

OBSERVAȚII SPECTROSCOPICE LA STELE DE TIP WOLF-RAYET

Daniel BERTEȘTEANU*

Key words: spectroscopie, Stele Wolf-Rayet, nebuloase planetare, linii de emisie, stele exotice.

Stelele de tip Wolf-Rayet sunt stele bătrâne, masive și foarte fierbinți, în spectrul cărora se evidențiază numeroase linii de emisie specifice carbonului, azotului, heliului și oxigenului. Aceste stele - viitoarele supernove de tip I - provin din stele de tip O sau B aflate la sfârșitul existenței și care își ejectează în spațiu, rând pe rând, învelișurile externe, cu viteze ce depășesc 2000 km/s. Astfel, expun la exterior diferite gaze și metale pe care le-au format de-a lungul existenței lor și care, datorită temperaturilor de suprafață ridicate ($\sim 30000-80000^\circ\text{K}$), vor fi puternic ionizate, generând linii de emisie. În galaxia noastră, stelele Wolf-Rayet sunt oarecum rare și sunt grupate în partea internă a brațelor spirale, în dreptul constelațiilor Cygnus, Carina, Perseus și Scorpius, unde formează cunoscutele asociații stelare de tip OB, care cuprind cele mai masive și mai fierbinți stele din galaxia noastră. În comparație cu Soarele, stelele Wolf-Rayet sunt, în general, de 200000-500000 ori mai luminoase și de 9-83 de ori mai masive.

În funcție de abundența anumitor linii de emisie în spectru, Stelele Wolf Rayet sunt clasificate în 3 grupe:

- Stele Wolf-Rayet de tip N, în care sunt dominante emisiile de azot, heliu iar cele de hidrogen și carbon sunt moderate;
- Stele Wolf-Rayet de tip C, în care predomină emisiile de carbon și heliu;
- Stele Wolf-Rayet de tip O, în care predomină emisiile de azot și oxigen (foarte rare).

Detalii tehnice:

Capturile au fost realizate în nopțile de 9 și 10 august 2018. Pentru obținerea spectrelor, am folosit un spectroscop Star Analyser 100, iar extragerea și analiza profilelor spectrale am realizat-o în programul de spectroscopie RSpec.

- instrument: Telescop Skywatcher 200 mm/F5;
- montură: Heq5 Pro Go To, pointing și control cu programul Hyperion Prism Advanced.
- camera: QHY 163M;
- spectroscop: Star Analyzer;
- coeficient de dispersie: 10.57 Å/px;
- expunerile au variat între 20-60 secunde în funcție de mărimea stelei țintă;

Procedura de lucru:

Capturile raw au fost procesate în programul BASS astfel:

- aliniere și stacking - pentru creșterea raportului SNR;
- calibrare în RSpec - inițial pe o stea de tip A0V (Vega, Castor etc.) pentru aflarea coeficientului de dispersie; stelele din această clasă au profile de absorbție ale hidrogenului foarte ușor de identificat și sunt ideale pentru calibrare; coeficientul de dispersie rămâne același pentru toată seria de capturi câtă vreme setup-ul nu este dezasamblat; ulterior, profilele particulare care nu prezintă linii Balmer evidente pot fi recalibrate folosind linii spectrale particulare, din spectrele de referință sau din atlasele/bazele online de spectre;

- în cazul liniilor metalice discrete și de mică amplitudine, am verificat prezența lor comparându-le cu cele de referință din atlasele și bazele de date disponibile online¹.

* Profesor la Liceul Teoretic "Școala Mea", profesor asociat la Școala Germană "Hermann Oberth" și la Astroclubul București.

¹ Richard Walker, *Spectral Atlas for Amateur Astronomers*, 2012; Bază de spectre online: atlas.obs-hp.fr/elodie/

Nr.crt.	Nume stea	Coordonate	Constelație	Magnitudine	Tip spectral
1	HD192103	20 11 53.52749 +36 11 50.5235	Cygnus	8.1 V	WC8+OB
2	HD192163	20 12 06.54201 +38 21 17.7838	Cygnus	7.5 V	WN6
3	HD192641	20 14 32.03199 +36 48 22.6846	Cygnus	4.9 V	WC7+O9
4	HD193077	20 17 00.0267 +37 25 23.784	Cygnus	8.0 V	WN5
5	HD193793	20 20 27.97633 +43 51 16.2898	Cygnus	6.85	WC7p+O5

Tabelul nr. 1 Stelele Wolf-Rayet observate

Analiza spectrelor:

În profilul spectral al stelelor HD 192103 și HD 192641 se observă 3 linii puternice de emisie, specifice carbonului la 5805, 5696 și 4650 angstromi, în timp ce liniile de hidrogen și heliu sunt slabe. Avem de-a face cu o stea dublă, în care componenta Wolf-Rayet ejectează cantități uriașe de material în vecinătatea sa și care este ionizat datorită radiației și temperaturilor ridicate. Existența liniei de emisie de la 4650Å indică prezența unei stele companion foarte fierbinți în apropiere, care, posibil, contribuie, cumva, la ionizarea materialului ejectat de către steaua Wolf-Rayet.

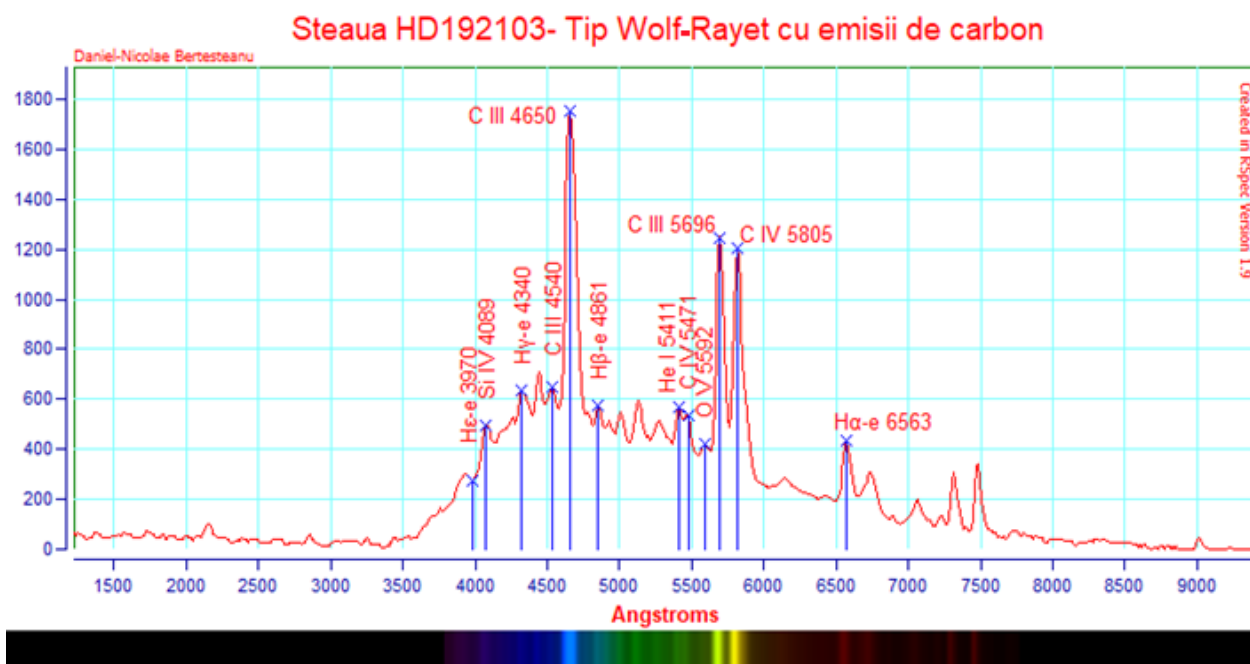


Figura nr. 1 - Profilul spectral compozit al unei stele Wolf-Rayet duble dominat de emisii de carbon

La profilele din figura 1 și figura 2 observăm că liniile de emisie sunt înguste. De regulă, acest lucru este întâlnit în cazul stelelor mai reci, cu presiuni de suprafață mai mici și atmosfere mai puțin dense.

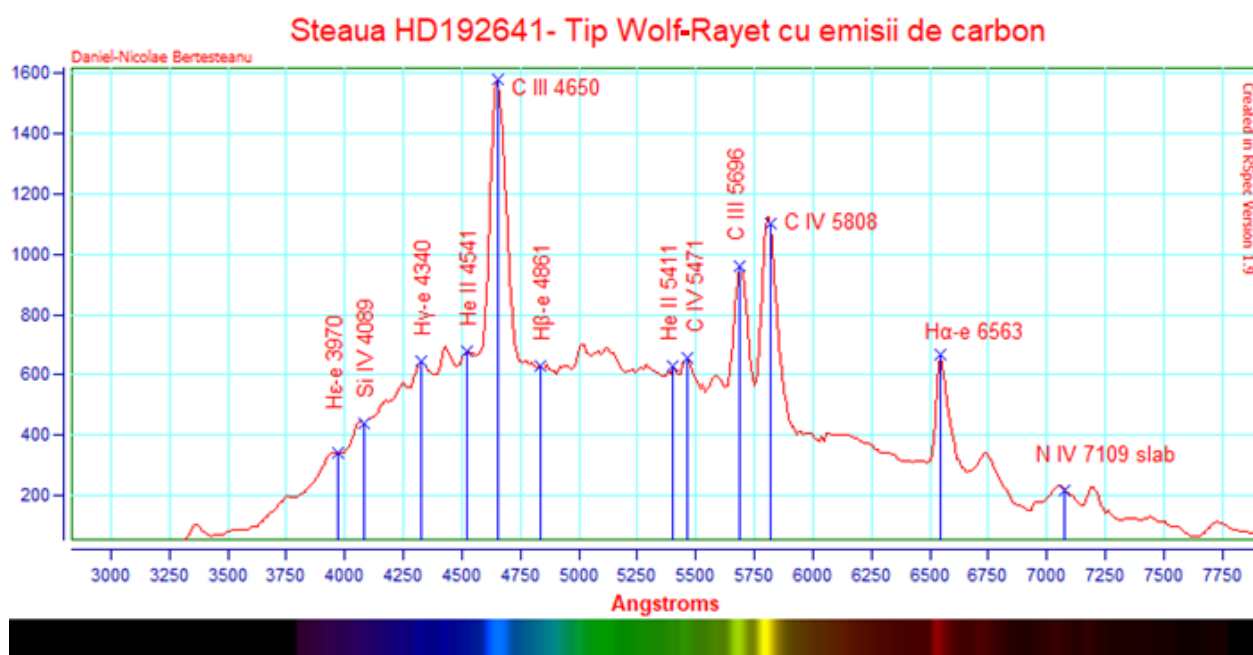


Figura nr. 2 - Spectru caracterizat prin linii de carbon puternice și linii de hidrogen slabe

În continuare, să analizăm, la steaua HD193793, morfologia zonelor de la baza liniilor de emisie. Observăm că liniile de emisie sunt mai largi la bază, lucru care ar putea fi legat de efectul de broadening generat de stelele fierbinți și dense sau de cele care produc vânturi solare deosebit de intense. Densitatea mare și temperaturile ridicate din aceste stele fac ca ciocnirile electronilor să fie mult mai probabile, drumul fotonilor fiind întrerupt iar energia emisă fiind, ulterior, absorbită în quante mici, rezultatul interacțiunilor dintre electroni ducând la lărgirea benzilor de absorbție.

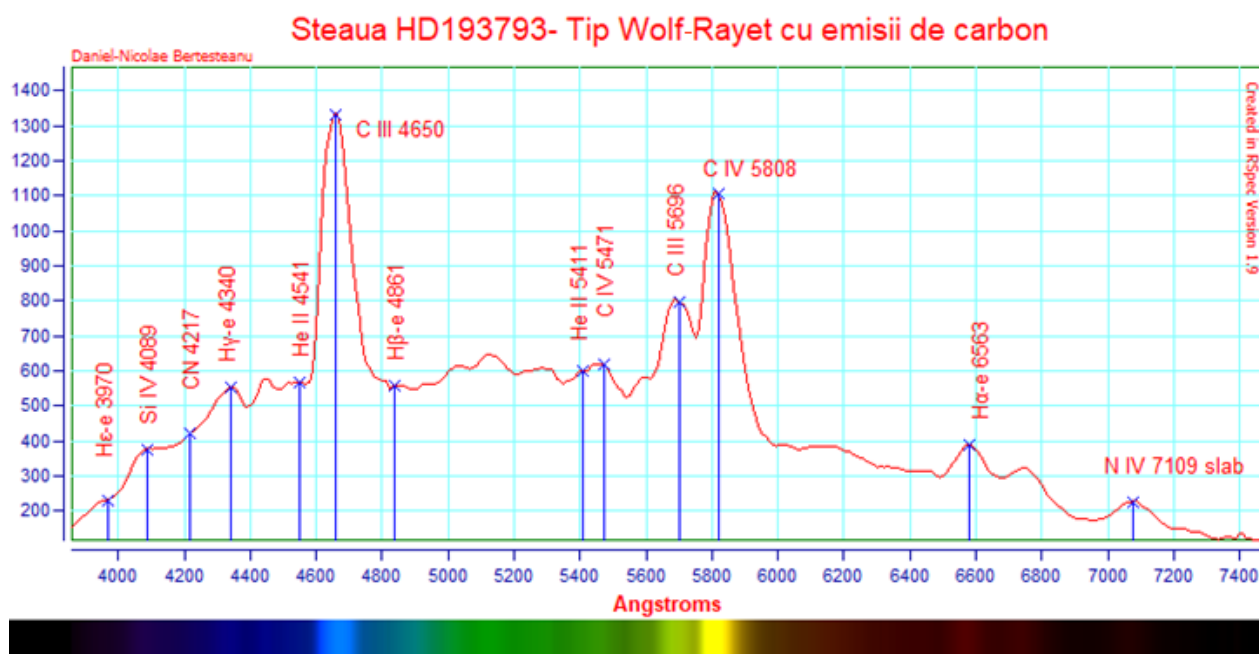


Figura nr. 3 - Linii de emisie afectate de fenomenul de broadening

Următoarele două profile aparțin unor stele la care liniile de azot sunt evidente, fapt care se cuplează și cu puternice emisii de hidrogen și heliu. Acest lucru ar putea însemna că steaua HD192163 este o stea ceva mai tânără, aflată, încă, la începutul fazei de ejeție de material și că

aceste învelișuri formează în jurul stelei o puternică nebulozitate. De fapt, obiectul HD 192163 este chiar steaua centrală din Nebuloasa NGC 6888- Crescent.

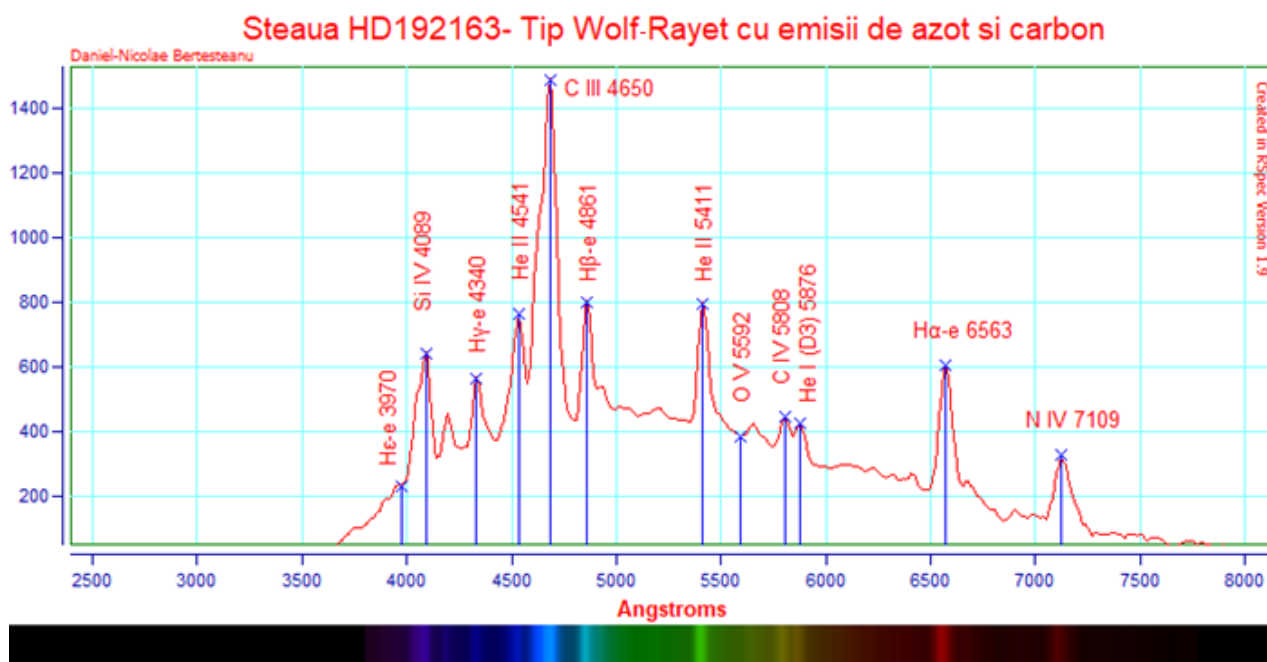


Figura 4 - Stea Wolf-Rayet înconjurată de o puternică nebulozitate pe care o ionizează formând Nebuloasa NGC 6888- Crescent

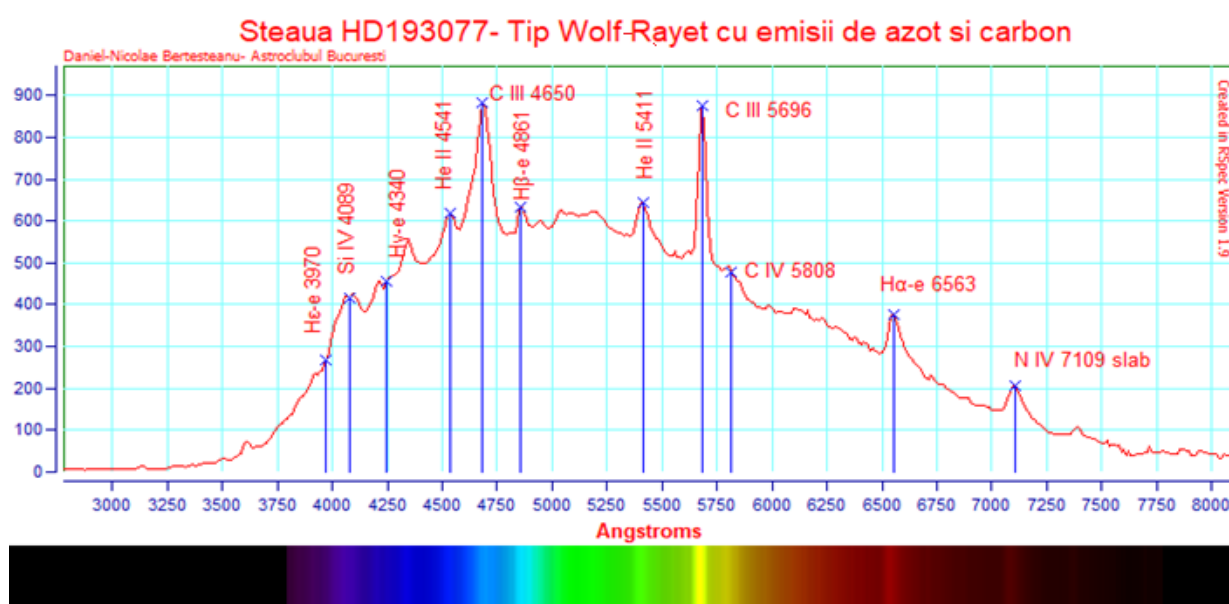


Figura nr. 5 - Profilul spectral al unei stele cu posibil disc rotativ de praf și gaze în vecinătate

În profilele spectrale din figura 4 și figura 5, observăm că la liniile de H α (6563Å) și CIII (5960Å) baza liniilor prezintă la dreapta mici linii de absorbție. Fenomenul apare datorită faptului că electronii din gazul emis în direcția noastră (și care au viteze mai mari) vor face tranziții la nivele superioare și vor produce absorbții deviate spre albastru, în timp ce fotonii emiși tangențial direcției

noastre, și pe care îi percepem ca având viteză mai mică, vor produce linii de emisie deviate spre roșu.²

Concluzii și perspective:

Profilele spectrale studiate ne relevă principalele caracteristici ale stelelor de tip Wolf Rayet, cum ar fi puternicele linii de emisie corespunzătoare carbonului, heliului și azotului. Dincolo de valoarea lor observațională, de constatare și confirmare a ceea ce știm deja despre stele din studiile astronomilor profesioniști, profilele expuse au ca finalitate un scop didactic și motivațional. Ele ne arată că spectroscopia este accesibilă și la nivel de amatori, se poate face inclusiv cu instrumente modeste, este spectaculoasă prin rezultatele obținute și se integrează perfect în cadrul proiectelor de tip citizen science. Faptul că am putut detecta elemente chimice precum heliul, azotul și siliciul în stele aflate la distanțe de 3000-4000 ani lumină mă face să sper că amatorii pot contribui în mod real la marea astronomie, cel puțin prin educație și popularizare, care, în peisajul autohton al țării noastre, nu sunt deloc puțin lucru!

Bibliografie

A.E.Roy & D.Clarke, 2003 - *Astronomy, Principles and practice*, ediția 4, CRC Press, Bristol

M. Kachelrieß, 2011, *A Concise Introduction to Astrophysics*, Institutt for fysikk NTNU, Trondheim Norway

Richard Walker, 2012, *Spectral Atlas for Amateur Astronomers*; Cambridge University Press

Resurse online utilizate:

http://kookaburra.phyast.pitt.edu/hillier/publications/Wolf_Rayet_paper.pdf

https://www.researchgate.net/publication/234537160_Spectral_analyses_of_Wolf-Rayet_stars_-_Hydrogen_abundances_in_WN_subtypes/download

<http://pacrowther.staff.shef.ac.uk/IAUS250.pdf>

<https://arxiv.org/pdf/1704.05934.pdf>

<https://arxiv.org/pdf/1704.05934.pdf>

http://grb.mmto.arizona.edu/~ggwilli/research/wr/docs/crowther_annurev.pdf

<http://grb.mmto.arizona.edu/~ggwilli/research/wr/docs/wr7.pdf>

<https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/647/full.pdf>

SPECTROSCOPIC OBSERVATIONS ON WOLF-RAYET STARS

The spectroscopy is a very powerful technique in astronomy because it can give information about the temperature and chemical composition of the cosmic objects. With the aid of spectroscopy, we can classify the asteroids and find organic molecule in comets, we can search for binary systems in very close pairs of double stars, we can analyze the nature of the bright deep sky sources like nebula, novae, supernovae and quasars or we can find out the rotational speed of the galaxies. Through spectroscopy we can also perform quantity and quality analysis about the composition of the interstellar environment, of the sun's corona or about the hot gas disc around the eruptive stars. When we see the stars with naked eye or by telescope, the stars don't seem very different. All we can see is the difference of color between them: some have a blue color, most of them are white and others are orange. Very few stars are garnet. In this study, I will present you a collection of spectral profiles on a few exotic, hot, giant stars. By analyzing them, we can obtain valuable information about their composition and their surrounding space.

Beyond their observational value, beyond recording and confirming what we already know about stars from professional astronomers studies, the main purpose of this study is motivational and educational. The study shows us that spectroscopy is affordable at the amateur level, it can be made with cheap instruments, its results are spectacular and it integrates perfectly in the astronomical citizen science projects.

² Richard Walker, *Spectral Atlas for Amateur Astronomers*, 2012; pag. 39.