

Les enveloppes d'He I et HeII dans la chromosphère solaire

Cyril Bazin et Serge Koutchmy,
Institut d'Astrophysique de Paris, Observatoire de Paris, UPMC/CNRS

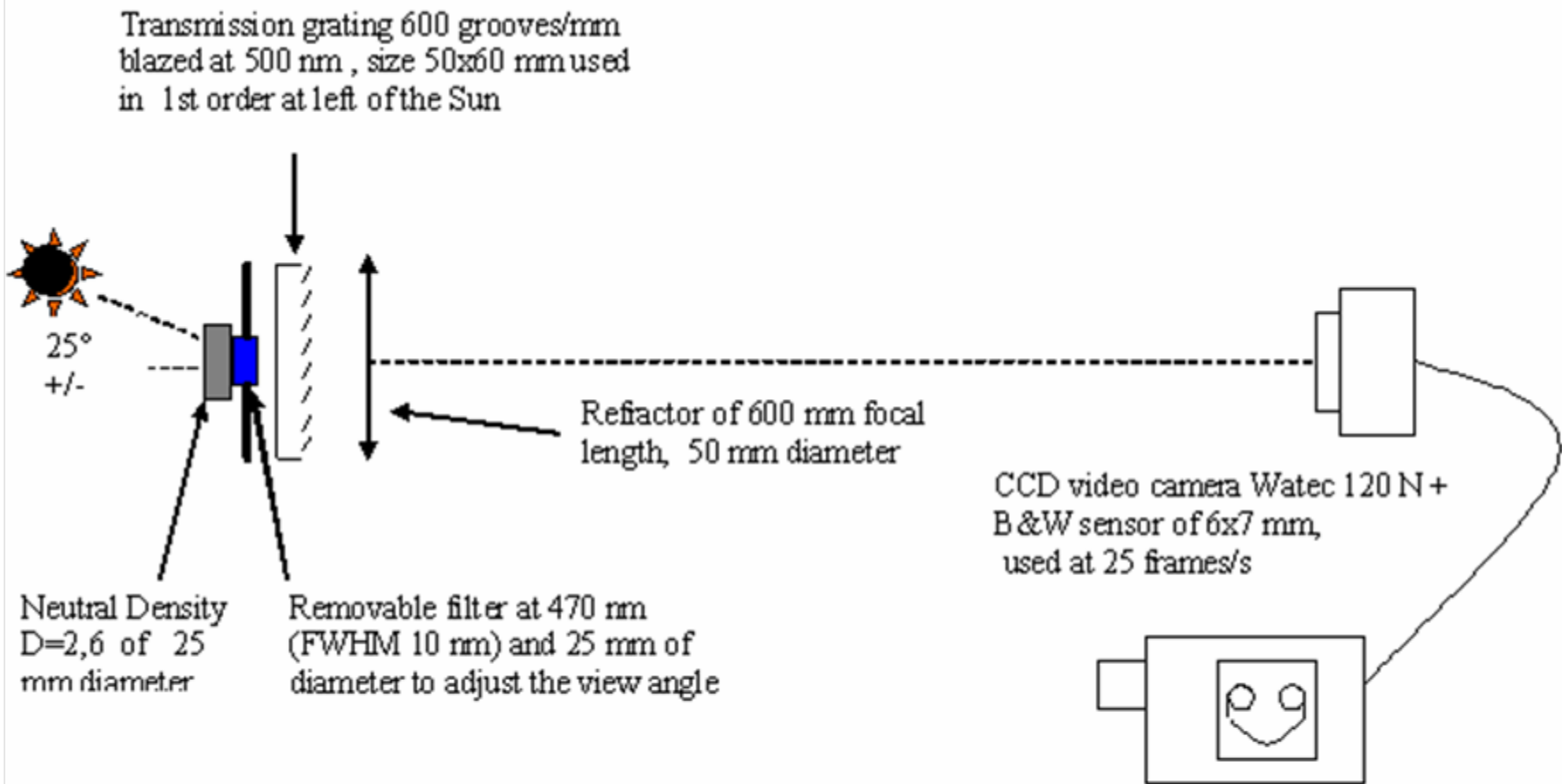
Résultats préliminaires de l'éclipse du 1^{er} Août 2008 en Sibérie
et problématique de réduction d'images

« Du détecteur à la mesure » Oléron, 23 Juin 2009

Plan de la présentation

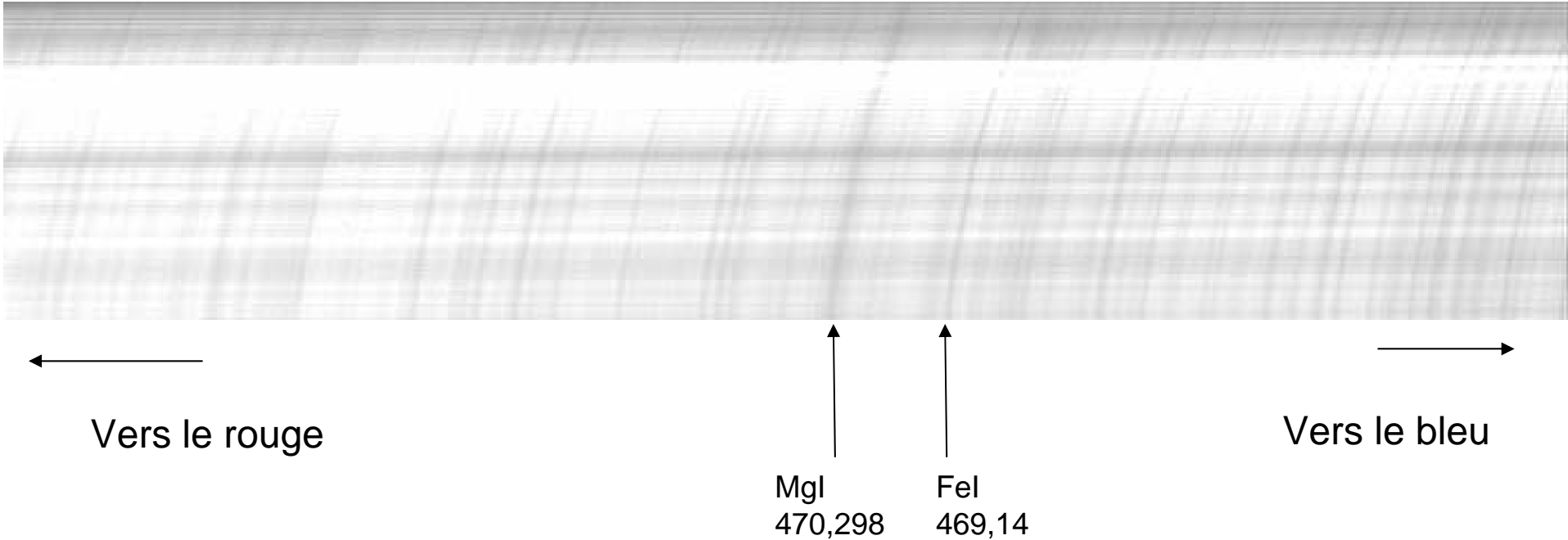
- I) Introduction
- II) raies d'absorption photosphériques 20s avant le 2nd contact
- III) Identification de la 2^{nde} enveloppe d'hélium dans les spectres éclairs
- IV) Variations des profils d'intensité des raies de l'hélium
- V) orientation et identification d'autres éléments chimiques dans les spectres flash
- VI) Enveloppe d'hélium ionisé comme une couche optiquement mince
- VII) Origines possibles de l'ionisation de l'hélium
- VIII) Mission Thémis à Ténérife, spicules dans la raie Call
- Conclusion

I) Introduction : Montage expérimental et recherche d'une raie d'hélium à 468,6 nm de faible flux, utilisation d'un réseau-objectif et caméra CCD vidéo à 20 μ Lux de sensibilité et manipe transportable



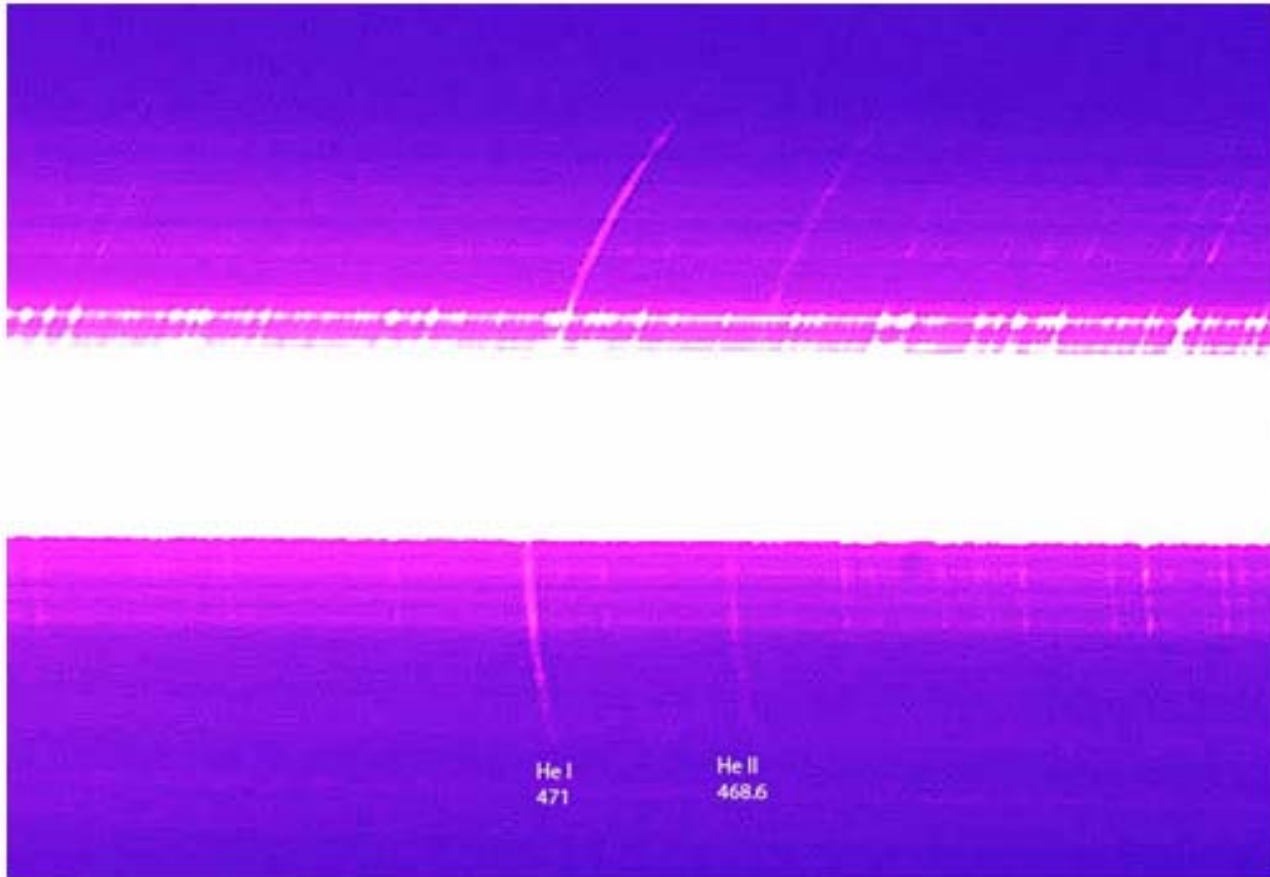
Spectral resolution : 0,03 nm/ px
Spatial resolution : 4 arc seconds
Mass : 12 kg
Size of the experiment : 1x0,6x0,3 m³

II) Raies en absorption 20s avant le 2ième contact



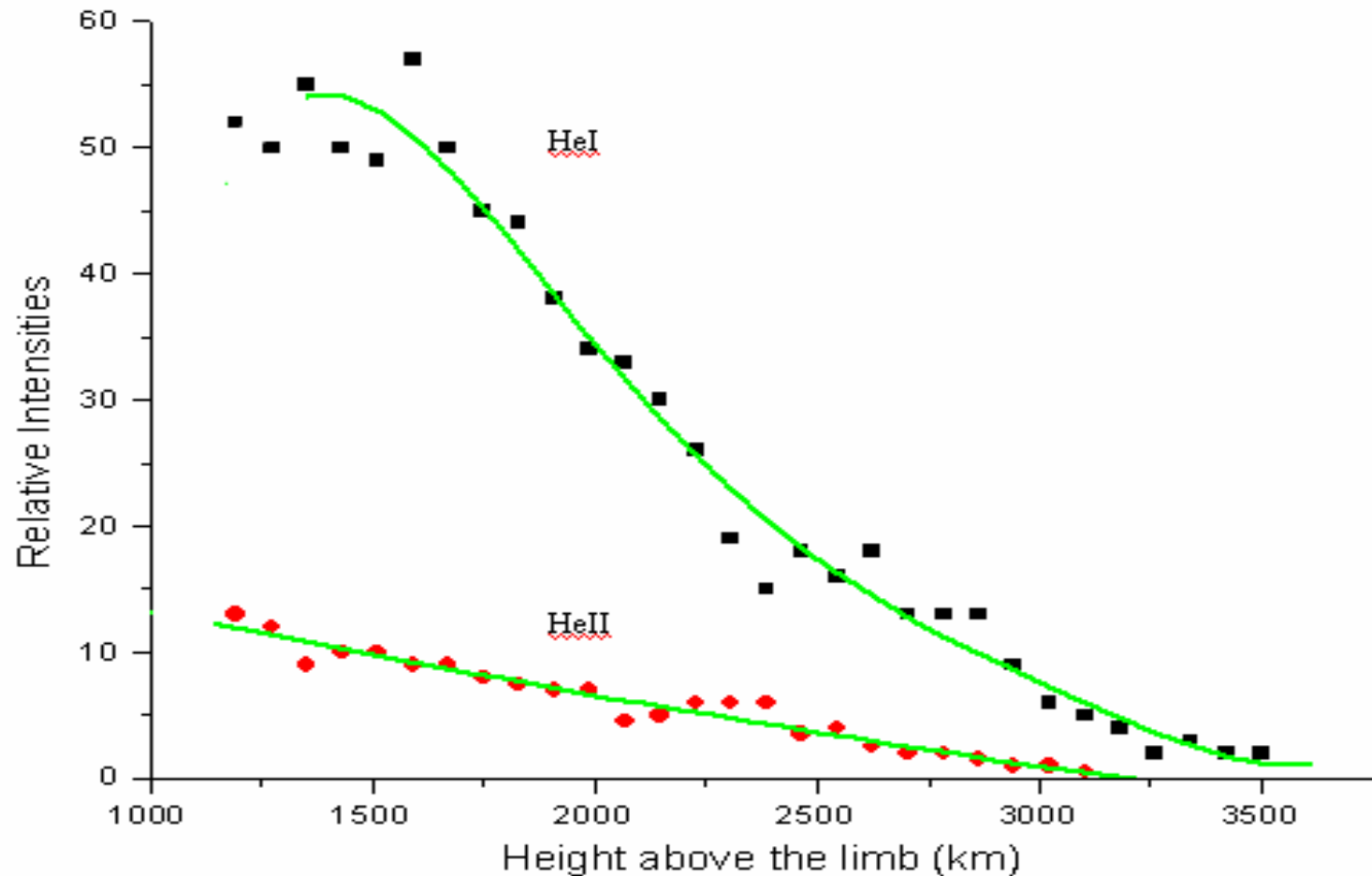
Raies d'absorption photosphérique
20 s avant le 2^{ème} contact
(avant le début de la totalité de l'éclipse)

III) Identification de la 2nde enveloppe d'hélium : série Pashen alpha de l' He II 468.6 nm (54 eV)



Appear A3- 1 Extract of the spectral sequence obtained in the vicinity of the 2nd contact, to show reversed lines seen in emission (just with the top of the white band corresponding to an over-exposed part of the high photosphere where the lines are still measured in absorption), and, simultaneously, on a greater extent of the chromosphere around the Sun, shells which surround the Sun entirely in the line of neutral helium (HeI to 471 Nm) and **also**, that of ionized helium (HeII with 468.6 Nm). The notches of the lunar limb (mountains and seas) strongly modulate the intensity of the spectrum of the astounding thin layer of the helium shells. The intensities of the second line of helium on the other hand vary in a rather monotonous way on the extent of the crescent, because of the difference in relative curves between the Moon and Sun. Flash spectra obtained with a network / objective of 600 t/mm and a 600 mm of focal length achromatic refractor with a CCD camera . The speed reading gave rhythm of 25 images/sec; average of 10 spectra after subtraction of the dark current and skew.

IV) Variations des intensités des raies He I (470,3 nm) et He II (468.6 nm) avec l'altitude



Intensities profiles obtained during the 1st August 2008 total eclipse in Ongudai, Altai, Siberia
 Frame rate acquisition of 25 pictures/sec, then 10 frames stacked and plotted every 5 frames
 Grating objective of 600 mm focal length, 600 grooves/mm

The green curve fit equation for He I is :

$$Y = -672,18899 + 1,60274 X - 0,00133 X^2 + 5,22544E-7 X^3 - 9,96193E-11 X^4 + 7,44908E-15 X^5$$

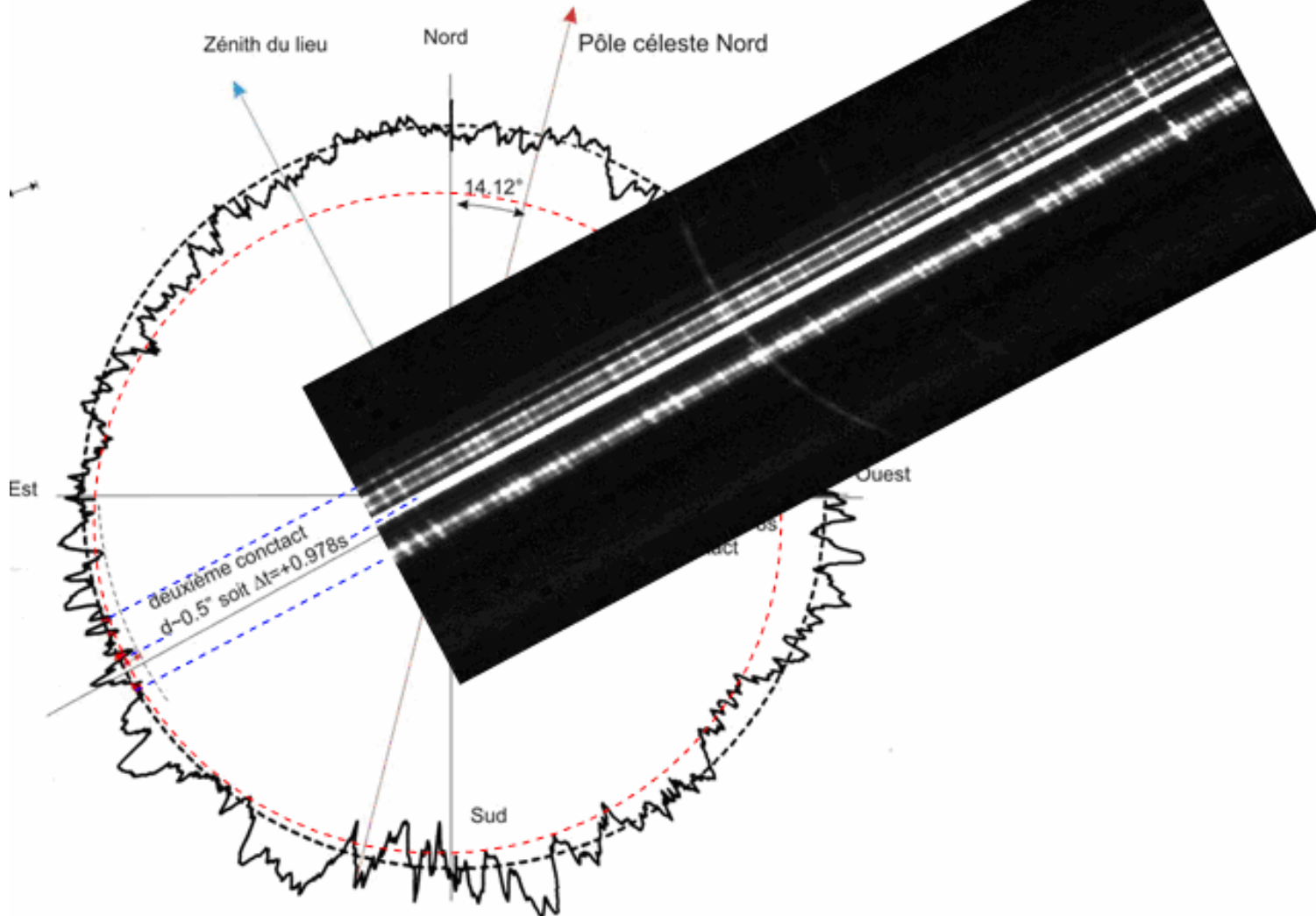
The green curve fit equation for He II is :

$$Y = 21,02122 - 0,00827 X + 5,32109E-7 X^2$$

V. 1) Orientation du spectre éclair : profil lunaire correspondant avec le spectre

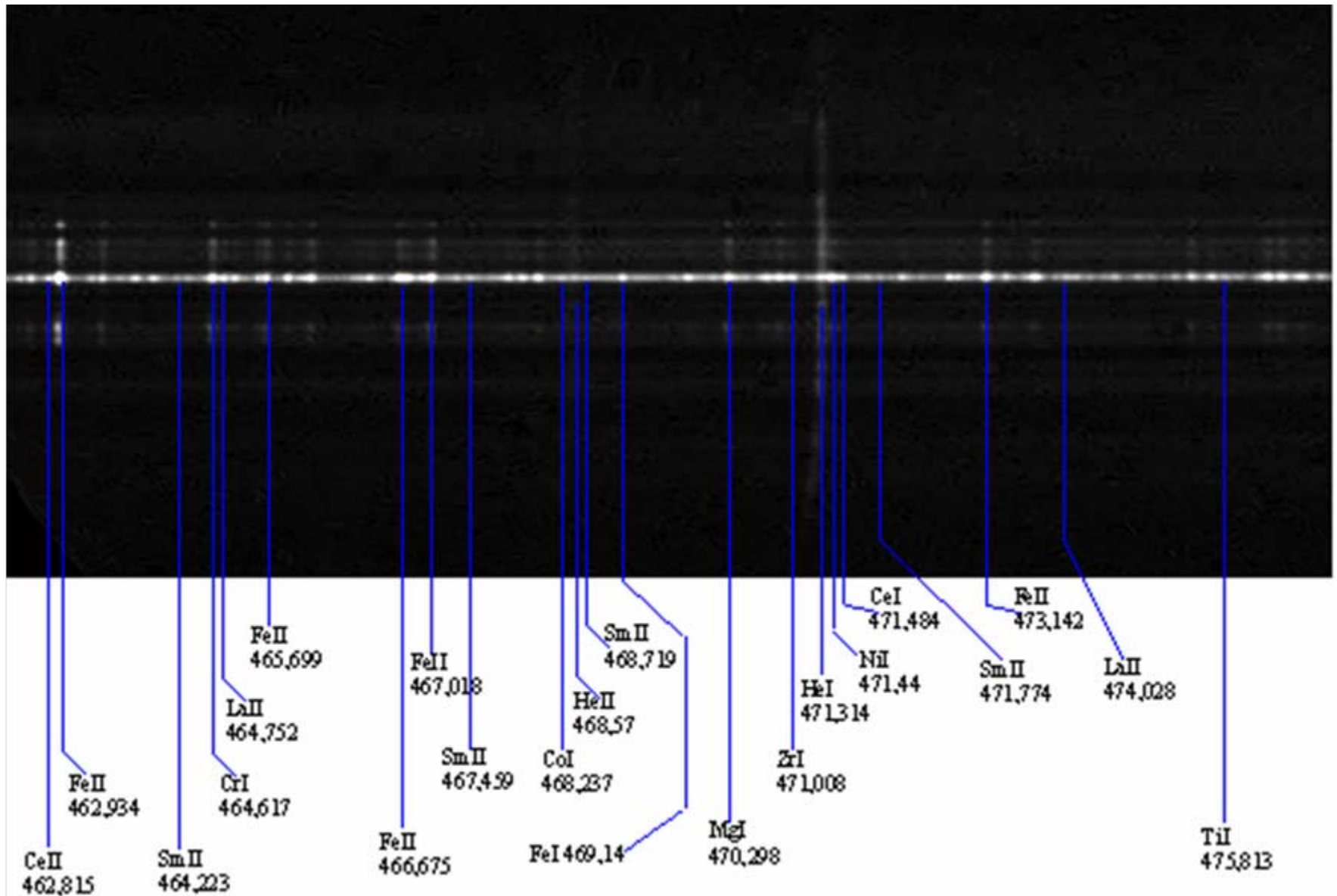
LUNAR LIMB PROFILE
L=+4°00 B=0°00

RADIAL SCALE: 1 SECOND OF ARC = \longleftarrow
DOTTED LINE = MEAN LIMB SOLID LINE = TRUE LIMB



Profil et décalages horaires pour le lieu de coordonnées
latitude : 50°44'46.9" N; longitude : 86°08'7.8" E; altitude : 838.0m.

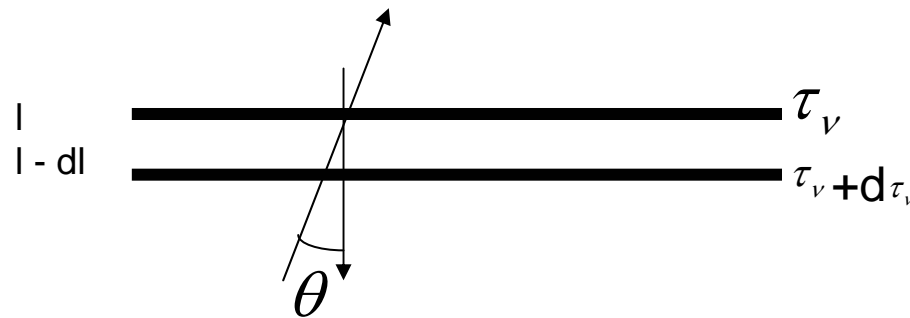
V.2) Identification d'autres raies d'éléments chimiques



VI) Enveloppe d'hélium comme une couche mince émissive

- Approximation de l'équation de transfert de rayonnement pour une couche mince stratifiée :

$$\frac{dI_\nu}{d\tau_\nu} \cos \theta = I_\nu - S_\nu$$

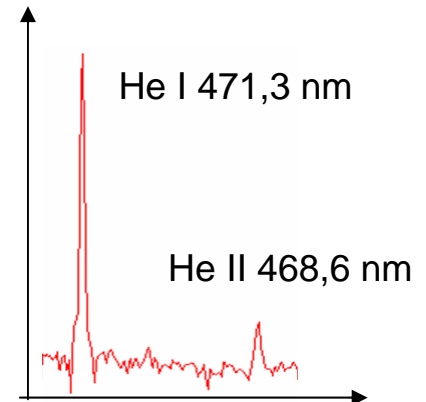


- Epaisseur de la 2^{nde} enveloppe d'hélium : 3000 +/- 200 km
- Couche mince optique :

$$\tau_\nu \ll 1$$

$$I_\nu = \exp(-\tau_\nu) + S_\nu \tau_\nu$$

- Largeur de la raie He II à 0,1 nm en FWHM



Origines de la raie de l'He II dans la chromosphère

- Origine de ces couches profondes mal comprises :
- Une possibilité : effets collisionnels, faisceaux d'électrons incidents en provenance de la couronne chaude. Faisceaux de plasma guidés par les champs magnétiques.
- Champ magnétique ? provenance des cellules de convection, granulation, mais mal compris. Oscillations, ondes d'Alfen
- Seconde possibilité : photoionisation avec les rayons X et EUV provenant de la couronne environnante (qq M de K)
- Intérêt de cette raie :
- Raie présente dans les étoiles chaudes, type O et Wolf-Rayet, galaxies à noyau actif, environnement des trous noirs...

VIII) Mission au télescope Thémis à Ténérife : étude des profils Doppler des spicules dans le profil de la raie Ca II à 854,2 nm

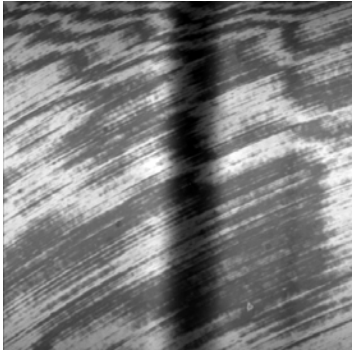


Image brute

Cube Image « science brute »

Image flat field

Image bias

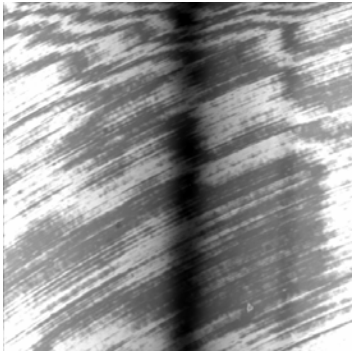


Image flat

Image bias → bias moyen sur 40 bias

2^{ème} Flat field moyen = (flat moyen - bias moyen)

Image flat vrai →
$$\frac{\text{flat_field_moyen}}{\text{moyenne_flat_fieldmoyen}}$$

2^{ème} cube « science » = Cube Image - bias moyen

Images corrigées =
$$\frac{\text{2ieme_cube_science}}{\text{vrai_flat_field}}$$

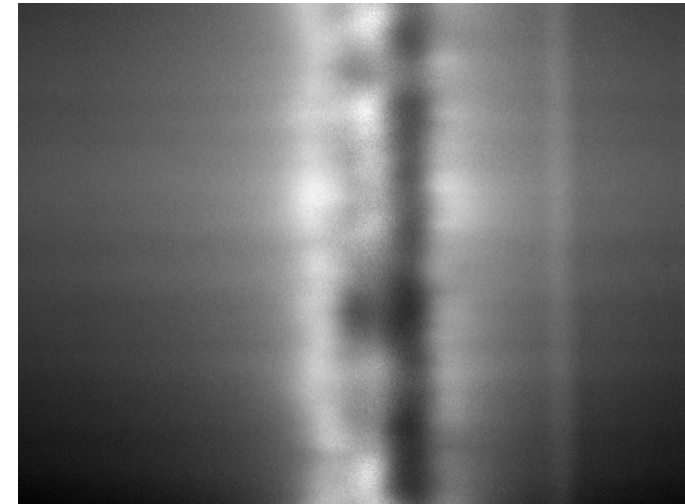


Image réduite, mais surcorrigée

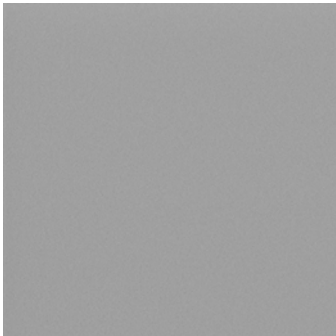


Image dark

Difficile en spectrographie car il reste des raies sur les flats

Conclusion

- Enveloppe d'hélium mise en évidence et bien identifiée à 468,6 nm, Paschen alpha
- Epaisseur de cette enveloppe d'hélium autour de 3000 km
- Couche mince optique
- Origines mal comprises : collision et/ou photoionisation ?
- Intérêt de cette raie : présente dans les objets tourmentés du cosmos
- Besoins d'étude au sol et dans l'espace de la chromosphère dynamique :
spicules et tubes de flux, turbulence et profils Doppler

Références bibliographiques

- A great total solar eclipse on July 22 2009, by S. Koutchmy, J. Gull and C. Bazin
Observations et Travaux, Société Astronomique de France, Mai 2009
- Poster à la conférence de physique solaire de Leuven : Helium shell, formation and Origins, C. Bazin, S Koutchmy, Avril 2009
- The chromospheric spectrum at the 1962 eclipse, Dunn, Evans and Jefferies, Astro Physical Journal Supplement, 15, 275, 1968
- The He+ 4686 A line in the low chromosphere, SP Worden, JM Beckers, T. Hirayama, Sacramento Peak Observatory, 1972
- The chromospheric spectrum outside of eclipse, from 3040 to 9266 A, K. Pierce, Kitt Peak National Observatory, 1968
- Observation of prominences in He II with a new 25 cm Coronagraph, T. Hirayama, Y Nakagomi, Tokyo Astronomical Observatory, 1973
- Line width observation of He I 4713 A and He II 4686 A in the chromosphere, Tadashi Hirayama and Makoto Irie, Tokyo Astronomical Observatory, 1984
- Camera Watec 120 N+, data sheet sur le site d'Opton Vision France
- Données solaires Bass 2000 sur le site de l'observatoire de Meudon