Mission «Star Trek 40»

4 au 8 Janvier 2007

Pic du Midi... le vaisseau des étoiles...

Olivier Thizy, François Cochard [Club d'Astronomie de Lyon-Ampère]
...et François Colas en support!!!

Table des matières

1.Introduction.... 4
2.Journal de bord du Capitaine Kirk....5
3.Instrumentation....12
Le spectrographe: Lhires III.... 12
Adaptation au T60.... 13
Le Télescope T60....14
4.Les étoiles Be.... 15
Propriétés.... 15
Des raies en émission....15
Répartition des étoiles à émission....16
Hypothèses....17
Hypothèse 1: un anneau en rotation....17
Hypothèse 2: un anneau elliptique....18
Physique des étoiles Be....18
Hypothèse 3: un système binaire.... 20
Des étoiles encore bien mystérieuses....20
Ressources & Bibliographie.... 21
5.Le satellite COROT....23
La mission....23
Le satellite....24
6.Résultats de la mission.... 25
Première nuit....25
Traitement (SpIRIS v1.20)....25
17 Tauri....26
HD50820....27
Courbe de réponse instrumentale / alpha Gemini.... 28
2ème nuit....29
Traitements généraux....29
Zeta Tauri....30
HD50820....31
HD68703....32
Castor (Alpha Gemini)....32
Troisième nuit 33
Analyse de flux.... 33
Eta Tauri....33
Quatrième nuit.... 35
Traitement général (SpIRIS v1.20)....35
28 Tau.... 36
HD50820....37
Réponse Instrumentale....39
7.Recommendations pour les prochaines missions.... 40
Matériel de l'AT60....40
Matériel autre (perso, T1M...)....40
Ce qu'il faudrait ajouter.... 41
8.Comparaison avec les autres télescopes de mission....42
Introduction....42

Bases de vie..... 42
Equipement..... 43
9.Conclusions..... 45
10.Annexe: les fameuses phrases du capitaine Kirk..... 46
11.Annexe: Références..... 52

1.Introduction

OK... vous vous demandez "Mais pourquoi avoir appelé cette mission la mission «Star Trek 40»..." ? Ben tout d'abord parce que nous (enfin, JE) suis fan de ce show télévisé. L'ambiance «vaisseau des étoiles» qui règne au Pic du Midi (avec ses couloirs, la vue splendide, l'atmosphère «marine»...) a aussi été une grande inspiration. Et enfin, la mission s'est déroulée alors qu'avait lieu à Londres la célébration du 40ème anniversaire de la série (en fait, le premier épisode a été diffusé le 9 Septembre 1966). Et oui... la série a presque mon age!!! :-)

Monter au Pic du Midi est pour moi un rève de plus de 20 ans... allez savoir pourquoi, je n'y suis jamais monté, même pas en touriste. C'est donc avec excitation que j'ai accepté l'invitation de François Colas à monter un «plan mou» [(c) www.planmou.com !!!] là haut avec François Cochard. L'objectif, au départ de faire de la spectro basse résolution, s'est en fait vite recentré sur l'étude des étoiles Be. Surtout avec la présence de Coralie Neiner au télescope de 2m (TBL) qui faisait sa première mission sur le nouveau spectrographe NARVAL... et dont le thème est le champ magnétique dans les étoiles Be!

Cette mission, en plus de l'objectif de faire des spectres d'étoiles Be dont HD50820, a aussi pour objectif de valider l'installation du spectrographe Lhires III sur le T60. Ce spectrographe a été développé au sein de l'association AUDE et est maintenant fabriqué et distribué par l'entreprise que nous (François Cochard et Olivier Thizy) avons créée: Shelyak Instruments (http://www.shelyak.com). Il a une résolution de 17000 avec le réseau de 2400tt/mm (qui peut être changé pour d'autres résolutions). Il est très efficace en animation (observation du spectre solaire en haute résolution), pour la formation en spectrographie, et pour les astronomes amateurs qui veulent découvrir la spectrographie dans "leur jardin" ou dans des télescopes de mission comme le T60.

La salle de contrôle

2.Journal de bord du Capitaine Kirk

Départ de Grenoble Mercredi 3 Janvier en début d'après-midi. Arrivée à Toulouse pour une escale technique chez Christian Buil (on récupère les deux bagues et la barlow TeleVue 2.5x). Nuit à l'hotel «L'Européen» en face de la gare de Tarbes. On récupère François Colas & Coralie Neiner au petit matin, départ vers la Mongie pour prendre la première benne du téléphérique.

Le vent souffle fort et seule la benne technique est autorisée, le téléphérique restera fermé ce matin là. Ca balance un peu dans la cabine... mais on arrive à bon port sur ce magnifique vaisseau qu'est le Pic du Midi. Là haut nous rencontrons le Capitaine du vaisseau [«Kirk» de son prénom! :-)]... et nous lui laissons donc la parole! A noter que les heures sont en TL (donc retirer 1h pour avoir en TU).

«Captain's Log... This the first day for our new crew... BBBZZZZZZ BBBBZZZZ [une voix se fait entendre: *traducteur automatique en place*... ouf!]... Nous attendons avec impatience ce nouvel équipage.
Star date 20070104.10h: la chaloupe venant de la Terre (celle "d'en bas"!!!) approche du navire et accoste à quai; l'équipe de ravitaillement, (alias Nyota Uhura Coralie Neiner à la chaloupe T2M), Mc Coy (alias François Colas à la chaloupe T1M), Scotty (alias François Cochard) et moi-même (alias Olivier Thizy à la petite chaloupe T60!) descendent. Une petite heure de repos et une visite du vaisseau s'impose: le musée visiteurs, la cafet (enfin, les cafets sans compter celle privée du T1M!), et les télescopes de 2mètres, de 1mètres, et de 60cm.

Vue de la partie Est de l'observoire en arrivant par la téléphérique

Les télescopes de 2 mètres (TBL) et le télescope de 1 mètre

StarDate 20070104.13h: repas dans la cuisine du T1M. Je fais une sorte de ratatouille et McCoy (alias François Colas) sort un cou farçi, spécialité locale!
StarDate 20070104.15h: prise en main du T60. Pas de soucis majeur, l'instrument est de bonne qualité.
Star Date 20070104.17h: le Lhires III est réglé (et focalisé), installé sur le T60 avec une bague spéciale et une barlow x2.5 prêtée par Mr Spock (alias Christian Buil, un Vulcain... c'est certain!!! :-)]
Star Date 20070104.18h: Le T60 est allumé et opérationnel... le vent tombe mais est encore fort. On ouvre la coupole, mais la prise en main est un peu plus longue que prévue: équilibrage, réglage des deux chercheurs, etc...

Installation du Lhires III sur le T60 et utilisation de nuit.

StarDate 20070104.20h: premier spectre d'étoile (Aldébaran), poses courte de 60sec. Sous l'excitation de l'équipage devant ce monde inexploré, on en oublie les Néons!!! :-(
StarDate 20070104.20h30: série de spectres sur 17 Tau (néon de 5sec avant et après; poses de 5min), bien placée dans le ciel. C'est une des étoiles des Pléïades. Signal assez faible et étalé... bof. Mais comme je le dit parfois: "*Not one hundred percent efficient, of course ... but nothing ever is.*"
StarDate 20070104.22h: série sur Alpha Gemini (Castor)... poses de 5min pour avoir une référence. Forte turbulence, étoile déformée car le système a de forte flexion au niveau du porte-oculaire et travaille hors-axe (le réducteur est lui-même hors axe).
StarDate 20070104.23h30: une "away team" part à la conquète de HD50820, système très mystérieux, double, et qui va être prochainement la cible du vaisseau amiral COROT!

La terrasse Sud (avec la coupole du T60 ouverte) la nuit.

StarDate 20070105.00h30: l'équipe sur HD50820 lance un appel au secours... étoile défocalisée. J'envois Scotty, notre mécano de course... argh, un problème sur le focuser JMI... difficile de réparer sur place. Je téléporte l'équipe sur HD50820 de retour sur le vaisseau, avec soin de clore la mission proprement (ie: noirs, offset, flat...).
StarDate 20070105.04h30: Dodo...
StarDate 20070105.15h00: réveil après une excellent nuit de sommeil! Mais Scotty a bossé et regardé de près le porte oculaire. Un roulement a cassé. Mais l'équipage de notre vaisseau en profite pour aller manger sur le pont du T1M... superbe ciel bleu, vue magnifique (grandiose, gigantesque, magnifissime, ... les mots me manquent pour décrire le spectable). Un moment à conserver dans sa mémoire!!!

Petit-Déjeuner sur la terrasse du T1M.

StarDate 20070105.16h00: l'équipe technique de Scotty fabrique une roue en laiton pour remplacer temporairement le roulement du porte oculaire. Cela permettra de repartir à vitesse WARP! :-)
StarDate 20070105.18h00: L'équipe de Scotty remonte le porte-oculaire
StarDate 20070105.19h00: Le vaisseau T60 est opérationnel de nouveau. Un problème de flexion persiste mais nous entammons une recherche de nouveaux mondes.
StarDate 20070105.20h30: Première cible: Zeta Tau. "*Beam me up, Scotty!!!*". Un monde fascinant plein de "raies"!!!
StarDate 20070105.22h30: On a la visite d'un groupe (de touristes "Klingons"?)... on leur a montré la présentation officielle, la coupole, et notre programme. Ils sont repartis ravis de leur visite!

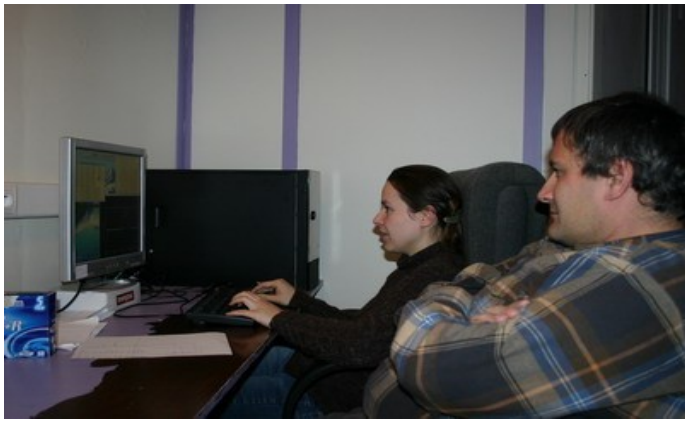
Suivi de l'étoile guide et acquisition des spectres

StarDate 20070105.23h00: On survol Castor (Alpha Gem) et on la surprise d'avoir deux spectres... bizare et à suivre avec la "Fédération"... :-)
StarDate 20070106.00h00: repas (fort apprécié) au mess du T1M.
StarDate 20070106.00h00: On visite encore HD50820. L'expédition reste 2h dessus!
StarDate 20070106.03h00: On survole un monde nouveau (HD68703)... suspecté d'être habité par une race spéciale: les "Be-eeuuuu"! On reste quand même 2h dessus!:-)
StarDate 20070106.05h00: on passe un moment sur le T1M; Saturne en visuel, M3. Et qques photos d'ambiance!
StarDate 20070106.07h00: Scotty et moi mangons un bout puis dodo à 08h00... :-)

La coupole du T1M avec Sirius qui se couche à l'horizon.

StarDate 20070106.11h00: Je me lève, le vaisseau à proximité d'un Soleil radieux. Nous sommes en terrain Klingon qui ont envahi l'espace central du vaisseau. J'en profite pour faire quelques affaires avec des marchands Vulcains (ils sont durs en affaire ceux là, et c'est cher!!!).
StarDate 20070106.13h00: Scotty et moi allons voir un Vulcain qui montre l'étoile du système dans un petit instrument, le "PST". Scotty en profite pour leur montrer le nouveau "Lhires III" et le spectre de cette très belle étoile.
StarDate 20070106.15h00: je replonge dans un sommeil profond.
StarDate 20070106.18h00: Je vais au mess des officiers où je retrouve le Docteur Mc Coy (alias

François Colas qui officie normalement au T1M) et Nyota Uhura (alias Coralie Neiner qui officie au T2M sur un nouveau moteur WARP 64000 appelé "NARVAL"!)... On discute des dernières théories sur la race des "Be-eeuuuu".

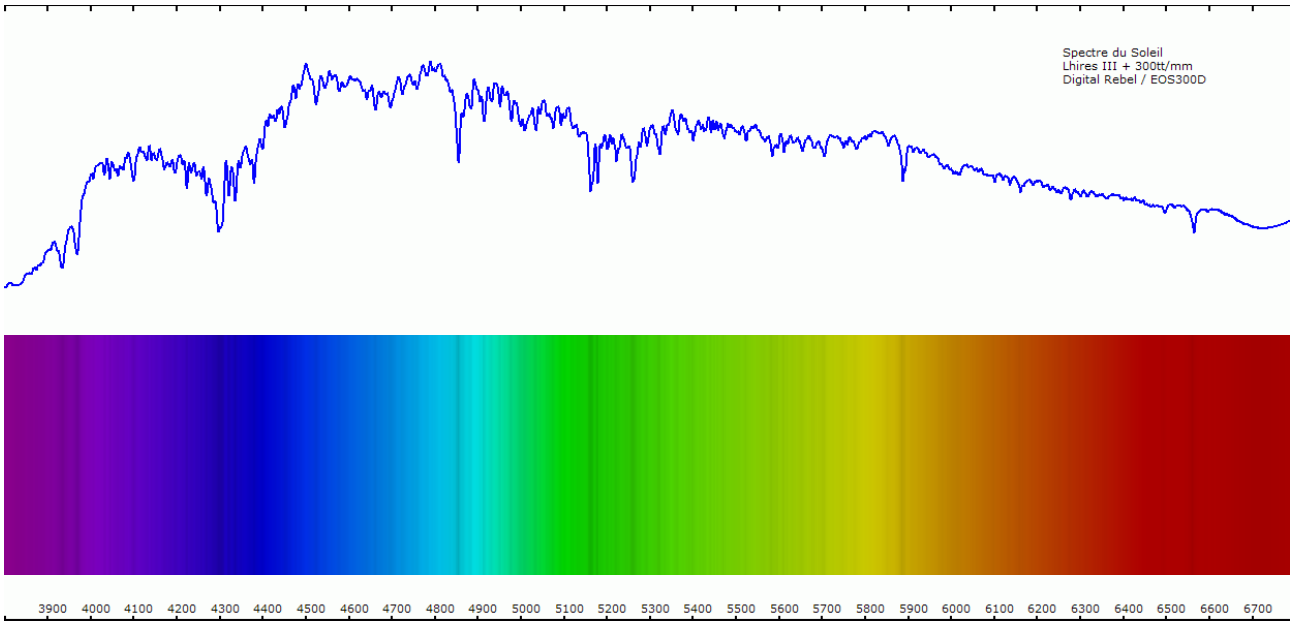


Coralie Neiner au T2M/TBL
(traitement des spectres pris avec NARVAL)

StarDate 20070106.19h00: On ouvre la coupole du T60 et on fait des mesures techniques (flux, focalisation...).
StarDate 20070106.20h00: on pointe Eta Tau et on refait une batterie de tests.
StarDate 20070106.21h00: on reste sur Eta Tau, un monde très joli avec une superbe raie en émission!
StarDate 20070106.22h30: visite de 6 "Klingons" au T60 (on les a invité à venir alors qu'ils observaient le ciel sur la terrasse). Super sympathique.
StarDate 20070106.23h00: on va sur 28 Tau, bien placée car il y a des passages nuageux mais elle est au Zenith. On a un flux très faible sur cette étoile – les nuages arrivent et arrêtent notre exploration.
StarDate 20070106.23h30: au mess des officiers, repas crêpes. Uhura (ie: Coralie) se joint à nous pour un concours de celui/celle qui fera la crêpe la plus fine, la plus grande, et la plus uniforme. Mais Mc Coy (ie: François Colas) a une expérience en la matière qui ne peut pas être battue!
StarDate 20070107.00h30: traitement des spectres dans la salle de contrôle du TBL. La vision du 2 mètres en train de pointer (et la coupole qui tourne également): superbe! Je profite aussi du temps pour traiter la deuxième nuit avec objectif de partir du pic du midi avec les spectres traités et prêts à être mis dans la base "confédérale" (!) BeSS.
StarDate 20070107.05h00: dodo...

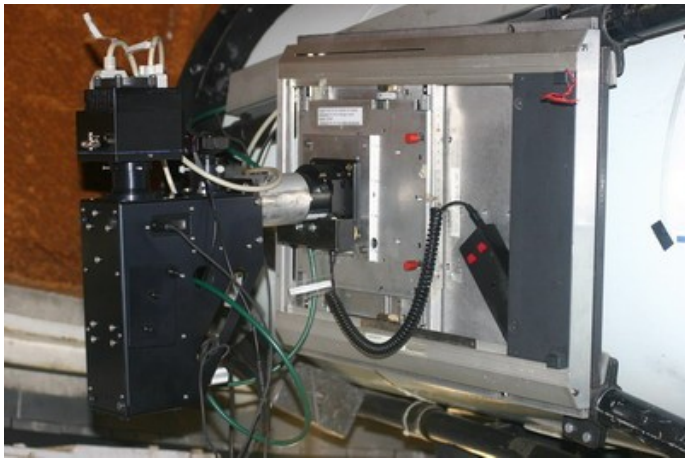
La terrasse Sud

StarDate 20070107.11h00: réveil. Je profite de la proximité d'un beau Soleil (de classe G2V!) pour faire un spectre avec le Lhires III et le réseau de 300tt/mm... plutôt sympa. Sinon, visite du marché "Klingon" et dépilage des messages de la Fédération! :-)



Spectre du Soleil (Lhires III, 300tt/mm, appareil photo Canon EOS300D)

StarDate 20070107.15h30: petite sieste
StarDate 20070107.18h00: apéro inter-confédération
StarDate 20070107.19h00: la nuit est moyenne mais on ouvre quand même le T60. On installe le réseau de 2400tt/mm et on règle de nouveau spectro + télescope/focus. Passages de nuages.
StarDate 20070107.20h30: On pointe 28 Tau. Faible et passages nuageux; mais on voit bien l'émission.
StarDate 20070108.00h00: Après un épais passage nuageux et un repas, on va sur HD50820 et le ciel s'améliore ce qui permet d'obtenir des belles données. Le 2400tt/mm se révèle quand même une bonne chose car les détails qui apparaissent en haute résolution sont superbes! En parallèle, je traite les images de la première et troisième nuit...



Le Lhires III sur le T60

StarDate 20070108.02h30: on fait des flats (avec des soucis sur la caméra qui "plante"; on a du relancer le boitier d'alimentation).
StarDate 20070108.06h00: après avoir rangé un peu et fait des DVD de backup, je me couche.
StarDate 20070108.08h45: réveil (difficile!) pour prendre la première navette descendant sur Terre!
StarDate 20070108.10h00: nous descendons au poste de garde ("la Mongie"!).
StarDate 20070108.13h00: repas très chaleureux chez Raymond David (miam... du lapin aux cèpes!!! et un dessert frais et gouteux... même si on a très bien mangé pendant la mission, on a bien apprécié cet accueil).
StarDate 20070108.16h00: on se retrouve avec Spock (alias Christian Buil), l'occasion de redonner les bagues d'interface Lhires-T60 et de discuter les premiers résultats. On rentre ensuite sur Grenoble..

Avec Christian Buil et Raymond David

3.Instrumentation

Le spectrographe: Lhires III

Suite à la rencontre entre astronomes amateurs et professionnels à Oléron en 2003, le Lhires III a été développé dans le cadre de l'association AUDE avec une conception de Christian Buil, François Cochard, et moi-même.

Observation du spectre solaire avec le Lhires III: toujours un plaisir!!!

Ce spectrographe Haute-Résolution permet de voir le spectre du Soleil en visuel avec de très fins détails. C'est un instrument idéal pour les clubs et associations qui organisent des manifestations auprès du grand public, toujours très intéressé par comprendre le message de la lumière.
Le spectrographe Lhires III a été conçu pour des télescope de petite taille (200mm f/d 10 typiquement) et est donc parfaitement adapté à la spectrographie "dans son jardin". Il s'installe sur de nombreux instruments et vous pouvez utiliser de nombreux types de caméras CCD, webcam, ou appareil photographique réflexe pour enregistrer vos spectres.

Le Lhires III est aussi un très bon outil pour la formation d'étudiants en astrophysique (mastère par exemple). Son fonctionnement est simple et le boîtier s'ouvre facilement pour "voir" comment ce spectrographe fonctionne. Utilisable simplement, il permet de faire des Travaux Pratiques sur des télescopes de petite taille.

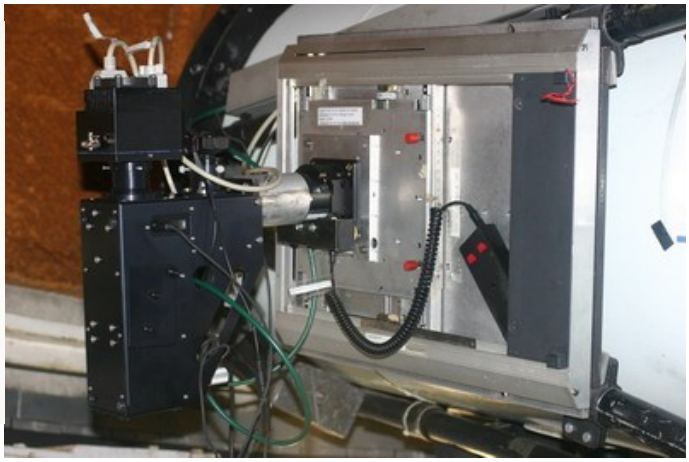
Vous trouverez plus d'informations techniques et pratiques sur le site de notre entreprise:

Shelyak INSTRUMENTS

WWW.SHELYAK.COM

Adaptation au T60

Christian Buil nous a prêté la bague d'adaptation incluant une barlow x2.5 (amenant la focale de f/3.5 à f/8).

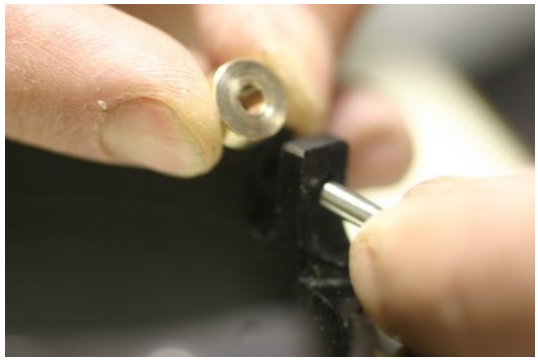


La bague d'adaptation et le Lhires sur le T60

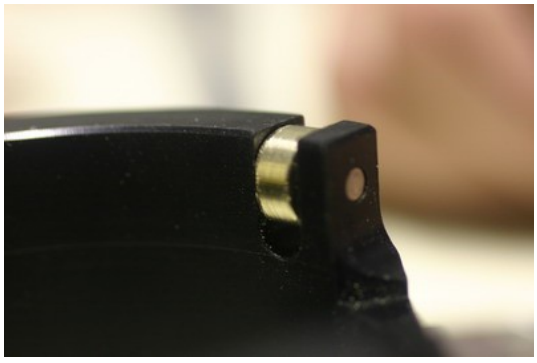
Le porte-oculaire avec des flexions liées au poids du Lhires (et surtout le bras de levier). Un roulement a cassé lié à une fatigue antérieure et cette flexion. Nous l'avons remplacé par une roue en laiton à la bonne dimension. Ce montage ne peut être que temporaire mais a permis de sauver la fin de la mission!

Sinon, nous avons identifié des flexions au niveau de la bague d'adaptation trop courte et de diamètre légèrement trop petit; enfin, des flexions plus faibles au niveau des plaques de fixation.

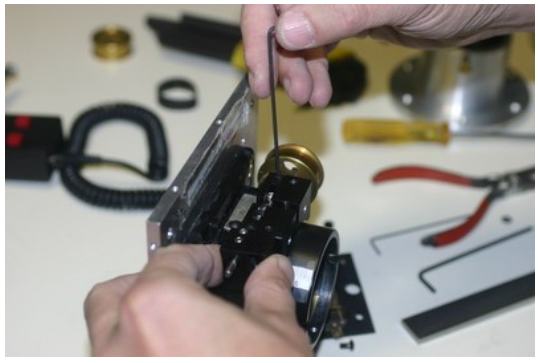
Roulement cassé



Roue en laiton temporaire



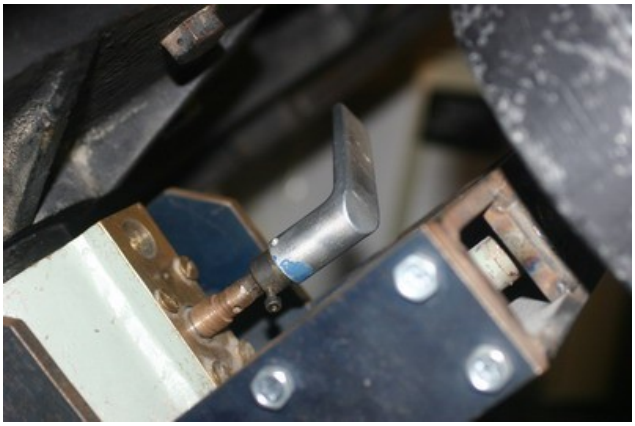
Roue en laiton temporaire



Remontage du porte-oculaire

Le Télescope T60

Le télescope a bien fonctionné. Voici les 4 manettes régulièrement utilisées pendant la nuit!



Poignée pour débloquer l'axe RA
(et pointer l'étoile cible)

Poignée pour débloquer la vis sans fin RA
(et remonter le secteur lisse)

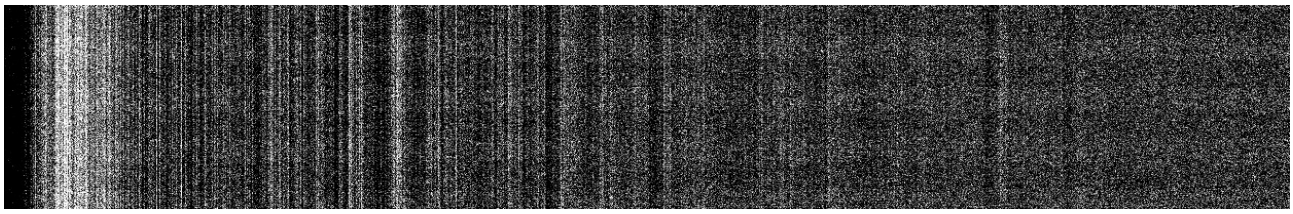
Poignée pour débloquer l'axe DEC
(et pointer l'étoile cible)

Interrupteur deux sens pour moteur de coupole

Le secteur lisse a une autonomie de pratiquement 3h donc suffisante pour notre application.

A noter des points durs lors de la rotation de la coupole. Le moteur s'est mis en sécurité 4 fois pendant la mission – il suffisait de relancer dans le tableau électrique dans la coupole). C'est une raison pour laquelle il vaut mieux être deux en opération. Sinon, une seule personne suffit.

La caméra KAF1600 Ethernet a eu de réguliers plantages (environ 4 fois par nuit) dont un sévère qui a nécessité de redémarrer le boîtier d'alimentation. On a aussi constaté des parasites dans les images (bien visibles sur les Noirs et les Offsets):



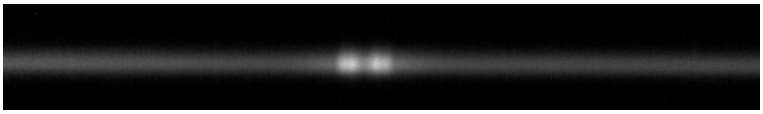
Sinon, c'est quand même une belle mécanique!!!

4.Les étoiles Be

Propriétés

Des raies en émission

Les étoiles "Be" sont des étoiles chaudes de type B (10 000K à 30 000K) de classes lumineuses III à V (non super géantes) qui ont montré au moins une raie de Balmer en émission à au moins une occasion. Si la raie redevient "normale" après un temps, l'étoile conserve la classification de Be. Parfois, les raies de l'hélium et du fer sont également en émission.



spectre de l'étoile Be 28 Tau (Hα)

Plusieurs étoiles Be étaient connues dès le catalogue HD, mais elles étaient classées Bp. Les deux premières étoiles à émission ont été découvertes par Angelo Secchi peu de temps après son analyse systématique des classifications des étoiles. En 1866, Secchi nota les raies Hβ en émission de γ Cas et β Lyr. γ Cas est le prototype même d'une étoile Be.

Le premier programme d'observation systématique des raies en émission fut mené en 1911 par Ralph Curtis à Ann Arbor aux Etats-Unis. Il publia le premier article sur ce sujet en 1916, à partir d'observations de γ Cas. Comme Plavec le note dans son introduction au symposium No 70 de l'Union Astronomique Internationale sur les étoiles Be en 1976, Curtis avait choisi l'étude de g Cas car "il espérait que l'analyse d'un spectre simple aiderait à l'étude de spectres plus compliqués"!

L'étude des étoiles de type Be commença sérieusement au début du XXème siècle par les travaux de Paul Willard Merrill à l'Observatoire du Mont Wilson, Otto Struve à l'Observatoire de Yerkes, et Dean B. McLaughlin de l'Université du Michigan. Ce dernier publia avec Curtis une étude des étoiles Be les plus brillantes; on y trouve pas mal de cas intéressants comme γ Cas, β Lyr, ϕ Per, ψ Per, Pleione, ζ Tau, β Mon, HR2142...

Bien que Merrill ait apporté d'importantes contributions dans plusieurs domaines de la spectroscopie stellaire, il débuta sa carrière astronomique avec l'étude des étoiles Be à l'Observatoire Lick (Merrill 1913) et continua à publier sur ce sujet pendant toute sa vie. Ses observations autour de Hα avec un prisme objectif ont permis la découverte de centaines de nouvelles étoiles Be et ont conduit à la publication du catalogue d'étoile Be du Mont Wilson en collaboration avec Cora G. Burwell en 1933, 1943, 1949, puis 1950. Dans un republication de son article, Merrill tourne son attention sur une sous classe des étoiles Be connues sous le nom d'étoiles à coquille ("shell stars"). Il en publie une liste assez complète dans le catalogue de 1949. Sont définies comme des étoiles à coquille des étoiles brillantes comme γ Cas, ϕ Per, ψ Per, Pleione (28 Tau), ζ Tau, et 48 Lib.

Otto Struve expliqua dans un article clef de 1930 l'élargissement des raies d'un spectre stellaire par la rotation de l'étoile sur elle-même. Il le démontra notamment par la relation entre la largeur de la raie et sa longueur d'onde pour une même étoile – comme prévu par l'effet Doppler; un projet pédagogique intéressant à refaire. Il montra même une certaine similitude entre une double

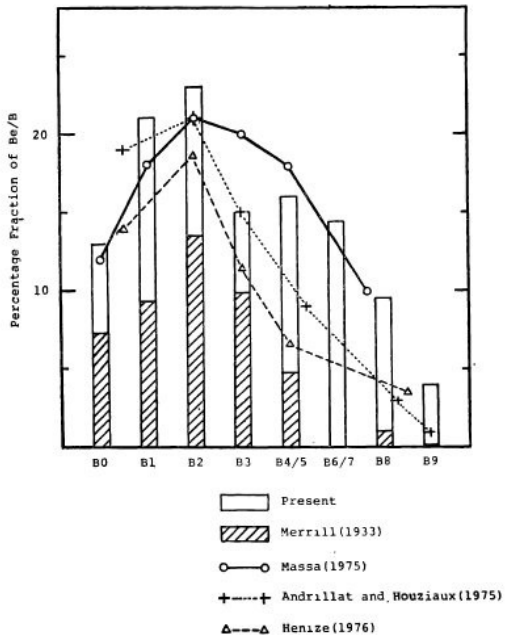
spectroscopique serrée comme α Vir avec l'étoile principale en rotation très rapide et une étoile seule en rotation également très rapide comme η UMa. A cette époque, une théorie de fission des étoiles était discutée, pouvant expliquer la formation d'une double très serrée par la fission d'une étoile en rotation trop rapide.

Répartition des étoiles à émission

Struve montra que les raies de Balmer en émission sont particulièrement importantes dans les étoiles de type O5-O9 et B0-B5, et moins à mesure que l'on va vers les B8, B9, et A0… C'est particulièrement visible dans le tableau reproduit ci-joint, publié à l'origine par Ralph Curtis en 1923:

Classe	# d'étoiles du catalogue HD	# d'étoiles avec raie en émission	Ratio
O5-O9	55	7	13%
B0-B5	1996	136	7%
B8	1604	13	1%
B9	2752	3	0.1%
A0	6320	1	0.015%

Merrill suggéra en 1933 une grand proportion de Be parmi les étoiles B, de l'ordre de 15% à 20%. Ce pourcentage a été étudié dans divers articles et les résultats sont résumé par Briot & Zorec dans une publication de 1981. Tomokazu Kogure et Ryuko Hirata étudièrent en 1982 la répartition des étoiles Be parmi les étoiles de type B à partir du "Brught Star Catalog" (Hoffleit 1964). Ils estimèrent que toutes les étoiles de type Be de magnitude inférieure à 6.5 étaient bien connues à l'époque, rendant l'étude statistique assez complète. Le schéma suivant montre la comparaison entre plusieurs études.



Selon un article plus récent de C. Buil sur le web, environ 10% des étoiles de type spectral B et non super géantes seraient des Be. La majorité est de type spectral B0-B7. On recense environ 5% des étoiles Be du type spectral O8-O9.5 et un très faible pourcentage (1%) appartient à la classe spectrale A0 ou A1.

Hypothèses

Hypothèse 1: un anneau en rotation

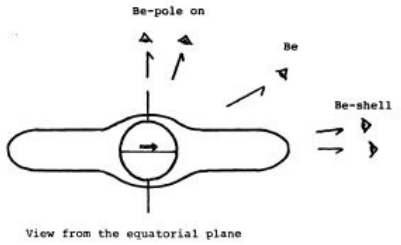
Un an après son article de référence sur les rotations d'étoiles, Struve publia un excellent article sur les étoiles de type B à émission. Il résuma bien les connaissances de l'époque et surtout expliqua les raies par la présence d'un nuage aplati en rotation autour de l'étoile. Il divisa les étoiles de type Be en deux catégories: (a) une raie en émission centrée et superposée sur une raie d'absorption classique; (b) deux raies symétriquement placées sur les bords d'une raie d'absorption standard. On pense maintenant que la plupart des étoiles Be présenteront une telle raie à un moment de leur vie. La largeur des raies uniques tout comme la distance entre les raies doubles ne sont pas les mêmes pour toutes les étoiles. Dans la raie Hβ (plus étudiée à l'époque car les plaques photographiques étaient plus sensibles dans ce domaine que les détecteurs CCD actuels), on mesurait de 1A à plus de 10A!
Curtis nota en 1923 que la "largeur" des raies en émission de l'hydrogène est liée linéairement à leur longueur d'onde:

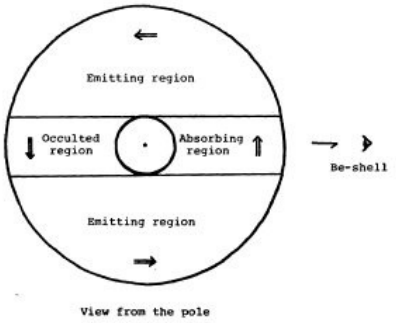
$$\Delta\lambda=6.28.10\text{-}4(\lambda-3270)(W-2.61)+2.61 \quad // \text{ W: largeur mesurée de H}\beta$$

Une caractéristique des étoiles Be est la variabilité de l'aspect des raies de l'hydrogène. Pour certaines étoiles (Pleione, κ Dra), l'énergie total de la raie d'émission varie; pour d'autres (π Aqr), l'énergie totale reste à peu près constante. Sur des cycles de plusieurs années, les raies peuvent être fortement en émission, complètement absentes, voir en absorption comme une étoile normale. Mais les cycles peuvent être aussi très courts, de quelques heures ou même minutes! Ces étoiles particulières à variation rapide (β Lyr, ϕ Per) sont souvent des binaires spectroscopiques. Ils se passent aussi parfois de nombreuses années avant de revoir un changement dans les raies en émission... Et les cycles peuvent être à périodes multiples.

Selon B. P. Gerasimovic et R. H. Curtis, les étoiles de type Be sont plus lumineuses que les étoiles de type B normales. Une forte luminosité implique certainement également une plus grande masse. Comme le souligne Struve dans son article de 1931, il est en tout cas très intéressant de constater que les étoiles à émission forme un groupe aligné parallèlement à la séquence principale du diagramme HR, environ d'une magnitude plus brillant.

Dans le même article, Otto Struve avance l'hypothèse que l'origine de l'émission de ces raies serait liée à la présence d'un anneau ou d'une fine enveloppe de matière, en rotation rapide. Il montre en fait, par l'analyse de la forme des raies, que les étoiles de type Be sont en rotation très rapide. Sir James Jeans a par ailleurs montré en 1928 que sous certaines conditions, un corps gazeux en rotation rapide pouvait prendre la forme d'une lentille et rejeter de la matière le long de son équateur. Struve émet donc l'hypothèse que les étoiles Be rejètent de la matière dans un disque très plat, un peu comme les anneaux de Saturne. Tomakazu Kogure et Ryuko Hirata ont classé en 1982 les étoiles Be en trois catégories selon l'angle de vue: les étoiles "Be-shell" quand l'anneau est vu de profile; les étoiles "Be-pole on" quand l'anneau est vu du pôle; et les "Be" simples dans les cas intermédiaires. Les schémas suivants montrent les différentes géométries, le découpage de l'anneau en plusieurs zones, et les formes des raies de la série de Balmer selon le type de Be.

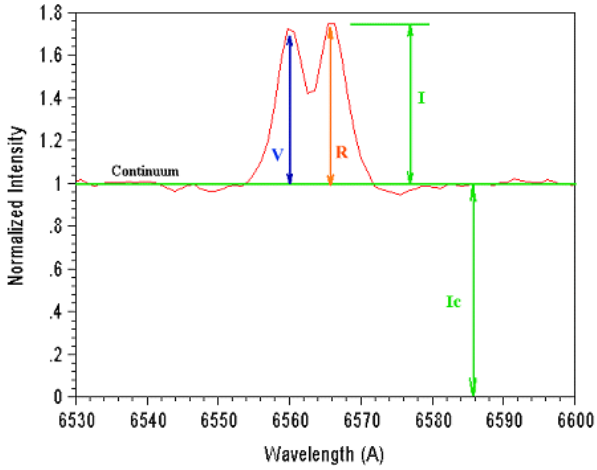




Hypothèse 2: un anneau elliptique

Curtis et McLaughlin découvrirent rapidement que les étoiles Be ont des variations spectrales souvent cycliques, voir périodiques. Ils introduisirent les notions de E/C (intensité relative au continuum) et V/R (intensité, dans le cas d'une double raie, de la raie décalée vers le Violet par rapport à l'intensité de la raie décalée vers le Rouge). Ces paramètres furent suivi avec intérêt. Dans un article de référence de 1961, McLaughlin proposa un modèle d'anneau elliptique. Ce modèle fût revisité par Su-Shu Huang en 1973 et fit l'objet d'un article dans le numéro de Juin 1975 de Sky & Telescope.

Les variations périodiques mesurées du rapport V/R de certaines étoiles pourraient être expliqués par la présence d'un anneau elliptique dont la ligne des apsides (la ligne reliant le périhélie et l'aphélie) est en mouvement (précession). En fonction de la géométrie de l'ensemble par rapport à l'observateur, on observe une variation relative de l'intensité de l'aile Rouge par rapport à l'aile Violette de la raie.



Physique des étoiles Be

Des articles de Struve dans les années 1940's et 1950's ont permis de mieux comprendre la physique des étoiles de type Be à coquille. L'enveloppe autour de l'étoile est semblable à l'atmosphère des étoiles super géantes: plus froide et moins dense que celle de l'étoile B au centre. Dans un article intitulé "analyse de spectres stellaires particuliers", Struve désigne en 1951 Pleione (28 Tau) comme le prototype des étoiles Be à coquille; il en discute les changements dans le spectre.

Bien que Pleione ait montré des raies en émission avant 1905, elles ont disparues alors et jusqu'à 1938 son spectre était similaire à celui dune étoile ordinaire, en rotation rapide de type B. Comme le décrit Struve:
Soudainement, en Octobre 1938, l'émission de la raie d'hydrogène a refait son apparition tandis que le spectre montra en même temps plusieurs fines et faibles raies d'absorption du FeII, CrII et autre métaux ionisés… Ces raies fines n'indiquaient aucune rotation; mais au même moment la largeur des raies d'hydrogène et d'hélium témoignait que l'étoile était toujours en rotation rapide. Un anneau ou un nuage de gaz dense et sans mouvement de rotation angulaire apparent s'était formé autour de l'étoile.
Les années suivantes, les raies fines devinrent très fortes. Les raies d'hydrogènes se modifièrent entre 1938 et 1950 en montrant des formes en absorption. La pression du nuage ou de l'anneau devint également plus faible que l'atmosphère des super géantes.

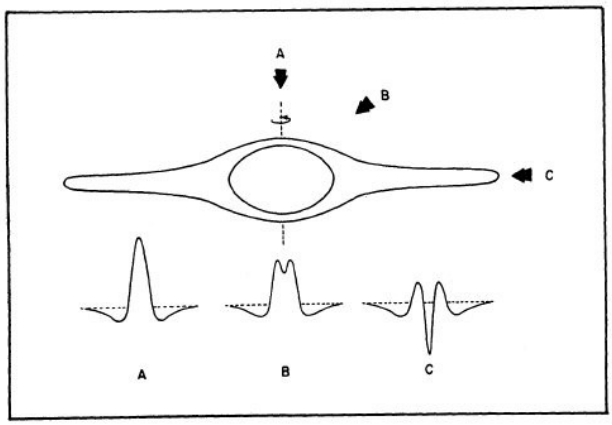
En 1951, la coquille avait pratiquement disparu (Merrill 1952). Le déplacement au départ lent de la matière s'est accéléré pour devenir important. L'apport d'atome diminuant, la matière fût éjectée dans l'espace. Pleione resta une étoile ordinaire jusqu'à 1972 à partir de quand elle a recommencé une phase d'étoile "coquille" qui s'est terminée en 1987-1988 (Slettebak 1988).

Struve nota que le spectre de Pleione, durant sa phase "coquille", ressemblait à celui de l'étoile de classe A super géante α Cygni. Toutefois, les raies MgII (λ4481) et SiII (λ4128-4131) étaient anormalement plus faibles. Contrairement au raies du FeII, CrII, NiII, TiII, et autres métaux ionisés, qui sont tous issues de niveau métastables, les raies MgII et SiII sont les seules dont les niveaux bas ne sont pas métastables et sont connectées à des niveaux inférieurs par d'autres transitions fortes. Le rayonnement qui atteint la coquille est plus dilué qu'au niveau de la photosphère de l'étoile centrale (moins de quanta par centimètre cube); il produit donc moins d'absorption que les raies venant de niveau métastables, provoquant des raies plus faibles. Une autre étoiles brillante à coquille, similaire à Pleione, est 48 Libra qui a été étudiée par Struve (1943) et Merrill (1953).

Ces effets de dilution ont aussi été découvert par Struve et ses collègues et collaborateurs dans le spectres d'étoiles à coquille de type spectral plus chaud ou moins chaud. Ainsi, le nuage de ζ Tauri, de type spectral B1IVe, a été révélé par les raies de Balmer en émission, les raies d'absorption très fines du FeII et autres métaux ionisés, mais aussi par la fine raie HeI (λ3965) – qui provient d'un niveau métastable – alors que les autres raies HeI sont larges et diffuses du fait de la rotation rapide de l'étoile centrale (Struve et Wurm 1938).

L'analyse des spectres d'étoiles de type Be à coquille ("Be-shell" en anglais) a montré un facteur de dilution de 0.1 à 0.01 (Struve 1942) qui correspond à une distance de 2 à 5 rayons stellaires. Les études de ionisation de certaines coquilles montrent une température inférieure à celle de la photosphère de l'étoile centrale, avec des densités de l'ordre de 10^{11} électrons/cm^3. Une étude des profiles des raies de Balmer dans plusieurs étoiles Be brillantes prédit un modèle lenticulaire pour les régions émettrices avec une taille de plusieurs rayons stellaires, en accord avec les travaux précédents (Burbidge et Burbidge 1953).

On peut modéliser la forme du nuage de gaz entourant les étoiles Be et expliquer simplement la forme principale des raies de Balmer (Slettebak 1988).



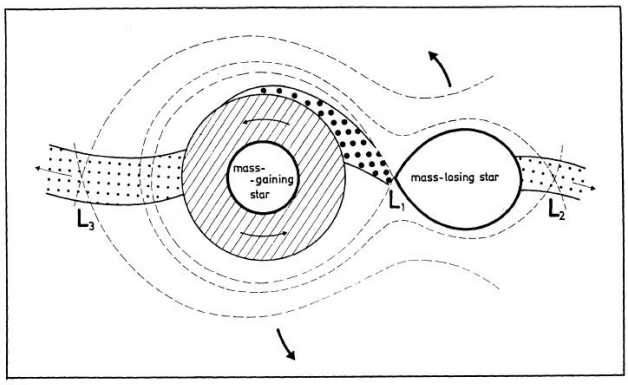
La vitesse linéaire de la matière en rotation autour des étoiles Be peut atteindre les 300Km/s, ce qui explique l'élargissement des raies d'émission par l'effet Doppler. Comme nous ne voyons pas toujours le disque de profil, mais de trois quarts voir de face, la vitesse radiale que nous pouvons mesurer peut bien entendu être inférieure. La vitesse de rotation dans notre ligne de visée est noté "v.sin(i)", "i" étant l'inclinaison de l'axe de rotation. Elle ne varie pas dans le temps; c'est une

constante pour une étoile donnée et l'effet de précession par rapport à un référentiel stellaire est négligeable. Ce n'est pas une mesure très facile; on étudie pour cela le profil des raies d'absorption dites photosphériques (produites à la surface de l'étoile) en opposition aux raies d'émission qui elles naissent dans le disque tournant autour de l'étoile. Stoeckley en 1968 puis Massa en 1975 étudièrent la distribution des "v.sin(i)" au sein des étoiles Be.

Si la matière de cet anneau ou de cette enveloppe est suffisamment épaisse, nous pouvons observer les raies fines d'absorption de la lumière de l'étoile par cette matière (son mouvement étant orthogonale à la ligne de visée, l'effet Doppler est minime vu de l'observateur). Ce phénomène explique la classe des Be à coquille ("Be-shell" en anglais). Selon Percy et a. (1996), les variations spectroscopiques et photométriques sur plusieurs semaines ou années seraient dues à la formation puis la dispersion de tels anneaux.

Hypothèse 3: un système binaire

Dans son introduction du symposium 70 de l'UAI en 1976, Miroslav Plavec montre la forte ressemblance entre certaines étoiles binaires et les étoiles Be. Une étoile froide dans un système binaire est instable et transfère de la matière vers l'étoile plus chaude et plus brillante. Les jets de gaz ont un excès de moment angulaire et forme alors un disque de matière autour de l'étoile chaude. C'est de ce disque que viendraient la plupart des photons en émission ainsi que certains phénomènes d'absorption.
Une partie seulement du gaz transféré serait absorbé par l'étoile chaude et accélèrerait la rotation de son atmosphère. Le résultat serait assez similaire aux observations faites des étoiles Be. L'anneau de matière ne serait pas la conséquence de la rotation rapide d'une étoile comme Otto Struve en fit l'hypothèse. En fait, la rotation rapide de l'étoile serait une conséquence du disque de matière.



Les variations observée du V/R pourrait être lié à des inhomogénéités de matière dans le disque entourant l'étoile chaude dont l'angle de vue changerait avec la rotation du système binaire.
Cette théorie a été étudiée plus en détail par Harmanec, Polidan, Peters, et Pravec. KX And et CX Dra sont des exemples de tels systèmes.

Des étoiles encore bien mystérieuses

Trois modèles sont considérés pour expliquer les variations spectrales des étoiles Be.
-une étoile en rotation rapide éjectant régulièrement de la matière
-un anneau d'émission elliptique en précession autour de l'étoile
-un système binaire avec transfert de masse

Il n'y a toutefois pas encore d'explication complète sur l'origine des variations des caractéristiques spectrales des étoiles Be (Buil web). Les changements brutaux, sur quelques heures ou quelques jours, pourraient être due à des éruptions comme les protubérances solaires (un effet dynamo serait

à l'origine de puissants champs magnétiques), à des vents stellaires violents, des vibrations non radiales, ou des taches à la surface des étoiles.

Les Be sont maintenant classées comme des étoiles chaudes actives. Mais les phénomènes exacts expliquant leur variation à court, moyen, et long terme restent encore un mystère pour la science moderne. Nous ne savons pas comment les étoiles de type spectral B deviennent des Be ou des "Be-shell", ni si toutes les étoiles B deviendront des Be un jour.

Les étoiles Be sont aussi souvent des étoiles variables, avec des variations de faible amplitude (0.01 à 0.1 magnitudes). Dans un article récent de 1998 (Astronomy & Astrophysics 335, 565-572), A.M.Hubert & M.Floquet, de l'observatoire de Meudon, indiquent que "les liens entre les variabilités photométriques et spectroscopiques, cruciaux pour tester les modèles dynamiques de matière annulaire autour d'étoiles, souffrent cruellement du manque de données et d'observations ces dernières années sur les étoiles Be".

Ressources & Bibliographie

Andrillat, Y. & Houziaux, L. 1975 cited by J. P. Swings (1976) *IAU Symp. No 70*, p 219
Balona, L. A., Henrichs, H. F., et Le Contel, J. M. (eds) 1994, *Pulsation, Rotation and Mass Loss in Early-Type Stars*. Kluwer: Dordrecht, Germany.
Briot, D. & Zorec, J. 1981, *Proc. Workshop on Pulsating B Stars*, Nice Observatory, p. 109
[***] Buil, C. *web site*: www.astrosurf.com/buil/index.htm. L'indispensable site web sur la spectroscopie, et le logiciel IRIS à télécharger gratuitement. Des liens sur l'astronomie en général, et la spectroscopie en particulier. Excellent "bookmark" par ailleurs…
Burbidge, G. R., et Burbidge, E. M. 1953, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **117**, 407
Collins, G. W. II 1987, *IAU Colloquium 92, Physics of Be Stars*, ed. A. Slettebak and T. P. Snow (Cambridge: Cambridge University Press), p. 3.
Curtis, R. H. 1923, *Publications of the Observatory of the University of Michigan*, **3**, 1
Gerasimovic, B. P., et Curtis, R. H. 1926, *Journal of the Royal Society of Canada*, **20**, 35
Henize, K. G. 1976, *Ap. J. Suppl.* **30**, 491
Hirata, R., et Kogure, T. 1984, *Bull. Astr. Soc. India* (BASI), **12**, 109
Jeans, J. 1928, *Astronomy and Cosmogony*, p. 257.
Kaler, J. B. 2002, *Stars and their spectra*, Cambridge University Press (reprint)
Kitchin, C. R. 1995, *Optical Astronomical Spectroscopy*, Institute of Physics Publishing
Kogure, T., et Hirata, R. 1982, *Bull. Astr. Soc. India* (BASI), **10**, 281
Massa, D. 1975, *Publication of the Astronomical Society of the Pacific* (PASP), **87**, 777
Meadows, A. J. 1960, *Astronomical Journal*, **65**, 335
Merrill, P. W. 1913, *Lick Observatory Bulletin*, **7**, 162
Merril, P. W. 1933, *Publication of the Astronomical Society of the Pacific* (PASP), **45**, 198
Merrill, P. W. 1952, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **115**, 145. Etude de 28 Tauri (Pleione).
Merrill, P. W. 1953, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **117**, 7. Etude de 48 Libra.
Merrill, P. W., et Burwell, C. G. 1933, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **78**, 87
_____. 1943, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **98**, 153
_____. 1949, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **110**, 387
_____. 1950, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **112**, 72
[*] Percy et al. 1996, *Journal of American Association of Variable Star Observers* (JAAVSO), **25**, 14
Slettebak, A. 1979, *Space Science Review* (SSRv), **23**, 541
[***] Slettebak, A. 1988, *Publication of the Astronomical Society of the Pacific* (PASP), **100**, 770-784. *The Be Stars.* Excellent historique sur les étoiles Be et l'état des connaissance en 1988.
[***] Struve, O. 1930, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **72**, 1-18. *On the Axial Rotation of Stars.*

Un article très intéressant sur la relation entre la forme d'une raie d'absorption et la rotation de l'étoile. Tentative de lien entre les binaires spectroscopiques serrées et les étoiles en rotation rapide (théorie de la fission).
[***] Struve, O. 1931, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **74**, 94-103. *On the Origin of Bright Lines in Spectra of Stars of Class B*. Un article de référence dans lequel la théorie d'un anneau rotativiste autour des étoiles de type Be est abordée.
Struve, O. 1942, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **95**, 134. Analyse de la dilution entre la photosphère et la coquille de Be-Shell et estimation de la taille du nuage.
Struve, O. 1943, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **98**, 98. Etude de 48 Libra.
Struve, O., et Wurm, K. 1938, *the Astrophysical Journal* (ApJ), **88**, 84

5.Le satellite COROT

La mission

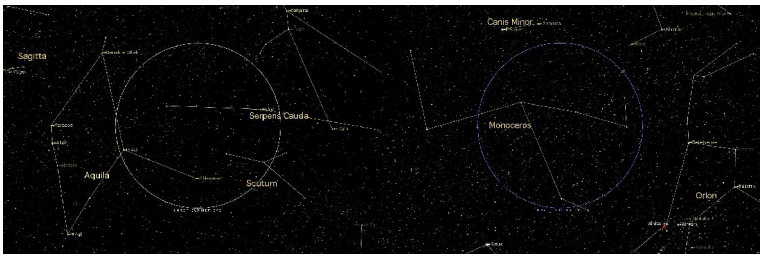
L'objectif de COROT est double:

- étudier l'intérieur des étoiles (astérosismologie)
- détecter des planètes analogues à la Terre autour d'autres étoiles que le Soleil.

Le satellite, placé sur une orbite à l'altitude de 896 km, emporte un télescope de 30cm capable d'observer de façon ininterrompue de nombreuses étoiles pendant des périodes très longues et de mesurer les variations de leur éclat avec une extrême précision.

CoRoT a été lancé fin Décembre 2006 avec succès et commençait à opérer ses caméras CCD au même moment que nous faisions notre mission. Il réalisera une grande première mondiale car il détectera des phénomènes et des objets jamais observés à ce jour.

L'acronyme CoroT rappelle les principaux phénomènes que CoRoT permettra de comprendre, la Convection et la Rotation des étoiles, ainsi que les Transits des planètes extra-solaires.
Le satellite observera alternativement une zone proche du centre galactique pendant 6mois et une zone proche de l'anti-centre pendant 6 mois.



zones du «centre» et de «l'anti-centre»

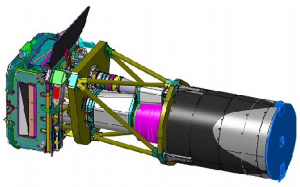
Des étoiles Be brillantes seront observées dans le même champ que les cibles pour l'astérosismologie ainsi que lors de sessions d'observation de courte durée. COROT peut détecter des pulsations dans les étoiles Be (Y. Frémat & all, A&A 451, 1053 (2006) et C. Neiner & all, ApJS, 152, 237 (2005)).

L'idée que les amateurs puissent observer spectroscopiquement les cibles Be de COROT a été présentée par Coralie Neiner lors de l'école d'astrophysique du CNRS de la Rochelle en 2006. Le programme est particulièrement bien adapté au Lhires III (http://www.shelyak.com). Les amateurs pourront suivre les étoiles Be en même temps que COROT et aussi réagir en cas de sursaut («outburst»).

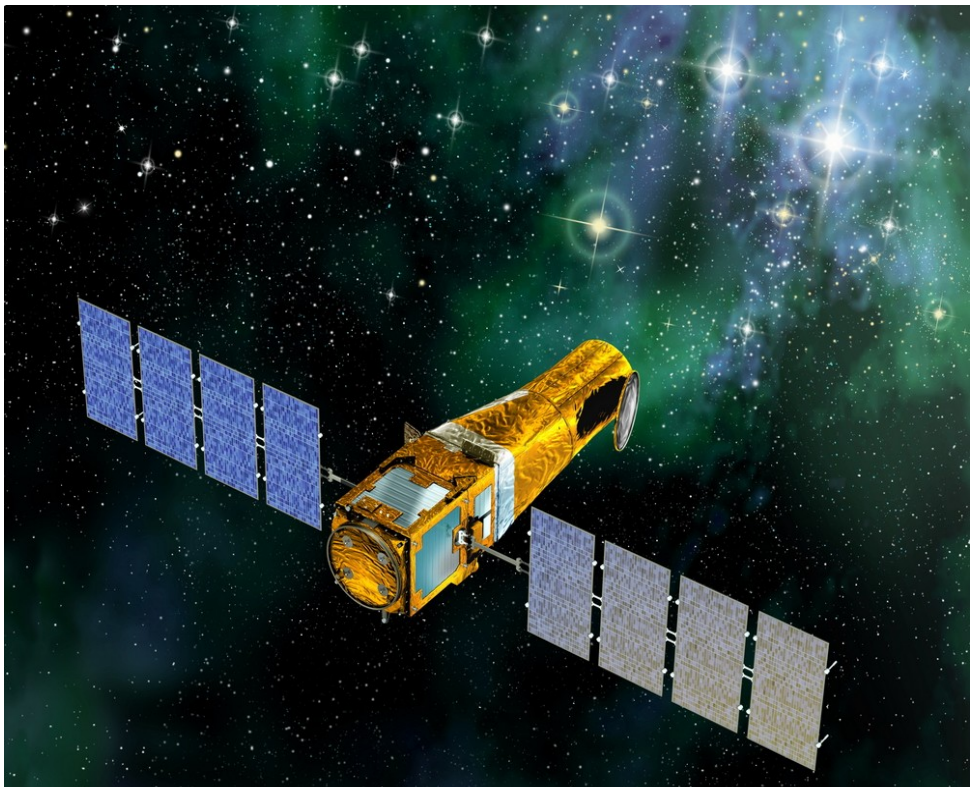
Voici les étoiles Be prévues sur les "run" COROT:
1) run initial: HD50820 (sujet principal de notre mission)
2) Run de 5 mois "été 2007": HD181231 (m=8.7; dans le centre galactique)
3) Run de 5 mois "Hivers 2007": HD49330 (m=8.9) & HD50209 (m=8.3); zone anti-centre
4) Ensuite, ce n'est pas certain mais à priori HD184279 (m=7) & HD184203 (m=9)

Le satellite

Masse	entre 570 et 630 kg
Charge utile	environ 270 kg
Longueur	4100 mm
Diamètre	1984 mm
Puissance	380 W
Pointage à	0.5 arcsec
Télémétrie	900 Mbit/jour
Stockage	2 Gbit
Delta V	120 m/s
Durée mission	2.5 ans



La charge utile est constituée d'un télescope avec deux miroirs paraboliques et de six lentilles dioptriques ramenant le tout à 1.1m de focale. Le champ est de 2.8°x2.8°: la moitié pour la partie sismologie et l'autre moitié pour la partie exoplanète.
Le plan focal est constitué de 4 capteurs CCD 2048x2048 (EEV 4280), éclairé par l'arrière, à transfert de frame. La température de la boîte est de -40°C. Le tout est protégé par un écran pour bloquer les photons venant de la Terre.



6.Résultats de la mission

Première nuit

Beaucoup de turbulence et un froid glacial dehors, un vent très fort. Le TBL n'a ouvert que tard dans la nuit mais nous avions moins de vent au niveau de la coupole T60.

Nous avons fait les images en pleine trame CCD (avec les pixels hors champ) donc j'ai dû recadrer les images pour pouvoir les traiter dans SpIRIS v1.2 (il plante sinon sur un Pb de seuil). Les nuits suivantes ont été faites avec option "trame" donc la fenêtre X1=15, Y1=5, X2=1550, Y2=1028.

Traitement (SpIRIS v1.20)

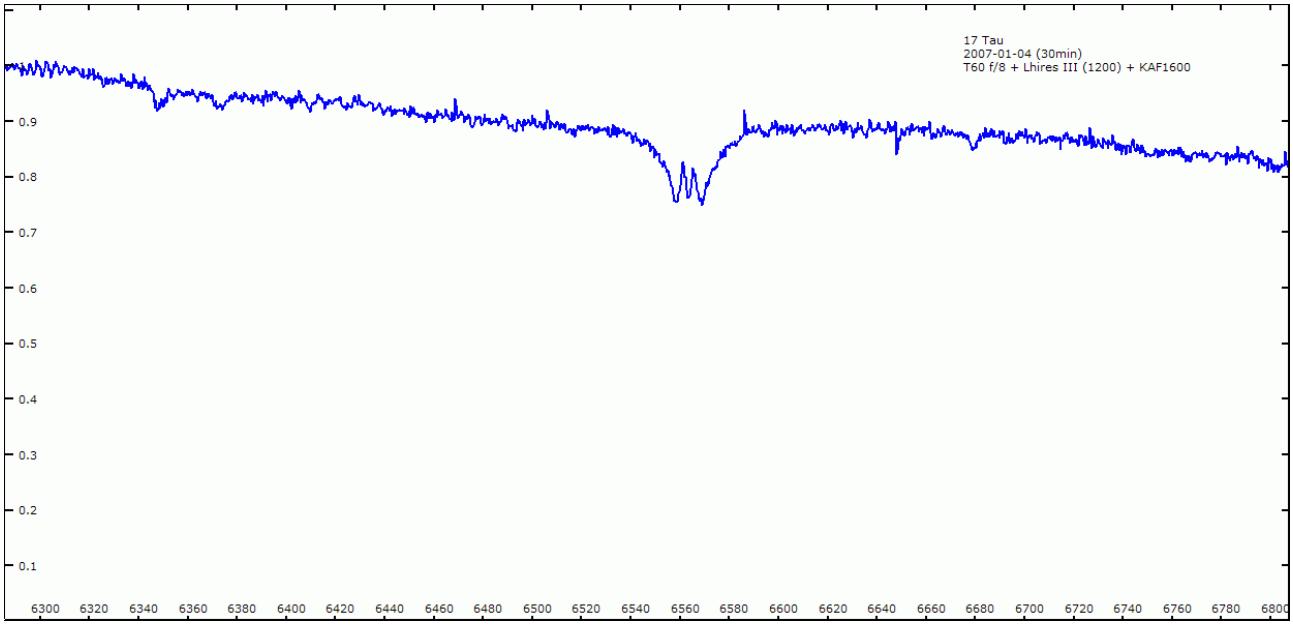
...Smedian/Sub divers pour obtenir les fichier masters.

```
>load dark
>window 15 5 1550 1028
>find_hot cosme 10000
>sub offset 0
>save dark
>load flat
>window 15 5 1550 1028
>save flat
>load offset
>window 15 5 1550 1028
>save offset

>smedian 17Tau-na 3
>window 15 5 1550 1028
>save 17tau-neon
>smedian AlpGem-na 3
>window 15 5 1550 1028
>save AlpGem-neon
>smedian hd50820-na 3
>window 15 5 1550 1028
>save hd50820-neon

>window2 17Tau 17Tau 15 5 1550 1028 6
>window2 AlpGem AlpGem 15 5 1550 1028 15
>window2 hd50820- hd50820- 15 5 1550 1028 11
```

Egalement les informations dans les en-têtes FITS pour pouvoir mettre directement les spectres dans la base BeSS:
Site="Pic du Midi"
Equipement="T60F8_L3-1200_KAF16"

17 Tauri

Extraction du spectre dans SpIRIS v1.20:
Spectre ligne: 566
Colonne neon 6507: 654
Slant: 0.04
RMS = 0.010183 - lambda_ref = 6282.0439 - Pas = 0.34400
a3=-3.5828e-009 a2=7.0690e-006 a1=0.34057 a0=6282.044



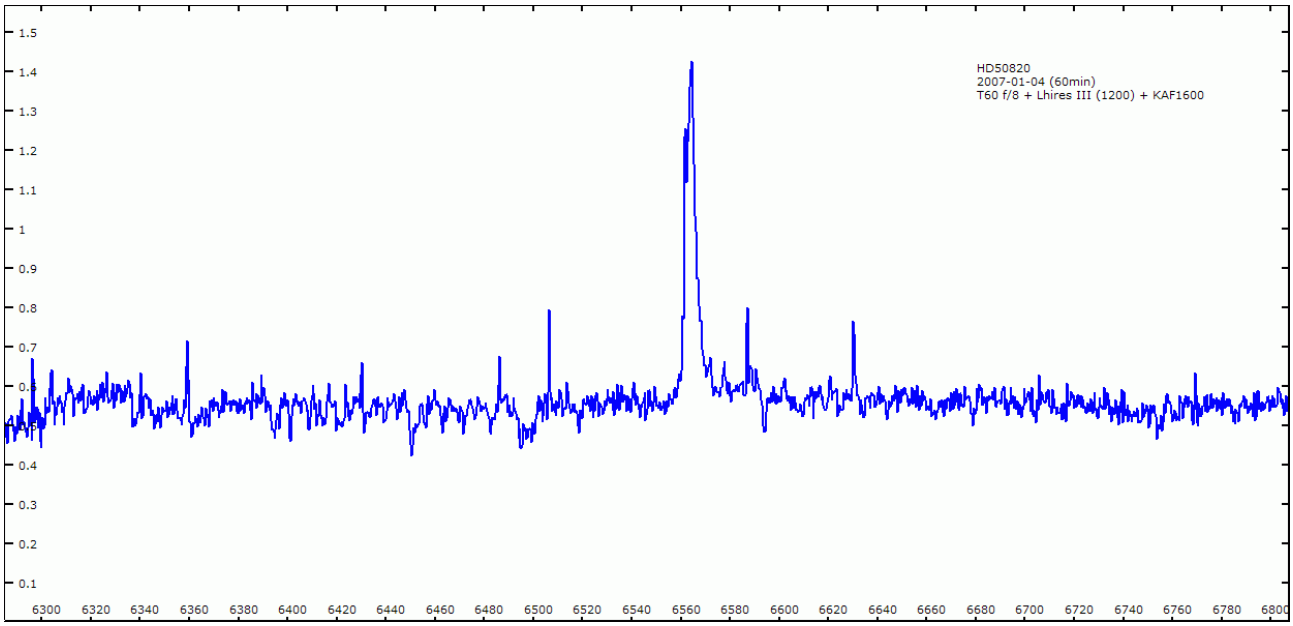
Date =2007-01-04
Heure Début=19:30:01
Temps Exp. =2357 (sec)

Très mauvais rapport signal/bruit du à un temps de pose trop court et une étoile pas très jolie. Problème de flexion et surement de mise au point et d'alignement de centre optique. Bref, un premier spectre et une mise en route sur le T60!

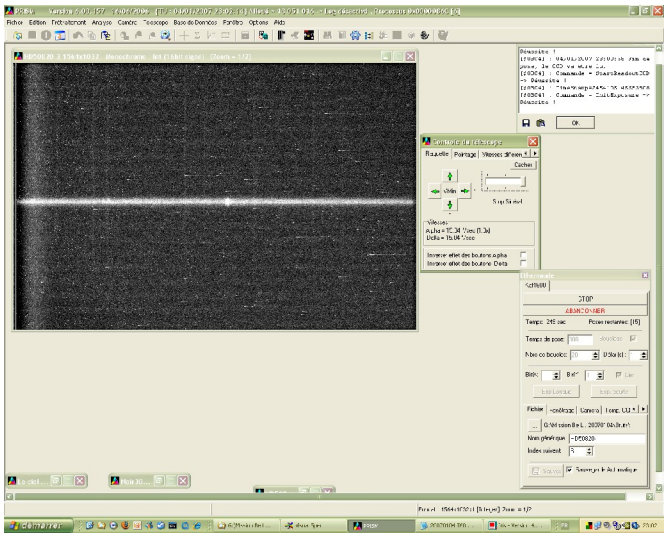
HD50820

Cette étoile est une cible COROT (run initial) et notre sujet d'étude principal sur cette mission. Voir sur le sujet le rapport de notre mission à Saint-Véran. Nous faisons là un spectre de moyenne résolution.

Extraction spectre:
Spectre ligne: 486
Raie Neon 6507: 653
Slant: 0.04
RMS = 0.007808 - lambda_ref = 6283.7397 - Pas = 0.34400
a3=-5.0765e-009 a2=1.1474e-005 a1=0.33628 a0=6283.740



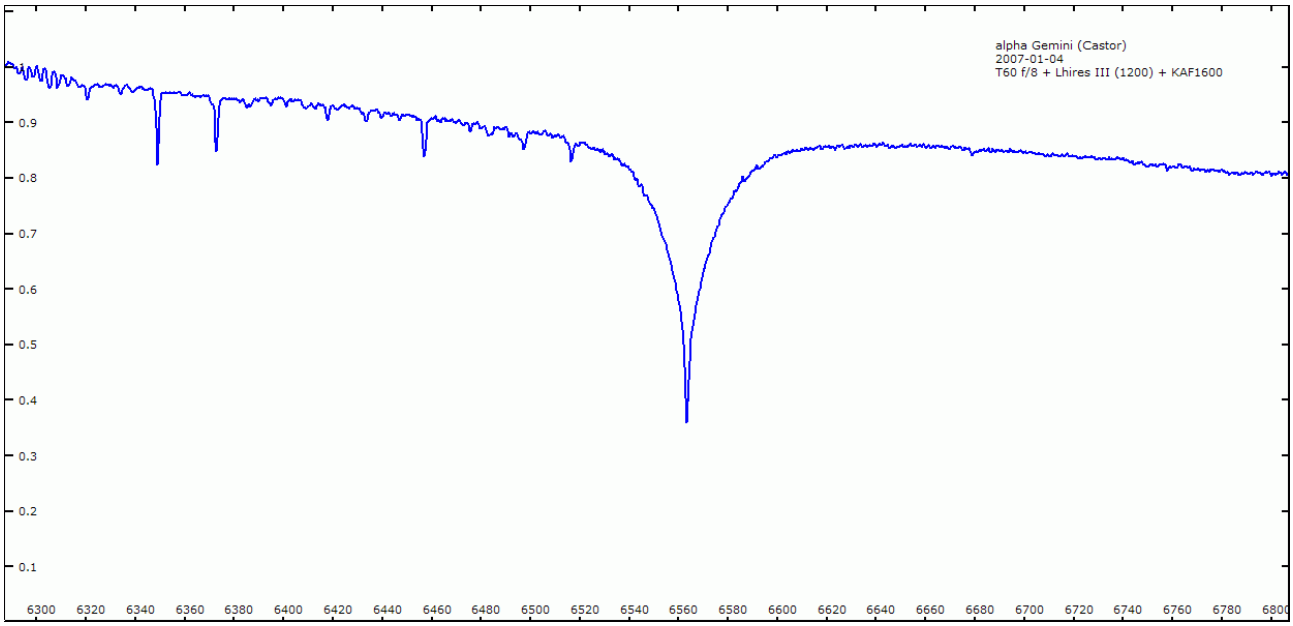
Date =2007-01-04
Heure Début=22:34:26
Temps Exp. =3600-60-10=3530 (sec)



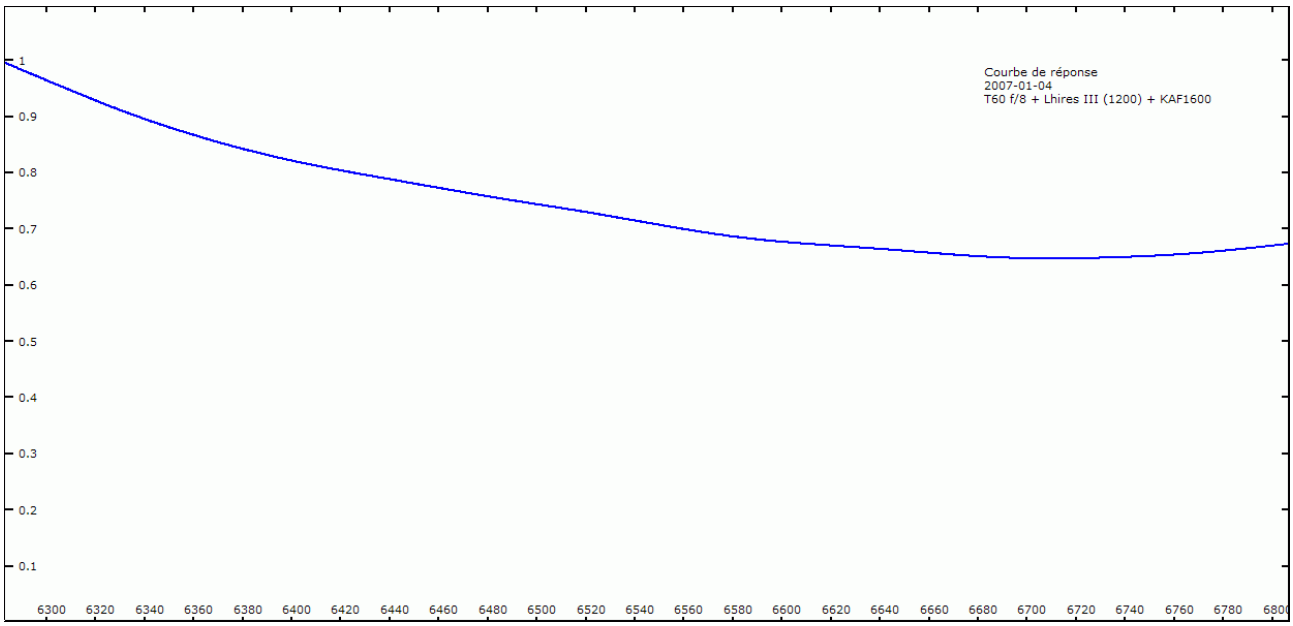
L'écran du PC pendant l'acquisition du spectre de HD50820

Courbe de réponse instrumentale / alpha Gemini

Et le spectre de référence pour la courbe de réponse de cette nuit uniquement (en fait, le spectre ci-dessous a aussi été de la réponse instrumentale):



et la courbe de réponse obtenue en divisant le spectre brut par le spectre catalogue récupéré sur http://www.sc.eso.org/santiago/uvespop/bright_stars_uptonow.html:



2ème nuit

Une nuit particulièrement bonne côté météo: très bonne stabilité et transparence OK en dépit d'une lune brillante. La meilleure nuit d'un point de vue météo. Nous commencions à maîtriser le télescope [et on a trouvé le chauffage dans la salle de contrôle... :-)].

Traitements généraux

Les traitements ont été complètement fait dans SpIRIS v1.2. Voici le log du traitement général:

```
>number bias
>smedian bias 11
>save offset
>number noir600-
>smedian noir600- 29
>save dark
>load offset
>load dark
>save noir600
>sub offset 0
>save dark
>find_hot cosme 10000
>smedian noir5sec2- 3
>save noir5
>smedian noir40sec2- 9
>save noir40
>sub2 flat noir40 i 0 15
>load i1
>stat
>ngain2 i i 15000 15
>smedian i 15
>save flat
>sub2 AlpGem-na noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save AlpGem-na
>sub2 AlpGem-nb noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save AlpGem-nb
>sub2 hd50820-na noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save hd50820-na
>sub2 hd50820-nb noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save hd50820-nb
>sub2 hd68703-na noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save hd68703-na
>sub2 hd68703-nb noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save hd68703-nb
>sub2 ZetTau-na noir5 i 0 3
```

>smedian i 3
>save ZetTau-na
>sub2 ZetTau-nb noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save ZetTau-nb

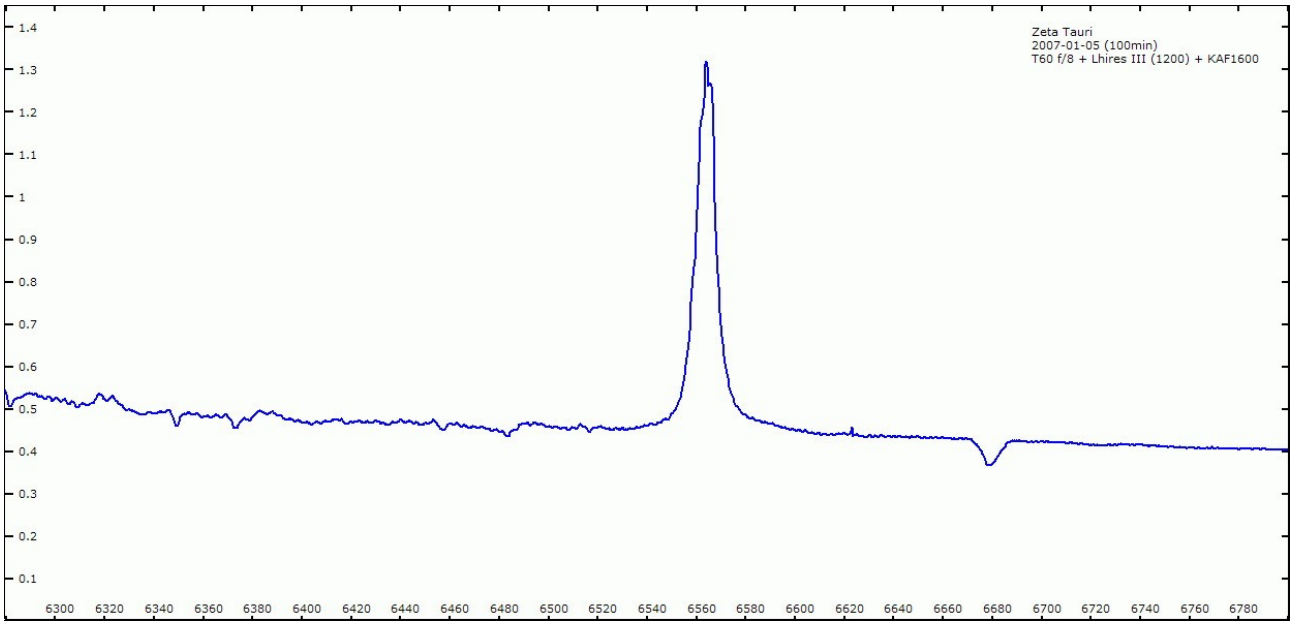
Egalement les informations dans les en-têtes FITS pour pouvoir mettre directement les spectres dans la base BeSS:
Site="Pic du Midi"
Equipement="T60F8_L3-1200_KAF16"

Zeta Tauri

Extraction du spectre dans SpIRIS v1.2; menu "Lhires - 1200":

Spectre à la ligne 487
Neon (6507) à colonne 673
slant=0.202
RMS = 0.007380 - lambda_ref = 6277.2148 - Pas = 0.34400
a3=-4.9934e-009 a2=1.1416e-005 a1=0.33577 a0=6277.215

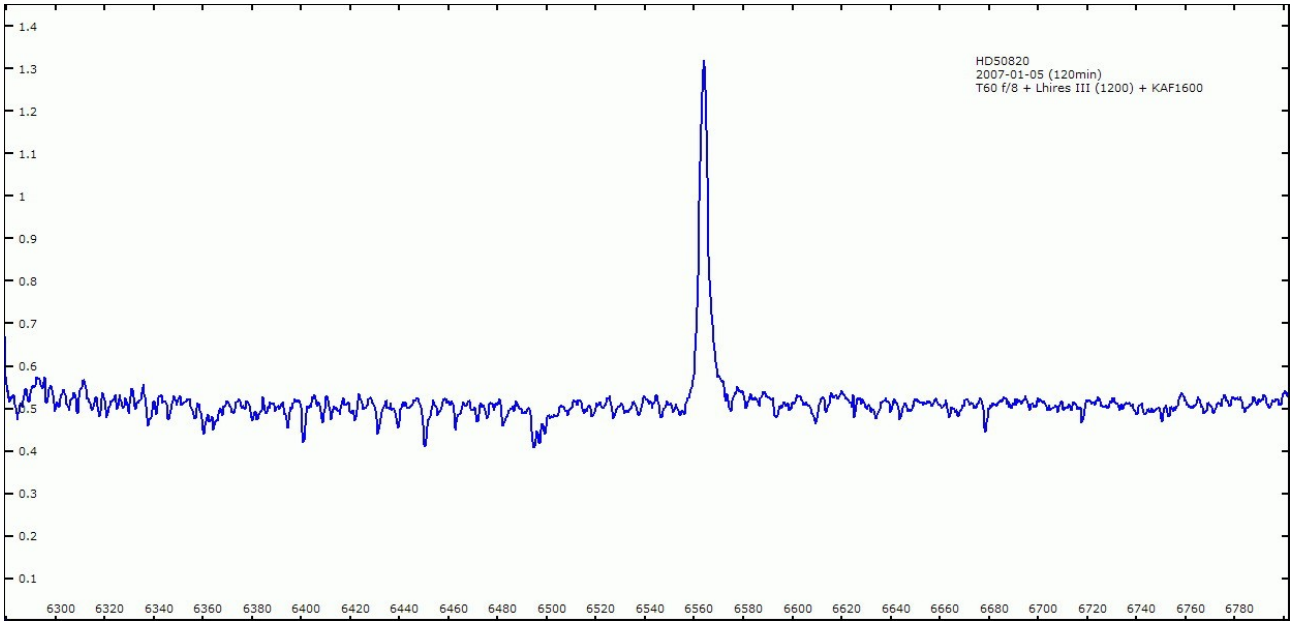
On constate un bon RMS sur la calibration.



Date =2007-01-05
Heure Début=19:17:41
Temps Exp. =6206 (sec)

HD50820

Extraction spectre:
Spectre à la ligne: 505
Neon (6507) à la colonne: 667
Slant=0.198
RMS = 0.005931 - lambda_ref = 6279.0687 - Pas = 0.34400
a3=-5.0569e-009 a2=1.1515e-005 a1=0.33571 a0=6279.069

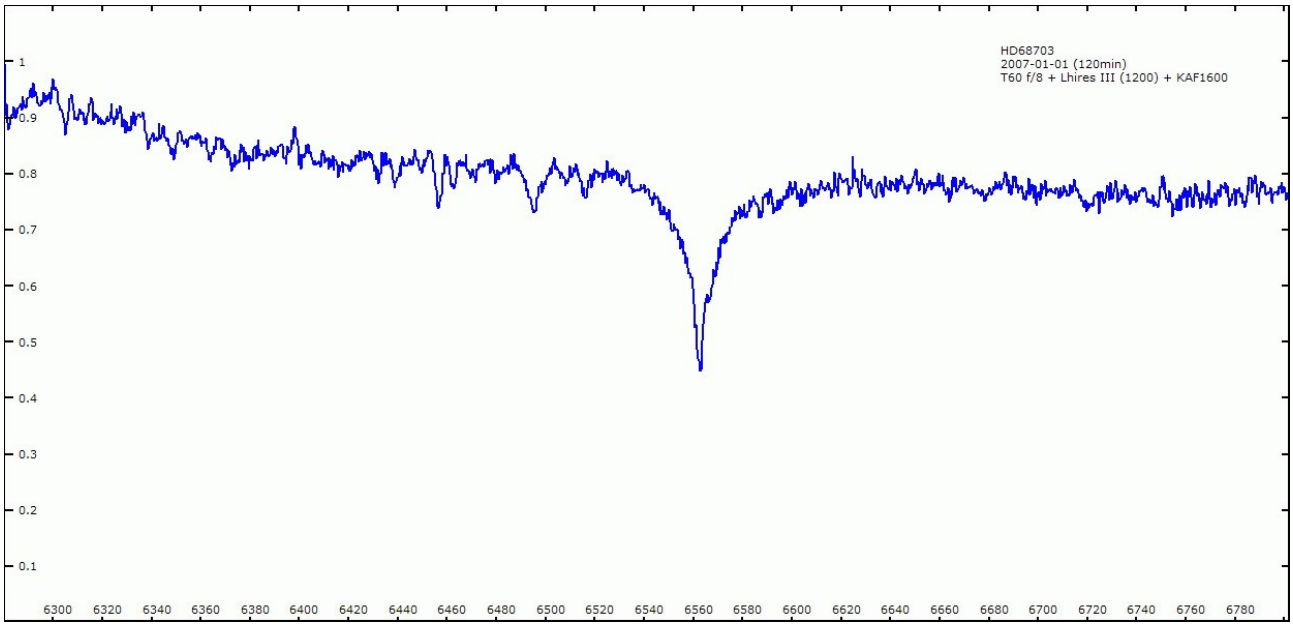


Date =2007-01-05
Heure Début=22:56:19
*Temps Exp. =7200+4*60+3=7443 (sec)*

On voit des raies métalliques car c'est en fait un système binaire spectroscopique avec une Be (la raie d'émission H-alpha) et une étoile plus froide.

HD68703

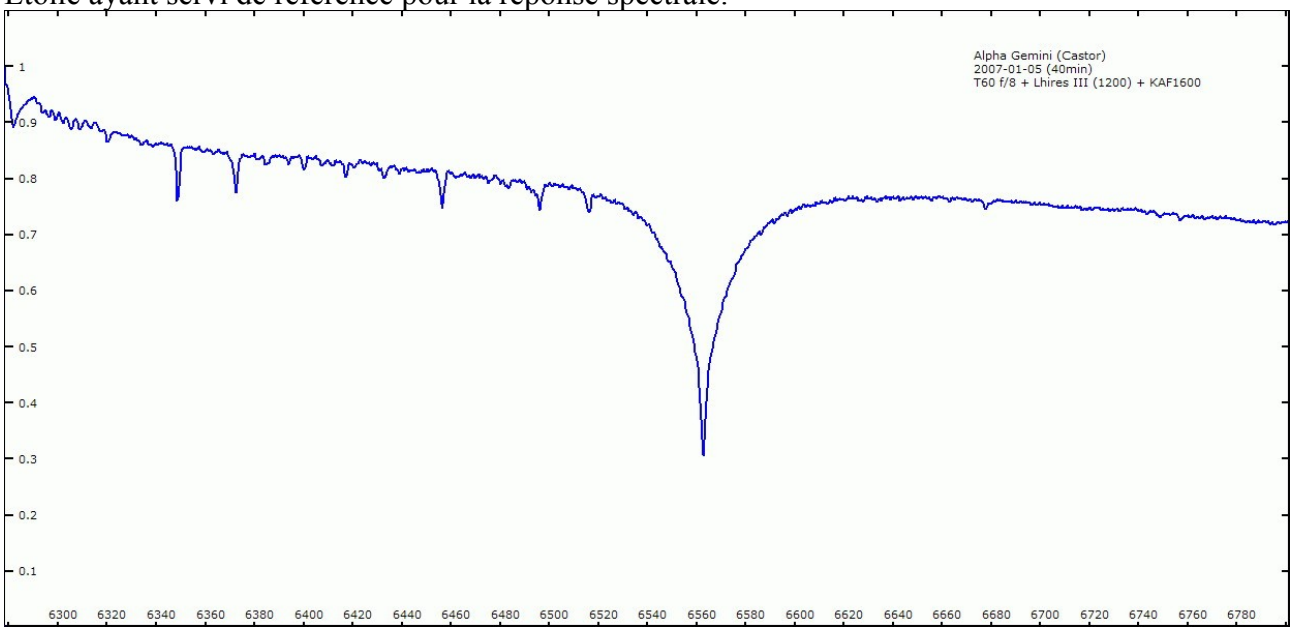
Spectre à la ligne: 500
Neon (6507) à la colonne: 667
Slant=0.207
RMS = 0.008324 - lambda_ref = 6279.4710 - Pas = 0.34400
a3=-5.3622e-009 a2=1.2432e-005 a1=0.33481 a0=6279.471



Date =2007-01-06
Heure Début=01:22:01
*Temps Exp. =7200+8*60+14=7694 (sec)*

Castor (Alpha Gemini)

Etoile ayant servi de référence pour la réponse spectrale.

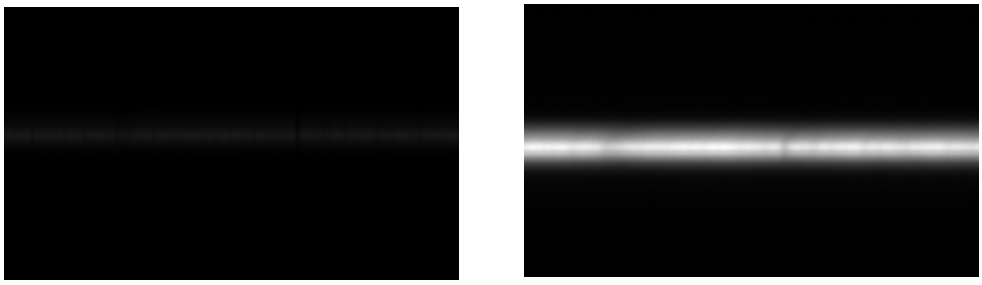


Troisième nuit

Analyse de flux

Nous avons profité d'une nuit au départ incertaine pour faire des mesures de flux. Une focalisation rapide sur Aldebaran et la mesure de flux avec et sans fente nous a donné une perte de flux de 93% ce qui est énorme. Après ajustement du centre optique (réglage de la platine porte-oculaire) et focalisation sur une étoile plus faible, nous sommes arrivé à une perte de flux de 83%. Normalement, on devrait arriver à 75% voir moins selon les conditions de turbulence.

Image de la caméra vidéo de guidage: eta Tauri

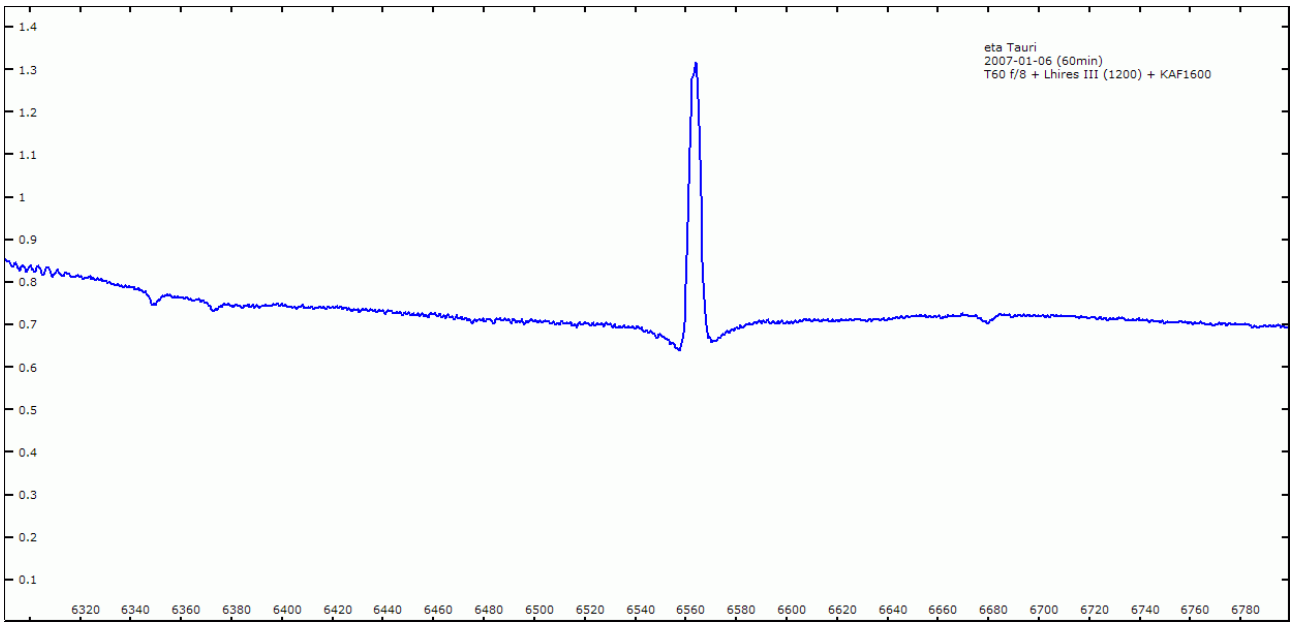


Spectres comparés avec et sans fente (sur Aldebaran)

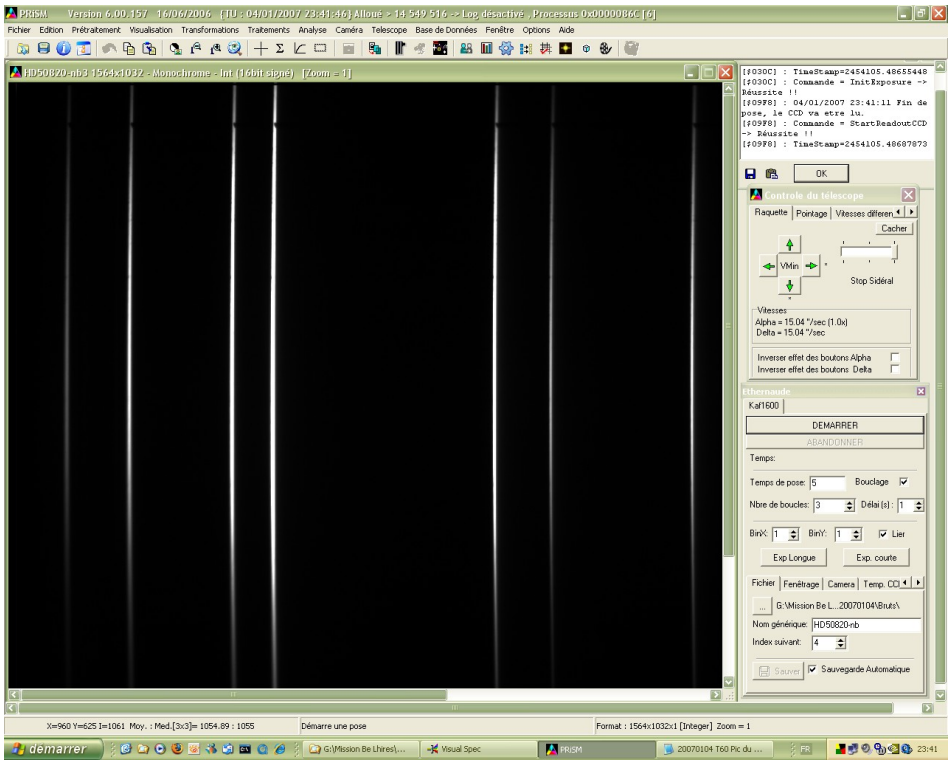
Eta Tauri

Passage de nuages mais bonne stabilité. On a réutilisé les flats et la courbe de réponse de la veille car on n'avait pas du tout touché l'instrument entre les deux nuits. Nous n'avons fait qu'un spectre car nous avons fini la nuit au TBL [:-)] et les nuages étaient arrivés. On aurait en fait pu continuer.

Extraction spectre (SpIRIS v1.20; menu "lhires-1200"):
Spectre ligne: 742
Raie 6507 colonne: 657
Slant: -0.429
RMS = 0.011103 - lambda_ref = 6282.5823 - Pas = 0.34400
a3=-4.6289e-009 a2=1.0164e-005 a1=0.33719 a0=6282.582



Date =2007-01-06
Heure Début=20:03:56
Temps Exp. =3711 (sec)



Exemple d'écran sur le PC d'acquisition (spectre du Néon)
Tout a été opéré sur le même PC avec PRISM v6

Quatrième nuit

Le ciel était bouché le soir ce qui nous a permis de prendre un apéro avec les autres coupoles (T2M et T1M). Mais il s'est finalement dégagé et même était très stable et correct pour HD50820. Mais le ciel se boucha vers 3h du matin – ouf, on pouvait prendre le temps de ranger avant de descendre par la première benne! Nous avons changé le réseau pour le 2400tt/mm de l'association T60.

Traitement général (SpIRIS v1.20)

```
>number bias
>smedian bias 21
>save Offset
>number noir600b
>smedian noir600b 7
>sub Offset 0
>find_hot cosme 10000
>save Dark
>number noir40-
>smedian noir40- 11
>save noir40
>number flat
>sub2 flat noir40 i 0 6
>load i1
>stat
>ngain2 i i 14000 6
>smedian i 6
>save Flat
>number noir5-
>smedian noir5- 9
>save noir5
>sub2 28tau-na noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save 28tau-neon
>sub2 hd50820-na noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save hd50820-neon
>sub2 alpgem-na noir5 i 0 3
>smedian i 3
>save alpgem-neon
```

Comme le traitement automatique (spectro-libre) ne fonctionne pas, nous récupérons les Néon pour faire la calibration spectrale dans VisualSpec:

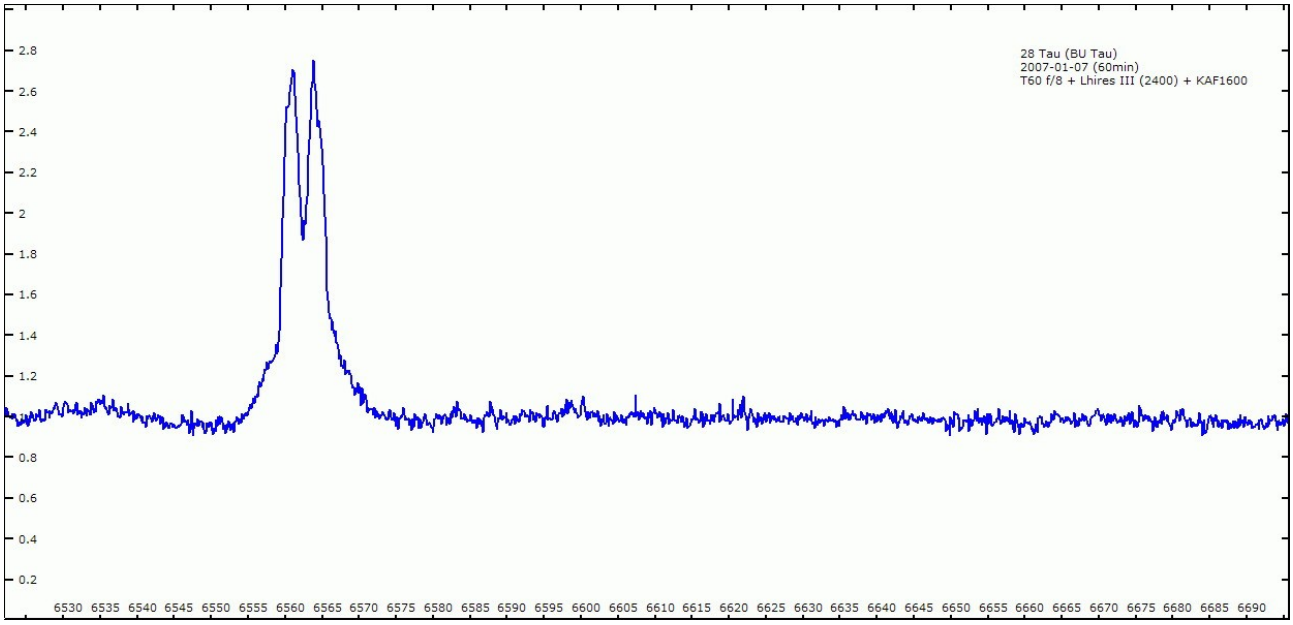
```
>load hd50820-neon
>window 1 627 1536 629
>save hd_50820_neon-bin
>load 28tau-neon
>window 1 627 1536 629
>save 28tau_neon-bin
>load alpgem-neon
>window 1 627 1536 629
>save alpgem_neon-bin
```

28 Tau

En attendant que HD50820 soit plus au méridien, nous avons fait cette étoile Be dans les Pléïades. Elle montre un spectre en émission assez joli.

Extraction du spectre:
Raie Neon 6507 colonne: 104
Slant: 2.245
Spectre ligne: 628

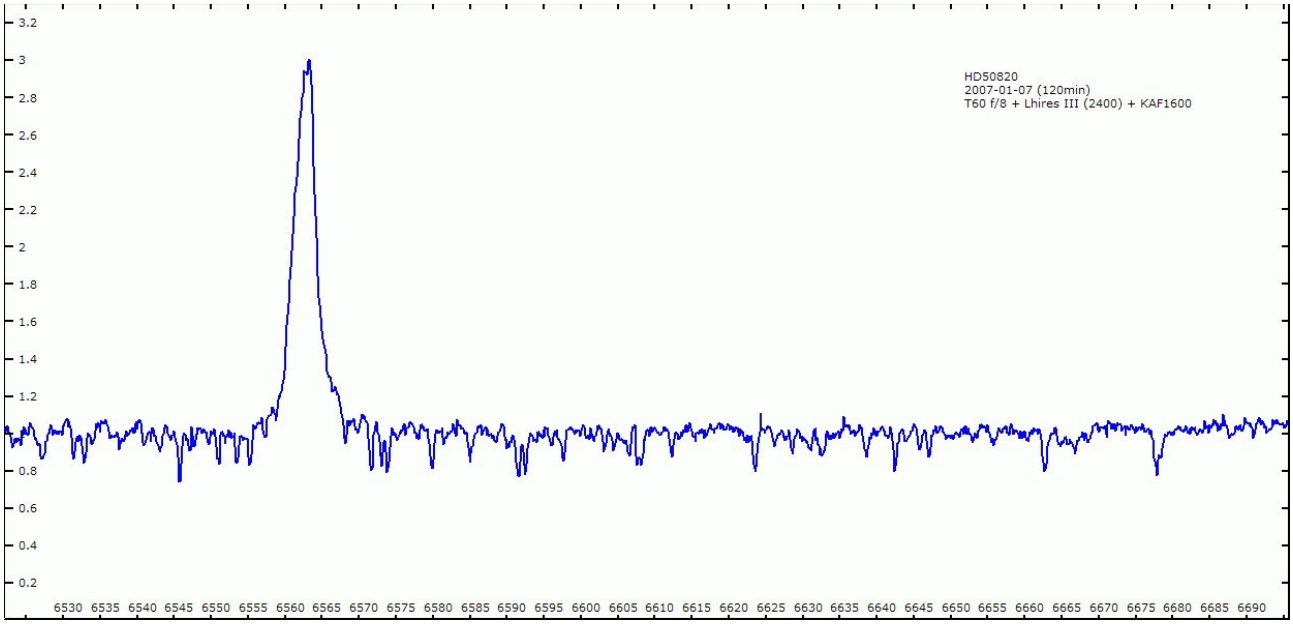
Puis nous faisons une calibration manuelle avec les trois raies du Néon dans VisualSpec v3.4 (bêta).



Paramètres pour BeSS:
Site="Pic du Midi"
Equipement="T60F8_L3-2400_KAF16"
Date =2007-01-07
Heure Début=19:44:07
Temps Exp. =5203 (sec)

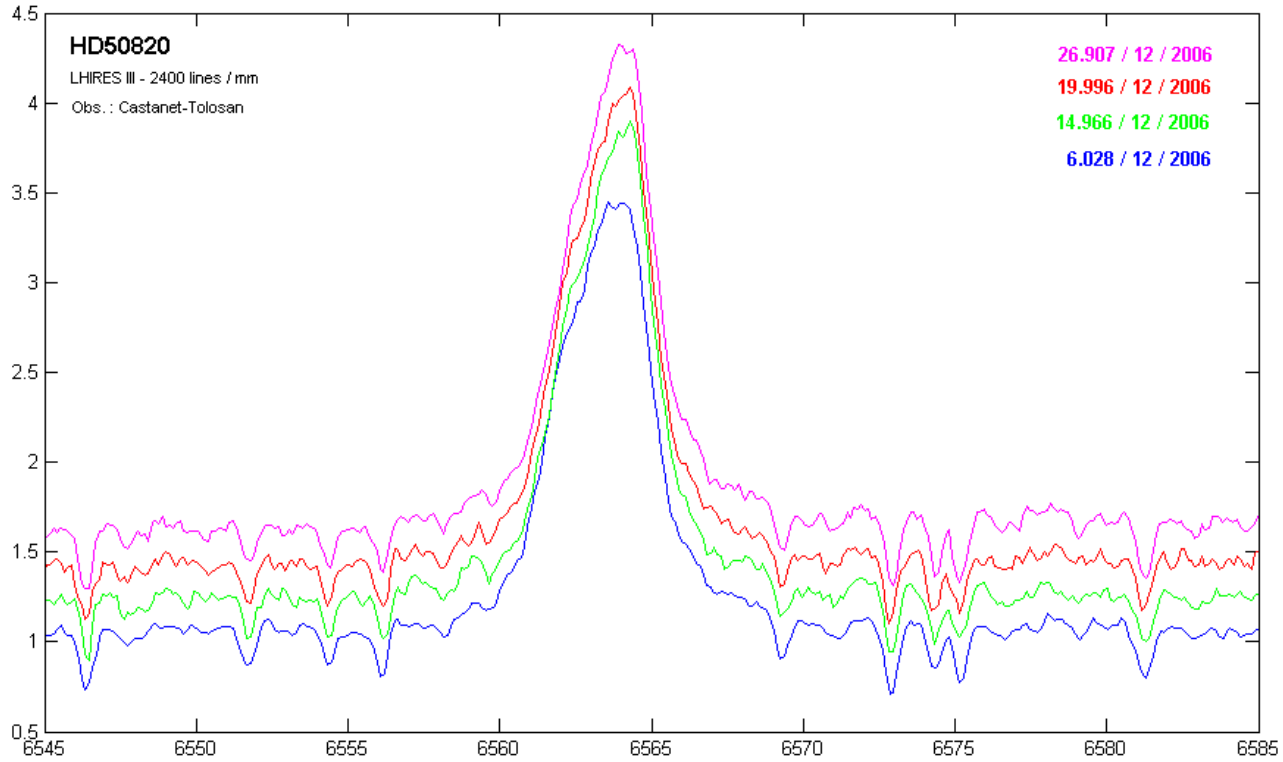
HD50820

Nous finissons la mission par un superbe spectre haute-résolution de cette étoile cible de COROT.
Paramètres d'extraction:
Raie Neon 6507 colonne: 104
Slant: 2.245
Spectre ligne: 628

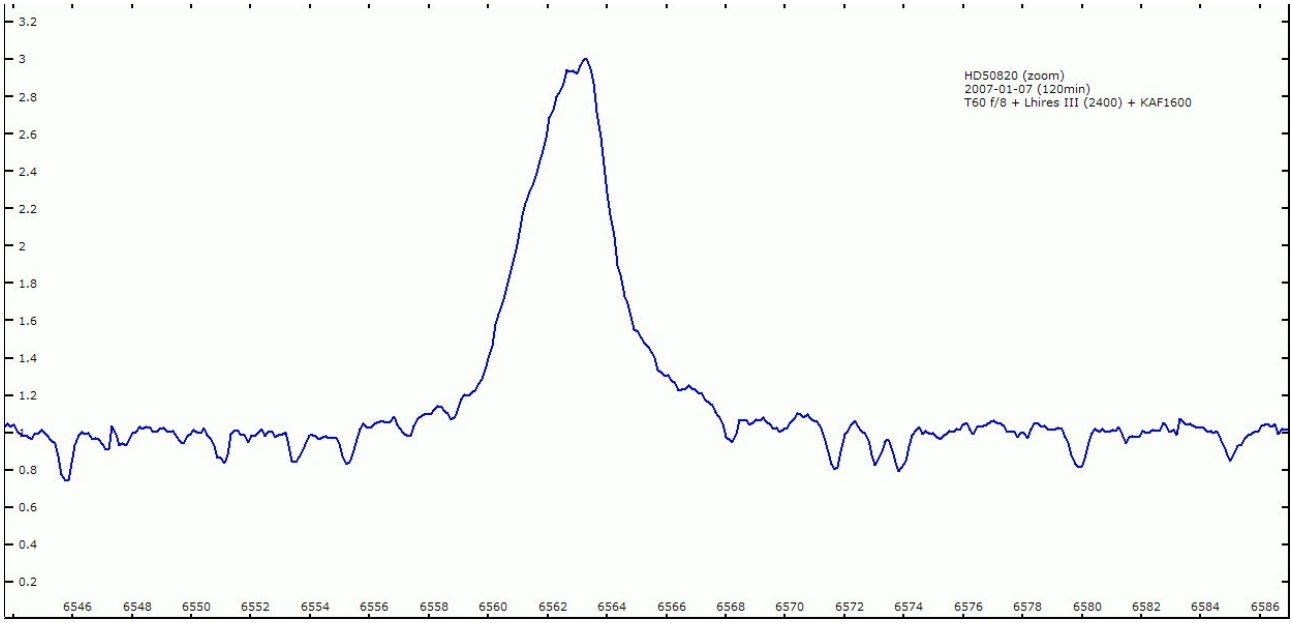


Paramètres pour BeSS:
Site="Pic du Midi"
Equipement="T60F8_L3-2400_KAF16"
Date =2007-01-07
Heure Début=22:47:18
Temps Exp. =7453 (sec)

Il est intéressant de comparer le spectre haute résolution avec ceux obtenus par Christian Buil avec son C11 en Décembre 2006 (source: http://www.astrosurf.org/buil/corot/data.htm):



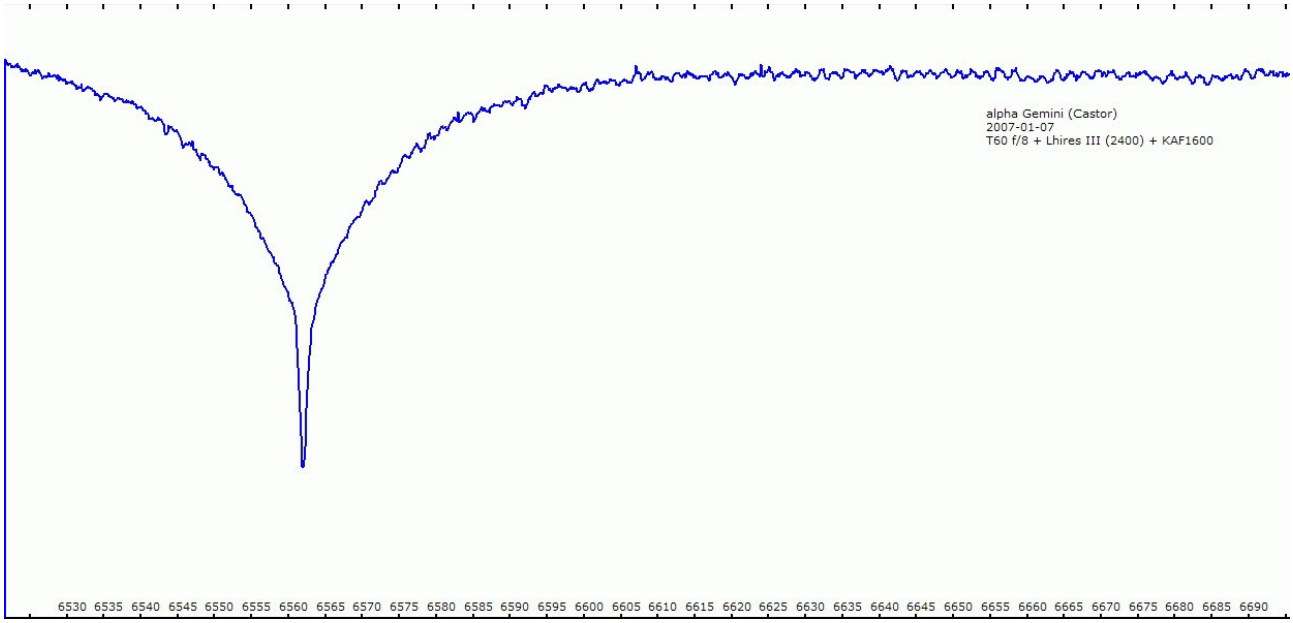
avec un zoom sur H-alpha de notre spectre:



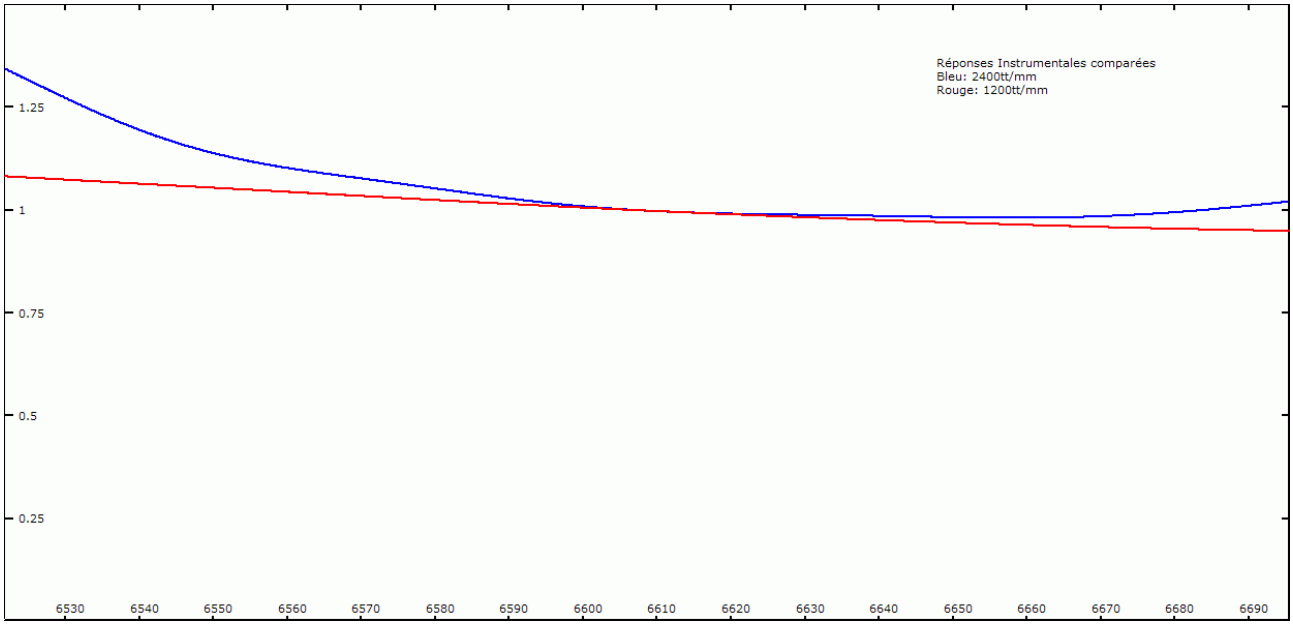
Il y a un décalage en longueur d'onde qui doit être étudié de plus près.

Réponse Instrumentale

Voici le spectre de alpha Gemini (Castor) ayant servi au calcul de la réponse instrumentale à partir d'un spectre de référence de la base UVES.



Et la réponse instrumentale:



La comparaison avec la réponse instrumentale obtenue avec le réseau de 1200tt/mm (même spectrographe, même caméra CCD) n'a pas vraiment de sens. Mais elle montre clairement qu'il ne faut pas réutiliser les réponses instementales si on change de configuration. En fait, après dissussion avec un astronome professionnel (Coralie Neiner), il est même fortement recommendé de faire un RI à chaque nuit!

7.Recommendations pour les prochaines missions

Nous avons essayé le plus possible d'utiliser le matériel appartenant à l'association et disponible sur place. Nous avons toutefois parfois dérogé à la règle. Voici la liste...

Matériel de l'AT60

- Le télescope (avec codeurs)!
- La caméra CCD EthernAude (avec alimentation)
- PC d'acquisition et logiciel PRISM v6
- Le Lhires III

Sinon, il est à noter que nous avons trouvé sur place des oculaires 1.25" (30mm clavé, OR 6mm Celestron, et réticulé OR 9mm 'Carton'), une bague 2" pour mettre une bague T (et donc un APN par exemple) et une autre avec un correcteur de champ (à priori), un adaptateur 2"/1.25" (le télescope est équipé d'un porte-oculaire JMI au format 2"), des bagues diverses...

On notera un problème sur la caméra KAF1600: environ 3 à 4 fois par nuit, le driver se plante. Parfois on récupère, parfois il faut sortir de PRISM. Une seule fois on a dû relancer le boîtier de contrôle.

Les codeurs sur le télescope se sont perdus à certain moment suite à un plantage de caméra – on ne s'en était pas rendu compte (à une heure certe avancée de la nuit!).

Le télescope n'était pas complètement équilibré quand on changeait de zone du ciel et l'équilibrage en Delta n'a pas pu être fignolé. Mais le télescope a parfaitement suivi et on n'a eu aucun soucis de guidage (au contraire... un vrai bijou ce télescope en suivi!!!).

Matériel autre (perso, T1M...)

- Une alimentation 12V pour la lampe néon du spectrographe (Tibelex Ref 193730/2, achetée dans une grande surface!)
- Un réseau de 1200tt/mm (l'association n'ayant qu'un 300tt/mm et 2400tt/mm; pour ce projet nous avons préféré utiliser un 1200tt/mm)
- Une caméra de guidage Watec 120N (nous avions aussi une webcam et une petite caméra vidéo). Nous n'avons pas vu de webcam ou autre caméra de guidage dans le local T60 avec le moniteur vidéo associé (ou grabber pour numérisation sur PC... et autoguidage).
- Lampe hallogène pour les flats (et tissus noir pour protéger le Lhires des lumières parasites). A noter que les cables sont très courts vers le télescope et que faire les flats avec la caméra de l'AT60 est assez "sportif" – mais on y arrive bien!

Ce qu'il faudrait ajouter

- Oculaires réticulés sur les chercheurs (plutôt un 30mm sur la lunette guide car le 9mm OR est trop court de focale).
- Un soft pour graver les CD??? Ou comment faire pour récupérer les images sur CD? Et un graveur de DVD car nous avons quand même fait plus de 1GB de données en 4 nuits... :-)
- Une checklist sur la porte du T60 avec la liste de ce qu'on doit faire avant de partir au niveau instrumentation (à chaque fin de nuit):
    - fermer les pétales
    - fermer le tube du T60
    - fermer le cimier et orienter correctement la coupole
    - éteindre l'alimentation du télescope, de l'affichage RA/DEC, et des codeurs
    - éteindre la caméra CCD
- Une télévision pour faire comme dans la salle de contrôle du TBL!!! :-)
- Des techniciens de coupoles pour faire comme dans la salle de contrôle du TBL!!! :-))

8.Comparaison avec les autres télescopes de mission

Introduction

L'objectif ici n'est surtout pas de dire si tel télescope est mieux qu'un autre. Nous avons eu la chance d'utiliser ces derniers temps plusieurs télescopes de la gamme des 600mm: le T60 de Buthiers, le T58 de St Michel l'observatoire, le T62 de Saint-Véran, et le T60 du pic du midi. Nous avons eu (et continueront à avoir!) beaucoup de plaisir sur chacun de ces instruments et dans chacun de ces observatoires. Il nous a semblé intéressant d'en faire la comparaison, surtout entre le T62 et le T60 dont les fonctionnements, buts associatifs et l'altitude sont similaires.

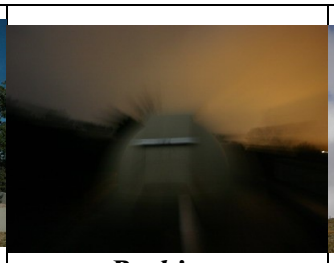
Bases de vie

Le T58 du Centre Astronomique de St Michel l'Observatoire est aux portes de l'Observatoire de Haute Provence (OHP), mais en dehors quand même. Le site a une capacité d'hébergement de 60 places sous la forme de dortoirs. Les repas se prennent sur le site avec une cantine de type scolaire. La vocation principale du centre d'astronomie est l'animation astronomique auprès du grand public. Les cars d'écoliers vont et viennent du centre, et le public est nombreux pendant les vacances scolaires. De nombreuses animations sont proposées en été.

Le T60 de Buthiers est sur la base de loisir de Buthiers en forêt de Fontainebleau. Elle profite également d'un hébergement conséquent (avec des chambres de 4 lits vraiment de bonne qualité) et une restauration collective correcte. Le télescope est dans une zone retirée, à côté d'un autre télescope de grande taille (un T50) mais géré par le centre de loisir. Il y a un grand espace avec plusieurs salles (dont une grande salle) dans le bâtiment du télescope ce qui rend la vie très agréable dans cet observatoire.

Le T62 de Saint-Véran est situé dans le Queyras, une région réputée pour son ensoleillement (mais le taux de nuit correct est plutôt autour de 50%). Le pic de Château-Renard est à 2990m, juste au dessus du village de Saint-Véran. L'observatoire appartient à l'observatoire de Paris-Meudon mais le télescope à l'OHP. L'association AstroQueyras gère le site et permet aux astronomes amateurs déponsant une demande de mission d'utiliser l'observatoire. Les missions sont sur 8 jours (Samedi au Dimanche) en été et à la nuit en hivers. L'accès de fait par une route peu pratiquable et innaccessible de Octobre/Novembre à Mai/Juin suivant l'enneigement. Les repas sont à faire soi-même (apporter la nourriture!) avec des bonbonnes d'eau potable disponibles sur place. La cuisine est équipée avec une gazinière (avec four). Les missions sont limitées à 6 personnes du fait du recouvrement de deux missions la nuit du Samedi à Dimanche et de la capacité du site (12 places environ). L'environnement est montagnard mais la vue est magnifique. Quelques touristes passent l'été, mais pas si nombreux car l'accès ne se fait qu'à pied!

Saint-Michel



Buthiers

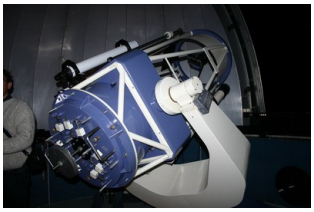
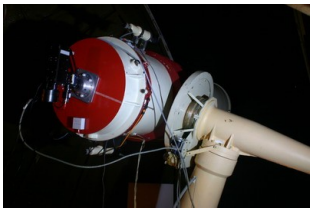
Saint-Véran

Pic du Midi

Enfin, le pic du midi est un observatoire professionnel avec une gestion par un syndicat mixte. Il est à 2900m d'altitude. L'accès se fait par téléphérique et la vie à l'bservatoire est incroyablement confortable pour un observatoire à cette altitude! Chambres individuelles, restauration collective, et une vue splendide!!! Par contre, nous ne sommes pas seuls ce qui implique de ne pas trop parler fort la nuit et des espaces partagés avec les astronomes professionnels et les touristes.

	Centre St Michel	***Buthiers***	***Saint-Véran***	***AT60***
Accès	Très facile (route)	Très facile (route)	Très difficile en été (à pied ou en voiture haute de caisse), très sportif (raquette ou ski de randonnée) en hivers	Facile (téléphérique)
Altitude	650m	100m	2940m	2877m
Hébergement	Dortoirs de 4 lits	Par chambre de 4	Une chambre de 4 et un dortoir	Chambres individuelles
Restauration	Restaurant interne au centre d'astronomie	Restaurant de la base de loisir	À faire soi-même (mais cuisine au gaz bien équipée!)	Cantine de l'observatoire
Nbre max de personnes	60 !	12 ou plus	6 max (recouvrement des deux équipes)	4

Equipement

			
T58 Saint-Michel	***T60 Buthiers***	***T62 Saint-Véran***	***T60 Pic du Midi***

Le télescope du centre de St Michel a en fait un diamètre de 58cm mais il est de conception récente. Il est assez proche du sol, et sous une coupole acceptant environ une demi-douzaine de personne. C'est un télescope de type Newton. Il n'y a pas d'accès internet facile. Le centre astronomique dispose d'un Lhires III. On observe dans la coupole.

Le télescope de Buthiers est vraiment très récent et fonctionne comme sur des roulettes. De type Newton (foyer cassegrain disponible mais pas utilisé), il est ouvert à f/3.5 (ou f/3.3?). La coupole est très grande et peut accueillir une dizaine de personne. Accès internet facile. Il est aussi équipé d'un Lhires III. On observe dans la coupole mais possibilité de prendre le contrôle dans une salle en bas.

Le télescope de Saint Véran est de type Cassegrain à f/15, le seul des quatre télescopes utilisé en mode Cassegrain. Il est sous une très grande coupole permettant à une vingtaine de personne de tenir. Il a des codeurs de très bonne qualité et un système GoTo performant (mais sur un PC dédié). Il n'est pas équipé d'un Lhires III mais d'un spectrographe à haute résolution à Echelle mis à

disposition par l'ESA: MuSiCoS. On observe dans une salle de contrôle (non chauffée!) à côté de la coupole et on doit entrer dans la coupole de temps en temps pour la tourner manuellement.

Enfin, le T60 du pic du midi est de type Newton à f/3.5. La coupole est assez petite (et l'accès pénible avec une petit escalier) mais on peut tenir à 8 dedans en se serrant. L'entrainement est via un secteur qui tient environ 2h30-3h. Pas de système GoTo mais des codeurs et un affichage de coordonnées. L'ensemble des fonctions sont contrôlées via un seul PC et le logiciel PRISM v6. Internet est disponible (et rapide) avec en prime l'accès aux articles professionnels récents sur ADS. Il est équipé d'un Lhires III. On observe dans une salle de contrôle adjacente à la coupole (et bien chauffée!) et on doit régulièrement entrer dans la coupole pour pointer les cibles et tourner la coupole dont le cimier est très petit.

	Centre St Michel	***Buthiers***	***Saint-Véran***	***AT60***
Foyer	Newton f/3.3 ?	Newton f/3.5 ?	Cassegrain f/15	Newton f/3.3
Monture	Fourche	Fourche	Allemande	Fourche, secteur lisse (course de environ 3h)
Age télescope	~5ans ?	2ans	~40ans	>50ans
GoTo	Oui (MCMT)	Oui (MCMT)	Oui (PC dédié)	Non (mais codeurs & affichage RA/DEC)
Internet	non	ADSL	ADSL	Réseau rapide
Caméra CCD	KAF400 ?	Audine 1600 ?	ST8E (temporaire)	Audine 1600
Spectrographe	Lhires III	Lhires III	MuSiCoS	Lhires III
Autre	Plusieurs dobsons, LX300, C8	Plusieurs C8	Chambre Schmidt, divers filtres interférentiels, réducteur focal 5x et 2x, nombreux oculaires	?

9.Conclusions

Difficile de résumer en quelques lignes cette mission tellement elle a été riche. Riche en évènements humains tout d'abord avec des rencontres chaleureuses, un environnement extraordinaire et une bonne symbiose entre astronomes professionnels et amateurs.

Mais riche en résultats également. D'abord avec un télescope qui a très bien fonctionné et dont la prise en main est assez rapide. Une bonne compréhension de certains problèmes techniques (notamment au niveau du porte-oculaire). Et des résultats intéressants avec plusieurs spectres d'étoiles Be qui vont alimenter la base de spectre BeSS développée par l'Observatoire de Paris-Meudon avec la contribution des astronomes amateurs. Les spectres de HD50820, étoile qui va être observée par COROT dans son run initial, serviront éventuellement dans l'analyse de son comportement et vont rejoindre d'autres spectres fait en plaine. Les autres spectres serviront dans le suivi continu de ces étoiles et à des études statistiques.

Nous ne pouvons pas conclure sans remercier le personnel du Pic du Midi pour leur accueil, Coralie Neiner qui a su nous faire profiter de son début de mission au TBL avec le nouveau spectrographe NARVAL, Christian Buil pour son apport à l'astronomie amateur et son support "live" de chez lui, et enfin François Colas pour l'organisation de ce "plan mou" [(c) www.planmou.com !!!], son hospitalité, la possibilité de regarder dans le T1M, les bons moments, etc...

Enfin, merci aussi à tous les membres de l'association T60 qui ont contribué et continuent à contribuer à rendre disponible ce télescope.

A tous, Merci, et vive le(s) Pic(s)!!!

Vue du Pic en Décembre (photo F.Colas)

10.Annexe: les fameuses phrases du capitaine Kirk

Source: http://www.jumpstation.ca/recroom/trek/kirk.html

If I get my hands on the headquarters genius that assigned me a female yeoman...

I've already got a female to worry about. Her name is Enterprise.

KHAAAAAAAAAAAANNNNNN!!!!!!!!!

It's a mystery. I don't like mysteries! They give me a bellyache, and I've got a beauty right now.

One of the advantages of being a captain, Doctor, is being able to ask for advice without necessarily having to take it.

I'm a soldier, not a diplomat. I can only tell the truth.

I was out saving the galaxy when your grandfather was in diapers.

You didn't really think I was going to beat his head in, did you?

Go climb a tree.

Well, there are better things for men and women to do.

We enjoy it.

I'm sorry I brought up the whole subject!

Would you mind being careful where you throw your rocks, Mr Spock?

Little ones, like you, they - Just go on the way you're going, you'll find out.

Come on, Spock; let's go mind the store.

The name of the game is called... Fizzbin. Each player gets 6 cards, except for the player on the dealer's right, who gets 7.

I have never questioned the orders or the intelligence of any representative of the Federation. Until now.

On the contrary, I think of this project as very important. It is you I take lightly.

Scotty, you've just earned your pay for the week.

Mr Chekov, I think you've earned your pay for the week.

The word is no. I am therefore going anyway.

My God, Bones! What have I done?

No, I'm from Iowa. I just work in outer space.

I can't believe I kissed you!

We'll make a human out of you yet!

Hello Alice! Welcome to Wonderland!

Everybody remember where we parked.

Risk is part of the game if you want to sit in that chair.

You say history considers me dead. Who am I to argue with history?

I take it the odds are against us and the situation's grim. If Spock were here, he'd say that I was an irrational, illlogical human being for going on a mission like this..... Sounds like fun!

It isn't a bad life to have everyone in the universe at your beck and call, and you win all the arguments.

Leave bigotry in your quarters; there's no room for it on the bridge.

No more blah, blah, blah!

You'll learn something about men and women -- the way they're supposed to be. Caring for each other, being happy with each other, being good to each other. That's what we call love. You'll like that a lot.

A room should reflect its occupant.

You go slow, be gentle. It's no one-way street -- you know how you feel and that's all. It's how the girl feels too. Don't press. If the girl feels anything for you at all, you'll know.

Love sometimes expresses itself in sacrifice.

There are certain things men must do to remain men.

Worlds may change, galaxies disintegrate, but a woman always remains a woman.

Be pleasant no matter how much it hurts.

Too much of anything, even love, isn't necessarily a good thing.

Most people are afraid of being alone.

No wants -- no needs? We weren't meant for that. None of us. Man stagnates if he has no ambition, no desire to be more than he is.

You know the greatest danger facing us is ourselves, and irrational fear of the unknown. There is no such thing as the unknown. Only things temporarily hidden, temporarily not understood.

Most of us are attracted by beauty and repelled by ugliness -- one of the last of our prejudices.

It is the nature of our species to be free.

What is man but that lofty spirit -- that sense of enterprise.

We're the same. We share the same history, the same heritage, the same lives. We're tied together beyond any untying. Man or woman, it makes no difference. We're human. We couldn't escape from each other even if we wanted to - that's how you do it, Lieutenant! By remembering who and what you are! A bit of flesh and blood afloat in a universe without end. And the only thing that's truly yours is the rest of humanity. That's where your duty lies!

Our species can only survive if we have obstacles to overcome. You remove those obstacles. Without them to strengthen us, we will weaken and die.

It's the custom of my people to help one another when we're in trouble.

Where I come from, size shape or color makes no difference.

We've each learned to be delighted with what we are.

We prefer to help ourselves. We make mistakes, but we're human - and maybe that's the word that best explains us.

We all are vulnerable, in one way or another.

"Let me help." A hundred years or so from now, I believe, a famous novelist will write a classic using that theme. He'll recommend those three words even over "I love you."

Risk is our business.

We think of ourselves as the most powerful beings in the universe. It's unsettling to discover that we're wrong.

We humans have a streak of barbarism in us -- appalling, but there nevertheless.

Maybe we weren't meant for Paradise. Maybe we were meant to fight our way through. Struggle. Claw our way up, scratch for every inch of the way.

The highest of all our laws states your world is yours and will always remain yours.

It is one of our most important laws that none of us may interfere with the affairs of others.

We are wise enugh to know we are wise enough not to interfere with the way of a man or another world.

Our people don't believe in slavery.

A species that enslaves other beings is hardly superior -- mentally or otherwise.

He gave his life in an attempt to save others. Not the worst way to go.

There are some things worth dying for.

Liberty and freedom have to be more than just words.

Light and warmth! That's necessary to all humanoids.

Actual war is a very messy business. Very, very messy business.

Not one hundred percent efficient, of course ... but nothing ever is.

Desperation is a highly emotional state of mind.

Another dream that failed. There's nothing sadder.

A little suffering is good for the soul.

Sometimes a feeling is all we humans have to go on.

Most legends have their basis in facts.

We have found all life forms in the galaxy are capable of superior development.

A Vulcan can no sooner be disloyal than he can exist without breathing.

Without freedom of choice there is no creativity.

We humans are full of unpredictable emotions that logic cannot solve.

Intuition, however illogical, is recognized as a command prerogative.

A star captain's most solemn oath is that he will give his life, even his entire crew, rather than violate the Prime Directive.

Do you know the one -- "All I ask is a tall ship...and a star to steer her by..." You could feel the wind at your back, about you... the sounds of the sea beneath you. And even if you take away the wind and the water, it's still the same. The ship is yours...you can feel her...and the stars are still

there.

We estimate there are millions of planets with intelligent life. We haven't begun to map them.

Being human does have certain advantages -- being able to appreciate the beauty of a flower, of a woman.

All men are brothers.

Only a fool would stand in the way of progress.

In every revolution, there's one man with a vision.

We're free people. We belong to no one.

Man is ultimately superior to any mechanical device.

It's time you learned that freedom is never a gift. It has to be earned.

Our missions are peaceful -- not for conquest. When we do battle, it is only because we have no choice.

... the prejudices people feel about each other disappear when they get to know each other.

Genius doesn't work on an assembly line basis. You can't simply say, "Today I will be brilliant."

There's another way to survive. Mutual trust -- and help.

The more complex the mind, the greater the need for the simplicity of play.

Either one of us, by himself, is expendable. Both of us are not.

Conquest is easy. Control is not.

If I can have honesty, it's easier to overlook mistakes.

Sometimes pain can drive a man harder than pleasure.

All your people must learn before you can reach for the stars.

Death. Destruction. Disease. Horror. That's what war is all about. That's what makes it a thing to be avoided.

No one wants war.

Peace was the way.

We've come a long way in five thousand years. But you're still of the same nature.

There's only one kind of woman.... Or man, for that matter. You either believe in yourself or you

don't.

Get back to your stations!

If change is -- inevitable -- predictable -- beneficial -- doesn't logic demand that you be a part of it?

You're too beautiful to ignore. Too much woman.

END OF LOG

11.Annexe: Références

- Shelyak Instruments: http://www.shelyak.com
- Site du CALA, Club d'Astronomie de Lyon-Ampère: http://www.cala.asso.fr/
- AUDE, Association des Utilisateurs de Détecteurs Electroniques: http://www.ccdaude.com/
- ARAS: http://astrosurf.com/aras/
- Site de l'Association T60: http://www.astrosurf.com/t60
- Rapport de mission St Véran 2006 «Be COROT»: pour toute la partie sur la spectroscopie, les étoiles Be, le projet COROT...: http://thizy.free.fr/StVeran2006.pdf
- Base UVES pour les étoiles de référence: http://www.sc.eso.org/santiago/uvespop/bright_stars_uptonow.html

WWW.SHELYAK.COM