

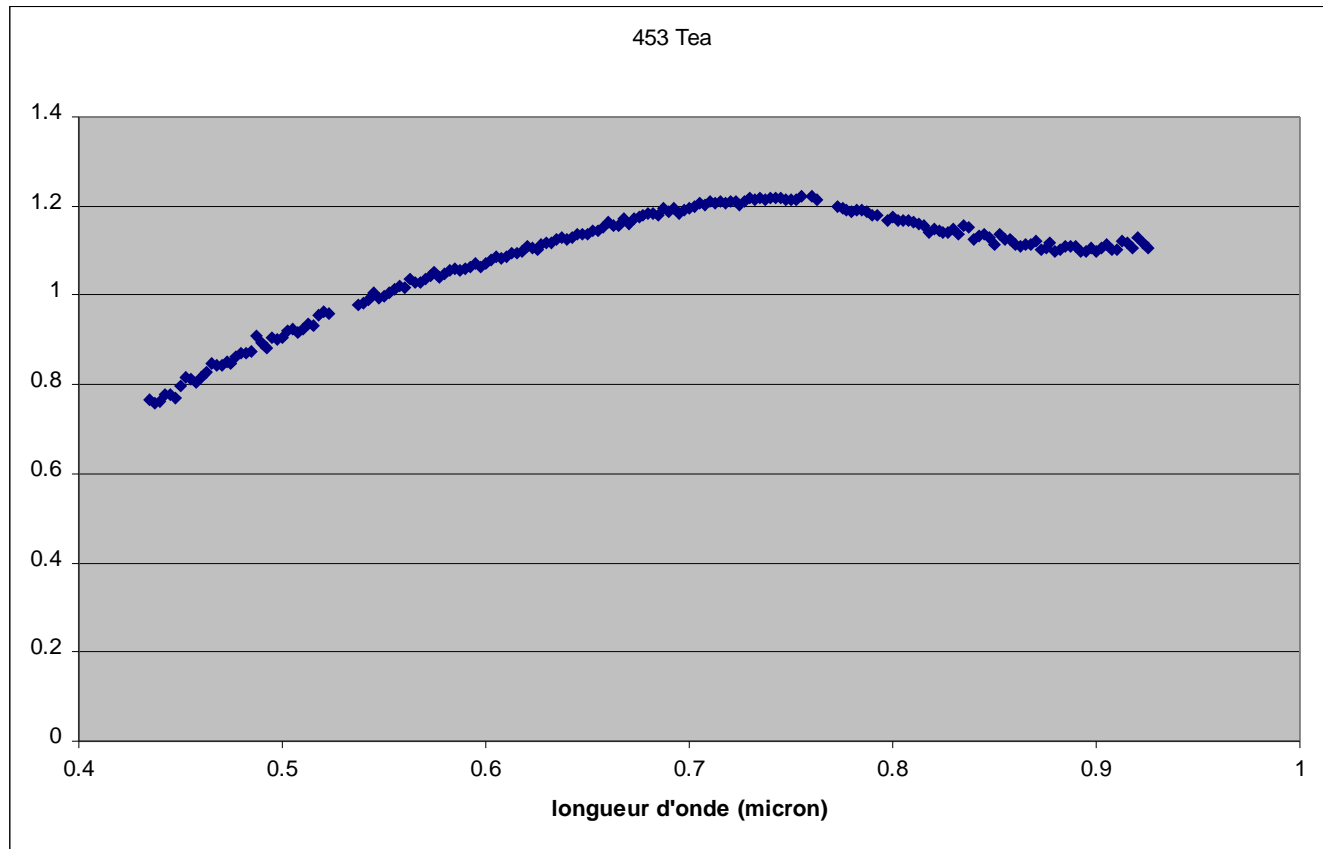
# Spectre des Astéroïdes

L astronome amateur peut-il  
apporter une contribution ?

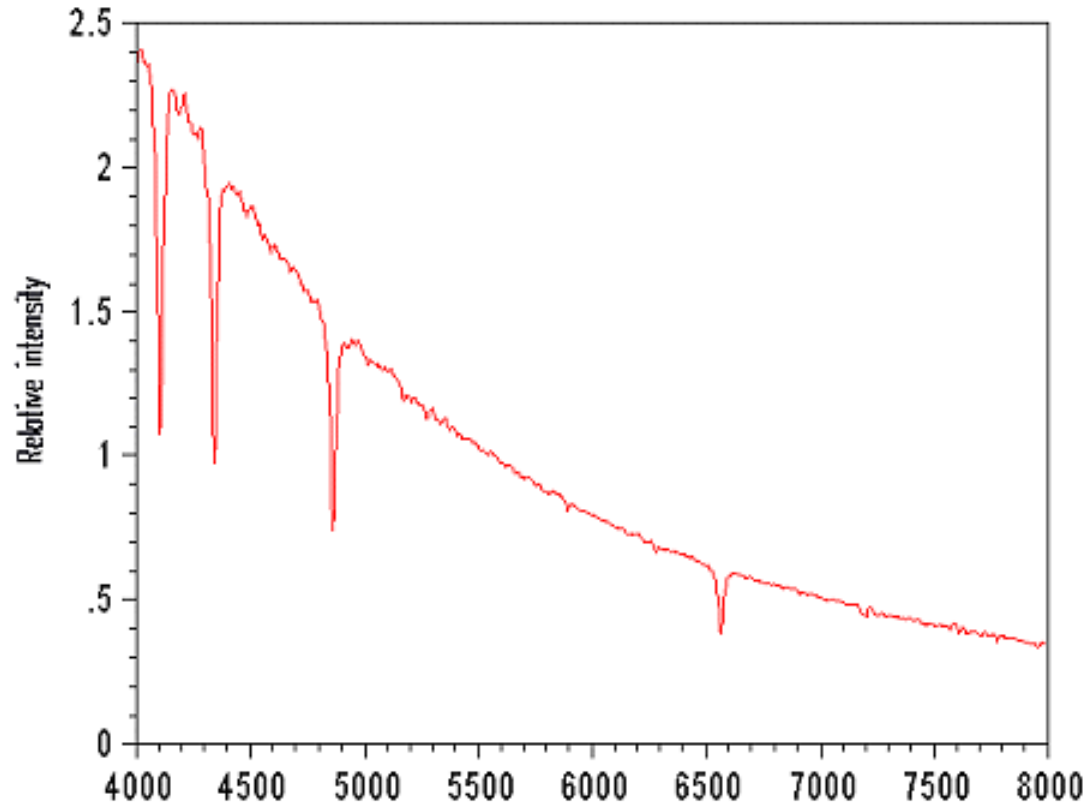
Rencontres du Ciel et de l Espace 2010

Bernard Christophe (club éclipse)

# Spectre typique d un astéroïde



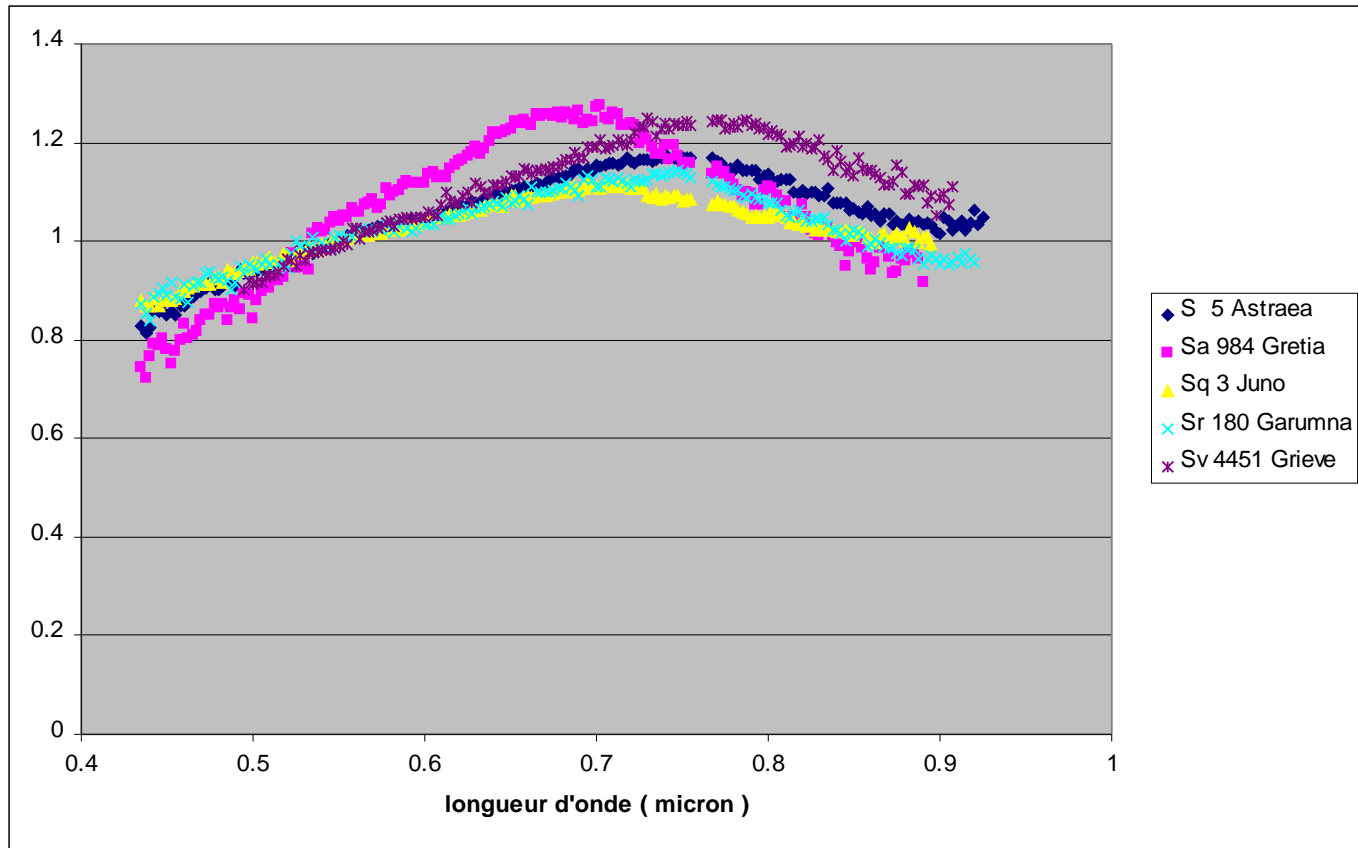
# Spectre d une étoile( Véga )



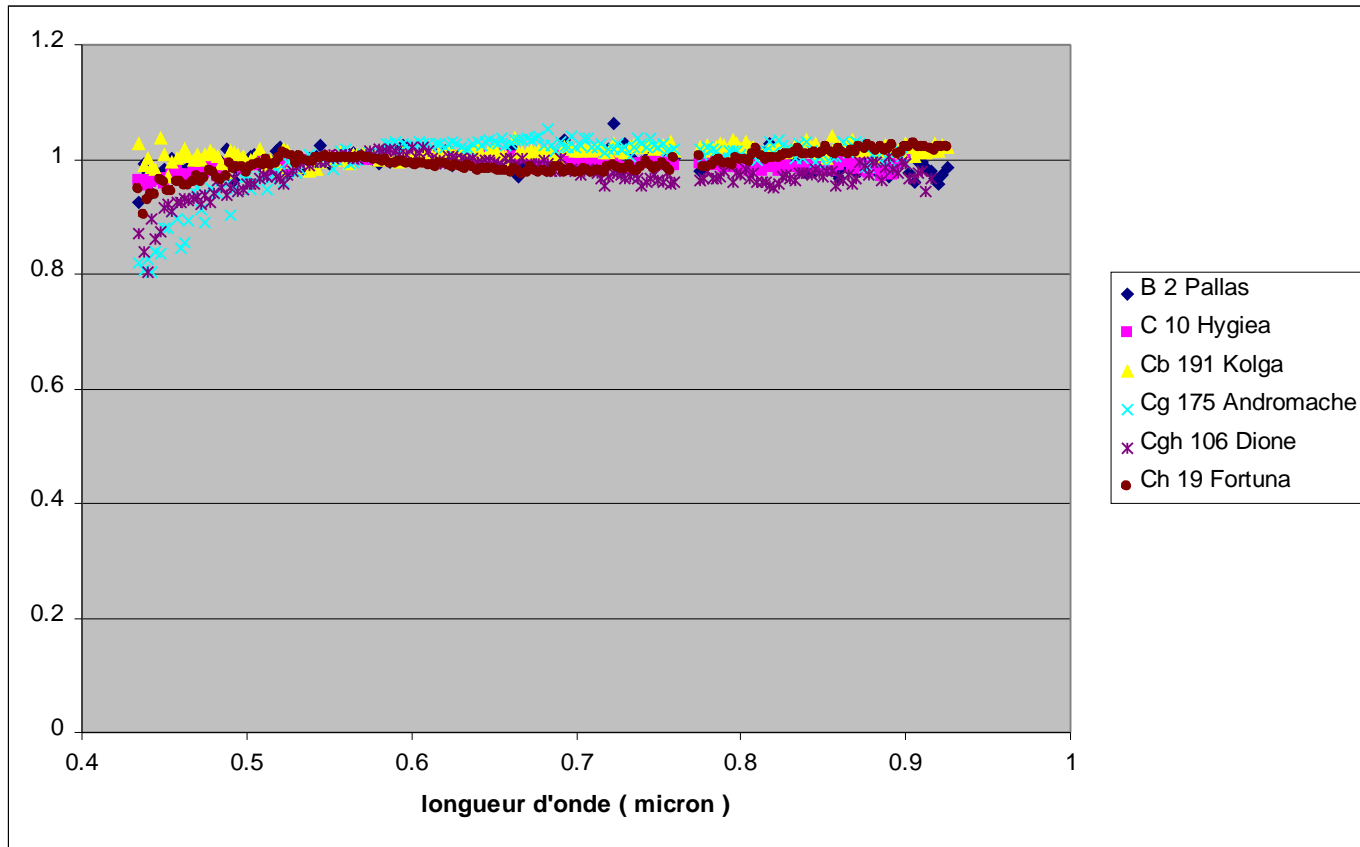
# Classification spectrale des astéroïdes

- " Une publication de Francesca E. DeMeo et de Richard P. Binzel de 2009 propose une nouvelle classification des astéroïdes.
- " A l'aide de spectres dans le visible et le proche IR (0.45 à 2.45 $\mu$ )
- " ils définissent maintenant 24 classes (taxonomic classification).
- " 371 astéroïdes ont été étudiés et classés.
  
- " Réaliser des spectres dans l'IR proche n'est pas encore à la portée de l'astronome amateur. Peut-on quand même en réalisant un spectre d'astéroïde dans le visible atteindre une information sur sa classe ou sur une famille de classe ?
- " Comparons les spectres visibles des grandes classes S, C, X et autres:

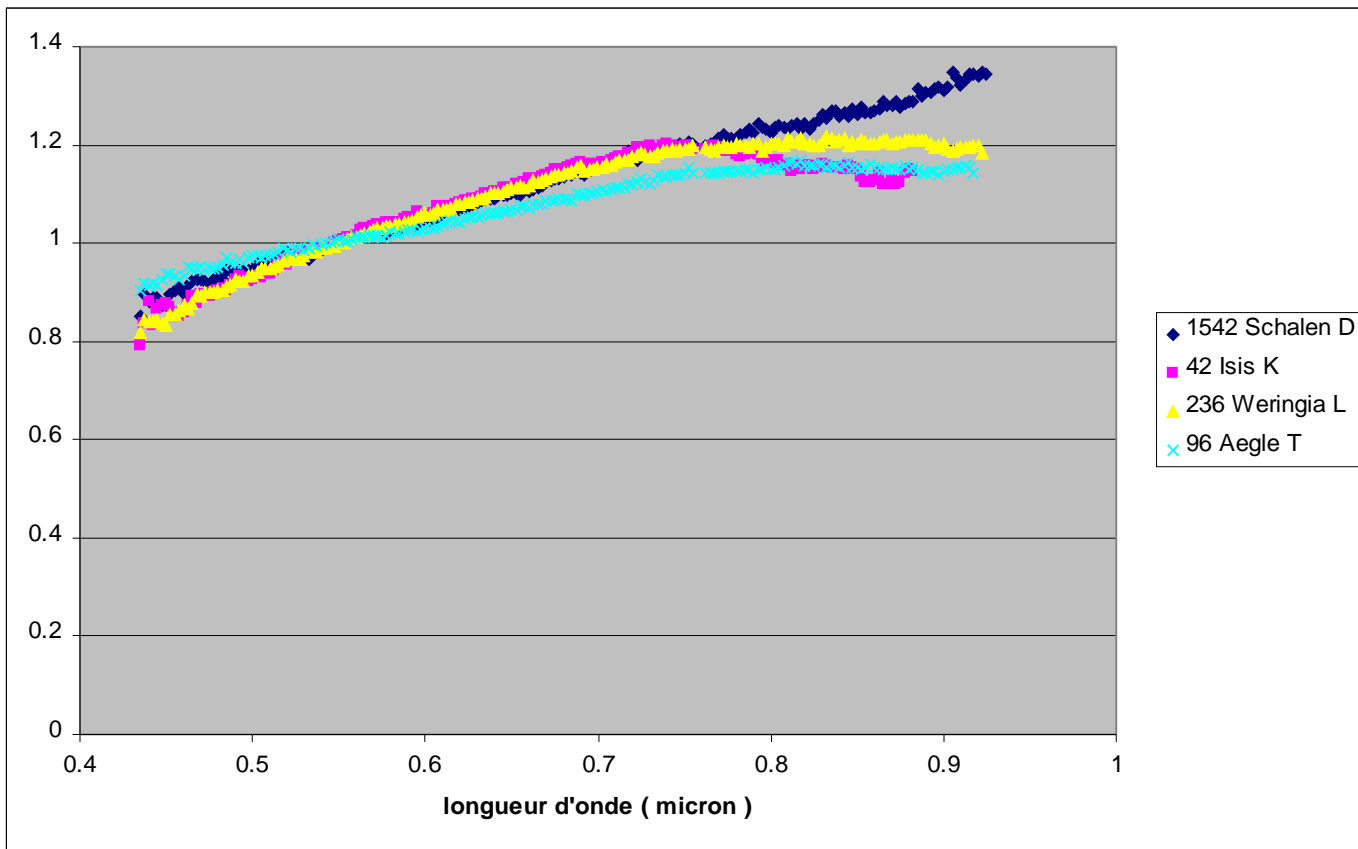
# Classe S (S, Sa, Sq, Sr, Sv)



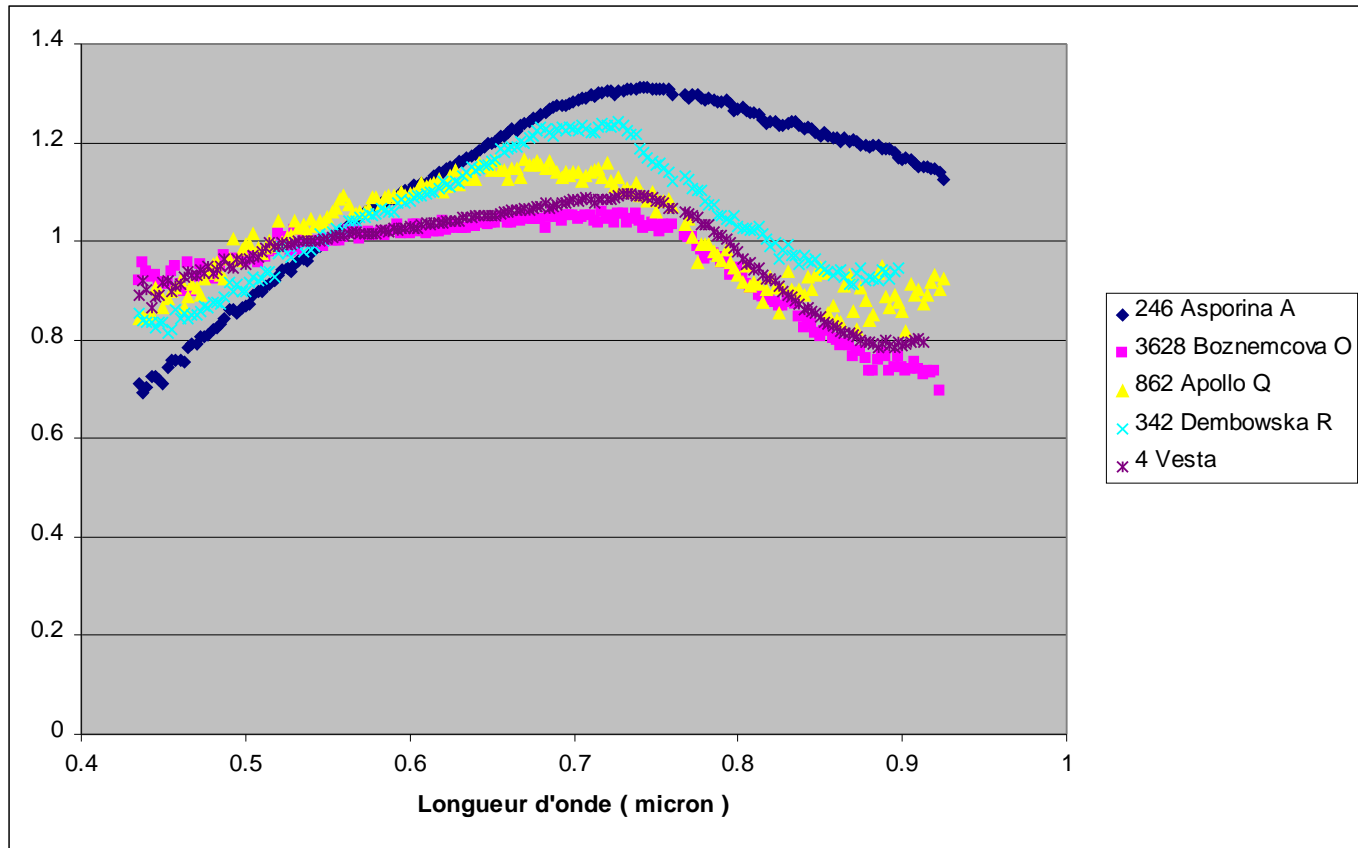
# Classe C (B, C, Cb, Cg, Cgh, Ch)



# Classes D K L T



# Classes A O Q R V





# Magnitude des astéroïdes

" Moins de 2000 astéroïdes ont un spectre  $0.4\mu - 0.9\mu$  connu (estimation).

" 400 astéroïdes atteignent une magnitude  $< 12$  (sans les NEO)

" 790  $< 13$

" 1600  $< 14$

" 4300  $< 15$

" 13000  $< 16$

" Si l'on veut faire des observations utiles il faut pouvoir atteindre

" la magnitude 15 et faire à cette magnitude une photométrie spectrale à quelques %

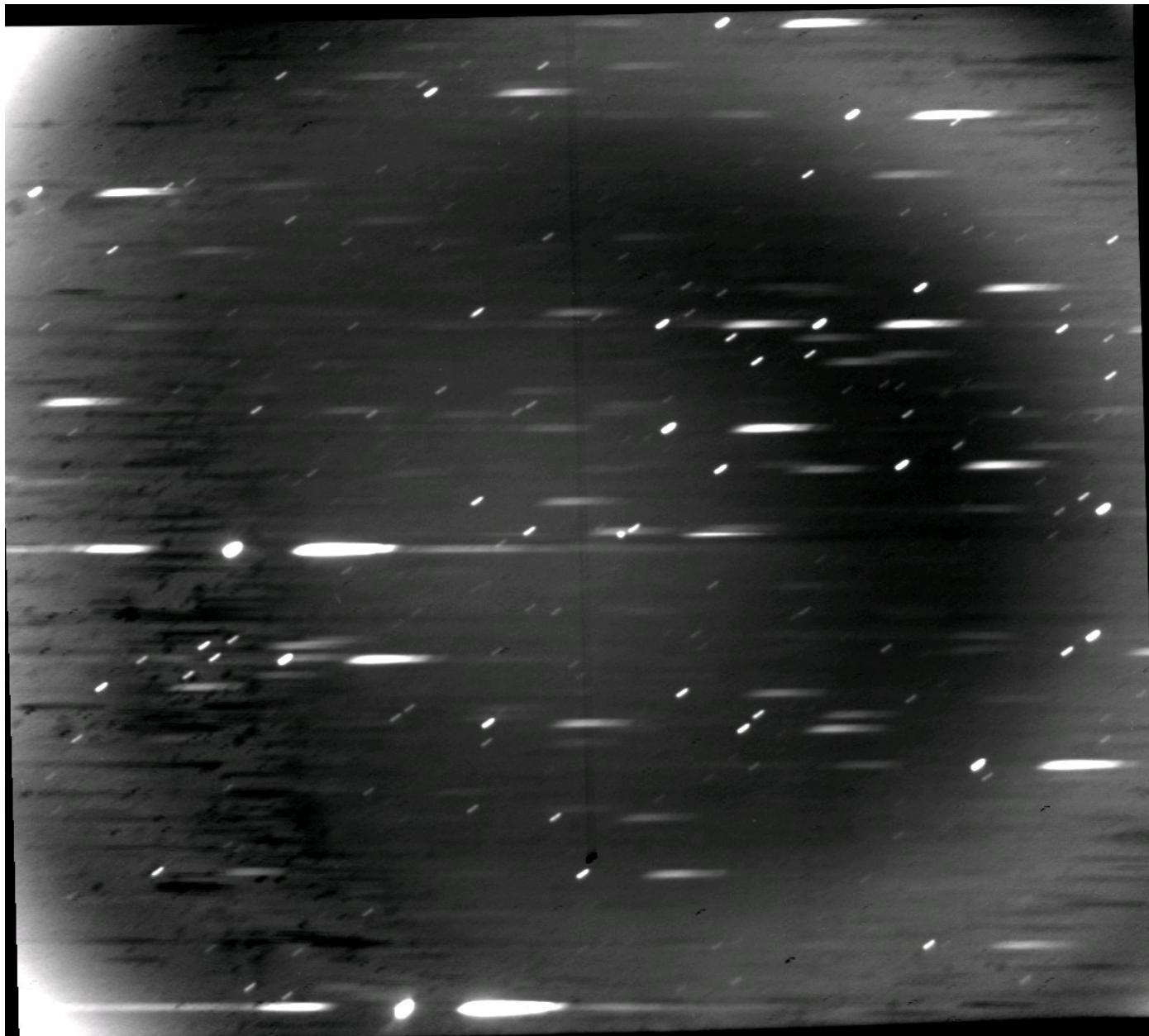
" \*  $m = H + 5 \text{ Log } r + 5 \text{ Log } a - 2.5 \text{ Log } P(x)$

" \*  $m = H + 5 \text{ Log } (a (1 - e) - 1) + 5 \text{ Log } (a (1 - e)) - 2.5 \text{ Log } 2/3$

" \* sur les 64000 premiers

## Premiers essais :

- " Acquisition d'un Star Analyser et réalisation de la structure la plus simple, on place le Star analyser dans le faisceau du télescope devant le CCD.
- " On cherche une faible résolution pour ce spectrographe de 1<sup>er</sup> ordre de 30.
- " Avec une tache à mi-hauteur de 3" soit  $50\mu$  à 3360mm et une distance de
- " 35mm entre le SA et le CCD on obtient une résolution de  $\sim 25$ .
- " La résolution est limitée par la tache image, le réseau lui-même, possède une
- " résolution bien supérieure.
- " Les  $25\mu$  du pixel du CCD ( SITE 1024 ) sont bien adaptés à cette résolution.



252  
Clementina  
Mag : 13.3  
Tpose :  
20min

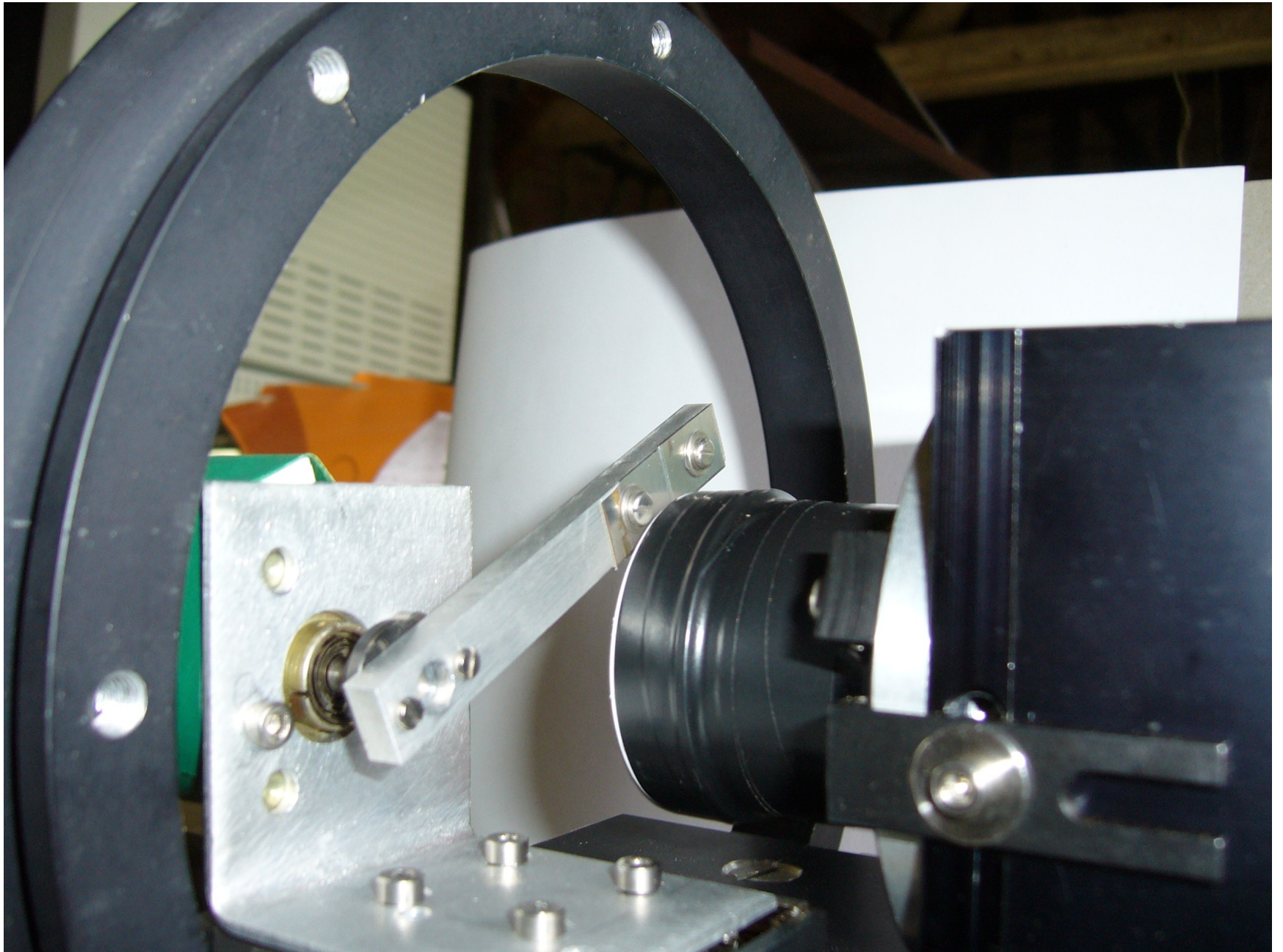
08-09-08

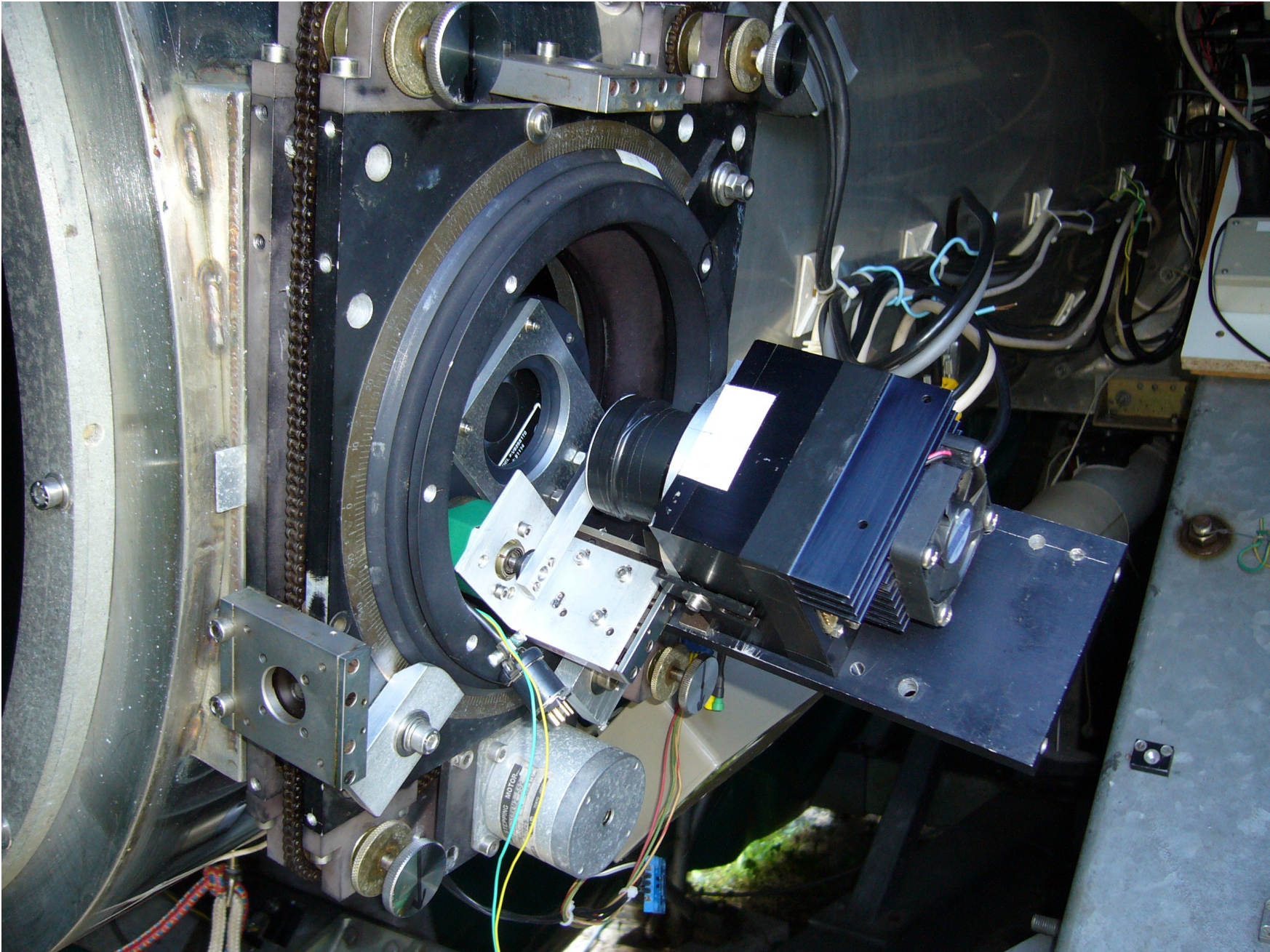
## Problèmes rencontrés

- " L'espoir d'utiliser des étoiles du champ comme référence n'est pas réaliste:
- " Peu d'étoiles du champ sont répertoriées avec un spectre connu (mag < 10)
- " Et si par hasard elles sont dans le champ, elles sont trop brillantes et saturent.
- " Très grosses difficultés pour isoler le spectre de l'astéroïde, et l'on est pas sûr qu'une étoile faible ne se cache pas derrière le spectre.
- " Non seulement il faut isoler le spectre utile mais une zone suffisante autour pour soustraire le fond.
- " Problème de l'ordre 2 qui se mélange avec l'ordre 1 vers 9000 Å \*
- " Le fond est brillant et donc augmente le bruit.
- " Le seul avantage de ce montage est sa simplicité et sa sensibilité.
- " \* L'installation d'un filtre rouge résout ce problème, mais le spectre s'en trouve très réduit. Les mesures ont montré que l'apport de l'ordre 2 est de 5% de l'ordre 1

## Essais (suite)

- " Mise en place d'une fente et d'une reprise d'image.
- " La fente est rendue mobile pour bien reconnaître le champ et être sûr de l'objet visé
- " La reprise d'image est assurée par un oculaire de 16mm de focale, utilisé à  $2*f$
- " L'élément dispersif est toujours le Star Analyseur.
- " Le CCD est une Audine équipée d'un Kaf-400.
  
- " Les premiers essais ont montré que le smearing était vraiment très gênant.
- " Les étoiles de spectre connu qui servent de référence sont brillantes, elles nécessitent donc des temps de pose courts et entraînent un fort smearing.
- " La détermination du fond devient problématique, d'où l'introduction, en avant de la fente, d'un obturateur mécanique.

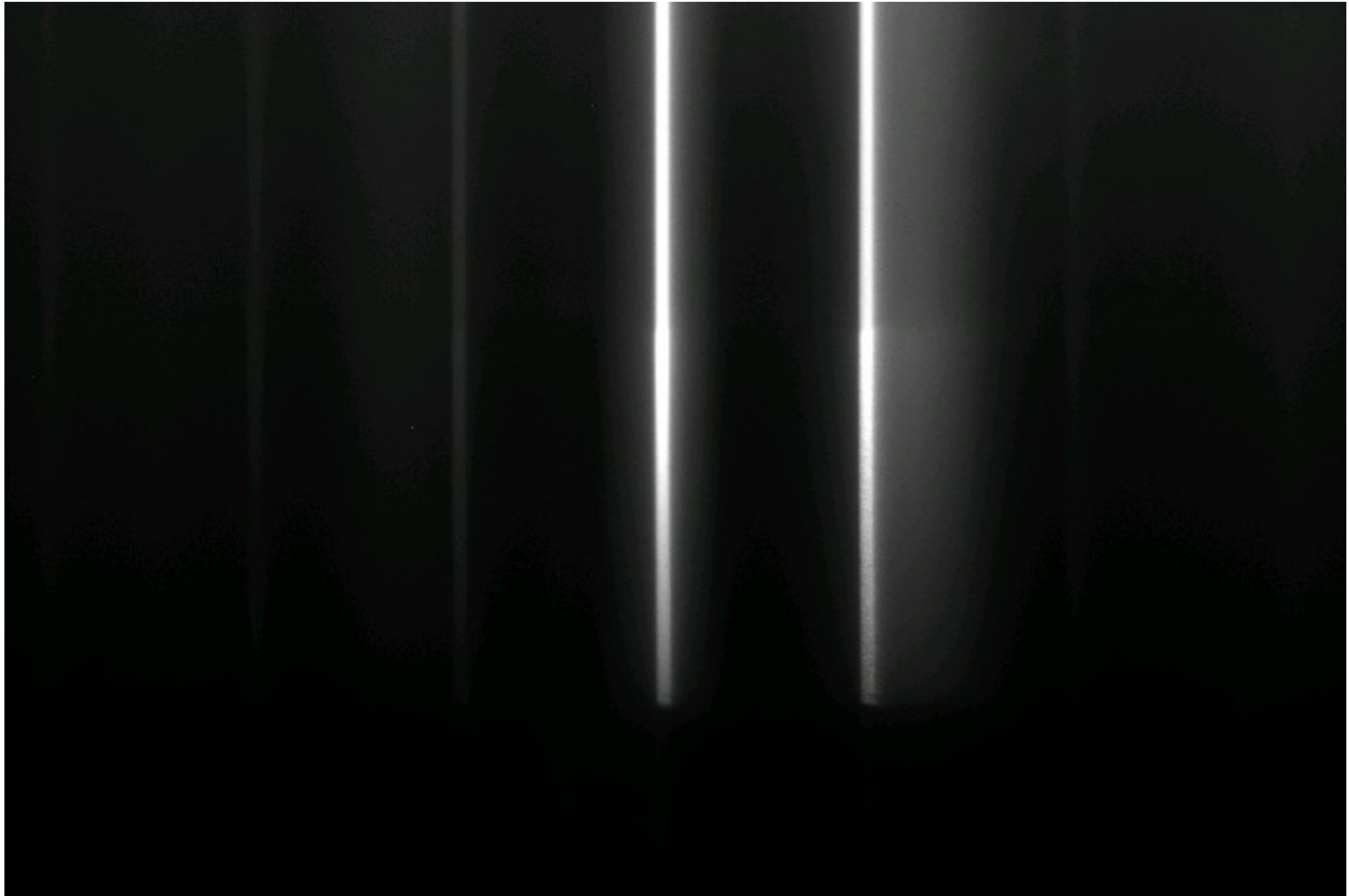




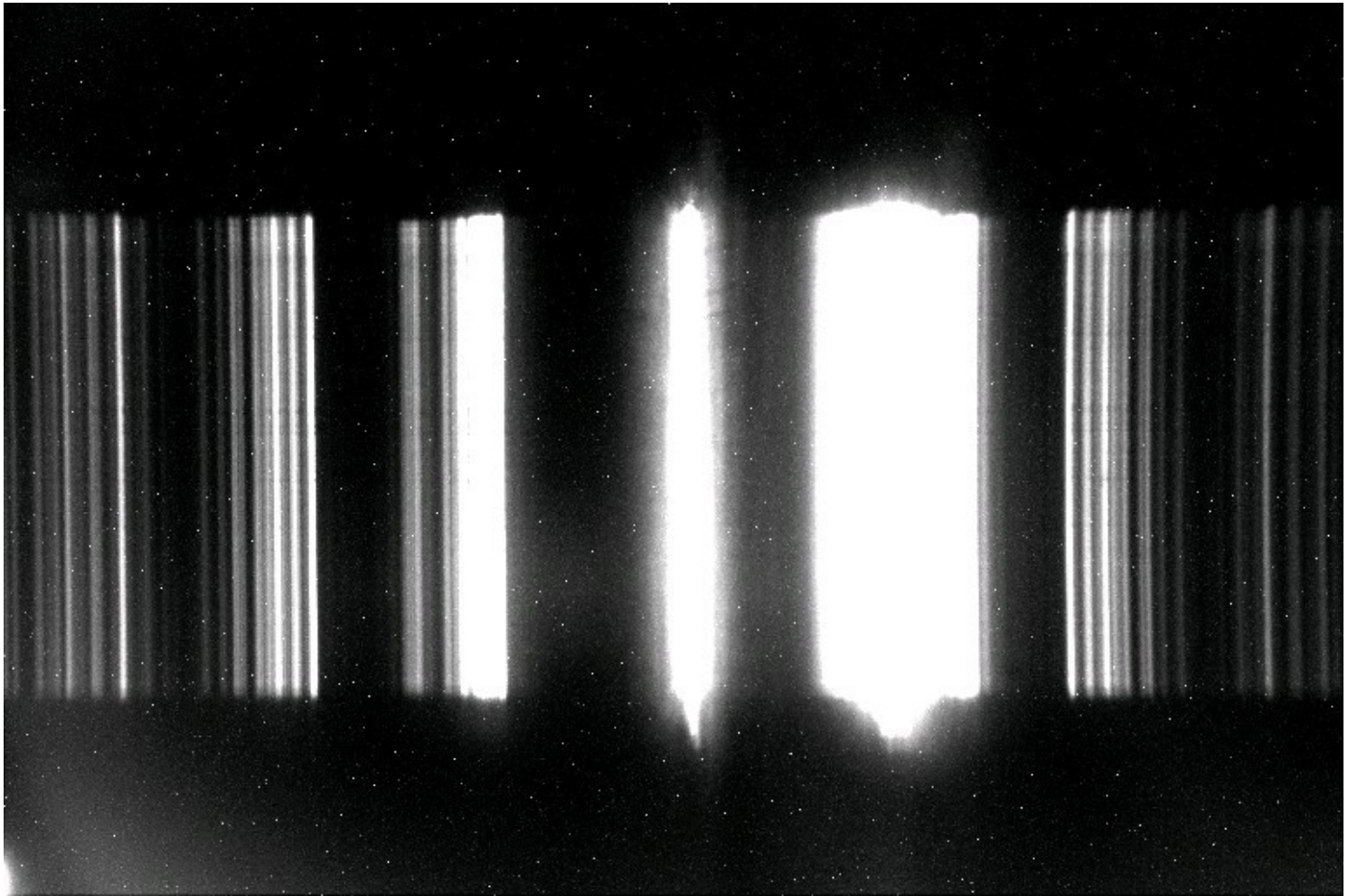






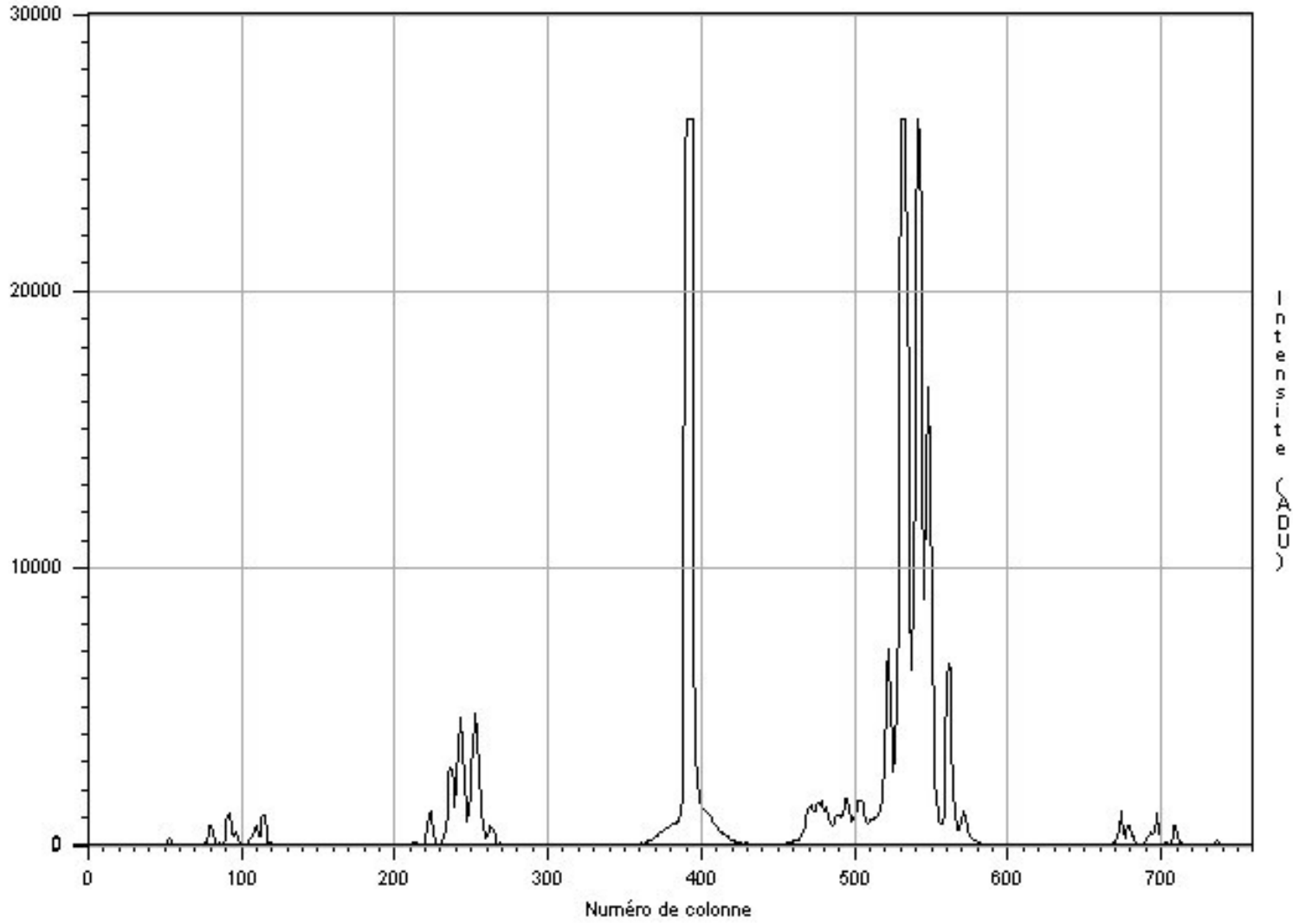


Étalonnage source Hé- Né  
6328 A°



Étalonnage lampe Orange

Coupe horizontale -> Coupe horizontale : Essai Lampe bleue 5 788x512 - Monochrome - Int (16bit signé) [Zoom = 1]



# Étalonnage labo

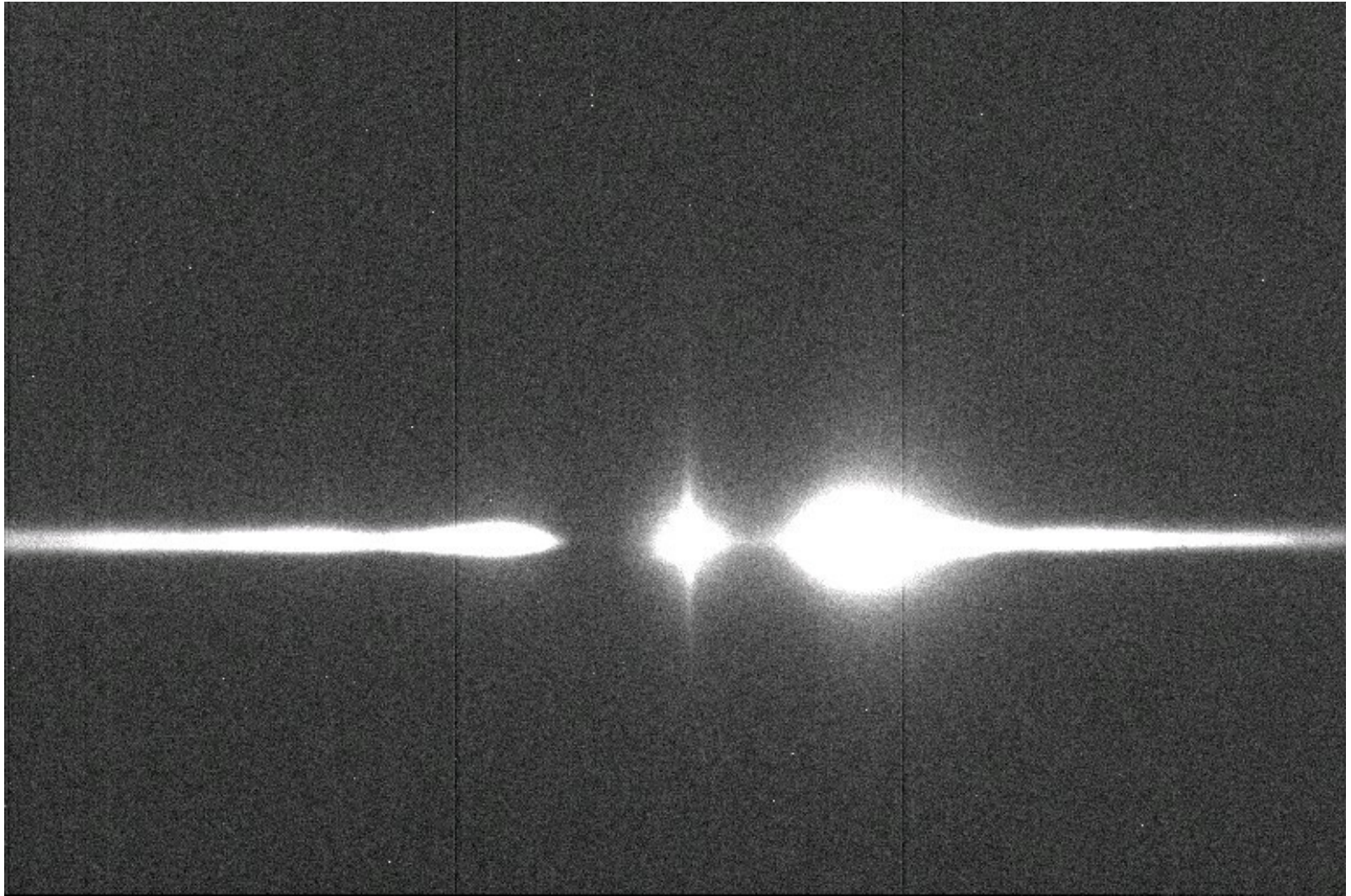
- " Utilisant les images Hé- Né et celles des lampes on obtient:
- " Une dispersion de  $54 \text{ \AA}^\circ$  par pixel
- " Un centre ( $\lambda = 0$ ) au pixel 393
- " Une largeur de raie de 5 pixels,  $270 \text{ \AA}^\circ$
- " Soit une résolution de 1 ordre de 25 à  $6500 \text{ \AA}^\circ$  ( milieu du spectre utile )

# Enregistrement des images

- " Choix des champs:
  - " Proche du méridien + ou 1h
  - " Au dessus de l'écliptique
  - " Proche d'un astéroïde
- " Enregistrement des images avec Maxim ou Prism
- " Pour les étoiles de référence:
  - " Nombre d'images 30 à 100
  - " Temps de pose de 1 à 5 sec
- " Pour les astéroïdes:
  - " Nombre d'images 10 à 30
  - " Temps de pose 100s
  - " Images du fond proche de l'astéroïde 10 \* 100s

# Traitement des images

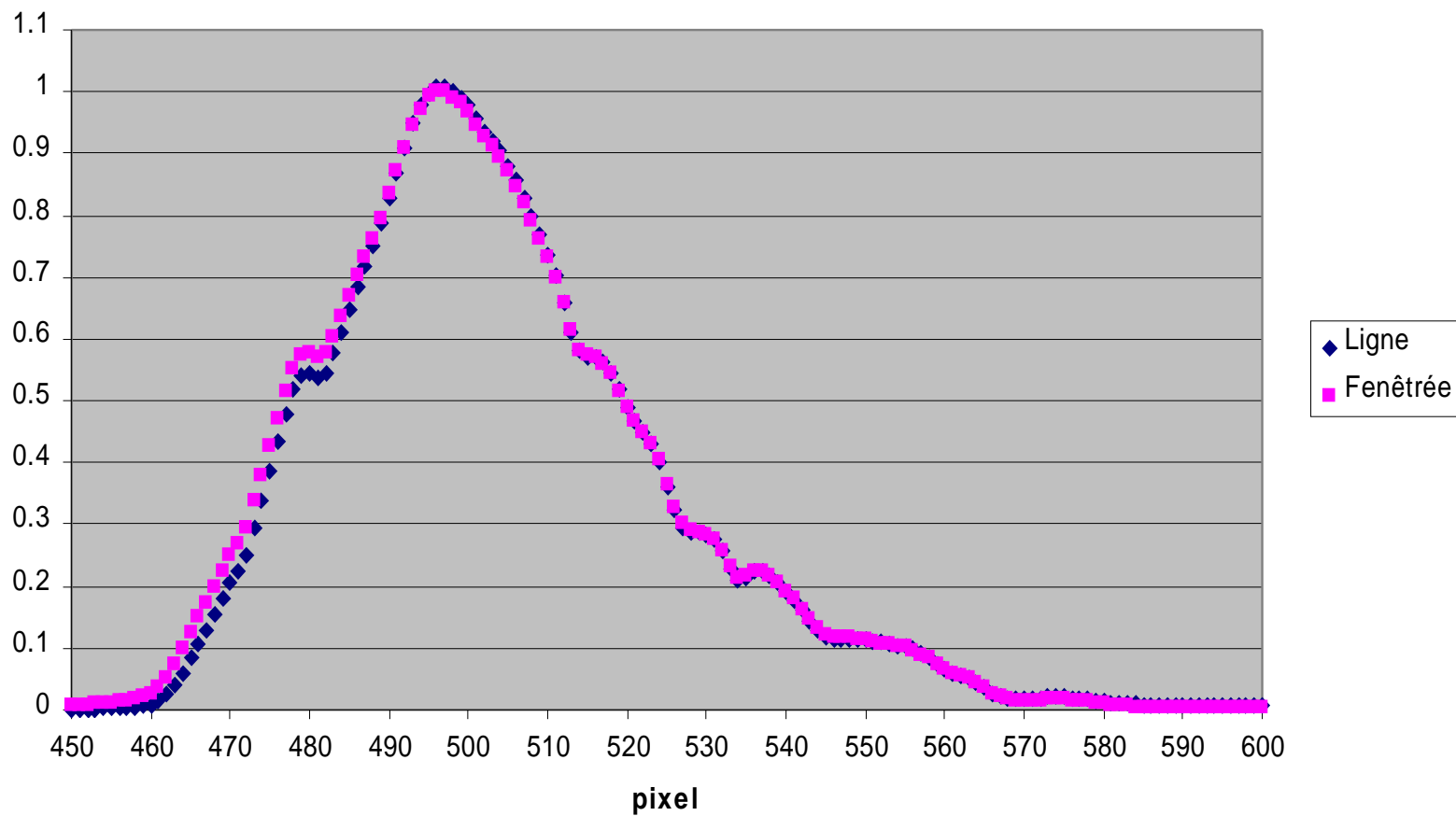
- " Pour les étoiles de référence:
  - " le fond est négligeable vu le court temps de pose
  - " recentrage et moyenne des images avec Maxim
  - " choix de la fenêtre (de 30 à 100 lignes) et binning dans Prism
  - " extraction des valeurs avec coupe horizontale de Prism
  - " manipulations des spectres avec Vspec et Excel
- " Pour les astéroïdes:
  - " médian du fond proche
  - " soustraction du fond à chaque image
  - " recentrage, moyenne puis fenêtrage et binning
  - " idem ci-dessus
- " Calculs en virgule flottante (32bits)
- " Difficile de rendre le fenêtrage objectif



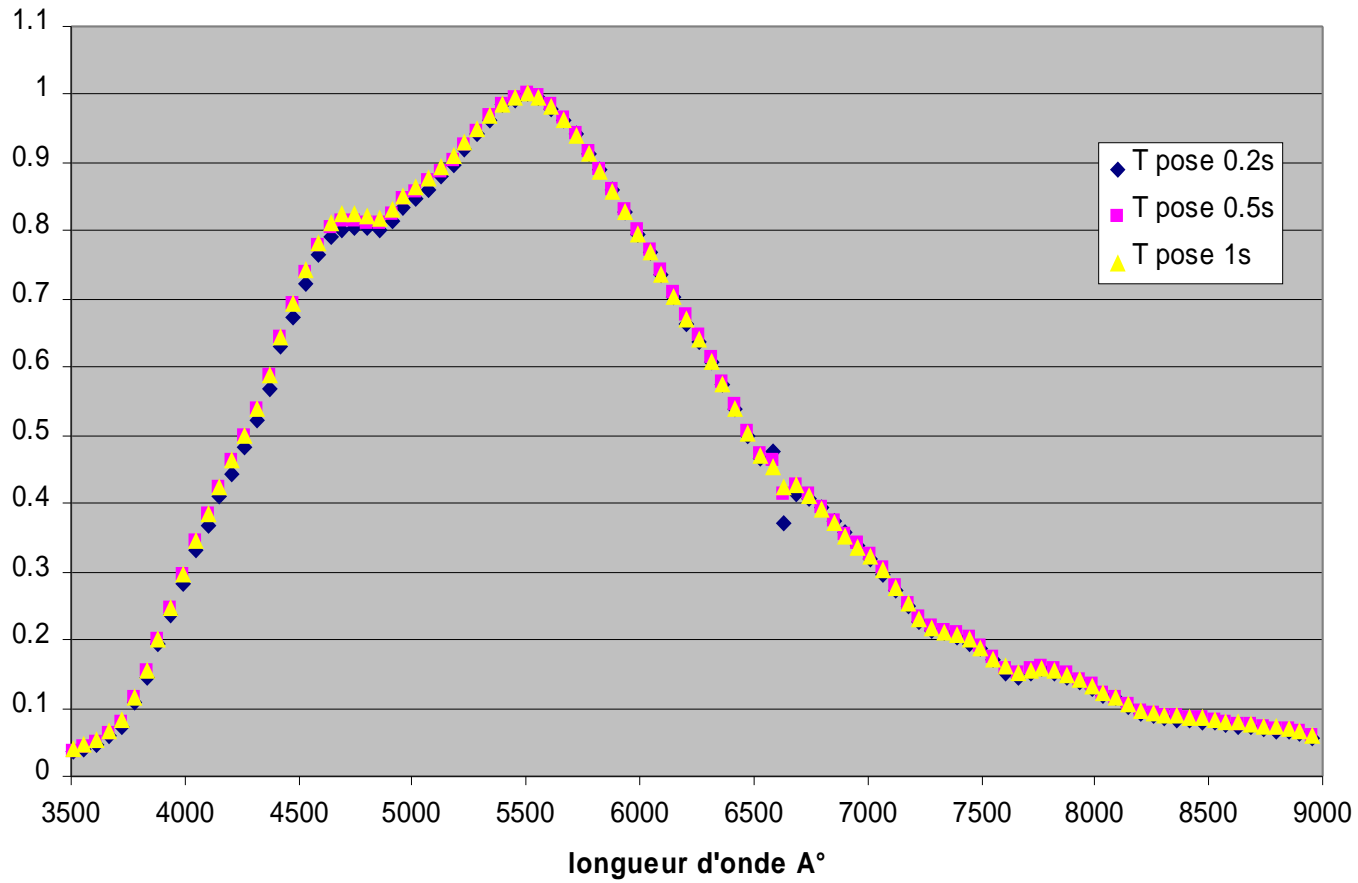
17 Aql (étoile A0V Mag 3)  
moyenne de 30 images (0.5s)



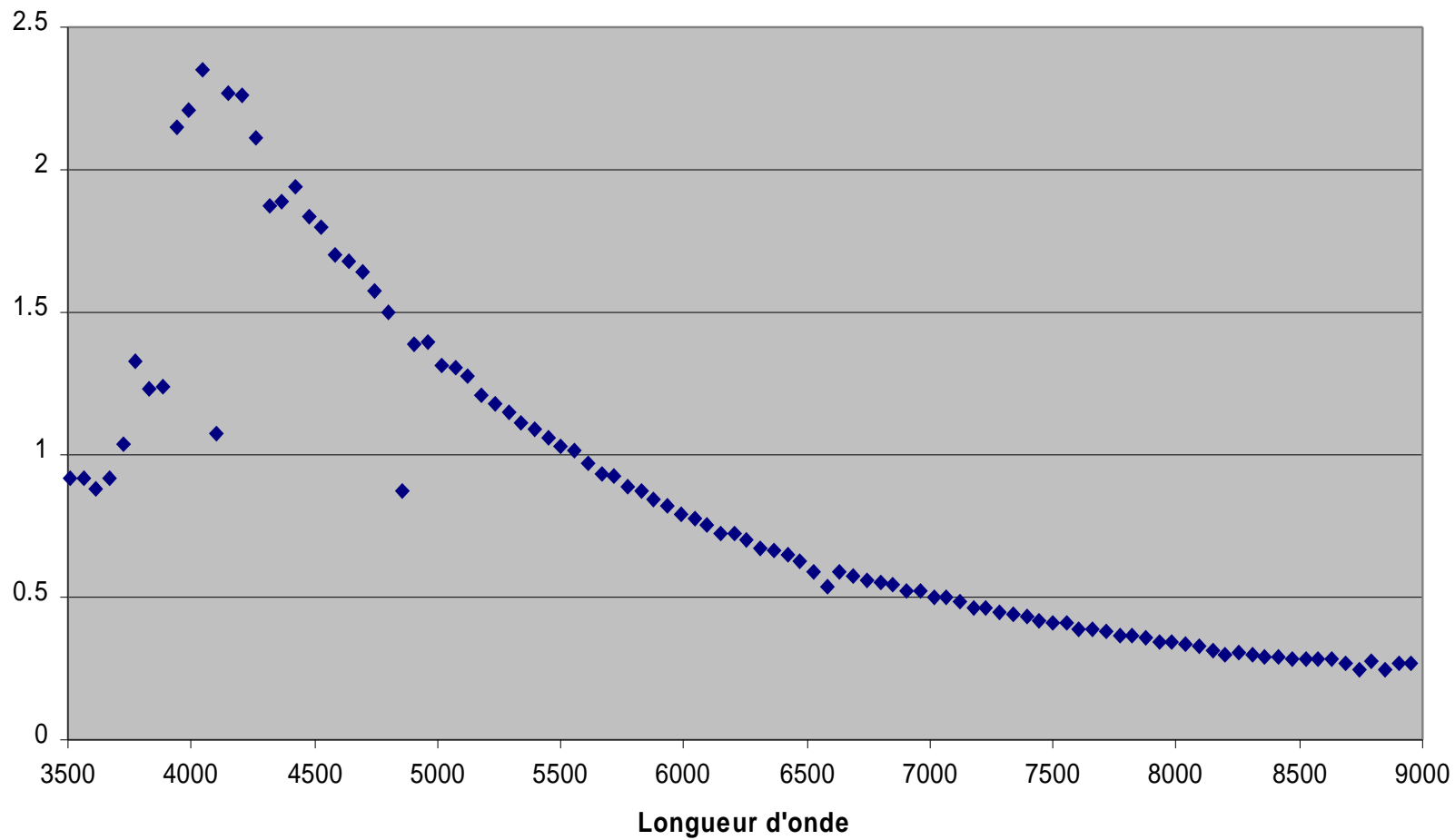
### Comparaison ligne et fenêtrée binnée sur une étoile A0



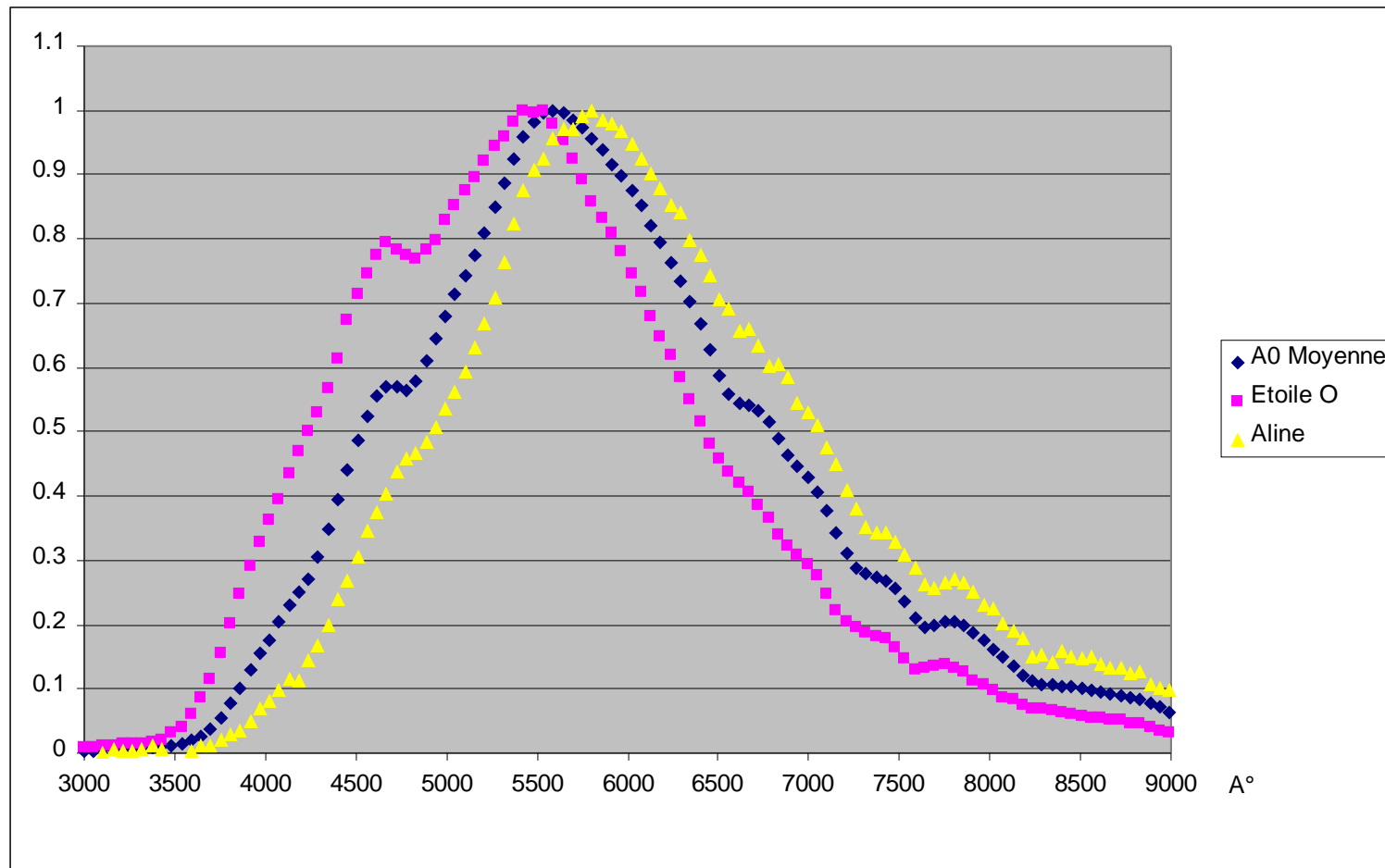
# 17 AqI



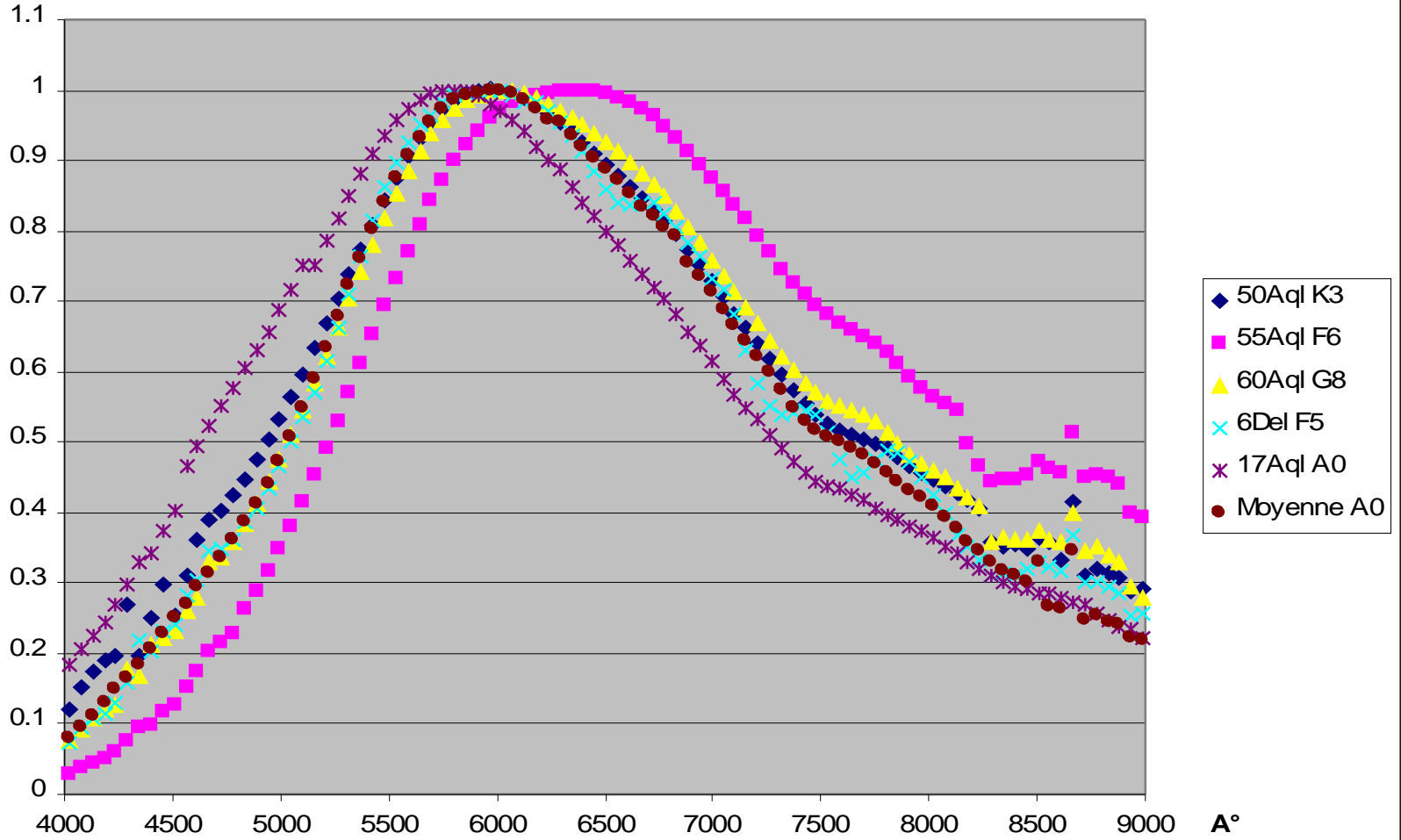
### Etoile A 0 V 17 Aql





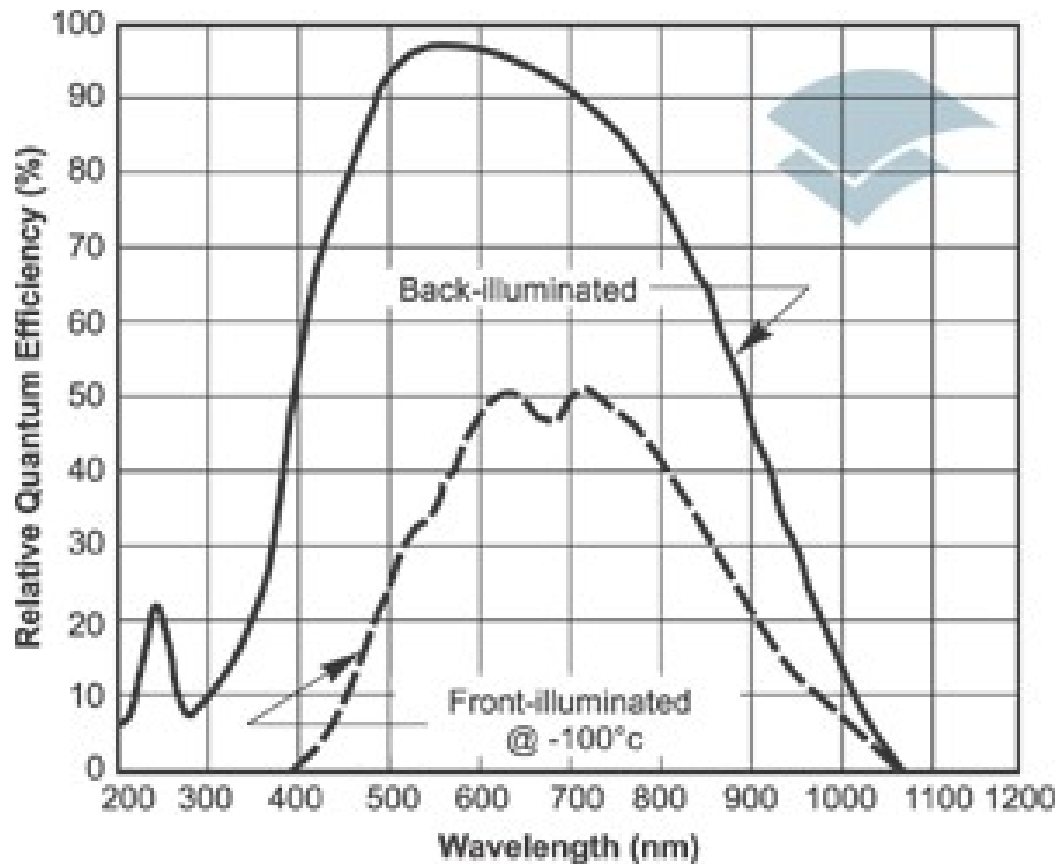


# Réponse du Spectro calculée pour 6 étoiles



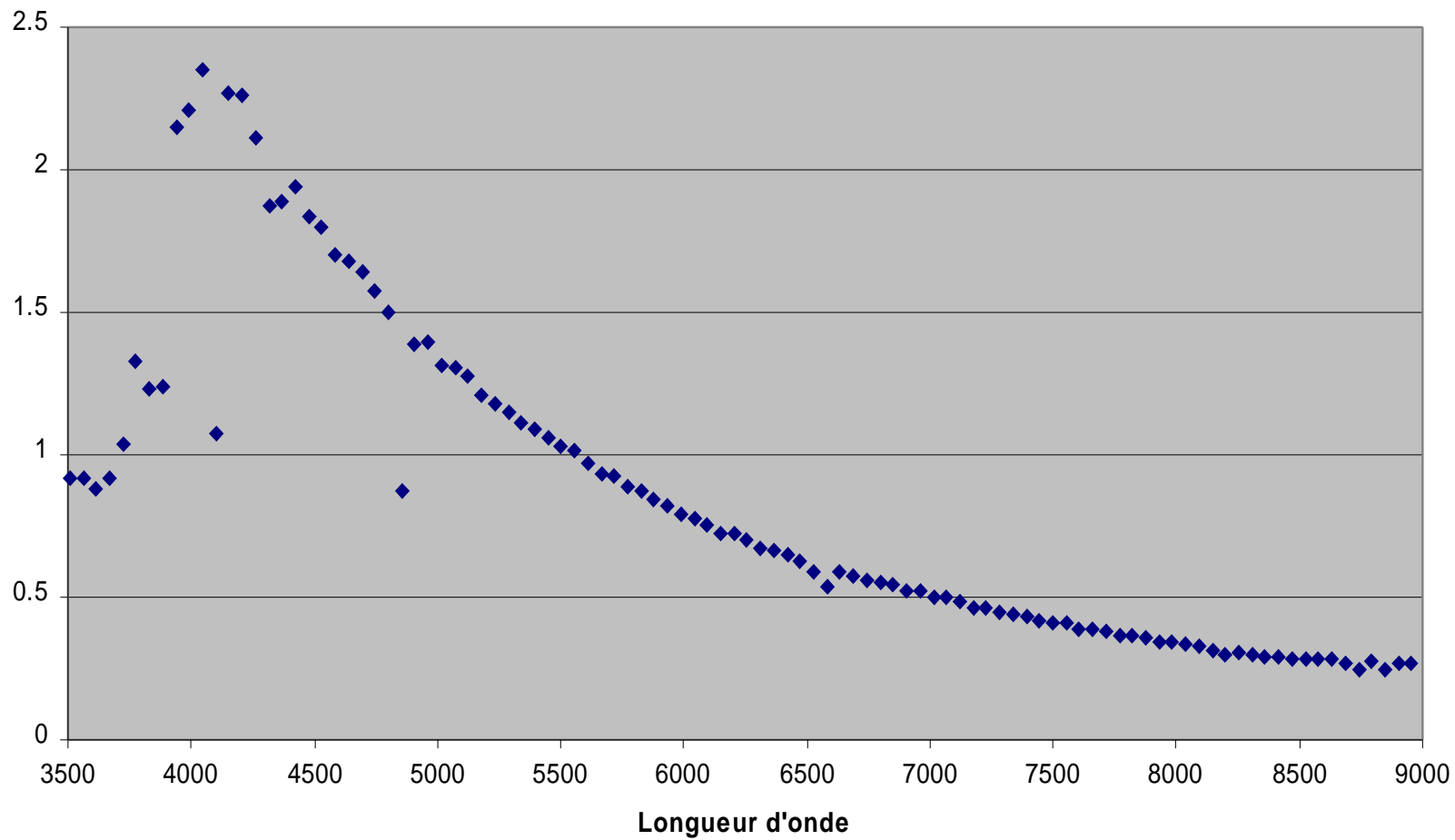
## Mélange des ordres 1 et 2 du réseau

- " Les étoiles chaudes O,B,A présentent l'avantage de posséder peu de raies dans le spectre visible et servent souvent pour l'étalonnage des spectros.
- " Dans notre cas l'émission bleu importante entraîne un mélange de l'ordre 2 bleu et ordre 1 rouge et cela malgré la faible sensibilité du CCD dans le bleu.
- " D'où un changement d'étoiles de références plutôt des F,G,K,M.





### Etoile A 0 V 17 Aql

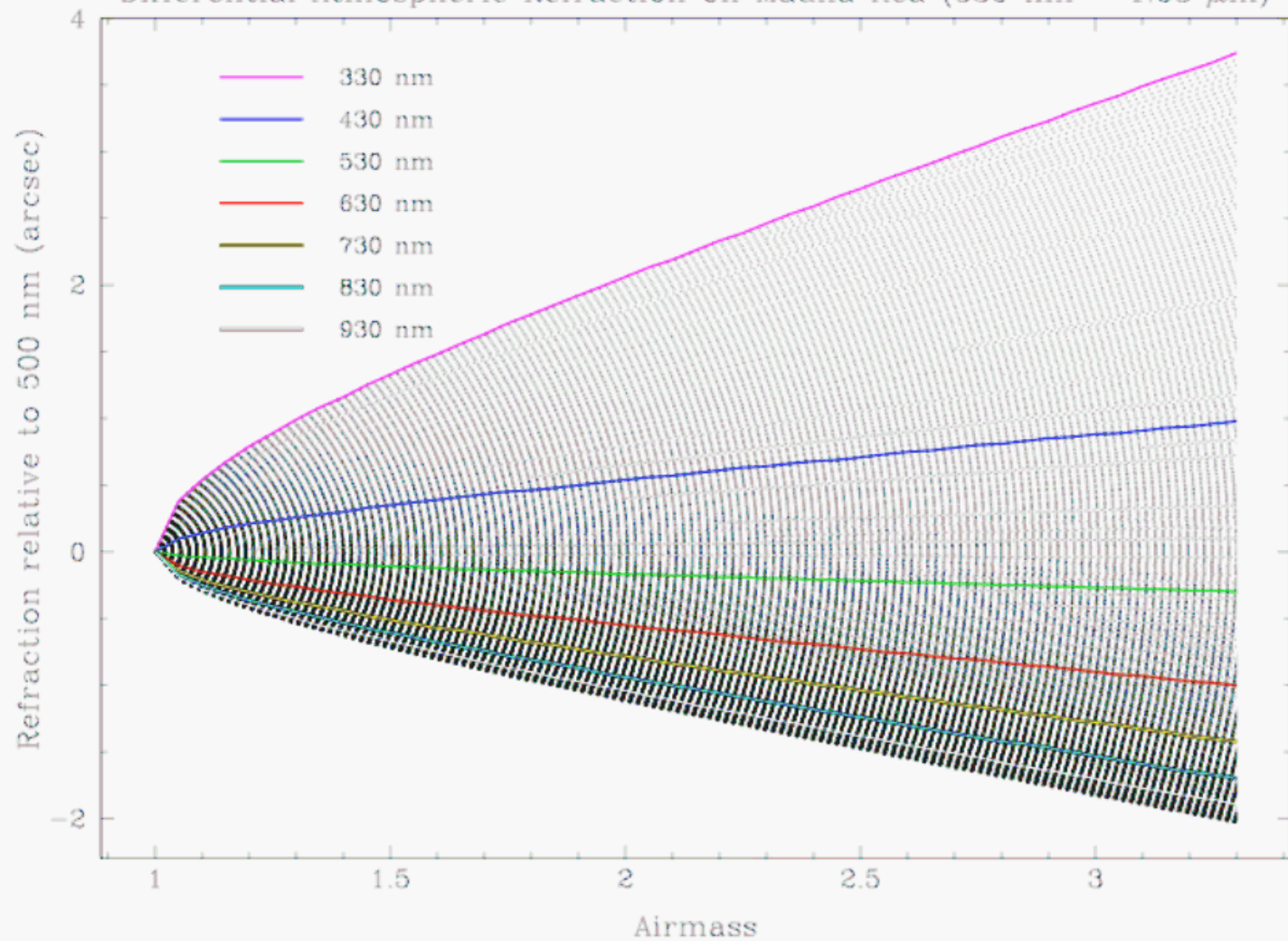




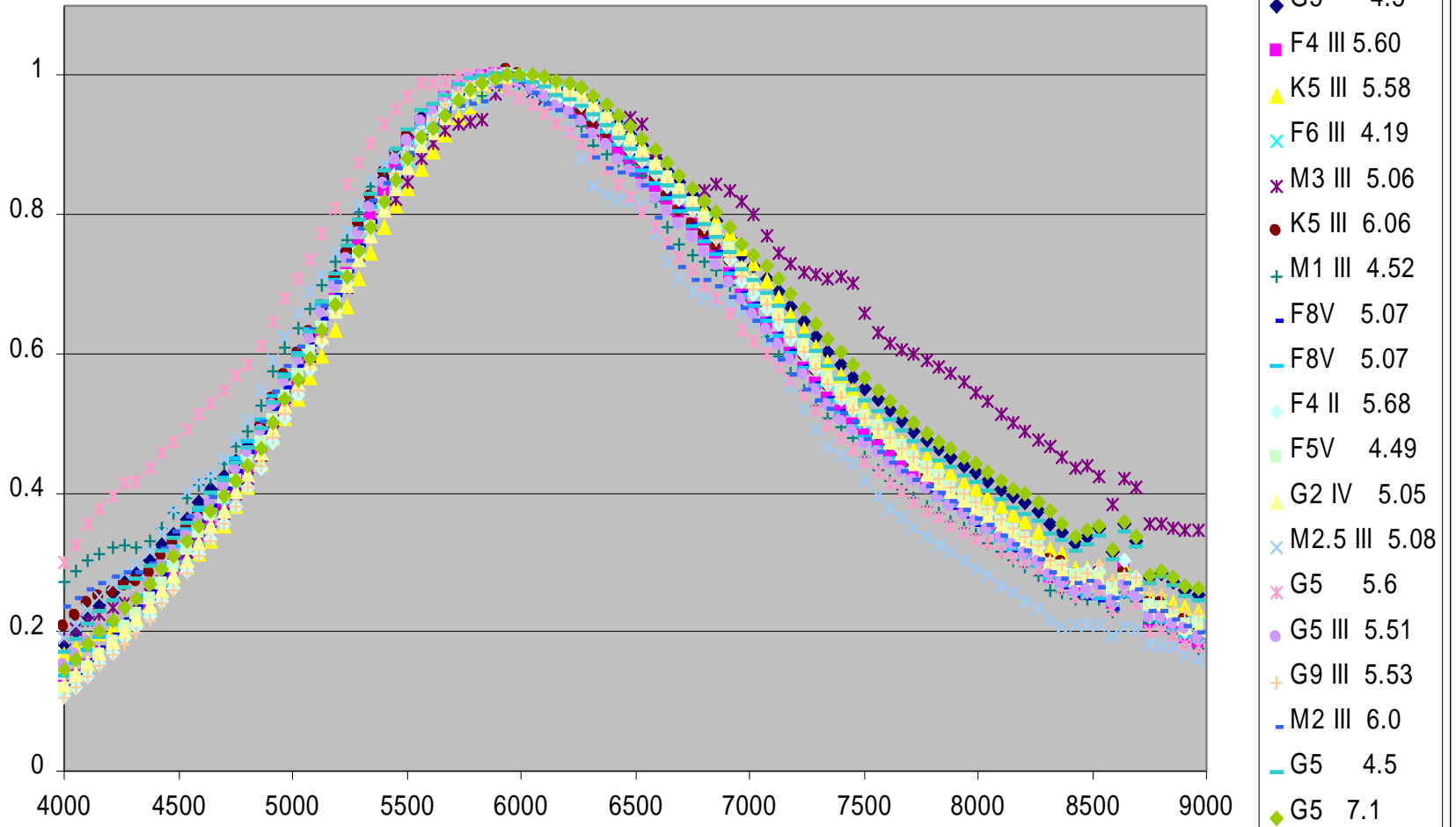
## Position de la fente sur le ciel

- " Le choix habituel de mettre la fente dans le sens des AD qui permet une plus grande tolérance sur les fluctuations d'entraînement, pose un problème dans l'observation d'un spectre large.
- " En effet l'angle de réfraction atmosphérique dépend de la longueur d'onde, le bleu étant plus dévié que le rouge.
- " Cela entraîne qu'une fente horizontale étroite peut favoriser soit le bleu soit le rouge suivant sa position en Déclinaison.
- " Donc retour à une fente verticale.
- " La fente est liée au télescope. Elle est donc fixe dans un repère stellaire.
- " Elle tourne par rapport au repère terrestre (celui de la réfraction).
- " Cela entraîne l'obligation d'une observation proche du méridien.

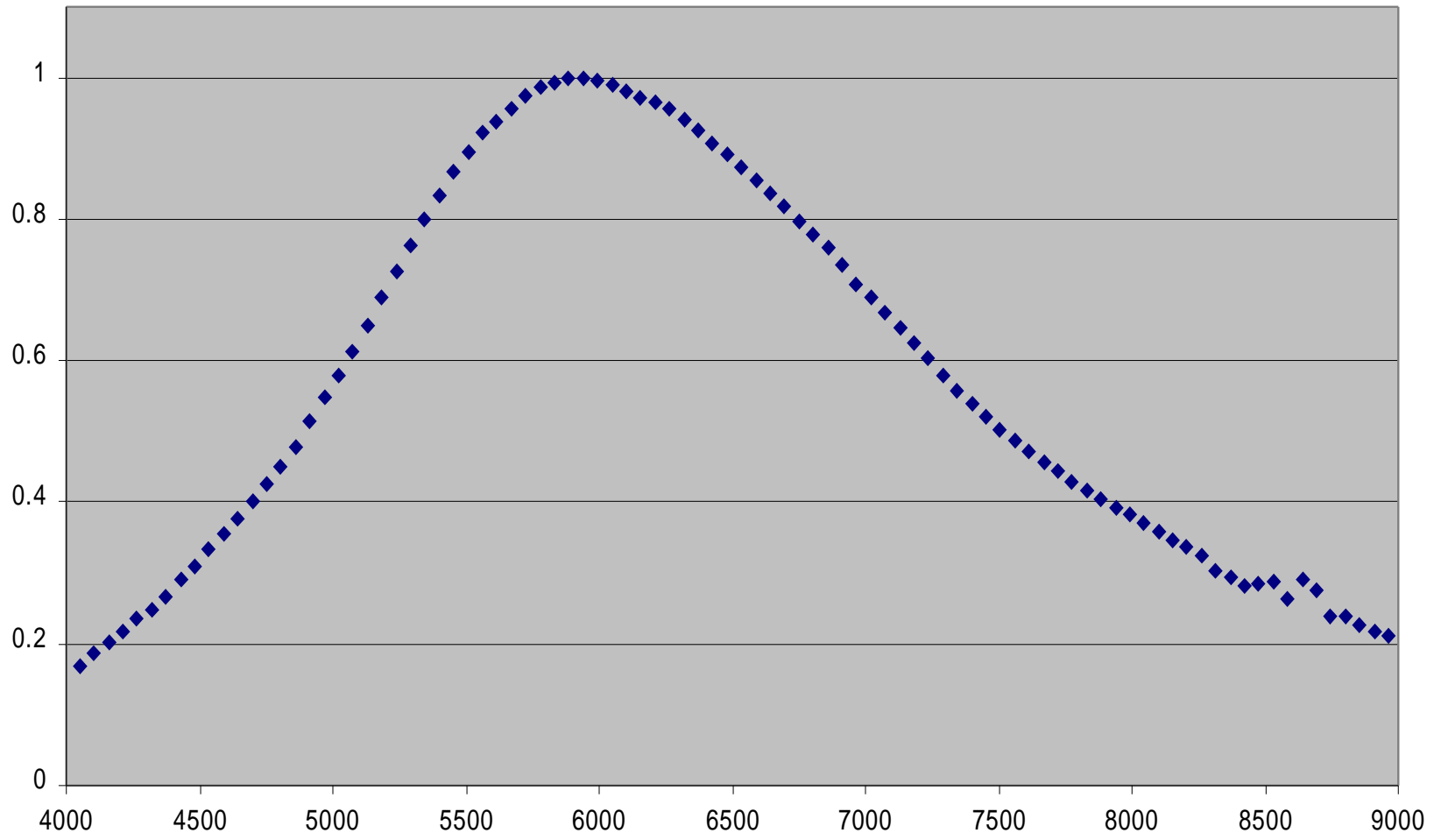
Differential Atmospheric Refraction on Mauna Kea (330 nm - 1.03  $\mu\text{m}$ )

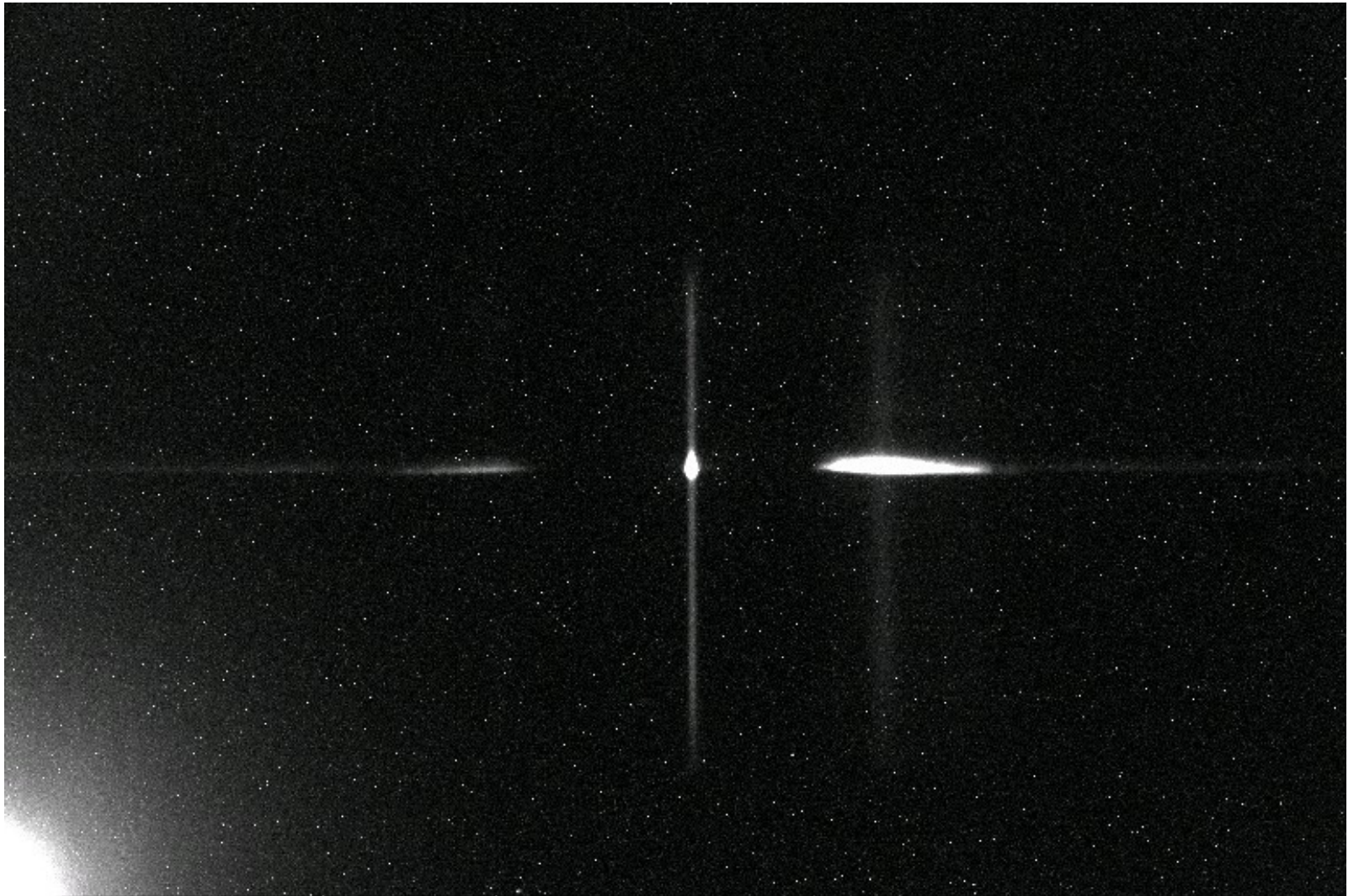


# Réponse du spectro pour 19 étoiles

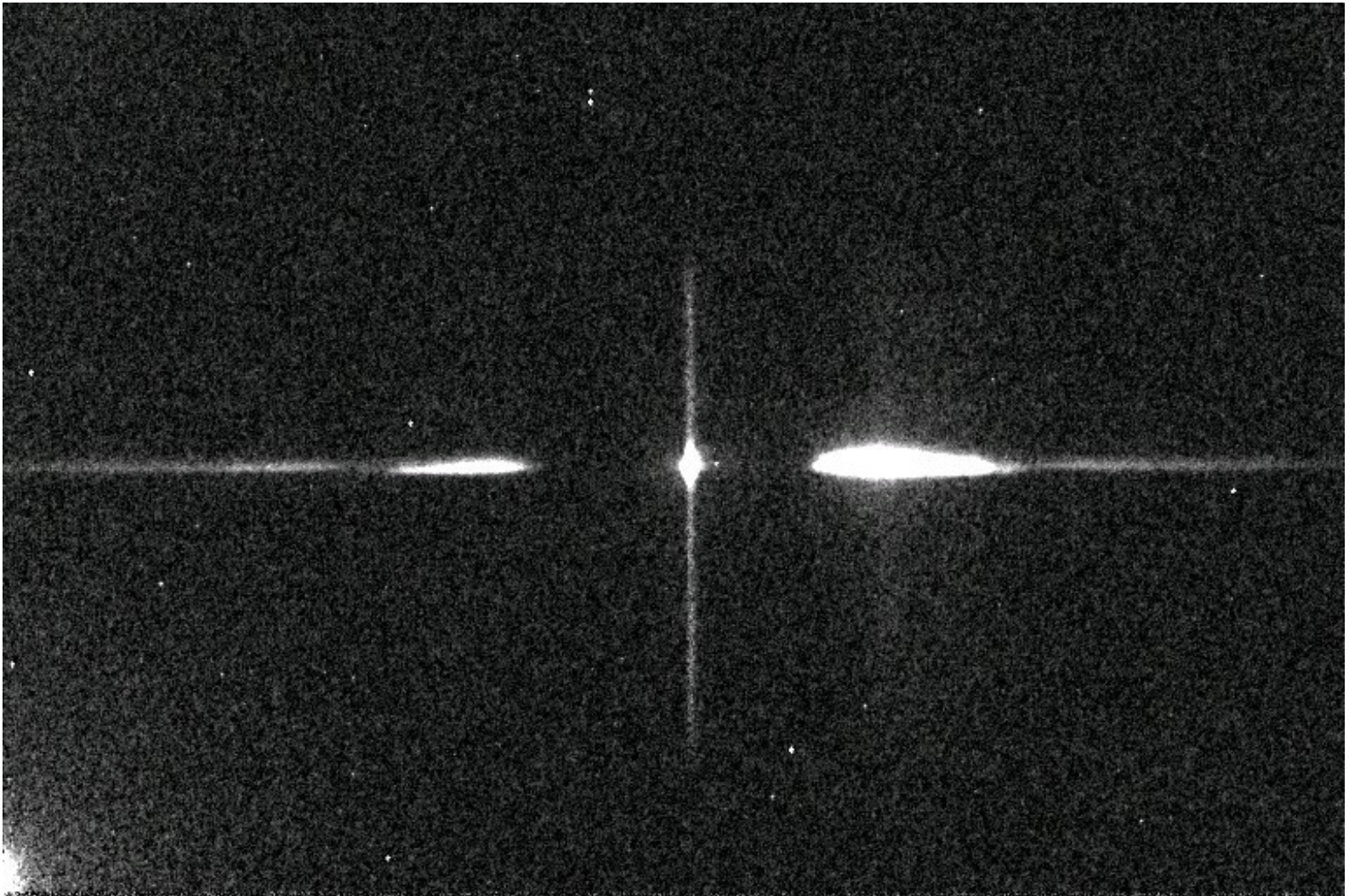


Moyenne de réponse du spectro sur 15 étoiles





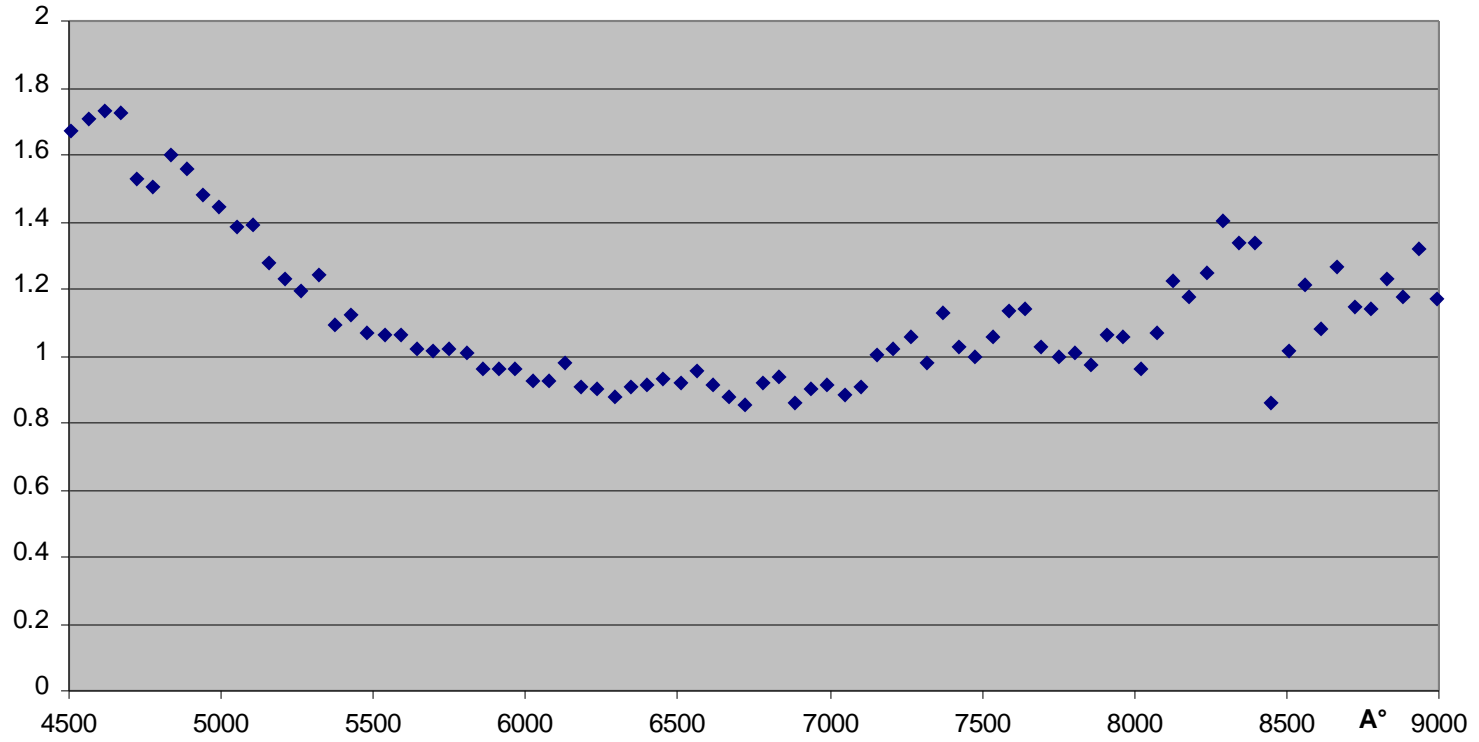
54 Alexandra (pose 100s)



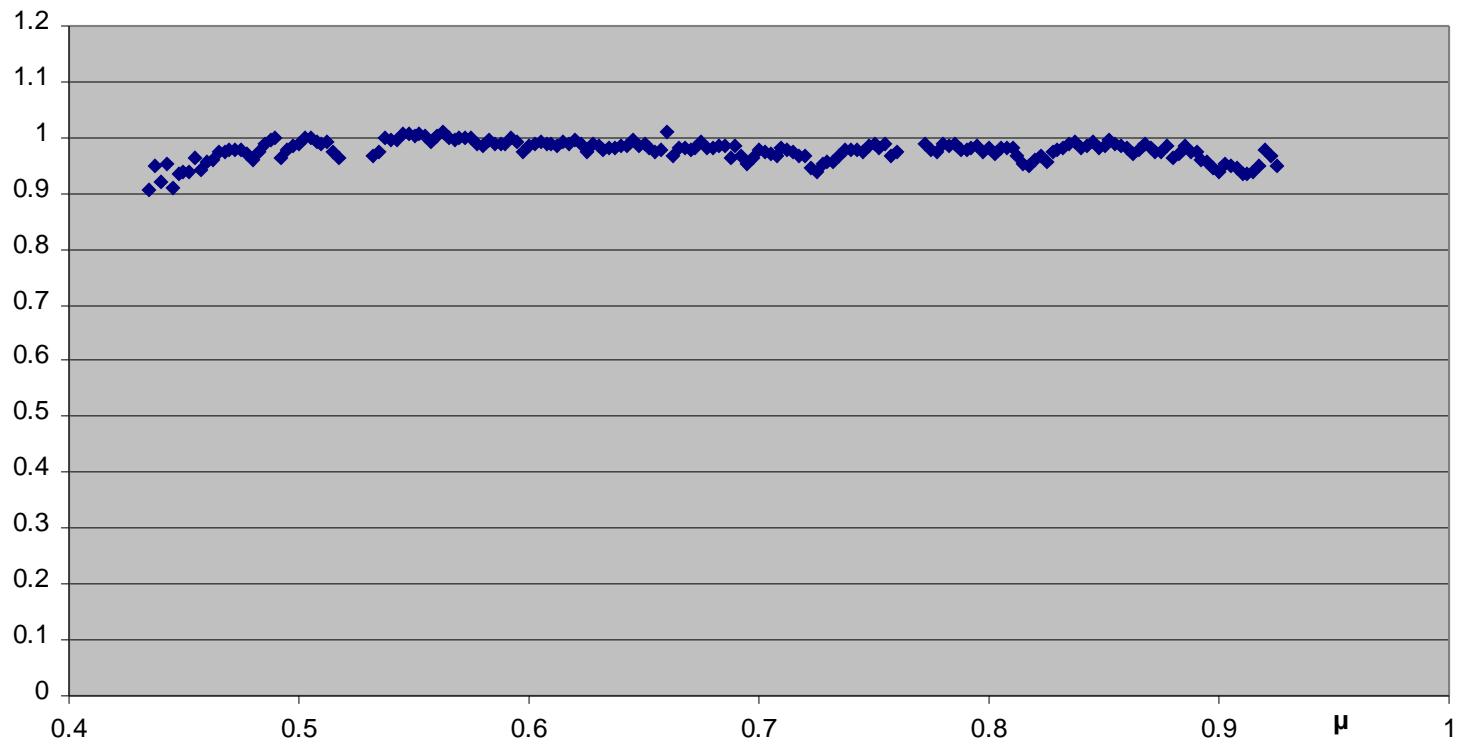
54 Alexandra-fond



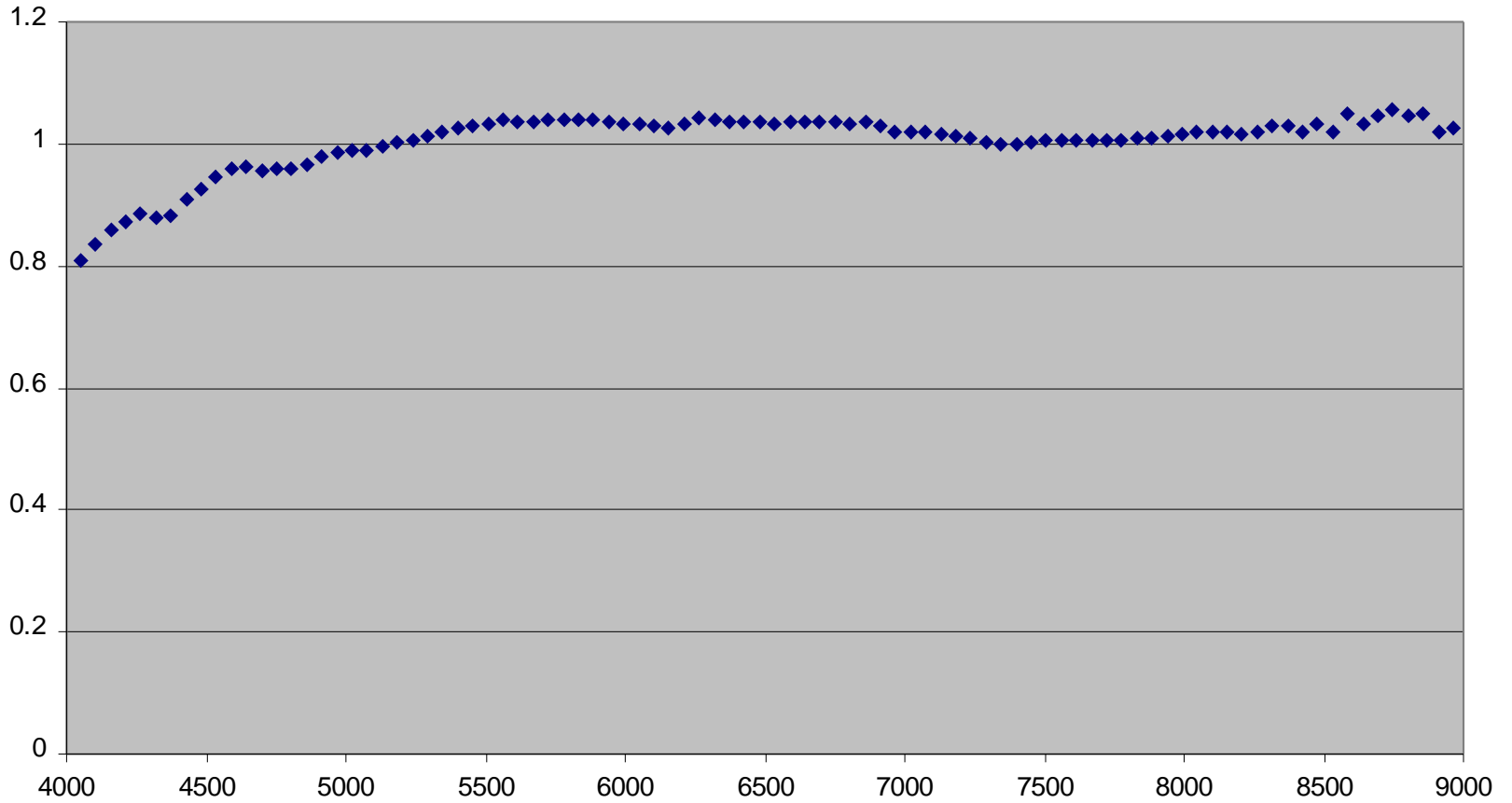
Albedo 266 Aline



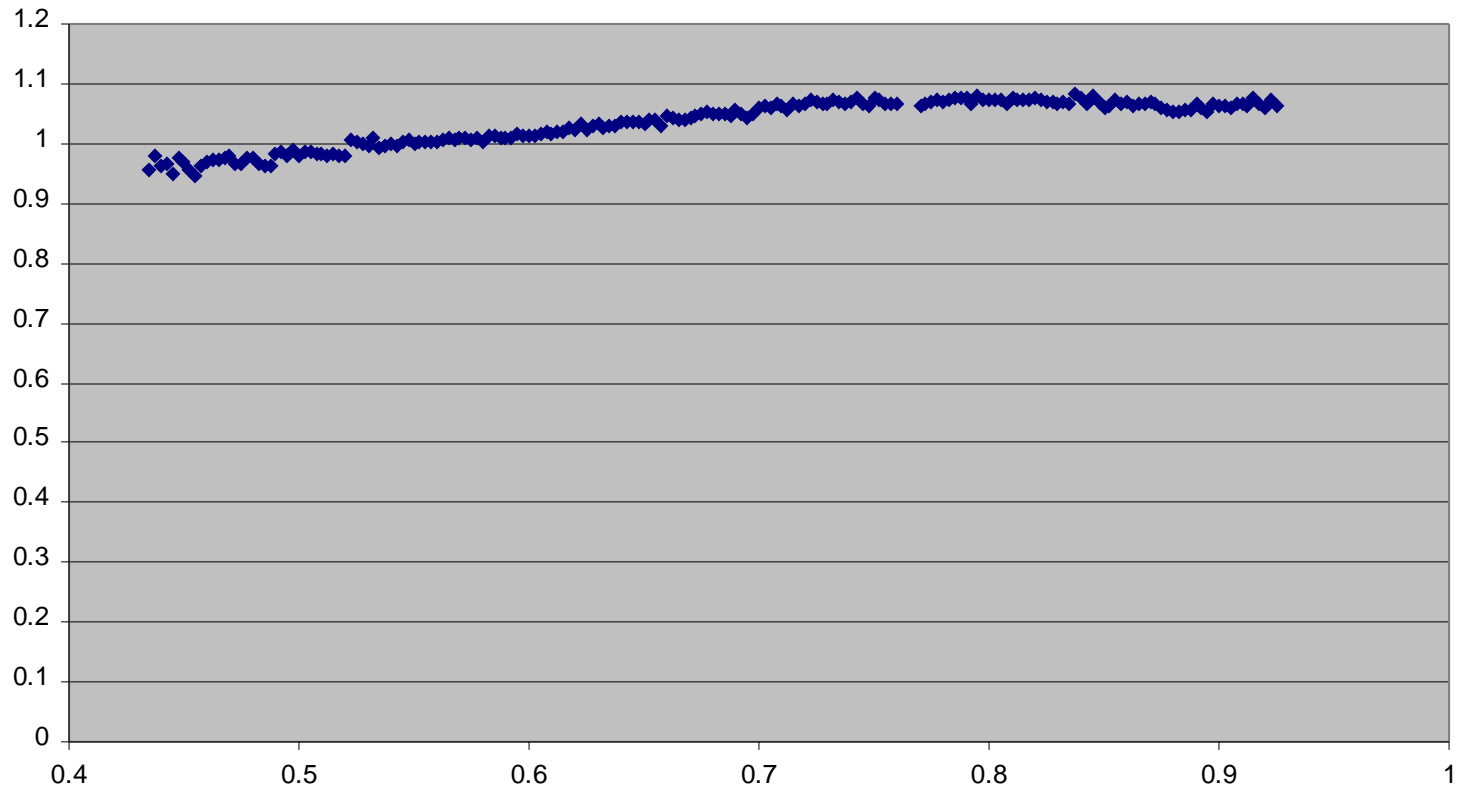
266 Aline (SMASS)



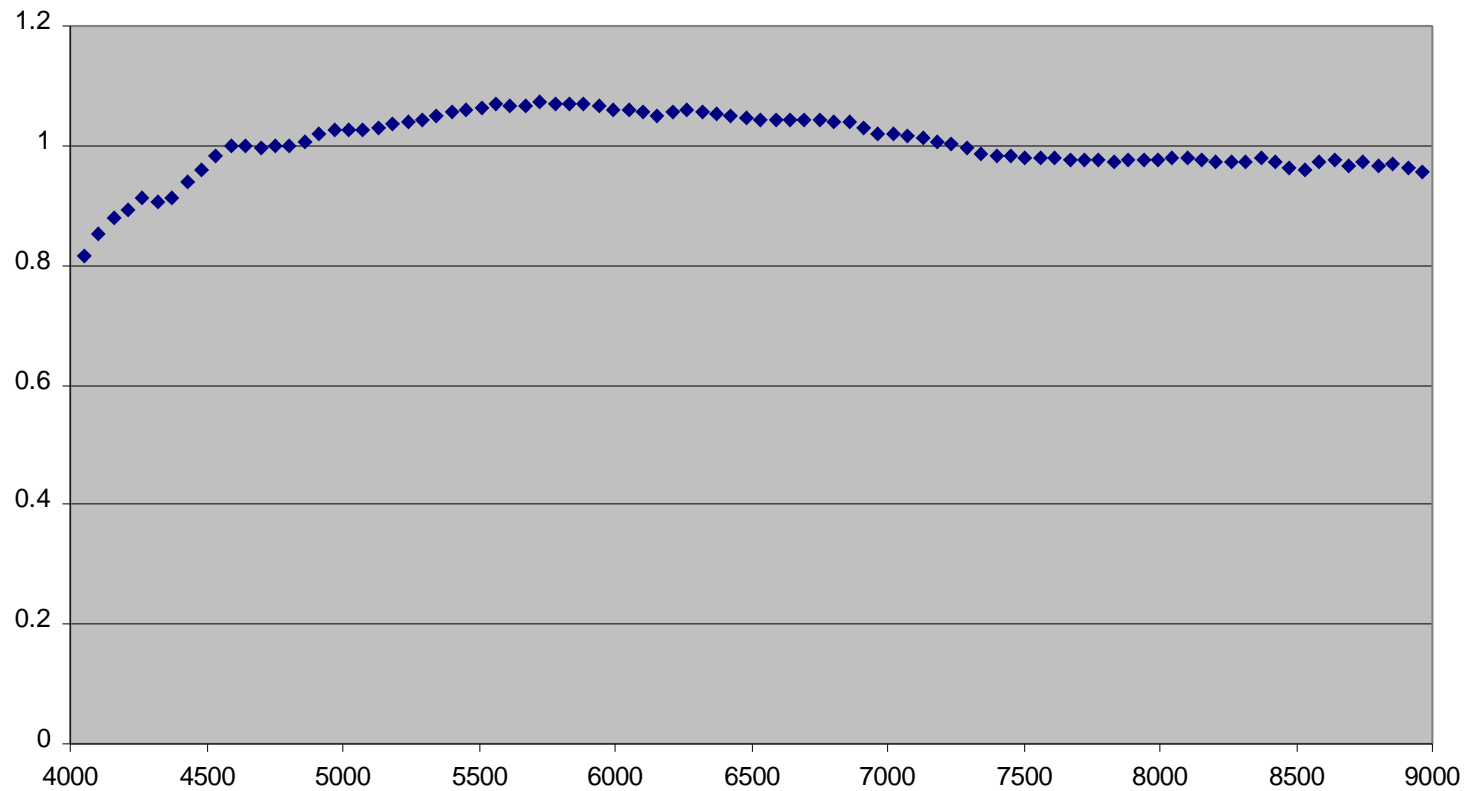
Albedo 409 Aspasia calculé à partir de la réponse moyenne du spectro



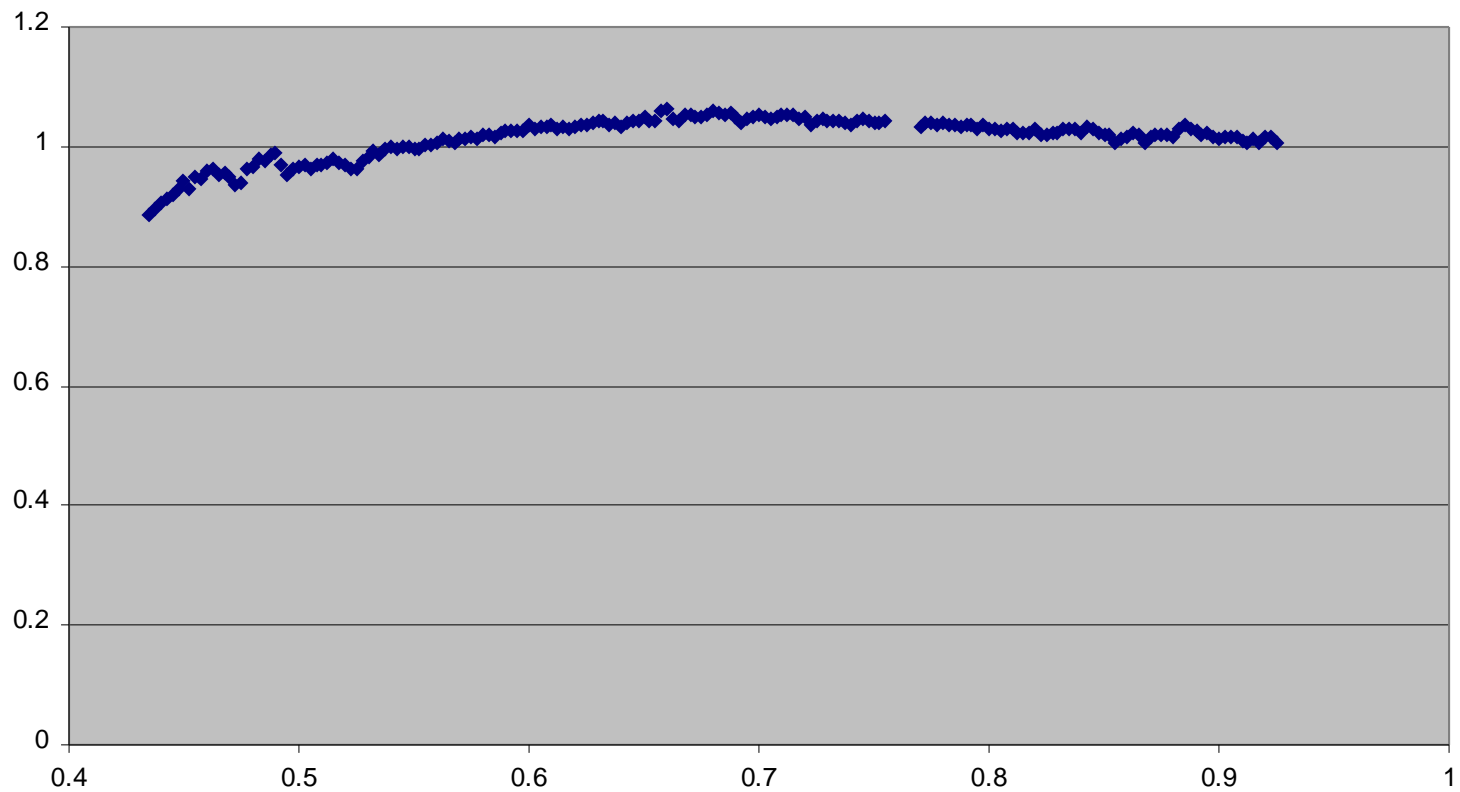
409 Aspasia (SMASS)

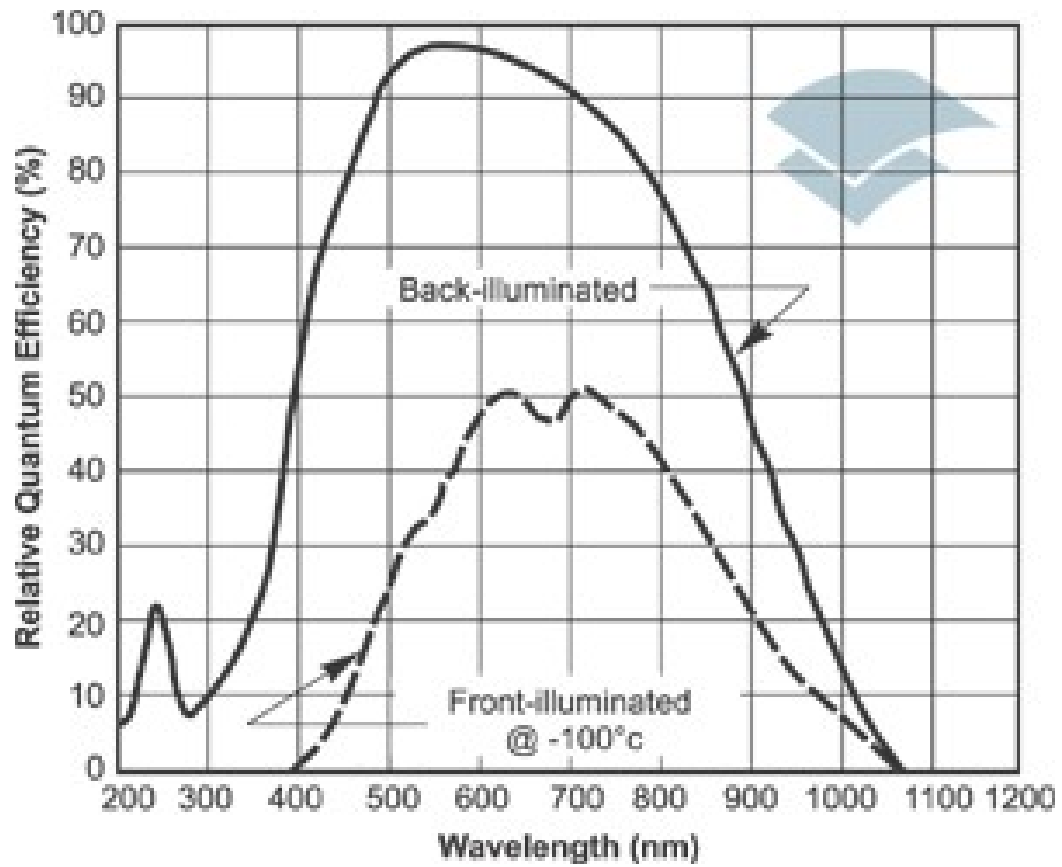


**Albedo 247 Eukrate calculé avec réponse moyenne**



247 Eukrate (smass)





# Conclusions :

- " Très grosses difficultés d'étalonnage photométrique :
- " Influence très importante de la qualité du ciel ?
- " Connaissance des étoiles de références ? Choix F G K &
  
- " Tendre vers un spectre de 4000 à 9000 en utilisant un CCD
- " plus performant que le Kaf 400
- " Fente mobile ou fente réfléchissante ou suppression de la fente
- " Utilité d'une fibre ou de 2 fibres ?
- " L'oculaire possède un champ trop faible
- " Star Analyser ou Prisme afin d'éliminer le mélange des ordres
- " Le Star analyser est un peu diffusant peut-on avoir mieux ?
  
- " Atteindre la magnitude 15 avec un très bon S/B en un temps raisonnable
- " semble difficile & on en reparle &