



# Spectroscopie Astronomique Amateur

V. LECOCQ

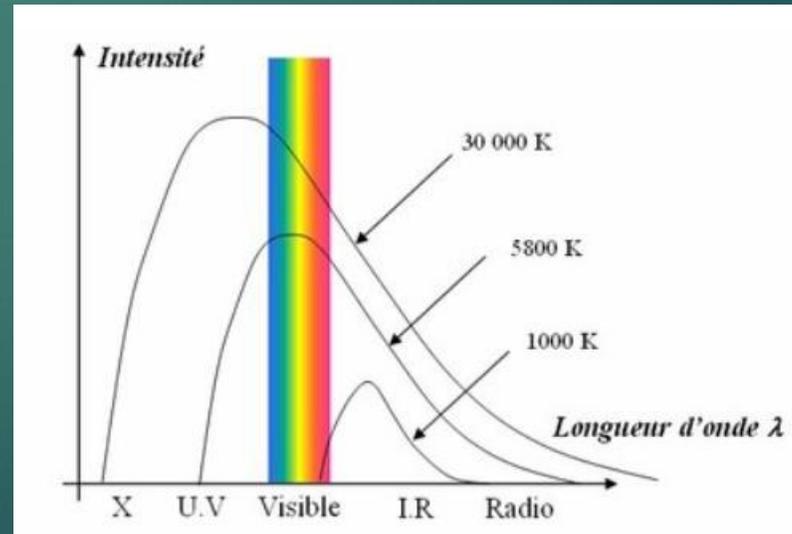
# Spectroscopie Astronomique Amateur

- ▶ Introduction à la spectroscopie
  - ▶ Principe (un peu de théorie)
- ▶ Spectro Basse Résolution
  - ▶ Supernovae
    - ▶ Mesures de vitesses d'expansion
  - ▶ Quasars, Galaxies Actives
    - ▶ Mesures de RedShift et distance
  - ▶ Nébuleuses Planétaires
    - ▶ Imagerie
    - ▶ Mesures de T

# Introduction

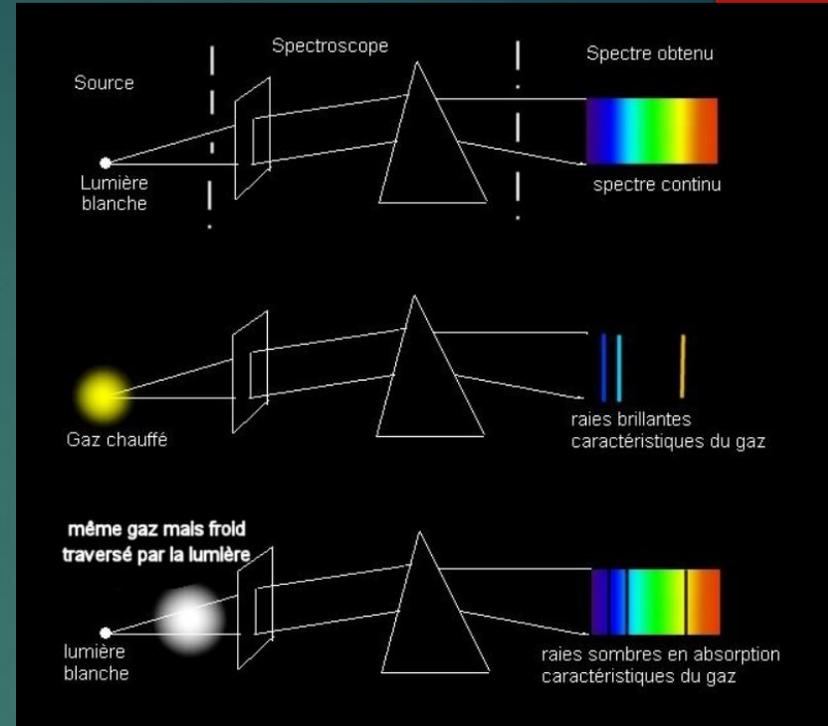
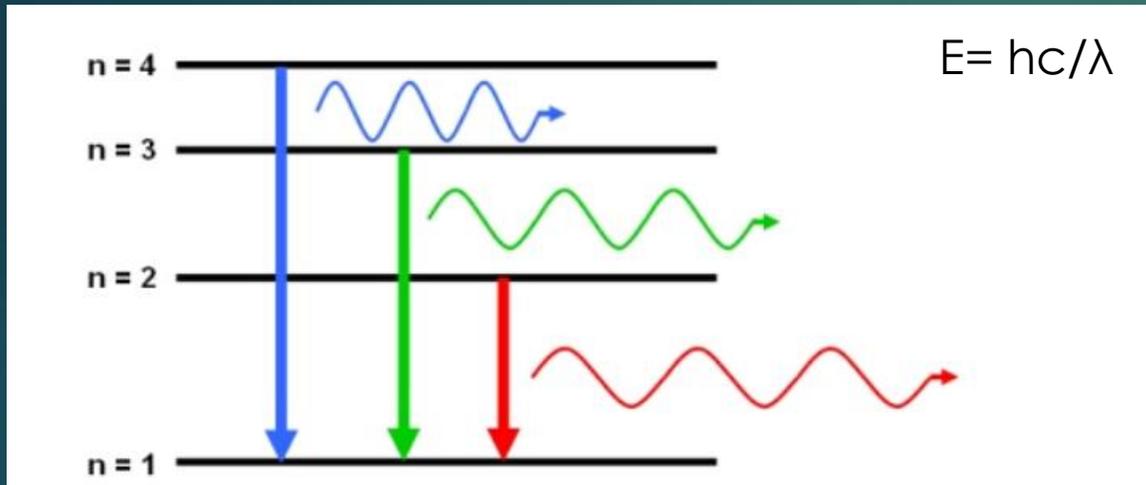
- ▶ En astronomie, notre seule source d'information est contenue dans la lumière (aux ondes gravitationnelles près ...)
- ▶ Les étoiles sont des corps noirs – leur rayonnement dépend de leur T

Le corps noir est un objet qui absorbe toutes les radiations électromagnétiques incidentes, sans refléter ni transmettre aucune d'elles. Lorsqu'il est chauffé, il émet également des radiations selon la loi de Planck, qui décrit la distribution spectrale d'énergie des émissions thermiques



# Introduction

## ► Rayonnement: émission et absorption

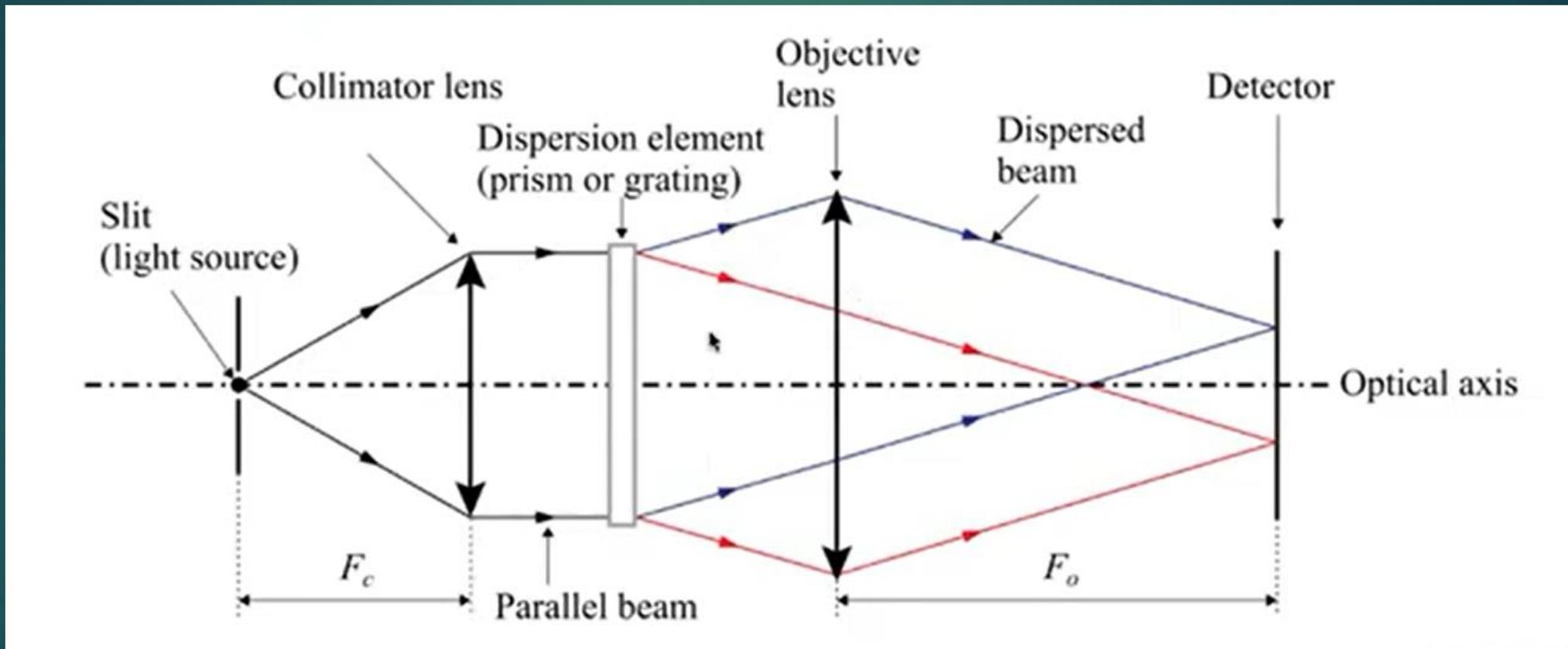


Spectre de VX Cas, 7\*10 min, 27/10/2021

L'étude du spectre (position, largeur des raies ...) permet d'accéder à des grandeurs physiques de l'étoile (vitesse de rotation, présence d'un disque, d'une exoplanète ...)

# Introduction

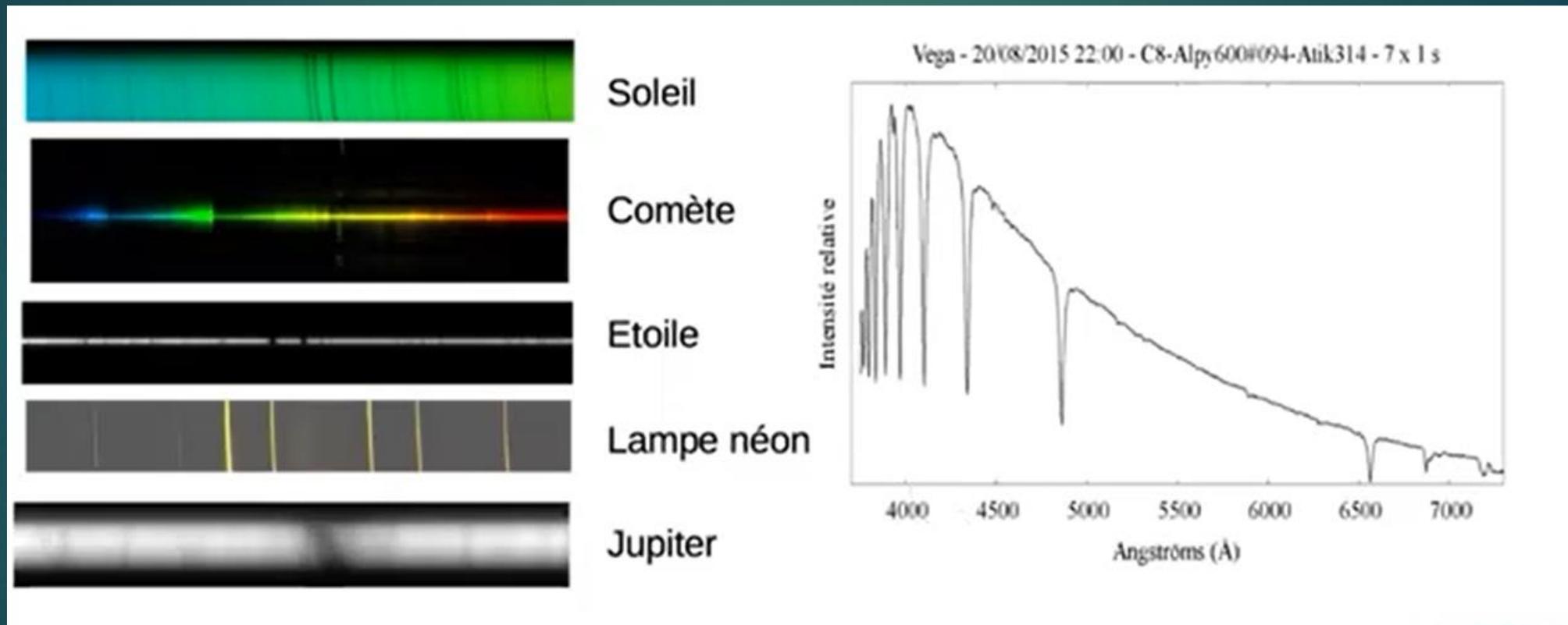
- ▶ Principe du spectro



F. Cochard, Shelyak, Youtube: « Atelier en ligne : pourquoi faire de la spectro ? »

# Introduction

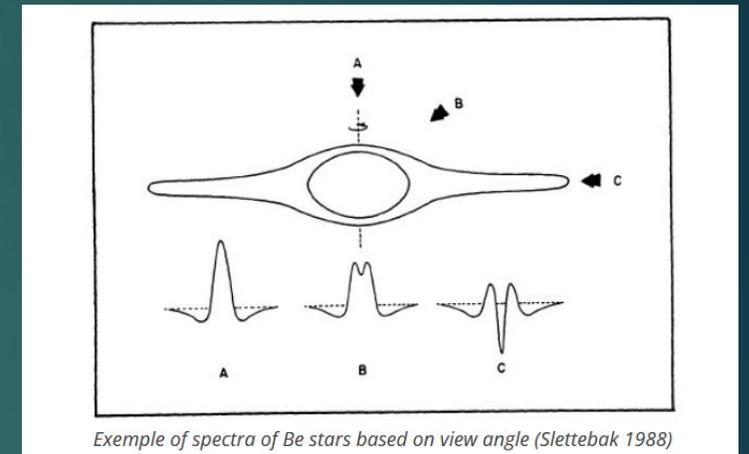
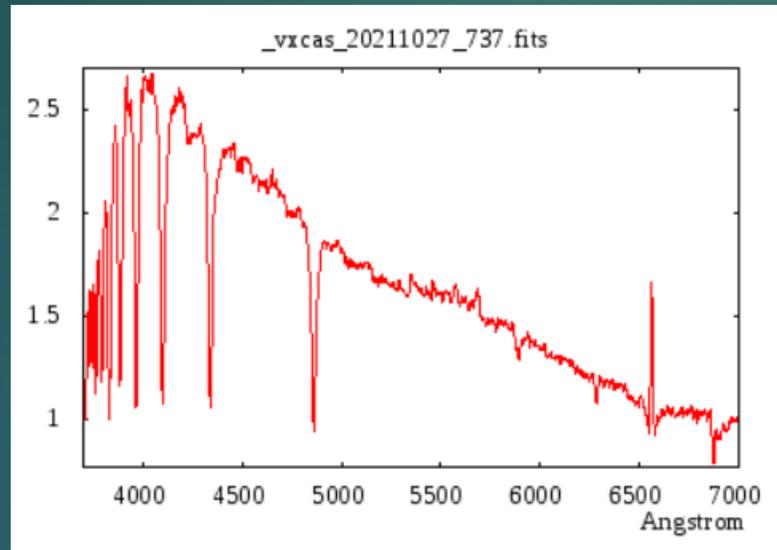
- ▶ Exemples de spectres 2D-1D



F. Cochard, Shelyak, Youtube: « Atelier en ligne : pourquoi faire de la spectro ? »

# Introduction

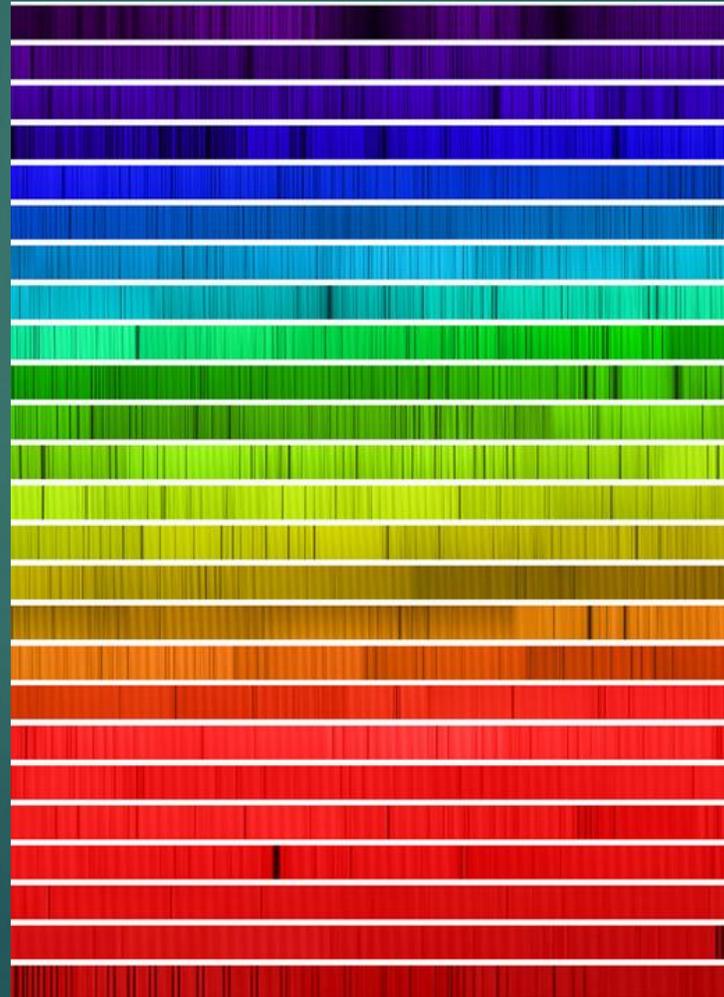
- ▶ Exemple: étoiles Be



[www.shelyak.com](http://www.shelyak.com)

# Introduction

- ▶ Exemple: spectre du soleil → composition chimique



# Spectroscopie basse résolution

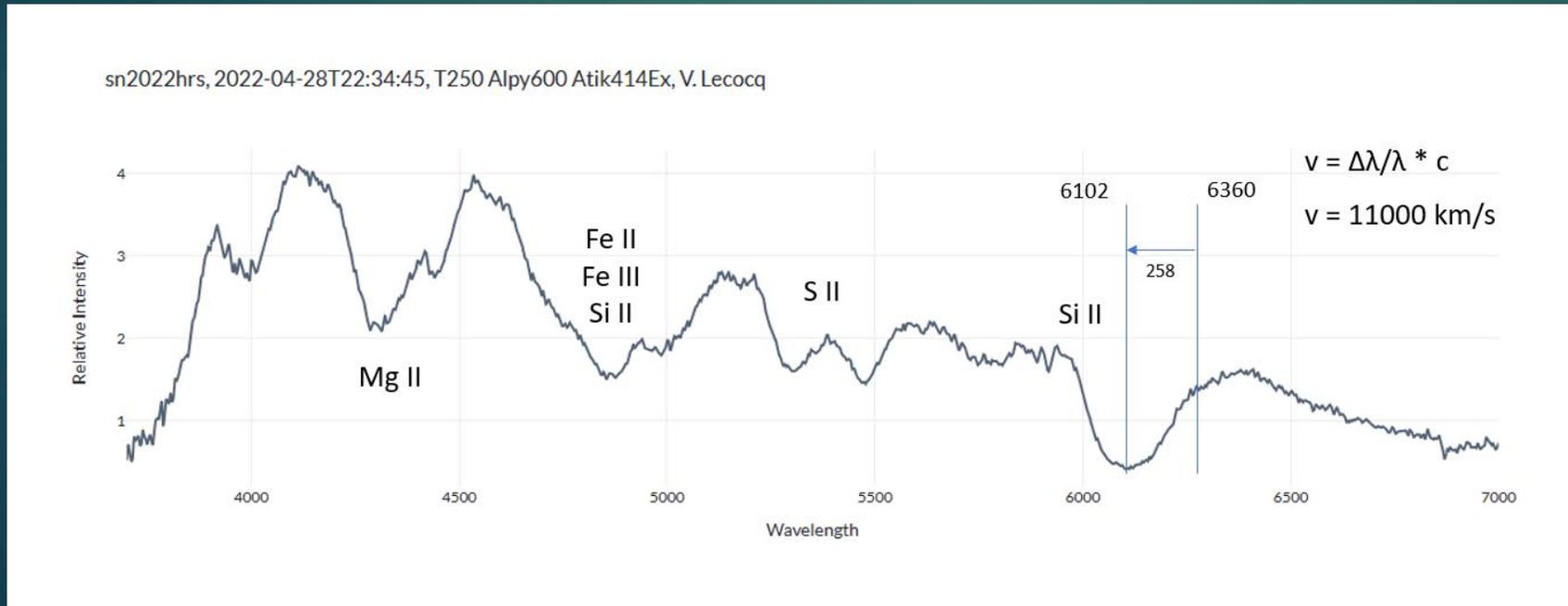
- ▶ Basse résolution ( $\Delta\lambda/\lambda$ ) = peu de détails dans le spectre – analyse des raies individuelles difficiles (sauf supernova !)
- ▶ Mais:
  - ▶ On a tout le spectre de l'UV au proche IR
  - ▶ On peut « monitorer » dans le temps l'évolution de l'ensemble du spectre
  - ▶ On a accès à des objets faibles et étendus: étoiles, galaxies, nébuleuses, quasars ...



# Supernovae

- ▶ Vitesse d'expansion

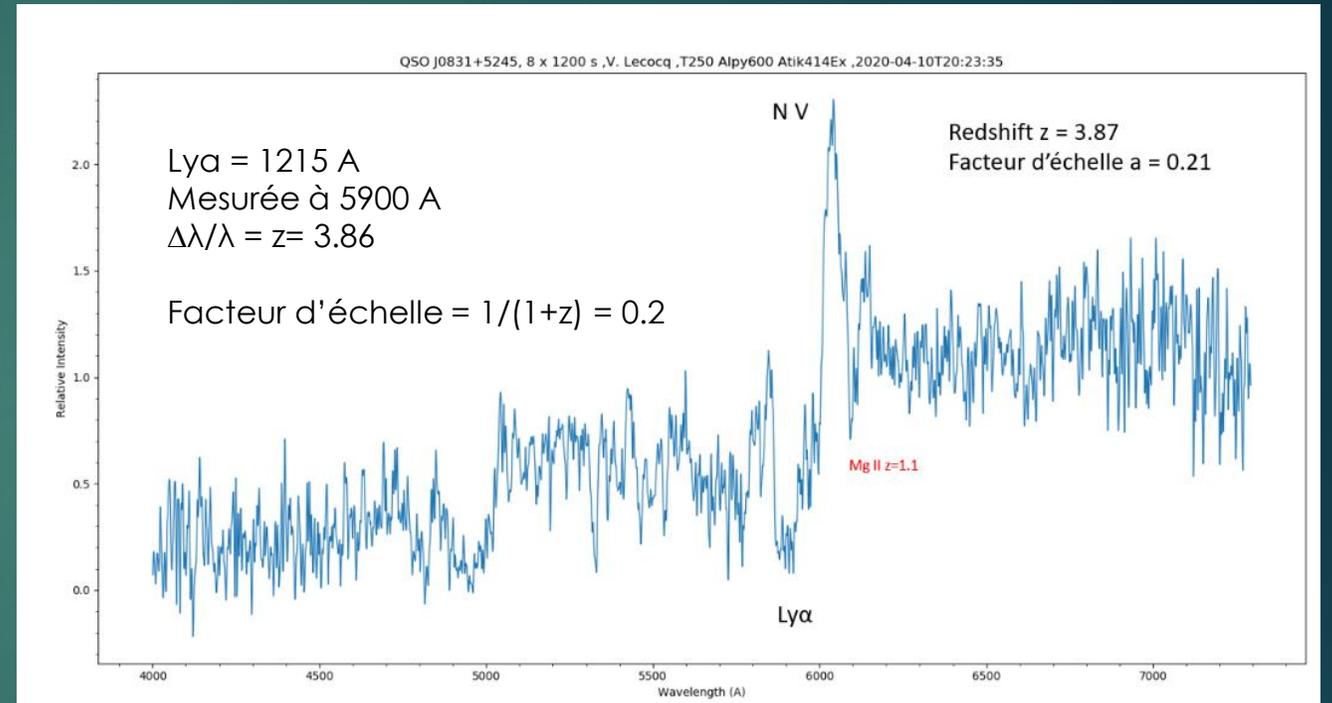
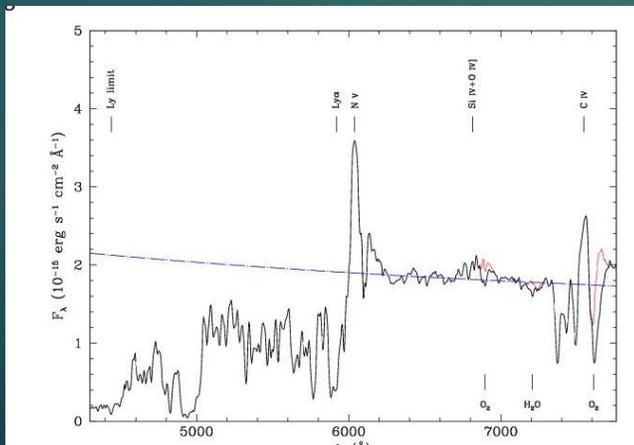
## SN Ia dans NGC4647



# Quasars

## ▶ Redshift et facteur d'échelle

QSO J0831+5245 (Lynx)



Lumière émise il y a 12 milliards d'années ...  
L'univers n'avait que 20% de sa taille actuelle

# Quasars

## ► Listes de quasars accessibles

QUASARS								
n°	Dénomination	Type	Magnitude	Redshift	Binning	Temps unitaires	Nombres	Temps exp total
1	3C48	QSO	16.2	0.367	1x1	2400	4	9600
2	3C273	QSO	12.8	0.158	1x1	600	8	4800
3	KUV 18217+6419	QSO	14.2	0.29718	1x1	900	8	7200
4	PG 1634+706	QSO	14.7	1.3365	1x1	900	10	9000
5	CSO1061	QSO	16.38	2.6621	1x1	900	4	3600
6	PG 1718+481	QSO	14.6	1.08	1x1	900	7	6300
7	APM 08279+5255	QSO	15.2	3.8573	1x1	1200	7	8400
8	S5 0014+813	QSO	16.52	3.3916	1x1	2400	5	12000
9	QSO 1247+267	QSO	15.92	2.03364	1x1	2400	4	9600
10	QSO 0957+561	QSO	16.7	1.4162	1x1	2400	7	16800
11	QSO J1701+6412	QSO	16.17	2.7325	1x1	2400	4	9600
12	QSO B1422+2309	QSO	15.84	3.631	1x1	2400	5	12000
13	SBS 1425+606	QSO	16.5	3.18446	1x1	1800	5	9000
14	CSO118	QSO	16.47	2.99	1x1	2400	3	7200
15	HS 1700+6416	QSO	16.17	2.737	1x1	2400	3	7200
16	QSO B1603+3820	QSO	15.99	2.58	1x1	2400	2	4800
17	PSS J1458+6813	QSO	18.37	4.3	1x1	5000	2	10000
18	SBS 1217+499	QSO	16.5	2.7	1x1	2400	3	7200
19	QSO B1759+7539	QSO	16.5	3.05	1x1	2400	4	9600
20	HS 1710+6753	QSO	16.4	0.40922	1x1	2400	4	9600
21	QSO B0636+68	QSO	16.46	3.1723	1x1	2400	7	16800
22	QSO J014709+46303	QSO	15.7	2.337	1x1	2400	4	9600
23	QSO 1946+770	QSO	16	3.096	1x1	2400	1	2400
24	QSO J0745+4734	QSO	16.44	3.2119	1x1	1800	5	9000
25	PPS J1458+6813	QSO	18.37	4.3	2x2	1200	4	4800
26	PSS J1723+2243	QSO	18.17	4.53	2x2	1200	5	6000
27	PSS J1646+5514	QSO	18.1	4.05	2x2	1200	11	13200
								235300

Site E. Bertrand

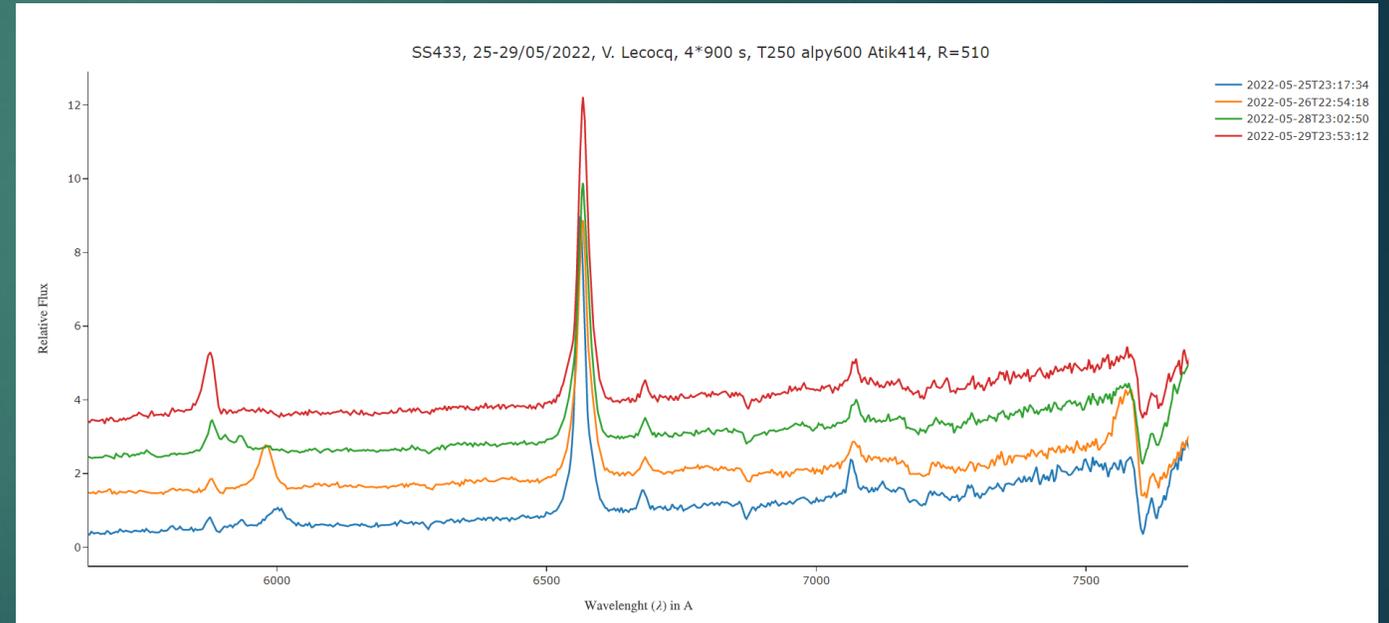
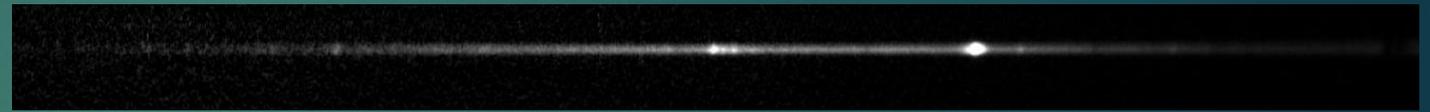
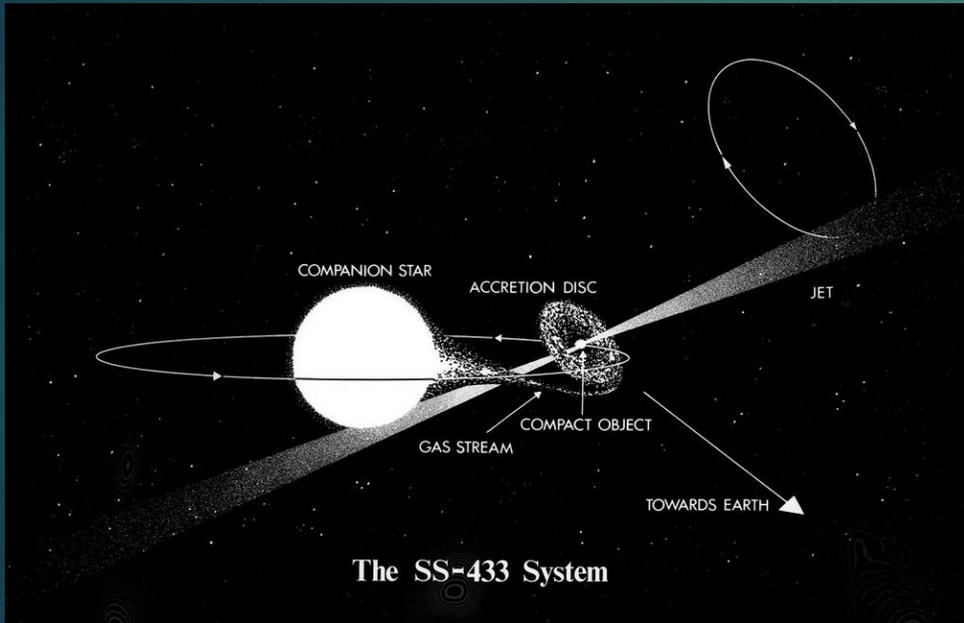
<http://astronomia-spectro.weebly.com/quasars.html>

Ou C. Buil:

<http://www.astrosurf.com/buil/galaxies/spectra.html>

# Micro-quasars

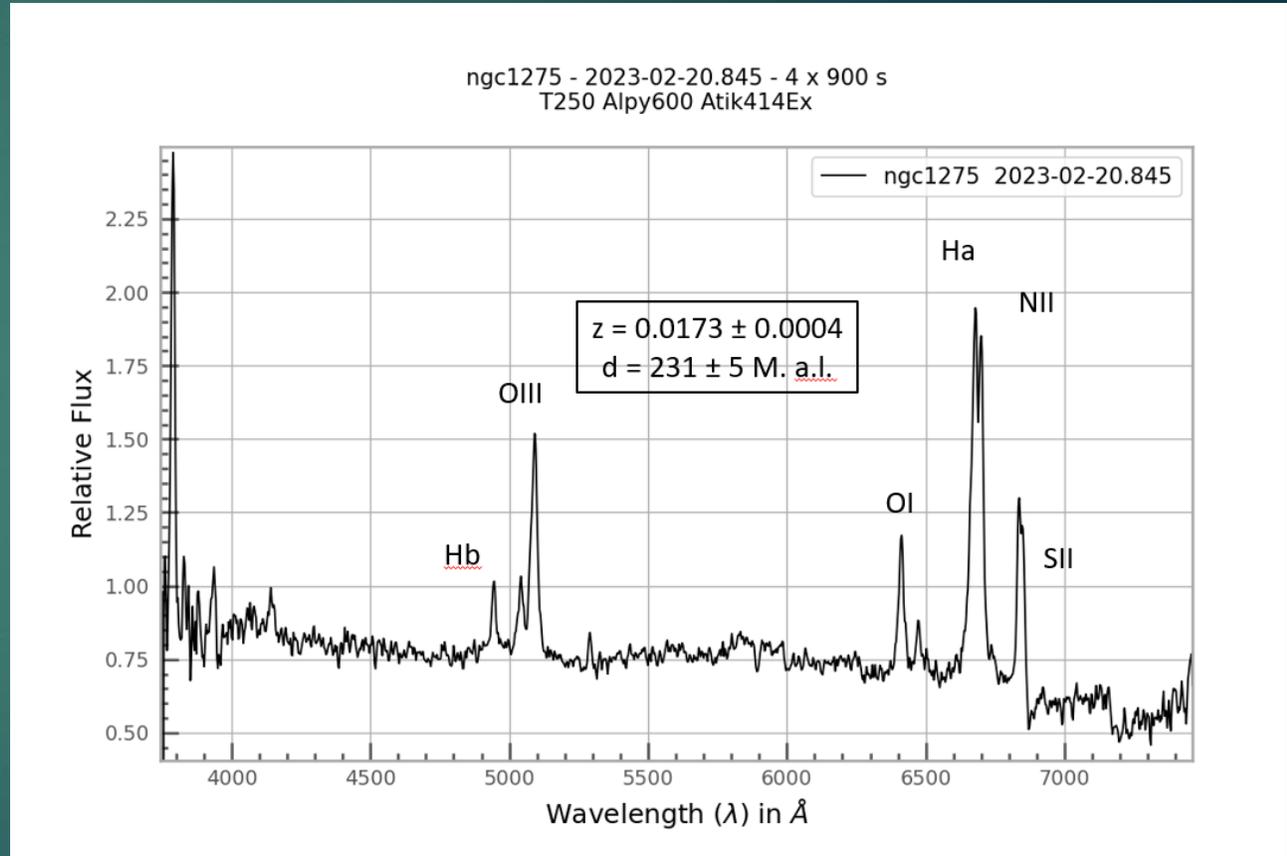
## ▶ SS433



# Galaxies Actives

## ► Redshift et distance

	rest	meas.	delta	z		
SII	6724	6840	116	0.01725164		
NII	6583	6699	116	0.01762115		
Ha	6563	6678	115	0.01752247		
OI	6300	6412	112	0.01777778		
OIII	5007	5092	85	0.01697623		
OIII	4959	5042	83	0.01673725		
Hb	4861	4945	84	0.01728039		
				0.01730956	ecart-type	0.00036617
					IC	0.0004152
loi de Hubble-Lemaitre						
	H0	70 km/s/Mpc				
	D	74.1838208 Mpc				
		231.453521 Mal				



Pour chaque raie, on mesure  $\lambda$ , puis  $z$  ( $\Delta\lambda / \lambda_0$ )  
Et  $D = c \cdot z / H_0$

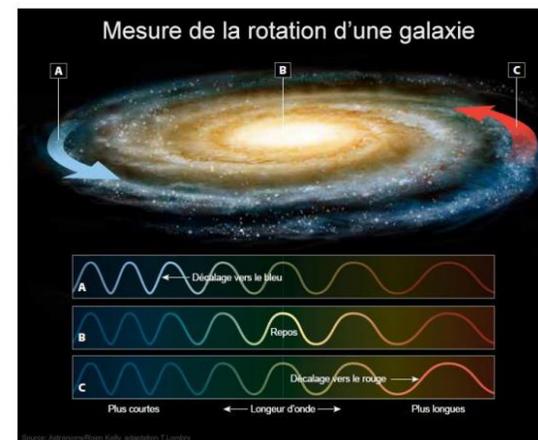
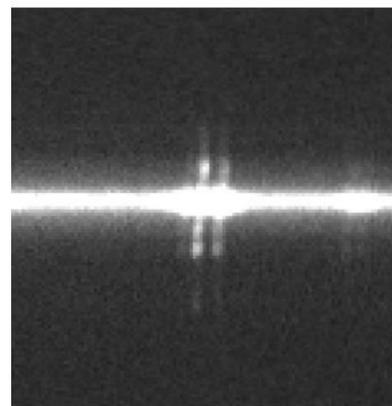
# Galaxies Actives

- Pour aller plus loin

Courbe de vitesse de rotation de M77:

JP. Nougayrede: <http://www.astrosurf.com/topic/140031-courbe-de-rotation-dune-galaxie/>

Des raies décalées vers le rouge/bleu de part et d'autre du cœur  
= rotation de la galaxie



# Galaxies Actives

## ► Listes de galaxies actives

GALAXIES							
n°	Dénomination	Type	Magnitude	Redshift	Unitaire	Nombres	Temps exp total
1	ngc5195	interacting galaxy	9.55	0.001935	600	8	4800
2	ngc5194	Seyfert 2	8.36	0.00169	600	7	4200
3	m81	AGN	6.94	-0.0001367	600	6	3600
4	m82	interacting galaxy	8.41	0.0008381	600	7	4200
5	m64	Seyfert galaxy	8.52	0.000792	600	7	4200
6	m66	AGN	8.92	0.002087	600	7	4200
7	m65	AGN	10.25	0.00263	600	6	3600
8	m87	AGN	8.63	0.004144	600	6	3600
9	m84	Seyfert 2	10.49	0.0039	600	5	3000
10	m63	Seyfert 2	8.59	0.0009447	600	8	4800
11	ngc4051	Seyfert 1	12.92	0.002316	600	8	4800
12	ngc4151	Seyfert 1	11.48	0.003268	600	4	2400
13	ngc5353	Blazar	11.4	0.0077634	600	6	3600
14	m109	Galaxy in group	10.6	0.004058	600	6	3600
15	ngc4449	Emission line Gal	9.64	0.000716	600	6	3600
16	m106	Seyfert 2	8.41	0.001706	600	8	4800
17	m99	HII Galaxy	9.97	0.008411	600	6	3600
18	m94	Seyfert	8.24	0.001103	600	3	1800
19	m102	Seyfert	9.89	0.002206	600	5	3000
20	ngc4125	Galaxy in Pair of Gal	9.72	0.003987	600	9	5400
21	m31	Galaxy in Pair of Gal	3.44	-0.001106	300	6	1800
22	ngc7331	AGN	9.48	0.0024025	900	5	4500
23	ngc315	LINER	11.16	0.016805	1200	4	4800
24	ngc1060	Galaxy in Pair of Gal	11.81	0.01832	1200	4	4800
25	3C84	Seyfert 2	12.48	0.017227	1200	4	4800
26	ngc1023	interacting galaxy	12.48	0.0020994	1200	2	2400
27	ngc925	HII Galaxy	10.12	0.0016304	1200	5	6000
28	ngc7720	Seyfert 1	13.3	0.029667	1200	5	6000
29	m77	Seyfert 1	8.87	0.003187	900	3	2700
30	2E 1919	Seyfert 1	14.71	0.092522	1200	8	9600
31	3C59	Seyfert 1	16	0.112547	2400	4	9600
32	PGC13826	Starbust Galaxy	9.1	0.000077	900	5	4500
33	ngc2841	LINER	9.22	0.00173	900	5	4500
34	ngc2639	Seyfert 1	11.65	0.009068	900	5	4500
35	ngc3193	LINER type AGN	10.88	0.00475	900	3	2700
36	ngc2681	LINER type AGN	10.29	0.00186662	900	4	3600
37	ngc2985	Seyfert 1	10.61	0.0036185	900	4	3600
38	ngc3079	Seyfert 2	10.86	0.0044226	1200	5	6000
39	m108	Starbust Galaxy	10.7	0.0020362	900	4	3600
40	Mrk231	Seyfert 1	13.84	0.04178	900	6	5400
41	m100	AGN	9.35	0.0054541	900	4	3600
42	ngc3344	Emission line Gal	9.86	0.0021446	900	6	5400
43	m85	interacting galaxy	9.76	0.002852	600	6	3600
44	m49	Seyfert 2	12.17	0.00278345	900	5	4500
45	ngc3227	Pair of Galaxys	13.42	0.00314166	900	5	4500
46	Mrk266	Pair of Galaxys	13.42	0.0276626	1200	6	7200
47	m58	Seyfert	9.66	0.00518995	600	6	3600
48	m88	Seyfert 2	13.18	0.0071815	600	6	3600

Site E. Bertrand

<http://astronomia-spectro.weebly.com/quasars.html>

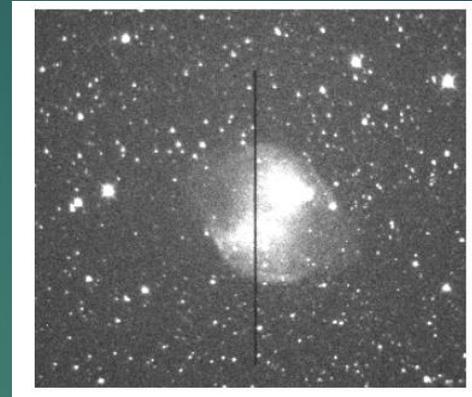
Ou C. Buil:

<http://www.astrosurf.com/buil/galaxies/spectra.html>

# Nébuleuses planétaires

## ► Imagerie

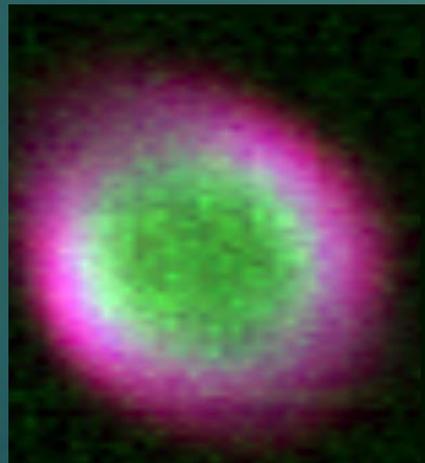
<http://www.astrosurf.com/buil/scan/demo.htm>



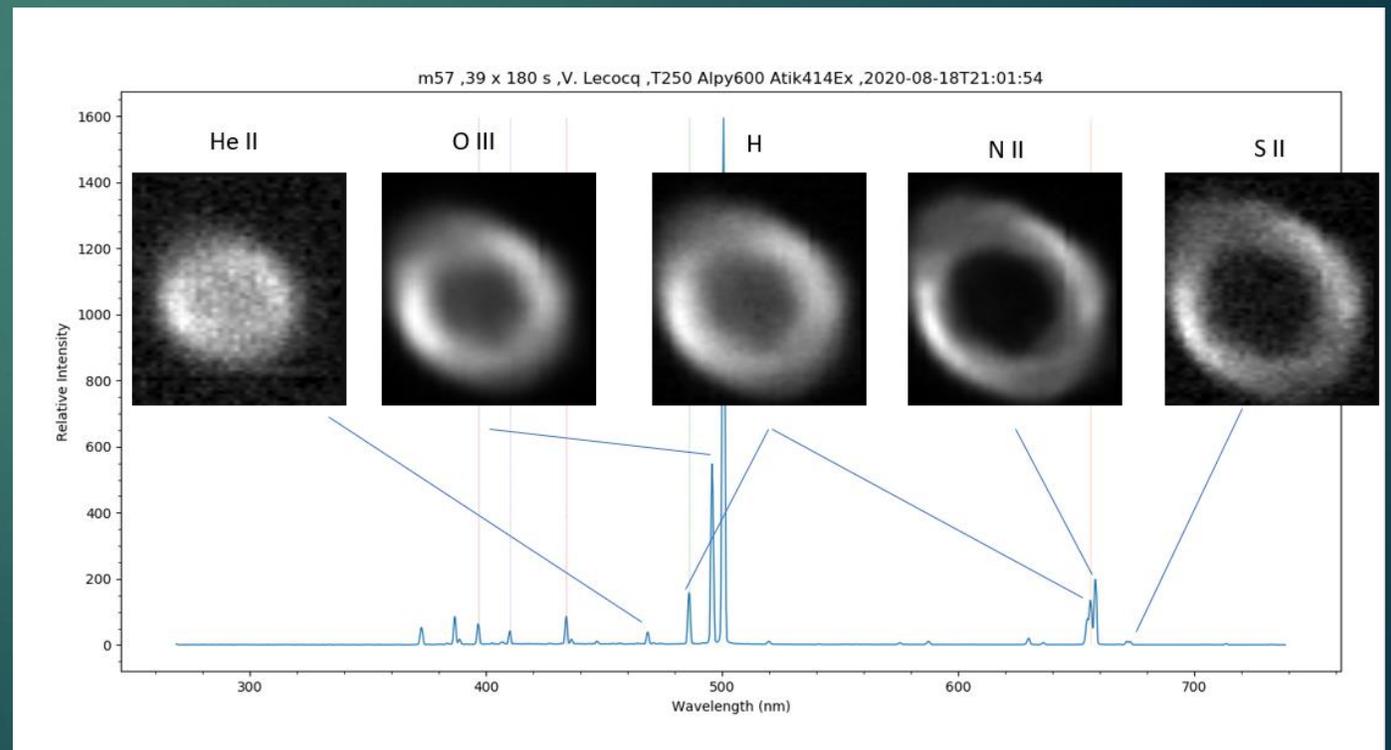
Article de L. Mulato:  
<https://www.shelyak.com/reconstitution-de-limage-dune-nebuleuse-planetaire-par-scan-spectral/>



H/OIII/NII



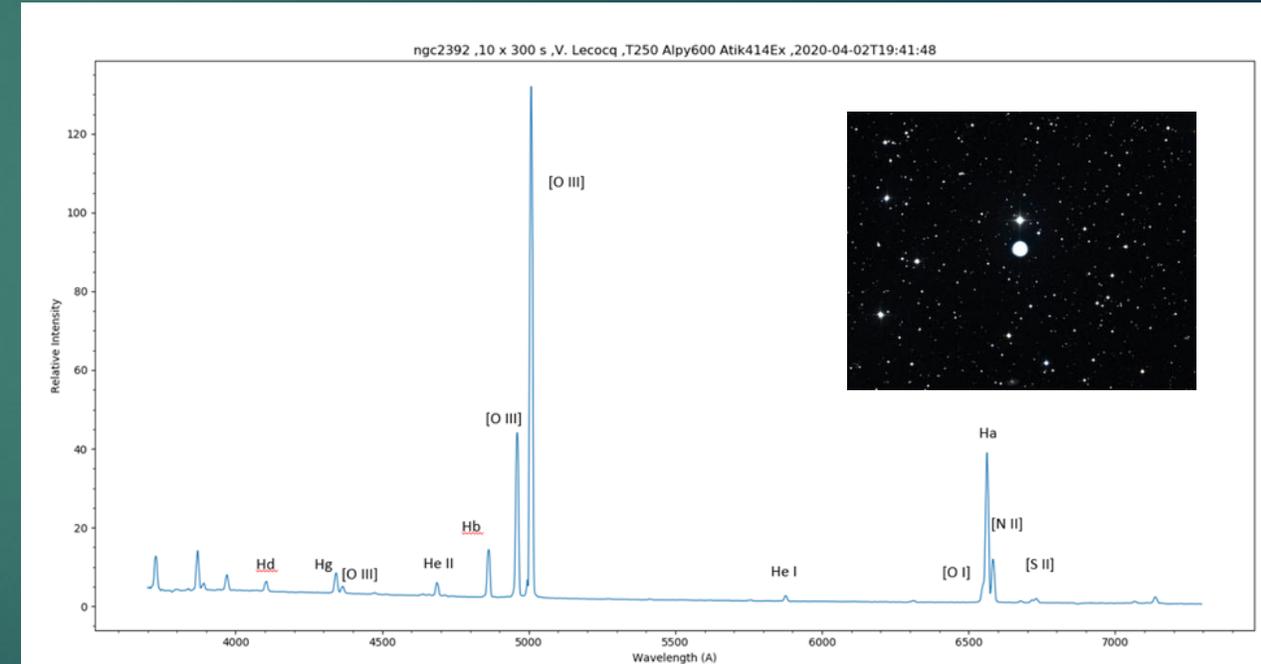
H/HeII/OIII



# Nébuleuses planétaires

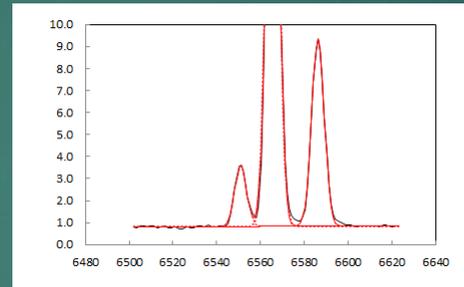
- ▶ Possibilités de déterminer de nombreux paramètres:
- ▶ les rapports des raies dépendent de T, densité et abondance des élt chimiqes

- ▶ T = 14000 K (pros: 12-13000K)
- ▶ Densité électronique: 2700 e-/cm<sup>3</sup> (pros: 3000 e-/cm<sup>3</sup>)
- ▶ Cf astronomie-amateur.fr et A. Acker « Astronomie, astrophysique. Introduction », Dunod et F. Teyssier: <http://www.astronomie-amateur.fr/feuilles/Spectroscopie/NGC2392.html>



# Nébuleuses planétaires

- ▶ Démarche: [F. Teyssier, <http://www.astronomie-amateur.fr/feuilles/Spectroscopie/NGC2392.html>]
  - ▶ Calcul de l'intensité des raies: ajustement par une gaussienne (isis, vspec, python ...)



Lambda	Line	I <sub>0</sub> (H <sub>β</sub> =100)
4340.47	H I	43.8
4363.21	[O III]	12.9
4685.68	He II	30.7
4861.33	H I	100.0
4958.92	[O III]	330.9
5006.85	[O III]	1022.0
5754.57	[N II]	1.5
5875.65	He I	11.1
6548.06	[N II]	28.1
6562.82	H I	309.8
6583.39	[N II]	85.2
6716.5	[S II]	7.2
6730.7	[S II]	11.3

- ▶ Mais les intensités sont modifiées par le rougissement interstellaire

- ▶ Il faut évaluer ce rougissement :

- ▶ Coeff d'extinction :  $c = 3.08 \cdot \log(I(\text{H}\alpha)) - 7.55 = 0.12$  et dépendant de  $\lambda$ :  $f(\lambda) = 2.56 \lambda^2 - 4.87 \lambda + 1.76$  (Kaler)

- ▶ À appliquer sur toutes les raies pour obtenir les intensités corrigées:  $I_c = I_o(\lambda) \cdot 10^{c \cdot f(\lambda)}$

	This Work	[1]	[2]	[3]	[4] <sup>(c)</sup>	
4340.47	H I	45.5	46	48	48	47.3
4363.21	[O III]	13.4	14	25	19.5	19.5
4685.68	He II	31.1	38	38	35	37.0
5006.85	[O III]	1012.3	950	1200	1260	1136.7
5754.57	[N II]	1.4	2	1.6	1.51	1.7
5875.65	He I	10.4	6.8	7.8	7.45	7.4
6562.82	H I	282.2	275	295	283	284.3
6583.39	[N II]	77.6	95	95	85.5	91.8
6716.5	[S II]	6.5	8	6.7	4.8	6.5
6730.7	[S II]	10.2	10	7.9	7.8	8.6

**Table 5 : Line intensities - Comparison with published values**  
 [1] : Henry & al. (2000) [2] : Barker (1991) [3] Aller & Czyzak (1979)  
 [4] Average of [1], [2] and [3] as computed in Pottasch & al. (2008)

# Nébuleuses planétaires

- ▶ Démarche: [F. Teyssier, <http://www.astronomie-amateur.fr/feuilles/Spectroscopie/NGC2392.html>]

- ▶ Température

$$\text{▶ } T_e = \frac{3.29 \cdot 10^4}{\ln\left(\frac{R(OIII)}{7.90}\right)} = 14000 \text{ K}$$

- ▶ Densité électronique (depuis ratio SII)

$$\text{▶ } R_{[SII]} = \frac{I(6706)}{I(6731)}$$

$$\text{▶ } \text{Et } N_e = 100 \times \sqrt{T_e} \times (R[SII] - 1.49) / (5.62 - 12.8 \cdot R[SII]) = 2700 \text{ e}^{-/\text{cm}^3}$$

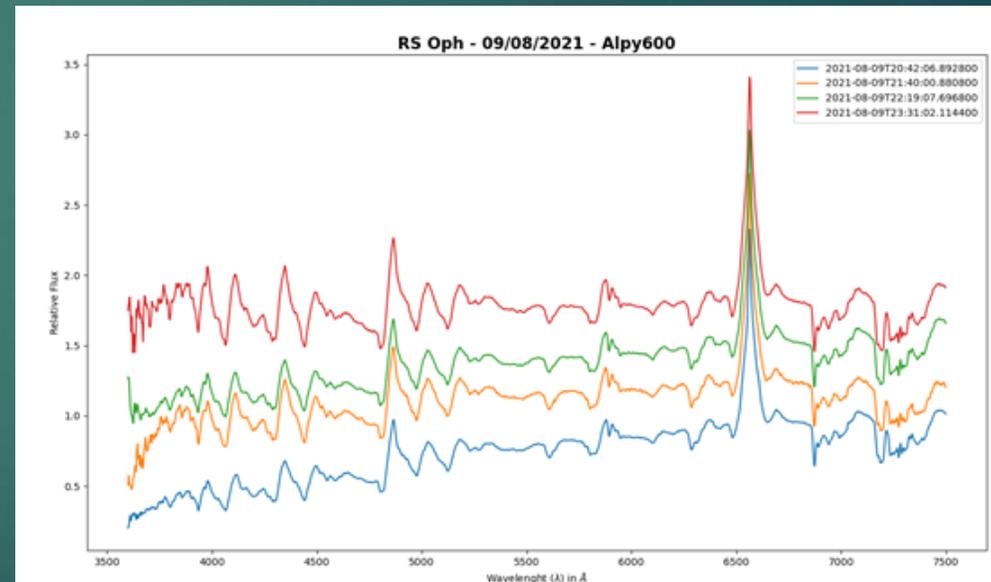
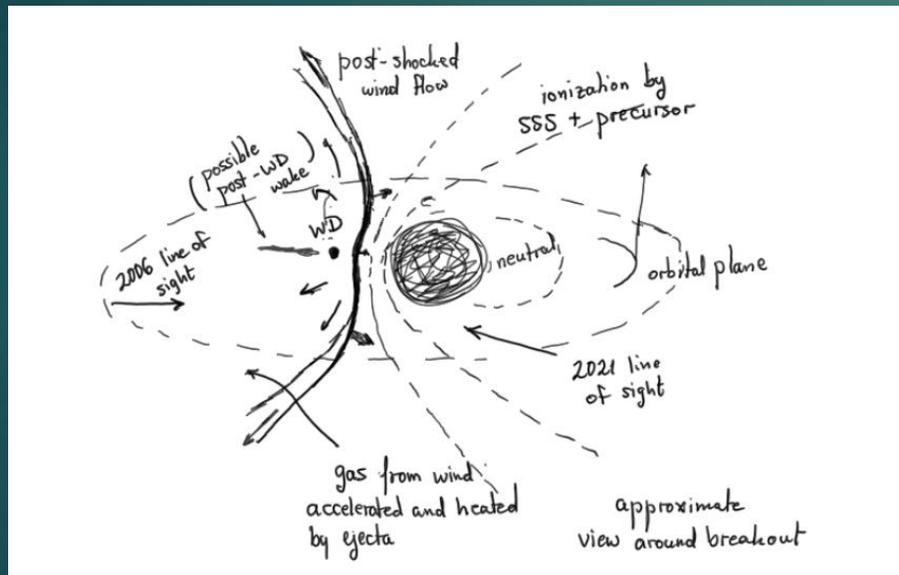
# Programmes scientifiques

- ▶ Suivi de Nova
  - ▶ Exp: RS Oph



Astronomical Ring for Access to Spectroscopy

An initiative dedicated to promotion of amateur astronomical spectroscopy and pro/am collaborations



S. N. Shore

# Programmes scientifiques

## ► Base ARAS

<https://aras-database.github.io/database/index.html>



### Astronomical Ring for Access to Spectroscopy

An initiative dedicated to promotion of amateur astronomical spectroscopy and pro/am collaborations

### ARAS Group spectroscopic monitoring of the latest outburst of RS Oph

ATel #14868; S. N. Shore (Univ. of Pisa), H. Allen, M. Bajer, H. Barker, K. Bazan, P. Berardi, T. Bohlson, C. Boussin, D. Boyd, E. Bryssinck, C. Buil, S. Charbonnel, S. Curry, J. B. Desrosiers, D. Doctor, P. A. Dubovsky, P. Dubreuil, C. Eldridge, L. Franco, O. Garde, J. Guarro, P. Le D  , R. Leadbeater, V. Lecocq, J. Martin, F. Teyssier, O. Thizy, P. Velez (ARAS Group)

on 23 Aug 2021; 11:31 UT

Distributed as an Instant Email Notice Novae

Credential Certification: S. N. Shore (shore@df.unipi.it)

Subjects: Optical, Nova

Referred to by ATel #: 14881, 14882, 14885, 14886, 14894, 14895



Tweet

We report the results of continuing medium resolution ( $R > 9000$ ) spectroscopic monitoring of RS Oph (see ATel#14866, #14834 and previous telegrams cited therein). Members of the ARAS group have been obtaining spectra with resolutions ranging from 500 to 30000. Higher resolution spectroscopic monitoring ( $R \sim 9500\text{-}30000$ ) began on Aug. 9.8. To date around 270 spectra have been archived, including those from quiescent monitoring from 2011-2021; the observation closest to outburst having been obtained on 2021 Jun. 7.9 ( $R \sim 940, 3950\text{-}7550\text{Å}$ ) that shows no major changes from the previous two years of monitoring apart from orbital modulation of the Balmer line profiles. Here we focus on the

ARAS Spectral Database

Home About Conditions of Use Contact

### ARAS Symbiotics Program

Details on stars: [New Online Database of Symbiotic Variables](#)

Number of stars: 103  
Number of spectra: 8188  
Last update: 2023-08-03, 11:56

Observers Observatories

Stars of special interest  
Current campaigns: AG Dra, CH Cyg, R Aqr  
Current surveys: CI Cyg, AG Peg, BF Cyg, AX Per  
Outbursts: CN Cha

send spectra to francoismathieu.teyssier [at] gmail.com & arasdatabase [at] gmail.com

Publications using ARAS spectra

Priority (HR/LR):  
0 Request of pros teams, outburst, special behavior 1 Long-term monitoring, high priority  
2 Interesting target 3 Low cadence 4 Very low interest

Search:

Name	RA (2000)	DEC (2000)	No. of spectra	First spectrum	Last spectrum	Days since last	Frequency	HR	LR
<a href="#">EG And</a>	00 44 37.19	+40 40 45.70	200	2010-08-12	2023-07-31	6	30	1	3
<a href="#">AX Per</a>	01 36 22.70	+54 15 02.41	448	2011-10-04	2023-02-26	161	8	0	0

# Programmes scientifiques

## ► BESS (suivi d'étoiles Be)

<http://basebe.obspm.fr/basebe/Accueil.php>

<http://arasbeam.free.fr/>

**BeSS**  
Be Star Spectra

**Base de données BeSS v2.0**

La base de données BeSS contient un catalogue complet des étoiles Be classiques, des étoiles Herbig Ae/Be et des supergéantes B[e]. Elle regroupe des spectres de ces étoiles obtenus par des astronomes professionnels et amateurs. Cette base est maintenue au laboratoire LESIA de l'Observatoire de Paris-Meudon.

Tout le monde peut interroger la base de données BeSS pour télécharger les spectres d'étoiles Be de son choix ou pour consulter le catalogue des étoiles Be classiques, des étoiles Herbig Ae/Be et des supergéantes B[e]. Cependant, si ces données sont utilisées pour des publications scientifiques, merci de faire figurer la mention "Ce travail a utilisé la base BeSS, administrée au LESIA, Observatoire de Paris-Meudon, France : <http://basebe.obspm.fr/>".

De plus, certains sites ou organisations qui ont permis l'obtention de ces spectres demandent qu'une phrase leur en rendant crédit soit incluse. Consultez la page "Crédits" pour plus de détails. Également, lorsque vous utilisez beaucoup de spectres obtenus par la même personne ou si un spectre a fourni des informations importantes pour votre étude, nous vous encourageons fortement à l'accueillir comme co-auteur de votre publication. Il est suffisant de remercier dans votre publication les observateurs qui ont fourni moins de spectres.

Ceux qui le souhaitent peuvent aussi [s'inscrire comme observateur](#) pour déposer dans la base BeSS les spectres d'étoiles Be classiques, Herbig Ae/Be ou supergéantes B[e] qu'ils ont collectés. Dans ce cas, les spectres déposés doivent être au format fits et leur entrée doit contenir au minimum certains mots-clés (Voir Format).

Nous vous encourageons à aussi consulter [ArasBeam](#) et la liste de diffusion [spectro-l](#) pour savoir quelles étoiles observées en priorité.

Nous vous remercions d'avance pour votre contribution !

Les administrateurs de BeSS (R. de Batz, C. Neiner)  
et les validateurs de BeSS (E. Alecian, C. Bail, F. Cockard, V. Desnoux, O. Garde, T. Garrel, M. Kraus, T. Lemoine, C. Neiner, O. Thiry)

36623 visiteurs depuis le 26 février 2007

LESIA  
Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique

ASTRONOMICAL RING ACCESS SPECTROSCOPY

Up/download de spectres

**ArasBeam**

**Be Star Spectra**

**ArasBeam**

**Programme Haute Résolution : H $\alpha$  (6563 Å), R > 5000**

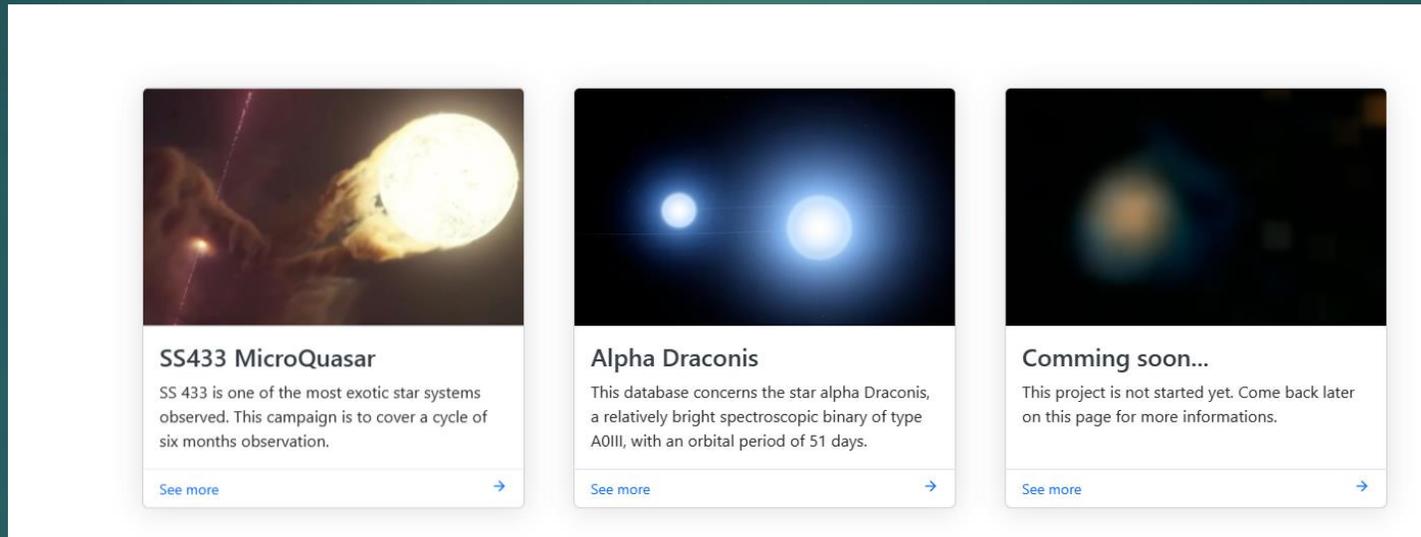
494 objects

Étoile	No HD	AD	DEC	Magn.	Type sp.	Nb tot.	1 an	2 mois	Dernier	Période Obs
HD 22495	22495	+00 01 38.6	+06 26 59.7	8.47	B1Vne	14	1	0	2022-10-25 01:11:23	365
HD 22595	22595	+00 03 27.1	+55 33 03.2	7.95	B2IVne	24	3	0	2023-01-07 02:05:50	365
2 Cet	225132	+00 03 44.4	+17 20 09.6	4.54	B9Vne	39	3	0	2022-10-28 20:09:59	365
10 Cas	144	+00 06 26.5	+64 11 46.2	5.57	B9IIne	58	2	2	2022-08-03 20:29:45	365
V742 Cas	698	+00 11 37.1	+58 12 42.6	7.08	B5IIne	34	2	0	2022-08-09 01:41:07	365
BD+61 39	0	+00 20 17.4	+62 27 49.9	8.85	B0.5Vne	14	0	0	2021-12-01 03:26:51	365
HD 2789	2789	+00 32 02.8	+67 09 46.1	8.36	B3Vne	21	3	0	2022-10-24 06:49:12	365
omf Cas	4180	+00 44 43.5	+48 17 03.7	4.48	B5IIne	98	3	0	2022-10-11 17:57:01	365
HD 4931	4931	+00 52 15.5	+60 05 23.8	8.72	B8Vne	16	1	0	2023-01-08 02:18:26	365

Quelle Be observer ?

# Programmes scientifiques

- ▶ STAROS (<https://staros-projects.org/index.html>)

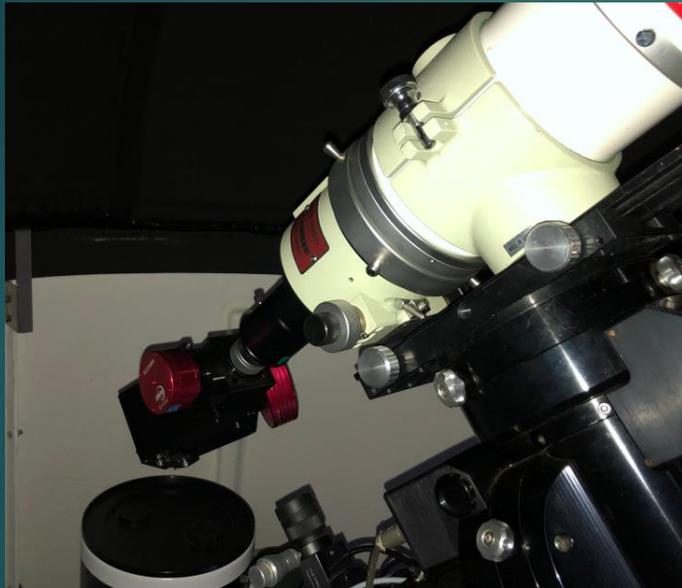


The screenshot displays three project cards from the STAROS website. Each card features a header image, a title, a brief description, and a 'See more' link with a right-pointing arrow.

- SS433 MicroQuasar**: The header image shows a bright yellow star with a large, glowing, reddish-orange nebula. The text below states: "SS 433 is one of the most exotic star systems observed. This campaign is to cover a cycle of six months observation." The 'See more' link is located at the bottom left of the card.
- Alpha Draconis**: The header image shows two bright blue stars against a black background. The text below states: "This database concerns the star alpha Draconis, a relatively bright spectroscopic binary of type A0III, with an orbital period of 51 days." The 'See more' link is located at the bottom left of the card.
- Comming soon...**: The header image is a dark, blurry image of a star. The text below states: "This project is not started yet. Come back later on this page for more informations." The 'See more' link is located at the bottom left of the card.

# Exemples de spectros

- ▶ Basse-Moyenne résolution
  - ▶ Alpy, LISA, UVEX, StarEx



UVEX sur une lunette d=100 mm



Alpy sur Newton T250

- ▶ Haute résolution
  - ▶ LHIRES, Eshel, StarEx



LHIRES sur C8

# Ressources

## ▶ Sites

- ▶ C. Buil: <http://www.astrosurf.com/buil/index.html> + chaîne youtube Astro-Spectro
- ▶ F. Teyssier: <http://www.astronomie-amateur.fr/>
- ▶ Sol'Ex: <http://www.astrosurf.com/solex/>
- ▶ UVEX: <https://spectro-uvex.tech/>
- ▶ ARAS: <https://aras-database.github.io/database/>
- ▶ Shelyak: <https://www.shelyak.com/> + chaîne youtube Shelyak Instruments TV

## ▶ Forums

- ▶ <https://www.spectro-aras.com/forum/>
- ▶ <http://www.astrosurf.com/forum/47-spectroscopie-et-photom%C3%A9trie/>
- ▶ <https://www.webastro.net/forums/forum/51-lastro-autrement/>
- ▶ Discord Astro-fr section spectro

# Ressources

## ▶ Logiciels

### ▶ Acquisitions

- ▶ MaximDI, Prism, NINA, KStars/Ekos ...

### ▶ Traitements

- ▶ ISIS : <http://www.astrosurf.com/buil/isis-software.html>
- ▶ Demetra: <https://www.shelyak.com/logiciel-demetra/>
- ▶ VisualSpec: <http://www.astrosurf.com/vdesnoux/>
- ▶ SpecInti : <http://www.astrosurf.com/solex/specinti.html>

## ▶ Livres

- ▶ Méthodes de l'astrophysique, L. Gouguenheim
- ▶ Astronomie&Astrophysique, A. Acker
- ▶ Guide pratique pour (bien) débiter en spectroscopie, F. Cochard
- ▶ Spectroscopy/Spectral Atlas for amateur astronomers, R. Walker
- ▶ Stellar Photospheres, D. F. Gray