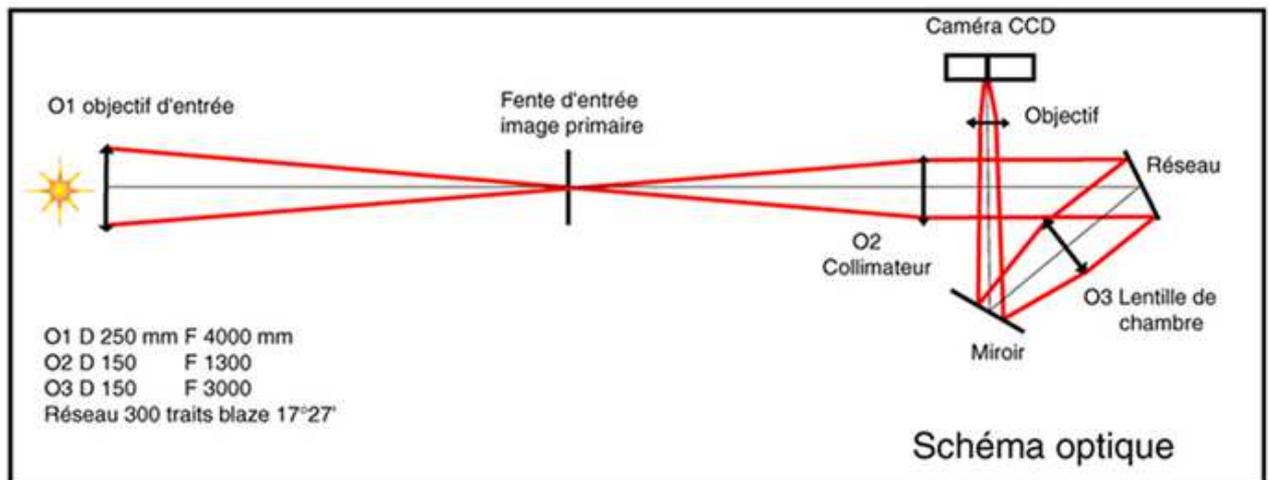


# Spectrohéliographe de Meudon

## Fiche technique

### Version 1

Auteur: Jean-Marie Malherbe, 28 Janvier 2013



Le spectrohéliographe de Meudon est composé d'une lunette de 0.25 m d'ouverture (objectif O1) et de  $f = 4$  m de focale. L'objectif est **diaphragmé à 0.17 m** en raison de ses défauts. Cette lunette alimente un spectrographe à fente dont le miroir collimateur a une focale  $f_1$  de 1.3 m (O2) ; l'objectif de chambre (O3) a une focale  $f_2$  de 1 m. L'élément dispersif est un réseau de diffraction de 300 traits/mm et d'angle de baze  $17^\circ$ . L'angle d'incidence sur le réseau vaut  $i = 7^\circ$ , et l'angle de diffraction est voisin de  $27^\circ$ .

## 1 - Dimension de l'image solaire au foyer de la lunette

Le diamètre angulaire du soleil vaut  $\alpha = 9.3$  milli radians en moyenne (diamètre solaire divisé par la distance soleil terre), ou  $0.53^\circ$ , ou  $32'$ , ou  $1920''$  ; le diamètre  $d$  de l'image du soleil au foyer est égale à  $d = \alpha f$  soit 37.2 mm (en moyenne)

## 2 - Pouvoir séparateur théorique

Compte tenu du diaphragme de 0.17 m, le pouvoir séparateur théorique vaut:

0.6 arc sec dans le bleu à 393 nm

1.0 arc sec dans le rouge à 656 nm

C'est à dire bien mieux que la qualité d'image à Meudon voisine de 2 arc sec.

La fente du spectrographe de 30 microns sélectionne une tranche de 1.55 arc sec compatible avec le "seeing" courant du site de Meudon. Il n'y a donc pas de limitation par l'objectif.

## 3 - Hauteur de l'image solaire à la sortie, réduction d'image, taille sur le CCD

Le spectrographe réduit l'image dans le rapport  $f_2/f_1 = 0.77$ ; sa dimension est donc égale à la sortie du spectro à  $d = \alpha f_2/f_1 = 28.6$  mm.

Cette dimension étant plus grande que celle du capteur (26.8 mm), il est procédé à une réduction par un facteur 0.9 de sorte que le soleil mesure 25.7 mm sur le capteur soit 1280 pixels, le capteur faisant 1340 x 100 pixels de 20 microns.

#### 4 - Dispersion, pixel spectral et résolution spectrale

le spectrohéliographe sert à observer la raie H $\alpha$  à 6563 Å et la raie CaI à 3934 Å. Dans quels ordres d'interférence voit on ces raies ?

$\sin i + \sin i' = k \lambda / d$  avec  $i = 7^\circ$ ,  $i' = 27^\circ$  et  $d = 1/300$  mm donne  $k \lambda = 19195$  avec  $\lambda$  mesuré en Å.

Pour l'ordre 3 on trouve  $\lambda = 6398$  Å et pour l'ordre 5 on obtient  $\lambda = 3839$  Å, ce qui veut dire que les deux raies sont observées aux ordres 3 et 5, mais pour des valeurs de  $i'$  voisines de  $27^\circ$ .

La dispersion est donnée par  $dx / d\lambda = k f_2 / (d \cos i')$  avec  $f_2 = 1$  m

$k = 5$  donne  $dx / d\lambda = 0.17$  mm/Å dans le bleu

$k = 3$  donne  $dx / d\lambda = 0.10$  mm/Å dans le rouge

La dispersion est réduite de 0.9 par l'objectif devant la caméra et devient:

$k = 5$  donne  $dx / d\lambda = 0.15$  mm/Å dans le bleu

$k = 3$  donne  $dx / d\lambda = 0.09$  mm/Å dans le rouge

Quelle est la valeur du pixel spectral en Å ?

Comme les pixels de la caméra ont une taille de 20  $\mu$ , on a la correspondance suivante :

Pour  $k = 5$ , 1 pixel = 0.13 Å

Pour  $k = 3$ , 1 pixel = 0.22 Å

Résolution spectrale  $d\lambda = dx / (k f_1)$  avec  $f_1 = 1.3$  m avec  $dx$  largeur de la fente = 30 microns

**Pour  $k = 5$ ,  $d\lambda = 0.15$  Å**

**Pour  $k = 3$ ,  $d\lambda = 0.25$  Å**

#### 5 - Distance dans le spectre entre les deux raies

Pour  $\lambda = 6563$  Å on trouve  $i' = 27.96^\circ$  et pour  $\lambda = 3934$  Å on a  $i' = 27.92^\circ$ , soit une différence angulaire  $\Delta i'$  de  $0.04^\circ$  correspondant à  $6.45 \cdot 10^{-4}$  rd. L'écart des deux raies dans le spectre est égal à  $\Delta i' f_2$ . Avec  $f_2 = 1$  m, on trouve un écart de 0.65 mm dans le spectre (0.58 mm en tenant compte de la réduction 0.9).

#### 6 - Capteur CCD

##### CCD Array

Princeton Instruments exclusive back illuminated; MPP only; VIS/AR + Lumogen coating

##### Format

1340  $\times$  100; 26.8  $\times$  2.0 mm overall; 20  $\times$  20  $\mu$ m pixels; shift register along long axis for parallel mode spectroscopic detection

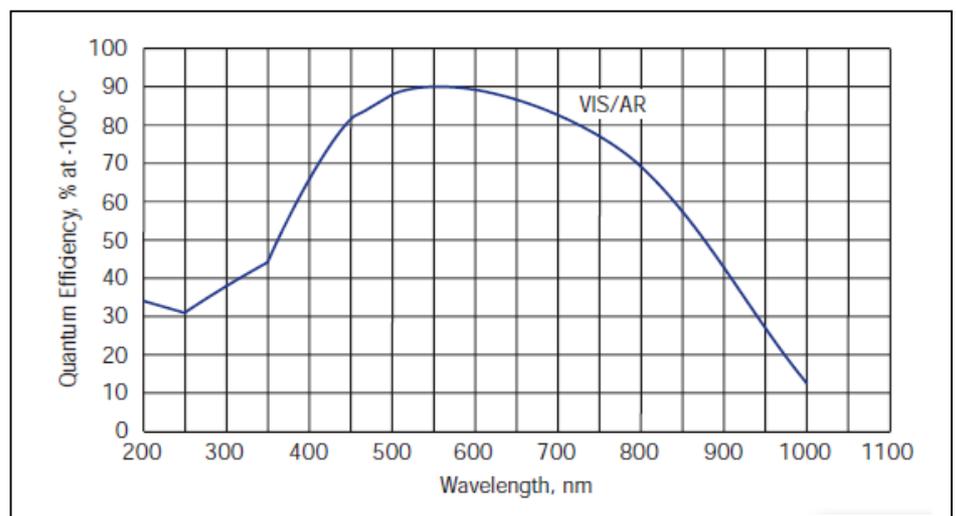
##### Spectrometric Well Capacity

200,000 electrons

##### Readout Noise

2-4 electrons at 50 kHz;

6-9 electrons at 1 MHz



**Dynamic Range** 14 ou 16 bits selon vitesse de lecture  
**Operating Temperature** -40°C  
**Scan Rate** 50 kHz to 1 MHz

Il s'agit d'un capteur de marque Princeton Instruments "Back illuminated" de rendement quantique exceptionnel (60 % dans le bleu, 90 % dans le rouge) de dimension 1340 x 100 x 20 microns.

Le capteur fonctionne artificiellement en transfert de trame grâce à une modification (masque sur la moitié du capteur) réalisée par l'atelier du SERT en 2000.

Il fonctionne à la vitesse de 1 MHz donnant une dynamique de  $200000 e / 12 e = 16000$  (14 bits), le bruit de lecture étant de l'ordre de 12 e.

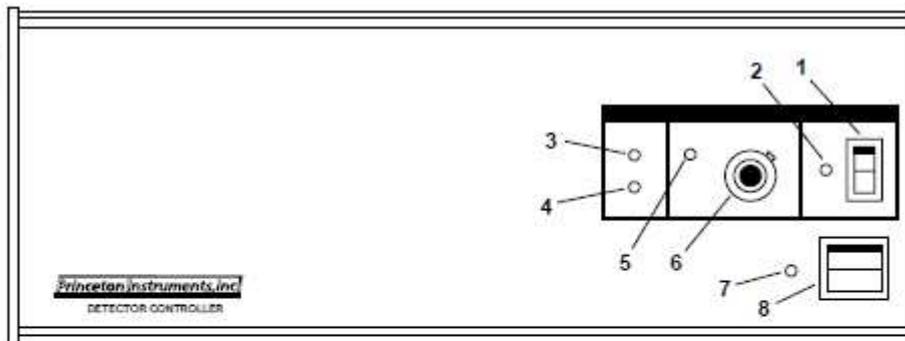
A mi saturation, le rapport S/B est excellent et d'environ  $300 = 100000^{1/2}$

Le capteur est refroidi à -40° par un circuit d'eau et un étage Peltier, rendant le courant d'obscurité stable et faible.

## 7 - Contrôleur ST138 de Princeton Instruments

Le contrôleur est relié au PC par une carte PCI et une liaison série spécifique.

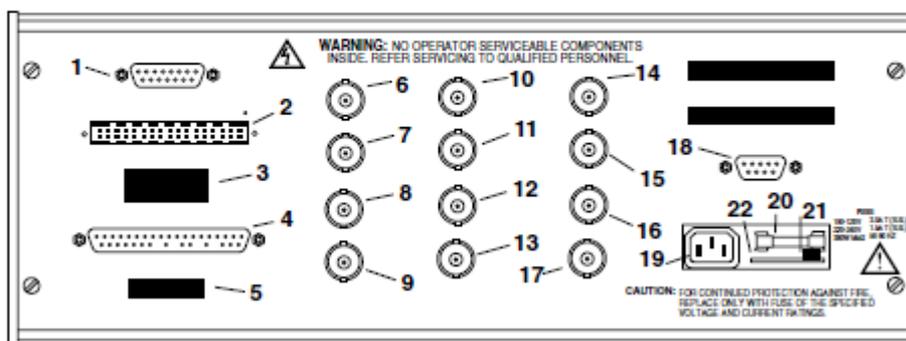
Figure 5.  
ST-138 front  
panel



### Front panel functions

1. Cooler power switch
2. Cooler power indicator (yellow)
3. Cooler status (yellow) indicates that the camera is not yet thermostated
4. Cooler status (green) indicates that the camera is thermostated to within  $\pm 0.05^\circ\text{C}$  of the set temperature
5. Warning indicator (red) if temperature is set too low
6. Temperature setting potentiometer, calibrated in minus  $^\circ\text{C}$
7. Power on indicator (yellow)
8. Controller power switch

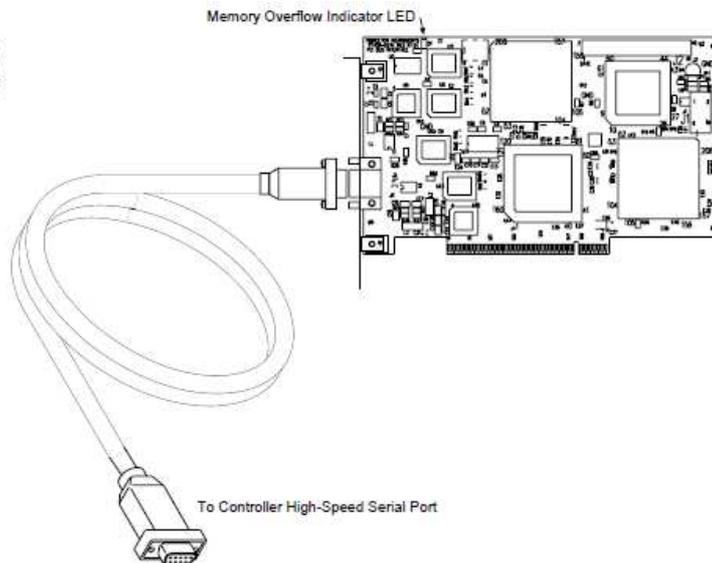
Figure 6.  
ST-138 rear  
panel



**Rear panel functions**

	<b>Label</b>	<b>Function</b>
1.	J6	Digital sync for frame grabber board
2.	J5	Auxiliary port (34-pin), 8-bit software programmable digital I/O port, see Appendix B
3.	IEEE-488	Not used with the ST-138.
4.	DETECTOR	Detector head cable connector: DB-37-M
5.	RS-232	Serial port for communicating via RS232C
6.	CRT X	X-ramp signal for multisync monitor
7.	TRIGGER OUT	TTL low (negative edge) during data acquisition
8.	NORMALIZE 1	Not Used
9.	NORMALIZE 2	Shutter monitor (optional)
10.	CRT Y	Video out monitor: 0-10 V
11.	TRIGGER IN	External trigger input: TTL low level activated
12.	NOTSCAN	TTL low when sensor is being read; TTL high indicates sensor currently being exposed
13.	NORMALIZE 3	Kinetics Timing ( <i>see page 49</i> )
14.	CRT Z	Negative blanking signals for XYZ monitor
15.	EXT SYNC	External sync input: TTL low level activated
16.	SHUTTER	External shutter control; TTL level; TTL low forces shutter open. In certain timing modes, complete control of shutter is possible.
17.	NORM 4/VIDEO	0-1.3 V normalized video out for frame grabber board
18.	J7	Connector for communicating with Serial Buffer Board inside computer
19.		AC power cord slot
20.		Fuse
21.		Fuse release lever
22.		Voltage selector card

Figure 7.  
PCI serial board



## 8 - Chariot porte-objectif, coulisse porte caméra et positionneur à filtres

Electronique réalisée par Denis Ziegler (et François Colson ?), plusieurs vitesses de translation continue possibles pour le chariot, liaison RS232

## 9 - Programme d'acquisition

A été réalisé par Denis Ziegler en Visual Basic V5 sous XP.

Il pilote le chariot porte objectif, le positionneur à filtres, la coulisse porte caméra et la caméra CCD. Le programme exécute WINVIEW, le logiciel de Princeton Instruments, en tâche de fond. Les images sont écrites en format TIF 16 bits.

## 10 - Programme de traitement des données

Ecrit en langage IDL par Jean Bonmartin et Jean-Marie Malherbe. Le logiciel sort des fichiers FITS 3D comportant 5 longueurs d'onde à cheval sur le coeur des raies: 2 points dans l'aile rouge, 1 point au coeur de la raie, 2 points dans l'aile bleue. Le programme IDL corrige l'orientation des images, génère des images "quick look" type GIF, JPEG, etc... et procède à l'insertion dans BASS2000; le réseau mondial H alpha vient y puiser les images automatiquement via FTP.

## 11 - Base de logiciels

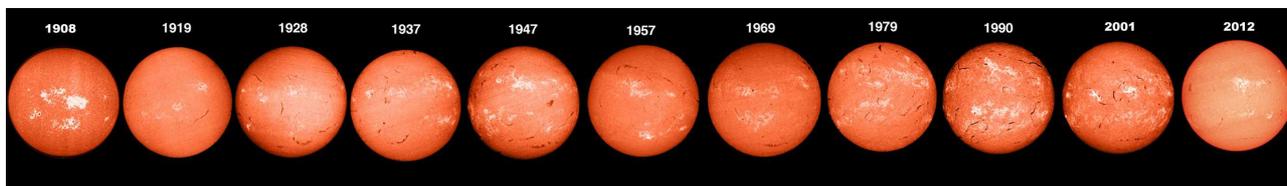
Tous les logiciels nécessaires se trouvent ici:

<ftp://ftpbass2000.obspm.fr/SERVICE/LOGICIELS/SPECTROHELIOGRAPHE/>

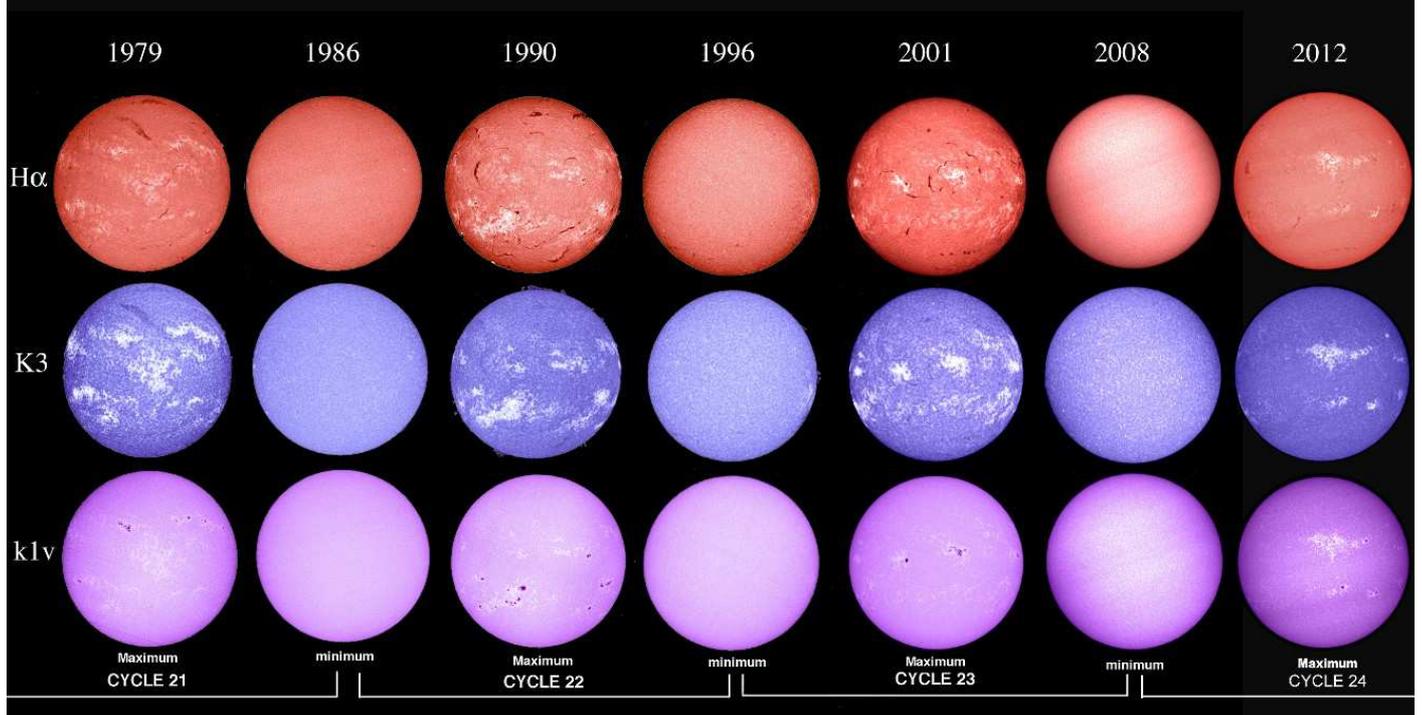
avec sécurisation par le username et le password connus des observateurs.



*Fente du spectrographe (à gauche) et miroirs du coélostat (à droite)*



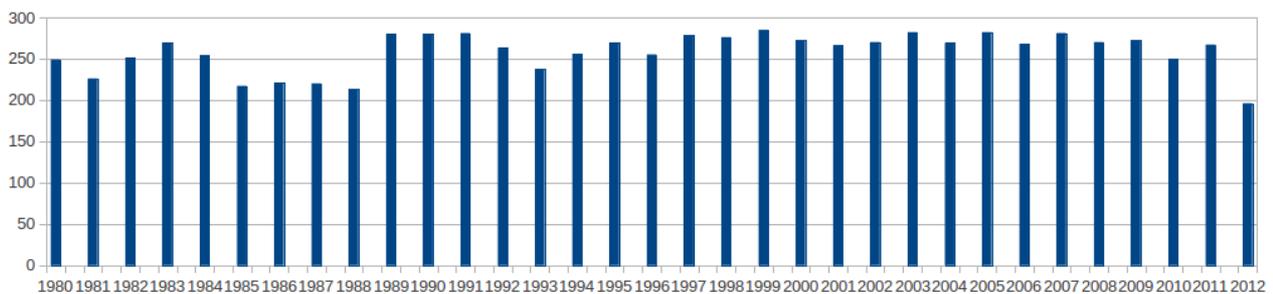
# CYCLES DE 11 ANS



*10 cycles solaires ont été observés à Meudon avec le spectrohéliographe*

Nombre de jours d'observation Spectrohéliographe de Meudon

(source BASS2000)



*Nombre de jours d'observation à Meudon avec le spectrohéliographe, en moyenne  
260 jours par an*