

Historique du Spectrographe Tourelle

par Zadig Mouradian (Observatoire de Paris, LESIA)

La spectroscopie solaire à l'Observatoire du Pic du Midi

La collaboration entre l'Observatoire de Paris – Meudon et l'Observatoire du Pic du Midi à l'occasion de "l'Année Géophysique Internationale" (1957-1959), a amené Raymond Michard, aidé par Roger Servajean et George Laborde, à monter un laboratoire de spectroscopie solaire dans la nouvelle salle sud-ouest de l'Observatoire du Pic du Midi, en dessous de la coupole Baillaud.

Elle fut dotée d'un cœlostat extérieur de \varnothing 50 cm, qui éclairait un télescope horizontal de 10.8 m de focale et \varnothing 50 cm. Deux spectrographes furent installés à peu d'intervalle, d'abord le "Spectrographe à Eruptions" puis le "Spectrographe de 9 m". Par la suite (1965) l'ancien cœlostat a été remplacé par un nouveau cœlostat de \varnothing 60 cm à trois miroirs, abrité sous une coupole située au coin sud-ouest de l'observatoire. Un autre télescope de focale de 22.4 m fut également mis en fonction et destiné aux observations avec le grand spectrographe. Une lunette de guidage fut ajoutée en 1966.

Le spectrographe pour l'étude des éruptions (1) était pourvu d'un système de dispersion croisée (réseau + prisme) qui fournissait trois spectres simultanés (UV, visible, IR), couvrant le domaine 3550 à 8800 Å; la dispersion moyenne étant de 0,5 mm/Å à 5000 Å. De nombreux spectres d'éruption ont été obtenus lors du maximum du 19ème cycle solaire (2).

Le second instrument mis en place fut le Spectrographe de 9 m (3), il était destiné à l'étude des profils des raies spectrales des structures fines de l'atmosphère solaire. Il produisit d'excellents spectres pour l'époque avec une image solaire de 200 mm et une dispersion spectrale de 6.5 mm/Å à 5000 Å. Il fut spécialement utilisé pour l'observation des spicules, des oscillations photosphériques, l'observation du profil de l'extrême bord solaire, ainsi que pour l'obtention des premières cartes de champ magnétique dans les régions actives en éruption (4).

Dans les années 1970, avec le développement de l'instrumentation solaire dans le monde, la qualité des images du site Pic du Midi n'était plus suffisante. En fait, on observait le soleil au-dessus des bâtiments de l'observatoire et le faisceau se dégradait lors de ce passage, avant l'arrivée sur le cœlostat. Par conséquent, le déplacement des observations sur la Lunette Tourelle s'imposa, d'où la nécessité de construction d'un nouveau spectrographe pour la coupole tourelle. L'emplacement de la Lunette Tourelle (actuelle LJR) dans la géographie du Pic du Midi (Est), ainsi que la conception de la coupole, due à Jean Rösch, assurait une excellente qualité d'observation. Le projet démarra dès 1975.

Le "Spectro Tourelle" (1980)

La coupole tourelle (actuelle LJR) abritait une lunette de 6.45 m de focale et \varnothing 50 cm. Nous avons opté pour un spectrographe en montage Littrow à miroirs (5). La longueur focale étant de 8 m, il a fallu plier le faisceau deux fois pour l'adapter aux dimensions de la

fourche de la lunette, le spectrographe étant solidaire de la fourche (Fig.1). La Lunette Tourelle donne une image solaire de \varnothing 60 mm, qu'un objectif agrandi 5 fois sur la fente du spectrographe. Les calculs optiques du véhicule d'agrandissement et du spectrographe furent effectués à l'aide du programme CALOP.

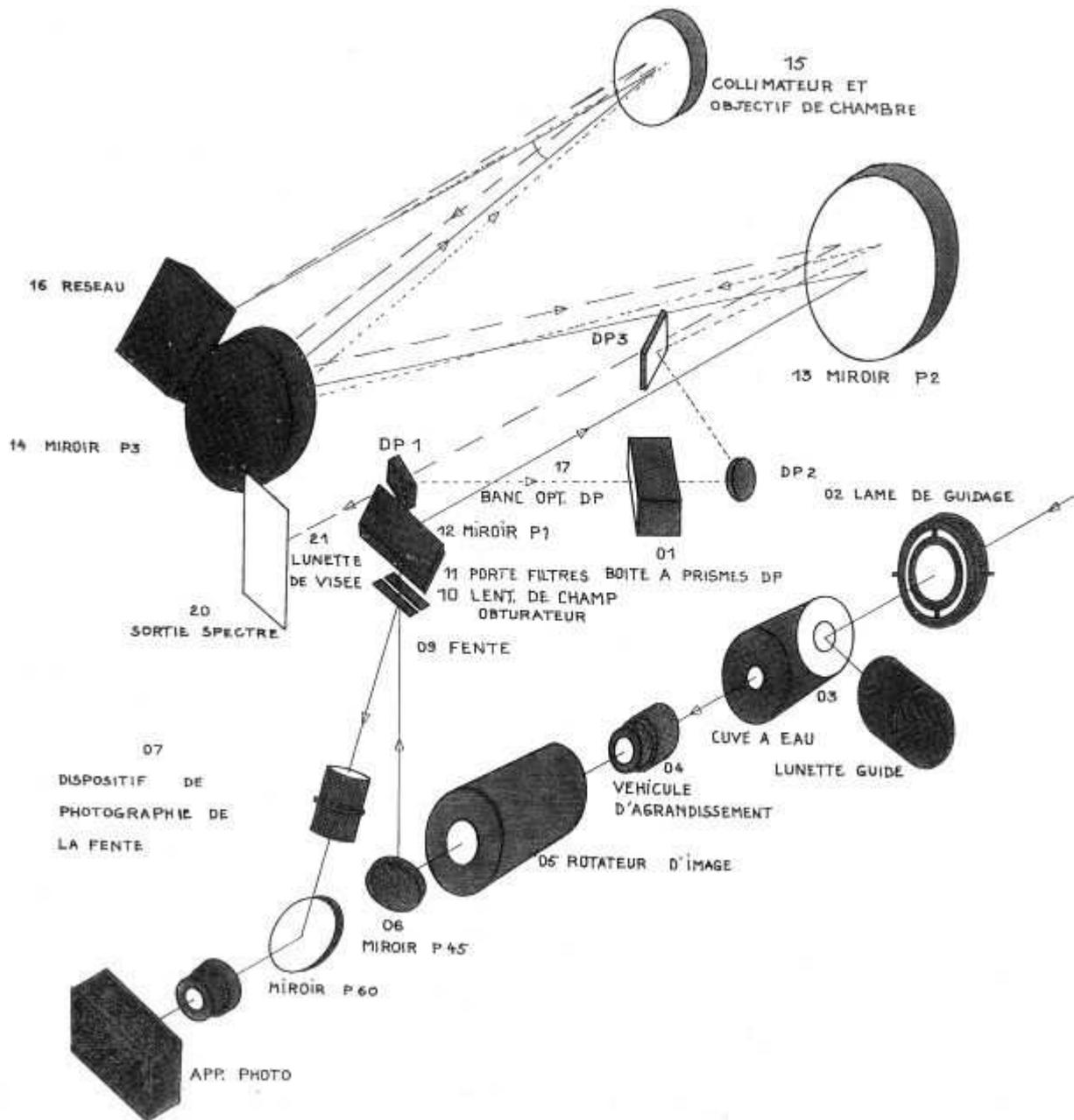
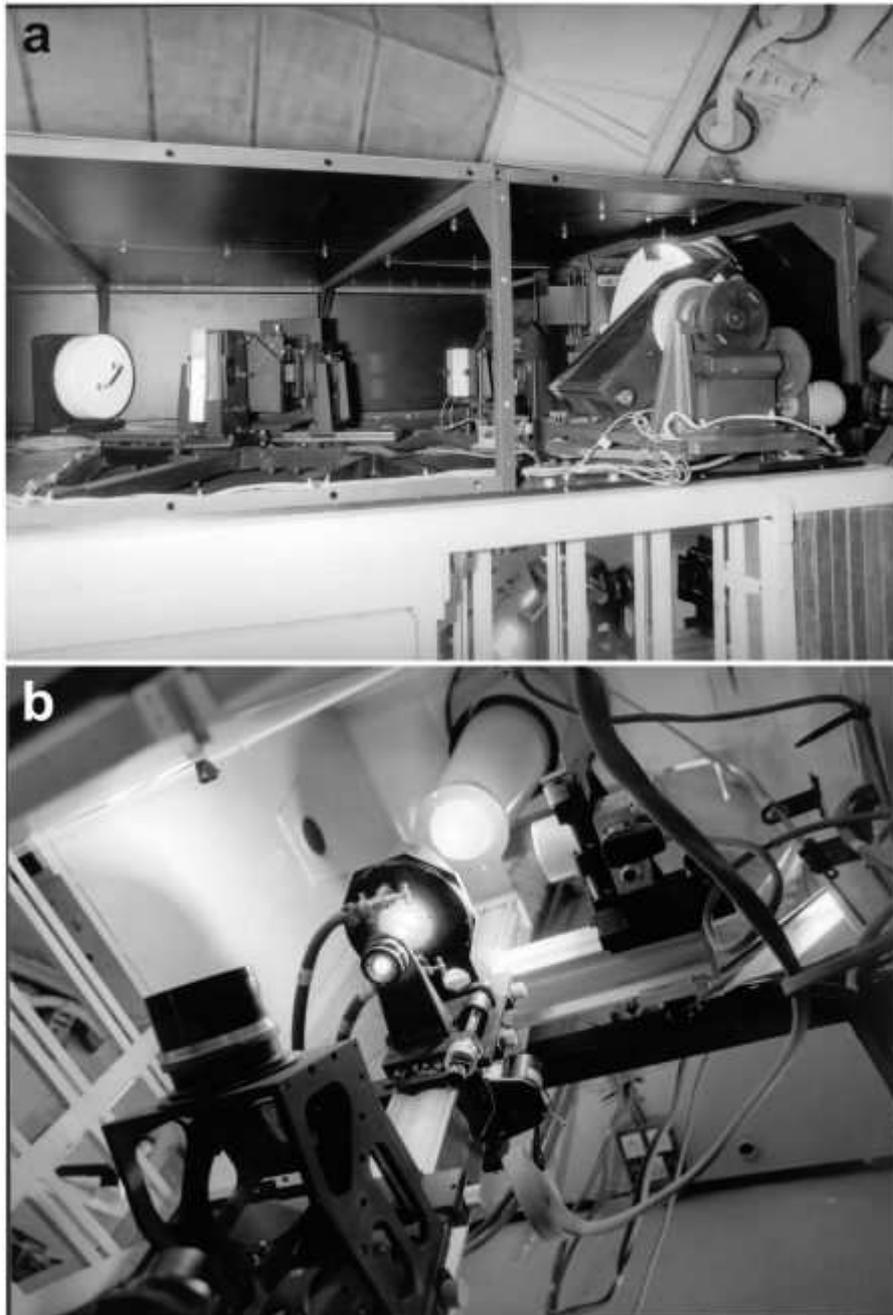


Fig. 1 Schéma du système optique du spectrographe solaire (1980). Le 01 est l'objectif de la lunette, non représenté.

Deux pièces optiques furent particulièrement difficiles à réaliser, le collimateur-objectif de chambre, un miroir hors axe, par J. Texereau, et la cuve à eau pour l'éjection de l'image solaire non utilisée, par F. Chauveau. L'étude et la construction de la mécanique ont été réalisées dans les ateliers de l'Observatoire de Paris-Meudon (Fig. 2). La mise en place du spectrographe a eu lieu à l'automne 1980, et l'insertion de l'électronique et de l'ordinateur (Texas Instruments) au début de l'année suivante.



*Fig. 2 Images du spectro tourelle (1980). Image supérieure: vue partielle de l'intérieur.
Image inférieure: vue du système agrandisseur et de la fente du spectrographe.*

Toutes les commandes de mise au point et les observations étaient exécutées par ordinateur, soit par commandes spécifiques, soit par un programme préenregistré. Le diamètre solaire au niveau du spectre est de 300 mm (1 seconde d'arc = 150 μ). Le spectrographe a été pourvu de deux réseaux de diffraction Bausch & Lomb (un réseau de 316 tr/mm, angle de blaze $63^{\circ}26'$, $\lambda = 56.600 \text{ \AA}$ et un autre réseau de 600 tr/mm, angle de blaze $36^{\circ}52'$, $\lambda = 20.000 \text{ \AA}$). La séparation des ordres se fait par filtres (Fig. 3).

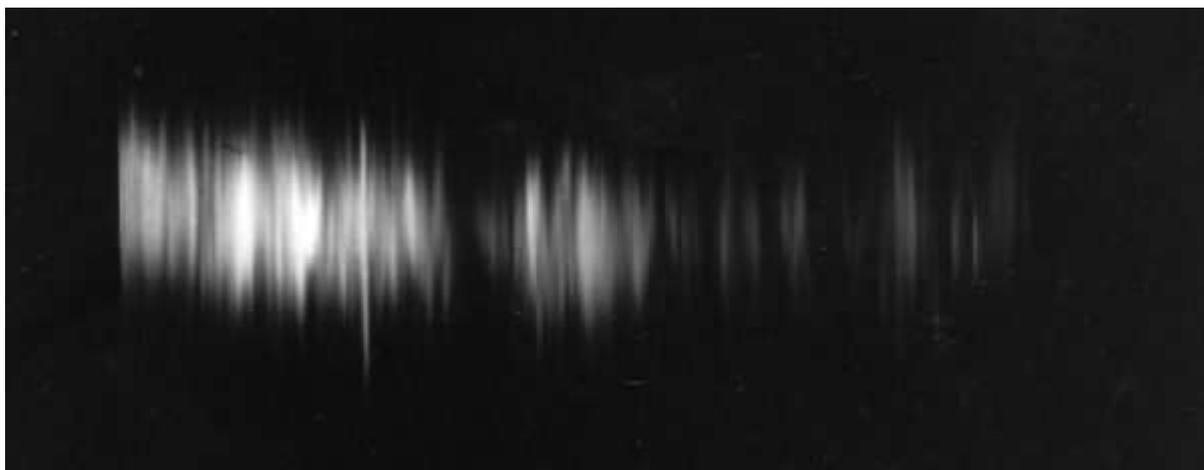


Fig. 3 Spectre des spicules au bord solaire dans la raie H-alpha, pris avec une fente courbe.

Dès la conception du spectrographe, il a été envisagé l'intégration de deux appareils développés dans le groupe solaire de Meudon: le système de Double Passage Soustractif Multicanaux (DPSM) par P. Mein (6) et l'analyseur de polarisation à grille par M. Semel (7).

En 1981 commence l'installation du système DPSM à une puis à deux voies non simultanées (Fig. 4).

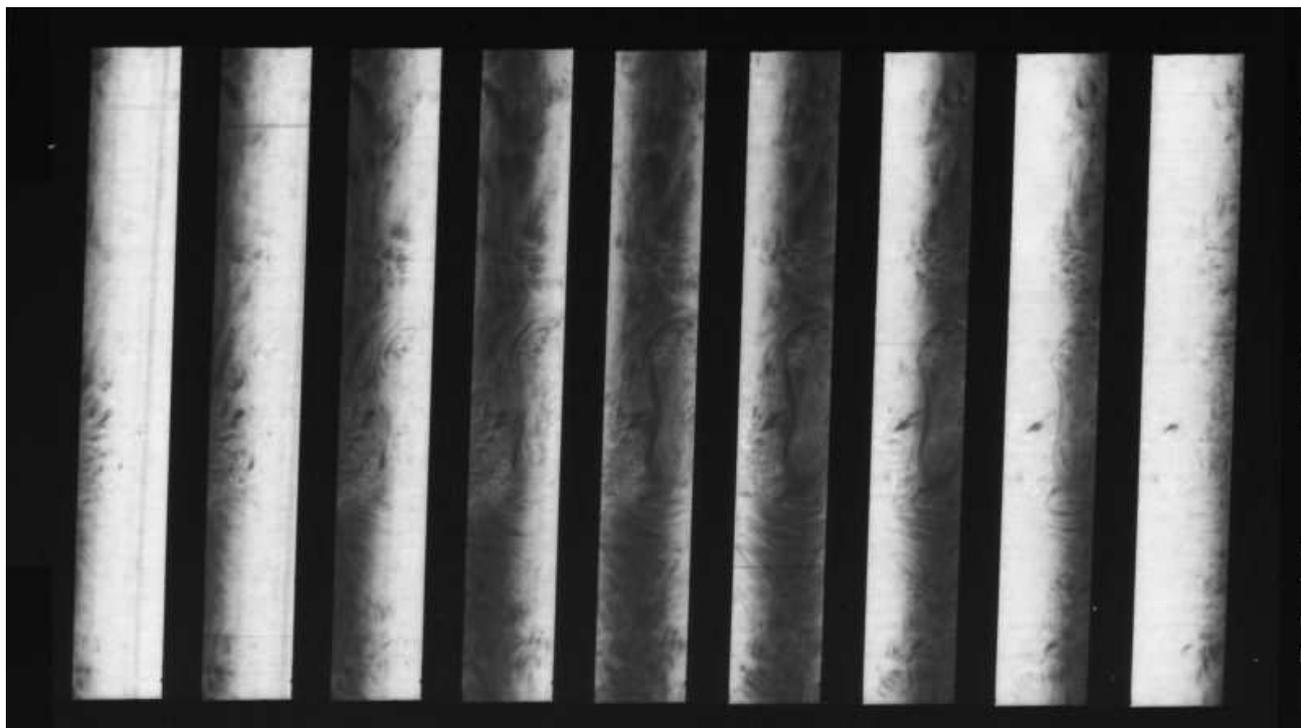


Fig. 4 Image DPSM de la chromosphère dans la raie H-alpha, montrant une image, bidimensionnelle et multi longueur d'ondes de la chromosphère.

Vers 1995 fut construit l'analyseur de polarisation à grille de type Semel (Fig. 5).

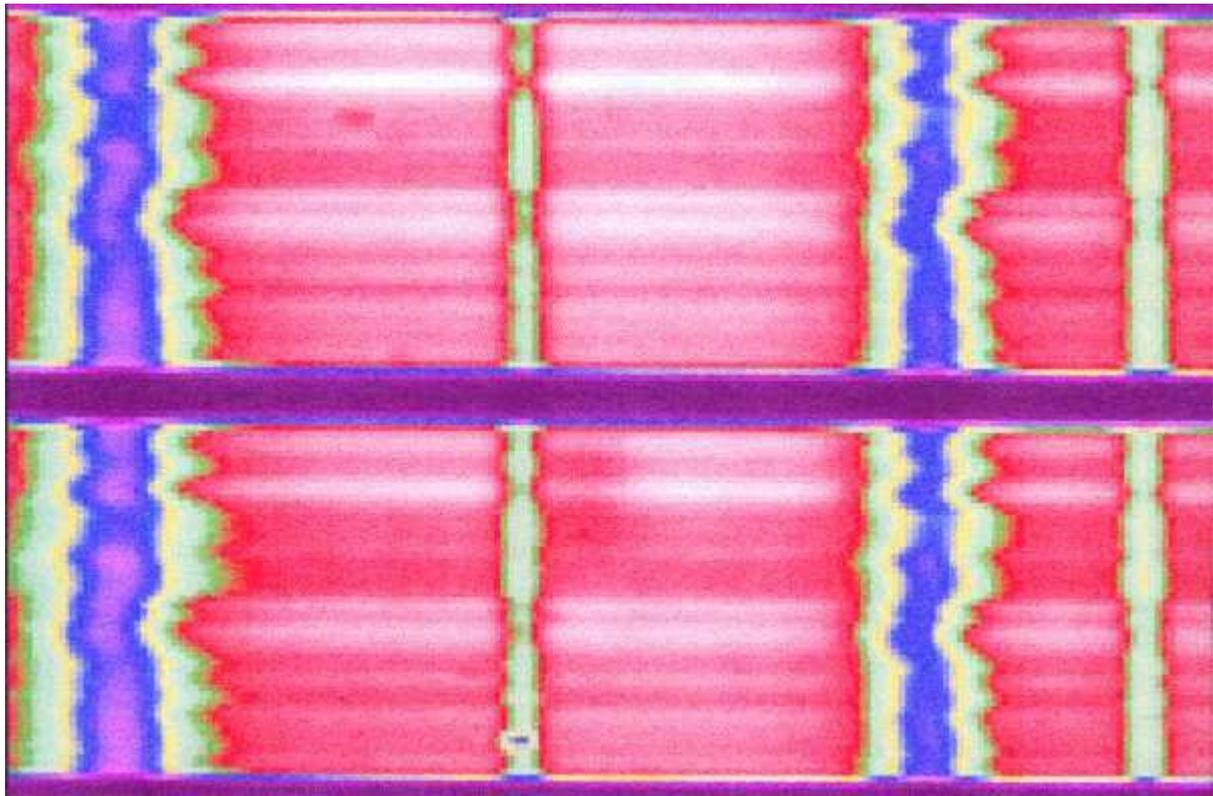


Fig. 5 Spectres simultanés, I+V et I-V, dans les raies 6301.5 et 6302.5 Å du Fe I. Les raies étroites sont des raies telluriques. La hauteur de chaque bande est de 7.5 arc secondes.

Au départ l'acquisition des spectres était photographique et le spectrographe a été pensé dans cette perspective. Mais à partir de 1993 commença l'acquisition numérique (camera CCD + micro ordinateur) qui a pratiquement remplacé la photographie argentique. Le Spectro Tourelle, dans l'état actuel de son développement, occupe sa place à côté de THEMIS, le complétant dans certains domaines particuliers.

Bibliographie

1. R. Michard, R. Servajean & J. Laborde 1958, The Astrophysical Journal 127, 504-506
The "Flare Spectrograph" in the French IGY program.
2. R. Michard, R. Servajean & G. Laborde 1959, Annales d'Astrophysique 22, 877-886
Spectroscopie des éruptions solaire dans le programme français de l'A.G.I.
3. G. Laborde, R. Michard & R. Servajean, 1957, Annales d'Astrophysique 20, 209-221
Premières observations avec le spectrographe solaire de 9 mètres.
4. R. Michard, Z. Mouradian & M. Semel 1960, Annales d'Astrophysique 24, 54-63
Champs magnétiques dans un centre d'activité solaire avant et pendant l'éruption.
5. Z. Mouradian, F. Chauveau, F. Colson, G. Darré, A. Deschamps, P. Kerlirzlin, & G. Oliveri 1980, Proceedings of the Japan-France Seminar on Solar Physics, F. Moriyama and J.-C. Henoux (eds.), p. 271-274
The new solar spectrograph at Pic du Midi Observatory.
6. Mein, P. : 1977, Solar Phys. 54, 45-51
Multi channel subtractive spectrograph and filament observations.
7. Semel, M. : 1980, Astron. and Astrophys. 91, 369-371
Un analyseur précis de polarisation optique.

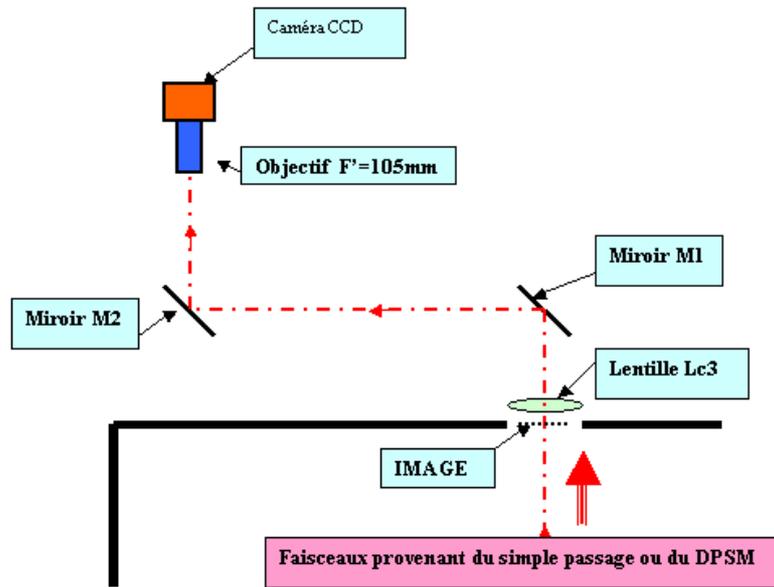
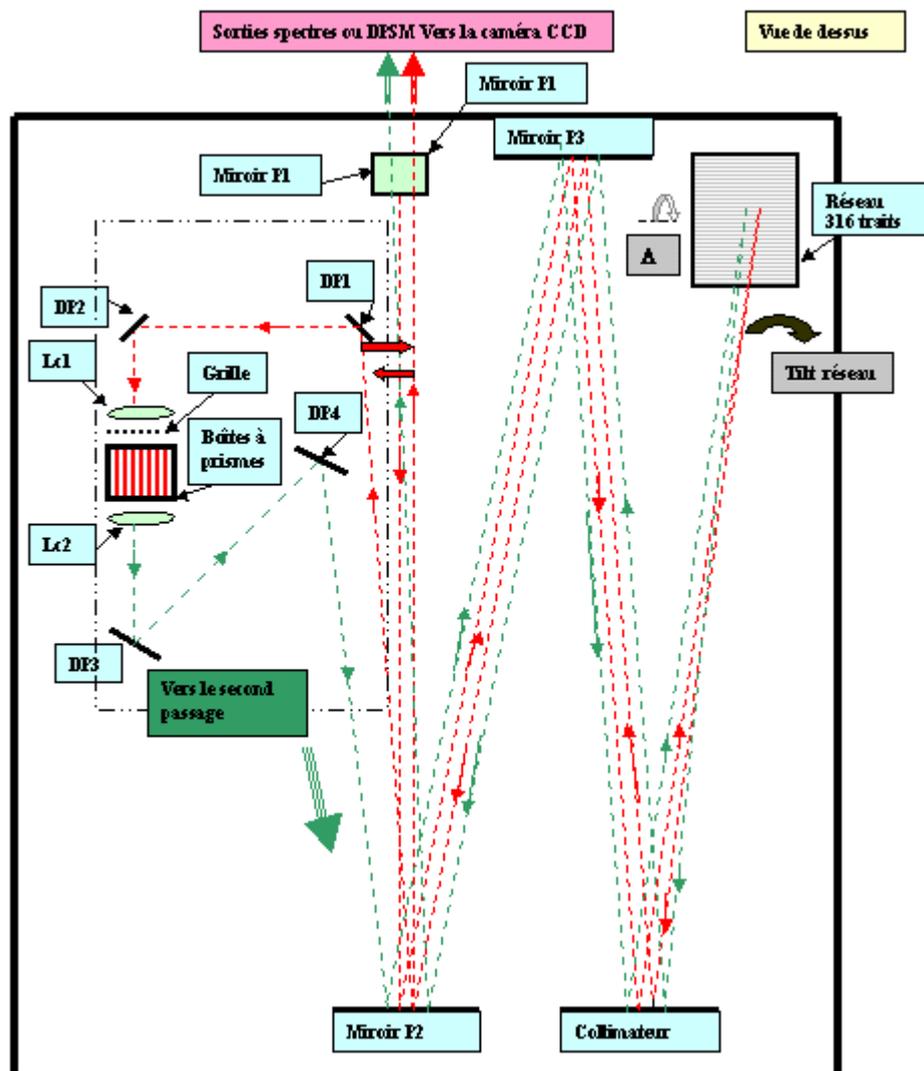


Schéma du spectrographe en vue de dessus (en bas) et de l'optique de transfert de réduction d'image vers la caméra CCD (en haut), en 2000



The new solar spectrograph at Pic du Midi Observatory (1980)

PROCEEDINGS OF THE JAPAN-FRANCE SEMINAR ON SOLAR PHYSICS

1980, F. Moriyama and J. C. Henoux (eds.)

Z. Mouradian*, F. Chauveau+, F. Colson*, G. Darré*, A. Deschamps*,

P. Kerlirzlin*, G. Olivieri*

* Observatoire de Paris-Meudon

+ Observatoire du Pic du Midi et Toulouse

The solar department of Paris Observatory has built a modern spectrograph for the study of the fine structure of the photosphere and the chromosphere. The site selected is within reasonable distance of Paris and affords very fine seeing. Both selection criteria were satisfied by the telescope of the "Coupole Tourelle" (nowadays LJR) of Pic du Midi Observatory. The spectrograph resulting from our studies was mounted in September 1980 and the first spectra have been made. Indications are that we may expect high-quality observations in the future.

1. The Instrument

The telescope is a refractor with a focal length of 6.45 meters and an aperture of 500 mm (F/12.5). One fifth of the solar image is enlarged 5 times (\varnothing solar = 300 mm or 1" = 150 μ) and refocused on the slit of spectrograph.

A fine guiding system is provided on the primary image given by the telescope. On the fork of the telescope was mounted a Littrow-type spectrograph with a 8 m collimator mirror (Fig. 1). It is equipped with three interchangeable gratings:

| grating | grooves/mm | q blaze | l ord. | line dispersion |
|---------|------------|---------|-----------|-----------------|
| BLD | 600 | 36°52' | 2.0 μ | 0.60 k mm/Å |
| BL2 | 600 | 48°36' | 2.5 μ | 0.73 k mm/Å |
| BLS | 300 | 63°26' | 6.0 μ | 0.54 k mm/Å |

At present the spectra are taken with 35 or 70 mm film or 9 x 24 cm plates. In the future, diode array will also be available.

In addition the spectrograph is equipped with a MSDP system (Mein, 1977), see also P.Mein contribution in these Proceedings. A simple tilt of the grating changes from single to double pass, and at the same time the slit is replaced by a window of 1' x 6'.

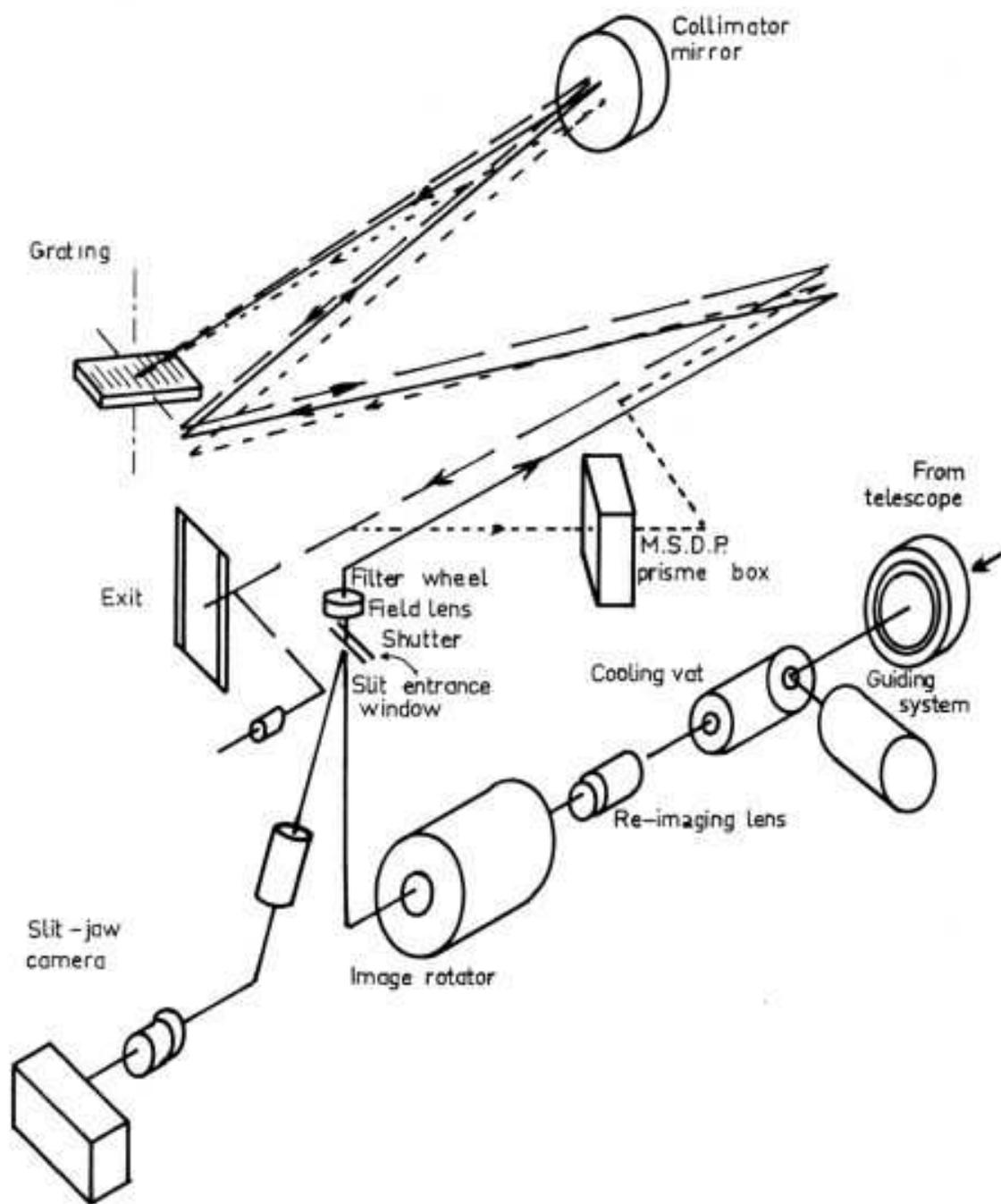


Fig.1

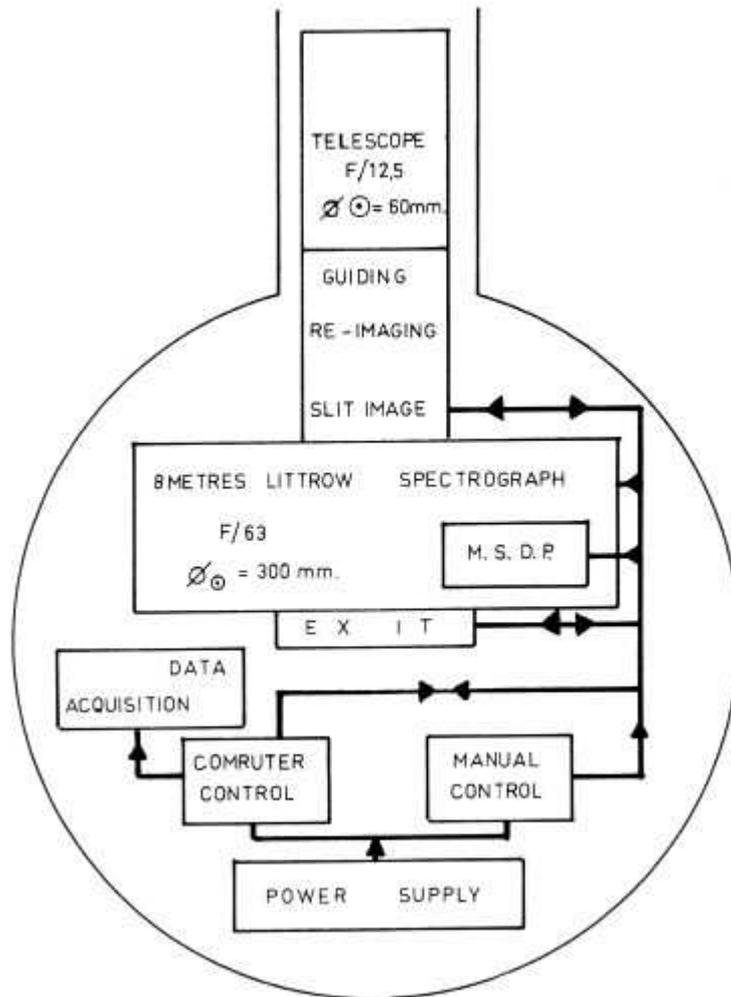


Fig.2

As the telescope is a refractor, instrumental polarization is very low, thus permitting good polarization measurements. Therefore, a polarization analyzer (Semel, 1980) will be set in the primary focus of the telescope.

2.Organization

The general organization of the telescope-spectrograph is given in Figure 2. At present (October 1980), only the manual control is operating, in the near future a micro-computer will direct the observations and command data acquisition on film or with diodes.

REFERENCES

- Mein, P. : 1977, Solar Phys. 54, 45
 Semel, M. :1980, Astron. and Astrophys.
-