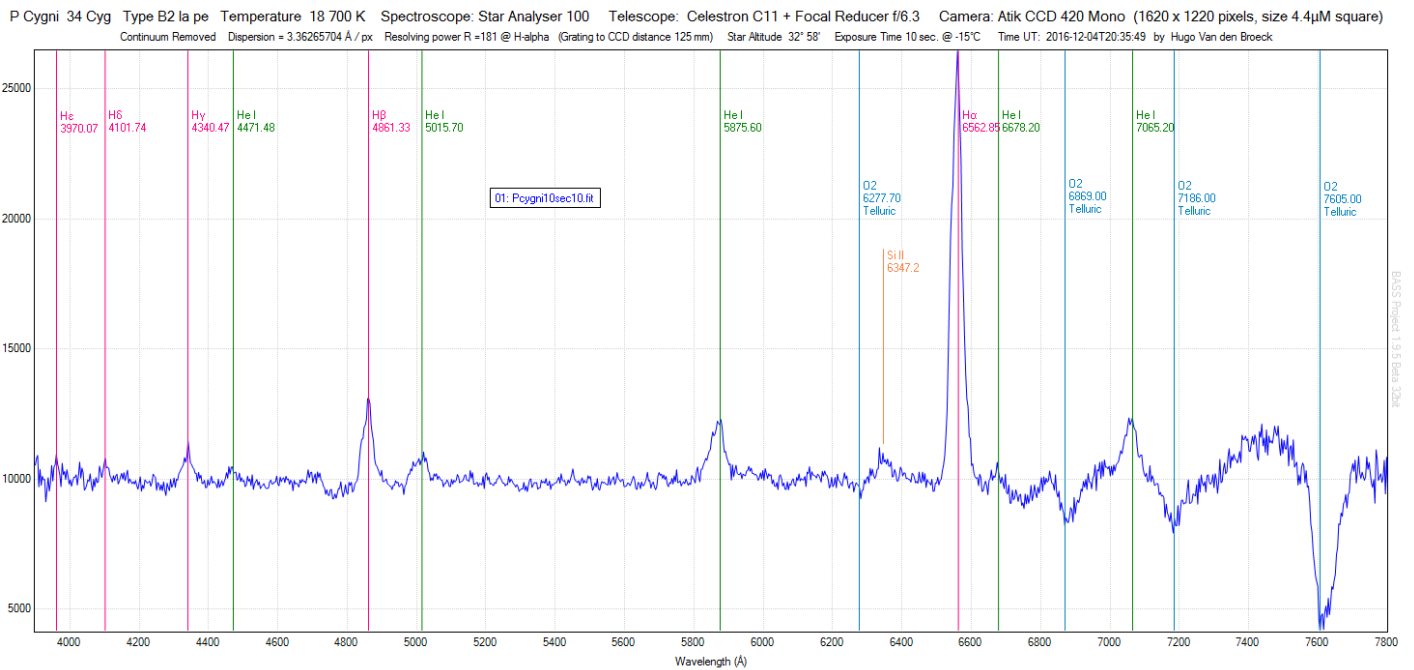


*Figuur 4: Verklaring van het spectroscopisch P Cygni profiel door Daniel Kasen*

P Cygni is ook een geliefkoosde ster bij amateur spectroscopisten. De emissie lijn eigenschappen zijn reeds met eenvoudige middelen waar te nemen. Met de SA100 (Star Analyser 100), een spectroscop met een transmissie rooster van 100 lijnen per mm, zijn zowel de waterstof Balmer lijnen als de neutrale helium lijnen als (emissie) pieken in het spectrum te zien (Figuren 5 en 6). De resolutie van deze spectroscop ( $R = 180$ ) is echter te klein om ook het corresponderende absorptie dal vast te leggen.



*Figuur 5: Ruwe opname van het spectrum van P Cygni met de Star Analyser 100 en de Atik 420 Mono CCD camera*



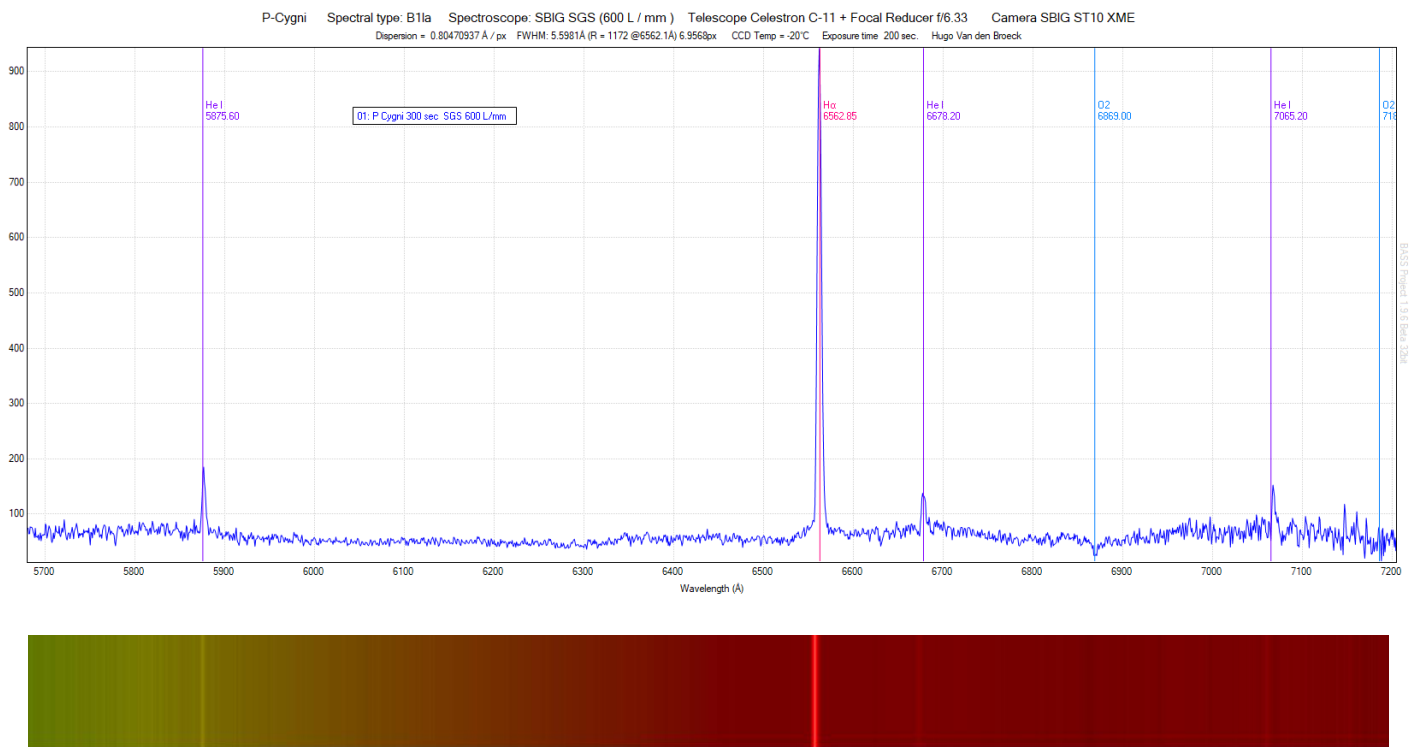
*Figuur 6: Reductie van de SA100 opname met behulp van Bass Project software*

Maar ook met de spleet spectrograaf, de SBIG SGS, met een rooster van 150 lijnen per mm en een rooster van 600 lijnen per mm is er nog geen absorptielijn te bespeuren (Figuren 7 en 8). De resolutie van de SGS is  $R = 522$  en  $R = 1172$ , respectievelijk voor het 150 en het 600 l/mm rooster.



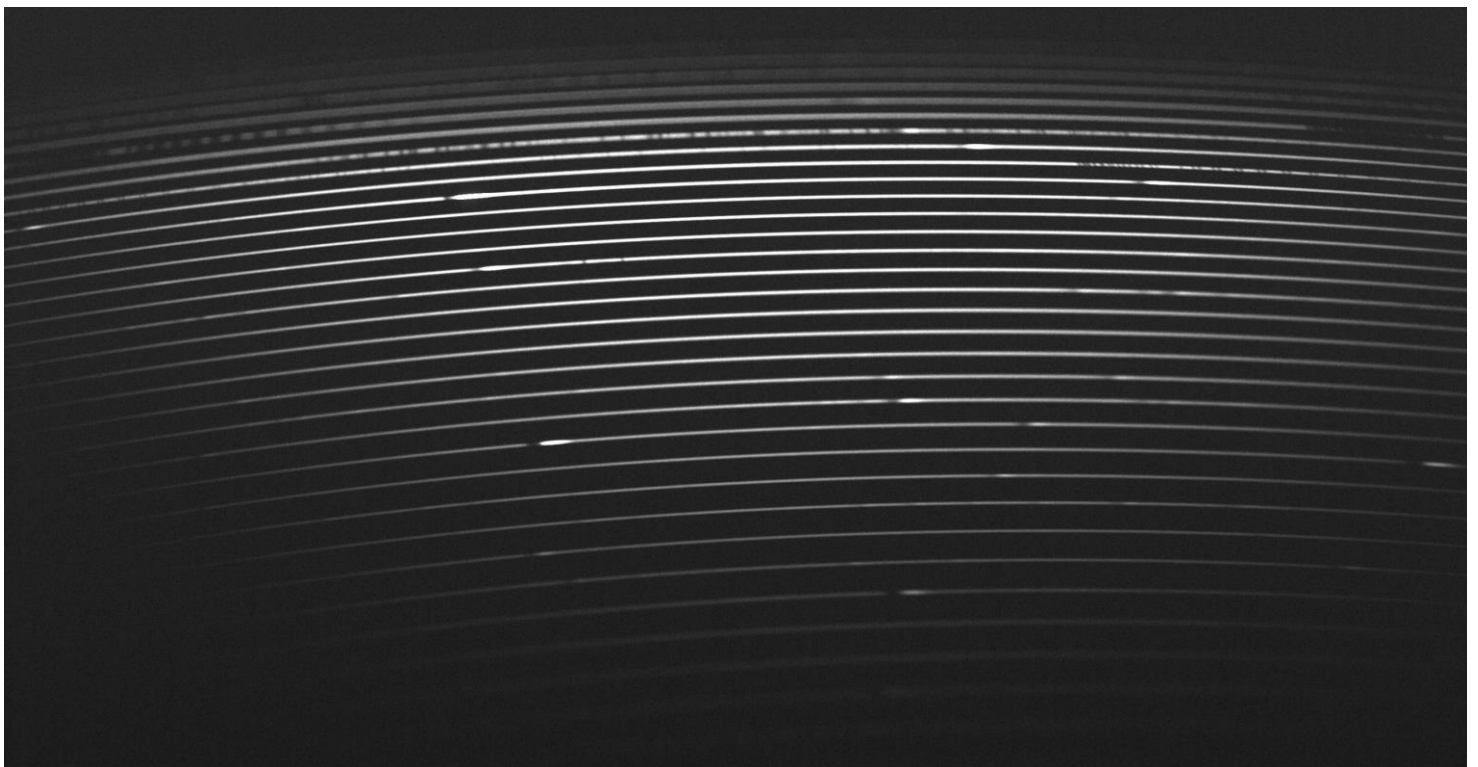
*Figuur 7: Ruwe opname van het spectrum van P Cygni met de SBIG SGS spleet spectrocoop (600 lijnen / mm) en de SBIG ST-10XME CCD camera*





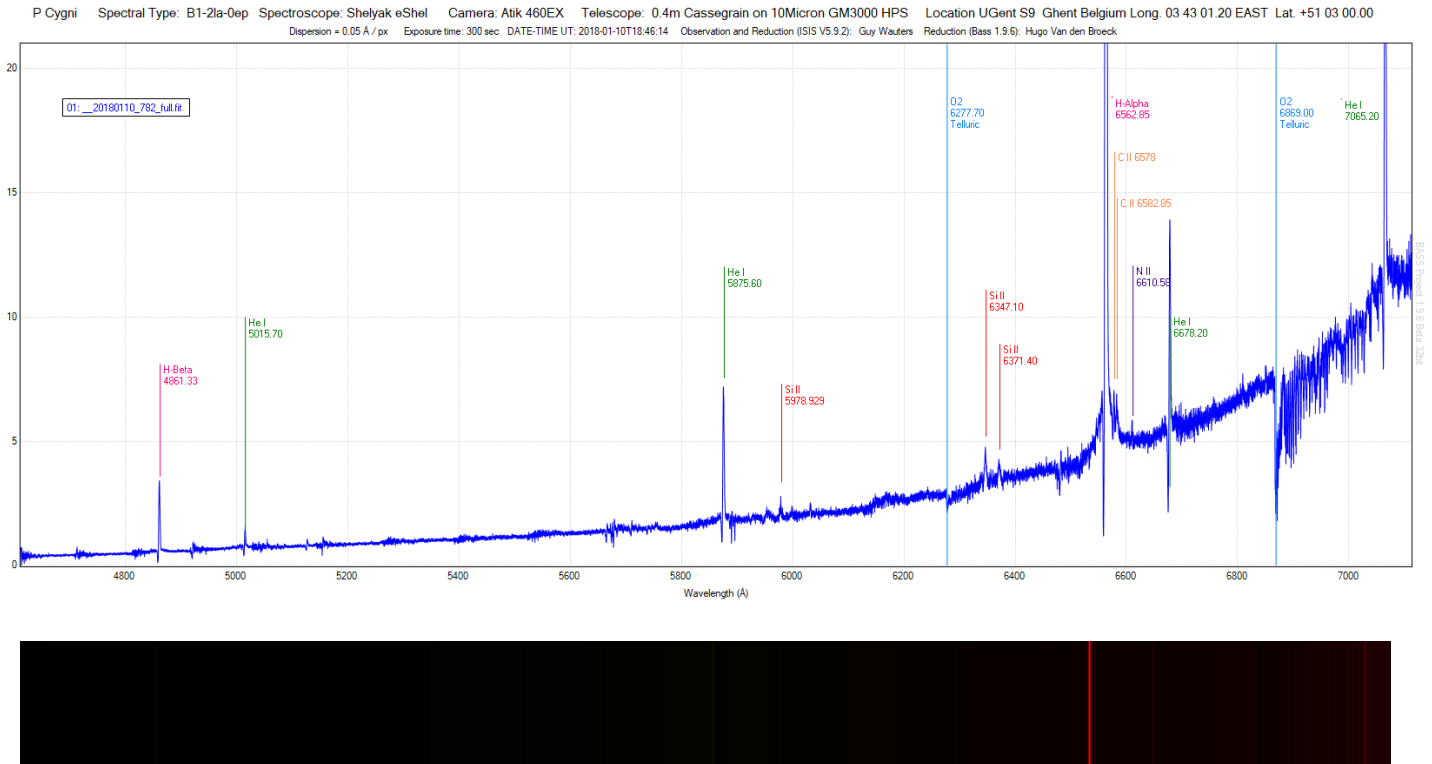
*Figuur 8: Reductie van de SBIG SGS (600 l/mm) opname met behulp van Bass Project software*

Met de Shelyak eShel, een echelle spectroscop op de S9 sterrenwacht van UGent en een resolutie van  $R = 11000$  lukt dit wel. Op een ruwe spectroscopische opname van 10 januari 2018 door Guy Wauters kunnen wij in de karakteristieke gebogen lijnen van het echelle spectrum reeds het typische P Cygni profiel ontwaren en dit op verscheidene plaatsen. Het uit zich als een verheldering, voorafgegaan door een donker gedeelte. De ruwe opname is het resultaat van 5 minuten belichtingstijd van de ster (Figuur 9). Door middel van een glasvezel werd het licht van de 40 cm Cassegrain telescoop ingevoerd in de spectroscop. Elke gebogen lijn stelt een orde van het spectrum voor, ruwweg bruikbaar van orde 32 tot orde 48.



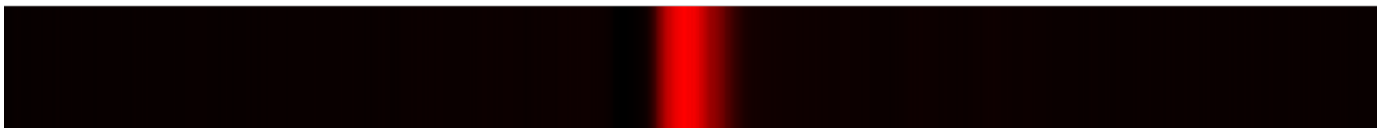
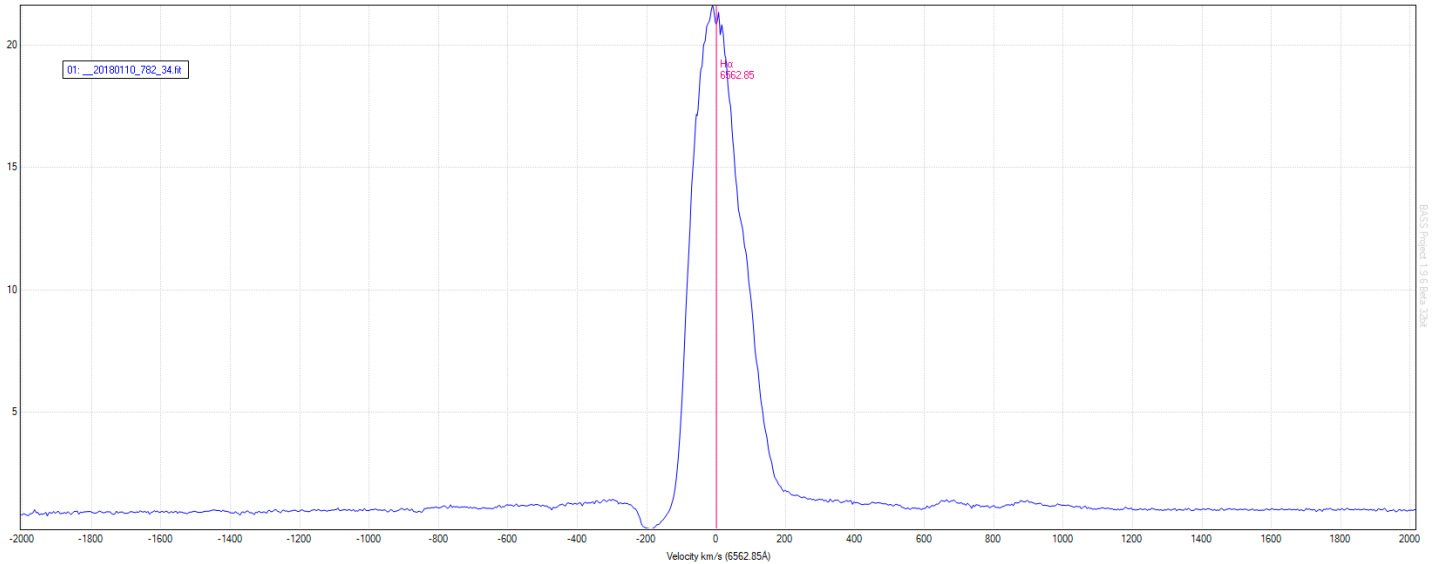
*Figuur 9: Ruwe opname van het spectrum van P Cygni met de Shelyak eShel fiber optic spectroscop en de ATIK 460EX CCD camera*

Het krachtige reductieprogramma ISIS tovert het beeld voor ons om tot een bruikbare, gekalibreerde grafiek. In de samengestelde grafiek van alle ordes zien wij zowel emissie als absorptie als vlijmscherpe pieken en dalen respectievelijk (Figuur 10).



*Figuur 10: Reductie van de Shelyak eShel opname met behulp van het ISIS spectroscopisch reductie programma*

Maar er is meer bruikbare informatie te vinden, vooral dan in de uitvergroting van een orde van het spectrum. Zo kunnen wij de Ha of de waterstof H-alfa lijn in detail bekijken in orde 34. Met Bass-project kan de X-as kan met één druk op de knop omgevormd worden van een in golflengte gekalibreerde as naar een as in radiale snelheid, uitgedrukt in km per seconde (Figuur 11). Zo kan de snelheid van de ster wind afgelezen worden. Deze bedraagt 200 km / sec naar ons toe!



*Figuur 11: Detail opname rond de waterstof alfa lijn uit het echelle spectrum*

$$V = \Delta \lambda / \lambda * c$$

V = snelheid (km /sec)     $\lambda$  = rustgolflengte in Ångstrom

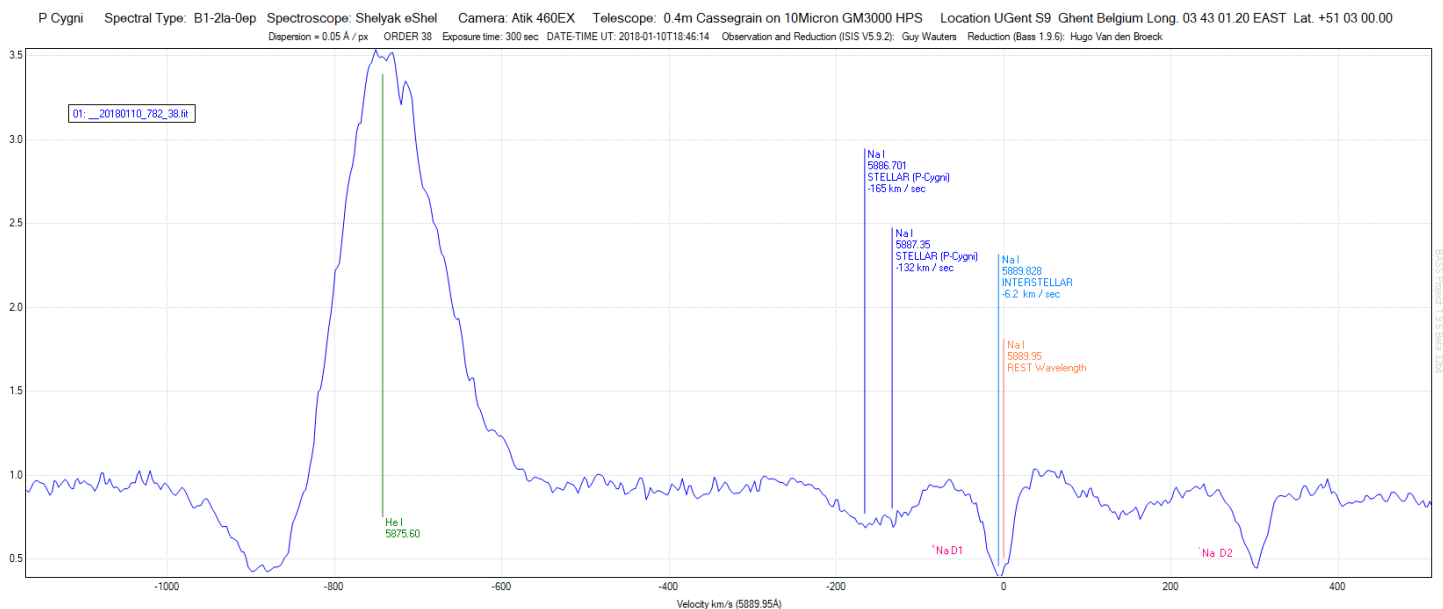
$\Delta \lambda$  = verschil golflengte in Ångstrom    c = lichtsnelheid in km / sec

+ Van ons weg, rood verschoven

- Naar ons toe, blauw verschoven

Orde 38 van het spectrum laat ons dan weer toe om eigenschappen te bestuderen rond de natrium absorptie lijnen (Figuur 12). (Het natrium doublet bij golflengten 5889,95 Å en 5895,90 Å). Wanneer dit deelspectrum terug uitgedrukt wordt in radiale snelheid, dan kunnen wij uit de zeer geringe blauwverschuiving afleiden dat de absorptie niet gebeurt in het uitgestoten gas van de ster maar veroorzaakt wordt in het interstellair medium, tussen ons en de ster in. Nochtans meten wij ook zwakke absorpties in de sterwind en dit op meerdere plaatsen, dus met verschillende snelheid. Dit wordt in het vakjargon DACs genoemd (Discrete Absorption Components). Het duidt erop dat de snelheid van de sterwind niet overal dezelfde is. De variatie in intensiteit, in de tijd gezien, van deze DACs wordt door beroepsastronomen bestudeerd.





*Figuur 12: Detail opname rond het natrium doublet en de helium emissielijn bij 5875,6 Ångstrom uit het echelle spectrum*

Merken wij ten slotte nog op dat bij de studie en het bepalen van het type van novae en supernovae de kennis van P Cygni een belangrijke rol speelt. Zowel novae van het type FeII als supernovae type II vertonen in hun spectrum een P Cygni profiel bij de waterstof H-alfa lijn.

## Bronnen

- The spectra of P Cygni stars by C.S. Beals. Dominion Astrophysical Observatory, Victoria Canada 1953.
- <https://www.aavso.org/>
- P Cygni: An Extraordinary Luminous Blue Variable G. Israelian and M.de Groot 27 Aug 1999
- New aspects of line-profile variability in P Cygni's optical spectrum. N. Markova 1999 -2000
- An atlas of stellar spectra, with an outline of spectral classification Morgan, William Wilson; Keenan, Philip Childs; Kellman, Edith Chicago, Ill., The University of Chicago press 1943