



**ANÀLISI DE L'ATMOSFERA
DE SATURN MITJANÇANT
L'ESPECTRE DEL SOL**

RESUM

Vaig triar de fer un treball de recerca relacionat amb l'astroquímica, ja que es una matèria que hem desperta molt interès. Parlant amb els professors vam concloure que la millor manera era estudiar l'espectre de Saturn.

L'objectiu del treball és, des de el telescopi de l'institut, estudiar l'espectre de Saturn i analitzar-ne l'atmosfera, demostrant així que es pot fer ciència d'alt nivell amb un equipament relativament amateur.

Per a fer-ho hem vaig recollir una base teòrica que hem permetés entendre tot el relacionat amb els espectres i vaig utilitzar la reixeta StarAnalyser 100 per filmar l'espectre del Sol reflectit en Saturn. Un cop obtinguts els vídeos els vaig tractar amb el software Rspec per a fer-los interpretables i vaig analitzar els resultats.

ABSTRACT

I choose to do a research related to astrochemistry, since I'm very interested in this topic. Talking with teachers we decided that the best way to do that was study Saturn spectrum.

The Project objective is study Saturn spectrum and analyse his atmosphere using the telescope of the high school, proving this way that is possible to do high level science with a relatively amateur equipment.

To do this I gathered a theory base to understand all the things related with spectrums and I used the Star Analyser grating to record the Sun spectrum reflected on Saturn. Once I had the videos I treated them with the software Rspec to be able to interpret them and analyse the results.

ÍNDIX

1	INTRODUCCIÓ	1
1.1	Motivació i objectius del treball.....	1
2	FONAMENT TEÒRIC.....	3
3	MATERIAL	22
3.1	Telescopi.....	22
3.2	Reixeta de difracció.....	23
3.3	Software	23
3.4	Càmeres.....	26
4	PROCEDIMENT EXERIMENTAL	28
4.1	PROTOCOL OBTENCIÓ ESPECTRE ESTANDARITZAT	28
4.2	NITS D'OBSERVACIÓ/RESULTATS OBTESOS.....	66
5	Resultats	73
5.1	Espectre de Vega processat	73
5.2	Espectre de Saturn processat	74
6	DISCUSIÓ RESULTATS I CONCLUSIONS.....	78
7	BIBLIO/WEBGRAFIA	84
	ANEX I. PROTOCOLS	87
1	Protocols telescopi.....	87
2	Protocols Cartes del cel.....	90
3	Protocols càmera DFK.....	92
4	Protocols càmera Canon Eos 1100D DLRS	92

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Motivació i objectius del treball

El principal motiu per a escollir aquest treball de recerca fou un intent per relacionar l'astronomia i la química, dos aspectes que sempre m'han cridat molt l'atenció. La química per explicar-nos com funcionen les coses en el nivell més bàsic (deixant de banda la física quàntica) i l'astronomia per permetre'ns veure com aquests principis tan petits que hem vist a química es combinen i s'amunteguen, un sobre l'altre, fins arribar a formar els lligams de tot l'Univers, l'escenari de tot el que coneixem. L'escala de l'àtom a la galàxia, sempre seguint les mateixes normes, és fascinant.

El mètode ideal per a relacionar aquests dos camps és estudiar espectres. Realment tota la informació que tenim dels objectes fora del nostre abast es la seva llum, i per entendre la llum i saber realment el que ens vol dir l'hem de descompondre, analitzar, hem comprendre el seu espectre. I precisament una de les coses més importants de l'espectre d'un objecte són les línies d'absorció, una marca deixada per la química, en concret per una de les coses més petites, els elements i les seves transicions electròniques.

Vaig decidir que utilitzaria el telescopi de l'institut per intentar detectar aquestes línies d'absorció, trobar els elements químics que formen un objecte astronòmic; si aconseguia fer-ho demostraria la relació entre la química i la astronomia sense la necessitat d'equipament professional. Saturn em va semblar la millor opció per provar-ho, ja que gràcies als seus anells, és un dels planetes més famosos, i els aquests mateixos anells em podrien proporcionar informació extra. I, probablement la condició més important, era observable en l'època en la que havia de fer les observacions.

Per a fer-ho necessitava tenir nocions sobre l'ús del telescopi, per tant havia de començar aprenent a fer-lo servir sense problema. També necessitava entendre completament com es relacionen els elements amb l'espectre de

Saturn, de manera que m'havia de formar una base teòrica per a poder entendre què feia durant la detecció de les línies d'absorció. A partir d'aquí ja tocava el gruix del treball, efectuar les observacions de Saturn i traçar-ne els espectres per a detectar els seus elements.

Voldria agrair al meu tutor Xavier Benlliure per com m'ha guiat durant tot aquest procés, estant en totes les observacions i aconsellant-me durant tots i cada un dels passos del treball, des de el primer dia fins a l'últim, sempre preparat per donant-me informació útil, per resoldre els meus dubtes i per corregir els meus errors.

També m'agradaria agrair-ho al Xavier Franch, que em va ensenyar a dominar els instruments astronòmics i que tot i haver-se jubilat ha estat disposat a ajudar-me en qualsevol problema que m'he trobat, com el major expert en astronomia de l'institut que és.

Per últim vull agrair l'ajuda dels meus pares, sempre disposats per a qualsevol cosa que necessités i la de Tom Field i Enric Marco creador del software Rspec i expert en astronomia de la Universitat de València respectivament, als que vaig consultar per intentar solucionar un problema a l'hora de captar l'espectre del Sol.

D'aquesta manera els objectius finals del treball eren:

- Ampliar coneixements els meus coneixements al voltant dels espectres i escriure una base teòrica que expliqués tot el necessari per a entendre'ls.
- Aprendre a utilitzar tot el material necessari per a les observacions astronòmiques, i familiaritzar-me amb aquestes observacions.
- Intentar efectuar una investigació semi-professional de d'un institut de secundària.
- Detectar substàncies en l'atmosfera de Saturn mitjançant l'espectre del Sol i analitzar també l'altra informació que aporta l'espectre.

2 FONAMENT TEÒRIC

2.1.1 Espectre electromagnètic

Una ona electromagnètica està formada per un camp elèctric i un camp magnètic perpendiculars entre si i a la direcció de propagació, la freqüència és el nombre de cicles, o longituds d'ona, passen per un punt en un segon. El conjunt de totes les freqüències possibles és l'espectre electromagnètic.

S'anomena espectre electromagnètic d'un objecte a la radiació electromagnètica que emet (espectre d'emissió) o que absorbeix (espectre d'absorció). Cada element té un espectre concret, per tant aquest es pot utilitzar per a identificar-los.

Dividim l'espectre electromagnètic en regions, a les que anomenem:

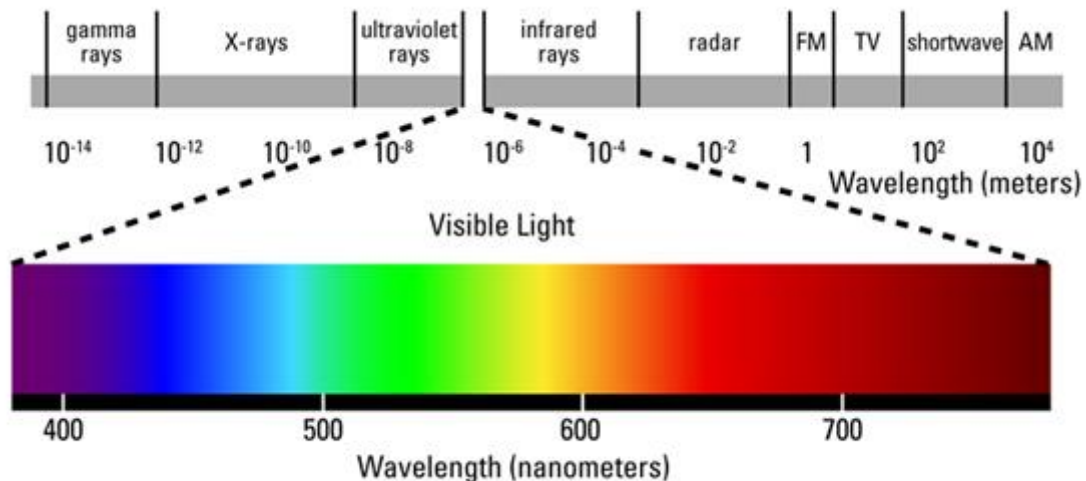


Figura 1. espectre electromagnètic (Font: <https://sobrecuiosidades.com/2014/03/10/que-es-el-espectro-electromagnetico/>)

Les ones de **ràdio** s'utilitzen majoritàriament per a televisions, telèfons mòbils i comunicacions per ràdio. Tenen longituds d'ona superiors als 0'3 m i la seva freqüència és inferior als 10^9 Hz.

Les **microones** s'utilitzen en radars i com a eina per analitzar l'estructura atòmica i molecular. Evidentment també en els microones. Les seves longituds d'ona estan compreses entre els 0'3 m i els 10^{-3} m i tenen freqüències entre els 10^9 Hz i els 3×10^{11} Hz.

Els cossos calents produeixen **infrarojos**, i s'utilitzen en la indústria, la medicina i l'astronomia entre d'altres. Les seves longituds d'ona són d'entre 10^{-3} m i $7'8 \times 10^{-7}$ m. La seva freqüència és entre els 3×10^{11} Hz i els $3'84 \times 10^{14}$ Hz.

La llum **visible** té una longitud d'ona d'entre 400 i 700 nm i està subdividida en sis regions que anomenem els colors principals: roig, taronja, groc, verd, blau i violeta (de menor a major freqüència). Són les úniques freqüències que passen a través de l'aigua, i és per això que són les úniques que podem veure, ja que els ulls es van començar a desenvolupar quan els nostres ancestres encara eren aquàtics.

Roig: longitud d'ona de $7'4 \times 10^{-7}$ a $6'6 \times 10^{-7}$ m

Taronja: longitud d'ona de $6'6 \times 10^{-7}$ a $6'1 \times 10^{-7}$ m

Groc: longitud d'ona de $6'1 \times 10^{-7}$ a $5'6 \times 10^{-7}$ m

Verd: longitud d'ona de $5'6 \times 10^{-7}$ a $5'1 \times 10^{-7}$ m

Blau: longitud d'ona de $5'1 \times 10^{-7}$ a $4'6 \times 10^{-7}$ m

Violeta: longitud d'ona de $4'6 \times 10^{-7}$ a 4×10^{-7} m

Els àtoms i molècules sotmesos a descàrregues elèctriques emeten **radiació ultraviolada**, també és la principal radiació que emet el sol. És el detonant de moltes reaccions químiques, i un exemple n'és precisament les reaccions que es donen a la capa d'ozó i eviten que la radiació ultraviolada arribi a la superfície terrestre. Tenen longituds d'ona entre els 2×10^{-7} m i els 10^{-9} m i la seva freqüència és compresa entre els $7'89 \times 10^{14}$ Hz i els $1'5 \times 10^{15}$ Hz.

Els **rajos X** són el resultat de fer xocar electrons contra plaques metàl·liques. S'utilitzen per fer radiografies, ja que els ossos absorbeixen molta més radiació que els teixits tous. A causa de la seva alta freqüència són molt perjudicials per a la salut. Les seves longituds d'ona estan compreses entre els 10^{-9} m i els 10^{-12} m. Tenen unes freqüències entre els $1,5 \times 10^{15}$ Hz i 3×10^{16} Hz.

Els **rajos gamma** es produeixen en els processos nuclears, com per exemple quan es desintegren substàncies radioactives. També formen part de la radiació còsmica, i per tant són molt importants per a l'astrofísica. Per causa de la seva alta energia s'utilitzen per destruir cèl·lules canceroses. Aquests tenen longituds d'ona entre els 10^{-9} m i els 10^{-12} m i freqüències entre els 3×10^{16} Hz i els 3×10^{19} Hz.

2.1.2 Llum

Diem llum a la part visible de l'espectre electromagnètic i és una forma d'energia que emeten els cossos lluminosos i que percebem gràcies al sentit de la vista. En formar part de l'espectre electromagnètic està formada per un camp elèctric i un camp magnètic i es propaga amb una naturalesa dual, comportant-se tant com una ona com com un corpuscle. Això significa que la llum compleix les propietats tant de la matèria com de les ones. La lluminositat és la brillantor total d'una estrella o galàxia, la quantitat d'energia que irradia un objecte per segon.

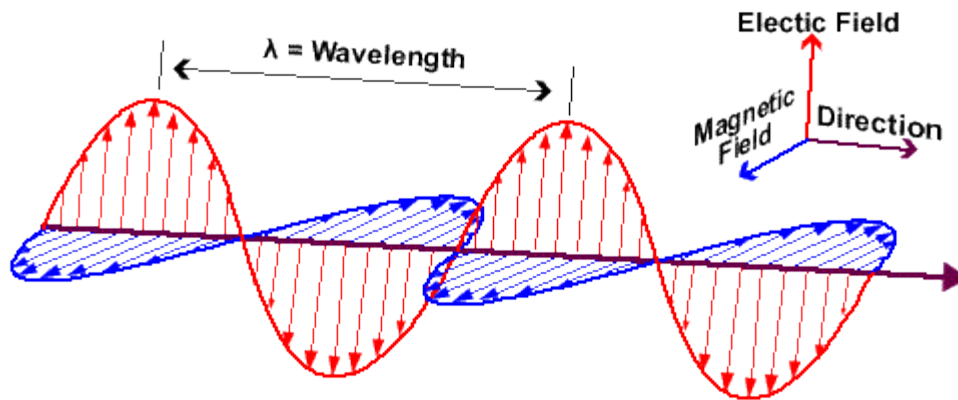


Figura 2. Ona electromagnètica (Font: <https://physics.stackexchange.com/questions/171144/do-electromagnetic-waves-occupy-varying-amounts-of-space-or-do-they-simply-vary>)

2.1.3 Dualitat

En la física clàssica no es contemplava l'aspecte dual de la llum de manera que a l'hora d'explicar el seu comportament van sorgir dues teories, una de Newton, que es basava en el fet que la llum estava formada per corpuscles emesos en línia recta a gran velocitat i una de C. Huygens, que defensava que la llum eren ones mecàniques emeses per una font lluminosa. Ambdues tenien punts a favor i en contra, però la de Newton va dominar gràcies a la importància d'aquest.

2.1.3.1 Newton

Newton proposà en la seva teoria que la llum estava formada a partir de partícules, ja que el moviment usual de les ones no es corresponia amb les lleis de reflexió i difracció de la llum. Per a provar-ho va utilitzar dos prismes, els defensors de la teoria de les ones deien que la llum era blanca per naturalesa, i que quan passava a través d'un prisma es corrompia i es formaven els diferents colors, com més vidre travessava la llum més es corrompia. Newton va situar dos prismes com es veu en la figura de baix, demostrant que els colors

de l'espectre no eren resultat de la corrupció de la llum blanca, ja que en tal cas al passar per un segon prisma la llum s'hauria de corrompre encara més, no tornar al seu estat original.

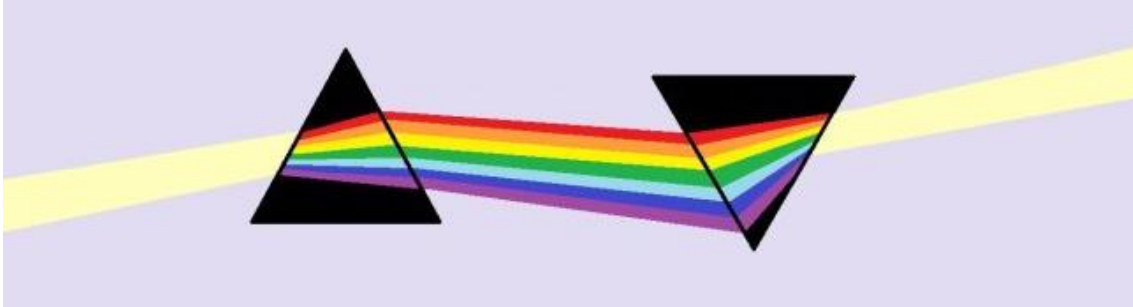


Figura 3. L'experiment crucial de Newton (Font: <http://www.thestargarden.co.uk/Newtons-theory-of-light.html>)

Newton va demostrar que cada part de l'espectre de colors (al que ell va posar nom) tenia un angle concret de reflexió, i va deduir que els colors no són una propietat dels objectes en si sinó una qualitat de la llum que reflecteixen.

2.1.3.2 Huygens

Huygens va proposar que la llum era una ona longitudinal. Com que les ones necessiten propagar-se per un medi Huygens va proposar l'èter, una substància que ocupava tot l'espai, era invisible i no tenia massa.

Ell deia que la reflexió i la difracció eren causades per la interferència entre diferents fronts d'ona, de manera semblant al que els i passa a les ones que es generen a l'aigua quan travessen una escletxa. Hi havia però una diferència, les ones de l'aigua són transversals i les de la llum, per a Huygens, eren longitudinals, com les del so.

Taula 1. Teoria de partícules i teoria d'ones

Fenomen	Es pot explicar per la teoria de les ones	Es pot explicar per la teoria de les partícules
Reflexió	Sí	Sí
Refracció	Sí	Sí
Interferències	Sí	No
Difracció	Sí	No
Polarització	Sí	No
Efecte fotoelèctric	No	Sí

Amb la doble reixeta de Thomas Yong i l'efecte fotoelèctric es va acabar de demostrar la naturalesa dual de la llum, ja que un demostrava que es comportava com una ona i l'altre que ho feia com una partícula.

L'experiment de la doble reixeta va ser realitzat per Thomas Young el 1801, en aquest va fer que un feix de llum passes per dos forats com en el dibuix d'a baix.

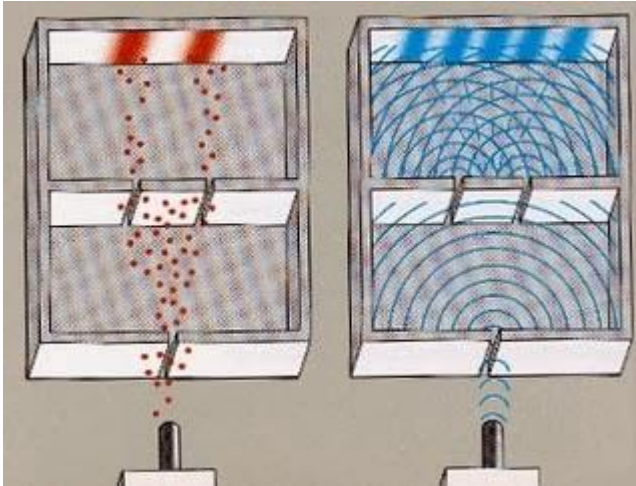


Figura 4. Experiment de la doble reixeta

(Font: <http://cienciacomunca.blogspot.com.es/2014/02/experimento-de-la-doble-rendija.html>)

Si la llum fos una partícula s'hauria de comportar com en la imatge de la esquerra, en canvi si la llum fos una ona s'hauria de comportar com en la de la dreta. La llum es comporta com a la de la dreta, per tant Young va deduir que era una ona.

Pel que fa a l'efecte fotoelèctric va ser descobert per Heinrich Hertz, que va observar que l'arc d'electricitat que salta entre dos elèctrodes a alta tensió assolix distàncies majors quan és il·luminat per llum ultraviolada que quan és a les fosques. La explicació teòrica la va aportar Albert Einstein, amb la següent formula:

$$hf = \phi + E_k \quad \text{o} \quad hf = \frac{1}{2}mv^2 + hf_0$$

On hf seria l'energia del fotó, $\frac{1}{2}mv^2$ la de l'electró i hf_0 el treball d'extracció de l'electró.

Això significa que la llum pot intercanviar energia de forma directa amb els electrons, i per a que això sigui possible aquesta energia ha d'estar quantitzada, "empaquetada", en una partícula, els fotons.

La llum per tant es comporta com una partícula o com una ona depenent de la situació, té una naturalesa dual.

Més tard Louis-Victor De Broglie va presentar la seva tesi doctoral, en la que proposava que totes les partícules amb un impuls "p" ($m \cdot v$) tenien una ona associada, la longitud d'ona de la qual es podia calcular com a:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

(h és una constant universal anomenada constant de Planck.

La física va generalitzar la teoria de Broglie a totes les partícules.

El 1864 Maxwell en formular les equacions per a l'electromagnetisme va deduir que la llum formava part de l'espectre electromagnètic.

2.1.4 Transicions electròniques.

Un àtom té diferents nivells energètics al seu voltant, són una espècie de "capes" una sobre l'altra al voltant del nucli atòmic, com si fos una ceba. És en aquestes capes, o orbitals, on es troben els electrons. Cada orbital té un nombre d'electrons màxim (2 a la primera, 6 a la segona, 10 a la tercera...), i els electrons van omplint-les des de la menys energètica, la que es troba més a prop del nucli de l'àtom, cap a enfora, per exemple, un àtom d'alumini (13 electrons) tindrà 2 electrons a la primera, 6 a la segona i 5 a la tercera.

Quan un electró rep radiació externa hi ha dues opcions: o bé l'energia no és suficient i l'electró roman estable o bé si que ho és i puja a la orbital superior. Quan això passa es diu que l'electró està excitat. L'energia que ha absorbit l'electró per a canviar d'orbital es veu reflexada a l'espectre com una franja negra a la zona de la longitud d'ona que l'electró ha absorbit.

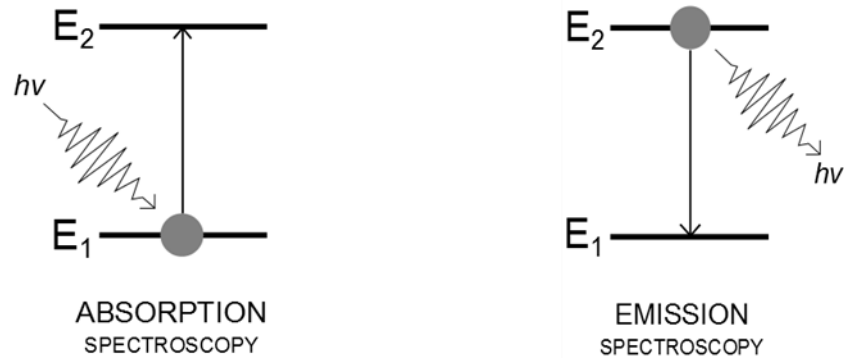


Figura 5. absorció i emissió de fotons (Font: https://en.wikiversity.org/wiki/Spectroscopy/Molecular_energy_levels)

Cada element té distàncies diferents entre aquestes capes, per tant per a que s'exciti un electró necessita absorbir longituds d'ona diferents, ja que necessita energies diferents. Per això quan trobem un espectre amb franges negres diem que és un espectre d'absorció, aquestes franges negres són les longituds d'ona que han sigut absorbides i per tant, si sabem quines longituds d'ona absorbeix cada element podem saber de quins elements constava la font de la llum, ja que les longituds d'ona que faltin ens diran quins elements han absorbit llum.

Hidrógeno H

Espectro de absorció



Espectro de emissió



Figura 6. espectres de l'hidrogen (Font: <https://www.fiscalab.com/apartado/dispersion-luz>)

Ens trobem un espectre d'emissió quan enlloc de veure un espectre amb franges negres veiem un continu negre amb franges de colors. Això és el cas contrari, la llum que ens arriba és la que han emès els àtoms de la font quan els seus electrons han tornat a l'estat fonamental.

2.1.5 Les línies de Fraunhofer

Joseph von Fraunhofer no fou el primer en observar línies negres a l'espectre del Sol, però sí el primer en estudiar-les i documentar-les. Les va descobrir independentment de William Hyde Wollaston, que fou el primer en veure-les, i va documentar-ne 570, va estudiar a quina longitud d'ona es trobaven, i va posar noms amb lletres de la A a la K a les més importants; utilitzant altres lletres i combinacions per a les més dèbils.

Anys després Gustav Kirchhoff i Robert Bunsen van descobrir que les línies d'emissió que emetien alguns elements al escalfar-los coincidien, tenien la mateixa longitud d'ona, que algunes línies de Fraunhofer. Així es va descobrir que les línies de Fraunhofer eren les marques causades per l'absorció de part de la llum per part dels elements del Sol i es va poder documentar de quins elements estava format aquest.

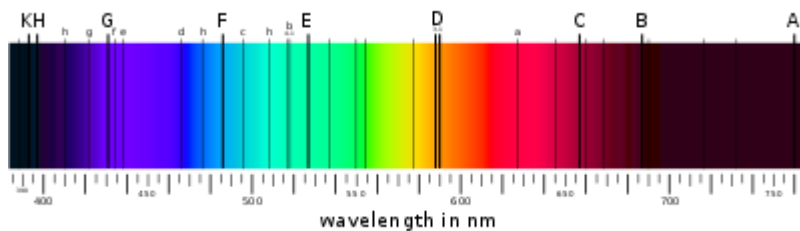


Figura 7. Línies de Fraunhofer (Font: https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADneas_de_Fraunhofer)

Les va nomenar utilitzant lletres, que encara avui s'utilitzen en documents científics.

Taula 2. Línies de Fraunhofer (Font: https://www.unitronitalia.com/prodotti/spectroscopic-atlas-3_0-english.pdf)

Line ident.	Element	Wavelength Å
A - Band	O ₂	7594 - 7621
B - Band	O ₂	6867 - 6884
C	H (α)	6563
a - Band	O ₂	6276 - 6287
D 1, 2	Na	5896 & 5890
E	Fe	5270
b 1, 2, 3	Mg	5184/73/69
F	H (β)	4861
d	Fe	4668
e	Fe	4384
f	H (γ)	4340
G - Band	CH	4300 - 4310
g	Ca	4227
h	H (δ)	4102
H	Ca II	3968
K	Ca II	3934

2.1.6 Sèries de Balmer

A partir de tota la informació que es va recollir després del descobriment de Fraunhofer el mestre d'escola Johann Jacob Balmer va deduir empíricament una fórmula a partir de la qual podia calcular les longituds d'ona de les línies d'absorció de l'hidrogen. Quan va donar a conèixer la seva fórmula Balmer va proposar que potser era un cas especial d'una altra fórmula molt més general, aquest cas especial permetia conèixer les longituds d'ona de l'hidrogen, però la general seria aplicable a qualsevol element. Fou el 1889 quan el científic Johannes Robert Rydberg va presentar aquesta fórmula general, que també va deduir empíricament a partir de tota la informació que s'havia anat descobrint durant aquell temps.

2.1.7 Classificacions estel·lars segons l'espectre

Hi ha dos tipus de classificacions estel·lars compatibles segons l'espectre, el catàleg de Henry Draper, basada en la temperatura de les estrelles i el catàleg de l'observatori Yerkes, que es basa en la lluminositat, la més famosa i utilitzada és el catàleg de Henry Draper.

2.1.7.1 Catàleg de Henry Draper

Taula 3. catàleg de Henry Draper (Font: <http://janeradcliffe.blogspot.com.es/2016/11/la-clasificacion-de-las-estrellas.html>)

CLASES:	TEMPERATURA:	COLOR:
O	28.000 a 50.000° K	azul violeta
B	10.000 a 28.000° K	azul
A	7.500 a 10.000° K	azul - blanco
F	6.000 a 7.500° K	blanco
G	5.000 a 6.000° K	blanco - amarillo
K	3.500 a 5.000° K	naranja
M	2.500 a 3.500° K	rojo

Dins de cada classe es subdivideixen amb números del 0 al 9, de manera que el 0 són les més calentes de la franja i el 9 les més fredes. El Sol és de categoria G2.V. Hi ha altres lletres per a classificar estrelles especials:

Tipus W. Són estrelles molt brillants (~ 70.000 ° K), també anomenades estrelles de Wolf-Rayet. Es pensa que són supergegants cap al final de la seva vida, amb un nucli ric en heli.

Tipus L. Són estrelles sense massa suficient per iniciar reaccions termonuclears, per sota del rang M. Tenen entre 1.500 ~ 2.000 ° K i corresponen a tipus de nanes vermelles.

Tipus T. Són estrelles joves i de poca massa, possiblement en estat de plena formació, que poden tenir temperatures entre 600-1.000 ° K

Tipus C. Són estrelles gegants vermelles compostes principalment de carboni. Aquestes es subdivideixen en els tipus R, N i S.

2.1.8 La llei de Wein

La llei de Wein va ser formulada per Wilhelm Wien a partir de la llei de Plank basant-se en principis de la termodinàmica. Va establir que hi ha una relació inversament proporcional entre la temperatura d'un cos i la longitud d'ona de la radiació que emet. La llei és la següent:

$$\lambda_{\max} = \frac{0,0028976 \text{ m} \cdot \text{K}}{T}$$

0,0028976 és la constant de Wein, la longitud d'ona s'utilitza en metres i la temperatura en Kelvins, per tant la unitat de la constant de Wein és m*K.

Salta a la vista que com major sigui la temperatura del cos menor serà la longitud d'ona, per això hi ha la variació de color en les estrelles de diferent temperatura.

2.1.9 Saturn

Saturn rep el seu nom del déu romà de l'agricultura i el temps entre d'altres, equivalent al Cronos grec i és el sisè planeta del sistema solar, entre Júpiter i

Urà; el segon en volum després de Júpiter. Famós pels seus anells que es poden arribar a intuir amb prismàtics de qualitat és un gegant gasós, amb una densitat 8 vegades inferior a la de la terra, però gràcies als seus $8,27 \cdot 10^{23} \text{ m}^3$ segueix tenint una massa de $5,688 \cdot 10^{26} \text{ kg}$, 95 vegades superior a la de la terra. Al voltant de Saturn orbiten al menys 62 llunes, Tità, la més gran, té un volum major que mercuri (tot i que menys massa) i una atmosfera substancial.

2.1.9.1 L'atmosfera de Saturn

Segons diferents estudis a l'atmosfera de Saturn hi ha diferents elements que es poden notar en el seu espectre.

En la publicació "*Note on the Spectra of Jupiter and Saturn*" Theodore Dunham Jr, Publications of the Astronomical Society of the Pacific , pag. 42, 43 i 44, 1933 es van recopilar algunes de les línies d'absorció que es podien veure a l'espectre de Saturn. S'havien observat línies dèbils als 6450 i als 6507 amstrongs i de més fortes als 7190 i 7260 amstrongs. També hi havia línies dèbils entre els 6400 i els 6500 i entre els 7800 i els 7950 amstrongs. Aquestes línies no eren presents a l'espectre del Sol. Es van detectar també línies d'absorció de l'amoni. Apareixen línies fortes dels 7800 als 7840 i dels 7927 fins més enllà dels 8000 amstrongs. Per acabar també hi havia línies als 8390 als 8650 i als 8800 amstrongs, les últimes de les quals corresponien amb el metà.

En estudis com "*Solar System Observations with the James Webb Space Telescope*", James Norwood, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, pag 13, 2016 es veu en l'espectre de Saturn línies d'absorció d'amoníac, metà i fosfina, a més d'hidrogen. A "*Spectral lines as distant mesurament tools*" es menciona que el fet que les línies d'absorció de l'oxigen de l'espectre no estiguin tan inclinades com altres significa que s'han originat a Saturn.

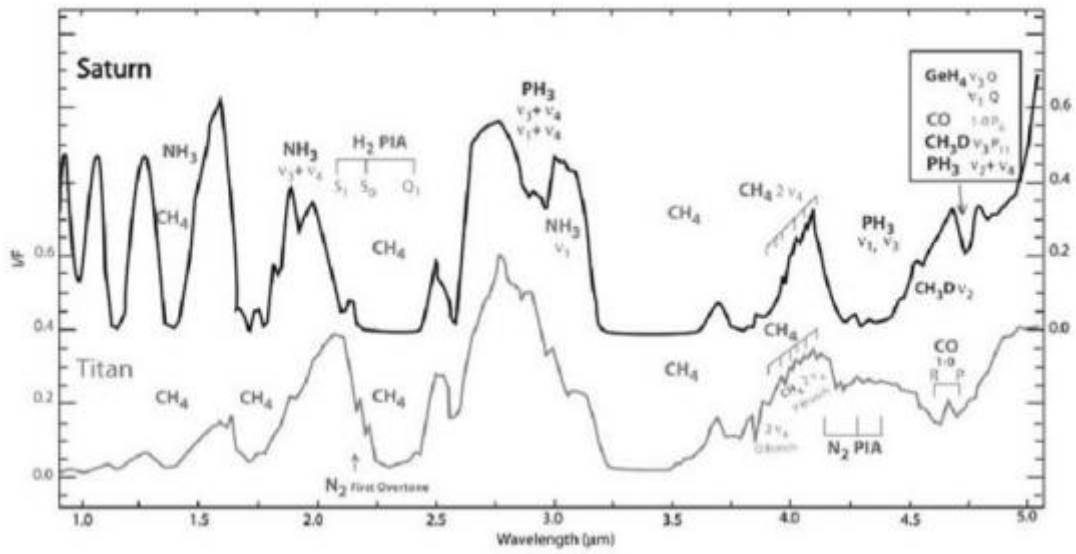


Figura 8. Gràfica absorció Saturn i Tità (Font: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1403/1403.6845.pdf>)

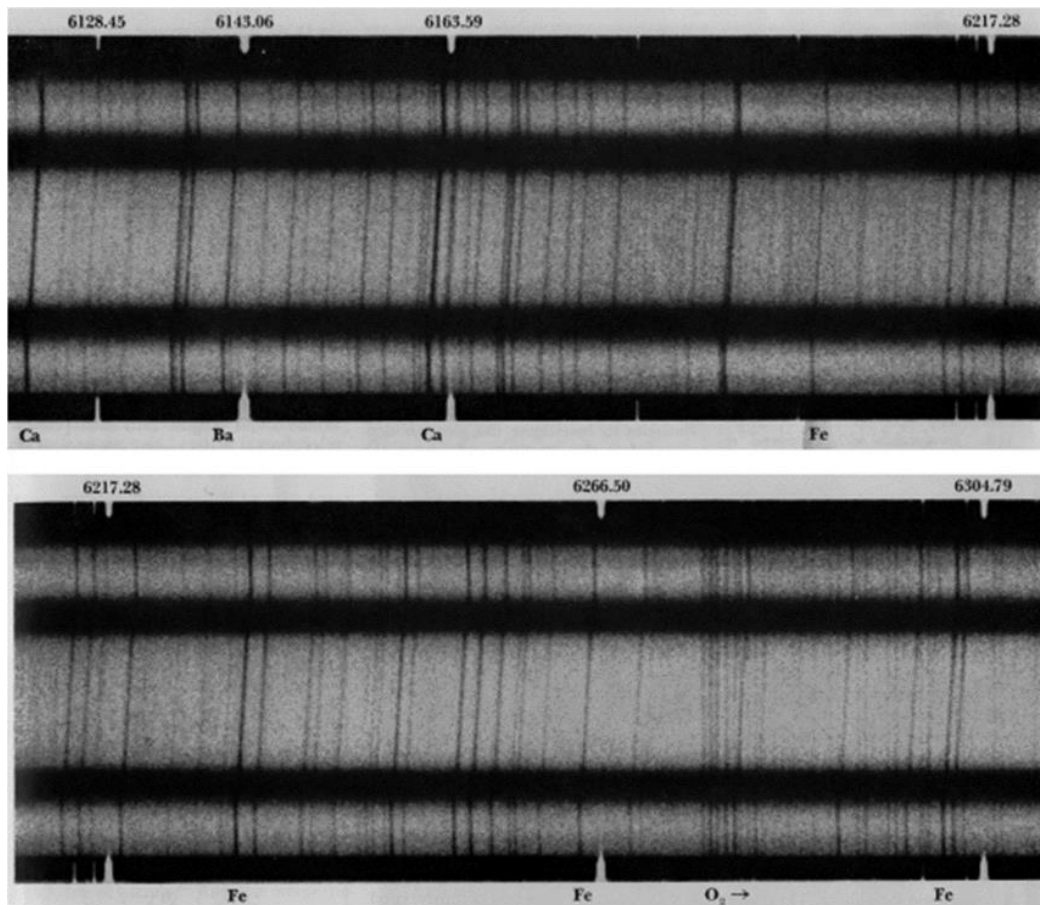


Figura 9. Espectre de Saturn i línies d'absorció (Font: <https://www.staff.science.uu.nl/~rutte101/rrweb/rjr-edu/exercises/assignments-spectral-lines/line-usage.pdf>)

També a “Saturn absorption bands recorded with Star Analyser”, Pior Malinski, 2010, <http://www.rkblog.rk.edu.pl/w/p/saturn-absorption-bands-recorded-star->

[analyser/](#) es diu que s'ha pogut detectar metà prop dels 6500 i els 7500 amstrongs.



Figura 10. Gràfica espectre absorció de Saturn on es veu l'absorció del metà (Font: <http://www.rkblog.rk.edu.pl/w/p/saturn-absorption-bands-recorded-star-analyser/>)

A *Spectroscopy of Atmospheres* de la pàgina

<http://lasp.colorado.edu/~bagenal/3720/CLASS5/5Spectroscopy.html> es

mostren gràfiques on s'hi veuen línies d'absorció al voltant dels 7000 amstrongs.

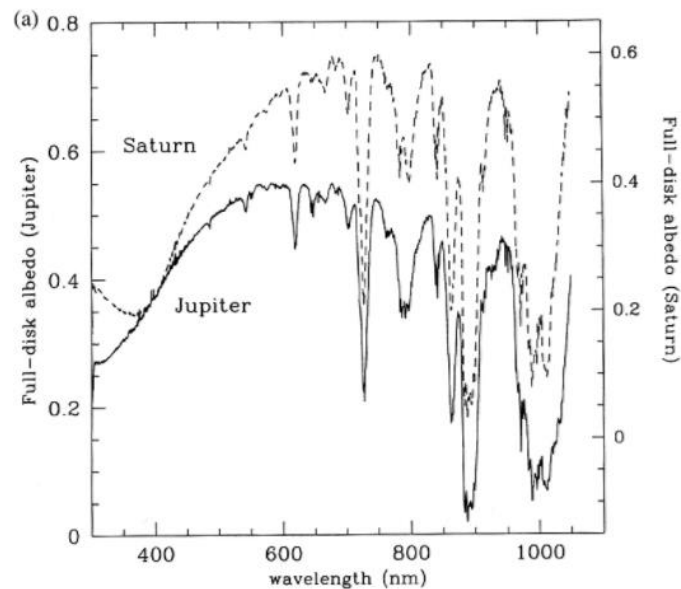


Figura 11. Gràfic línies d'absorció de Júpiter i Saturn (Font: <http://lasp.colorado.edu/~bagenal/3720/CLASS5/5Spectroscopy.html>)

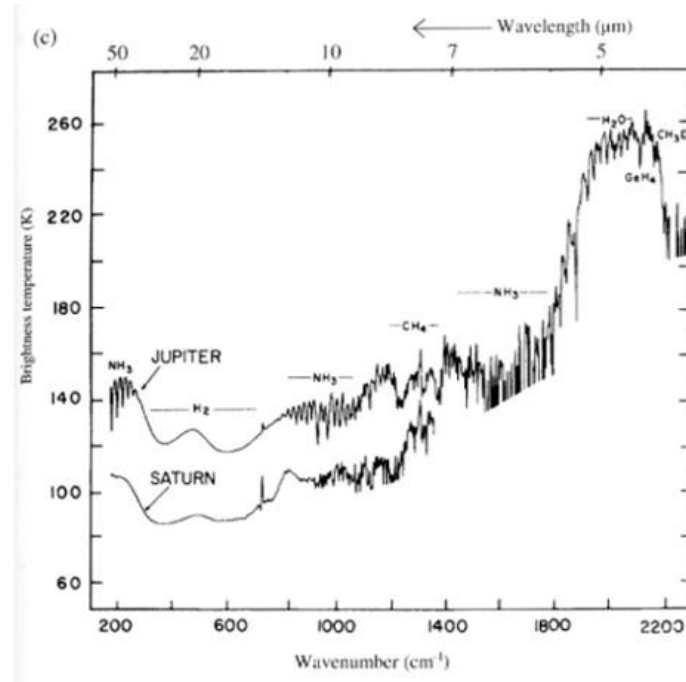


Figura 12. Gràfic de l'absorció de Júpiter i Saturn 2 (Font: <http://lasp.colorado.edu/~bagenal/3720/CLASS5/5Spectroscopy.html>)

També a unes observacions realitzades a l'observatori Pic Du Midi entre el 28 d'agost i el 2 de setembre es van detectar línies d'absorció del metà als 5436, 6199 i 7279 amstrongs. Aquestes observacions les van dur a terme André Rondi, Thierry Maciaszek i Christian Buil.

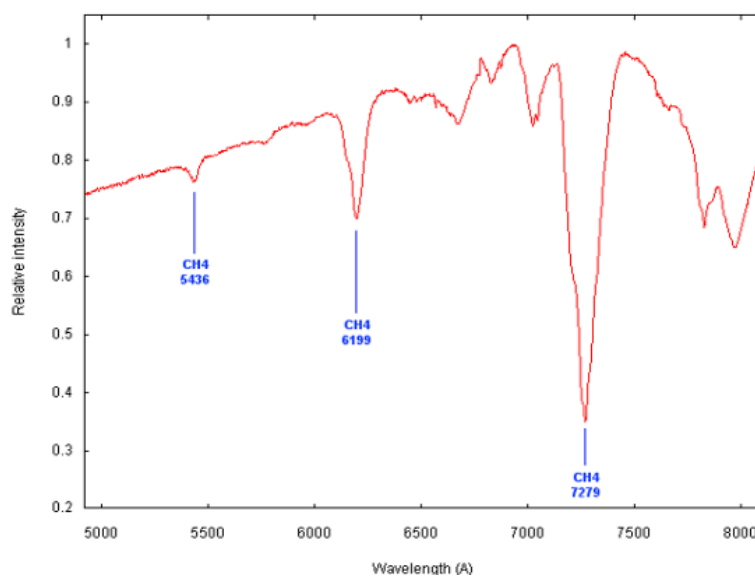


Figura 13. Gràfica d'absorció observatori Pic du Midi (Font: <http://www.astrsurf.com/buil/us/mission3/mission2.htm>)

2.1.9.2 Rotació de Saturn

Si ens fixem en l'espectre d'un cos podem veure que les línies d'absorció estan inclinades.

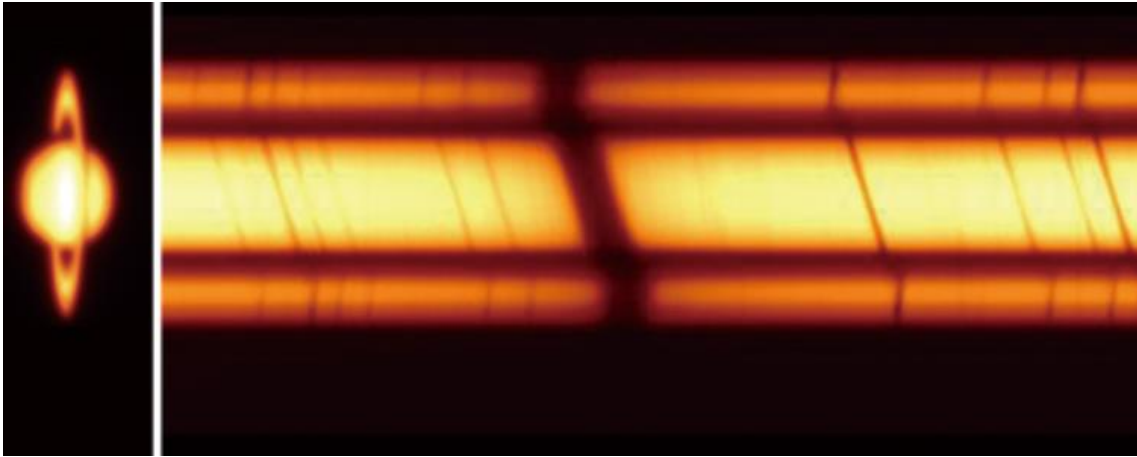


Figura 14. Espectre de Saturn (Font:<http://prc.nao.ac.jp/extra/uso/en/no24/>)

A la zona de dalt l'absorció comença més a l'esquerra, però a mesura que baixa es va desplaçant cap a la dreta, cap a longituds d'ona més grans.

Gràcies a l'efecte doppler, que ens diu que les ones augmenten la seva longitud d'ona quan s'allunyen de nosaltres i la disminueixen quan s'apropen, sabem per tant que una part del planeta s'està apropant a nosaltres i una altra s'està allunyant. Això només pot ser causat per la rotació de Saturn.

A més veiem que l'absorció dels anells concorda en quant a longitud d'ona amb el desplaçament del planeta per tant podem deduir que els anells giren en el mateix sentit que Saturn.

2.1.10 Pal·les

Pal·les és l'asteroide més gran després del cinturó d'asteroides, només més petit que Ceres, que ha estat catalogat com a planeta nan. Tot i ser el més gran

només és el segon més massiu, ja que Vesta el segon en volum el supera en aquest aspecte.

Com que els asteroides no tenen atmosfera el nostre objectiu era utilitzar Pal·les per captar la llum del Sol reflectida, ja que aquesta falta d'atmosfera fa que l'espectre no es vegi modificat per els elements de l'asteroide.

2.1.11 Longitud d'ona molècules orgàniques

Les longituds d'ona de les línies d'absorció de les molècules orgàniques estan relacionades amb la seva complexitat. Això és causa de l'energia necessària per a excitar un electró. Un electró compartit entre dos àtoms necessitarà més energia per a canviar de nivell electrònic que un que no és compartit. Com major és l'energia necessària per a canviar de nivell menor serà la longitud d'ona que absorbirà (recordem que la longitud d'ona és inversament proporcional a la freqüència). L'explicació matemàtica seria:

$$E = h \cdot f \quad i \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

De manera que la energia es inversament proporcional a la longitud d'ona que s'absorbeix, sent h i c dos constants, la Constant de Planck i la velocitat de la llum respectivament.

3 MATERIAL

3.1 Telescopi

El telescopi és l'eina principal de les observacions, utilitzem el telescopi propi de l'institut, un Meade LX200 f/10 (12 polzades), amb les següents característiques.

Disseny òptic: Schmidt-Cassegrain Catadioptric

Obertura: 254 mm

Diàmetre del mirall principal: 263.5 mm

Distància focal: 2500 mm

Relació focal: f/10

Resolució: 0.45 arc seg

Límit de magnitud visual: 14.5

Escala de la imatge ($^{\circ}$ /polzada): 0.57



Figura 15. Telescopi

3.2 Reixeta de difracció

La reixeta de difracció dispersa la llum que rep, permetent-nos veure l'espectre de la llum d'un objecte.

3.2.1 Star analyser 100

La star analyser 100 és una reixeta de difracció de 100 línies/mm, amb una rosca d'1,25 polzades. és fabricada per Paton Hawksley Education LTD.

És molt important recordar que amb l'ús d'aquesta reixeta de difracció l'instrumental òptic utilitzat perd uns 4 o 5 ordres de magnitud.



Figura 16. Star Analyser 100

3.3 Software

3.3.1 Cartes del cel

El Cartes del cel s'utilitza per la preparació de l'observació, i durant aquesta per a controlar el telescopi. Gràcies al seu mapejat del cel podem situar els diferents objectes, a quina regió del cel es troben o si ja s'han post.

Quan s'ha alineat el telescopi se'l sincronitza amb el Cartes del cel, d'aquesta manera se'l pot apuntar cap a un lloc en concret sense necessitat de apuntar a ull, indispensable per a trobar objectes que no és veuen a ull nu.

Descarregat des de: soft català

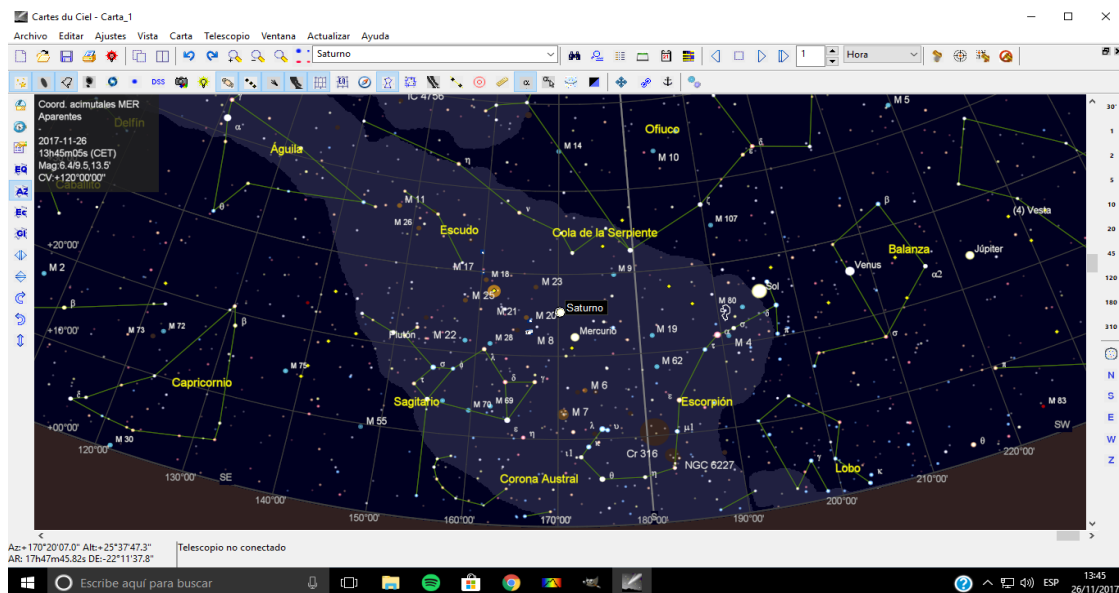


Figura 17. Cartes del cel

3.3.2 Rspec

Rspec és necessari per a tractar l'espectre que hem obtingut, ja que la llum dispersada per la reixeta simplement està separada per longitud d'ona (o per colors) i per tant no podem interpretar-ne tota la informació, és simplement com mirar l'arc de Sant Martí. Rspec permet tractar aquest espectre i transformar-lo en una gràfica identificable on es poden llegir les diferents propietats de l'espectre, com ara els elements que hi havia a la font. Això significa que el calibra i l'estandarditza, de manera que sigui comparable amb el de qualsevol altre sistema òptic.

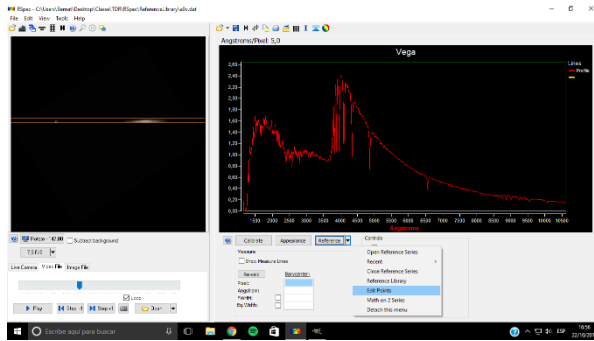


Figura 18. Rspec 1

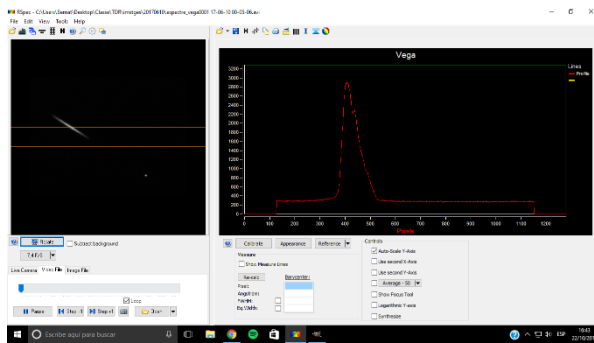


Figura 19. Rspec2

3.3.3 Canon Utilities

Canon utilities serveix per a controlar la càmera Canon quan aquesta es troba al telescopi. Utilitzada en observacions prèvies per familiaritzar-se amb l'ús de les eines òptiques i informàtiques.

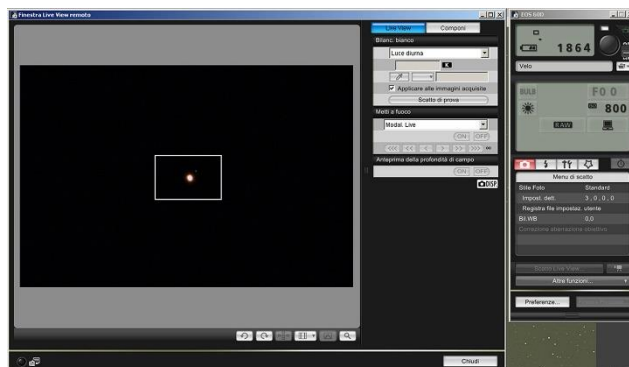


Figura 20. Canon Utilities

3.3.4 IC capture

IC capture és el programa que utilitzem per a controlar la càmera DFK, i per tant per a obtenir els vídeos i imatges dels espectres.

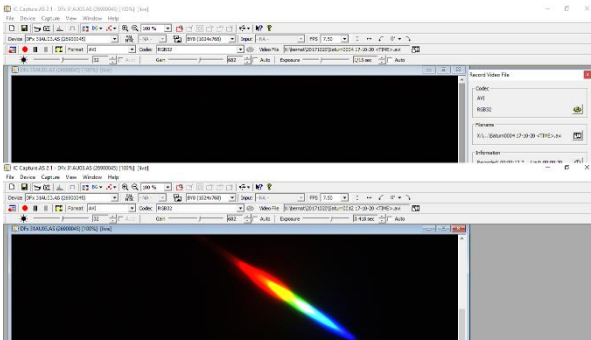


Figura 21. IC capture 1

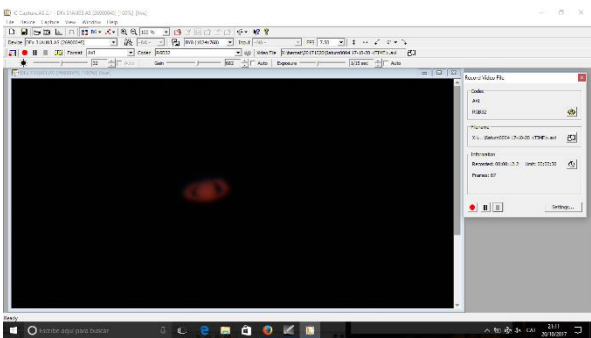


Figura 22. IC capture 2

3.4 Càmeres

3.4.1 Canon Eos 1100D DLRS

He utilitzat la càmera Canon per a fer fotografies en les observacions prèvies, i així familiaritzar-me amb el telescopi.

3.4.2 DFK (31AUO3.AS)

La càmera DFK és a la que se li acobla la reixeta de difracció, la utilitzada per a captar les imatges dels espectres que tracto en el treball. És una càmera CCD (dispositiu de carrega acoblada)

El xip de la DFK

El xip de la càmera és un xip Sony icx 204Ak, amb una resolució de 1024x768 píxels i una mida de píxel de 4.65 μ (H) x 4'65 μ m (v).



Figura 23. DFK 1



Figura 24. DFK 2

<https://www.theimagingsource.com/products/industrial-cameras/usb-2.0-color/dfk31au03/>

4 PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

4.1 PROTOCOL OBTENCIÓ ESPECTRE ESTANDARITZAT

4.1.1 OBTENIR LA RELACIÓ AMSTRONGS/ PÍXELS

Per fer-ho utilitzem l'espectre de Vega.

Prémer a obrir arxiu, buscar-lo a l'ordinador i obrir-lo.

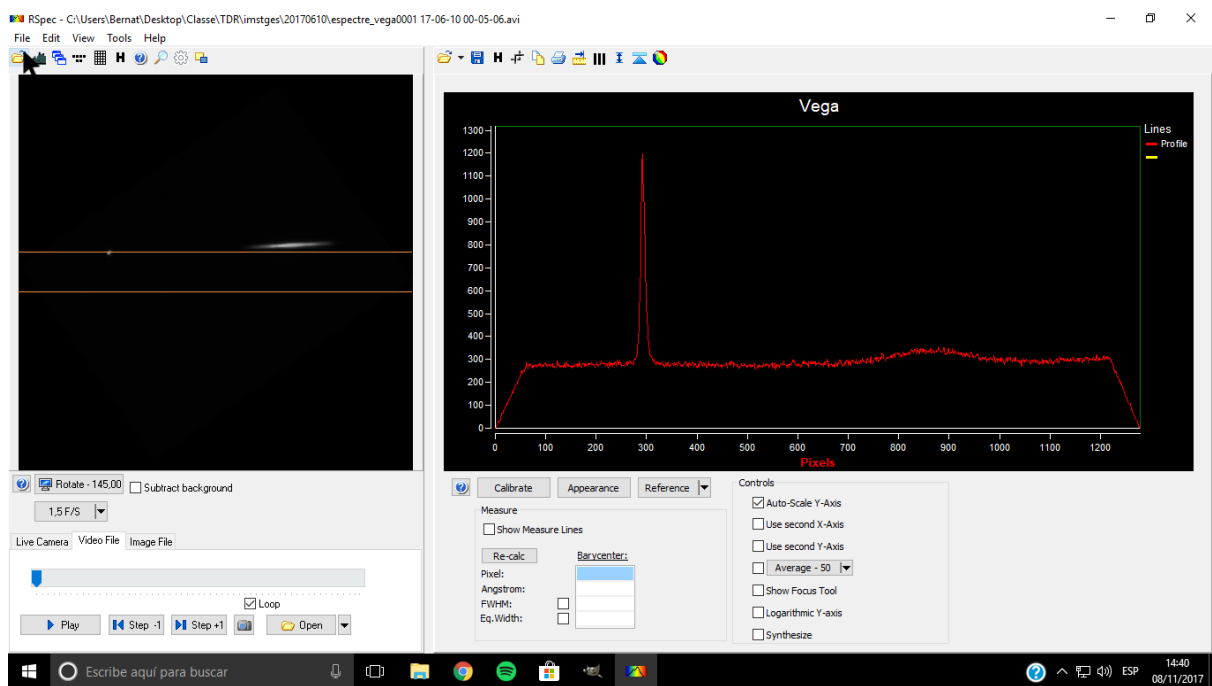
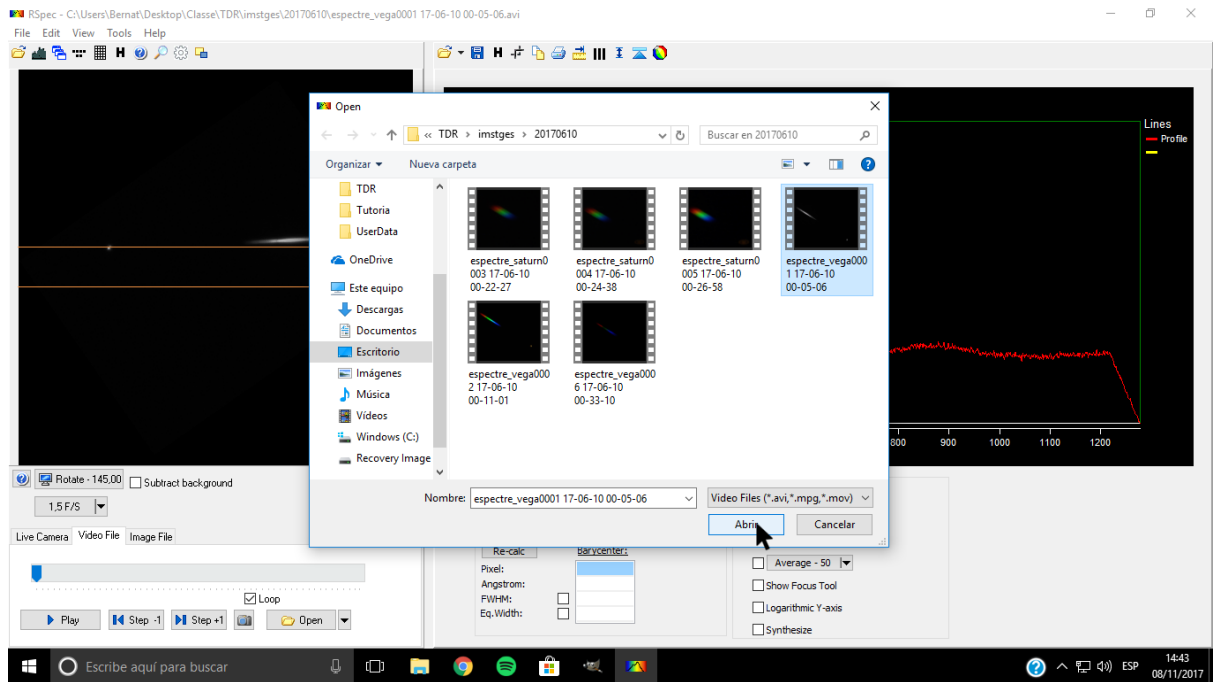


Figura 25. Protocol Rspec 1

Procediment experimental



Figura

26.

Protocol

Rspec

2

Utilitzar *Rotate* per a posar l'espectre i l'estrella en horitzontal

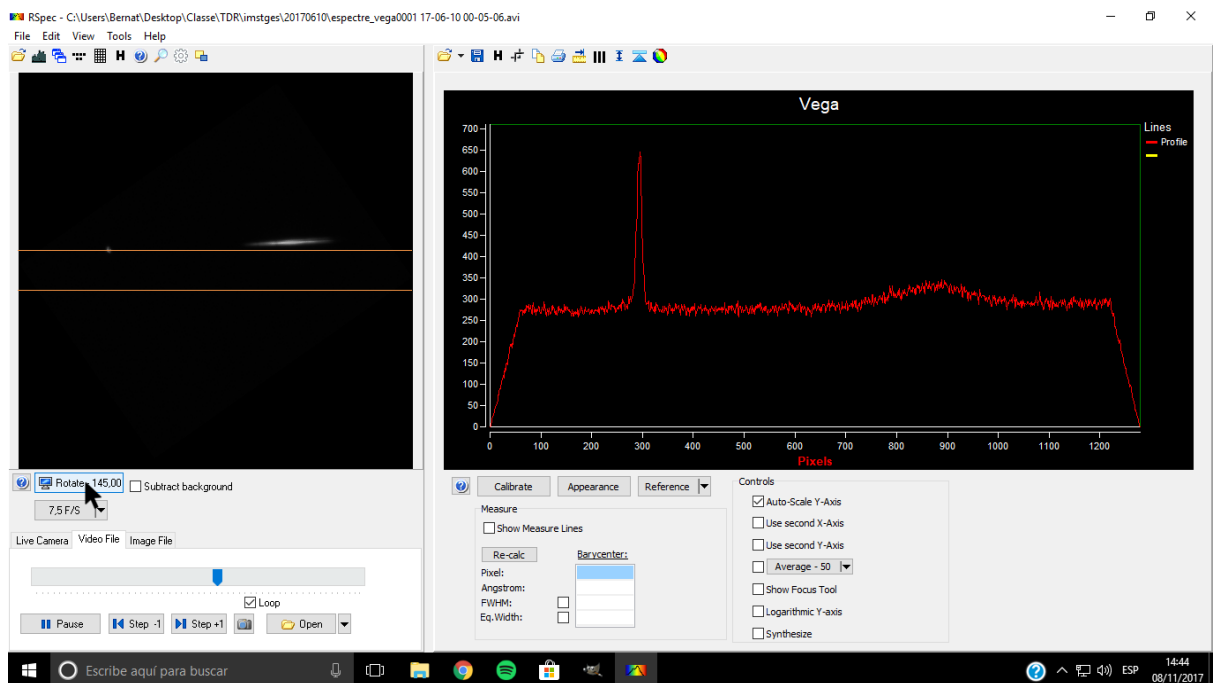


Figura 27. Protocol Rspec 3

Procediment experimental

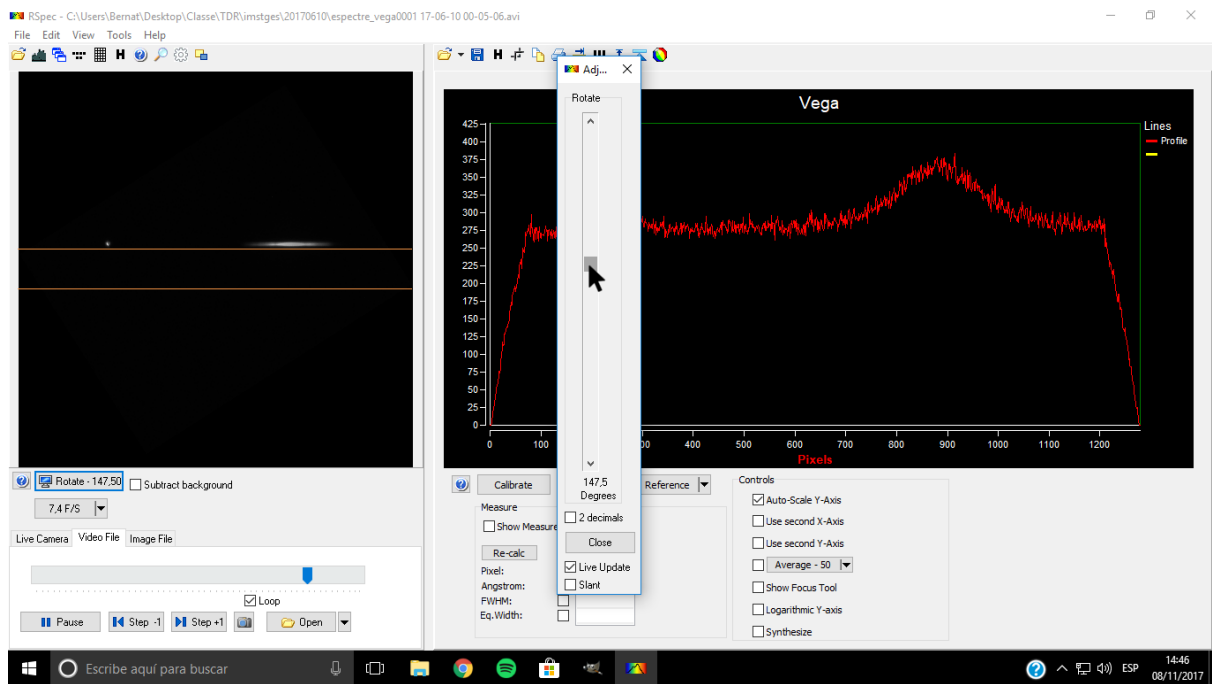


Figura 28. Protocol Rspec 4

Ajustar les línies taronges per a deixar el mínim espai possible entre elles i dins només hi hagi l'espectre i l'estrella.

(podem utilitzar el botó de zoom per a ajustar-ho tot millor)

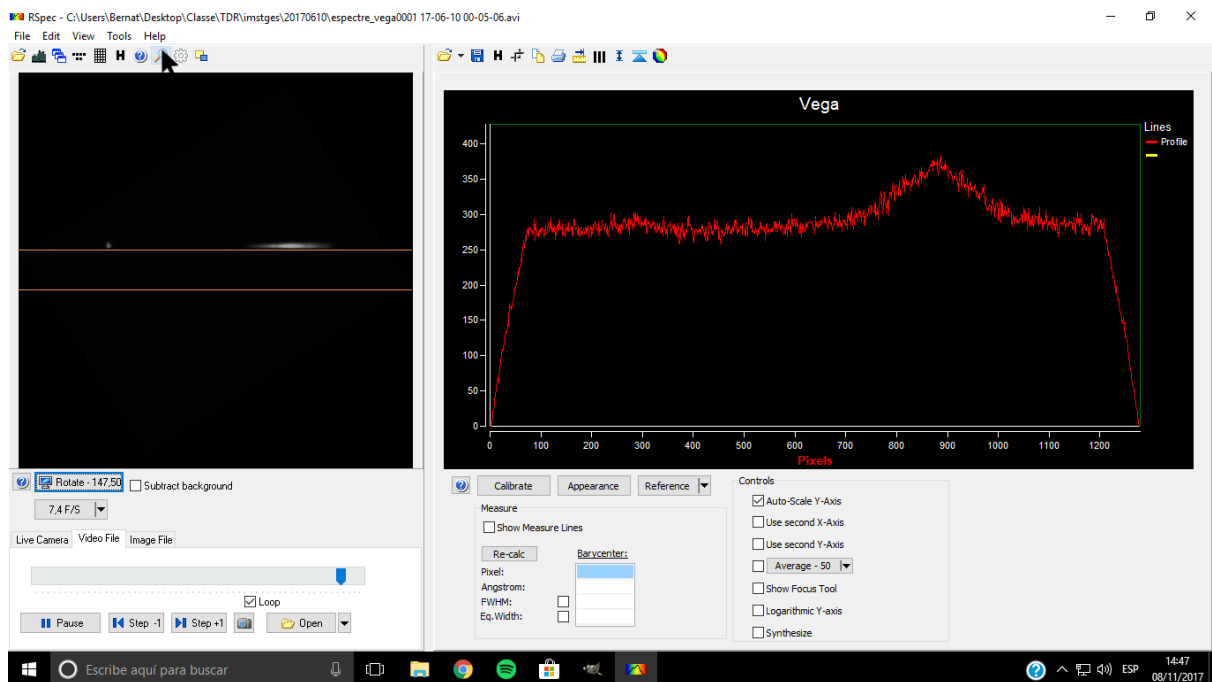


Figura 29. Protocol Rspec 5

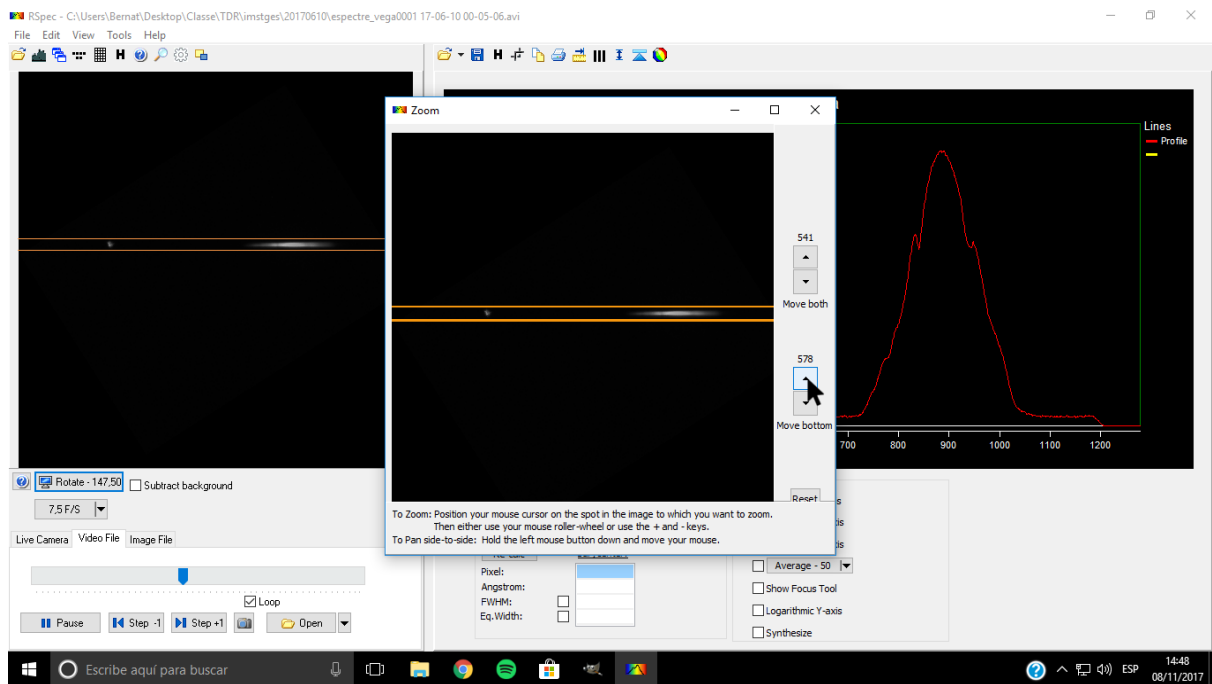


Figura 30. Protocol Rspec 6

En ajustar aquestes línies estem eliminant soroll de fons, per tant s'han d'intentar ajustar el màxim possible, tot i així s'ha d'anar amb compte, és preferible que hi hagi una mica de soroll de fons que tallar l'espectre.

Cliquem a la casella *average* per a que faci la mitjana

(Si la mitjana segueix sent massa inestable es pot simplement pausar el vídeo en un fotograma)

Clicar al botó *calibrate* i a la primera casella hi posem el píxel més alt del pic de l'estrella

Procediment experimental

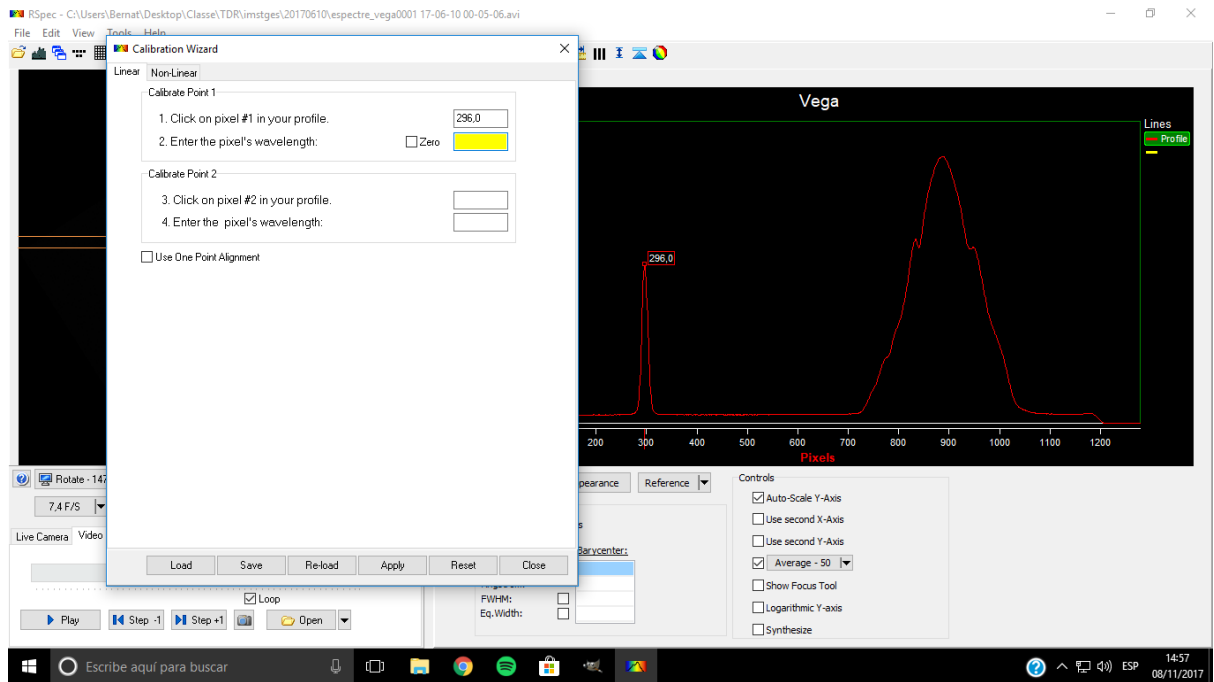


Figura 31. Protocol Rspec 7

la segona la fixem en zero

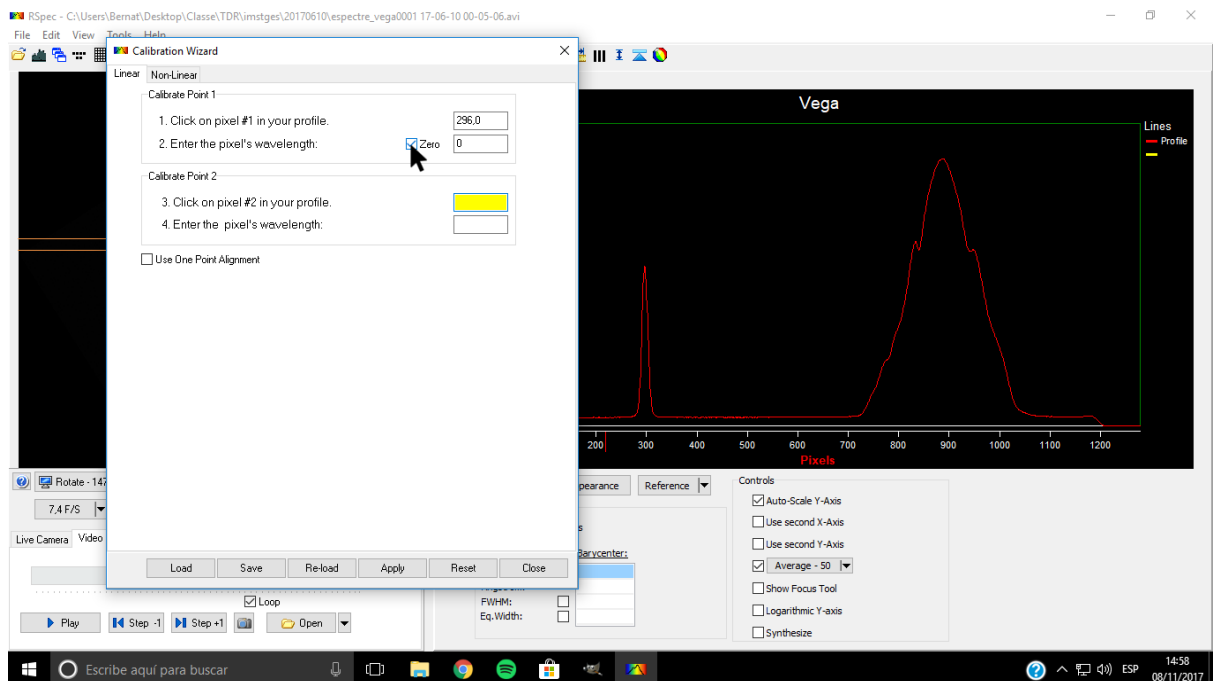


Figura 32. Protocol Rspec 8

Procediment experimental

A la tercera, hi posem el píxel més baix de la vall més pronunciada de la gràfica de l'espectre, la vall de l'esquerra, que es correspon amb la línia d'absorció de l'hidrogen β en l'espectre de Vega.

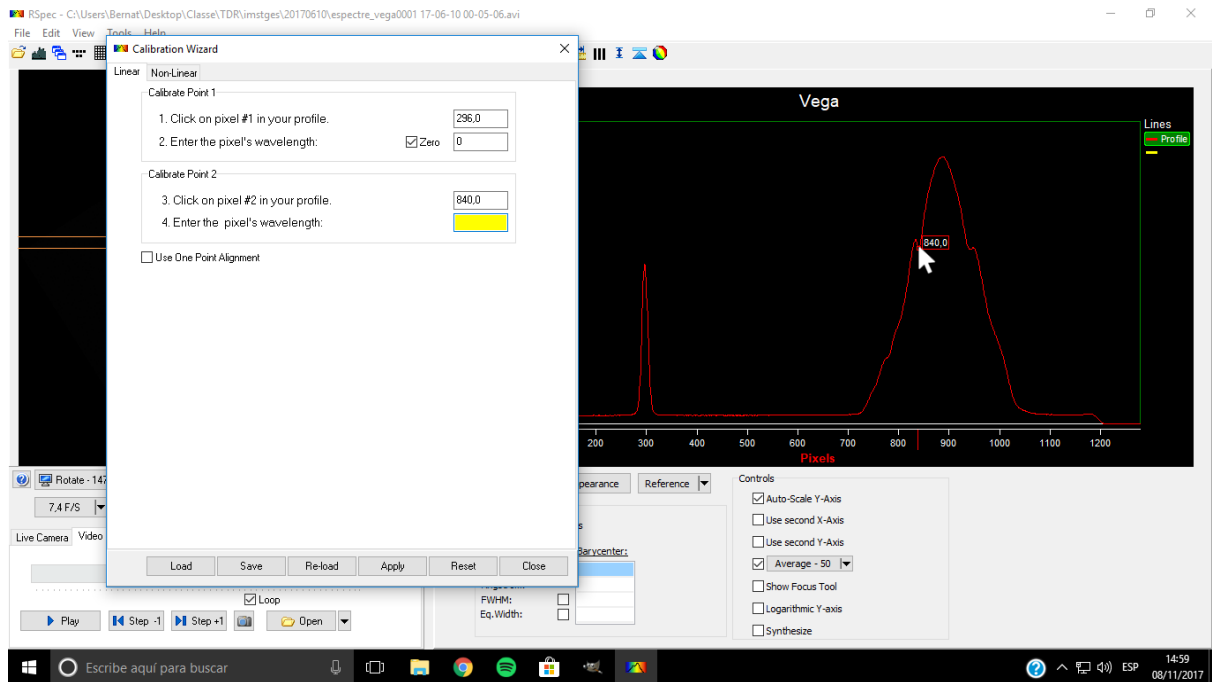


Figura 33. Protocol Rspec 9

i en la quarta la longitud d'ona corresponent a la tercera, la longitud d'ona que absorbeix l'hidrogen β en aquest cas 4861 amstrongs.

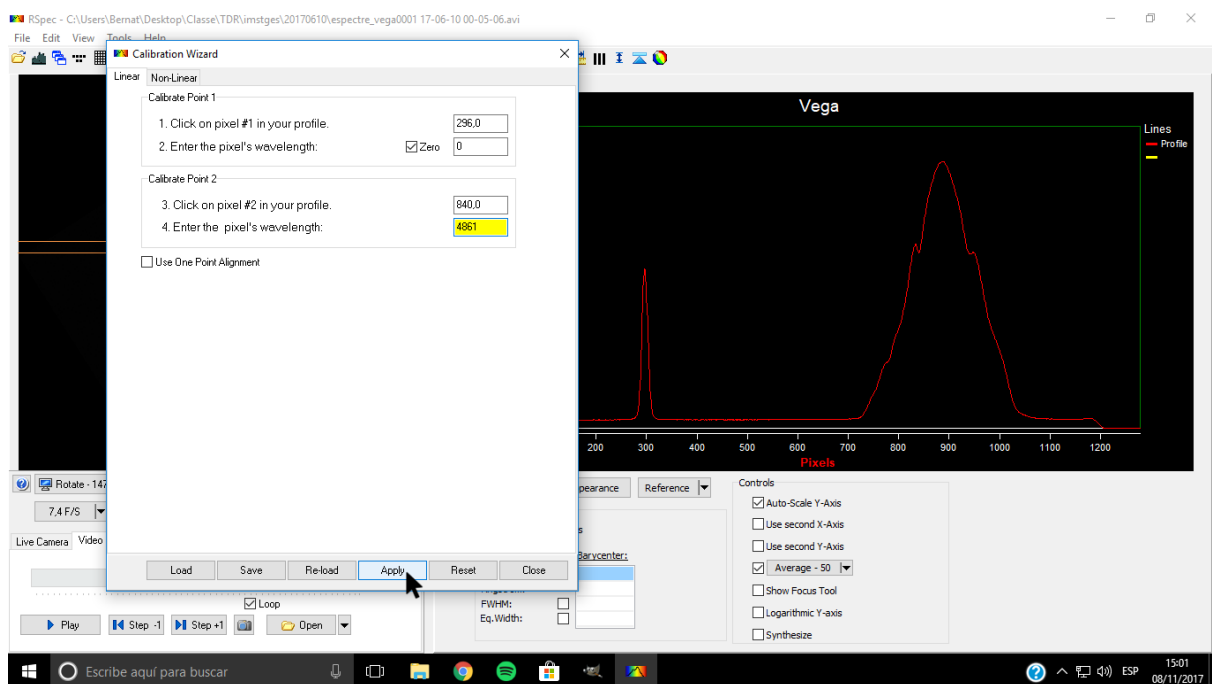


Figura 34. Protocol Rspec 10

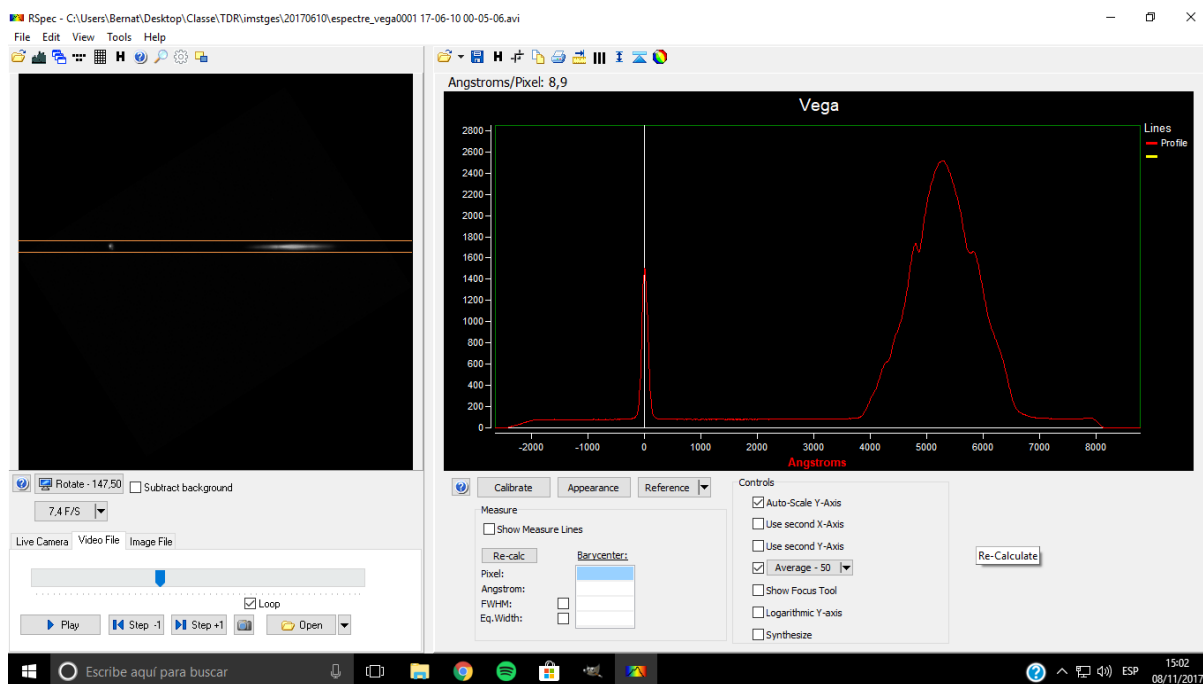


Figura 35. Protocol Rspec 11

Així hem utilitzat un punt que sabem que és zero, quan la llum incideix directament al xip sense cap mena de dispersió, i hem relacionat la distància en píxels en la nostra imatge amb els amstrongs que hi ha realment entre el zero i la longitud d'ona que absorbeix l'hidrogen. D'aquesta manera hem pogut establir una relació (en aquest cas 8,9 com podem veure) entre píxels i amstrongs en el nostre sistema òptic, que podem utilitzar per calibrar Vega i tots els espectres que obtinguem mentre no canviem la distància entre l'objectiu i la reixeta. D'aquesta manera podrem calibrar espectres dels quals no coneixem el seu tipus estel·lar.

El guardem.

Un cop tenim l'espectre calibrat s'ha de ajustar utilitzant la resposta d'instrument. Això es deu a què la càmera perd sensibilitat a la zona de l'espectre de menor longitud d'ona de l'espectre, i per tant els nostres resultats no són exactes. Per a solucionar això hem d'elaborar la mencionada resposta d'instrument, en la qual utilitzem espectres de referència fets per professionals

per obtenir una gràfica de la pèrdua de sensibilitat de la càmera, i compararla amb l'espectre que hem obtingut, obtenint així un espectre molt més exacte.

Aquesta resposta d'instrument només s'hauria d'elaborar un cop si haguéssim obtingut tots els espectres en les mateixes condicions, però degut a què vam haver d'obtenir-los en diferents observacions haurem d'obtenir una resposta d'instrument per a cada espectre. Això pot ser una font d'errada en els resultats.

4.1.2 CREAR L'ARXIU INSTRUMENT RESPONSE

Comencem obrint l'espectre de referència del mateix tipus estel·lar que l'objecte que estem observant. El trobarem dins els arxius de l'Rspec a la carpeta de *ReferenceLibrary*. En el cas de Vega agafem el tipus a0v, el seu tipus estel·lar segons l'escala de Henry Draper. L'arxiu *instrument response* el podem utilitzar per qualsevol objecte que obtinguem amb les mateixes condicions que l'espectre a partir del qual l'hem elaborat.

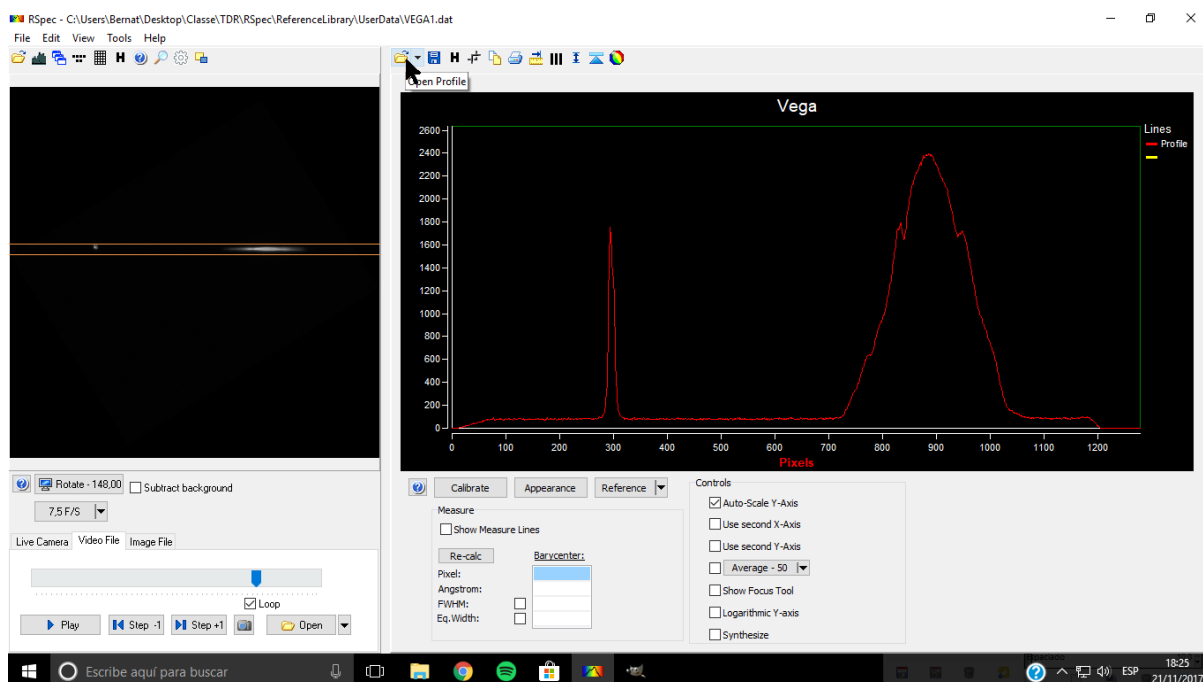


Figura 36. Protocol Rspec 12

Procediment experimental

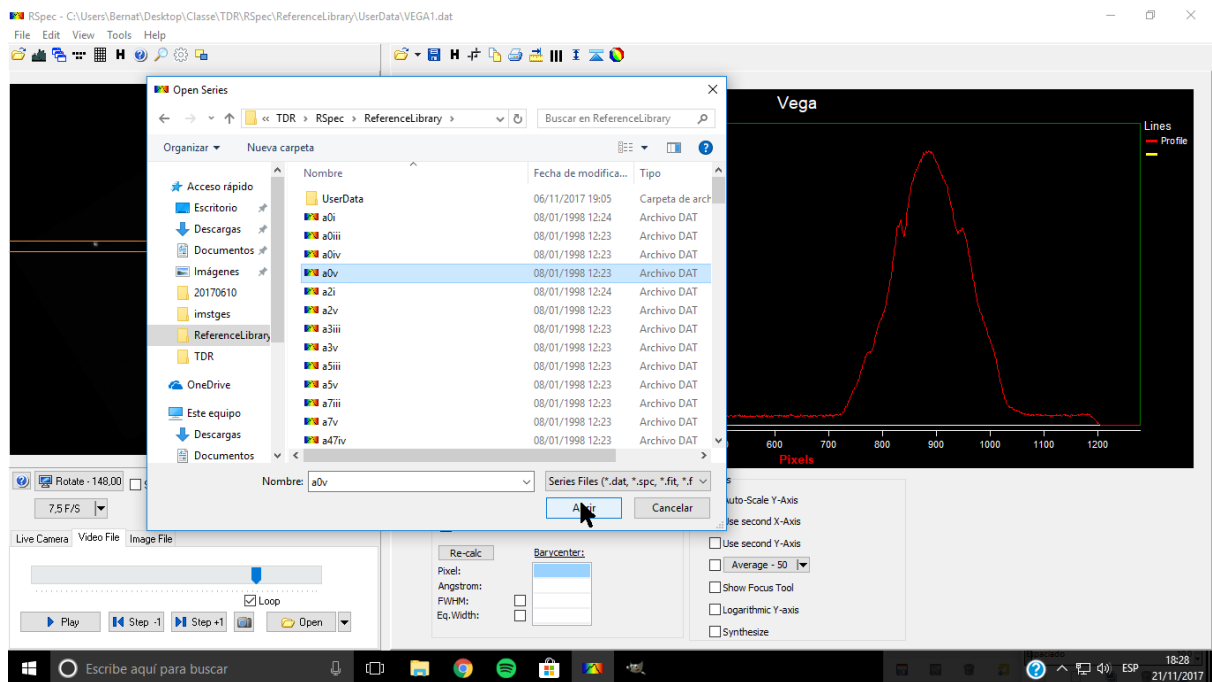


Figura 37. Protocol Rspec 13

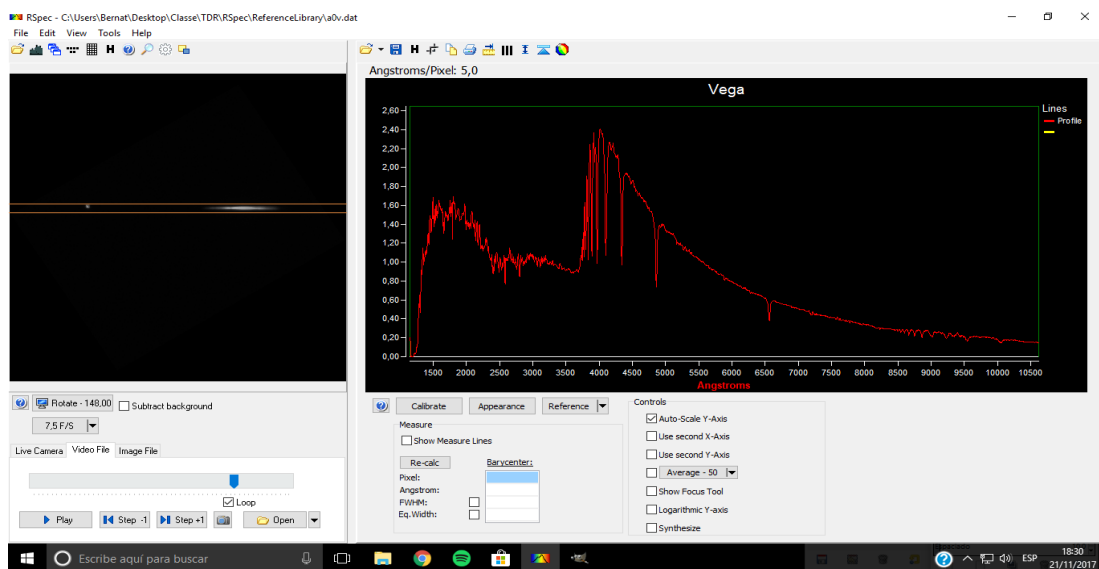


Figura 38. Protocol Rspec 14

Un cop tenim l'espectre de referència comencem per retallar la part sobrant, si tirem uns passos enrere veurem que en el nostre espectre només es comprenia entre els 4000 i els 8000 amstrongs, o sigui que ens quedarem amb aquesta part de l'espectre.

Per fer-ho cliquem al botó *reference*

Procediment experimental

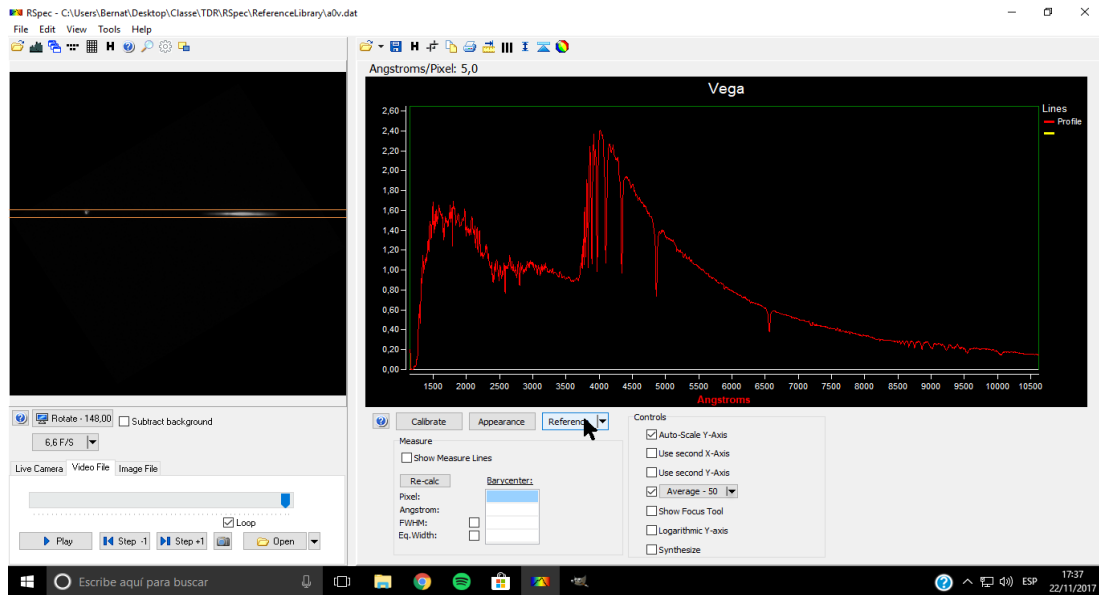


Figura 39. Protocol Rspec 15

i a l'opció *edit points*

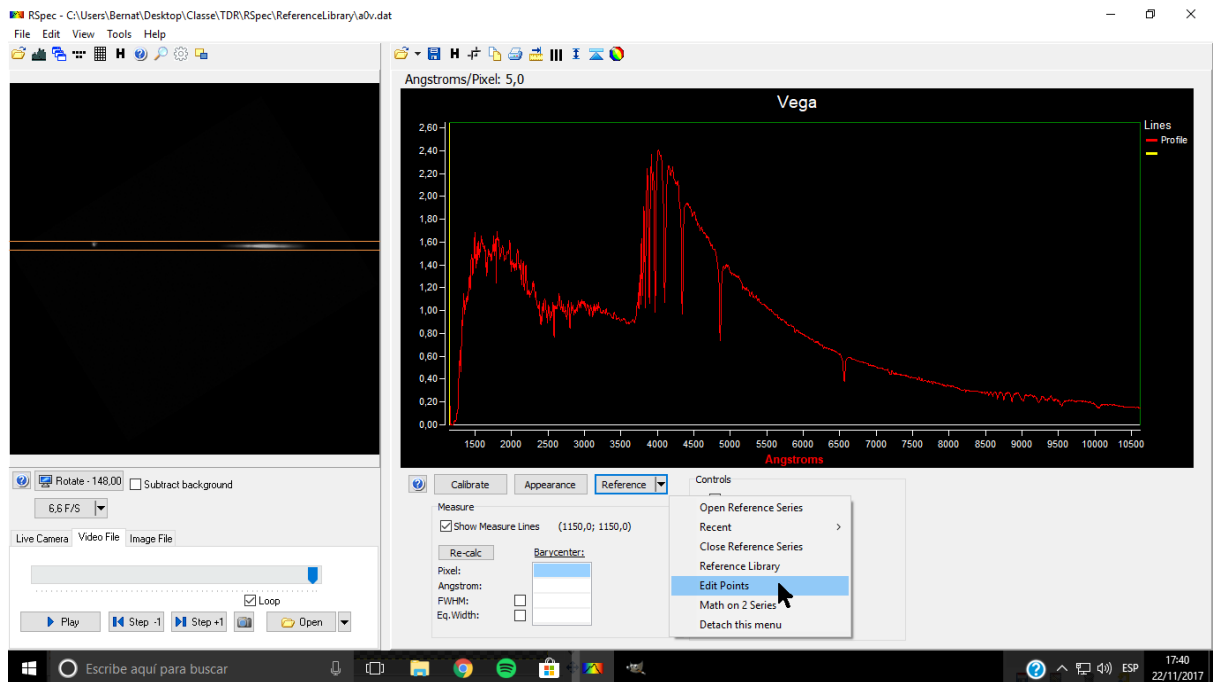


Figura 40. Protocol Rspec 16

Arrosseguem la línia groga que ha aparegut per a que abasti des de els 0 fins als 4000 amstrongs i pitgem a *delete*

Procediment experimental

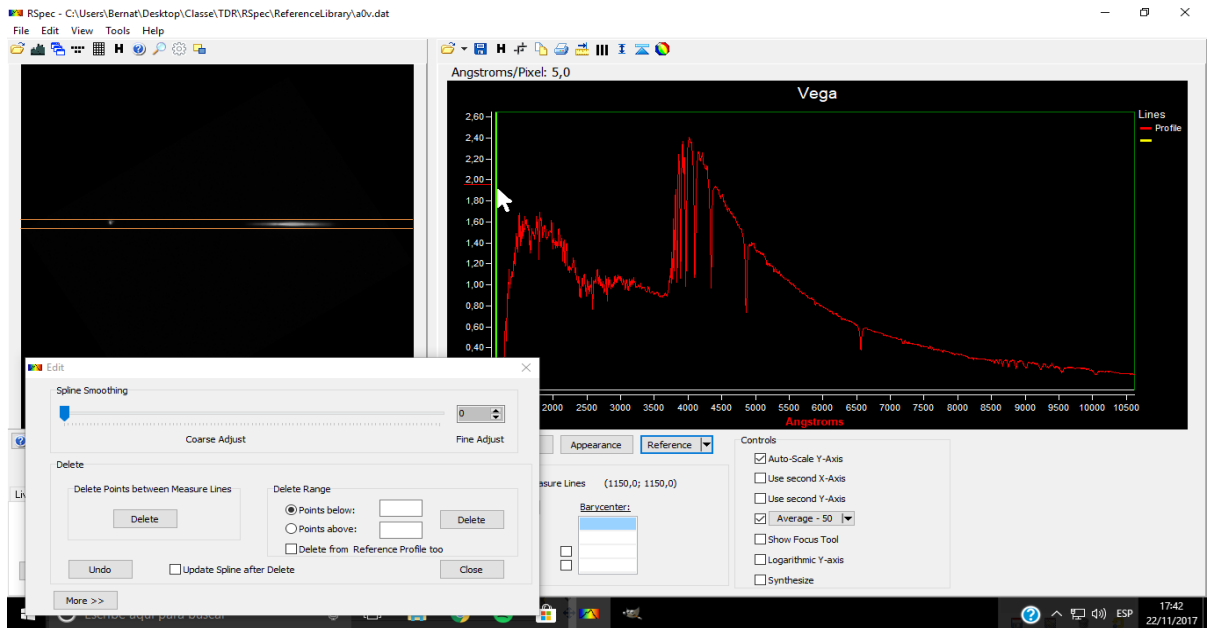


Figura 41. Protocol Rspec 17

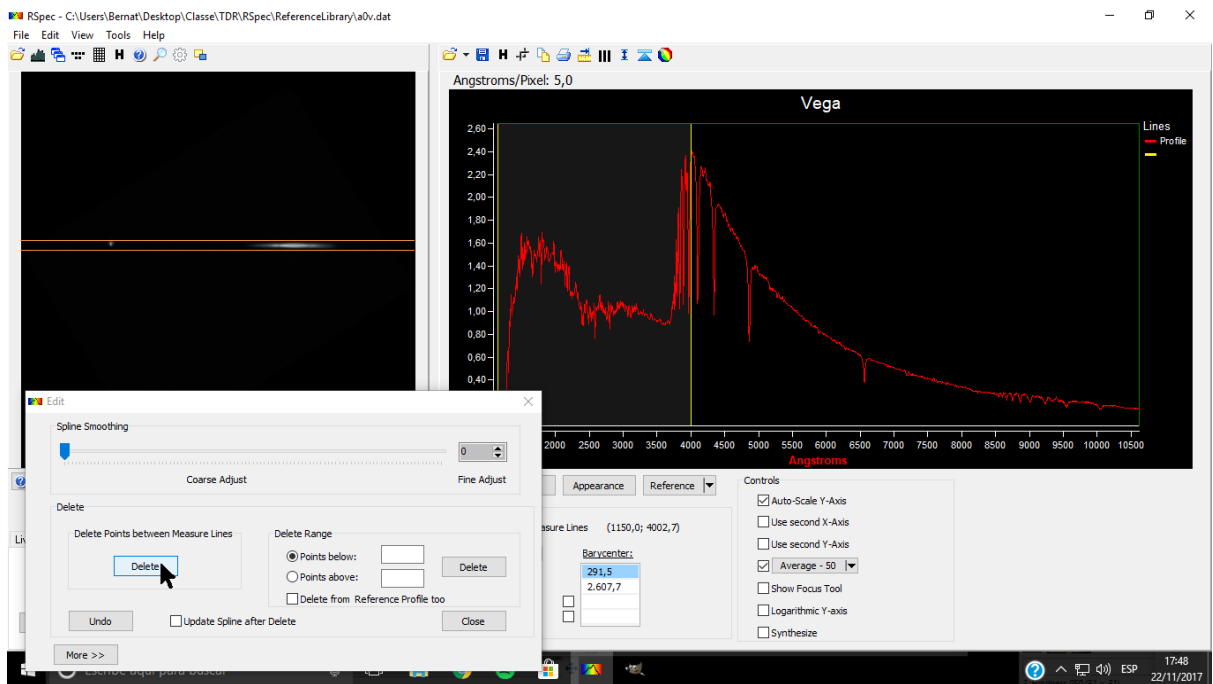


Figura 42. Protocol Rspec 18

Procediment experimental

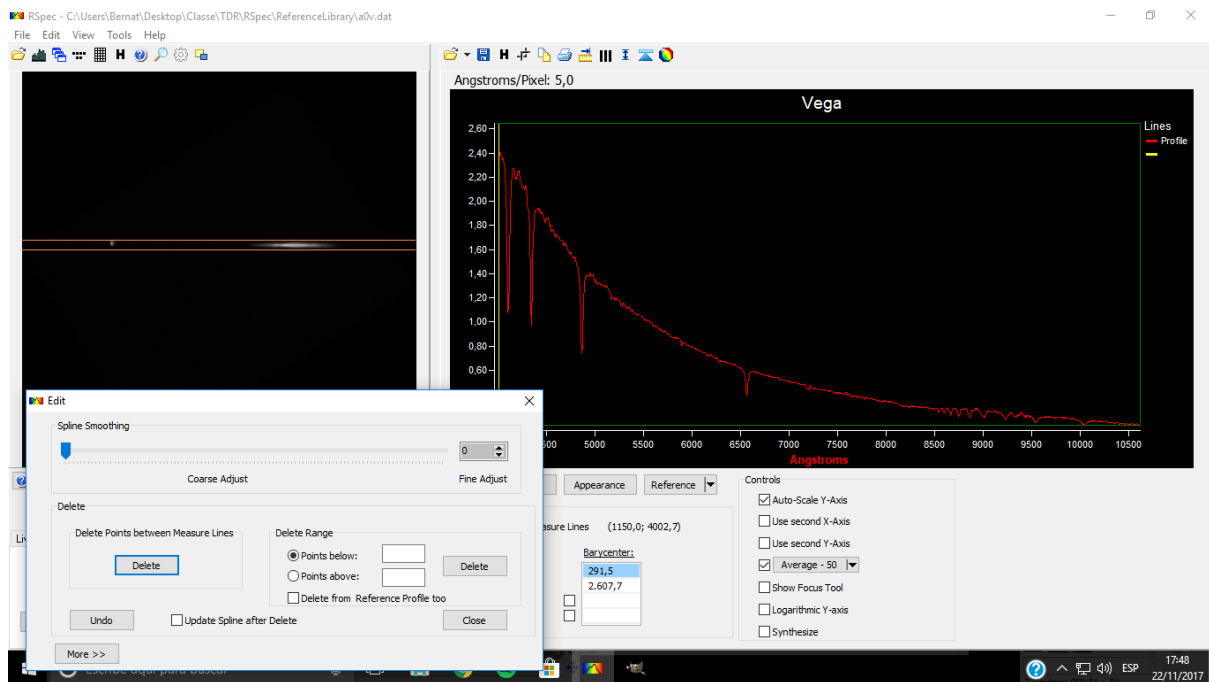


Figura 43. Protocol Rspec 19

Tornem a arrossegar la línia groga, aquest cop de de els 8000 amstrongs fins al final, i pitgem *delete* un altre cop

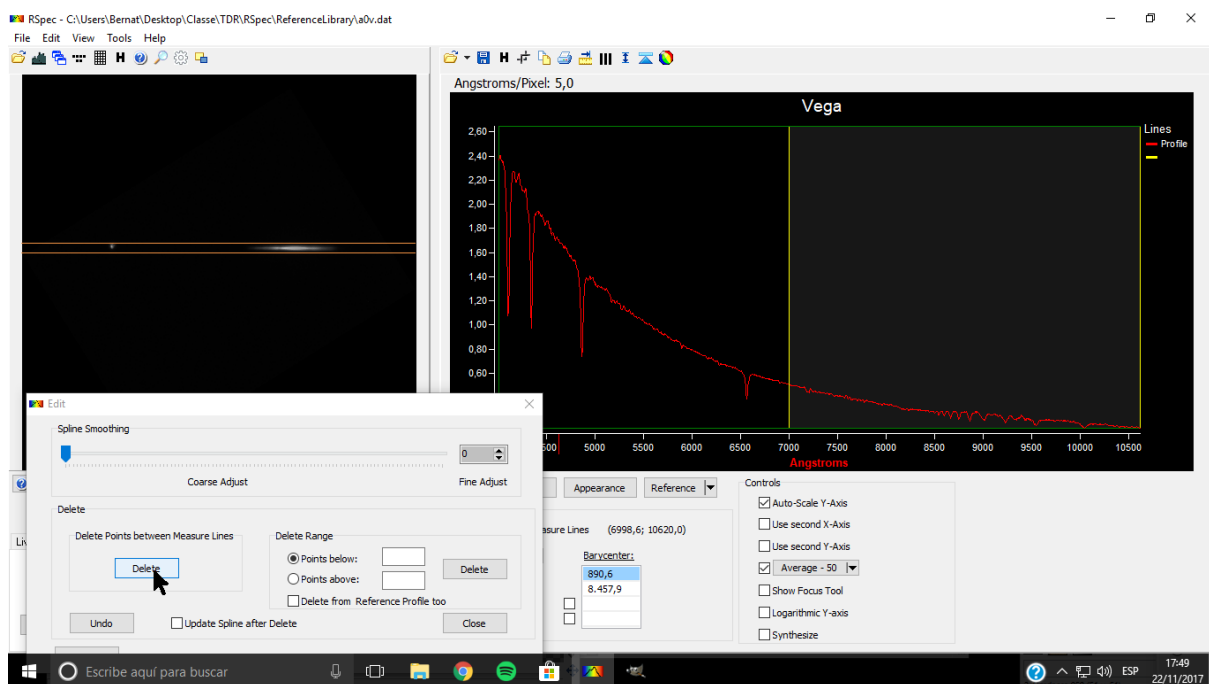


Figura 44. Protocol Rspec 20

Procediment experimental

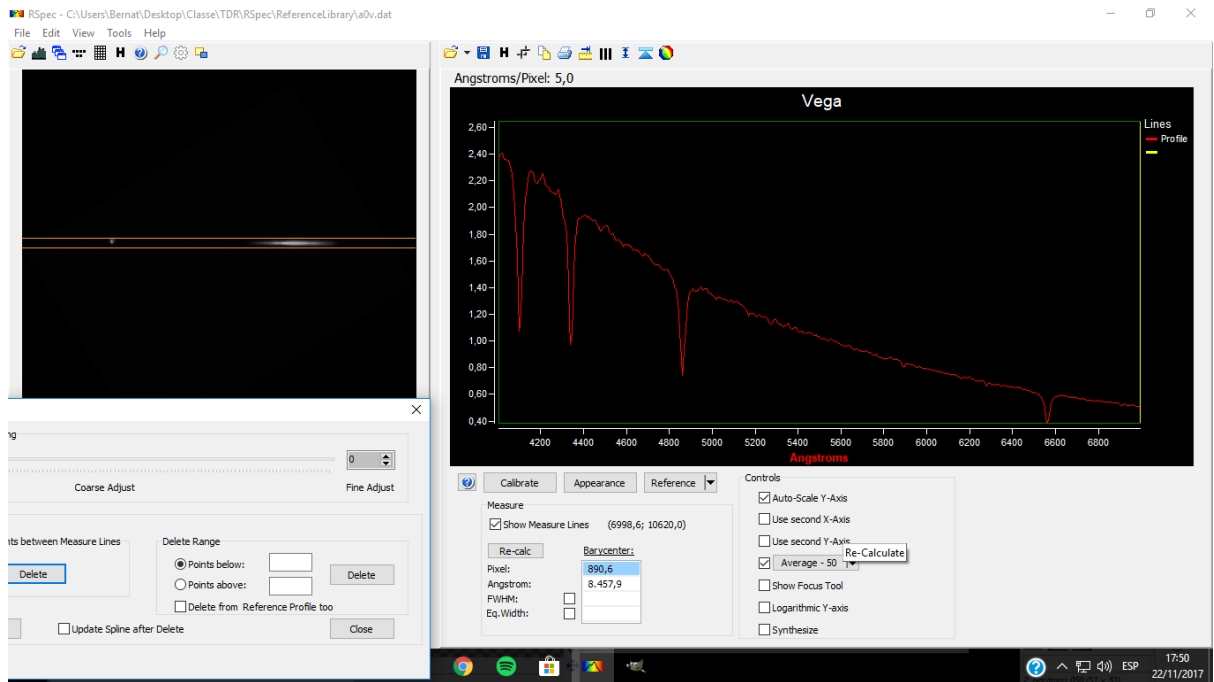


Figura 45. Protocol Rspec 21

Ara hem d'eliminar les línies d'absorció.

Primer hem d'eliminar a mà les línies més pronunciades, ja que ens podríem afectar després quan suavitzem les altres. Utilitzem les barres grogues i pitgem delete.

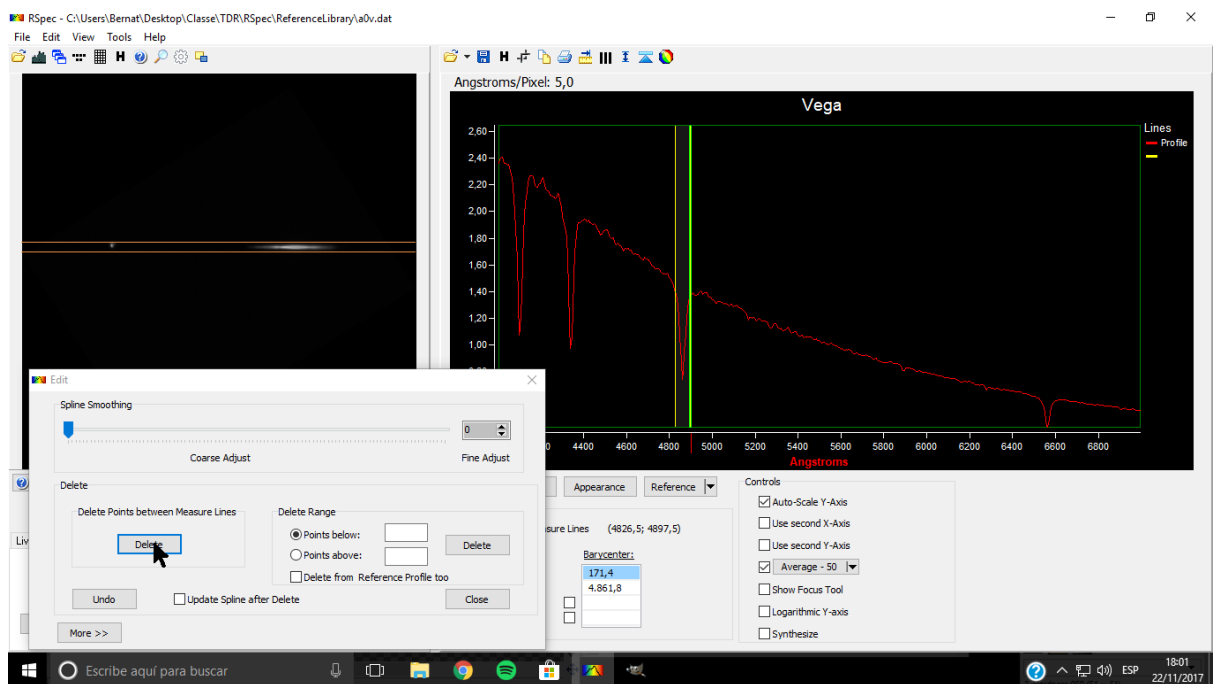


Figura 46. Protocol Rspec 22

Procediment experimental

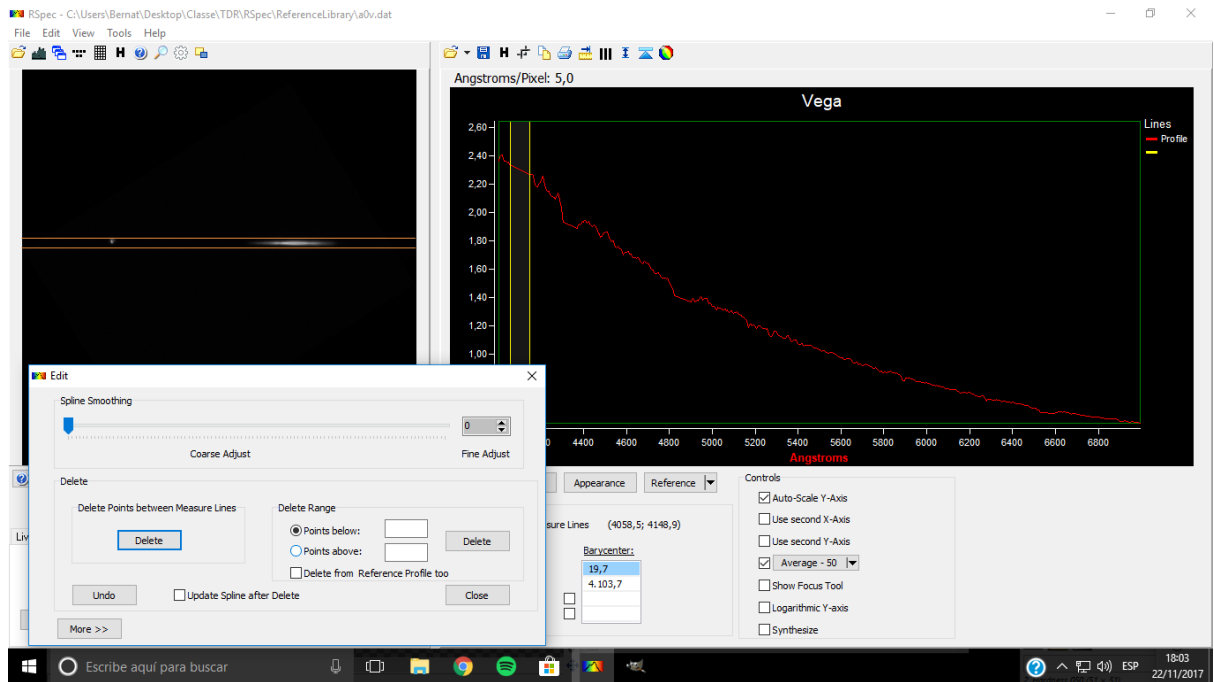


Figura 47. Protocol Rspec 23

Es útil utilitzar la rodeta del ratolí per fer zoom (doble clic per tornar a la visualització original).

Després utilitzem l'opció *Coarse adjust* per a suavitzar totes les altres i obtenir una línia regular

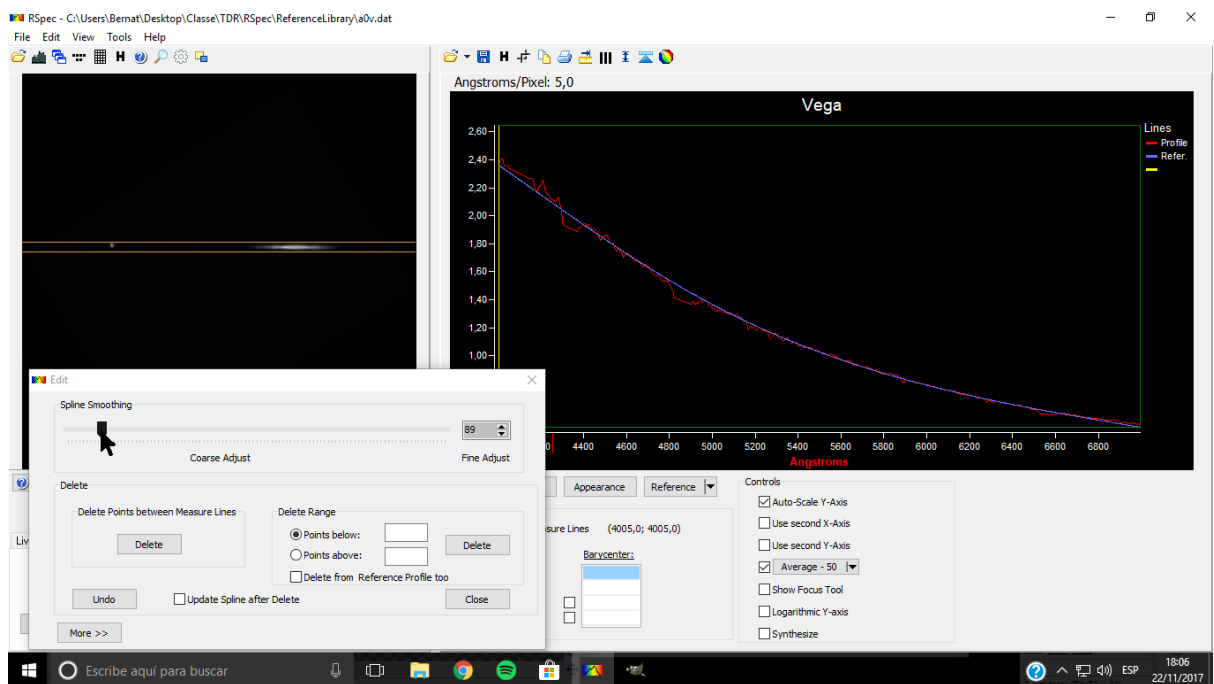


Figura 48. Protocol Rspec 24

En acabat guardem l'espectre de referència a la llibreria de referència

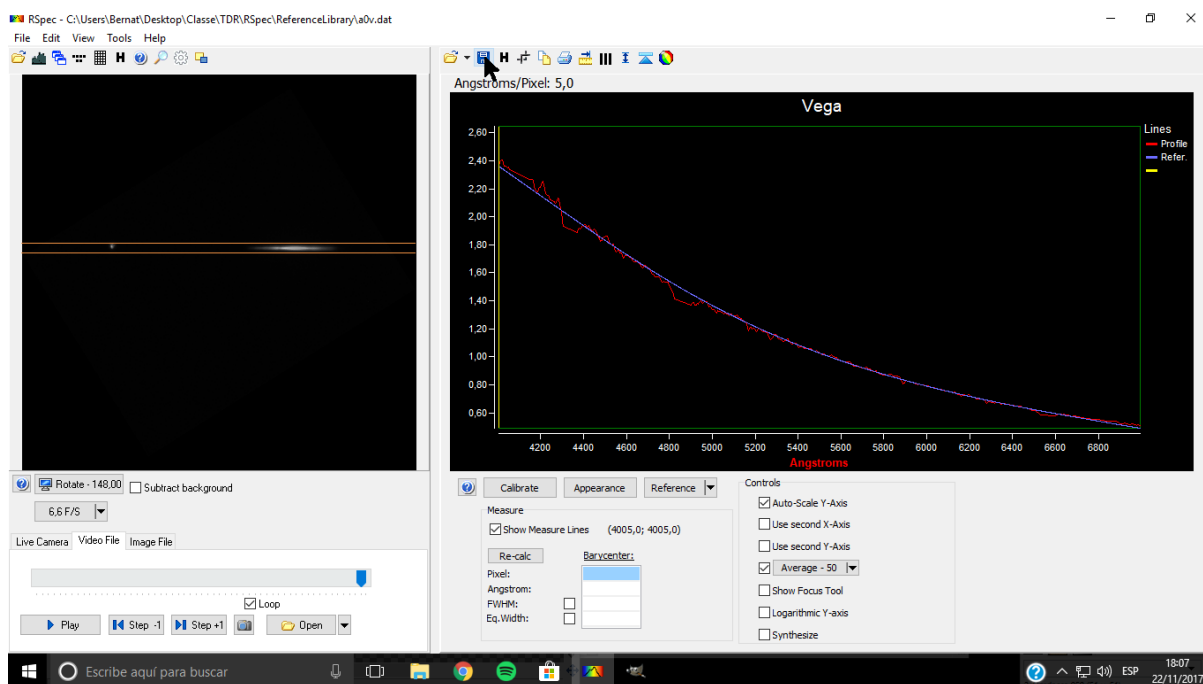


Figura 49. Protocol Rspec 25

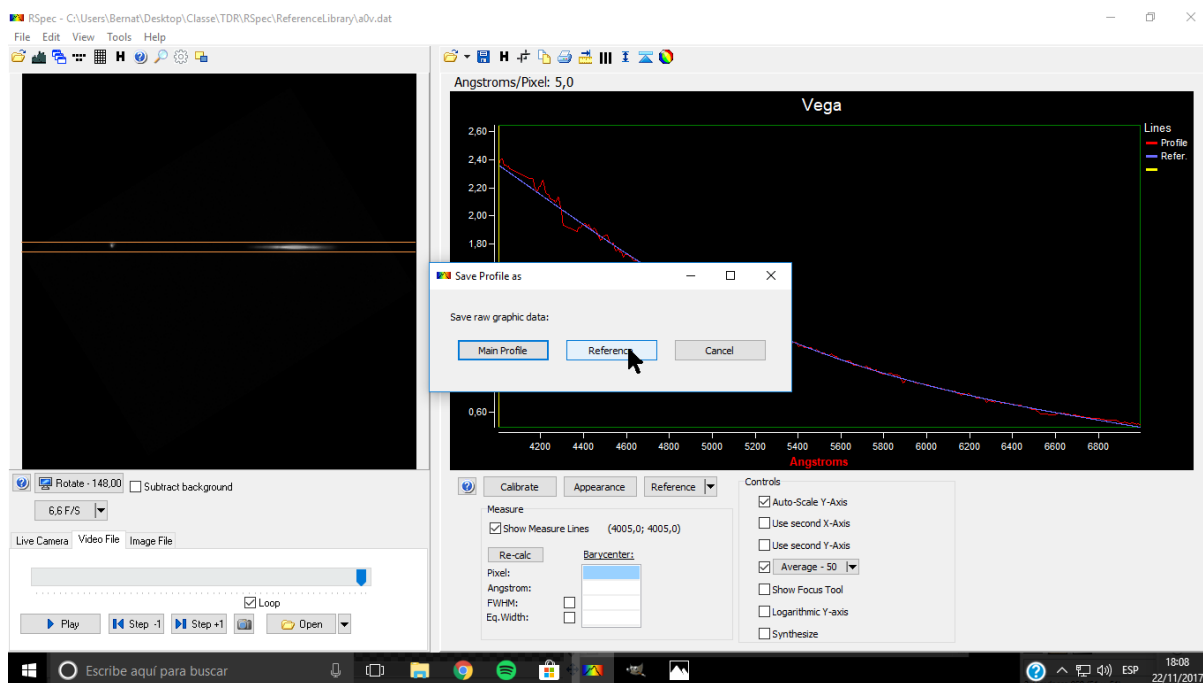


Figura 50. Protocol Rspec 26

Procediment experimental

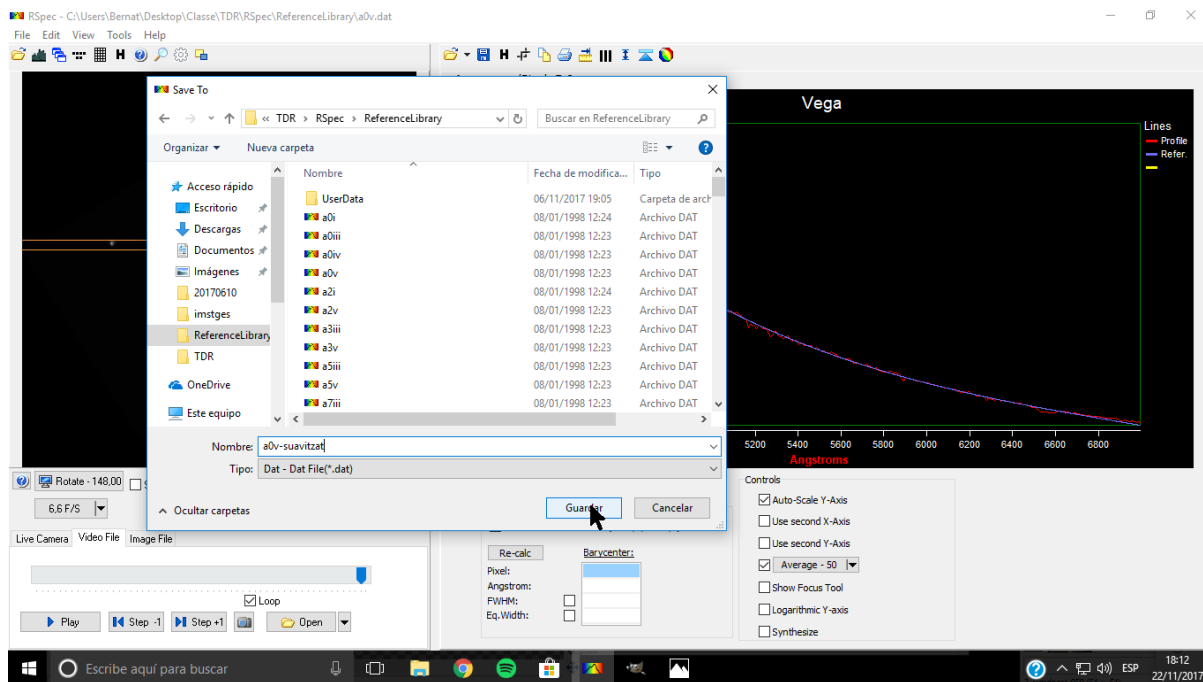


Figura 51. Protocol Rspec 27

Quan tenim la referència suavitzada preparada tornem a obrir el nostre espectre i tornem a pitjar a *reference*

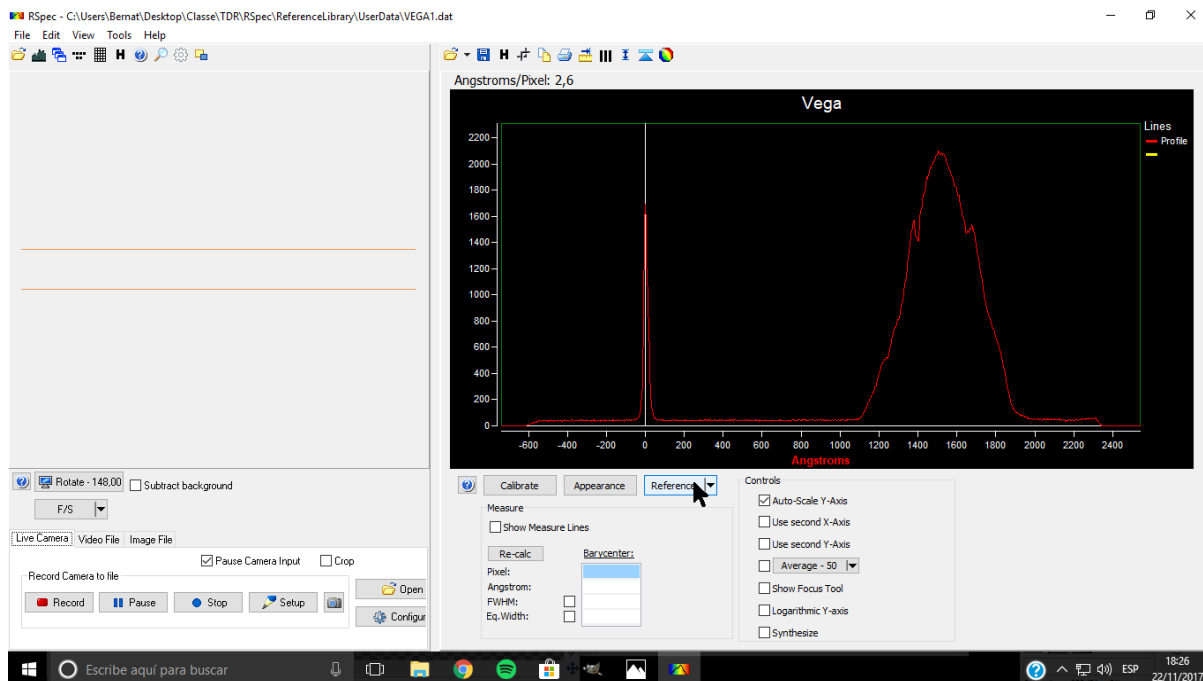


Figura 52. Protocol Rspec 28

Procediment experimental

i a aquest cop a *open reference series*

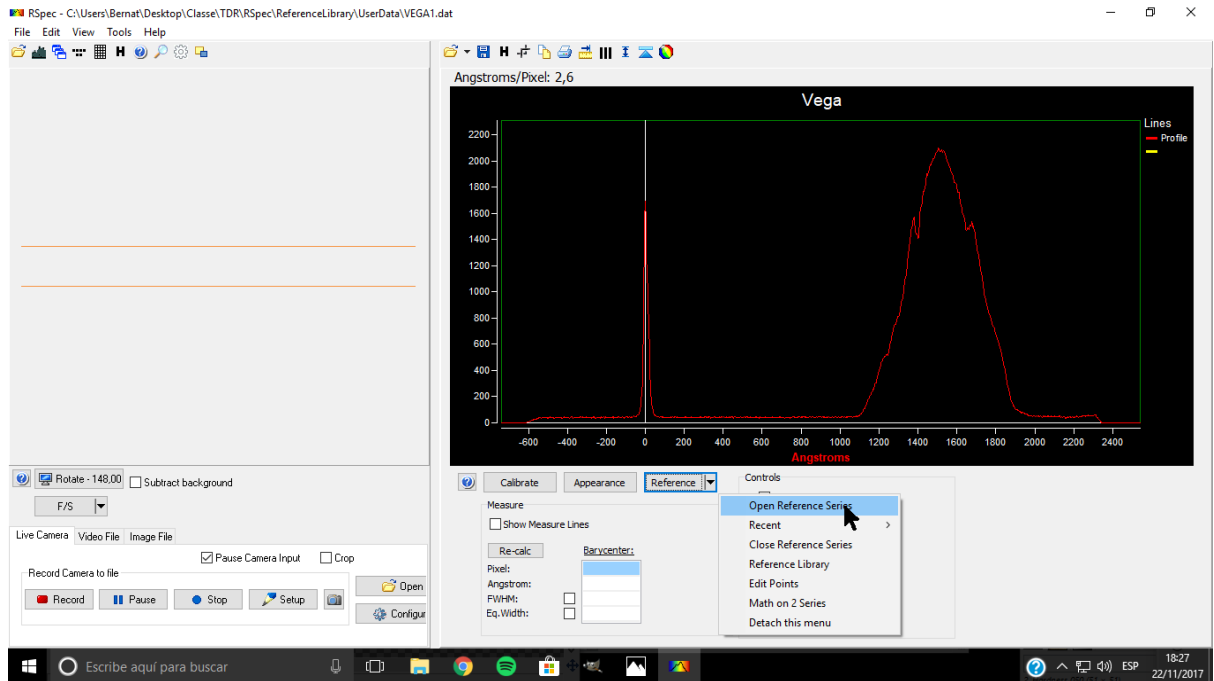


Figura 53. Protocol Rspec 29

i obrim la referència suavitzada

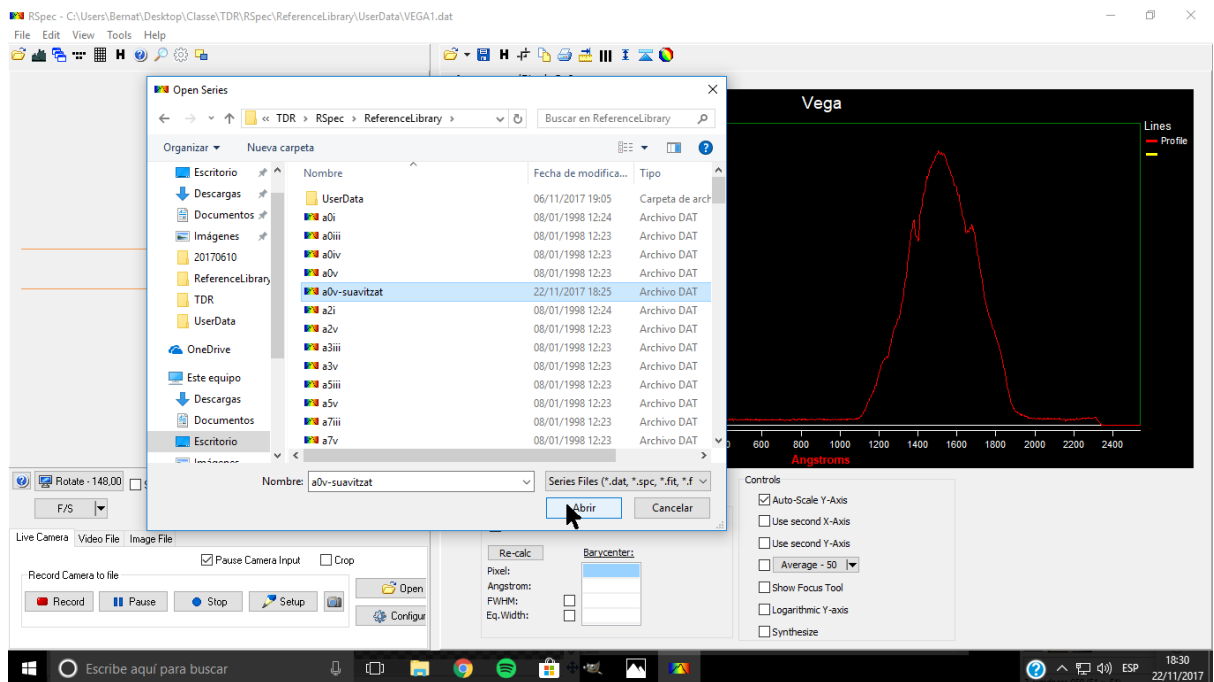


Figura 54. Protocol Rspec 30

Procediment experimental

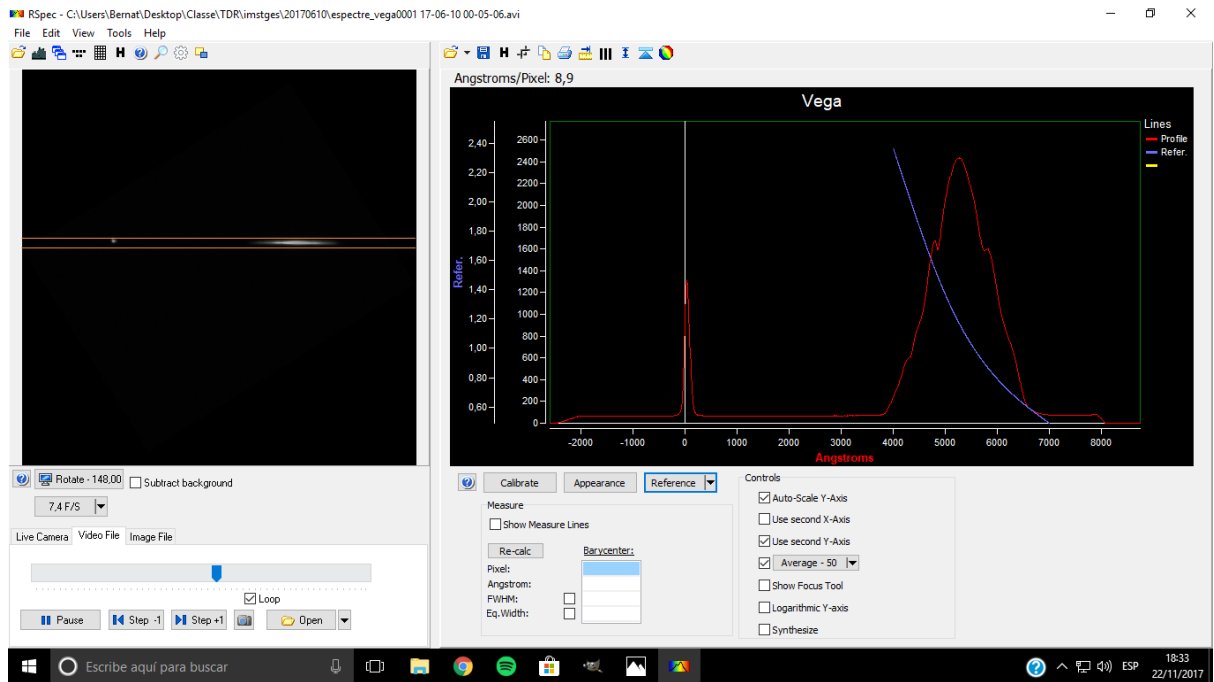


Figura 55. Protocol Rspec 31

Ara a reference pitgem Math on 2 series

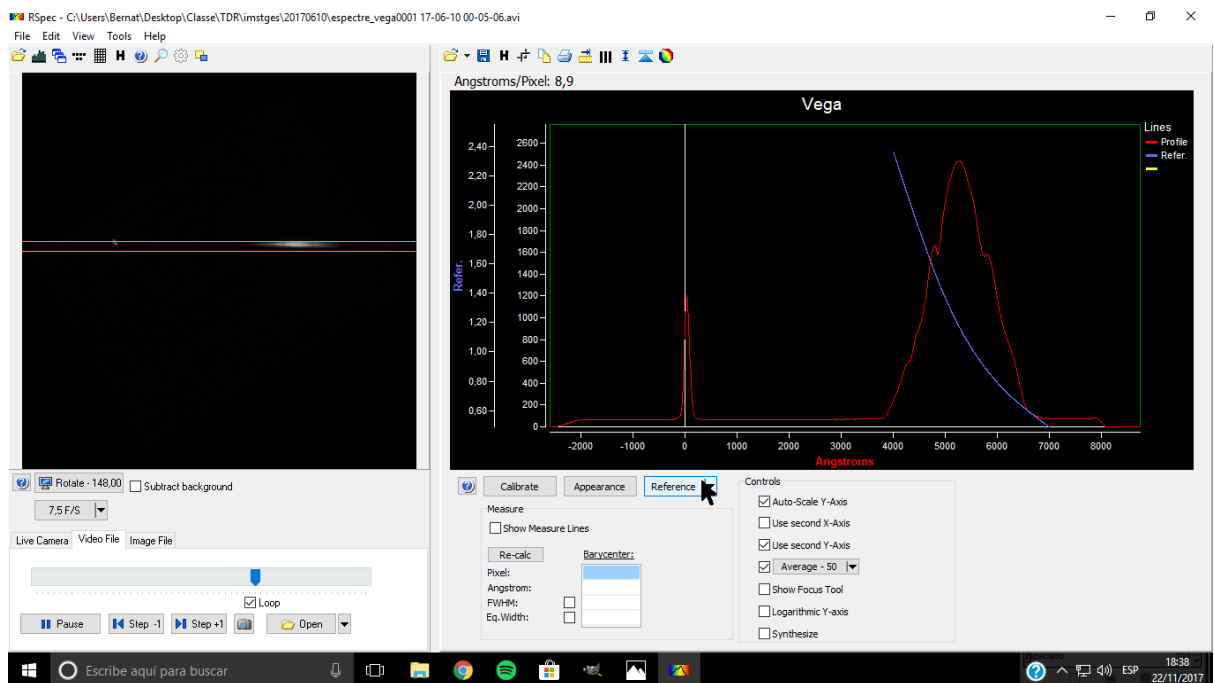


Figura 56. Protocol Rspec 32

Procediment experimental

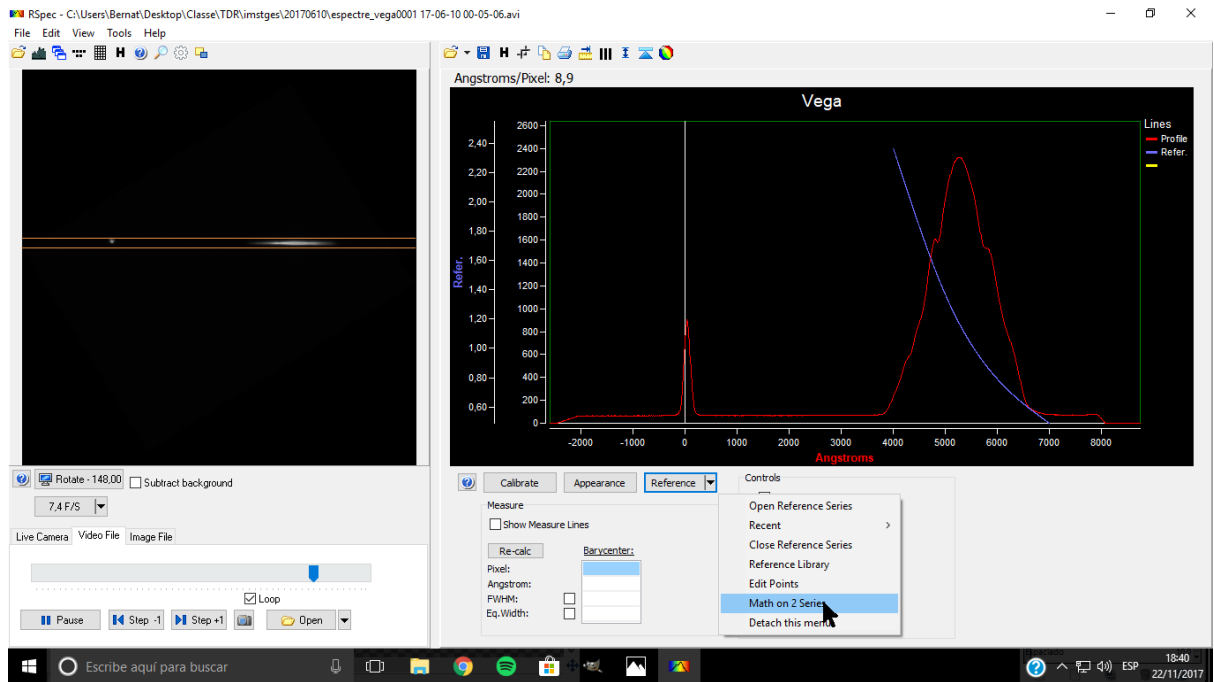


Figura 57. Protocol Rspec 33

I dividim el perfil principal entre la referència

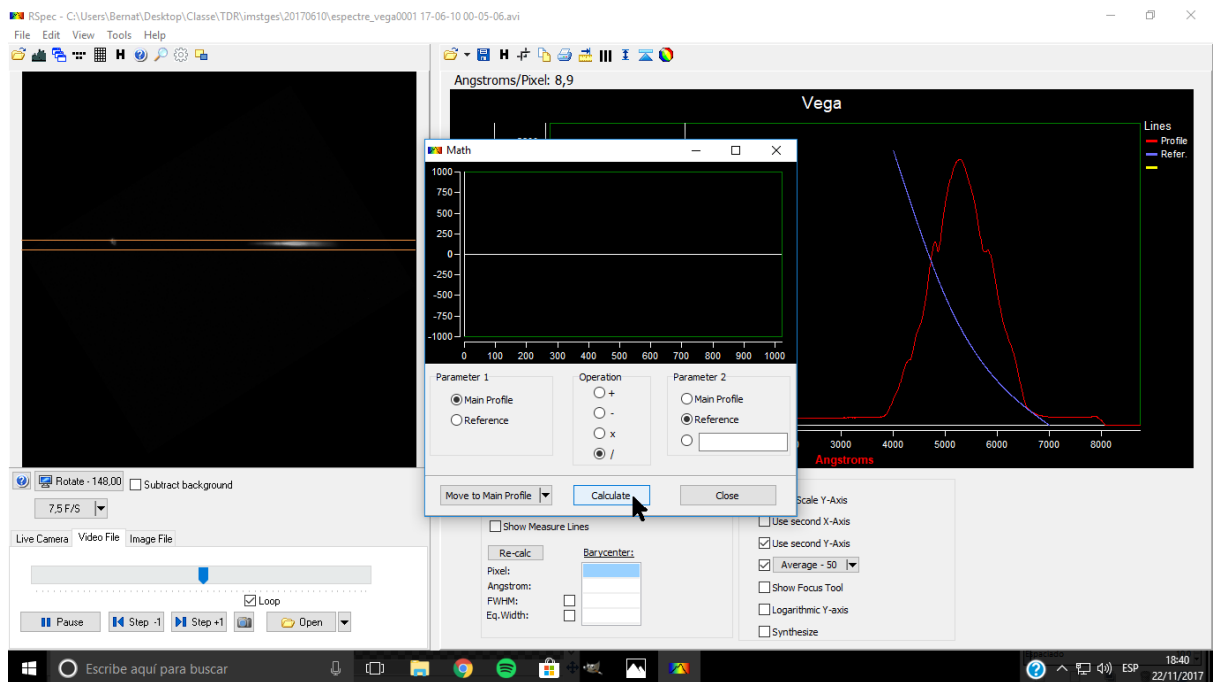


Figura 58. Protocol Rspec 34

Procediment experimental

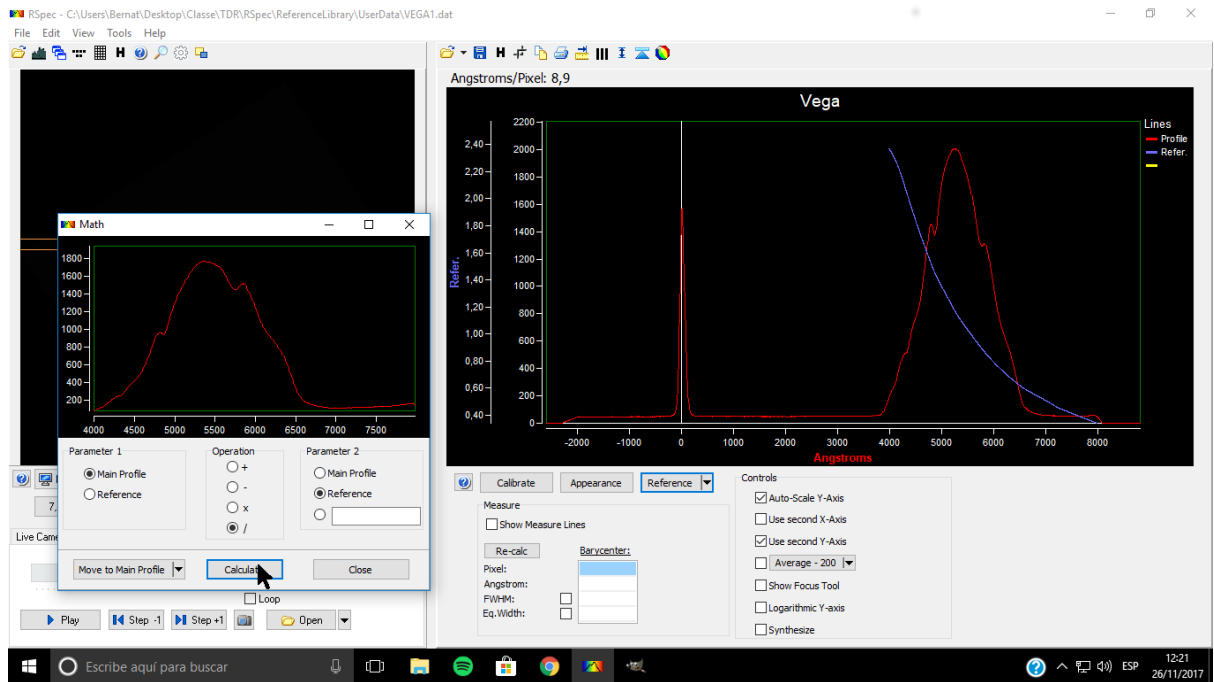


Figura 59. Protocol Rspec 35

Esborrem la línia de referència des de *reference, close reference series*

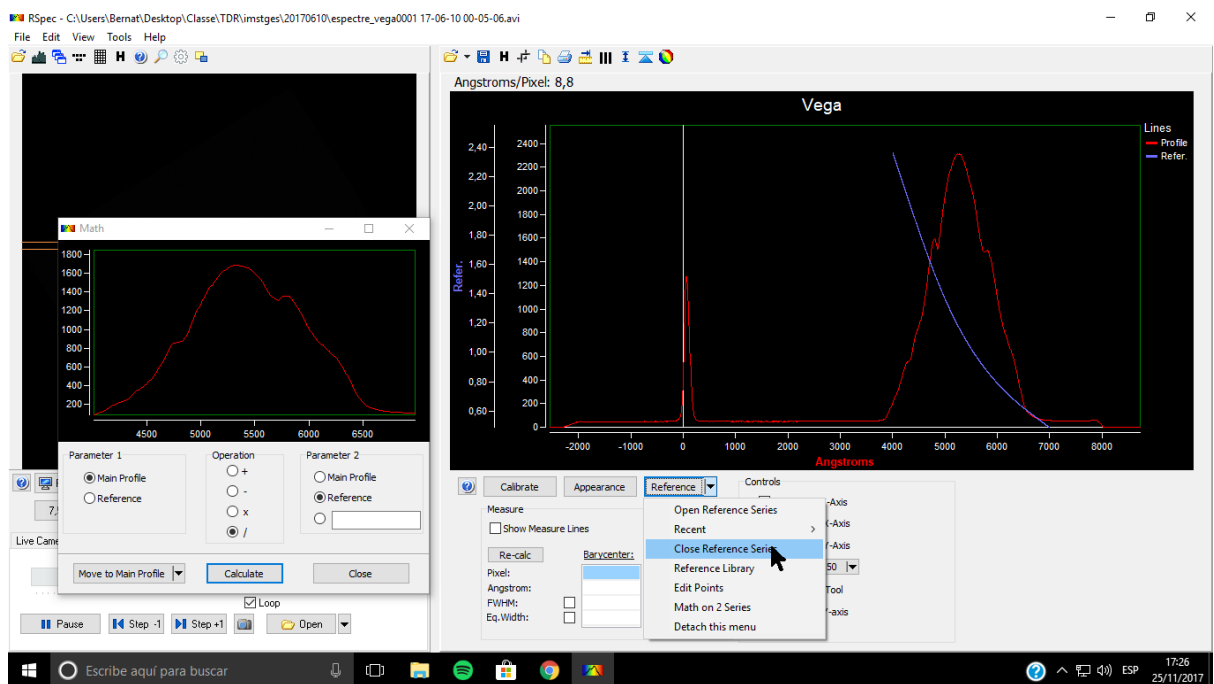


Figura 60. Protocol Rspec 36

I movem el resultat al perfil principal

Procediment experimental

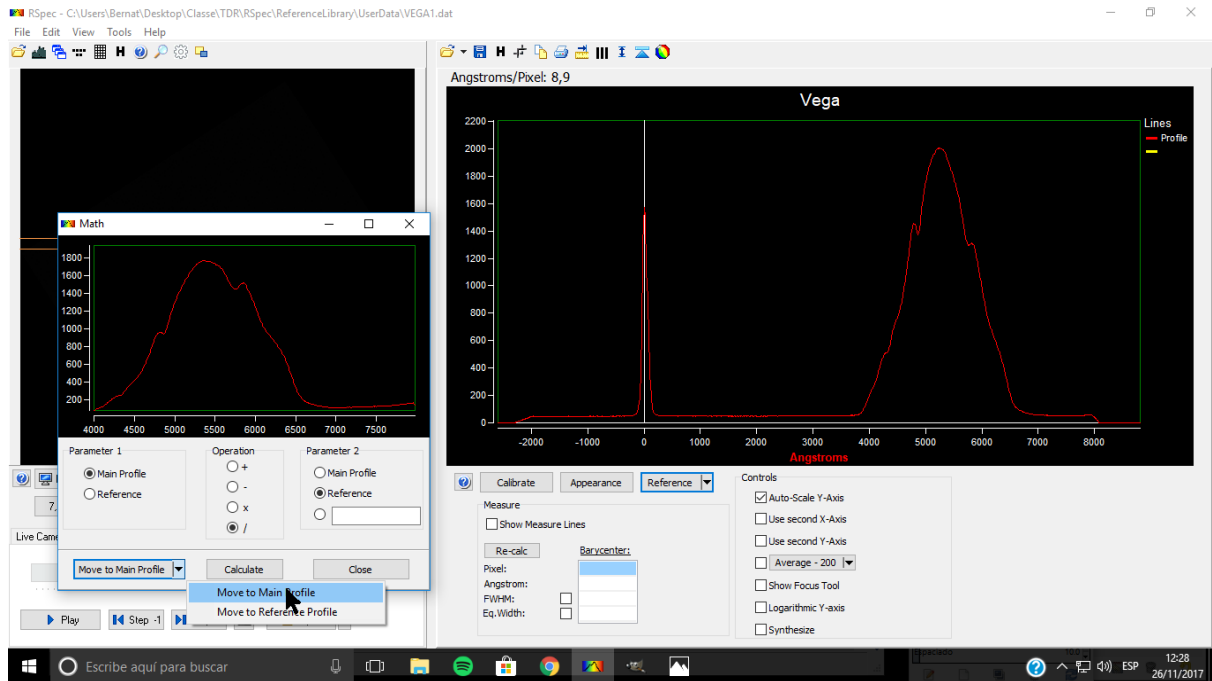


Figura 61. Protocol Rspec 37

Un altre cop a *reference*, *edit points*, utilitzem l'opció *coarse ajust* per a suavitzar la línia.

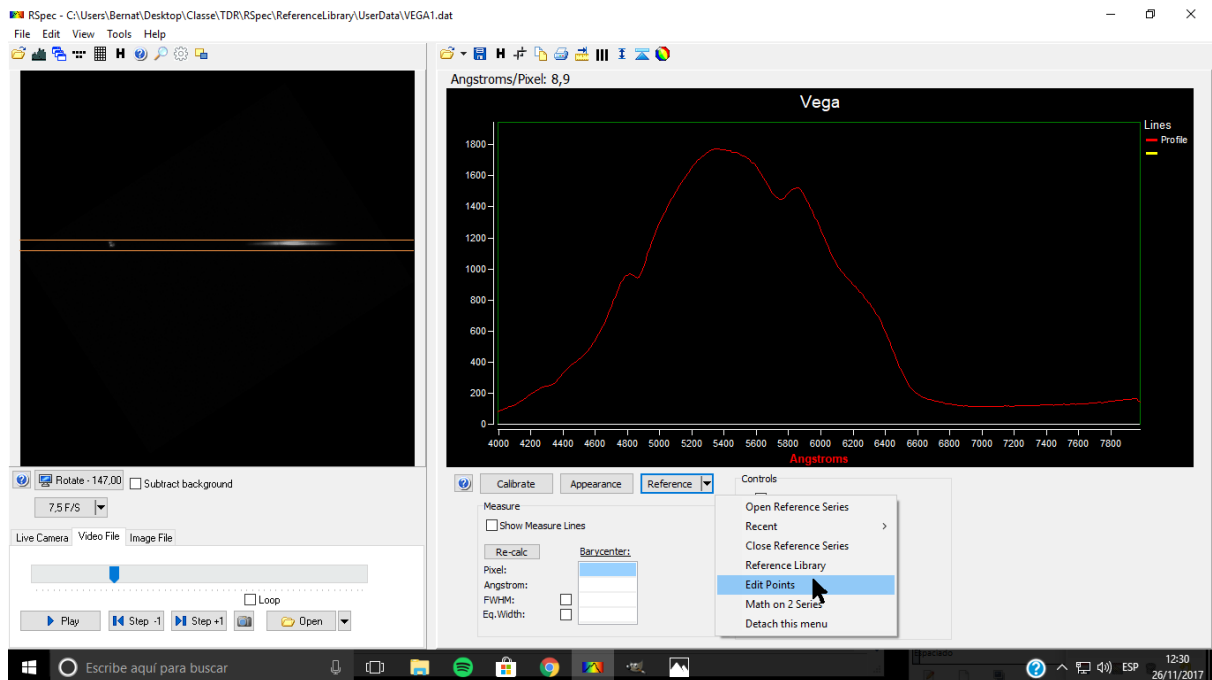


Figura 62. Protocol Rspec 38

Procediment experimental

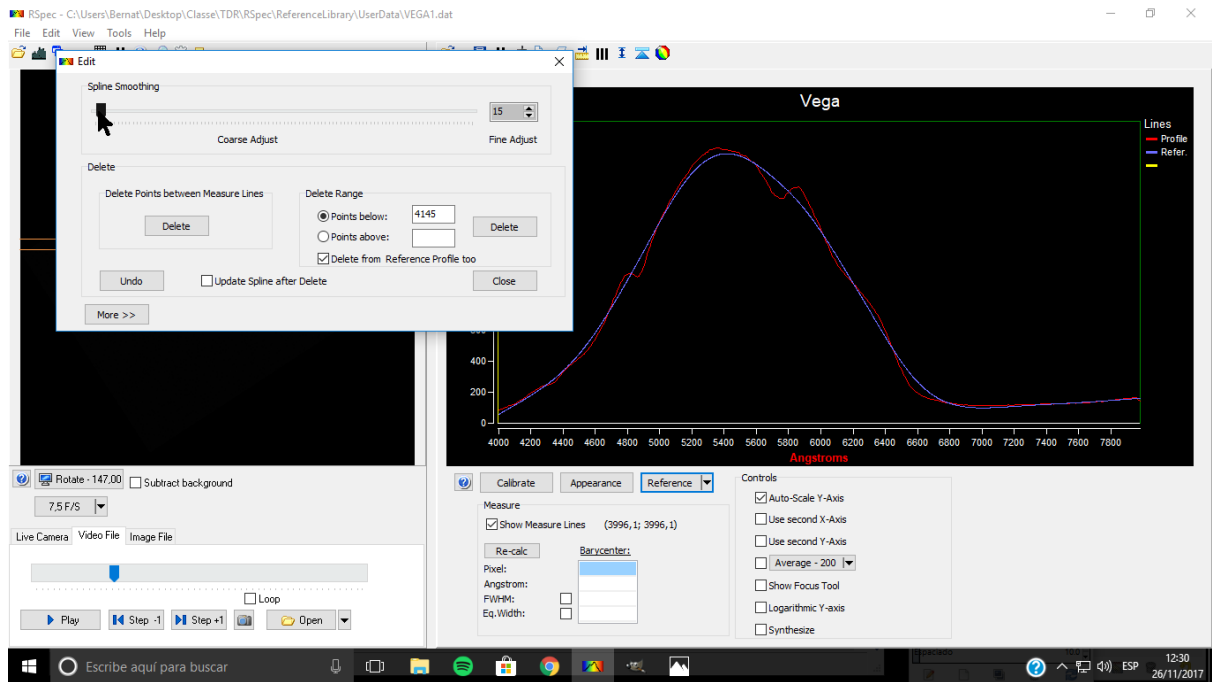


Figura 63. Protocol Rspec 39

En el cas que arribi a zero eliminem l'extrem esquerre de la línia de referència, ja que valors tan baixos afectarien a divisions que farem més endavant. Utilitzem l'opció *delete range*.

Seleccionem l'opció *points below*, hi posem el número d'amstrongs on la línia de referència passa més o menys pels 200 d'alçada i premem *delete*. És molt important que la opció *Delete from reference profile too* estigui marcada, ja que el perfil de referència és el que busquem.

Procediment experimental

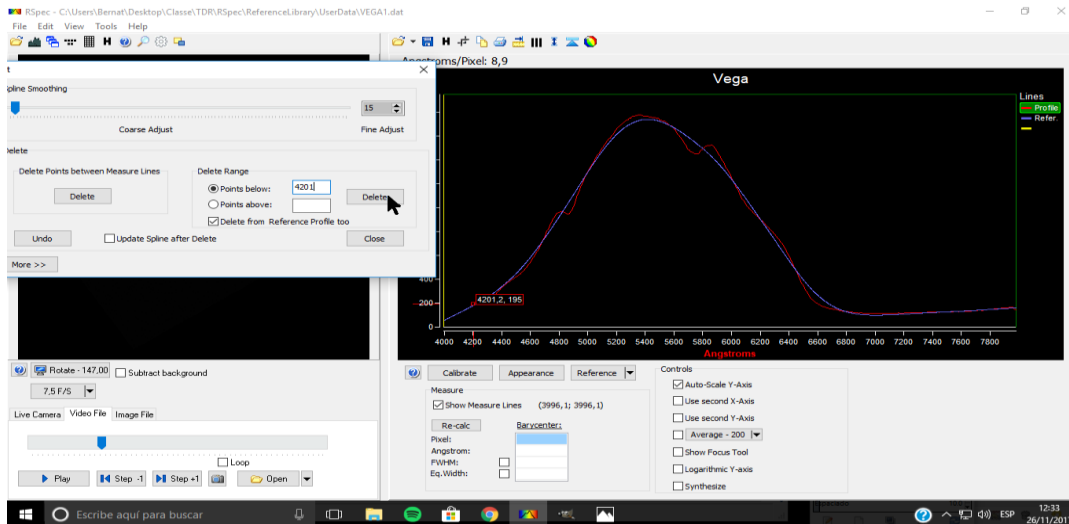


Figura 64. Protocol Rspec 40

Un cop tenim la gràfica resultant de la divisió suavitzada (i hem comprovat que no arriba a zero) la guardem. Ja tenim l'arxiu de resposta de l'instrument.

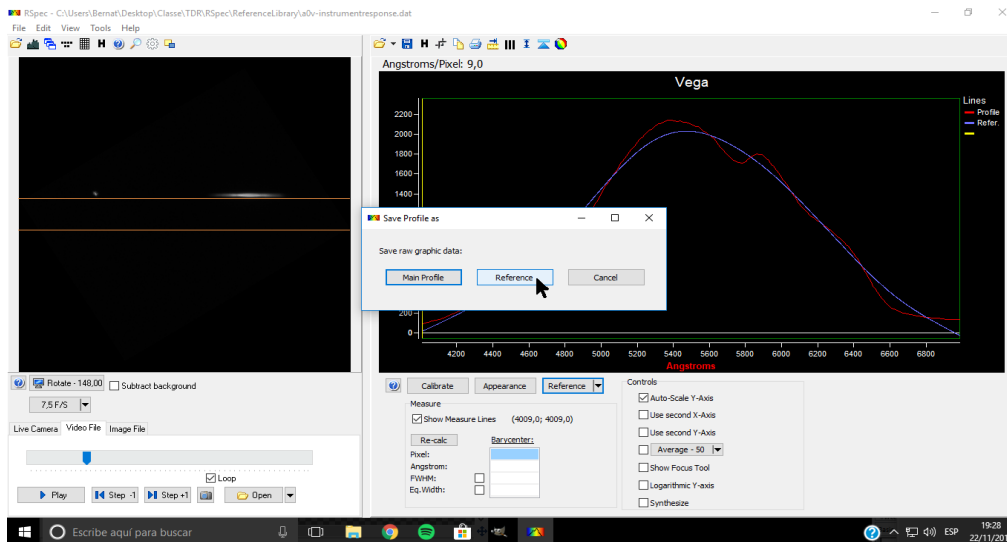


Figura 65. Protocol Rspec 41

Procediment experimental

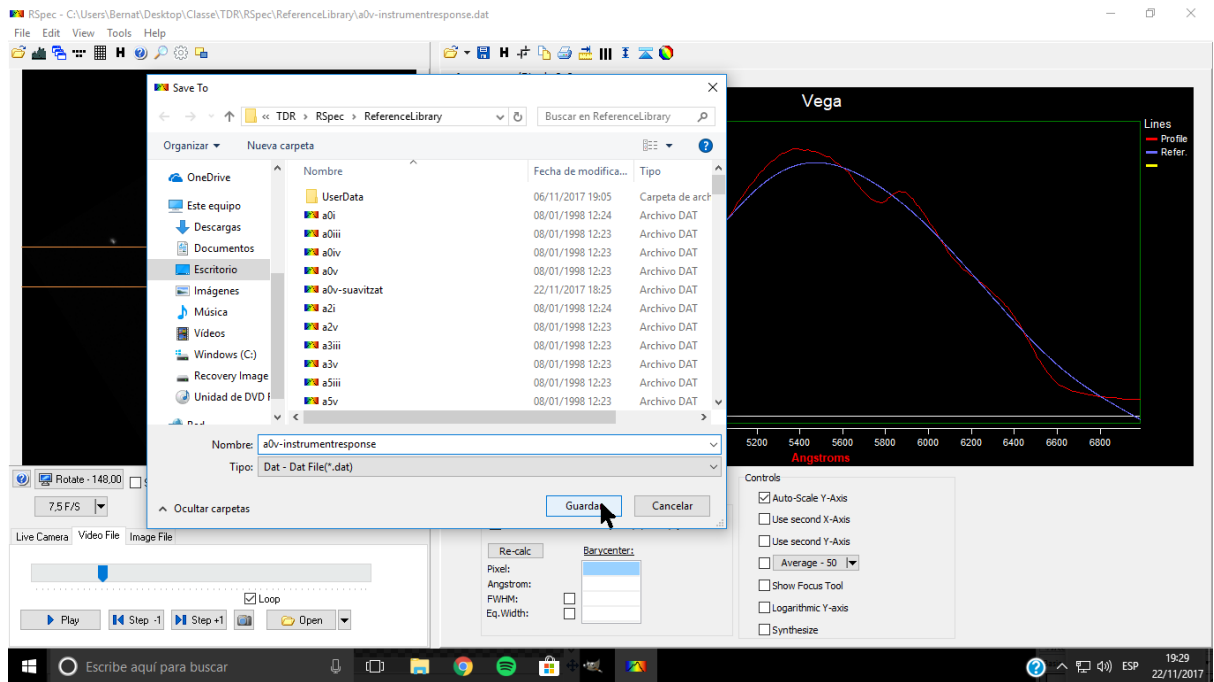


Figura 66. Protocol Rspec 42

Ara comprovarem que la resposta d'instrument sigui correcta. Obrim el nostre espectre i , a *reference*, cliquem a *open reference series*

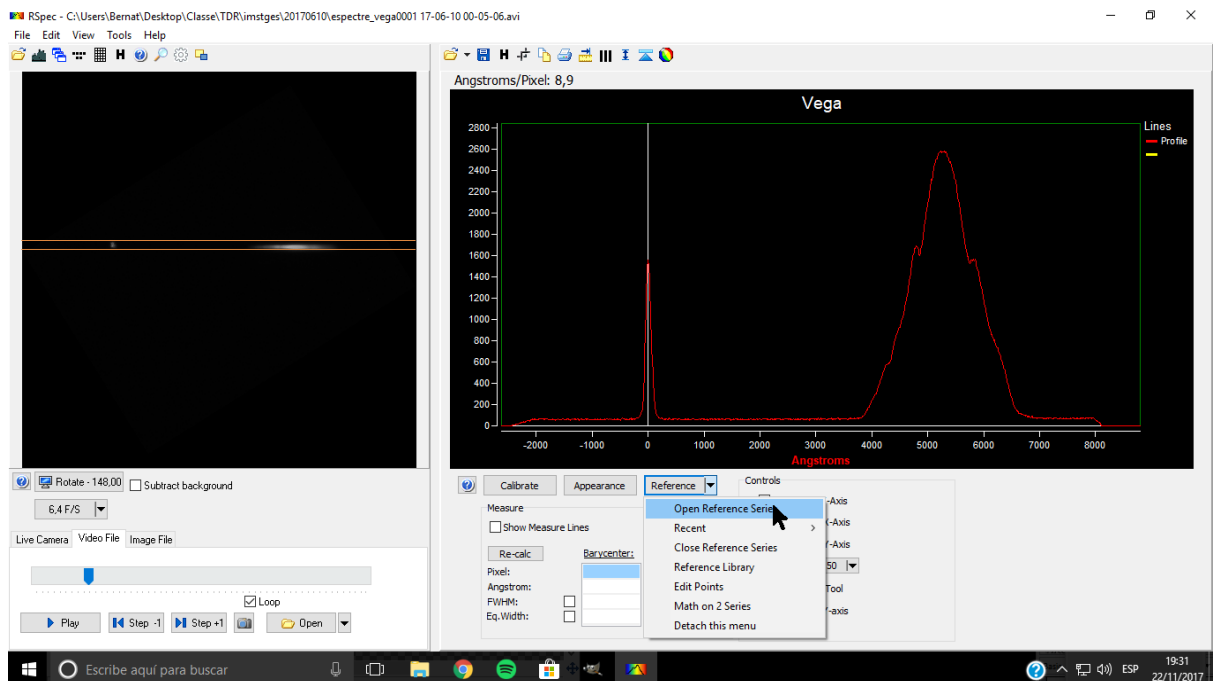


Figura 67. Protocol Rspec 43

Procediment experimental

Després obrim la resposta d'instrument

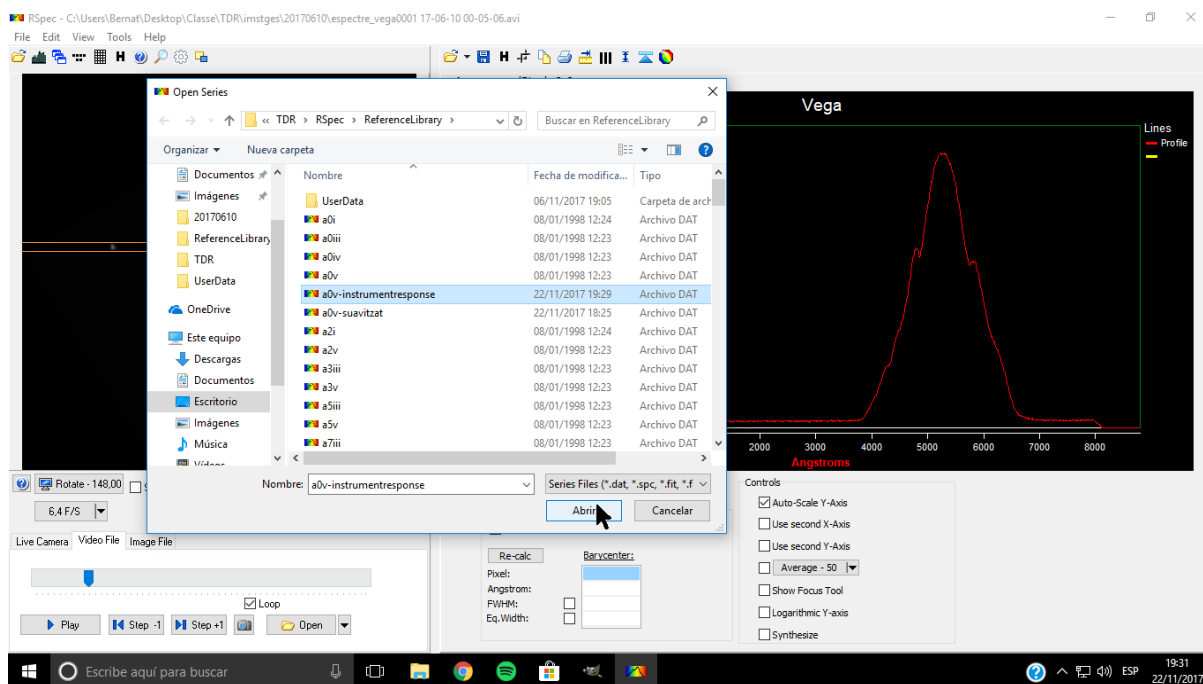


Figura 68. Protocol Rspec 44

I dividim el nostre espectre entre la resposta de l'instrument, amb *math on two points*

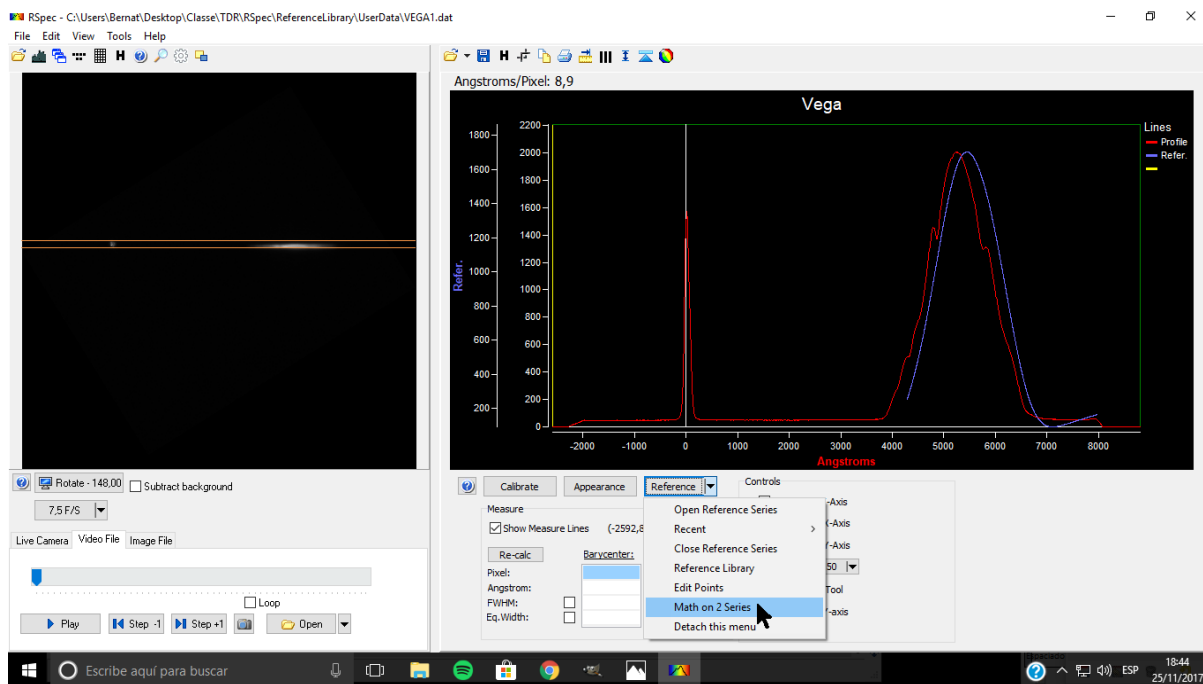


Figura 69. Protocol Rspec 45

Procediment experimental

Un cop ho hem calculat, esborrem la *resposta d'instrument*

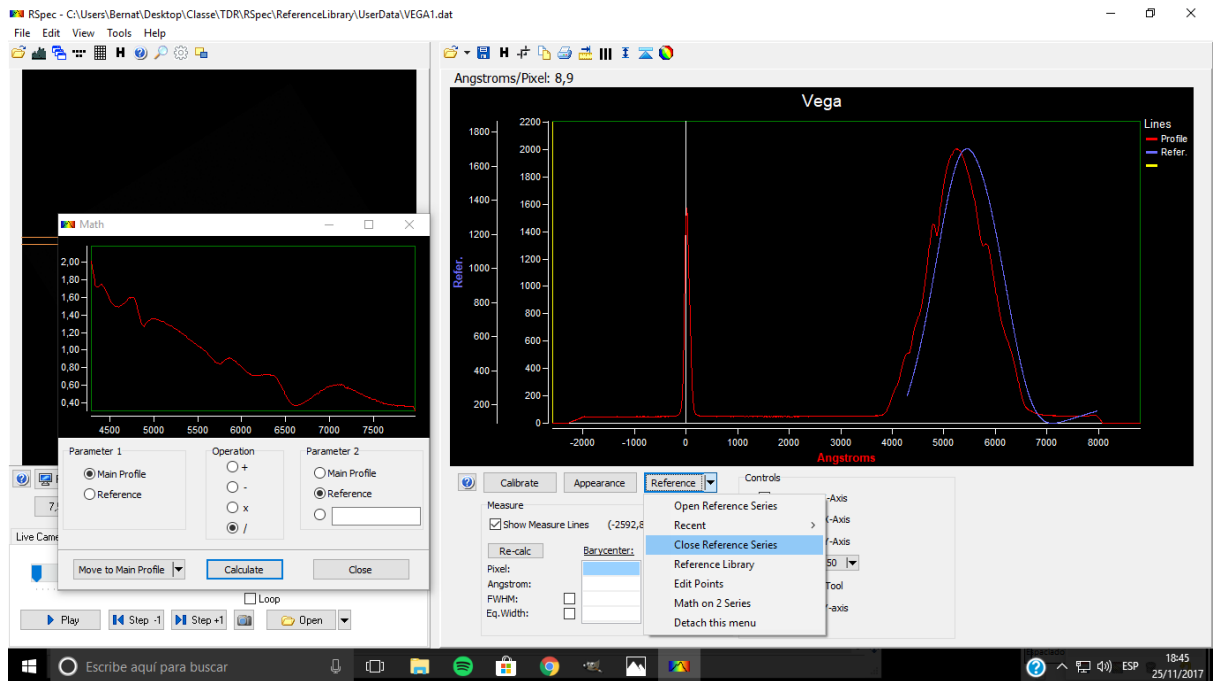


Figura 70. Protocol Rspec 46

i movem la gràfica al perfil principal.

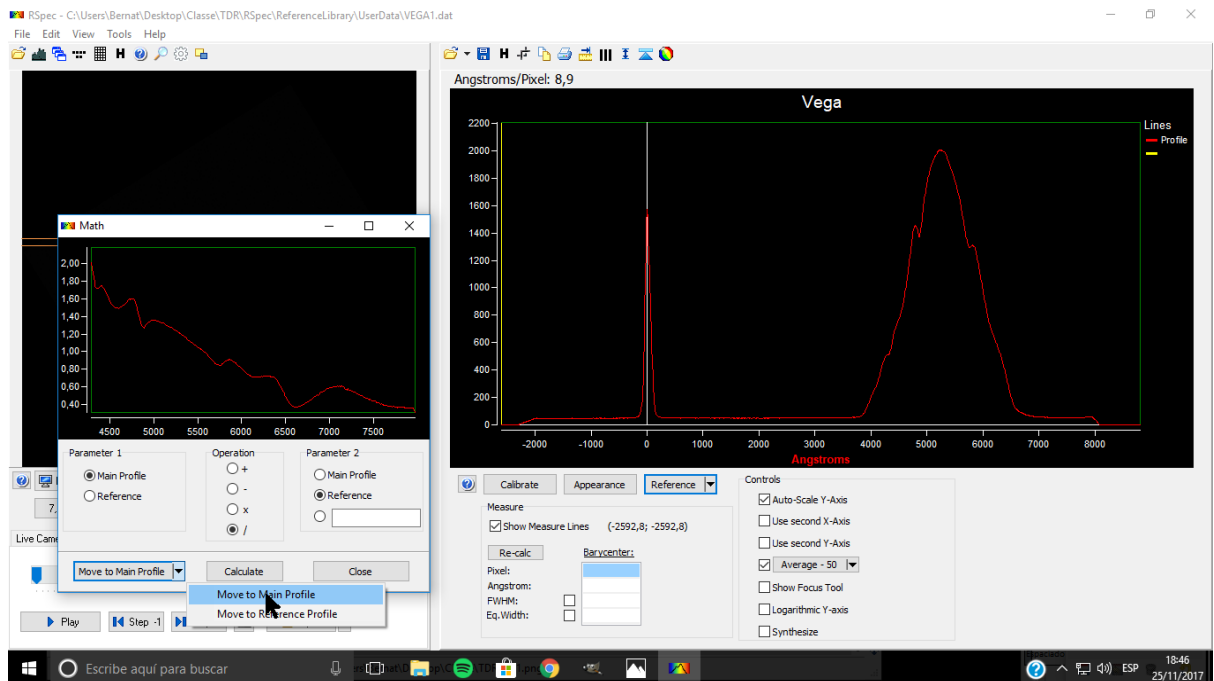


Figura 71. Protocol Rspec 47

Procediment experimental

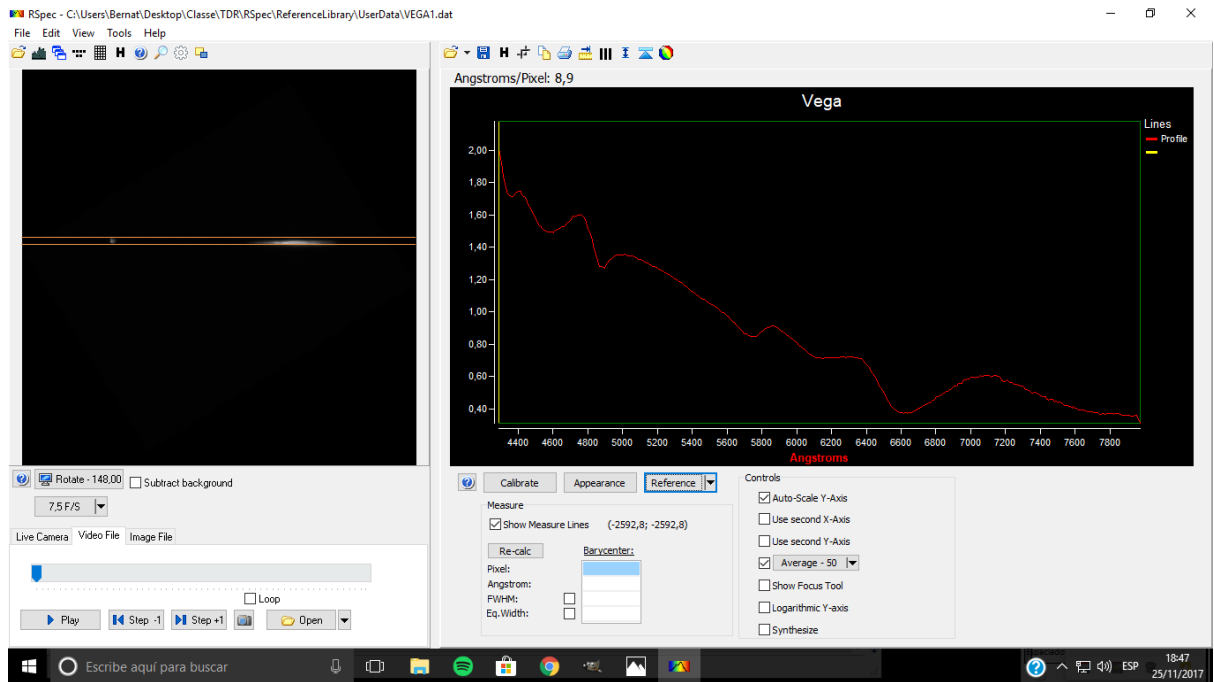


Figura 72. Protocol Rspec 48

Així hem obtingut l'espectre processat de Vega, per comprovar que sigui correcte obrim dins la llibreria de referències l'espectre tipus A0V

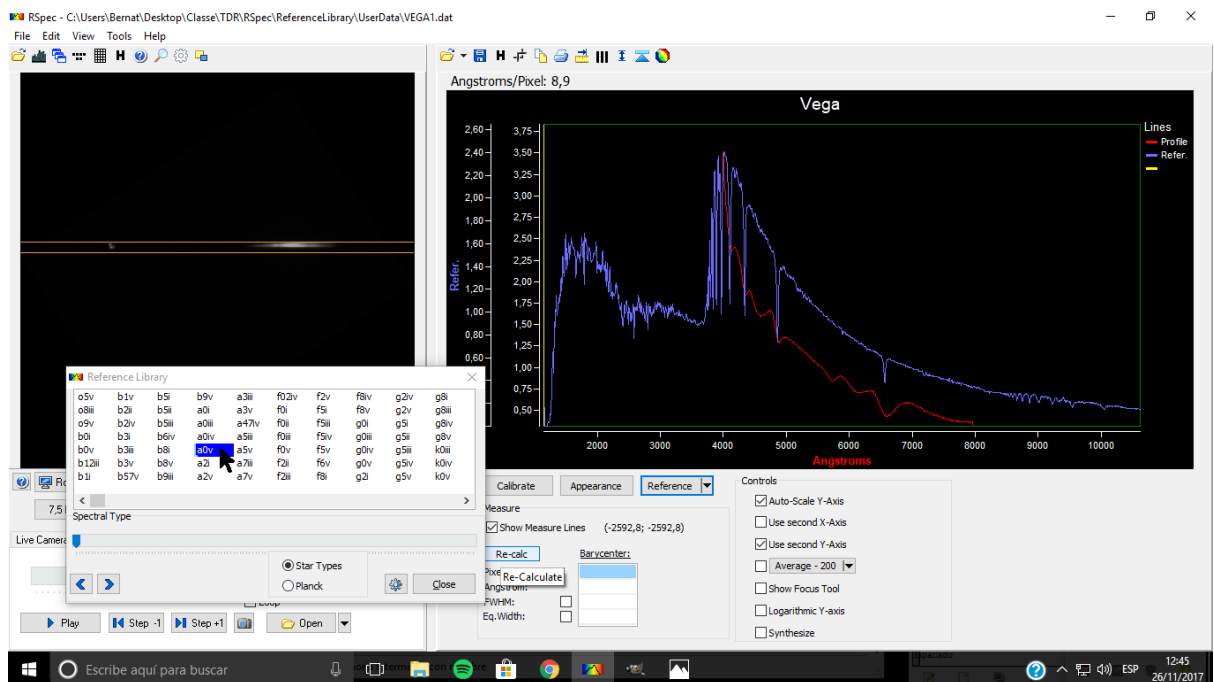


Figura 73. Protocol Rspec 49

Com podem veure les línies d'absorció coincideixen en ambdós espectres, per tant el nostre és correcte.

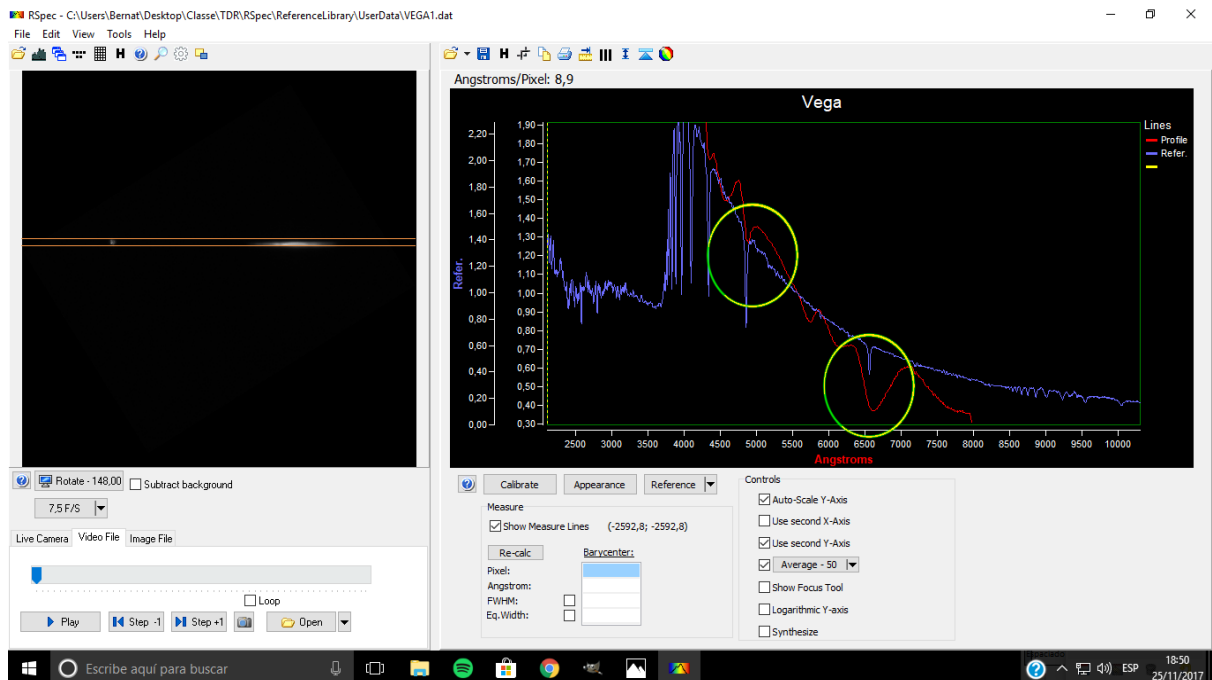


Figura 74. Protocol Rspec 50

Evidentment no podem obtenir un espectre exactament igual que el professional amb el nostre equipament, però no suposa un problema, ja que no necessitem tal nivell de detall per distingir coses com els elements principals dels que està format l'estel que observem o per exemple el seu tipus estel·lar, i per tant la seva temperatura. És més, aquest espectre l'hem fet a partir d'una sola imatge, i els que utilitzarem al treball seran fets a partir de moltes imatges; hem de recordar que l'espectre de Vega només l'hem fet per preparar la calibració i la resposta d'instrument a partir d'una estrella coneguda.

4.1.3 CALIBRAR L'ESPECTRE DE SATURN

Apretar a obrir arxiu, buscar-lo a l'ordinador i obrir-lo

Procediment experimental

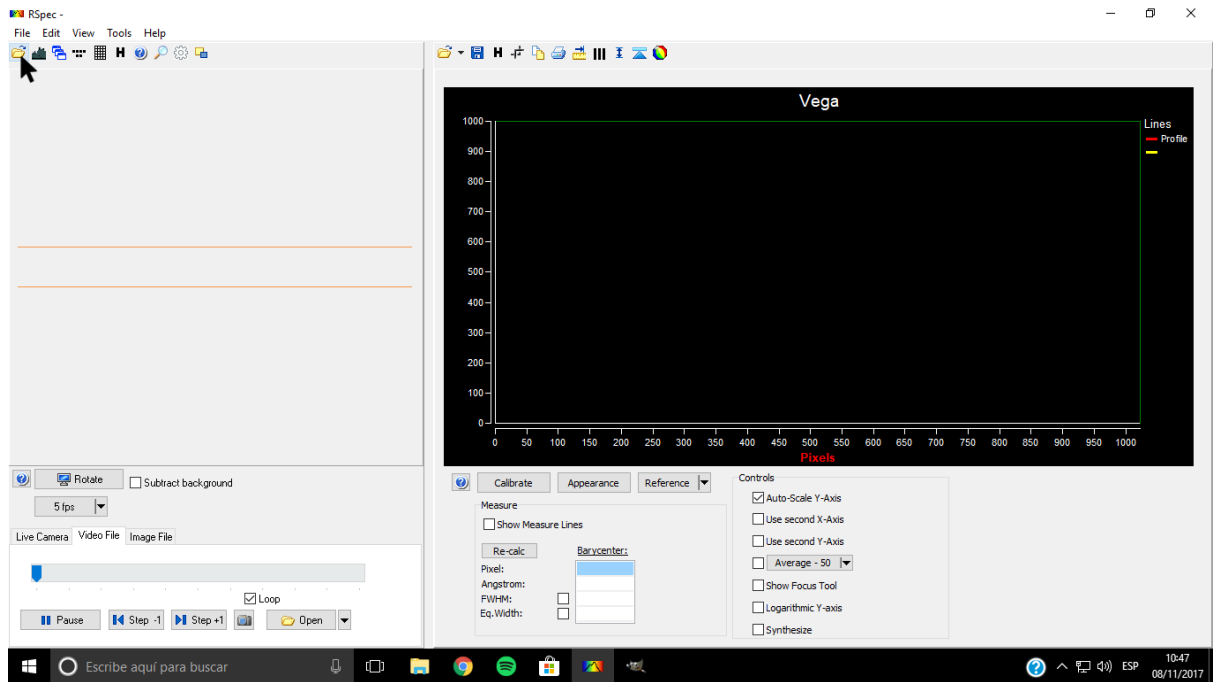


Figura 75. Protocol Rspec 51

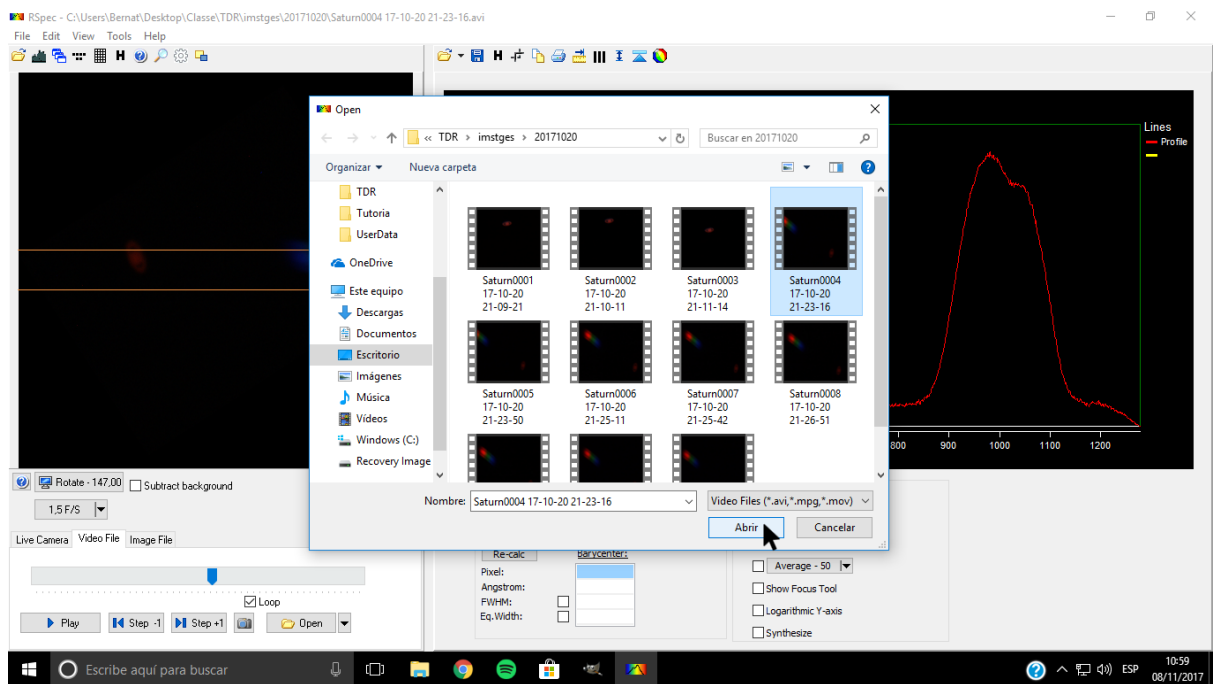


Figura 76. Protocol Rspec 52

Utilitzar Rotar per a posar l'espectre i l'estrella en horitzontal

Procediment experimental

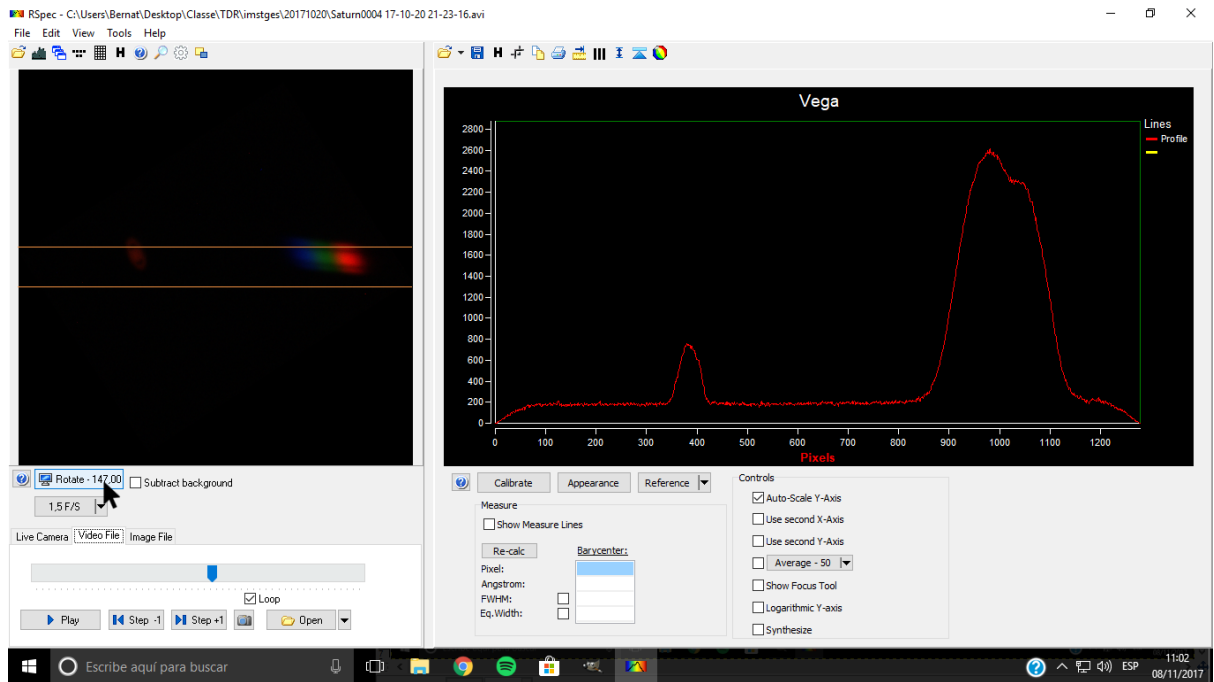


Figura 77. Protocol Rspec 53

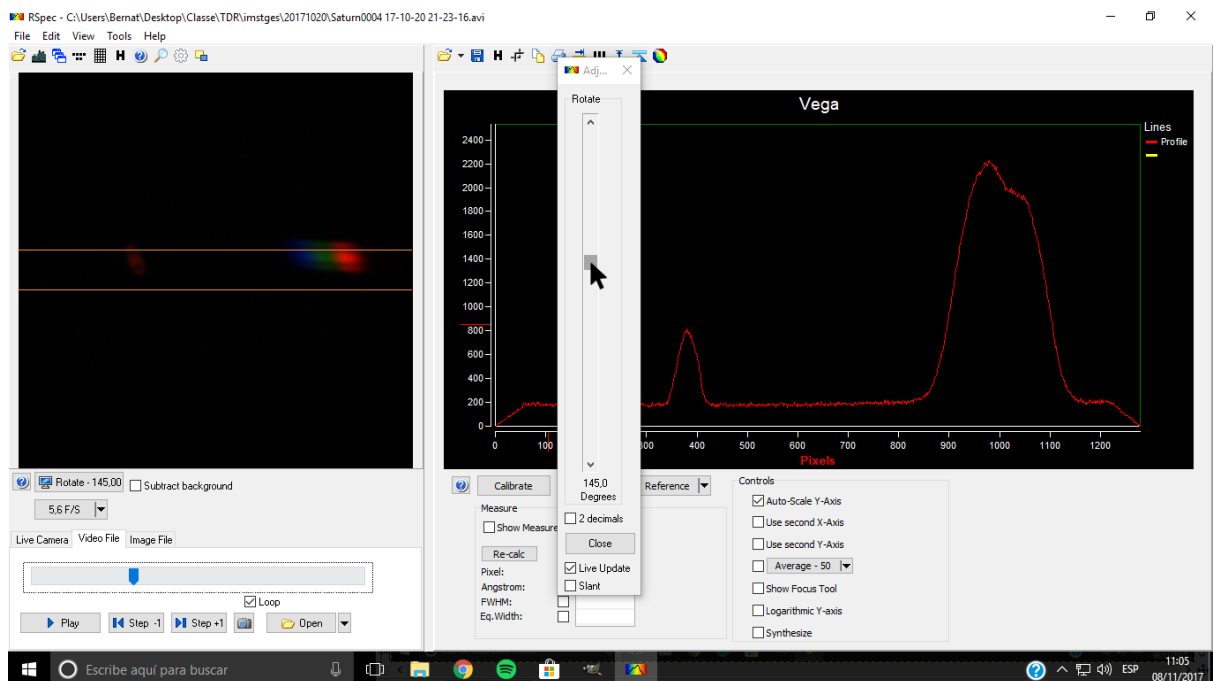


Figura 78. Protocol Rspec 54

Ajustar les línies taronges per a deixar el mínim espai possible entre elles i dins només hi hagi l'espectre i l'estrella

(podem utilitzar el botó de zoom per a ajustar-ho tot millor)

Procediment experimental

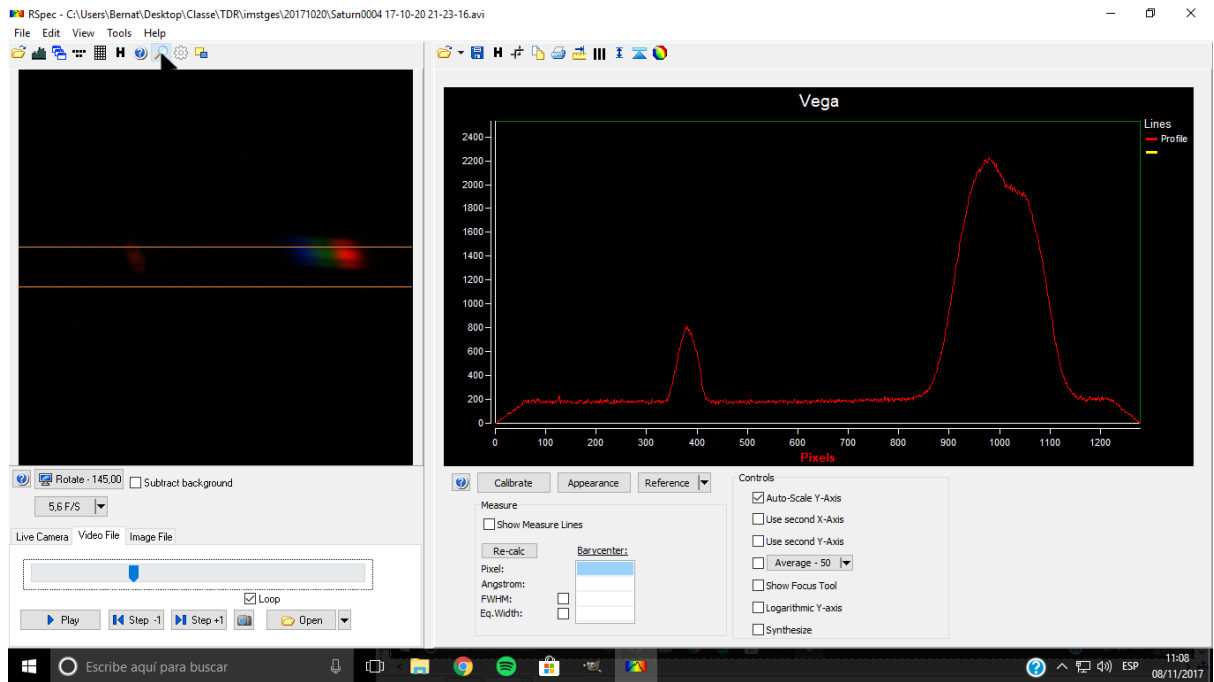


Figura 79. Protocol Rspec 55

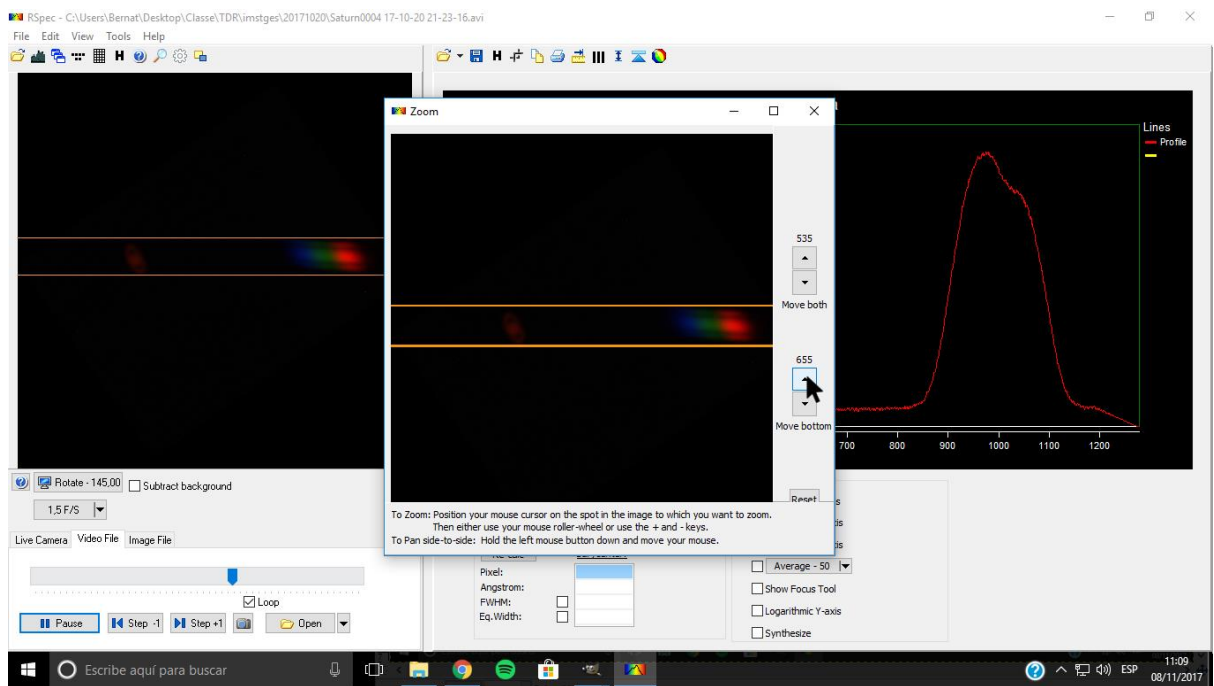


Figura 80. Protocol Rspec 56

Cliquem a la casella *average* per a que faci la mitjana

Procediment experimental

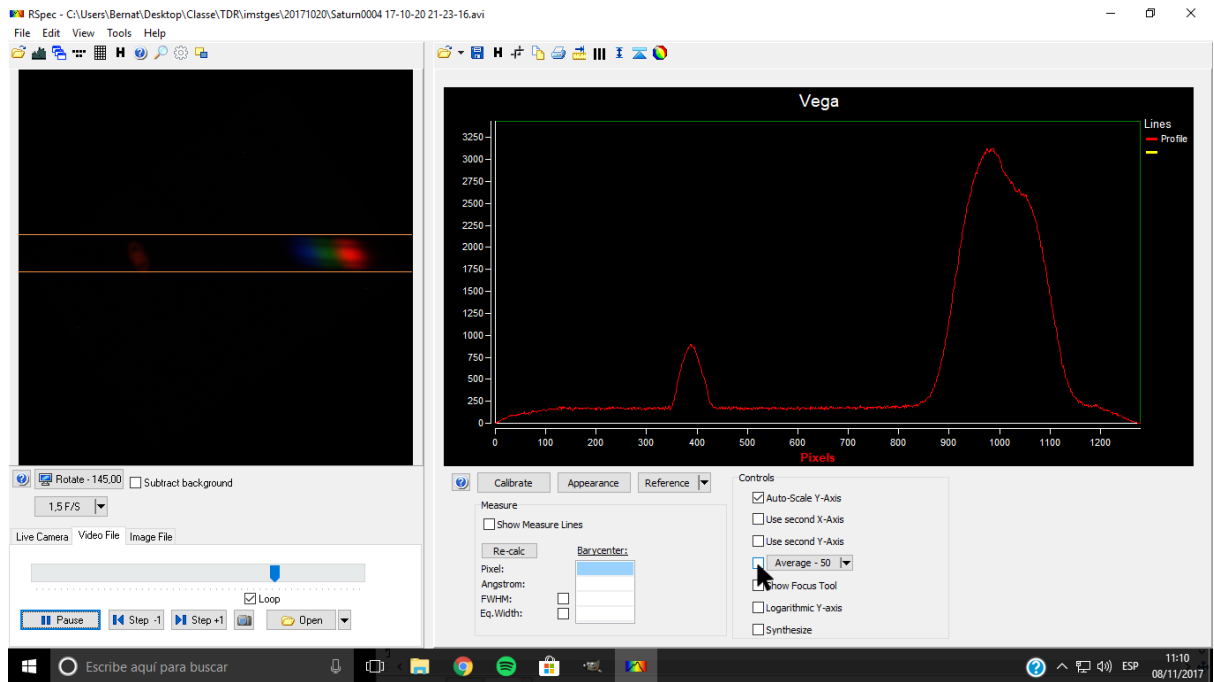


Figura 81. Protocol Rspec 57

(Si la mitjana segueix sent massa inestable es pot simplement pausar el vídeo en un fotograma)

Prémer el botó *calibrate*

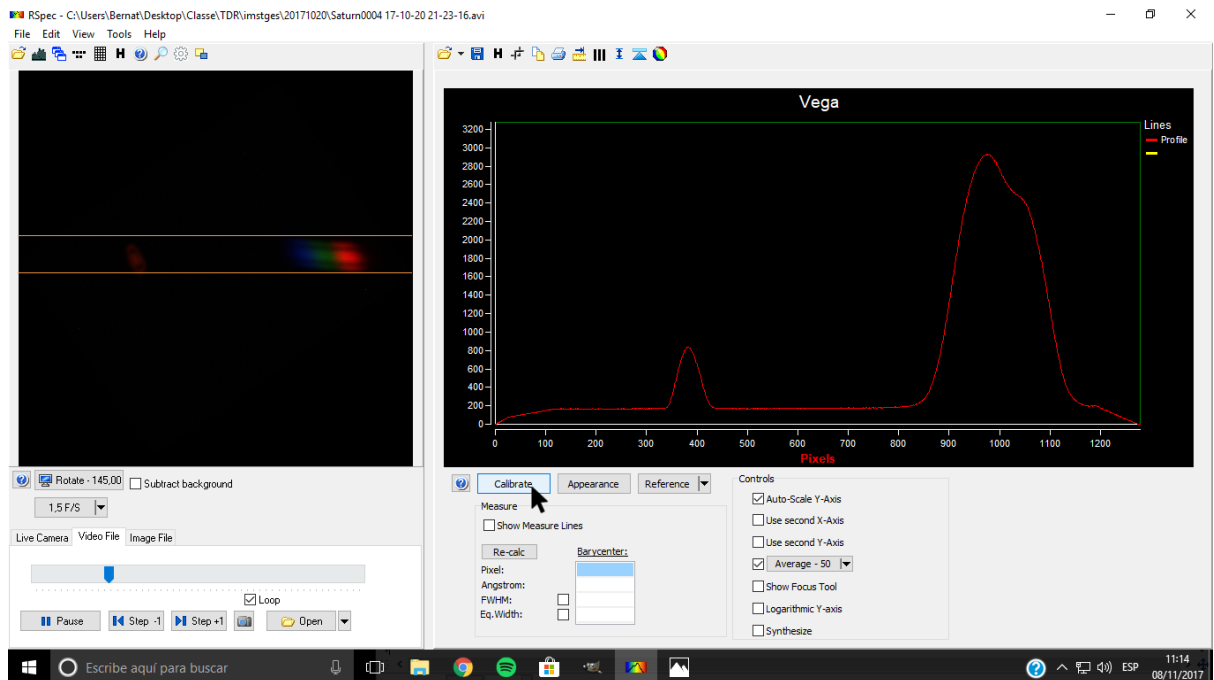


Figura 82. Protocol Rspec 58

Procediment experimental

I marcar l'opció *calibrate in one point*

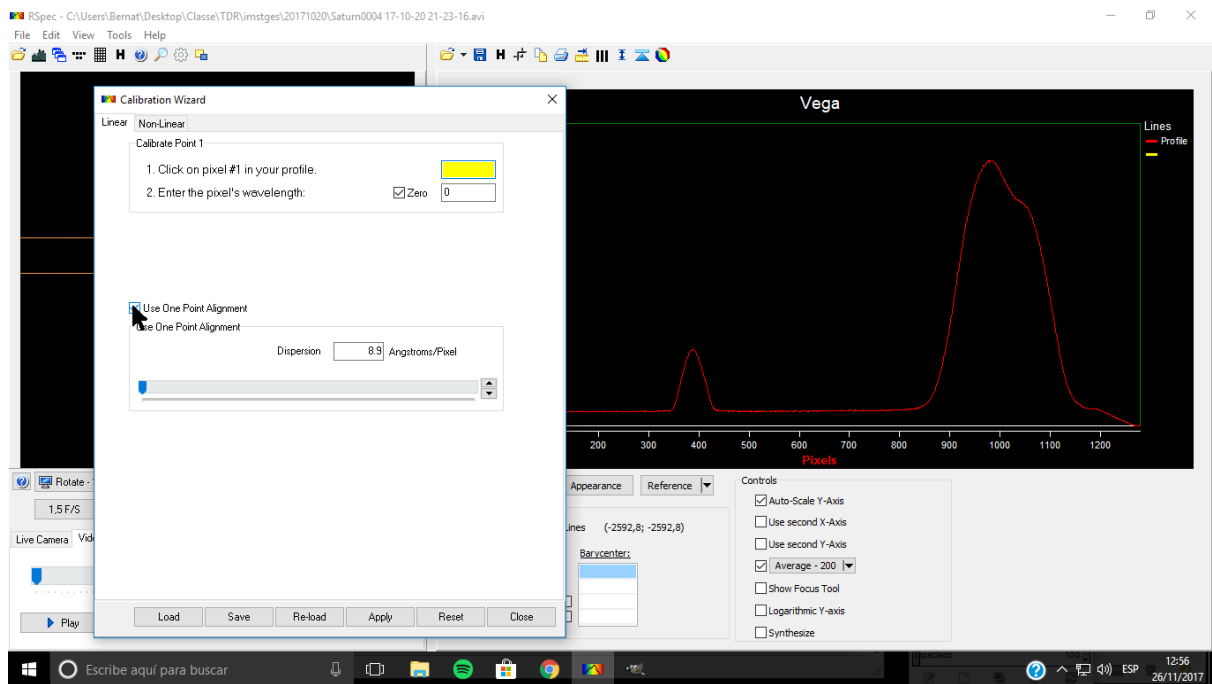


Figura 83. Protocol Rspec 59

per a la primera casella pitgem en el pic de la part de la gràfica que representa l'estrella

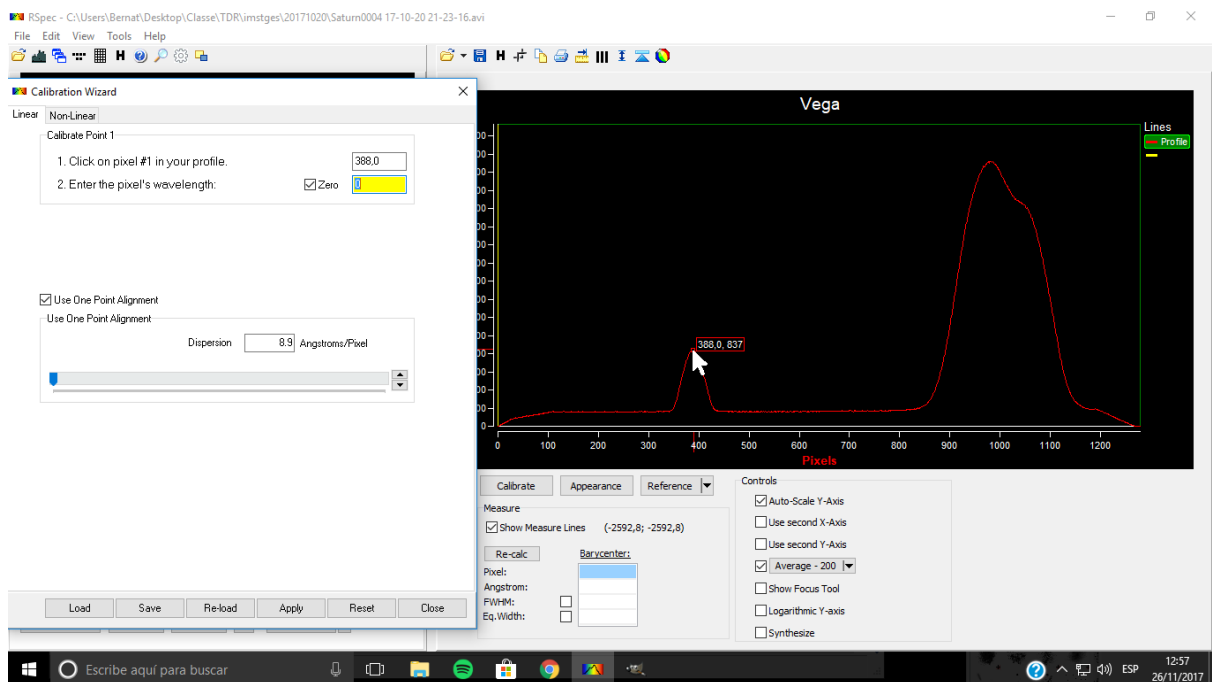


Figura 84. Protocol Rspec 60

Procediment experimental

la segona la deixem a zero

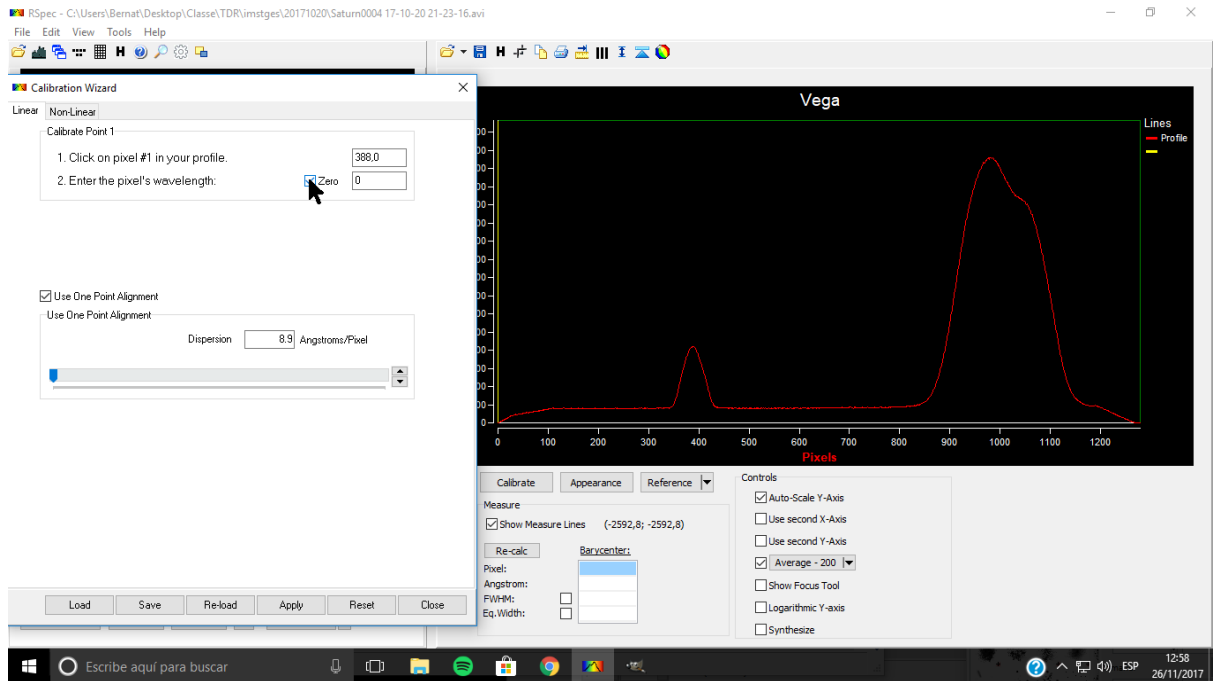


Figura 85. Protocol Rspec 61

a la casella de dispersió hi posem la relació amstrongs/píxels que hem trobat abans, en aquest cas 8.9

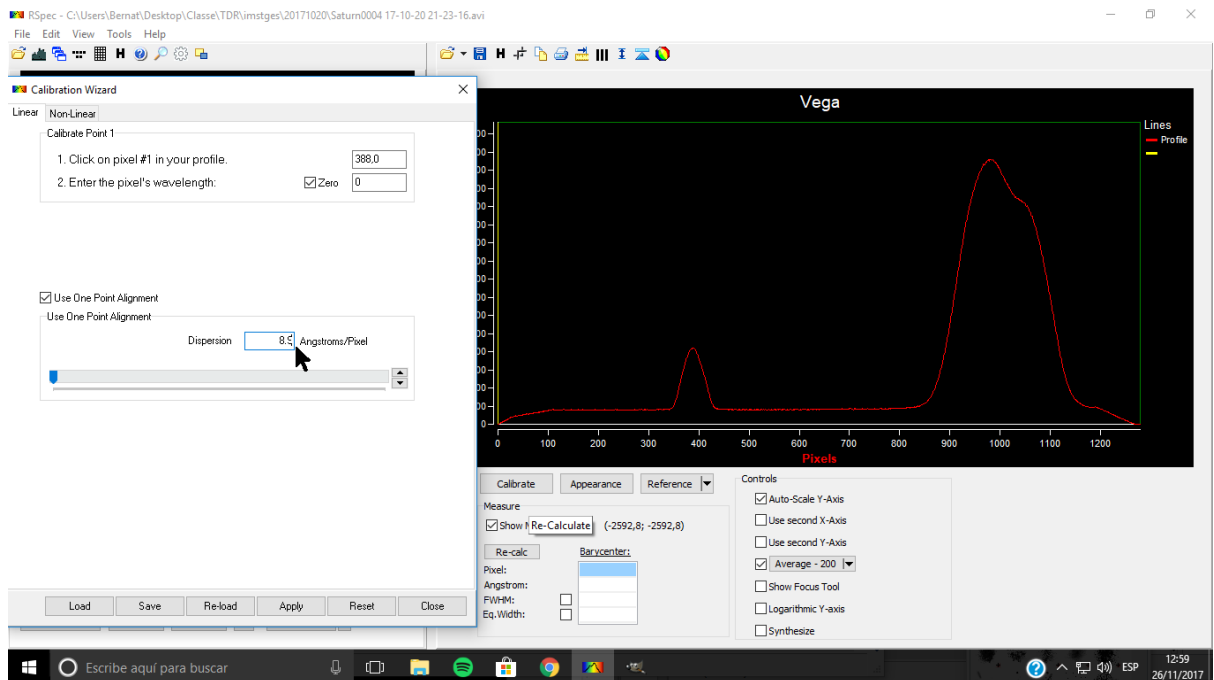


Figura 86. Protocol Rspec 62

Cliquem el botó *apply*

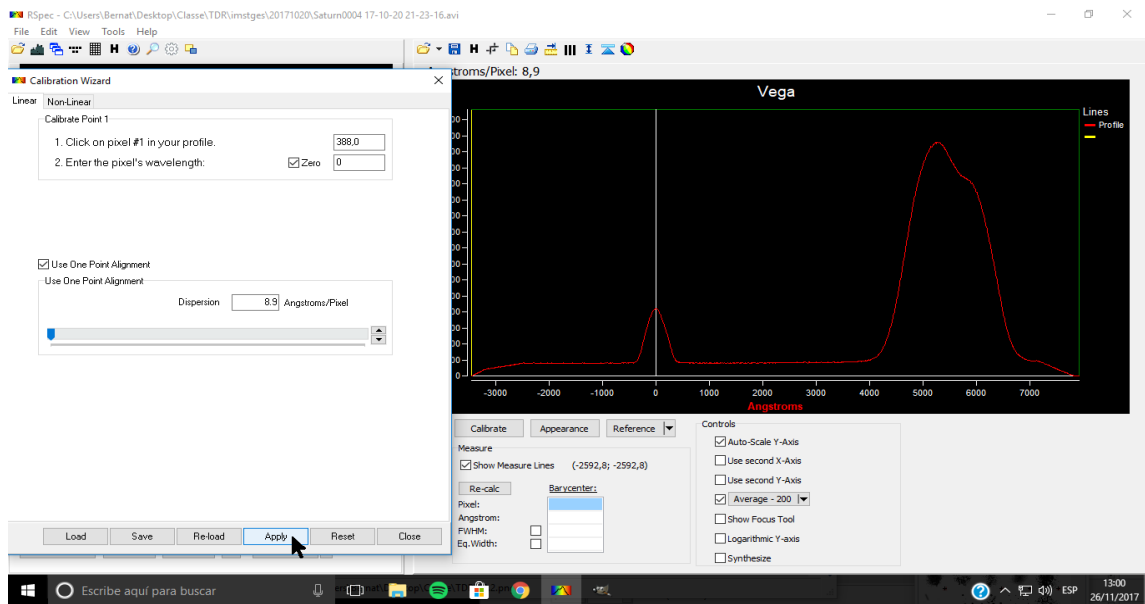


Figura 87. Protocol Rspec 63

4.1.4 APLICAR L'ARXIU INSTRUMENT RESPONSE A L'ESPECTRE DE SATURN

A reference pitgem *open reference series* i obrim l'arxiu *instrument response*

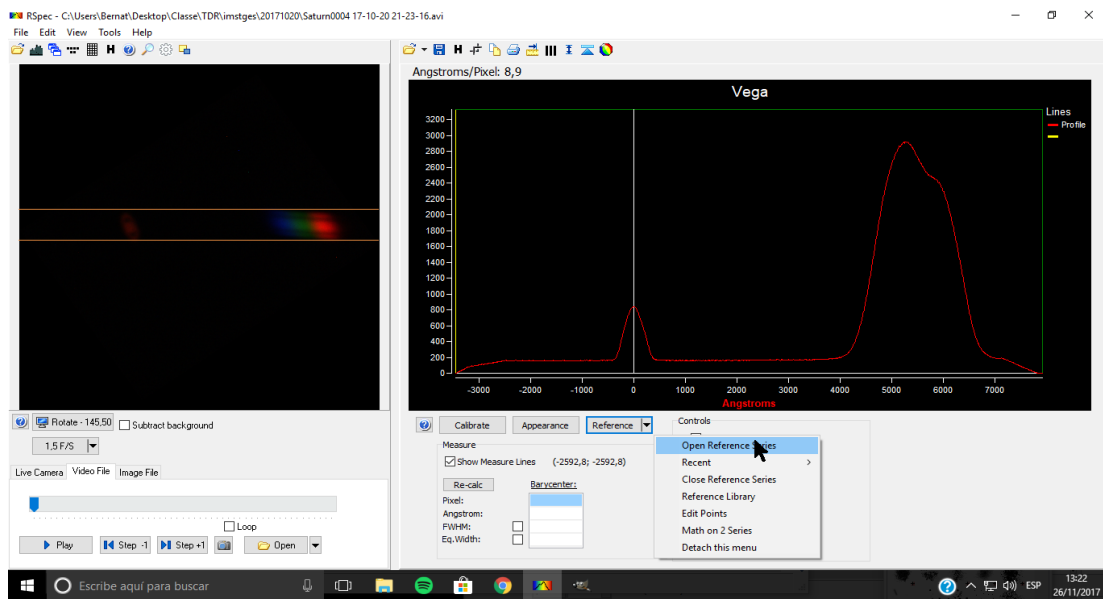


Figura 88. Protocol Rspec 64

Procediment experimental

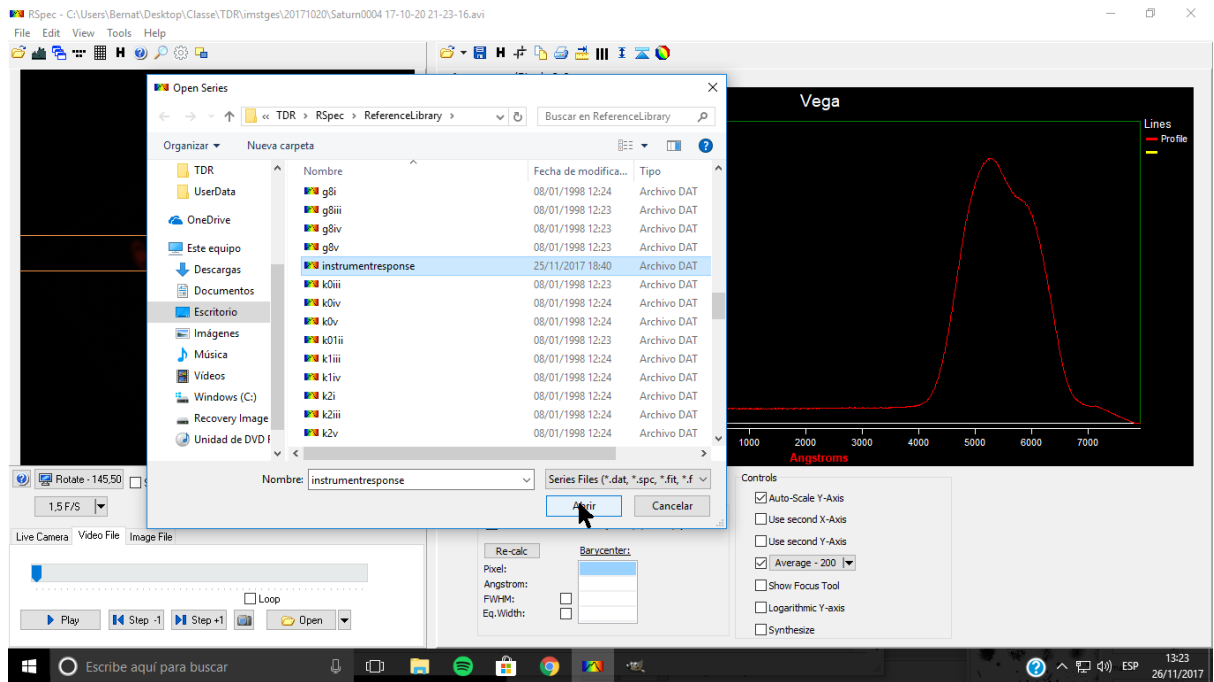


Figura 89. Protocol Rspec 65

Ara un altre cop a *reference* pitgem *math on two series*

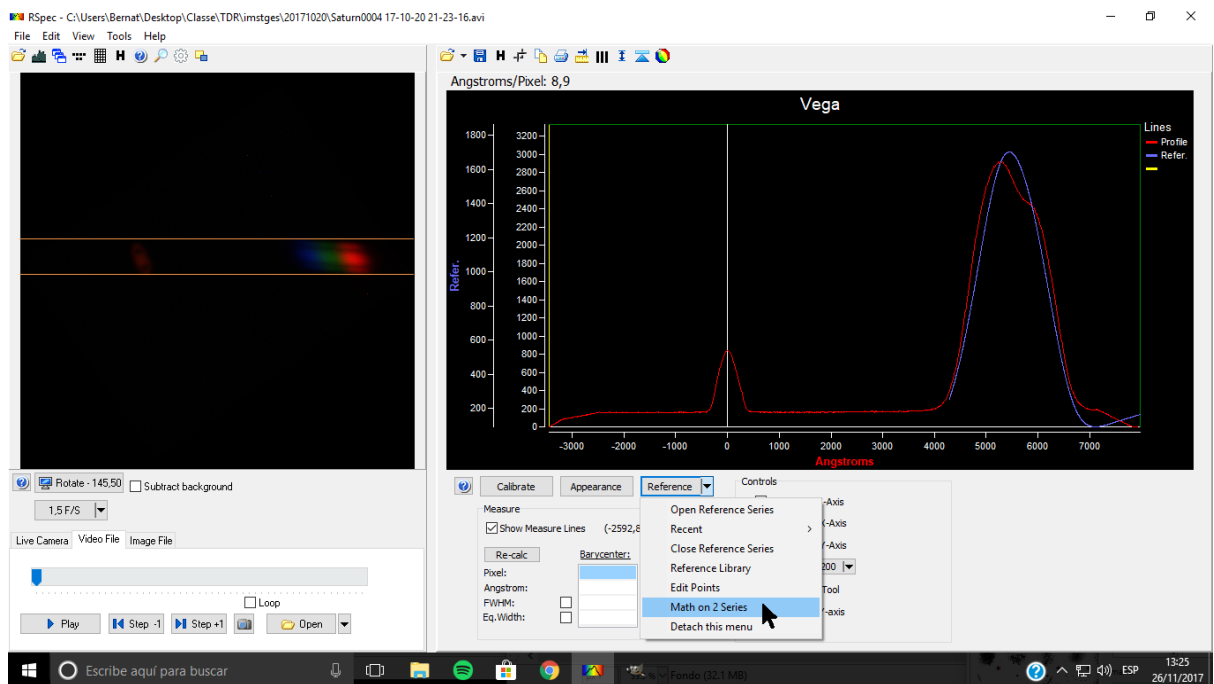


Figura 90. Protocol Rspec 66

Dividim el perfil principal entre el perfil de referència

Procediment experimental

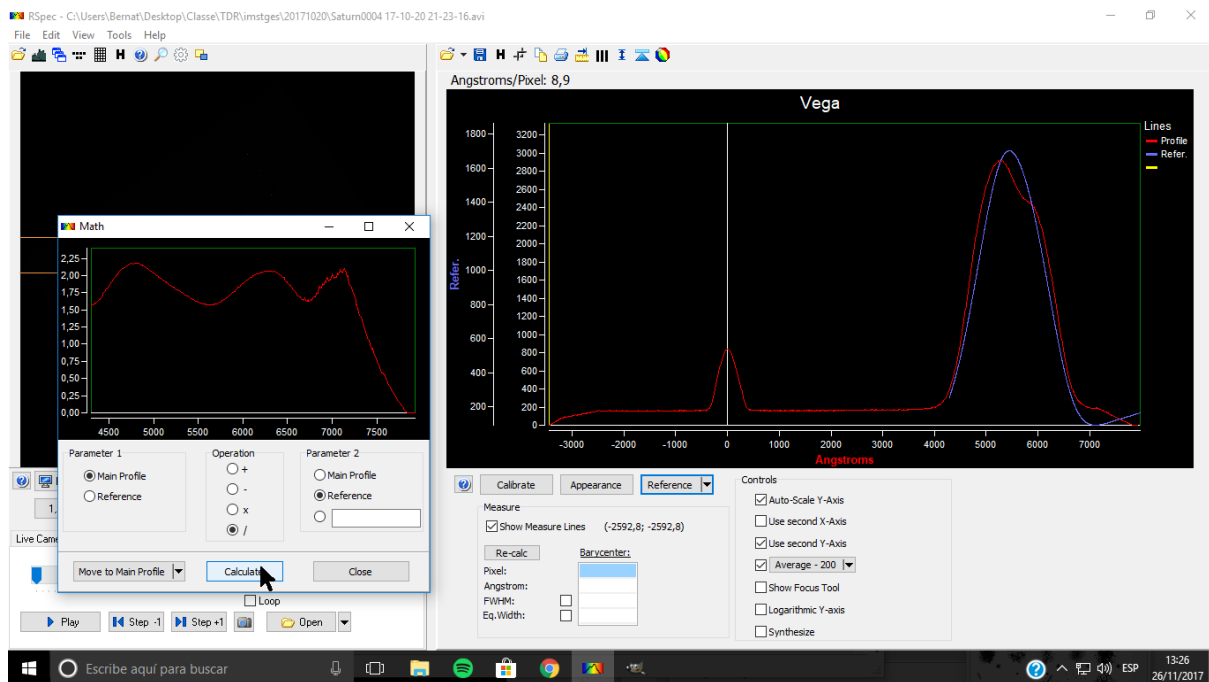


Figura 91. Protocol Rspec 67

Esborrem la gràfica de referència

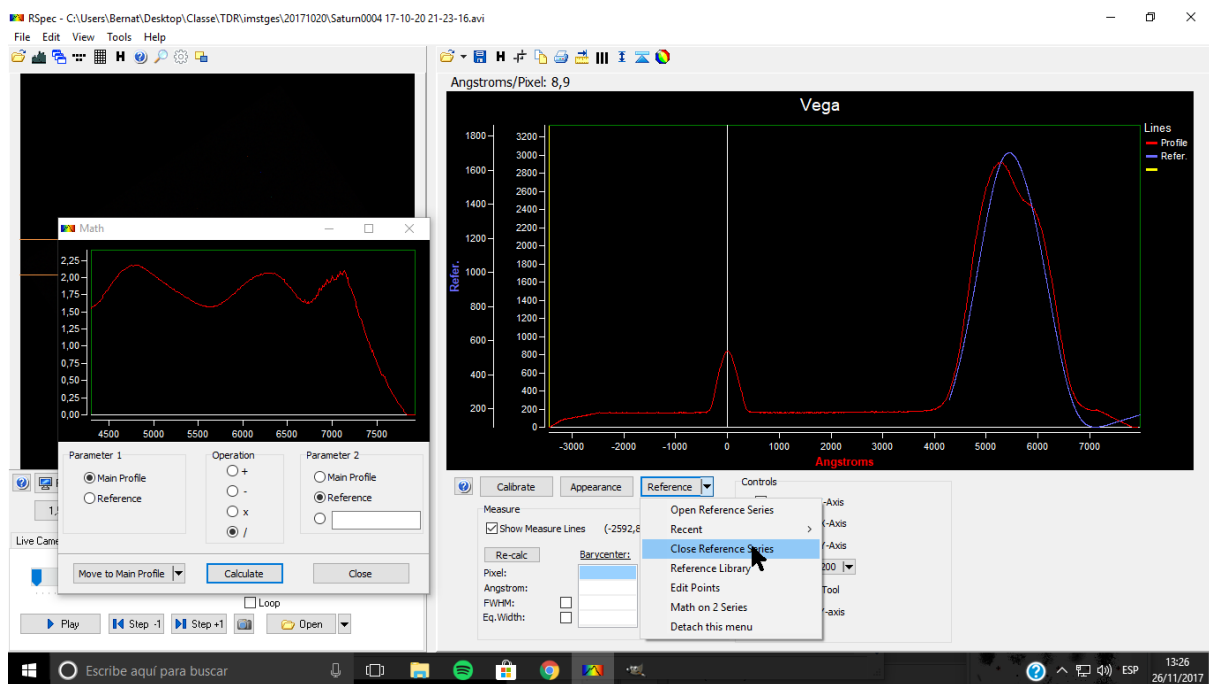


Figura 92. Protocol Rspec 68

Passem el resultat de la divisió al perfil principal

Procediment experimental

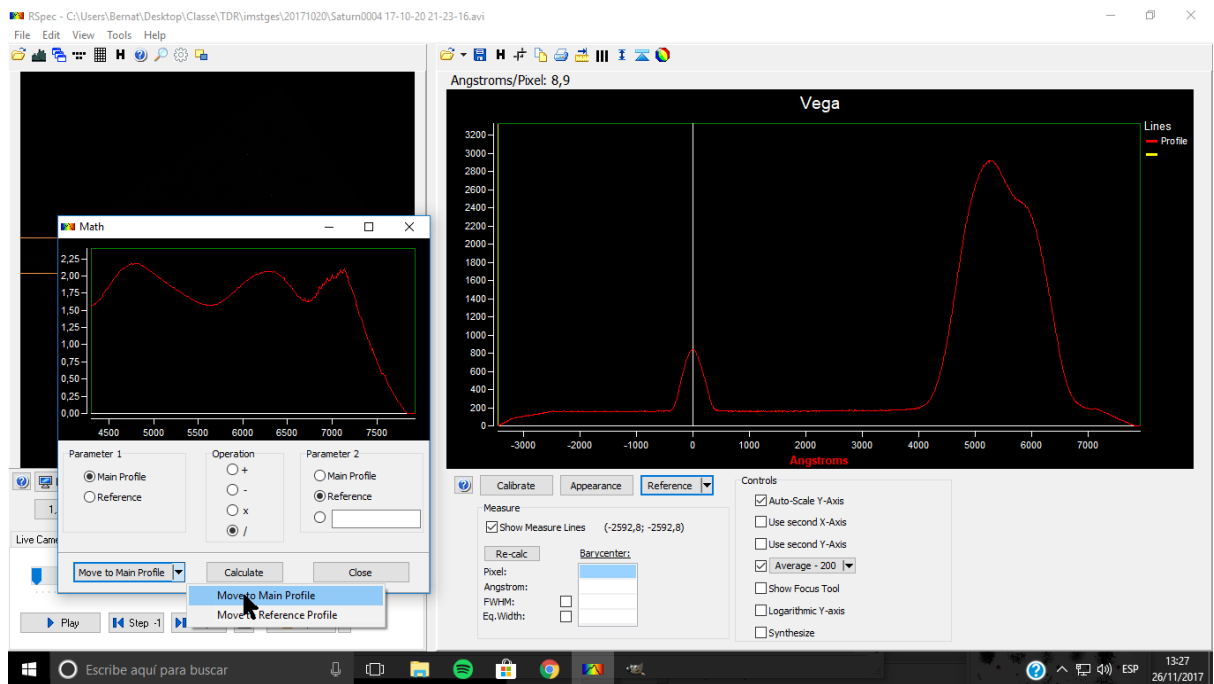


Figura 93. Protocol Rspec 69

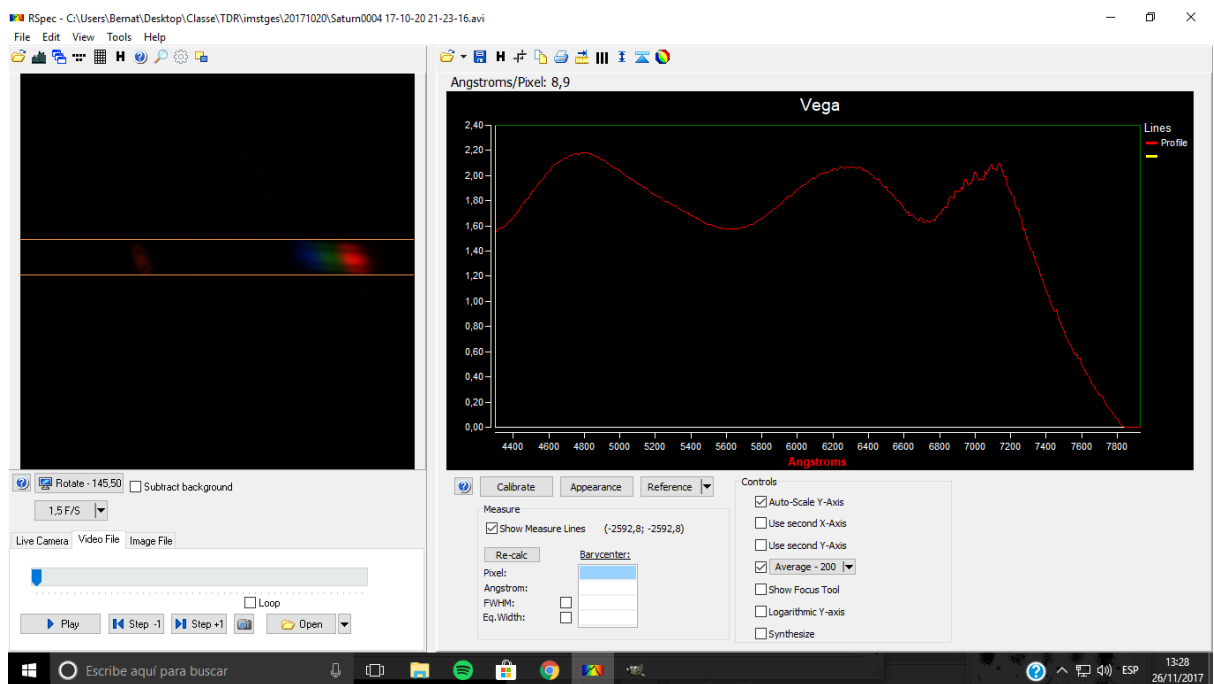


Figura 94. Protocol Rspec 70

4.2 NITS D'OBSERVACIÓ I RESULTATS OBTINGUTS

4.2.1 Nit del 25/05/2017

Aquesta primera sessió va ser per aprendre a controlar el telescopi i el software que el controla. D'aquesta manera, seguint les ordres del meu tutor Xavier Benlliure i l'ex professor de l'institut Xavier Franch vaig preparar tot els sistemes, prenent notes per tal de redactar més tard els protocols. Primer vaig tornar a muntar part del cablejat i després de provar els el Cartes del cel vam connectar la càmera Canon i vam fer fotografies i vídeos a Júpiter i al cometa C2015V2 Johnson, que era observable aquell dia.

4.2.1.1 Imatges de Júpiter

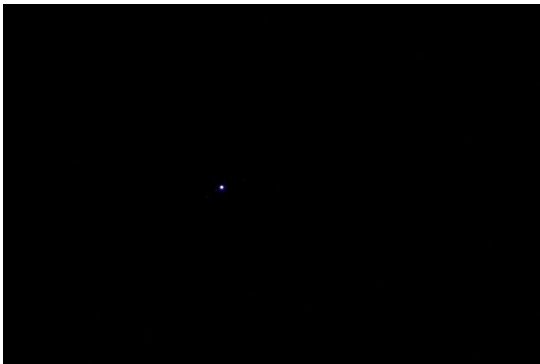


Figura 95. Júpiter 1

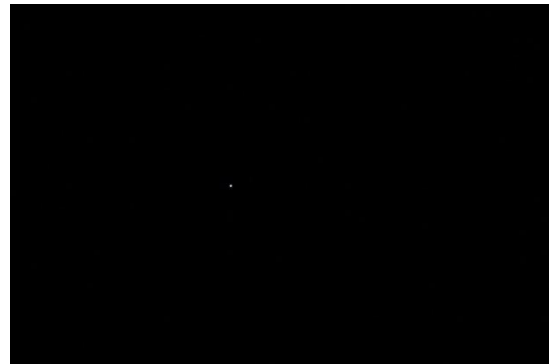


Figura 97. Júpiter 3

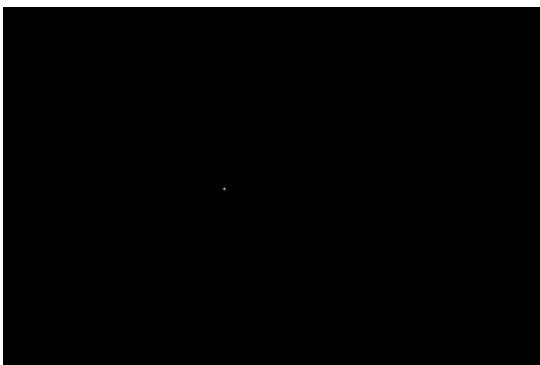


Figura 96. Júpiter 2

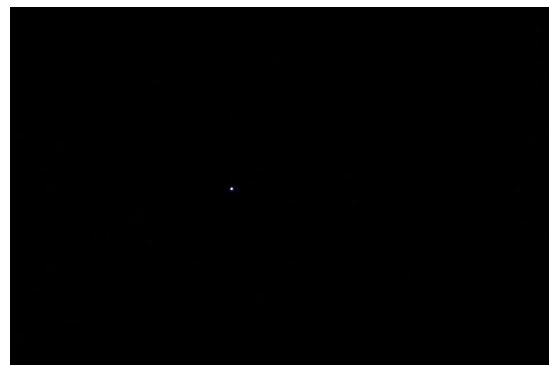


Figura 98. Júpiter 4

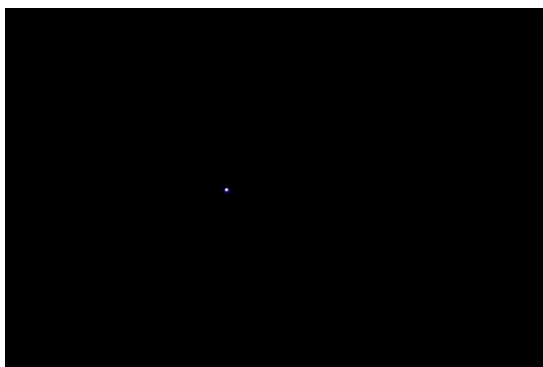


Figura 99. Júpiter 5

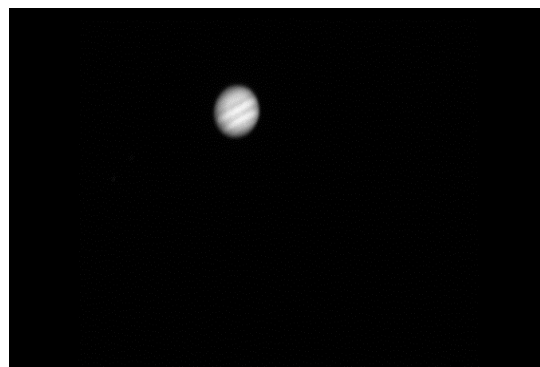


Figura 100. Júpiter 6

4.2.1.2 Imatges del cometa C2015V2 Johnson



Figura 101. C2015V2 Johnson 1



Figura 102. C2015V2 Johnson 2

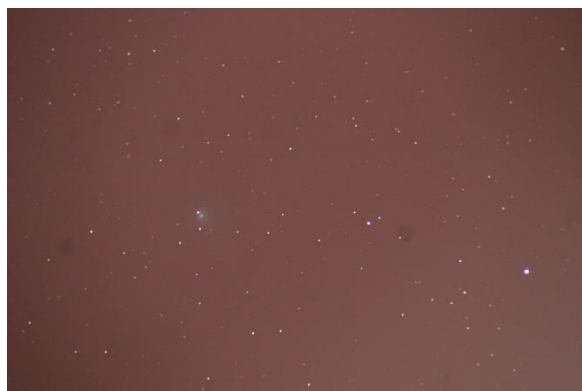


Figura 103. C2015V2 Johnson 3

4.2.2 Nit del 01/06/2017

L'objectiu de la segona observació era el mateix que el de la primera, vaig estar utilitzant el telescopi per observar diverses estrelles, familiaritzant-me tant amb el comandament com amb el cartes del cel i al final vaig fotografiar la Lluna i un objecte de cel profund, un cúmul.

4.2.2.1 imatges de la lluna



Figura 104. Lluna 1



Figura 105. Lluna 2



Figura 106. Lluna 3

4.2.2.2 Imatges del cúmul



Figura 107. Cúmulo 1



Figura 109. Cúmulo 3



Figura 108. Cúmulo 2



Figura 110. Cúmulo 4

4.2.3 Nit del 06/10/2017

En aquesta observació ja vam anar a buscar els espectres que necessitàvem per al treball; després de tornar a ajustar el telescopi després de l'estiu vaig fer tres vídeos de vega, ja amb la DFK i la reixeta de difracció, dos en color i un en blanc i negre. A última hora va sortir Saturn, i també vam fer tres vídeos del seu espectre.

4.2.3.1 Imatges de l'espectre de Vega

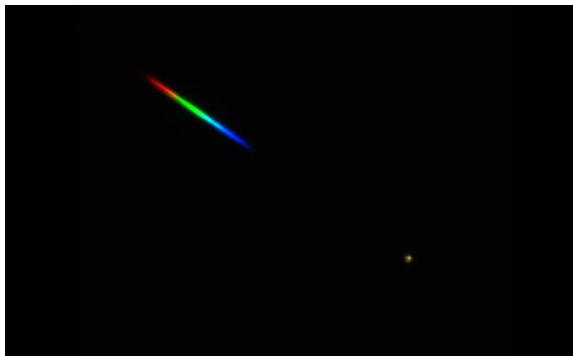


Figura 111. Espectre Vega 1



Figura 112. Espectre Vega 2

4.2.3.2 Imatge de l'espectre de saturn



Figura 113. Espectre Saturn 1

4.2.4 Nit del 20/10/2017

Aquí vam fer molts més vídeos de Saturn, canviant els diferents divers d'imatge del software IC Capture.

Tots els vam fer amb la següent configuració:

Brillantor: 32

Guany:682

FPS: 7'5

Codec: RGB32

Primer vam fer 3 vídeos de Saturn sense la reixeta, amb una exposició de 1/15s. En vam fer una amb cada opció d'imatge, YUY2, Y800 i BY8, totes amb una resolució de 1024 x 768 p



Figura 114. Saturn

Després vam ficar la reixeta i vam filmar el seu espectre, amb una exposició de 1/2s. Vam tornar a fer-ho amb les tres opcions d'imatge, i en vam fer dos de cada una per si de cas.

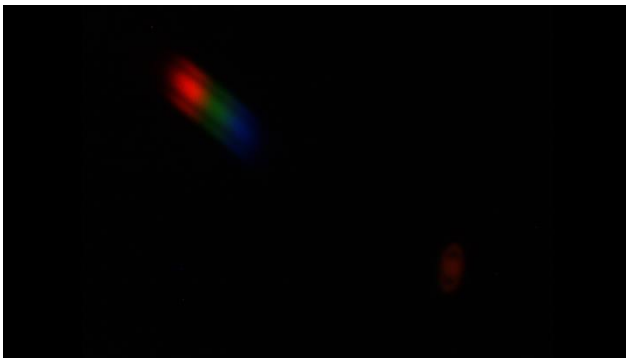


Figura 115. Espectre Saturn 2

En acabat també vam intentar fer vídeos a 15 fotogrames per segon, però només es van veure Saturn i el seu espectre amb l'opció d'imatge Y800 amb una exposició de 1/2s.

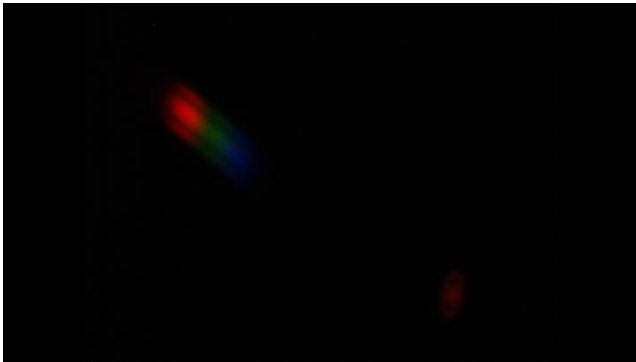


Figura 116. Espectre Saturn 3

Finalment vam intentar gravar l'espectre de Pal·las, però no es veia al camp.

4.2.5 Nit del 13/11/2017

Vam tornar a intentar agafar l'espectre de Pal·les després d'ajustar el telescopi, tot i que el vam trobar al camp a la càmera Canon, però quan el vam intentar veure amb la DFK no n'hi havia rastre, probablement per la pèrdua d'ordres de magnitud degut l'ús de la reixeta.

4.2.6 Nit del 30/11/2017

Havent vist que era impossible veure Pal·las amb la reixeta vam decidir intentar captar l'espectre del Sol reflectint-se en un altre lloc, vam provar-ho amb la Lluna, ja que havíem consultat a Enric Marco de la Universitat de València i ens havia dit que seria una bona opció. El problema es va presentar quan els dies en què la Lluna era creixent, amb una part il·luminada molt petita, estava ennuvolat, i el dia 30, que el cel era clar, la Lluna ja reflectia massa llum i l'espectre no hagués cabut dins el camp de visió de la pantalla de l'IC capture. Per això vam intentar disminuir la quantitat de llum que arribava a la reixeta posant una cartolina negra amb un forat molt petit al nas de la càmera, tot i que

en part va funcionar, ja que vam limitar la llum, es va presentar un altre problema, i és que per culpa del “filtre” era impossible enfocar la imatge que obteníem.

4.2.7 Nit del 1/12/2017

Al matí vam plantejar dos opcions més, vam descartar agafar l'espectre del Sol directament de la llum del cel, la segona opció que ens havia presentat Enric Marco, ja que si ho féssim després ens faltaria un origen de la llum per calibrar l'espectre. Vam provar llavors agafar-lo directament del Sol, utilitzant també una cartolina amb un forat per limitar la llum, però aquest cop per intentar evitar el problema de l'enfoc vam posar el “filtre” davant del telescopi. El problema aquest cop va ser que es va posar núvol, i va ser impossible obtenir la llum del sol a través dels núvols. Vam provar també, ja que els núvols mateixos limitaven la llum del Sol, d'apuntar-hi el telescopi sense la cartolina, però la càmera no captava el Sol en si, de manera que es presentava un altre cop el problema de no tenir un origen de la llum per calibrar l'espectre.

5 Resultats

5.1 Espectre de Vega processat

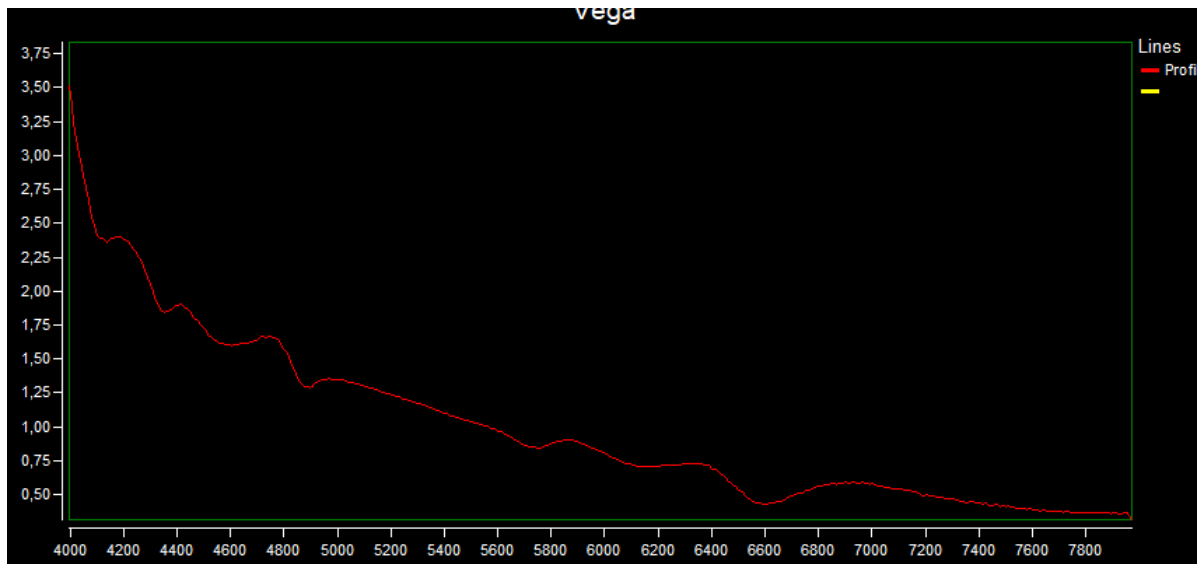
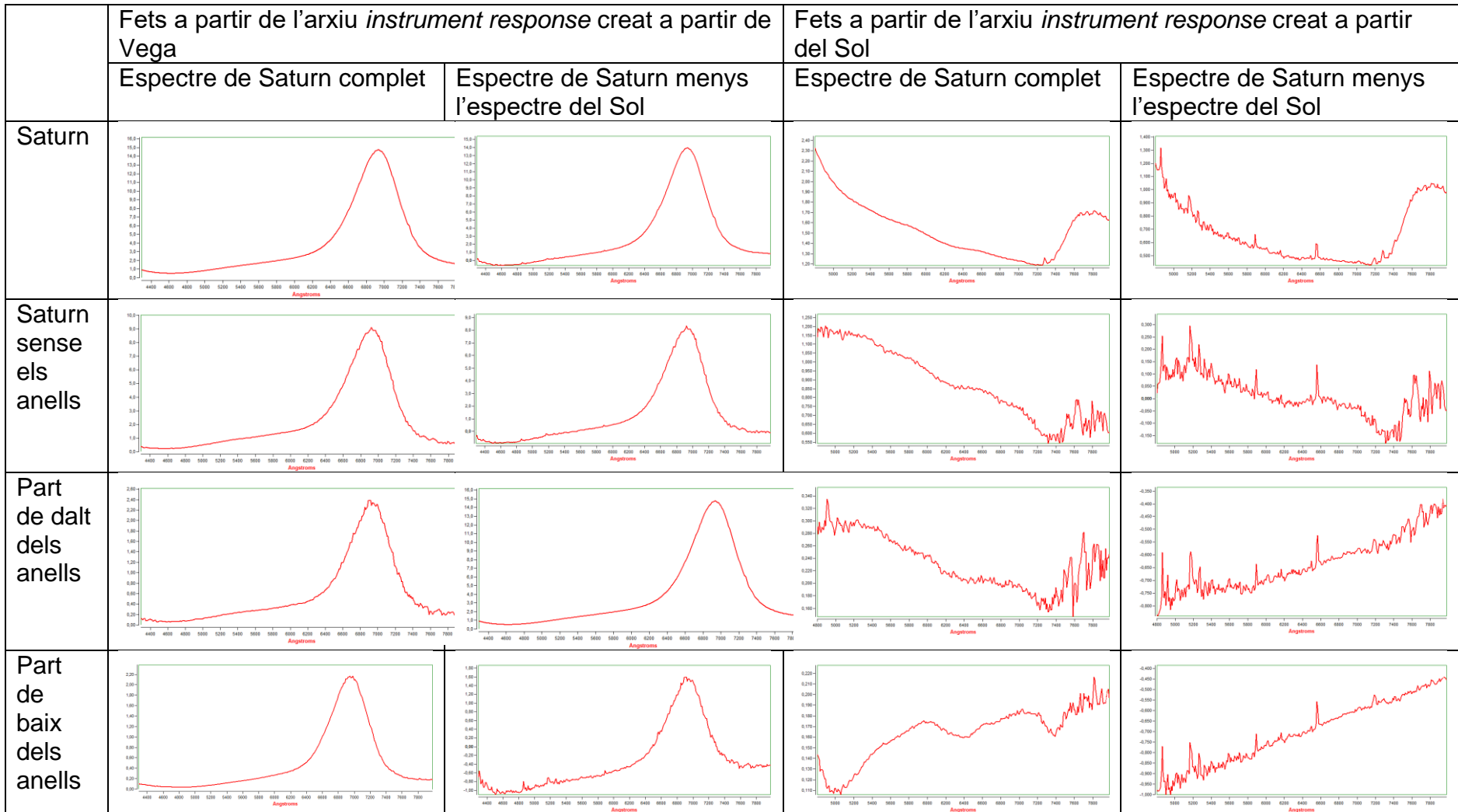


Figura 117. Gràfica d'espectre de Vega

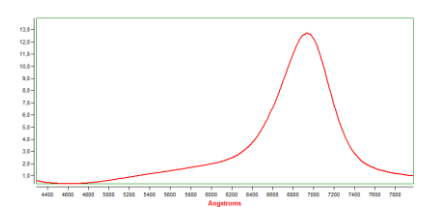
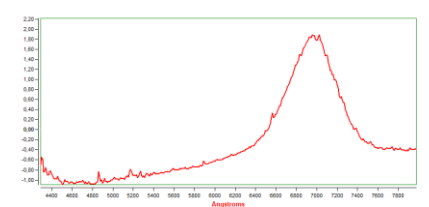
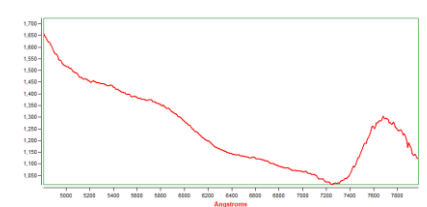
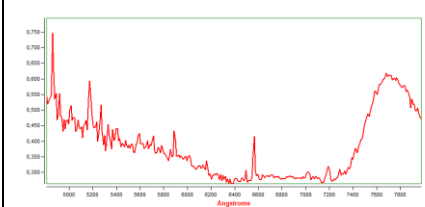
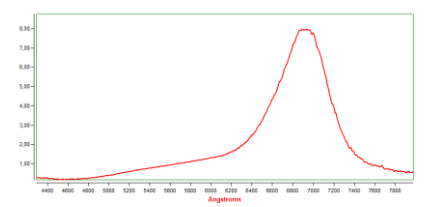
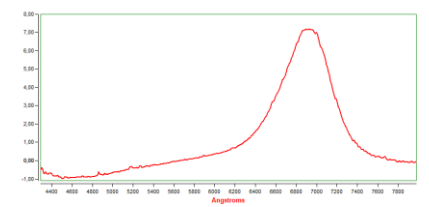
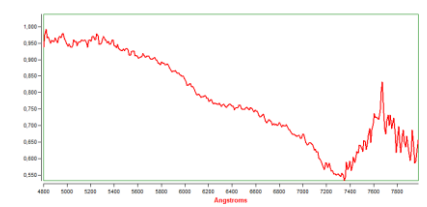
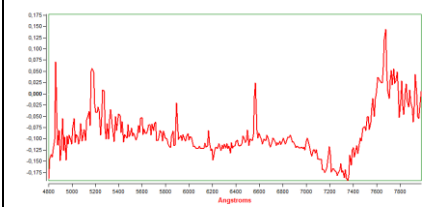
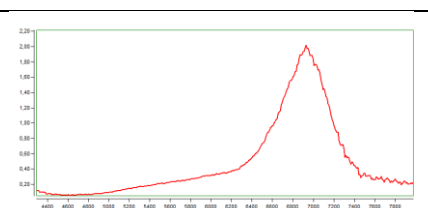
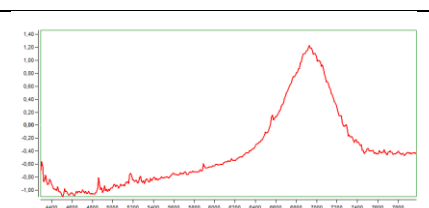

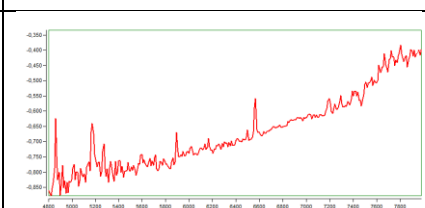
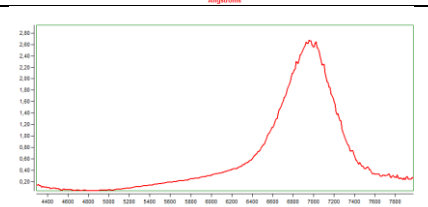
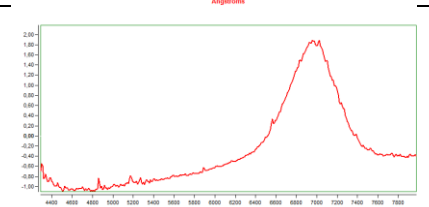

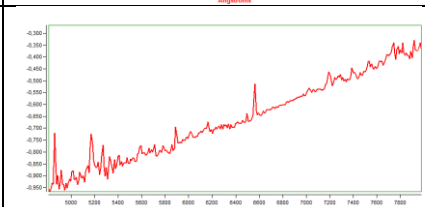
5.2 Espectre de Saturn processat

A l'hora de fer l'espectre de Saturn i de processar-lo vaig fer-ho utilitzant diferents mètodes, d'aquesta manera obtenia diversos resultats per comparar i veure com afectava cada mètode al resultat final.

Vaig filmar diferents vídeos de Saturn amb cadascun dels tres drivers d'imatge del software IC Capture, YUY2, Y800 i BY8. Cadascun el vaig tractar aplicant-li un arxiu *instrument response* fet a partir de Vega i un altre fet a partir del mateix Saturn i el tipus estel·lar del Sol. Per acabar de cada resultat que vaig obtenir en vaig fer una versió restant-li el tipus estel·lar del Sol. Els resultats són en les tres taules següents.



Taula 4. Gràfiques de l'espectre de Saturn captat amb el driver d'imatge YUY2

	Fets a partir de l'arxiu <i>instrument response</i> creat a partir de Vega		Fets a partir de l'arxiu <i>instrument response</i> creat a partir del Sol	
	Espectre de Saturn complet	Espectre de Saturn menys l'espectre del Sol	Espectre de Saturn complet	Espectre de Saturn menys l'espectre del Sol
Saturn				
Saturn sense els anells				
Part de dalt dels anells				
Part de baix dels anells				

Taula 5. Gràfiques de l'espectre de Saturn captat amb el driver d'imatge Y800

	Fets a partir de l'arxiu <i>instrument response</i> creat a partir de Vega		Fets a partir de l'arxiu <i>instrument response</i> creat a partir del Sol	
	Espectre de Saturn complet	Espectre de Saturn menys l'espectre del Sol	Espectre de Saturn complet	Espectre de Saturn menys l'espectre del Sol
Saturn				
Saturn sense els anells				
Part de dalt dels anells				
Part de baix dels anells				

Taula 6. Gràfiques de l'espectre de Saturn captat amb el driver d'imatge BY8

6 DISCUSSIÓ RESULTATS I CONCLUSIONS

Per a obtenir aquests resultats vam dur a terme moltes observacions, i en algunes d'elles hi va haver problemes; probablement aquests problemes s'han anat arrossegant i han fet que els resultats no siguin tant exactes com ho podrien ser. El primer problema es va presentar amb l'espectre de Vega, ja que no vam aconseguir obtenir-lo en la mateixa nit que el de Saturn. El fet de filmar-los en condicions diferents fa que l'arxiu *instrument response* no sigui intercanviable entre ells, i per tant els espectres que hem obtingut utilitzant l'*instrument response* creat a partir de Vega no han sortit del tot bé. És un inconvenient, ja que ens ha obligat a utilitzar l'*instrument response* creat a partir del tipus estel·lar del Sol i l'espectre de Saturn, i crear-lo amb dos cossos diferents pot haver afectat al resultat. En menor mesura, també va afectar l'escala de dispersió amstrong/píxel utilitzada per a la calibració. El següent gran inconvenient fou no obtenir l'espectre del Sol, i va ser degut a un conjunt de molts inconvenients més petits. L'objectiu inicial era captar-lo de Pal·las, ja que era ideal pels motius explicats a la base teòrica, però com he detallat al diari d'observacions no va ser possible, després d'aquest problema vam provar altres mètodes per a obtenir-lo i vam consultar a Tom Field i Enric Marco, però fins i tot amb la seva ajuda no vam poder obtenir-lo. Al final vam decidir utilitzar el tipus espectral del Sol de la biblioteca de l'Rspec, ja que no vam poder obtenir-ne un propi.

Observant els resultats el primer a fer és descartar els que s'han obtingut utilitzant el driver d'imatge BY8, ja que són gràfiques planes que no aporten cap informació i que probablement s'han originat a causa d'un error.

Per altra banda els resultats dels drivers YUY2 i Y800 sí que semblen correctes. Per un costat tenim les obtingudes mitjançant l'arxiu *instrument*

response creat a partir de Vega on no s'hi veuen línies d'absorció clares, però per l'altre en les gràfiques fetes a partir de l'arxiu *instrument response* format amb el propi Saturn i el tipus espectral del Sol s'hi que són més evidents. Això és conseqüència, probablement, del fet que no vam poder obtenir l'espectre de Vega el mateix dia que el de Saturn i per tant les condicions de resposta de la càmera que regula l'arxiu *instrument response* no eren les mateixes.

Dins dels espectres tractats amb l'arxiu creat a partir del Sol triem els de Saturn sense els anells, ja que es on s'hauria de distingir més clarament l'atmosfera i d'aquestes escollim aquelles a les que no els hi hem restat l'espectre del Sol, ja que es més fàcil distingir-hi les línies d'absorció.

Observant-les detingudament trobem coincidències amb els espectres professionals que hem referenciat més amunt.

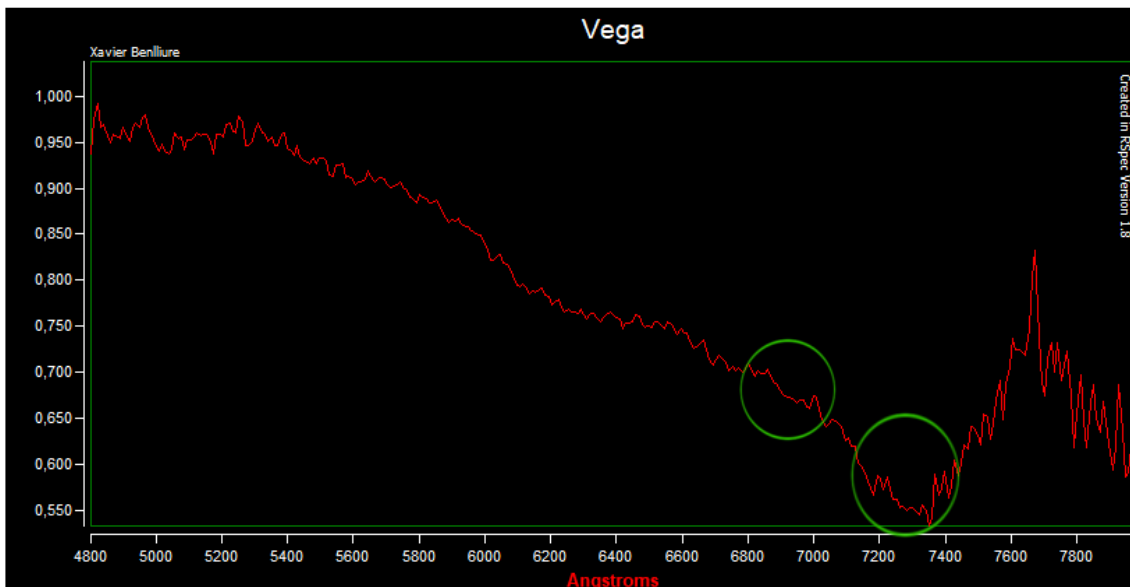


Figura 118. Detall de les línies d'absorció del metà codec YUY2

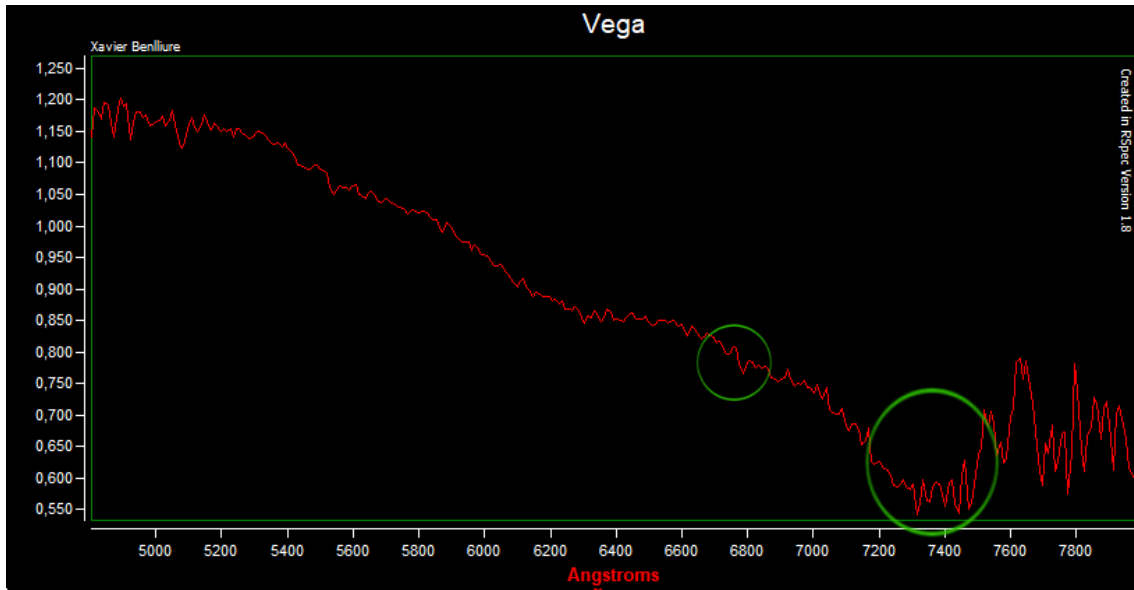


Figura 119. Detall de les línies d'absorció del metà códec Y800

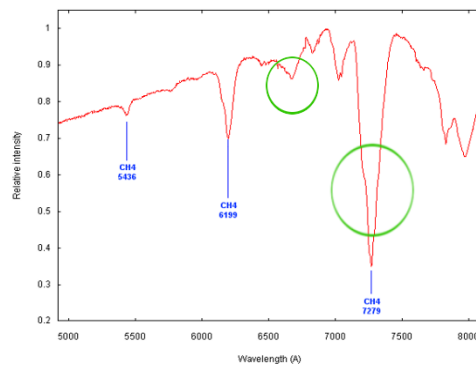


Figura 120. Detall línies d'absorció del metà en l'Espectre captat observatori Pic du Midi

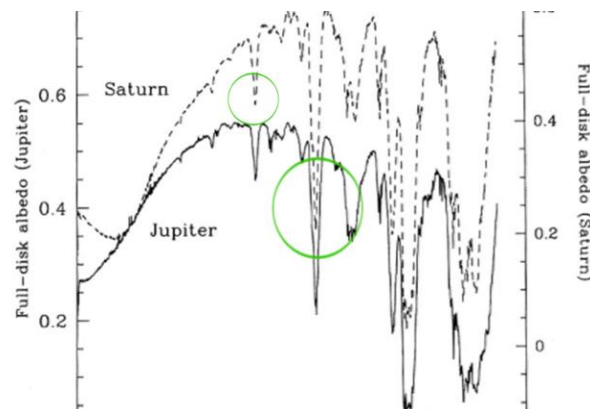


Figura 121. Detall línies absorció metà a Spectroscopy of Atmospheres

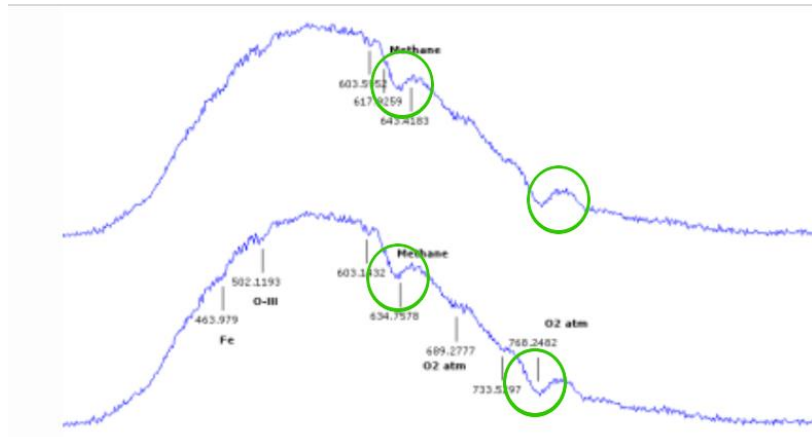


Figura 122. Detall línies absorció metà a Detection of absorption bands with Star Analyser

Aquí hem vist les coincidències amb les gràfiques de les observacions a Pic du Midi i les pàgines Spectroscopy of Atmospheres i Saturn absorption bands recorded with Star Analyser. A més també coincideixen en les línies d'absorció al voltant dels 6500 i els 7800 amstrongs mencionades a l'estudi *Note on the Spectra of Jupiter and Saturn*.

Veient que els nostres resultats coincideixen amb els de tantes fonts podem dir amb seguretat que des de l'observatori de l'institut hem aconseguit detectar les línies d'absorció del metà a l'atmosfera de Saturn.

Tot hi difícil de veure hi hagut una altra cosa que hem pogut detectar en els resultats, es pot veure en les gràfiques de Saturn del còdec Y800, en concret entre la part de dalt dels anells, Saturn i la part de baix dels anells. Si ens fixem en les gràfiques que tenen l'espectre del Sol, als 4861 amstrongs hi ha d'haver la línia d'absorció de l'hidrogen β , que és una línia d'absorció formada al Sol i que per tant hauria de ser en totes les gràfiques independentment de quina part representin.

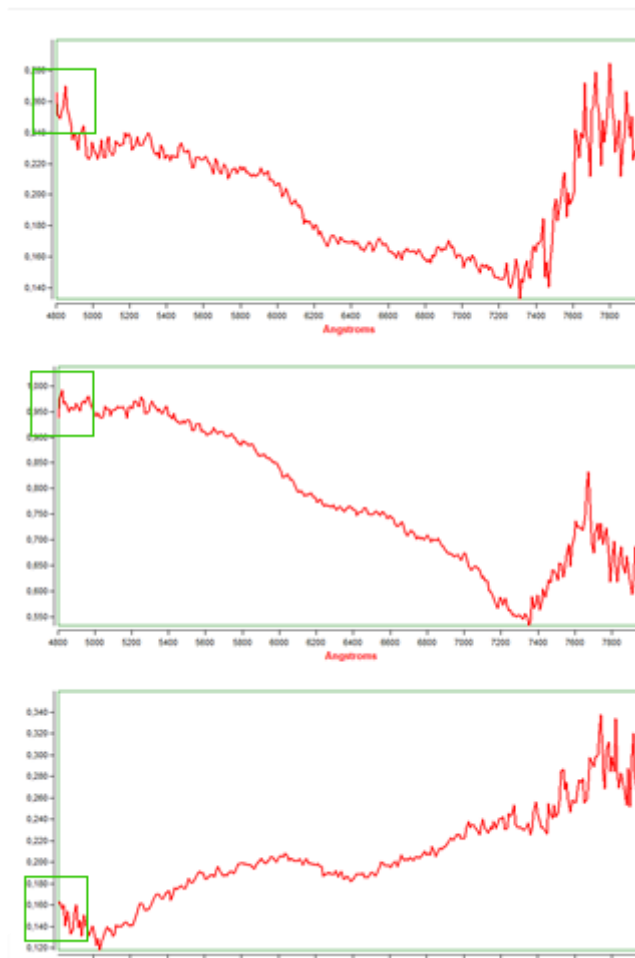


Figura 123. Línia d'absorció de l'hidrógen beta en Saturn i els seus anells

A la gràfica de Saturn la línia d'absorció no es veu completa, està tallada pels marges de la gràfica, però en la part de dalt dels anells la línia d'absorció es pot veure completament, s'ha desplaçat cap a la dreta i ara es veu sencera. En canvi a la part de baix dels anells ha desaparegut completament s'ha desplaçat cap a l'esquerra. Què significa això? L'absorció s'ha desplaçat cap a majors longituds a la part de dalt, cap al roig, segons l'efecte Doppler, s'està allunyant i en la part de baix s'ha desplaçat cap a menor longitud d'ona, cap al blau, s'està apropant.

Si la part de dalt s'apropa i la part de baix s'allunya només hi ha una explicació, la rotació de Saturn vista des de la Terra. A més de detectar metà en l'atmosfera de Saturn també n'hem pogut observar la seva rotació.

D'aquesta manera puc dir que al llarg d'aquest treball he complert la majoria dels objectius que hem vaig plantejar en un inici. Sens dubte he reunit una base teòrica al voltant dels espectres, i he après a manipular el material necessari en les observacions. Aquests han sigut els objectius més fàcils de complir. He pogut detectar metà en l'atmosfera de Saturn, complint un dels objectius més importants, i a més, analitzant més a fons l'espectre he aconseguit observar també la rotació del planeta. L'objectiu que es podria qüestionar si he complert és el de fer una investigació semi-professional des d'un institut. Realment hi ha moltes coses que haurien pogut ser millors, com ja he comentat hi ha hagut diferents problemes que poden haver afectat al resultat, però a l'hora de la veritat, al comparar els meus resultats amb els professionals hi he pogut observar les línies d'absorció del metà en les mateixes longituds d'ona, i a més les gràfiques eren prou exactes per a poder detectar la rotació. És per això que crec que puc dir que, en bona mesura, he aconseguit fer una investigació semi-professional des de l'institut.

7 BIBLIO/WEBGRAFIA

- <http://acacia.pntic.mec.es/~jrui27/interf/young.htm>
- <http://austrinus.com/secciones/espacio-profundo/cosmologia/clasificaciones-estelares/>
- <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Campo/Campo07.htm>
- <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Luz/Luz14.htm>
- <http://lasp.colorado.edu/~bagenal/3720/CLASS5/5Spectroscopy.html>
- <http://prc.nao.ac.jp/extra/uso/en/no24/>
- http://repositorio.innovacionumh.es/Proyectos/P_22CursoMateriales/Miguel_Angel_Sogorb/Wimba/Espectroscopia_03.htm
- <http://www.astrofiscayfisica.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>
- <http://www.eis.uva.es/~qgintro/atom/tutorial-09.html>
- <http://www.encyclopedia.cat/EC-GEC-0061127.xml>
- http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens/Saturn_s_atmosphere
- <http://www.javierdelucas.es/clasificacionestelar.htm>
- <http://www.rkblog.rk.edu.pl/w/p/saturn-absorption-bands-recorded-star-analyser/>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>
- <http://www.yolanda-rios.net/materiales/UVTeoria.pdf>
- http://www3.uah.es/edejesus/resumenes/DECI/tema_3.pdf
- <https://arxiv.org/abs/1403.6845>
- <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1403/1403.6845.pdf>

- [https://chem.libretexts.org/?title=Textbook Maps/Organic Chemistry Textbook Maps/Map: Basic Principles of Organic Chemistry \(Roberts and Caserio\)/09: Separation, Purification, %26 Identification of Organic Compounds/9.09: Electronic Spectra of Organic Molecules](https://chem.libretexts.org/?title=Textbook+Maps/Organic+Chemistry+Textbook+Maps/Map:Basic+Principles+of+Organic+Chemistry+(Roberts+and+Caserio)/09:Separation,+Purification,+%26+Identification+of+Organic+Compounds/9.09:Electronic+Spectra+of+Organic+Molecules)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn#Atmosphere>
- [https://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Naturaleza de la luz](https://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Naturaleza_de_la_luz)
- https://es.wikipedia.org/wiki/Capa_electr%C3%B3nica
- https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico
- <https://losmundosdebrana.com/2013/05/28/la-historia-del-efecto-fotoelectrico/>
- <https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm>
- <https://www.nasa.gov/saturn>
- <https://www.rspect-astro.com/features/>
- <https://www.shimadzu.com/an/uv/support/uv/ap/apl.html>
- <https://www.space.com/18475-saturn-s-atmosphere-composition-climate-and-clouds.html>
- <https://www.staff.science.uu.nl/~rutte101/rrweb/rjr-edu/exercises/assignments-spectral-lines/line-usage.pdf>
- <https://www.theimagingsource.com/products/industrial-cameras/usb-2.0-color/dfk31au03/>
- https://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/em_visible_light.html&lang=sp
- Norwood J, Hammel H, Milam S et al (2016) Solar system observations with the James webb space telescope. PASP

- Theodore Dunham Jr (2016) "*Note on the Spectra of Jupiter and Saturn*", Publications of the Astronomical Society of the Pacific , pag. 42, 43 i 44, 1933
- www.patronhawksley.co.uk/staranalyser100.html

ANEX I. PROTOCOLS

1 Protocols telescopi

1.1 Encendre telescopi

-Endollar cable corrent

(-Connexió: Connexió telescopi (cable llarg) –RS232 a port usb ordinador)

-Interruptor On

-Treure la tapa

-Descargolar bloqueig motor de declinació (roda de la dreta)



Figura 110: Declinació

-Telescopi 90°



Figura 111: Ascensió recta

- Obrir clau ascensió recta (platejada sobre la graduació)
- Accepció recta a 0 (les tres marques)
- mando telescope-enter-alineament-enter-polar-enter
- centrar l'estrella polar al mig de l'objectiu-mando enter
- centrar la segona estrella al mig de l'objectiu- mando enter

1.2 Alineament

- Enviar a una estrella
- Centrar utilitzant cargols

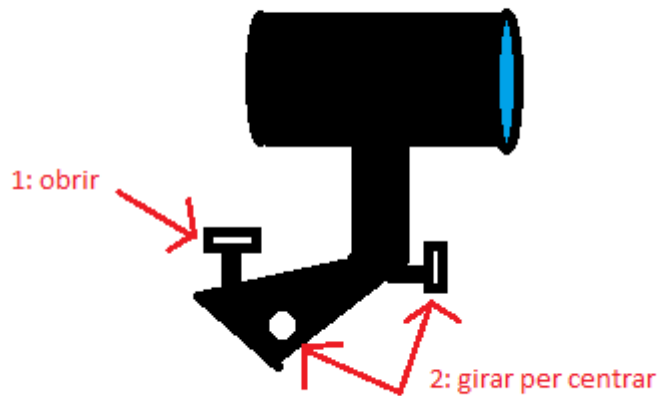


Figura 112: Alineament

- Mando: Star>Num estrella>enter>mantenir enter fins a mached
- Repetir amb varies estrelles

1.3 Posar enfocador

- Desenroscar miralls
- Enroscar enfocador
- Enroscar cargols amb la clau Allen

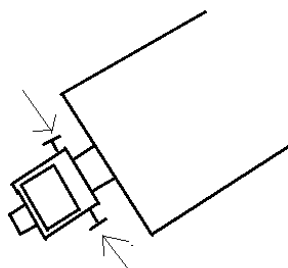


Figura 113: Enfocador electrònic

- Col·locar adaptador (portaobjectius)
- Enroscar ocular
- Cable a focuser
- mando: focuser (mantenir apretat) = fletxes dalt i baix

1.4 Buscar un objecte per codi

Mando

-STAR (6) - codi- enter-GO TO

2 Protocols Cartes del cel

2.1 Preparar

-obrir cartes del cel

-telescopi

-panell de control

-connectar

-telescopi

-sincronitzar

En cas que no connecti

-panell de control (ordinador)

-sistema

-administrador de dispositius

-comprovar quin es el port del telescopi

-cartes del cel

-configuració del port (telescopi-panell de control)

-canviar el port

-desar configuració

2.2 Buscar objecte en la pantalla

-Botó dret a l'objecte-telescopi-desplaçat a la posició

2.3 Velocitat del telescopi

-telescopi

-panell de control

-Seleccionar velocitat:

Go to>Busca>Centrat>Guia

2.4 Enfocar (si l'enfocador està connectat)

-telescopi

-panell de control

-focus

2.5 Ajustar camp de visió

-Diana

-rectangle buscador

-seleccionar camp de visió

2.6 Buscar objectes guardats

-prismàtics

3 Protocols càmera DFK

- Desenroscar objectiu
- Enroscar adaptador
- Enroscar l'objectiu sense el prisma
- Enfocar (cargol de la dreta)
- Enroscar nas càmera DFK (332AUO3.AS) amb la base paral·lela a la forca del telescopi
- Connectar el cable
- Obrir IC Capture
- Ajustar la brillantor, l'exposició i el guany i buscar l'objecte amb el mando
- Tornar-la a enfocar

4 Protocols càmera Canon Eos 1100D DLRS

- Encendre
- Obrir EOS Utility
- Camera setting
- Live view shoot
- 200%
- Centrar l'objecte utilitzant el mando
- Treure 200%
- Ajustar l'exposició
- Foto