

# TP – imagerie numérique

Ce TP a pour objectif de vous familiariser avec l'acquisition des images numériques et leurs manipulations. Vous étudierez la phase de pré-traitement des images. Vous vous familiariserez aussi avec certains types d'aberrations propres à l'utilisation de capteurs CCD.

La caméra utilisée pour les TPs est une caméra Audine, équipée d'un capteur CCD Kodak AF400.

Matériels utilisés :

- 1 ordinateur fonctionnant sous Windows permettant de lancer le logiciel Audela qui permet de piloter la caméra;
- 1 caméra Audine (Figure 1) avec une optique pour faire de l'imagerie;
- 1 boîtier d'alimentation de la caméra (Figure 2);
- 1 nappe pour raccorder la caméra à l'ordinateur.

Le boîtier d'alimentation possède un interrupteur général placé à l'arrière. La mise sous tension de la caméra se fait dans l'ordre suivant : allumer l'alimentation +/-15 V, puis celui du ventilateur. **Ne pas allumer le refroidissement par le module thermo-électrique Peltier** (qui permet de refroidir le capteur à une température en dessous de 0°C). Pour éteindre la caméra, merci de procéder dans l'ordre inverse i.e. éteindre le ventilateur puis l'alimentation +/-15 V.



Figure 1 – image du boîtier caméra. Pour ce TP une optique est également présente devant le capteur afin de pouvoir faire des images.

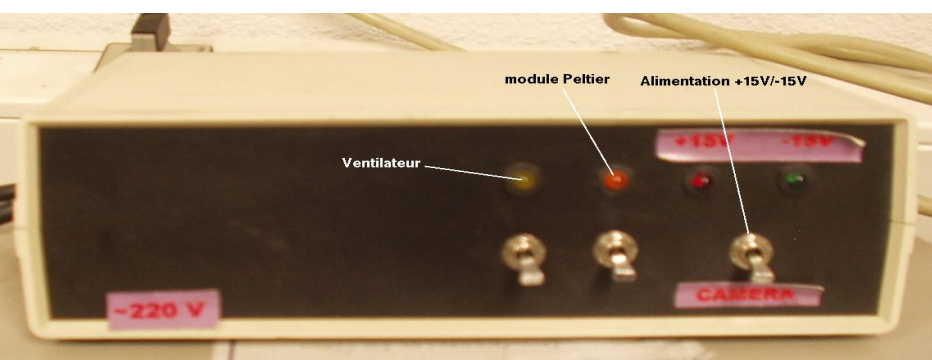


Figure 2 – Boîtier d'alimentation de la caméra (interrupteur général au dos du boîtier).

**A la fin du TP, merci de rassembler l'ensemble de vos images et programmes Matlab dans un répertoire portant vos noms sur le Bureau. Vous indiquerez sur votre rapport à quoi correspondent les différents programmes et images. Pour vos compte-rendus merci d'inclure les images prises et traitées.**

## 1. Acquisition avec la caméra CCD

**La caméra est réglée. Il est donc impératif de ne pas la déplacer, ni modifier le réglage de la focale.** La caméra étant très sensible à la lumière, vous ferez les images avec la pièce dans l'obscurité (rideaux et lumière fermés, porte entrouverte). **Veiller à ce que les conditions d'éclairage ne changent pas trop au cours de vos prises d'images.**

Pour ouvrir Audela, cliquer sur l'icône **Audela-123** et sélectionner Audace. Prendre des images en mode **image** (mode par défaut). Le temps d'acquisition est donné en seconde. Pour prendre une image, appuyer sur **GO CCD**.

Pour sauvegarder une image, mettre un nom dans la case prévue à cet effet (sans caractères spéciaux et moins de 8 caractères) et appuyer sur **sauvegarde**. Les images sauvegardées sont au format FITS (*Flexible Image Transport System* – <http://fits.gsfc.nasa.gov/>) et sont stockées dans le répertoire **C:\audela-123\images\**.

- 1) Faire une image du rond blanc sur fond noir fourni sur la paillasse sur 1 seconde et une autre sur 10 secondes en binning 1x1.

Que constatez-vous sur ces deux images ? Est-ce que le temps de lecture change entre ces deux acquisitions ? Cette aberration s'appelle le "*smearing*". Expliquer son origine.

- 2) Faire une image du rond blanc sur fond noir sur 5 secondes en binning 1x1 et en binning 2x2. Estimer la définition des deux images.

Expliquer ce qu'est le binning et quel est son intérêt.

## 2. Calibration

Un pixel d'une image brute, pour un temps de pose  $t$ , comporte les composantes suivantes

$$\text{Brute} = \text{Bias} + \text{Thermique} + \text{lumière} * \text{réponse} * t$$

Si l'on effectue une pose, de même temps de pose dans le noir absolu, on obtient le dark:

$$\text{Dark} = \text{Bias} + \text{Thermique}$$

**Bias** = signal artificiel injecté dans chaque puits de potentiel de la matrice active. Ce signal sert à indiquer le niveau zéro (ou de référence) dans chaque puits.

**Thermique** = électrons produits par agitation thermique.

Si l'on effectue une pose, de même temps de pose sur une plage de lumière uniforme (2 feuilles de papier blanc superposées par exemple), on obtient le flat :

$$\text{Flat} = \text{Bias} + \text{Thermique} + \text{cste} * \text{réponse} * t$$

Le flat permet de corriger l'image acquise de la réponse ("empreinte") spatiale du CCD. Cette "empreinte" est liée au fait que tous les photo-sites de la matrice active n'ont pas les mêmes performances i.e. ne créeront pas le même signal pour le même flux incident.

**A partir des images Dark et Flat et de leur expression, en déduire une méthode pour corriger l'image Brute des charges thermiques et de la non uniformité de réponse des photo-sites.**

L'image ainsi corrigée s'appelle l'image pré-traitée.

## 2.1. Acquisition des images de calibration

Vous effectuerez toutes vos acquisitions en **binning 2x2**. La caméra n'étant pas équipée d'un obturateur, les étudiants devront assurer cette fonction durant la phase de lecture en collant le cache fourni sur la paillasse à l'objectif tout en veillant à ne pas endommager le matériel.

- 1) Faire une acquisition avec la lumière allumée. L'image obtenue est dite saturée. Noter la valeur de l'intensité maximale renvoyée par le convertisseur analogique/numérique (déplacer le curseur sur l'image à l'aide de la souris). A quoi correspond la saturation ?
- 2) On commencera par faire l'acquisition du flat en optimisant le temps de pose (avoir la plus grande dynamique possible en ne saturant pas). Sauver cette image sous le nom **Flat**. On pourra ouvrir la porte afin de laisser passer suffisamment de lumière tout en évitant la saturation.

Utiliser le programme matlab hist2.m pour vérifier que votre image ne sature pas localement.

- 3) Faire l'acquisition du **Dark** (toujours en binning 2x2). Sauver cette image sous le nom **Dark**. Quelle durée avez-vous choisi pour le temps de pose ? Justifier votre réponse (discuter en avec l'enseignant(e)). Commenter l'image obtenue.
- 4) Enfin, faire l'acquisition d'une image d'un des supports fournis. Préciser le temps de pose choisi et pourquoi. Sauver cette image sous le nom **Image**.
- 5) Commenter l'image brute "**Image**" obtenue avec la caméra CCD en la comparant à l'image d'origine.

L'ensemble des images prises avec la caméra ainsi que le programme hist2.m sont stockés dans le répertoire **C:\audela-123\images\**.

## 2.2. Utilisation de Matlab

Les fonctions suivantes ont été ajoutées à Matlab pour traiter et analyser les images de ce TP. Elles sont situées dans le répertoire **C:\audela-123\images\**.

- **readfits('namefile')** charge le contenu du fichier image 'namefile' au format FITS dans une matrice Matlab.
- **visu(img,0,0)** visualise le contenu de la matrice sous forme d'image à l'écran. Les paramètres 0,0 signifient que les seuils en intensité de **visu** seront calculés automatiquement par la fonction. On peut les indiquer explicitement dans la fonction en remplaçant 0,0 par  $I_{\min}$ ,  $I_{\max}$  (intensité min. et max.).
- **hist2(img,n,sb,sh)** affiche l'histogramme de l'image entre  $I_{\min}$  et  $I_{\max}$  en prenant (n) valeurs entre les deux valeurs d'intensité. Utile pour chercher la valeur des intensités dans l'image. Cela est utile notamment pour aider à obtenir un meilleur contraste sur les images visualiser avec la fonction **visu**.

Exemple:

```
% --- charge le contenu du fichier image.fit dans la matrice image4.  
image4=readfits('image.fit') ;  
  
% --- visualise l'image avec les seuils min et max par défaut dans l'image.  
visu(image,0,0) ;  
  
% --- visualise l'histogramme des intensités numériques de l'image "image4" sur 1000 canaux  
entre une intensité min = 0 et max = 30000.  
hist2(image4,1000,0,30000);
```

## 2.3. Fonction de calibration

- 1) Expliquer comment vous allez utiliser les images **Dark** et **Flat** pour corriger l'image **Brute**.
- 2) Ecrire un programme rassemblant les lignes de commandes sous Matlab permettant de réaliser le pré-traitement de l'image brute acquise en utilisant les images **Flat & Dark**.  
On rappelle que la division des éléments d'une matrice sous Matlab s'écrit **./**. Il est également conseillé de finir chaque ligne de commande par un **;**.
- 3) Afficher les images brute et pré-traitée en ajustant les seuils en intensité (utiliser la fonction **hist2**). Commenter l'image pré-traitée.

## 3. Aberrations des images numériques

L'objectif dans cette section est de vous amener à reconnaître et à comprendre l'origine de certaines aberrations induites par l'utilisation d'un capteur numérique CCD. Vous vous intéresserez à 2 types d'aberrations supplémentaires que vous essayerez de diagnostiquer. L'enseignant vous indiquera le protocole à suivre.