

Les caméras CCD en astronomie: traitement d'image et bruit

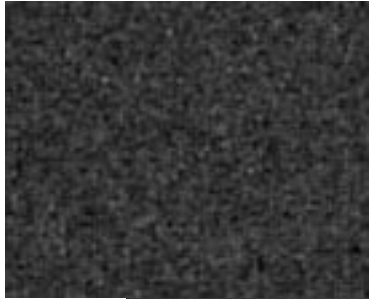
- **Le bruit: un peu de théorie**
- **Caractéristiques de l'image**
- **Traitement d'une image avec Astroart**

Bibliographie:

The Handbook of Astronomical Image Processing, R. Berry & J. Burnell,
Willmann-Bell 2000, ISBN 0-943396-67-0

AstroArt 3.0, MSB Software

Qu'est-ce que le bruit ?



M51 exposition 1 mn



M51 exposition 5 mn



Principe de fonctionnement des photodétecteurs

CMOS

CCD

Jonction pn

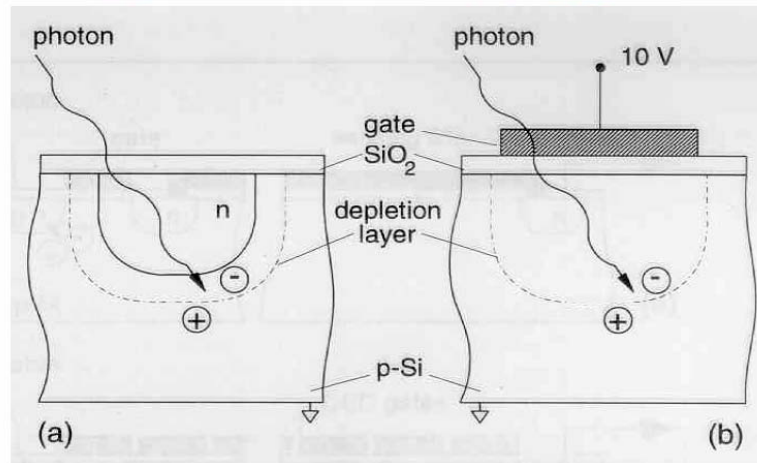
réseau de photodiodes

IT-CCD

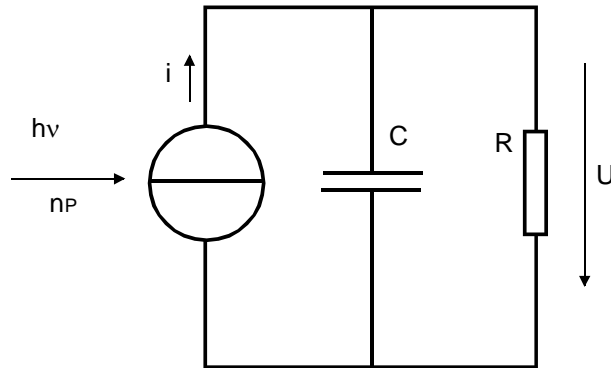
Capacité MOS

photogate

FT-CCD



Bruit thermique



$$\Delta i_t = \sqrt{\frac{4kTB}{R}}$$

Avec:

k : constante de Boltzmann

T : température absolue

B : bande passante

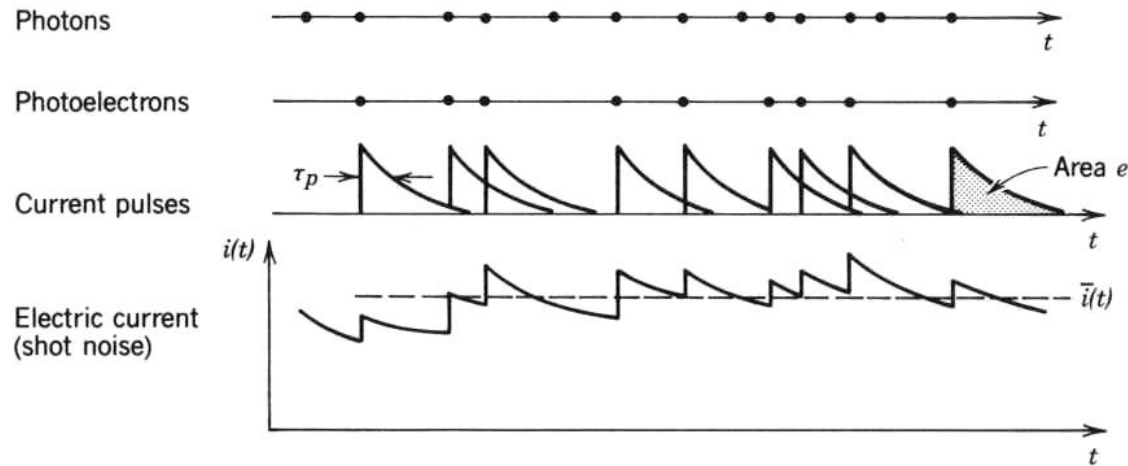
R : résistance

Caractéristiques:

- augmente avec la température (effet faible)
- indépendant du signal

Pour un détecteur de type CCD, on peut considérer: $B \sim \frac{1}{t_0}$

Bruit quantique



$$\Delta i_q = \sqrt{2Be \cdot i_0}$$

Avec:

e : charge de l'électron
 i_0 : photocourant (signal)
 B : bande passante

Caractéristiques:

- augmente avec le signal

Courant d'obscurité

$$\Delta i_{q'} = \sqrt{2Be \cdot i_d}$$

Avec:

e : charge de l'électron

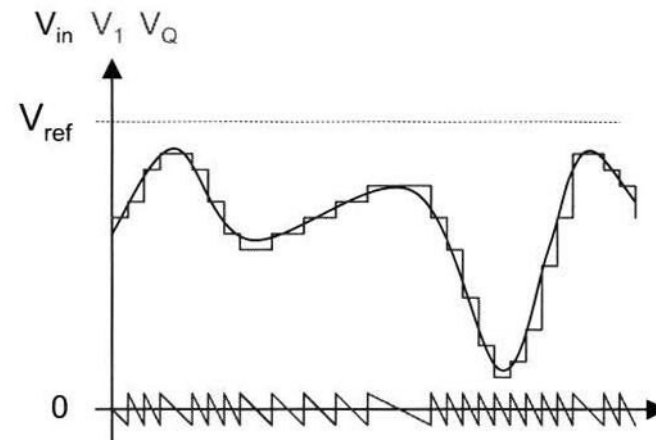
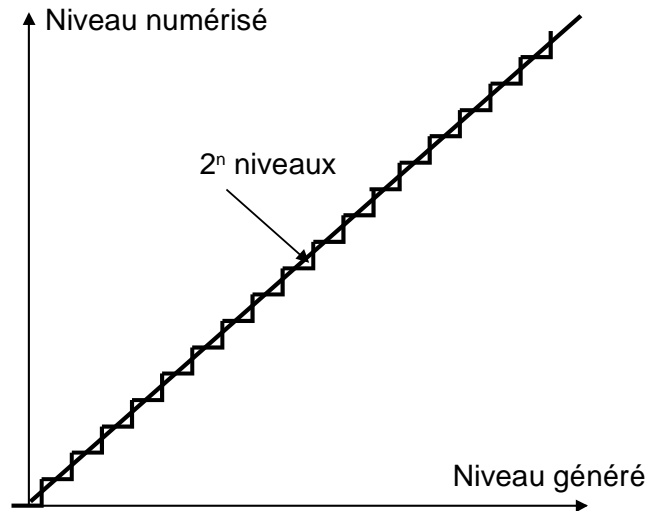
i_d : courant d'obscurité

B : bande passante

Caractéristiques:

- dû au courant de fuite dans le détecteur
- augmente fortement avec la température
- indépendant du signal

Bruit de quantification



Avec:

i_{max} : courant du niveau maximum

n : nombre de bits du convertisseur A/D

$$\Delta i_n = \frac{i_{max}}{2^n \cdot \sqrt{12}}$$

Récapitulation des bruits

$$\Delta i = \sqrt{2eB(i_0 + i_d) + \frac{4kTB}{R} + \left(\frac{i_{\max}}{2^n \cdot \sqrt{12}} \right)^2}$$

Caractéristiques:

- une partie existe même sans courant de signal (bruit thermique et bruit lié au courant d'obscurité). C'est ce bruit qui sera déterminant pour les très faibles intensités lumineuses.
- une partie est fonction du signal (bruit quantique). Ce bruit deviendra important pour intensités élevées.
- une partie est liée à l'électronique de traitement (quantification). Ce bruit vient se rajouter au bruit quantique et peut être important si le nombre de bits de discrétisation est faible (webcam).

Avec:

k : constante de Boltzmann

e : charge de l'électron

T : température absolue

B : bande passante

R : résistance

i_0 : photocourant (signal)

i_d : courant d'obscurité

i_{\max} : courant du niveau maximum

n : nombre de bits du convertisseur

En résumé:

En astronomie, avec de faibles niveaux d'intensité, deux composantes de bruit sont généralement prépondérantes:

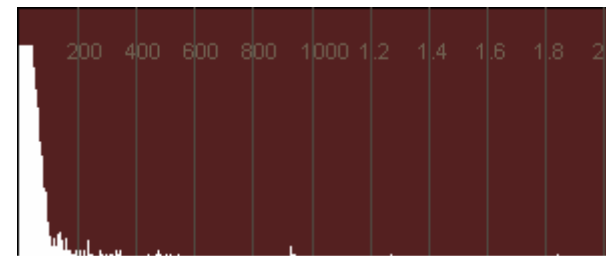
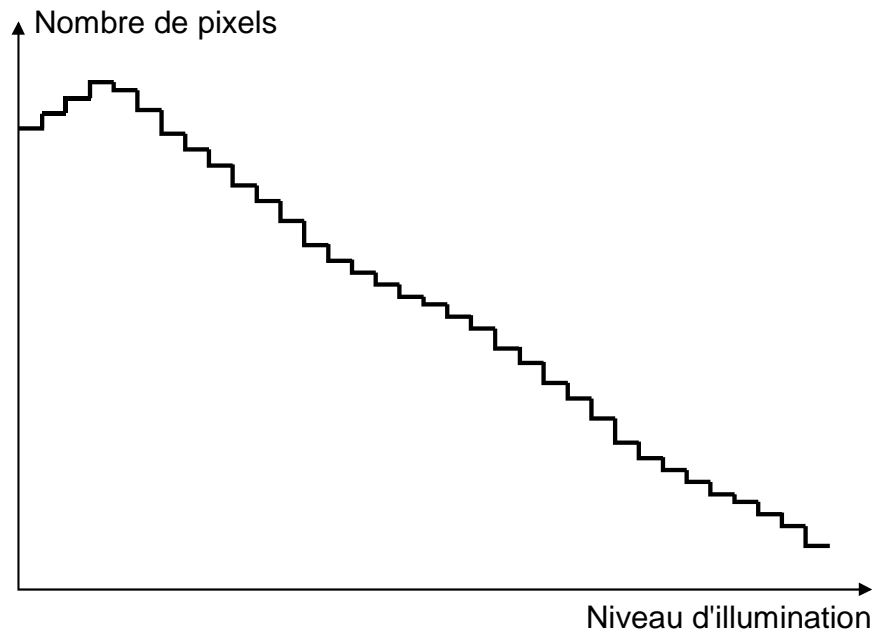
- Le bruit quantique dû au courant d'obscurité
- Le bruit de digitalisation

Problème posé par le bruit:

Les images étant généralement faiblement contrastées, on va chercher à augmenter le contraste pour faire apparaître des détails; ceci aura pour effet d'augmenter aussi le bruit.

Traitement d'une image: l'histogramme

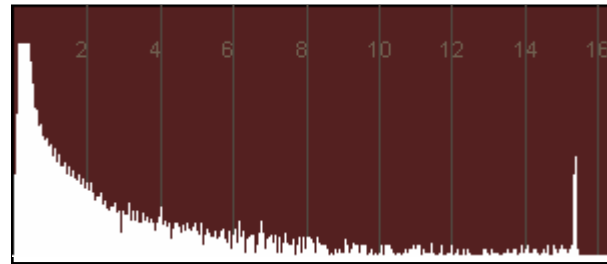
Caractérisation d'une image



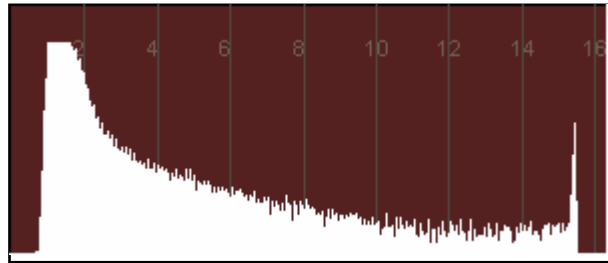
Exemple: histogrammes de M51



M51 exposition 1 mn

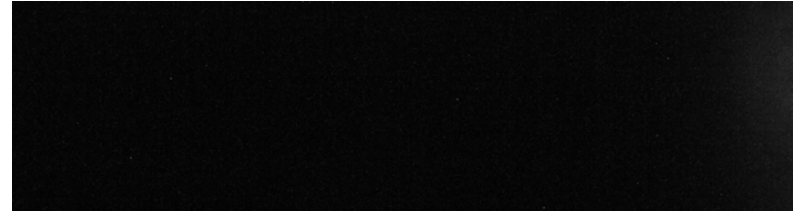


M51 exposition 5 mn

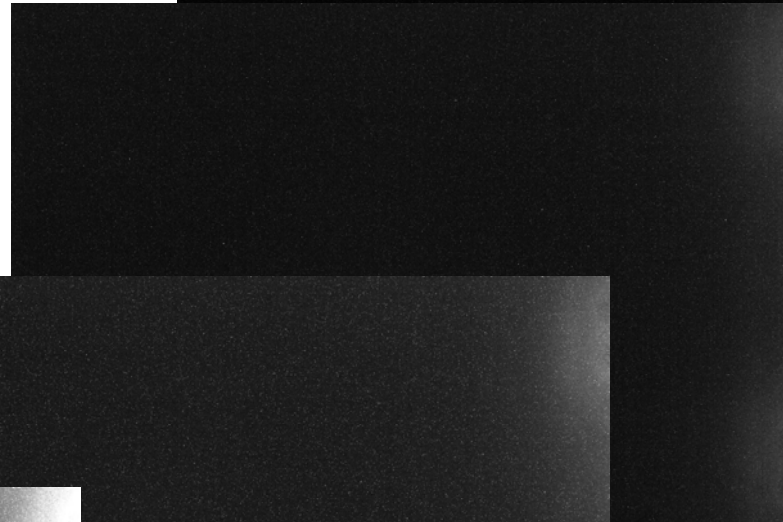


Bruit et courant d'obscurité (Canon EOS 10D)

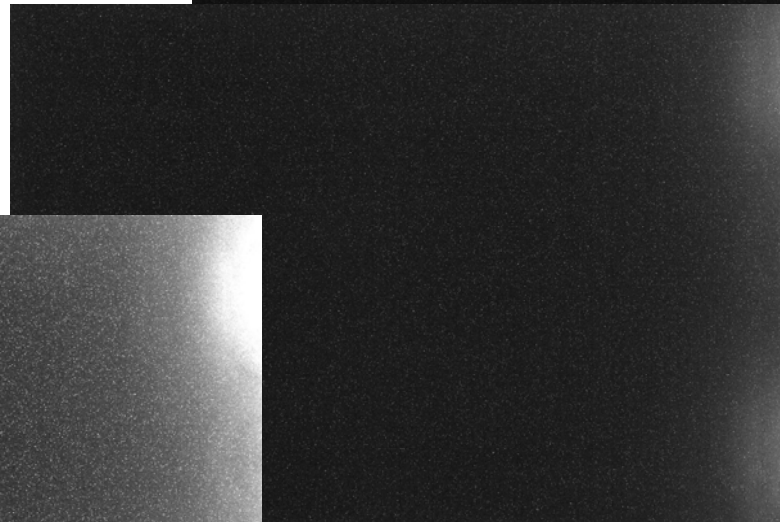
Exposition 2 mn



Exposition 3 mn

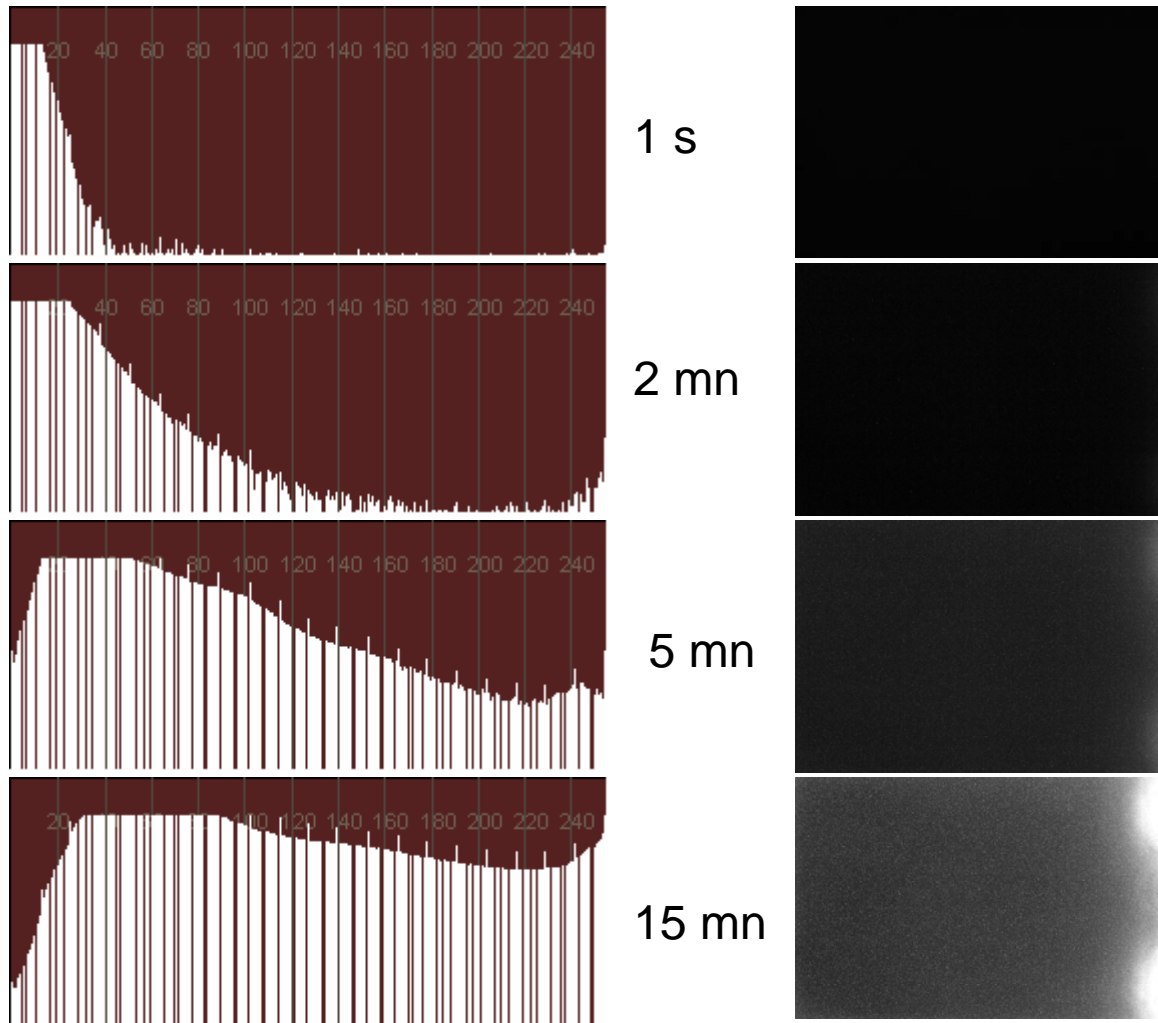


Exposition 5 mn

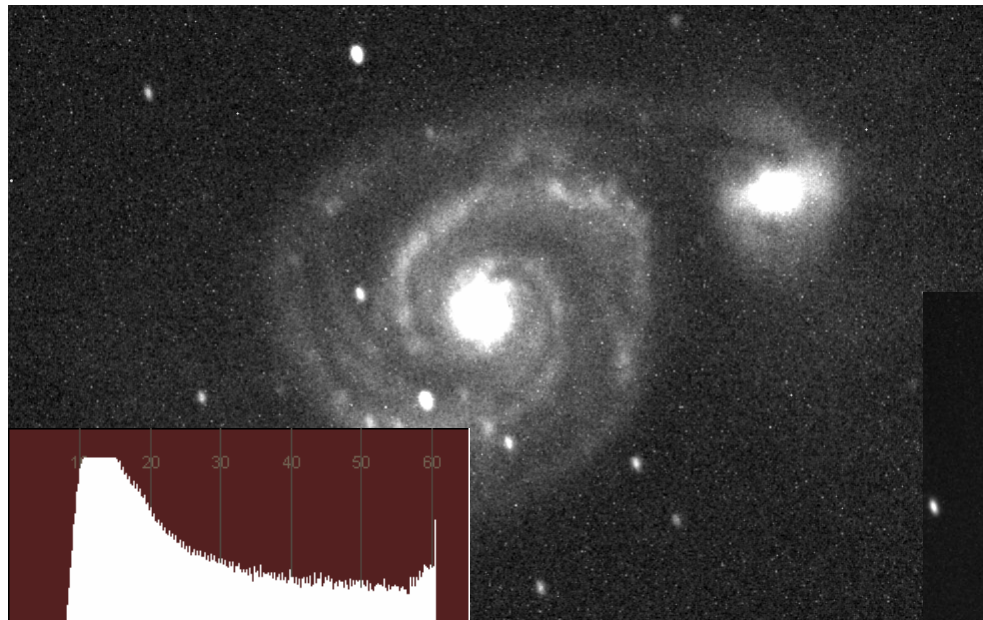


Exposition 15 mn

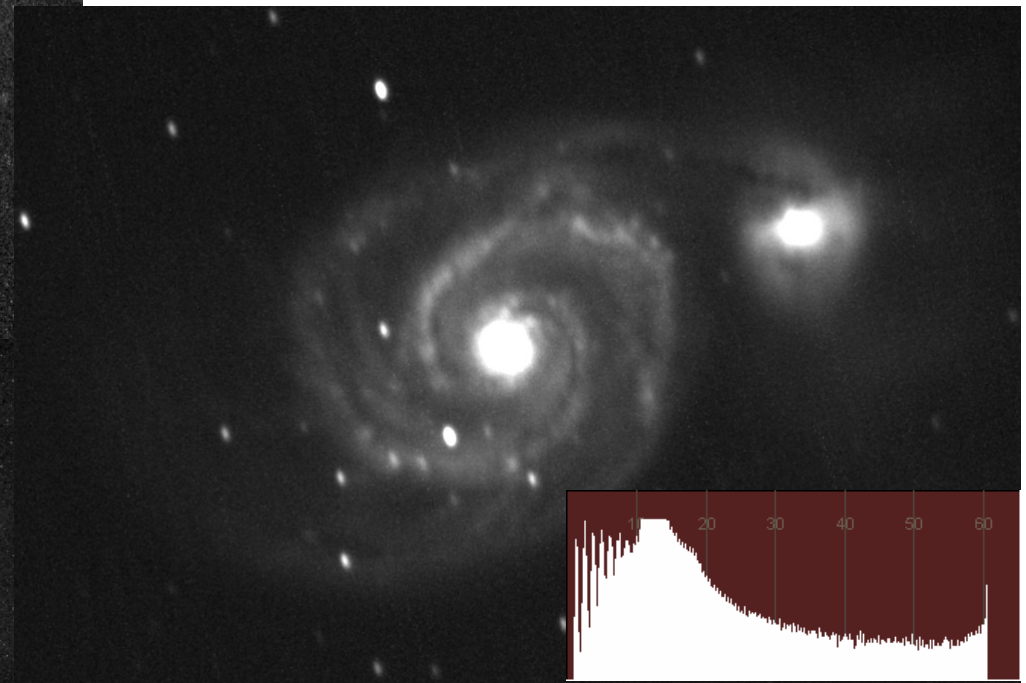
Bruit et courant d'obscurité (histogramme)



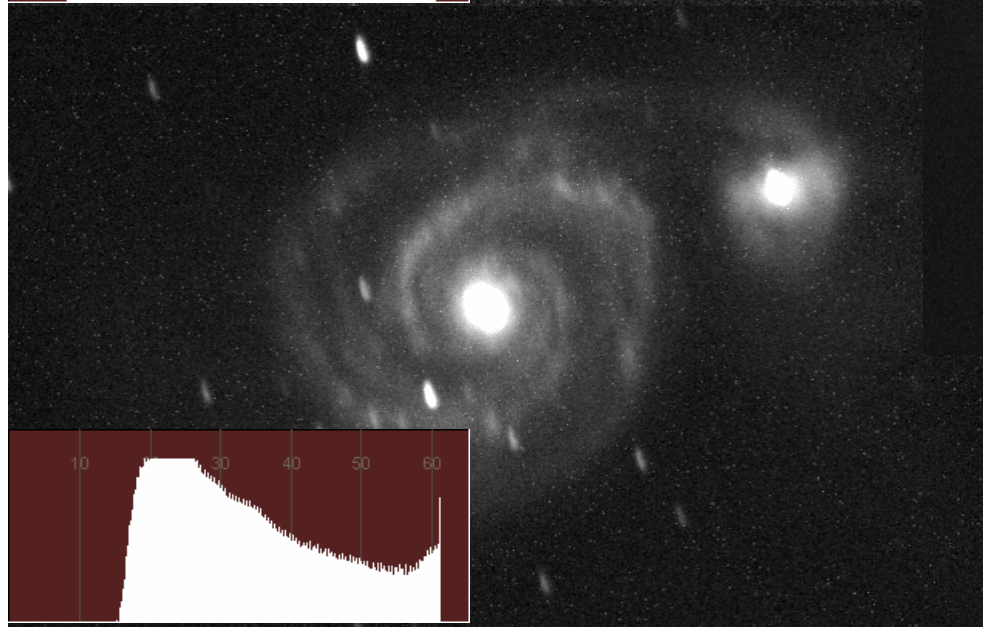
Réduction du bruit par des expositions multiples



Exposition 1 x 5 mn



Exposition 10 x 5 mn



Exposition 1 x 10 mn

Réduction du bruit pour des photos de nébuleuses:

- photo longue pose (compatible avec le courant d'obscurité)
- superposition de photos courtes poses. Le bruit relatif décroît avec la racine carrée du nombre d'expositions.

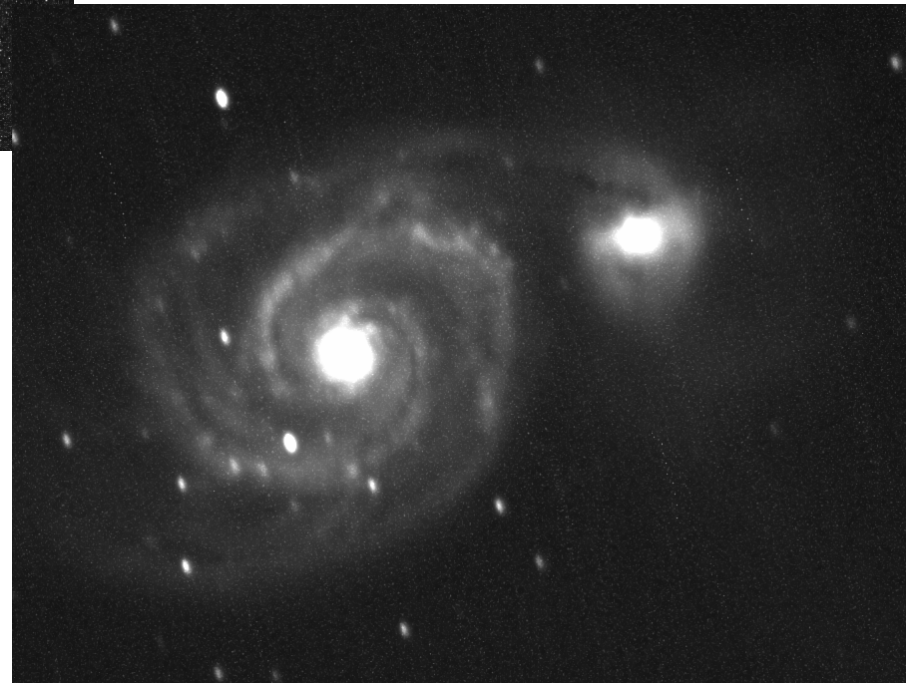
Réduction du bruit pour des photos planétaires:

- superposition de photos courtes poses

Traitement d'image: filtrage passe haut

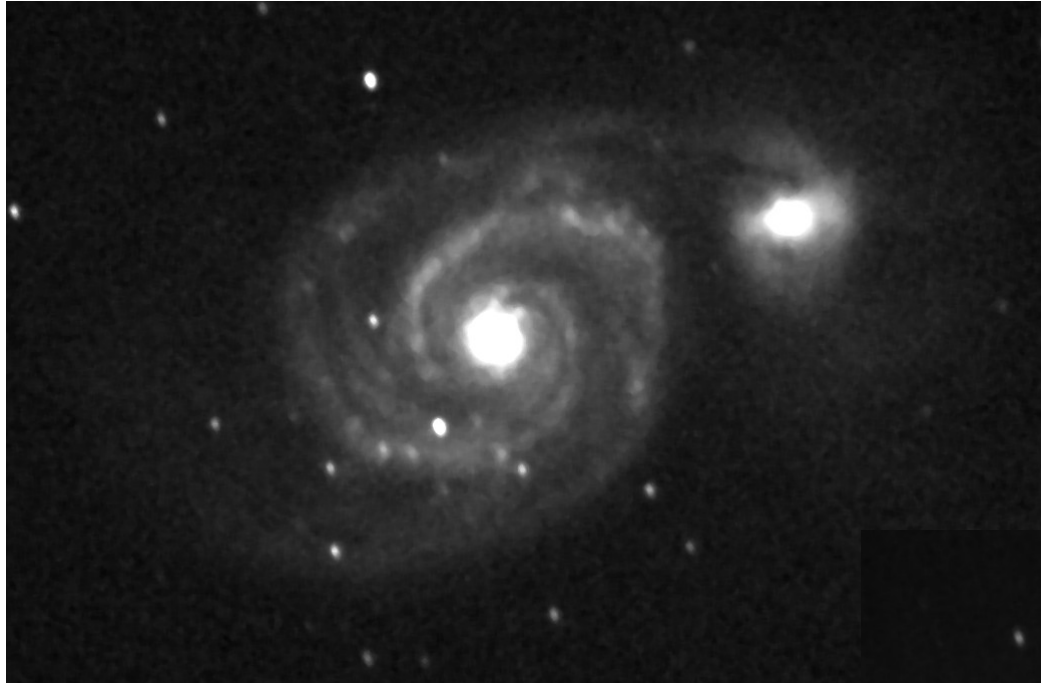


Exposition 1 x 5 mn

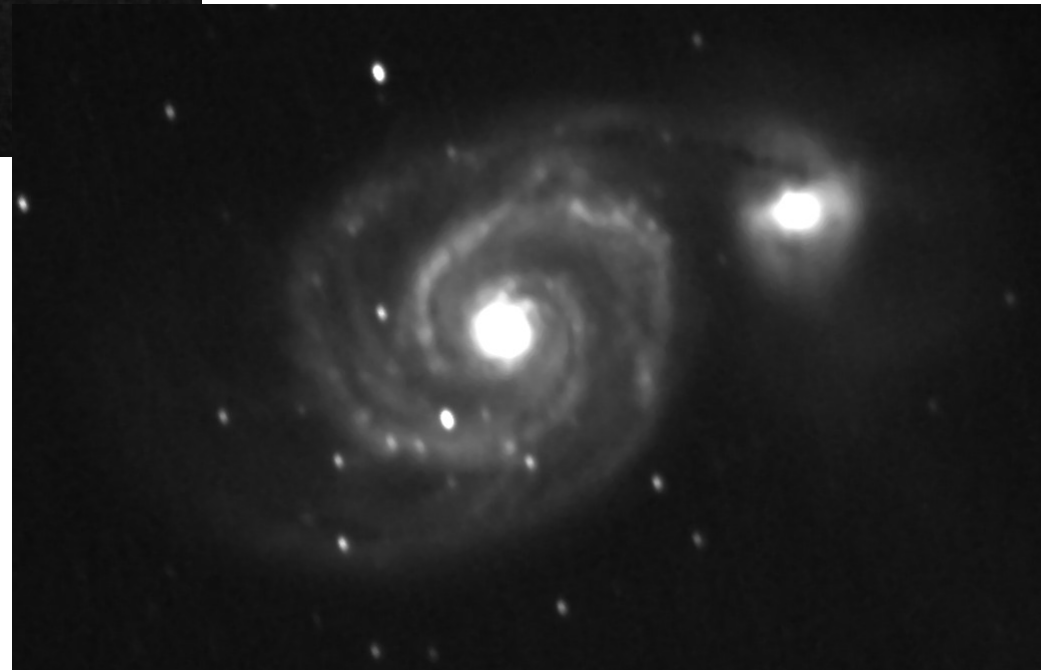


Exposition 10 x 5 mn

Traitement d'image: filtrage médian



Exposition 1 x 5 mn



Exposition 10 x 5 mn

Traitement d'image (démonstration sur Astroart):

Démonstration sur photo simple:

- Réglage du contraste par l'histogramme et fonction transfert non linéaire
- Filtrage médian

Digital processing de base:

- Moyennage manuel 10 images
- Filtrage médian
- Réglage du contraste par l'histogramme

Processing avancé:

- Masquage flou
- Déconvolution