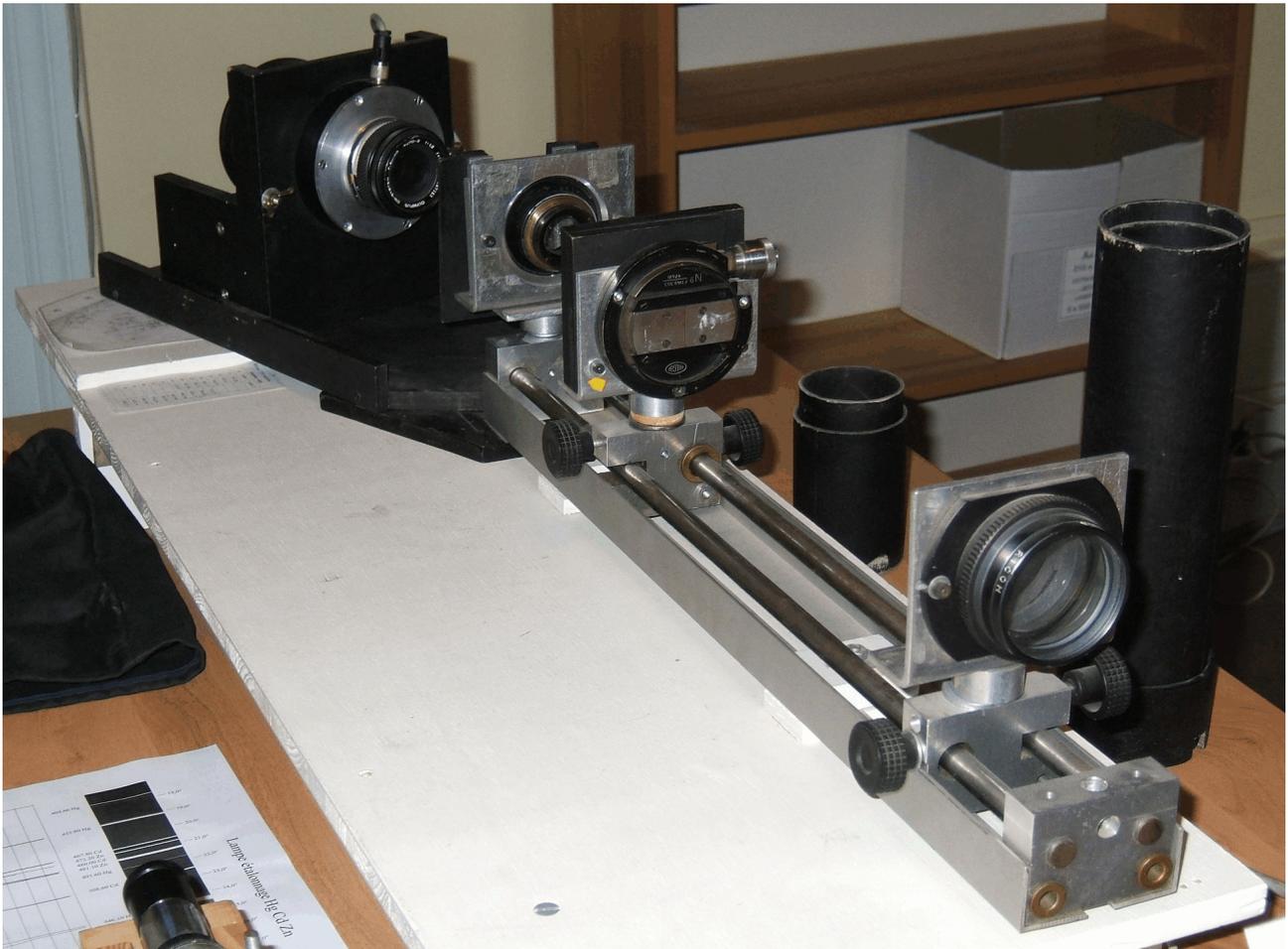


Observatoire de Lyon  
Formation continue

# *SPECTRE DU SOLEIL par imagerie numérique*

## *Acquisition*



I – Montage et réglages du spectrographe

II – Acquisition de spectres

## Réglages optiques

La description du spectrographe et de ses propriétés sont décrites dans le document *spectroscopie\_solaire.ppt* sous forme de diaporama ou dans *spectroscopie\_solaire.pdf* sous forme imprimable.  
La partie présente concerne le réglage du spectrographe et l'acquisition des spectres.

Toutes les parties du spectrographe sont mobiles et demandent des réglages appropriés qui ne sont pas indépendants. Il y a donc lieu de procéder suivant un ordre qui ne peut être aléatoire.

Le réglage optique proprement dit consiste à rendre afocal le système optique (lentille L1 et lentille L2)

La lentille L1 forme une image sur la fente d'un objet à l'infini

La lentille L2 donne une image de la fente à l'infini.

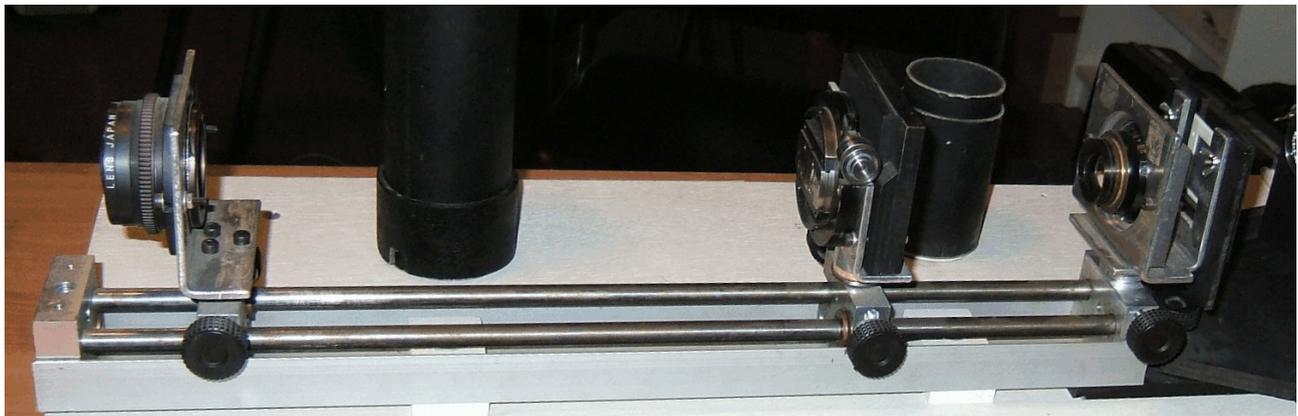
Les images de la fente donnée par L2 sont focalisée sur le CCD par l'objectif de la caméra.

Les parties mobiles sont :

- la lentille L1
- la position de la fente
- la largeur de la fente
- la position de la lentille L2
- l'orientation du réseau
- la mise au point de l'objectif
- la position de l'ensemble caméra-objectif
- l'orientation de la caméra

On procédera donc dans l'ordre :

- réglage de l'objectif de la caméra sur l'infini
- réglage au moyen de l'objectif réglé de la distance fente - L2 par déplacement de L2
- réglage de L1 pour la mise au point sur la fente de l'image du Soleil
- positionnement correcte de l'image du spectre sur la CCD en orientation.



L1

Fente

L2

### Réglage de l'objectif de la caméra

L'objectif photographique, sur la caméra, doit être réglé de façon qu'un objet situé à l'infini soit net sur la matrice.

#### Procédure

La mise au point ou focalisation, se règle avec la bague des distances. L'adaptation mécanique d'un objectif photographique sur la caméra a rendu inutilisable son échelle des distances. Il faut donc étalonner de nouveau celle-ci, en se servant d'une graduation plus précise mais arbitraire.



Le bon réglage sera trouvé par analyse d'images obtenues à **différentes positions de la bague de mise au point** d'objets situés à l'infini (plus de 100 mètres) :

- la nuit, sur le ciel ou des lampadaires lointains.
- le jour, sur des pylônes ou objets structurés.

Une série d'images pour pratiquer le traitement est donnée en documents complémentaires (annexe I).

Remarque : en journée la sensibilité de la caméra est un handicap, car il oblige soit d'utiliser des temps de poses très courts et un diaphragme très fermé, soit de mettre des filtres atténuateurs.

Un diaphragme fermé, ne correspond pas à une utilisation normale du spectrographe qui doit travailler avec un faisceau le plus grand possible pour optimiser le réseau, et doit être évité. Il reste donc l'observation de nuit !

L'analyse par IRIS, des points stellaires ou lampadaires des images, permet de tracer, en fonction de la position de l'objectif

- soit l'intensité au centre qui est maximale à la meilleure mise au point, méthode rapide,
- soit la largeur de coupe (PSF Point Source Function), méthode plus fiable

et faire la recherche de l'image la plus fine.

IRIS possède la fonction PSF qui permet d'ajuster une meilleure forme gaussienne à une image ponctuelle et d'obtenir suivant les deux axes X et Y les largeurs à mi-hauteur de l'image de la source.

Avec un tableur, rentrer les données des différentes images (position, psf) et tracer la variation de la PSF avec la position de la bague pour trouver le bon réglage.

fichier image							
position bague							
largeur de l'étoile (psf)							

On trouve (à vérifier) :

Objectif	28 mm	50 mm	200 mm
Position de la bague		5,15	

## Distance L2 - fente

### Procédure théorique

On fixe la position de la lentille L2 à l'arrière du banc optique.

On place la caméra (réglée sur l'infini) sur son support pivotant du spectroscopie

On l'aligne avec l'axe optique commun des deux lentilles L1 et L2 (position 0°).

On vise la fente et on règle la distance fente-L2 de manière à en obtenir une image nette en faisant des acquisitions pour différentes distances et en recherchant le minimum de la largeur de l'image de la fente (par intensité maximale ou par coupe avec programme IRIS).



Théoriquement, la lentille devrait alors être réglée pour toutes les positions de la caméra quel que soit l'angle de visée, mais les déformations dues au réseau et les aberrations de sphéricité font que ce réglage ne sera plus valable pour une positions angulaire donnée de la caméra.

Concrètement, il faut faire le réglage à une position moyenne du domaine angulaire utilisé.

### Mesure et calcul

Avec un tableur, rentrer les données des différentes images (distance lentille L2-fente, largeur de l'image de la fente) et tracer la variation de la largeur avec la position de la bague pour trouver le bon réglage.

fichier image							
distance L2-fente							
largeur image fente ou intensité							

### Distance fente - L1

On règle la distance fente-L1 de façon que l'image du Soleil ou d'un objet à l'infini soit nette sur le plan de la fente, en faisant coulisser l'ensemble L1 et sa monture sur le banc optique.

Remarque : la lumière du Soleil et de la lampe étalonnage étant abondante, la mise au point précise sur la fente s'avère être un handicap à cause de la trop grande intensité. Pour remédier à ce problème, on ne prend pas l'image du Soleil, mais celle du ciel qui est presque similaire et pour la lampe étalon, on défocalise son image sur la fente.

On trouve (à vérifier) :

face avant du support aluminium de L1 à face avant du support aluminium de la fente	33,0 cm
face avant du support aluminium de la fente à face avant du support aluminium de L2	16,5 cm

Bien éliminer toute lumière parasite en mettant les manchons et en couvrant l'appareil avec un tissu noir.

### Réglage de la fente.

La largeur de la fente conditionne la qualité et les conditions d'obtention du spectre.

- Une fente trop ouverte élargit l'image de celle-ci et les raies proches ne se distinguent plus.
- Une fente très fine peut à la limite donner des images diffractées qui dégradent la résolution.
- Une fente trop fine ne laisse passer que peu de lumière et oblige à allonger les temps de pose.

Attention : les deux bords de la fente doivent être bien parallèles.

Attention aux poussières qui se déposent sur la fente, surtout si elle est très fermée.

### Orientation des spectres

Le traitement des images spectrales sera facilité si

- l'image de la fente est parallèle au petit côté de l'image spectrale, la dispersion se faisant suivant le grand côté.
- la dispersion est rigoureusement parallèle au grand côté.

1) L'orientation de l'image de la fente sur le CCD, se fait en tournant la caméra sur elle-même dans son support.



### *Procédure*

L'orientation de la fente se fait en repérant sur un spectre le décalage en abscisse entre le bas et le haut d'une raie. Connaissant la hauteur de la raie, on peut calculer l'angle dont il faut tourner. Plus simplement, on repère le sens de rotation qui agit dans le sens désiré et l'on corrige par petites touches pour annuler le décalage haut bas d'une raie de la lampe étalon.

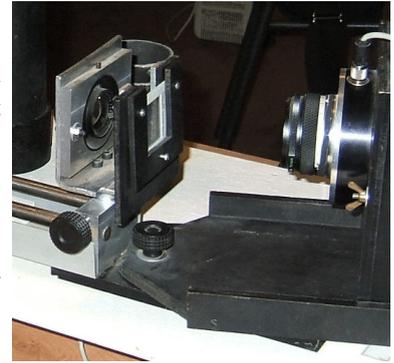
### 2) Orientation de la dispersion du spectre.

L'orientation des traits du réseau n'est pas systématiquement parallèle aux bords de son support. Dans ce cas, le spectre obtenu sera incliné par rapport à la direction orthogonale à la fente.

### *Procédure*

On desserre légèrement les vis de fixation du réseau sur son support et après avoir repéré le sens de rotation réseau - rotation image spectrale, on ajuste par petite touche l'orientation du réseau.

Resserrer en douceur les vis de fixation après réglage



### **Position de la caméra derrière le réseau**

La distance objectif caméra - réseau n'a théoriquement pas d'importance, les faisceaux étant parallèles. Mais pour que le rendement du réseau soit le meilleur possible, il faut que la lumière donnant l'image de la fente utilise le maximum de sa surface (le plus grand nombre de traits doivent être utilisés). Afin d'éviter le vignetage (perte de lumière sur le trajet optique par des écrans ou diaphragmes), surtout pour les angles importants, on approche au plus près sans toucher, l'objectif de la caméra du réseau disperser.

### **Réglage de l'ouverture de l'objectif**

Pour utiliser au mieux le faisceau de lumière, il faut travailler avec le diaphragme de l'objectif ouvert au maximum.

## *Annexe I*

Suite d'images faites la nuit sur un paysage lointain comportant des lampadaires pour le réglage de l'objectif sur l'infini.

Fichier images de test :

Nom du fichier	Index de l'objectif
A490.PIC	4,90
A500.PIC	5,00
A510.PIC	5,10
A515.PIC	5,15
A520.PIC	5,20
A530.PIC	5,30
A550.PIC	5,50

Répertoire : Mes documents/spectro/map

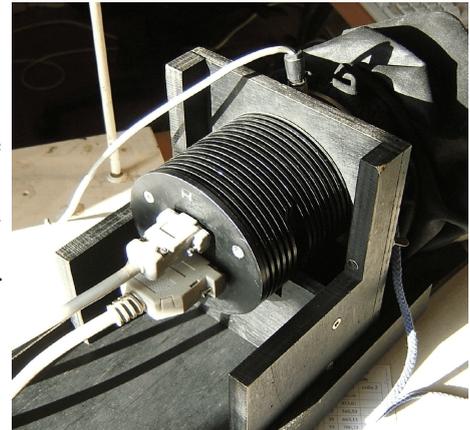
# ACQUISITION DES IMAGES

## Branchement de la caméra

- 1) – Relier l'obturateur au boîtier de l'alimentation.
- 2) – Relier la caméra :
  - à la boîte d'alimentation au moyen du câble muni de la borne grise, connecteur 9 broches.
  - au port parallèle de l'ordinateur au moyen du câble muni de la prise mâle noire à 25 broches,
- 3) – Brancher le boîtier de l'alimentation au secteur 220 V / 50 Hz par le cordon noir.

L'interrupteur de refroidissement doit être sur (0), neutre.

- 4) – Allumer l'ordinateur et lancer le programme WinMiPS.



## LE LOGICIEL D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES IMAGES

### Organisation de l'écran.

L'écran comprend :

- ◆ une barre de menus :



Chacun de ces menus ouvre une liste déroulante permettant de choisir parmi toutes les commandes de WinPiPS. Toutes les décrire ici serait fastidieux et inutile car seules quelques unes seront utilisées pour l'étude du spectre solaire.

- ◆ une barre d'outils standards :



Les onze petites icônes correspondent aux commandes les plus courantes des menus précédents.

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  |  | sert au chargement ou la sauvegarde d'une image,                                    |  |
|  |  |  | utilisé lors de la visualisation l'image chargée,      |
|  |  |  | servent lors de traitement et de l'analyse de l'image, |
|  |  |  | utilisé pour l'acquisition d'images.                   |

Pour l'acquisition, la visualisation et la sauvegarde, seules les commandes cerclées sont utilisées.

## Réglages des seuils de visualisation

A chaque pixel de l'image est attribué un nombre de « pas codeurs » fonction de l'intensité lumineuse reçue par le photosite correspondant de la matrice :

nombre de photons reçus par le photosite      nombre de « pas codeurs » du pixel

La caméra HiSIS numérise sur 12 bits ce qui correspond à un nombre maximal de  $2^{12} = 4096$  « pas codeur » qui seront numérotés de 0 à 4095

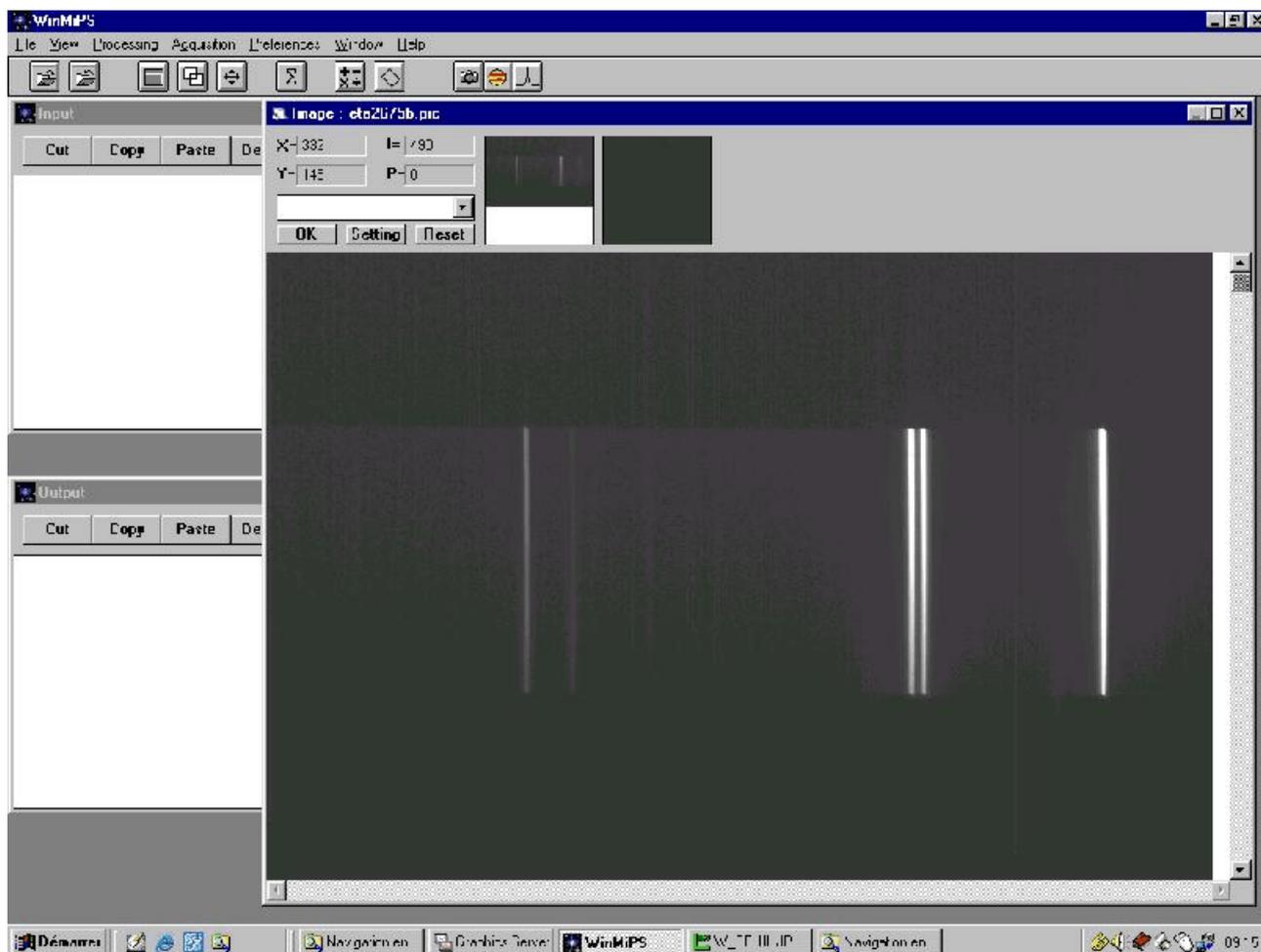
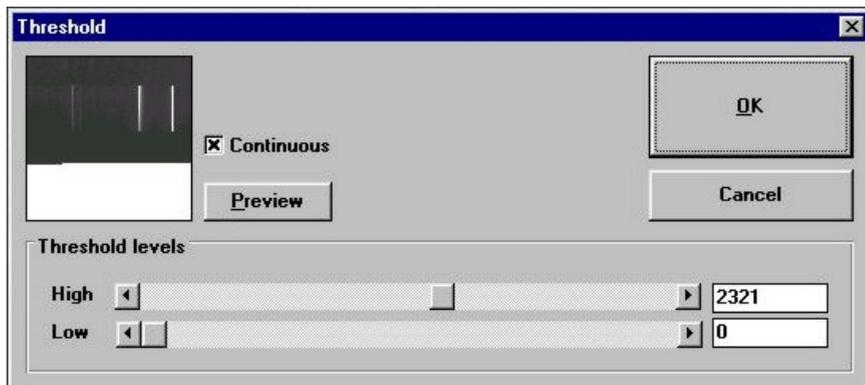
L'ordinateur génère des niveaux de gris fonction du nombre des « pas codeurs » des pixels ; la notion de seuil bas et seuil haut permet d'assigner :

- noir à tous les pixels dont le nombre de « pas codeurs » est inférieur à celui du seuil bas
- blanc supérieur seuil haut
- dégradé de gris à ceux dont le nombre de « pas codeurs » est intermédiaire.

En réduisant l'écart entre les deux seuils, on augmente le contraste.

L'effet du réglage des seuils est immédiatement visible dans une petite fenêtre où apparaît une image en format réduit.

Lorsque le réglage paraît satisfaisant, cliquer sur OK. Apparaît alors, à droite de l'écran, la fenêtre de visualisation

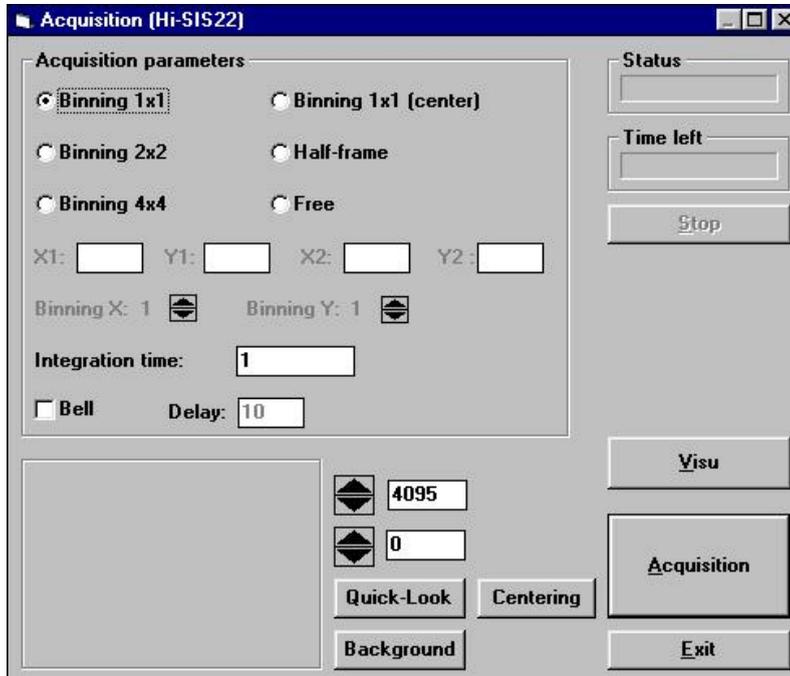


## Démarrage de l'acquisition

Cliquer sur le menu :

*Acquisition / Ciel profond* ou l'icône 

La fenêtre d'acquisition apparaît:



Choix du *binning* (nombre de pixels réunis en lecture):

- binning 1x1 Image de 768x512 pixels avec une résolution de 9 m.
- binning 2x2 Image de 384x256 pixels avec une résolution de 18 m.
- binning 4x4 Image de 192x128 pixels avec une résolution de 36 m.
- binning 1x1 (centre) Fenêtre de 128x128 pixels au centre du CCD  
résolution de 9 m.
- demi-trame Fenêtre de 128x128 pixels à la partie supérieure du CCD  
résolution de 9 m
- libre Possibilité de définir une fenêtre de dimension quelconque  
et avec un format et un facteur de binning de votre choix.

Avant de lancer une acquisition : choisir le *temps d'intégration* en secondes (et fraction de seconde éventuellement).

Pour lancer la pose cliquer sur le bouton *Acquisition*.

Pour interrompre la pose lors de la phase d'intégration appuyer sur le bouton *Stop*.

Temps moyen de lecture de l'image (dépend du PC)

binning 1x1 : 28 s

binning 2x2 : 7 s

### Visualisation de l'image.

Sans sortir de la fenêtre d'acquisition, l'image peut être visualisée en format réduit en appuyant sur le bouton *Visu rapide* (Quick look)

Pour voir l'image au format 1x1 bouton : *Visu*

Les seuils de visualisation sont ajustables. Si l'intensité des pixels est partout ou presque partout supérieur à 4095, l'image est saturée et il faut recommencer une pose avec un temps d'intégration plus court.

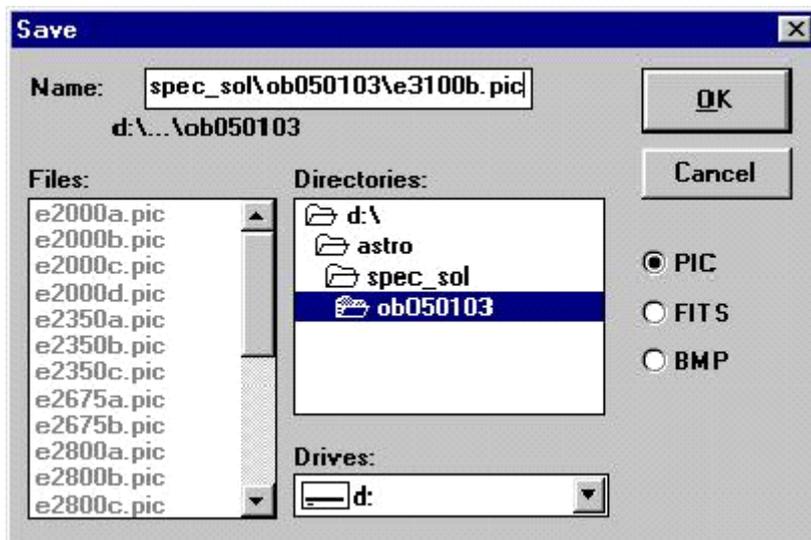
Le bouton *Background* retourne le niveau du fond de ciel.

## Sauvegarde d'une image.

L'image qui vient d'être acquise est toujours stockée dans le fichier buffer #0.PIC. Pour la garder en vue de l'utiliser ultérieurement il faut la sauvegarder.

Cliquer sur le menu : *Fichier / Sauver* ou l'icône 

Choisir (partie droite de la fenêtre) le format dans lequel l'image va être sauvegardée.



Choisir le répertoire :

- 1) le lecteur dans la liste déroulante (Disques) située en bas et au milieu [1 clic]
- 2) le dossier dans la fenêtre (Répertoires) [2 clics]

Donner un nom à l'image et l'écrire dans la fenêtre prévue à cet effet.

**Remarque** : ne pas choisir le format BMP sauf pour inclure l'image dans une présentation ou document, car la dynamique est alors perdue et ramener de 0 à 255.

## Cahier de bord

Tenir un **cahier de bord** et noter les conditions d'acquisition que l'on peut aussi mettre dans le commentaire de Header PIC

- l'objet observé (lampe étalon, ciel, soleil...)
- le binning
- le temps de pose
- la position de l'image du Soleil sur le support de la fente
- les problèmes et incidents éventuels, etc

## Acquisition d'une série d'images pour l'étude du spectre du Soleil.

1) Pour connaître les longueurs d'onde des raies contenues dans le spectre solaire, il est nécessaire de disposer du spectre d'une lampe de référence pris rigoureusement dans les mêmes conditions expérimentales. Les longueurs d'onde des raies de cette lampe étant connues, le repérage de leurs positions sur l'image permettra l'étalonnage du spectre.

Il faut donc prendre successivement et, impérativement, sans toucher à la caméra  
l'image du spectre solaire,  
l'image du spectre de la lampe de référence.

2) Il n'est pas possible d'avoir dans sa totalité le spectre sur une seule image. Pour balayer le spectre dans sa totalité, il faut donc *réaliser plusieurs couples d'images* pris avec des orientations différentes de la caméra.

Il est préférable que les différentes portions du spectre se recouvrent pour éventuellement être assemblées par la suite.

De plus il faut veiller à ce que, dans le spectre de référence, plusieurs raies bien réparties soient présentes dans le domaine de longueurs d'onde choisi.

Pour cela consulter les tableaux des raies spectrales des éléments contenus dans la lampe.

- choisir les valeurs successives (les mieux adaptées) pour l'angle moyen formé par l'axe de la caméra avec l'axe optique du spectroscopie et correspondant au milieu du champ,
- évaluer les valeurs extrêmes  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  de l'angle de déviation pour les deux bords du champ,
- en déduire, par application de la formule  $\sin \alpha = n.k.l$ , les valeurs  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  des longueurs d'onde extrêmes captées par la caméra en fonction de l'objectif utilisé,
- remplir l'encadré "Caractéristiques du spectre" de la feuille de calcul Excel : " fiche type ".

Le traitement des images et l'exploitation des spectres est abordé dans le fichier *exploitation.ppt* et *exploitation.pdf*

**Documents complémentaires** (à trouver sur le CDRom ou sur le site internet):

<b>Documents</b>	<b>Fichiers présentation</b>	<b>Fichiers imprimables</b>
Description du spectrographe	spectroscopie_solaire.ppt	spectroscopie_solaire.pdf
Réglages du spectrographe, acquisition		reglages_acquisition.pdf
Exploitation des spectres	exploitation.ppt	exploitation.pdf
Données spectrales	donnees.ppt	donnees.pdf
Lampe étalon		lphgcdzn.pdf
La régression linéaire	regression.ppt	regression_lineaire.pdf
feuille de calcul		fiche_type.xls
Commentaires sur la feuille de calcul		commentaire_fiche_type.pdf