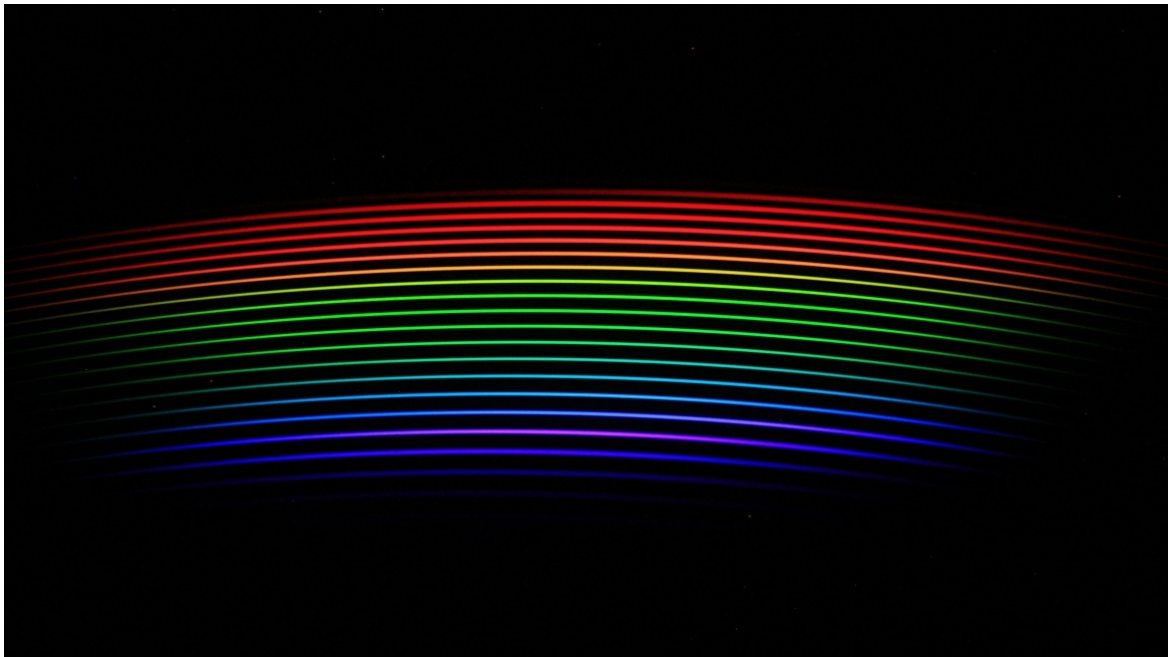


# Photométrie d'Ouverture

Silio-Manolo CORDELIER   Lorys NEUVEUX

12 Décembre 2025

Master 1   Astrophysique – Cosmos Champs et Particules  
HAP 703P – Atelier Astrophysique Observationnelle





Chandrasekhar (1961)

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte et objectifs de l'étude</b>	<b>5</b>
1.1	Contexte astrophysique . . . . .	5
1.2	Objectifs de l'étude . . . . .	5
1.3	Discussions sur la magnitude . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Description des observations photométriques</b>	<b>6</b>
2.1	Instrumentation . . . . .	6
2.2	Observations . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Calibration des observations photométriques</b>	<b>7</b>
3.1	Étape 1 . . . . .	7
3.2	Étape 2 . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Mesures photométriques et incertitudes</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>8</b>
	<b>Références web</b>	<b>8</b>
<b>A</b>	<b>Titre de la section 1 d'annexes</b>	<b>10</b>
<b>B</b>	<b>Titre de la section 2 d'annexes</b>	<b>10</b>

## 1 Contexte et objectifs de l'étude

### 1.1 Contexte astrophysique

Notre projet porte sur la photométrie d'ouverture. Cela consiste en l'étude et la détection de sources stellaires et à la mesure des magnitudes de celles-ci. La magnitude d'une étoile est défini par le flux logarithmique de celle-ci, il s'agit d'une mesure de la sensibilité de notre œil à la luminosité apparente. On appelle donc cette quantité la magnitude apparente. De part la définition de la magnitude apparente, celle-ci est opposé à la luminosité.

La photométrie d'ouverture permet de faire un premier traitement de l'image pour indiquer si ce qu'on observe sur la photo est une étoile ou bien du bruit, causé par le "fond de ciel". Le fond de ciel est le niveau de luminosité reçu qui ne provient pas des étoiles. Il peut s'agir de la diffusion dans l'atmosphère de la lumière, ou encore de la pollution lumineuse, ou autres (?).

### 1.2 Objectifs de l'étude

Le principe de notre projet sera alors de corriger ce fond de ciel. Ensuite, de pouvoir détecter les sources et de donner les conditions pour lesquelles, nous allons considérer que se sont des sources utilisable, pour pouvoir faire un premier tri des étoiles. Ce tri va nous permettre d'obtenir précisément la position de nos étoiles sur notre image, ce qui permet de donner la position précise de chaque étoile détectée. Avec ces informations, on demandera à Vizier, une librairie de catalogues astrophysique de nous donner les magnitudes de nos étoiles dans un filtre donné.

On déterminera enfin, qu'elle est la quantité optimale d'étoiles qu'il faut prendre pour calibrer notre magnitude. En connaissant la magnitude apparente de quelques étoiles et la magnitude instrumental (ce qui nous permettra de donner la magnitude des autres étoiles dans un filtre donné), on pourra donner un critère sur la précision de la photométrie, ce qui nous permettra de conclure.

### 1.3 Discussions sur la magnitude

Comme indiqué précédemment, l'œil humain n'a pas une sensibilité linéaire aux changements de flux lumineux. C'est pour cette raison que les astrophysiciens parlent de magnitude et non de flux.

$$m_A = F_{0,A} - 2.5 \log(F_A) \quad (1)$$

où  $F_{0,A}$  est un flux de référence.

A représente le filtre donné. Effectivement, dans une plage de longueur d'onde donné, le flux d'une étoile n'est pas le même. Il faut donc définir dans quelle plage de longueur d'onde on se trouve. Ce que nos capteurs mesurent est le flux de photons reçus. On s'aperçoit alors que le flux de photons est proportionnel au flux lumineux :

$$F_A \propto n_A - n_{0,A} \quad (2)$$

Où  $n_A$  est la quantité de photons reçus et  $n_{0,A}$  la quantité de photons reçus du fond de ciel. Supprimer  $n_{0,A}$  nous permet de corriger le fond de ciel, nous pouvons alors définir la magnitude instrumentale (et apparente) comme :

$$m_{inst,A} = B - 2.5 \log(n_A - n_{0,A}) \quad (3)$$

Où B est une constante à déterminer (et où  $F_{0,A}$  y est contenu).

Nous avons donc accès aux magnitudes instrumentales et aux magnitudes de référence de quelques étoiles. On peut calculer alors B (on utilisera aussi le terme "zéro") par :

$$B = m_{inst,A} - m_A \quad (4)$$

La connaissance de ce B va nous permettre de calculer les magnitudes des autres étoiles.



FIGURE 1 – Enter Caption

## 2 Description des observations photométriques

### 2.1 Instrumentation

### 2.2 Observations

#### 2.2.1 Objets astrophysiques

Pour ce projet, nous avons observé l'amas ouvert d'étoiles M39 (M pour Messier, le nom de son découvreur), situé dans la constellation du Cygne. Pour connaître la meilleure période pendant laquelle observer M39, il est nécessaire de connaître sa position dans le ciel en fonction du temps, ou plus exactement, connaître son altitude en fonction du temps. Pour cela, abracabra :

#### 2.2.2 Images de calibration

#### 2.2.3 Caractérisation de la caméra CCD

Une caméra CCD (Charged Coupled Device) est un récepteur multicanal, constitué d'un "pavage" d'électrodes (ou pixels récepteurs) dans une certaine plage de longueur d'onde.

La caractérisation de notre CCD est importante car elle permet d'obtenir toutes les données importantes sur celui-ci. Toutes ces données se trouvent dans la fiche fabricant et certaines données calculées se trouvent dans le Header. Notre CCD, FLI Proline 4240, est donc caractérisé par les données sur la Table 1.

La caméra CCD est composée de plusieurs pixels chacun recevant une quantité de photons selon l'image observé. Puis, par effet photo-électrique, ces photons sont convertis en électrons. Ce sont les électrons qui vont donc nous permettre d'exploiter le signal.

Or, lors de l'effet photo-électrique, des photons autres que ceux reçus par notre image peuvent se transformer en électrons. Ces photons sont en fait produits par l'agitation thermique et contribuent au bruit de lecture. Pour empêcher au maximum cet effet, on refroidit la caméra. Le bruit de lecture donné ici est donc le bruit de lecture à  $-25^{\circ}\text{C}$ . Le bruit de lecture vient aussi du courant d'obscurité, faible ici dans notre cas (nos images ont des temps de pose de l'ordre de 5s).

Plus un pixel est petit et plus l'image sera précise. Ici, nous sommes à l'ordre du micromètre. Après un temps de pose du CCD, celui-ci accumule des électrons dans chaque pixel (qui est en fait un puits quantique

Surface de l'image (diagonal)	$27.6 \times 27.6 \text{ mm}$
Nombre de pixels	$2048 \times 2048$
Capacité maximale	$10^5 \text{ e-}$
Taille d'un pixel	$13.5 \times 13.5 \mu\text{m}$
Courant d'obscurité	$0.2 \text{ e-/s à } -30^\circ\text{C}$
Refroidissement maximal	$60^\circ\text{C}$
Bruit de lecture	$14.32 \text{ e-}$
Gain théorique	$1.35 \text{ e-/ADU}$
Gain	$1.339 \text{ e-/ADU}$

TABLE 1 – Données de la caméra CCD

grâce à la tension appliquée). Mais, si le nombre d'électrons est trop grand, chaque pixel peut "fuir" sur d'autres pixels. En d'autres termes, s'il y a trop d'électrons dans un puits quantique, certains électrons vont réussir à s'échapper pour passer au suivant. La caractéristique de la capacité maximale, nous renseigne le nombre d'électrons où nous pouvons commencer à percevoir des fuites.

Le gain du CCD nous permet de mesurer l'effet de l'amplificateur sur le signal mesuré en électrons. Il convertit donc ce qu'on reçoit (les électrons) en ADU. Lors de la prise d'une image, le CCD calcul le gain réel, nous prendrons donc cette valeur dans la suite de nos mesures

### 3 Calibration des observations photométriques

#### 3.1 Étape 1

#### 3.2 Étape 2

### 4 Mesures photométriques et incertitudes

### 5 Conclusion

## Bibliographie

Chandrasekhar, S., 1961, *Hydrodynamic and hydromagnetic stability*, International Series of Monographs on Physics, Oxford : Clarendon, 1961

## Références web

1. reference 1, <http://umontpellier.fr>



**Table des figures**

**Liste des tableaux**

1    **Données de la caméra CCD** . . . . . 6

**A** Titre de la section 1 d'annexes

**B** Titre de la section 2 d'annexes

## **Résumé**

Résumé du projet en Français.

## **Abstract**

Project summary in English.

## **Contributions des auteurs**

Préciser brièvement les contributions respectives de chaque auteur du rapport.

## **Remerciements**

Remerciements aux personnes et structures ayant permis la réalisation du projet, dédicaces...

---