

# Tutoriel de traitement d'images

Visker

Philippe Deverchère – Juillet 2008

Version 1.1

Ce tutoriel décrit pas à pas le prétraitement et le traitement de 12 images de la galaxie Messier 31 prises le 19 janvier 2008 depuis Argeles-Gazost. Chaque image est le résultat d'une exposition de 5 minutes avec auto-guidage au foyer d'une lunette TeleVue 85 munie d'un correcteur de champ (focale résultante de 510mm). Le capteur d'acquisition est une caméra SBIG ST-8XME. Le logiciel utilisé est Iris version 5.55 du 18 mai 2008.

On dispose de 4 groupes de fichiers :

- Les 12 images brutes de M31 : *M31-1.fit* à *M31-12.fit*
- 6 images d'offset : *Bias-1.FIT* à *Bias-6.fit*
- 5 images de noir : *Dark-1.fit* à *Dark-6.fit*
- 6 images de PLU (plages de lumière uniforme) : *Flat-1.fit* à *Flat-6.fit*

Voici quelques remarques préliminaires importantes :

- Outre les images individuelles contenant l'objet observé (nommées *M31-x.fit*), on a besoin de 3 types d'images de prétraitement : des offsets, des noirs et des PLUs.
- On donne aux images de prétraitement des noms en anglais. Ainsi un offset est appelé *bias*, un noir est appelé *dark* et un PLU est appelé *flat*. Deux raisons président à ce choix. Tout d'abord, il est bon de connaître la terminologie anglo-saxonne pour les images de prétraitement car de nombreux ouvrages et articles l'utilise. De plus, il est intéressant de rendre consistants les noms de commandes dans Iris (qui sont en anglais) et les noms de fichier (*add flat* sonne tout de même mieux que *add plu* !).
- Iris demande à ce que les images soient numérotées sans compléter les index avec des zéros. Il faut par exemple que la première image soit nommée *M31-1.fit* et non pas *M31-01.fit*. On peut le regretter car les images n'apparaissent pas dans l'ordre de leur index dans l'explorateur de fichiers Windows, mais c'est comme ça...
- Il faut toujours travailler sur une copie des images originales. En effet, une mauvaise manipulation est vite arrivée et la première chose à faire après une séance d'observation est de sauvegarder toutes les images brutes.

Avant de commencer, voici une explication succincte des trois types d'images de prétraitement :

<b>Offset</b>	L'image d'offset représente le bruit de la caméra qui est présent quelle que soit la durée de l'exposition réalisée. La pose d'une image d'offset doit être la plus courte possible (et être exposée avec l'obturateur fermé) afin de se rapprocher autant que faire se peut du bruit résiduel de la caméra. On prend en général plusieurs images d'offset que l'on moyenne ensuite au travers d'une pile médiane. En effet, le but est toujours de réduire le bruit des images et les images de prétraitement n'échappent pas à la règle. Faire une moyenne médiane de plusieurs images d'offset diminue le bruit de l'image d'offset résultante.
<b>Noir</b>	L'image de noir représente le bruit thermique accumulé durant une pose de même durée que la durée d'exposition de l'image elle-même mais en laissant l'obturateur de la caméra fermé. Ce bruit est d'autant plus important que la température de la caméra est élevée et on a donc toujours intérêt à diminuer la température sur le CCD le plus possible. Le bruit varie d'un pixel à l'autre en fonction des impuretés présentes sur le CCD et on observe de nombreux « points chauds » sur la matrice, c'est-à-dire des pixels plus sensibles que les autres au bruit thermique. Tout comme pour l'image d'offset, il faut réaliser une moyenne de plusieurs images de noir de manière à diminuer le bruit résultant intervenant dans l'image. Cette moyenne sur plusieurs images permet en particulier d'éliminer les traces d'éventuels rayons cosmiques qui se manifestent sur le CCD pendant la pose du noir.
<b>PLU</b>	L'image de PLU montre la non-uniformité de réponse des pixels lors d'un éclairage uniforme des

pixels. Cela peut être par exemple la présence de poussières sur le chemin optique (généralement sur le capteur lui-même) qui crée des ombres circulaires dans l'image ou bien du vignettage sur l'image du fait de la non-uniformité de la sensibilité sur toute la surface du CCD. Les images de PLU sont obtenues en posant sur une durée brève une plage de lumière uniformément éclairée, ceci en utilisant la même orientation de la caméra que lors des prises de vue et avec la même température du capteur. Comme les poses de PLU sont courtes, on néglige généralement de faire des noirs spécifiques pour les PLUs (mais il est toutefois possible de le faire et de retrancher ces noirs aux PLUs avant utilisation des PLUs dans le prétraitement).

Il est à noter que toutes les images doivent être prises à la même température, y compris les images d'offset. Une différence de température lors de la prise des images ajoutera du bruit à l'image résultante et diminuera sa qualité.

Le prétraitement consiste à transformer les images brutes de l'objet que l'on cherche à capturer selon la formule suivante :

$$ip = \frac{ib - in - io}{ip - in - io}$$

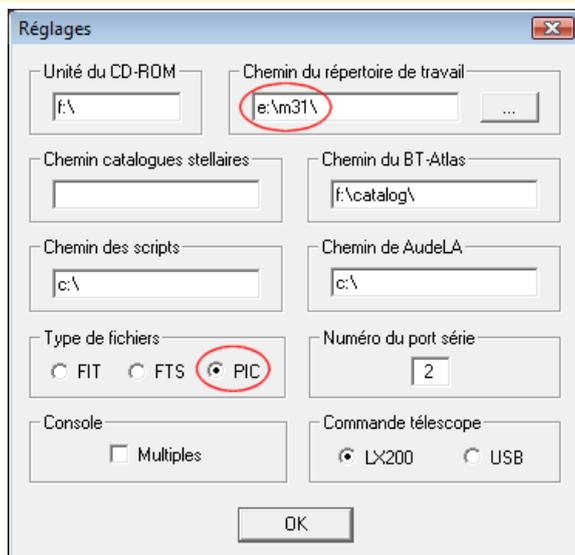
où *ib* est l'image brute, *in* l'image de noir, *io* l'image d'offset, *ip* l'image de PLU et *ip* l'image prétraitée résultante.

Voyons maintenant les différentes étapes du prétraitement des images brutes sous Iris.

### **Remarque préliminaire :**

Si les images sont sur le CD-ROM du tutoriel, commencez par créer un répertoire sur votre disque dur et copiez toutes les images du dossier *M31 – Images originales* du CD-ROM vers le dossier du disque dur. Si les images sont chargées depuis Internet, décompressez l'archive ZIP dans un dossier du disque dur que vous avez préalablement créé.

## Réglages



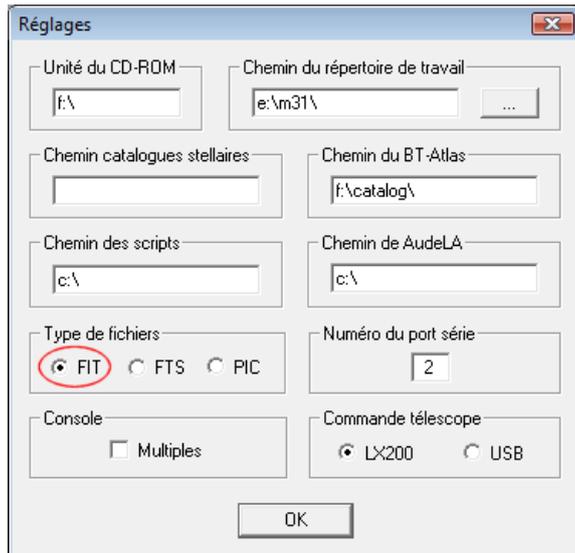
Une fois le logiciel Iris lancé, la première chose à faire est de déclarer le répertoire dans lequel toutes les images de M31 ainsi que les images de prétraitement se trouvent. Dans le cadre de ce tutoriel, on utilisera le répertoire **E:\M31**, mais tout autre répertoire peut être utilisé.

La boîte de dialogue des réglages s'ouvre à l'aide de la commande *Réglages...* du menu *Fichier*. Le bouton situé sur la droite de la zone de texte contenant le nom du répertoire peut être utilisé pour naviguer vers le répertoire que l'on souhaite utiliser.

De plus, avec Iris, il vaut mieux travailler avec le format PIC (le format natif des images manipulées par Iris) car ce logiciel ne sait pas travailler avec des images FITS où les pixels sont codés sur 16 bits entre 0 et 65535. En effet, les images PIC utilisent une dynamique de 0 à 32767 (ou plus exactement -32768 à 32767 mais les niveaux négatifs ne sont généralement pas utilisés). Il faudra donc au préalable convertir nos images au format PIC.

A noter que ces deux réglages n'auront pas à être réalisés à nouveau lors du lancement suivant d'Iris (ces réglages sont mémorisés par le logiciel).

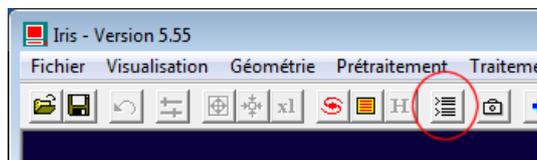
## Conversion des images FITS en images PIC



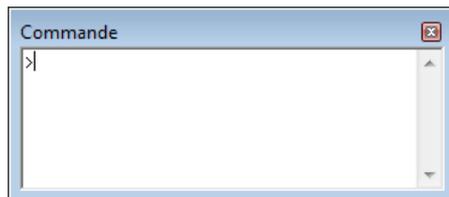
Avant de pouvoir passer au prétraitement des images, il faut auparavant convertir toutes les images FITS au format PIC de manière à ne pas altérer leur dynamique au moment du chargement des images FITS. En effet, si l'on charge directement une image FITS codée sur 16 bits, Iris tronquera toutes les intensités supérieures à **32767** ce qui résultera en une perte d'informations. Durant ce processus, nous allons modifier les images. **Attention donc de travailler sur une copie des images brutes !**

Afin de mener à bien la transformation du format des images, il faut temporairement changer le format par défaut d'Iris et **déclarer le format FITS** dans la boîte de dialogue des réglages.

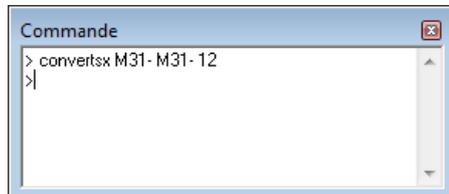
Il est à noter que si l'on possède déjà des images au format PIC acquises depuis Iris, il n'est bien sûr pas nécessaire de réaliser cette étape de transformation de format.



Ouvrons tout d'abord la **ligne de commande** Iris en cliquant le bouton approprié dans la barre d'outils.



La fenêtre de ligne de commande apparaît alors à l'écran. Souvent, la ligne de commande constitue la manière la plus aisée de réaliser certaines tâches sous Iris. On peut positionner cette fenêtre à un endroit adéquat de manière à ne pas gêner la visualisation des images.



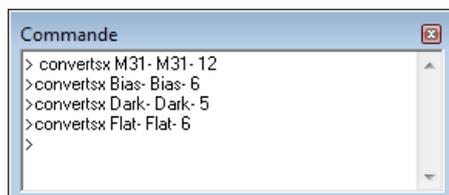
La **première étape** est de ramener tous les niveaux dans les images FITS à une valeur entre 0 et 32767 (c'est-à-dire de diviser le niveau des pixels par 2). Pour les 12 images de M31, cela se fait simplement en tapant la commande ci-dessous :

```
convertsx M31- M31- 12
```

Le premier argument de la commande indique la racine des fichiers source (attention de bien inclure le tiret qui se trouve juste avant l'index), le deuxième la racine des fichiers destination et le troisième le nombre d'images à convertir. Dans notre cas, on utilise la même racine pour les fichiers source et les fichiers destination, ce qui veut dire que les fichiers de départ seront écrasés ! Il faut donc toujours faire attention de travailler sur une copie des images brutes.

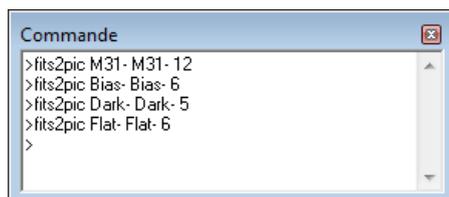
On convertit de la même façon les offsets, les noirs et les PLUs à l'aide des commandes suivantes :

```
convertsx Bias- Bias- 6  
convertsx Dark- Dark- 5  
convertsx Flat- Flat- 6
```



La **seconde étape** consiste maintenant à convertir les images du format FITS vers le format **PIC** d'Iris. Pour cela, on utilise la commande *fits2pic* pour transformer toutes les images FITS en images PIC. On utilise donc les commandes suivantes :

```
fits2pic M31- M31- 12  
fits2pic Bias- Bias- 6  
fits2pic Dark- Dark- 5  
fits2pic Flat- Flat- 6
```

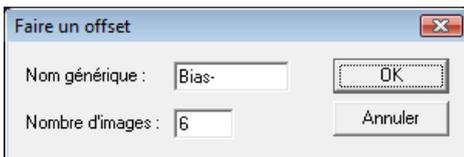




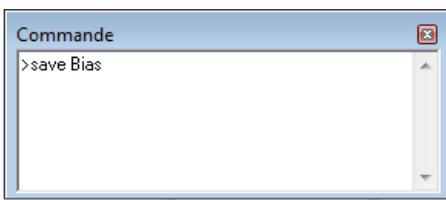
Il ne faut pas oublier maintenant de **changer à nouveau le format par défaut** (PIC) dans la boîte de dialogue des réglages sans quoi les images PIC ne pourront pas être chargées dans Iris. Les images FITS peuvent maintenant être effacées sans problème du disque et on ne dispose maintenant plus que des images au format PIC.

## Création de l'offset maître

Une image unique d'**offset** doit être créée à partir des 6 images brutes d'offset obtenues pendant la séance d'observation. Pour cela, il faut utiliser la commande *Faire un offset...* depuis le menu *Prétraitement*.



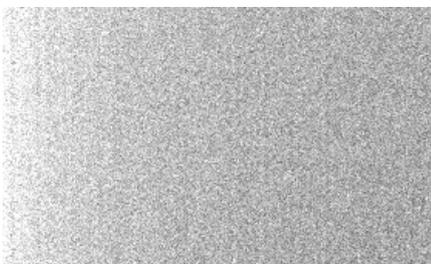
On entre dans la boîte de dialogue la racine des images d'offset (ici « *Bias-* », attention à ne pas oublier le tiret qui fait partie de la racine des noms de fichiers) ainsi que le nombre d'images à prendre en compte (ici 6) et on clique le bouton *OK*. Iris calcule alors la pile médiane de toutes les images d'offset et affiche à l'écran l'image d'offset résultante. Des statistiques sur la pile médiane sont alors affichées dans la fenêtre de sortie d'Iris.



Il faut maintenant sauvegarder l'image d'offset résultante. Cela peut se réaliser soit en utilisant la commande *Sauver...* du menu *Fichier* (ou bien l'icône de sauvegarde dans la barre d'outils), soit en tapant la commande suivante dans la fenêtre de ligne de commande (on appellera notre image résultante *Bias*) :

```
save Bias
```

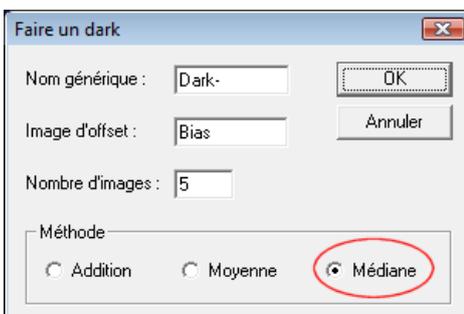
A noter qu'il est inutile de spécifier l'extension (*.pic*) du fichier puisque qu'Iris utilise le format PIC comme format par défaut. L'image résultante *Bias.pic* est alors sauvegarder dans le répertoire courant sur le disque. On peut alors effacer les images d'offset *Bias-1.pic* à *Bias-6.pic*.



Dans la fenêtre *Seuils de visualisation*, on peut ajuster le seuil haut à **60** et le seuil bas à **40** pour voir à quoi ressemble le fond électronique de la caméra CCD. On voit sur l'image qu'il y a une légère électroluminescence sur le capteur car les niveaux à gauche de l'image sont plus élevés que ceux sur la droite.

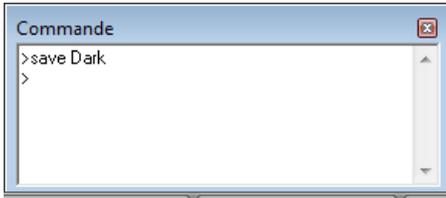
## Création du noir maître

Une image unique de noir doit être créée à partir des 5 images brutes des noirs obtenues pendant la séance d'observation. Pour cela, il faut utiliser la commande *Faire un dark...* depuis le menu *Prétraitement*.



On entre dans la boîte de dialogue la racine des images de noir (ici *Dark-*), le nom de l'image d'offset préalablement obtenue (ici *Bias*) ainsi que le nombre d'images de noir à prendre en compte (ici 5). On choisit comme méthode d'addition la médiane des images et on clique le bouton *OK*. Iris calcule alors la pile médiane de toutes les images de noir et affiche à l'écran l'image de noir résultante. Des statistiques sur la pile médiane sont alors affichées dans la fenêtre de sortie d'Iris.

Le cumul des images par médiane plutôt que par moyenne permet de mieux supprimer les défauts qui peuvent entacher une seule image de noir (par exemple un rayon cosmique).



Il faut maintenant sauver l'image de noir résultante. Cela peut se réaliser soit en utilisant la commande *Sauver...* du menu *Fichier* (ou bien l'icône de sauvegarde dans la barre d'outils), soit en tapant la commande suivante dans la fenêtre de ligne de commande (on appellera notre image résultante *Dark*) :

```
save Dark
```

A noter qu'il est inutile de spécifier l'extension (*.pic*) du fichier puisque qu'Iris utilise le format PIC comme format par défaut. L'image résultante *Dark.pic* est alors sauvegardée dans le répertoire courant sur le disque. On peut alors effacer les images d'offset *Dark-1.pic* à *Dark-5.pic*.

Dans la fenêtre *Seuils de visualisation*, on peut ajuster le seuil haut à **100** et le seuil bas à **0** pour voir apparaître les pixels chauds de la matrice CCD.

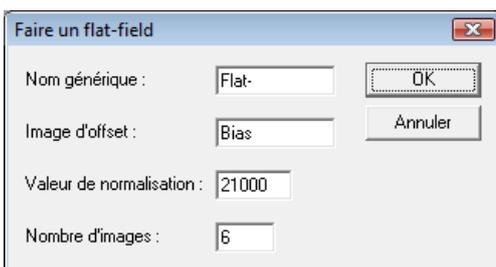
A noter qu'un resserrement encore plus grand des seuils de visualisation (par exemple 0 et 10) fait apparaître l'image de la galaxie et des étoiles brillantes, ce qui semble indiquer que l'obturateur de la caméra n'est pas complètement étanche à la lumière... Il vaut donc mieux fermer la lunette ou le télescope durant l'acquisition des noirs.



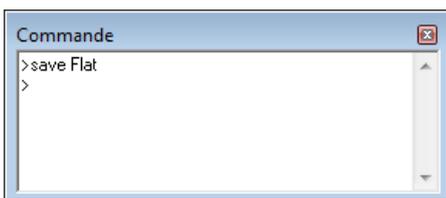
## Création du PLU maître

Une image unique de PLU doit être créée à partir des 6 images brutes des PLUs obtenues pendant la séance d'observation. Pour cela, il faut utiliser la commande *Faire un flat-field...* depuis le menu *Prétraitement*.

Il est impératif de réaliser les PLUs durant la même séance d'observation que celle où les images ont été réalisées. Il faut que la caméra soit à la même température et que le montage optique n'ait été changé en aucune façon (rotation de la caméra, focalisation, ...). De plus, les PLUs doivent avoir un niveau moyen égal environ aux 2/3 de la dynamique de la caméra. Ainsi, si notre caméra à une dynamique de 65000 ADU, il faut ajuster la durée d'exposition des PLUS pour obtenir un fond à 42000 ADU. Si la caméra à une dynamique de 32000 ADU, le PLU doit être à 20000 ADU environ. Ce point est important à respecter afin d'obtenir un prétraitement efficace.



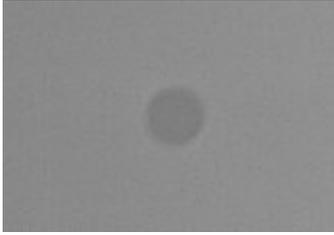
On entre dans la boîte de dialogue la racine des images PLU (ici *Flat-*), le nom de l'image d'offset préalablement obtenue (ici *Bias*), la valeur de normalisation des images de PLU (on utilise ici 20000 qui est le niveau moyen des images de PLU individuelles puisque la dynamique totale de l'image a été ramenée de 65000 à 32000) ainsi que le nombre d'images de PLU à prendre en compte (ici 6). On clique alors sur le bouton *OK* et Iris calcule l'image de PLU résultante et l'affiche à l'écran.



Il faut maintenant sauver l'image PLU résultante. Cela peut se réaliser soit en utilisant la commande *Sauver...* du menu *Fichier* (ou bien l'icône de sauvegarde dans la barre d'outils), soit en tapant la commande suivante dans la fenêtre de ligne de commande (on appellera notre image résultante *Flat*) :

```
save Flat
```

A noter qu'il est inutile de spécifier l'extension (*.pic*) du fichier puisque qu'Iris utilise le format PIC comme format par défaut. L'image résultante *Flat.pic* est alors sauvegardée dans le répertoire courant sur le disque. On peut alors effacer les images d'offset *Flat-1.pic* à *Flat-6.pic*.



Dans la fenêtre *Seuils de visualisation*, on peut ajuster le seuil haut à **23000** et le seuil bas à **18000** pour voir apparaître les défauts du chemin optiques et les défauts du capteur.

On voit par exemple apparaître une poussière qui se trouve sur le capteur CCD lui-même (ou sur la vitre qui le recouvre) et des franges liées à la structure du capteur lui-même. En faisant un zoom arrière dans Iris, on voit bien apparaître un vignettage sur l'image (le bord gauche est plus sombre). Ceci est dû à l'inhomogénéité de la sensibilité sur la surface du CCD.

## Détection de la carte des pixels chauds

Il peut être intéressant de supprimer de toutes les images les points chauds qui correspondent aux pixels et de les remplacer par une moyenne des valeurs des pixels voisins. Pour cela, on extrait de l'image de noir une liste des pixels chauds qu'Iris peut générer automatiquement et qui sera utilisée durant le prétraitement. On parle alors de retouche cosmétique (d'où le nom de fichier *cosme* utilisé plus loin).

On commence par charger l'image de noir qui a été produite précédemment. Pour cela, on lance la commande

```
load Dark
```

depuis la ligne de commande ou bien on charge l'image en utilisant la commande *Charger...* depuis le menu *Fichier*.

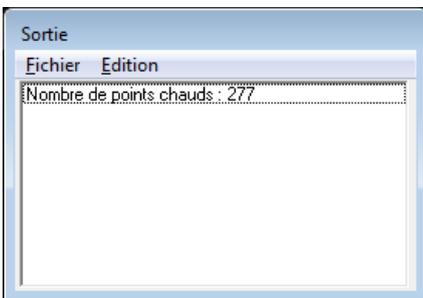
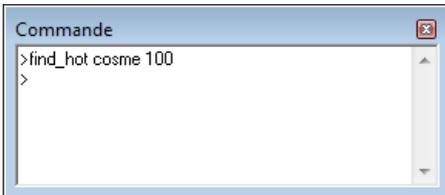
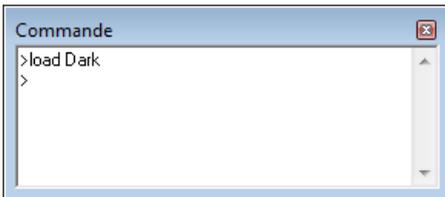
La création de la carte des points chauds se fait en lançant la commande

```
find_hot cosme 100
```

où *cosme* est le nom du fichier qui sera créé et qui contiendra la liste des points chauds (le fichier créé dans le répertoire courant s'appellera *cosme.lst*) et 100 est le seuil de détection des pixels chauds. On utilise ici la valeur 100, ce qui correspond à une valeur suffisante étant donné le niveau du fond de l'image de noir (autour de 5 ADU). Il est conseillé d'utiliser une valeur qui fournisse en sortie un nombre de points chauds inférieur à 500.

Iris reporte alors dans la fenêtre de sortie le nombre de points chauds trouvés dans l'image de noir.

Le fichier *cosme.lst* sera utilisé pendant la phase de prétraitement pour améliorer la qualité des images contenant l'objet observé.



## Prétraitement des images

Avant de lancer le prétraitement, il faut charger la première image de la série et tracer un rectangle à la souris dans une région pauvre en étoiles brillantes. Cette zone doit faire entre 300 et 500 pixels de large, et elle sera utilisée pour estimer la carte thermique avant soustraction.



On charge la première image de la série en utilisant la commande

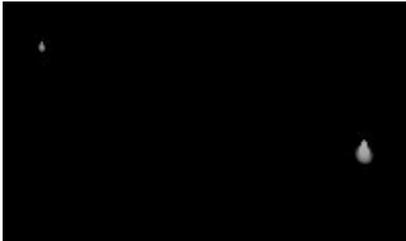
load M31-1

ou bien en utilisant la commande *Charger...* du menu *Fichier*.

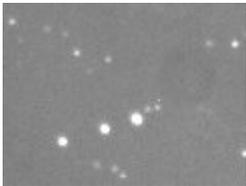
Notez que le nom de l'image chargée apparaît dans la barre de titre de l'application Iris.

On ajuste ensuite les seuils de manière à faire apparaître le fond de ciel et les structures les plus visibles. On peut utiliser dans notre cas un seuil bas de **2000** et un seuil haut de **7400**. On voit alors bien apparaître le noyau de la galaxie (et des deux galaxies satellite) ainsi qu'une bande de poussière dans la spirale.

On voit aussi que certaines étoiles, ainsi que le centre du noyau de M31, sont saturés. Pour bien s'en rendre compte, on règle le seuil bas à **25000** et le seuil haut à **32767**. On voit bien alors les traces de blooming, non seulement sur les étoiles les plus brillantes mais aussi sur le noyau de la galaxie.

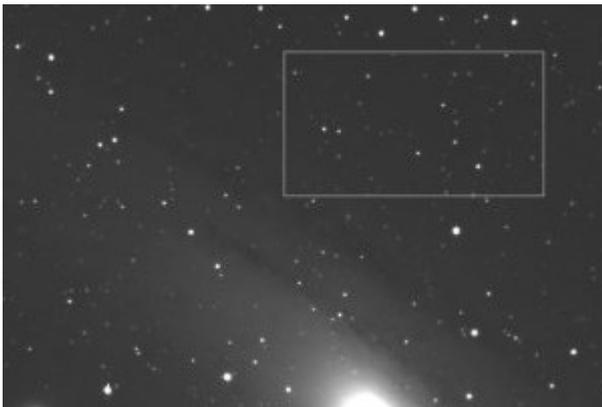


En ajustant les seuils correctement, on voit par exemple une trace de poussière en haut et à gauche de l'image (tâche ronde).



Traçons maintenant une **zone rectangulaire** avec le bouton gauche de la souris dans la zone relativement dépourvue d'étoiles brillante au dessus de la galaxie. Nous sommes maintenant prêts à lancer le prétraitement des images brutes.

Attention, il faut être au niveau de zoom « x1 » dans Iris pour pouvoir tracer cette zone rectangulaire (bouton *x1* dans la barre d'outils).



**Prétraitement automatique (1)**

Générique d'entrée :

Carte Offset :

Carte Dark :   Optimisation

Carte Flat-field :

Fichier cosmétique :

Générique de sortie :

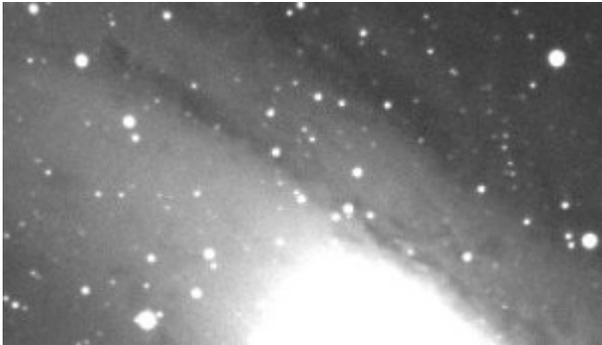
Nombre :

Pour réaliser le prétraitement, utilisons la commande *Prétraitement (1)...* du menu *Prétraitement*. Dans la boîte de dialogue qui apparaît, on remplit les différents champs de la manière suivante :

- *Générique d'entrée* est la racine des images que l'on souhaite prétraiter, dans notre cas *M31-*.
- *Carte Offset* est le nom de l'image d'offset préalablement construite, dans notre cas *Bias*.
- *Carte Dark* est le nom de l'image de noir préalablement construite, dans notre cas *Dark*.
- *Carte Flat-field* est le nom de l'image PLU préalablement construite, dans notre cas *Flat*.
- *Fichier cosmétique* contient la racine du nom du fichier des points chauds, dans notre cas *cosme* (Iris fait l'hypothèse que ce fichier a l'extension *.lst*).
- *Générique de sortie* est la racine des images qui contiendront le résultat du prétraitement. On utilisera la racine *M31p-* de manière à ne pas écraser nos images originales au cas où l'on devrait les réutiliser.
- *Nombre* est le nombre d'images à prétraiter, dans notre cas 12.

- L'option *Optimisation* permet d'optimiser le signal thermique et il est conseillé d'utiliser cette option.

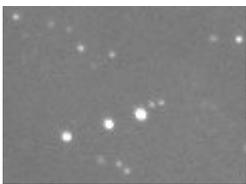
Après avoir cliqué le bouton *OK*, le prétraitement met un certain temps à s'exécuter. Le résultat du prétraitement consiste en 12 images nommées *M31p-1.pic* à *M31p-12.pic*. Des images temporaires *@1.pic* à *@12.pic* et *@@@.pic* sont créées dans le répertoire courant et on peut les effacer.



On peut alors charger la première image prétraitée à l'aide de la commande

```
load M31p-1
```

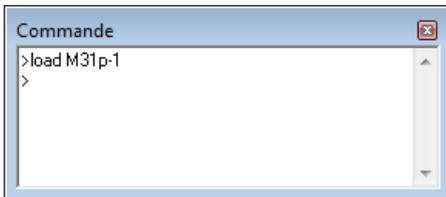
et ajuster les seuils à **2700 / 4000**. On observe tout de suite une amélioration de la qualité de l'image individuelle par rapport à l'image non prétraitée.



Une fois les seuils correctement ajustés, on constate que la trace de poussière qui était présente dans l'image brute a maintenant disparu.

Après avoir prétraité les images, il est temps de les combiner afin d'améliorer le rapport signal sur bruit. Cela se fait en deux étapes : **aligner les images** afin qu'elles puissent être superposées (on parle de «*registration*») puis les **additionner**.

## Registration des images



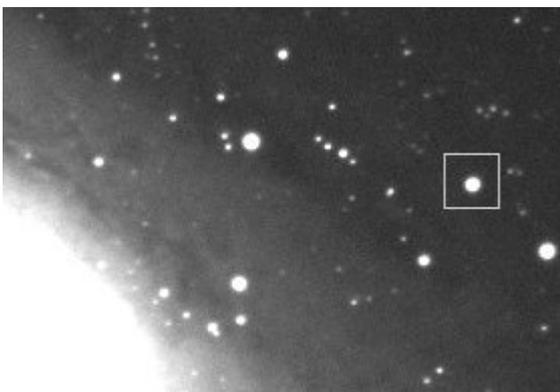
On commence par charger la première image prétraitée (*M31p-1.pic*) à l'aide de la commande

```
load M31p-1
```

Cette première image servira de référence et toutes les autres images de la série seront alignées avec celle-ci. En effet, il peut se produire de légers décalages entre les prises de vue successives, et il est important de recalibrer les images de manière à ce qu'elles puissent être additionnées précisément et sans décalage.

On choisit alors une étoile brillante dans l'image chargée et on trace un carré autour de cette étoile à l'aide du bouton gauche de la souris. L'étoile choisie doit satisfaire les critères suivants :

1. Elle doit être isolée
2. Elle doit être assez brillante
3. Elle ne doit pas être saturée
4. Elle doit être présente sur toutes les images que l'on cherche à aligner avec un décalage minime par rapport à l'image de référence.



Si la condition No 4 n'est pas satisfaite, Iris ne sera pas capable de déterminer automatiquement le décalage à réaliser et il faut alors procéder à des translations manuelles des images pour les aligner.

Choisissons par exemple l'étoile bien ronde en haut et à droite du noyau de la galaxie.



La registration se fait en utilisant la commande *Registration des images stellaires...* du menu *Traitement*.

On entre dans la boîte de dialogue la racine des images à utiliser en entrée (*M31p-*) et la racine des images à créer en sortie (*M31r-*) où « r » signifie « registration ». On fournit ensuite le nombre d'images à aligner (ici 12) et on choisit comme mode d'alignement *Une étoile*. Cela indique à Iris que l'on souhaite utiliser l'étoile sélectionnée dans la première image en tant qu'étoile de référence pour décaler toutes les autres images.

D'autres modes d'alignement sont disponibles, modes que l'on peut utiliser s'il existe des décalages importants dans les images d'une série.

On clique le bouton *OK* et Iris procède à la registration des 12 images. Dans notre cas, comme les étoiles sont peu décalées les unes par rapport aux autres, la procédure d'alignement se passe sans aucun problème et les 12 images *M31r-1.pic* à *M31r-12.pic* sont créés dans le répertoire courant. On peut si on le souhaite effacer les images prétraitées (*M31p-1.pic* à *M31p-12.pic*).

## Animation de la séquence d'images



On peut vérifier que la procédure d'alignement a bien fonctionné en réalisant une **animation** sur les 12 images alignées. Pour cela, on utilise la commande *Animation...* du menu *Visualisation*.

On spécifie dans la boîte de dialogue la racine des images que l'on souhaite animer (ici *M31r-*) ainsi que le délai entre l'affichage de deux images successive (300 ms donne de bons résultats).

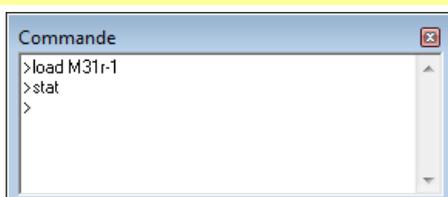
On peut répéter la même manipulation avec les images non alignées (*M31p-1.pic* à *M31p-12.pic*) et l'on constate que de tous petits décalages sont observables (très légers dans notre cas puisque l'autoguidage n'a jamais été interrompu entre deux images).

On remarque aussi que le fond de ciel varie d'image en image. En effet, au fil des poses, la galaxie descendait sur l'horizon et le fond de ciel devenait plus brillant. L'animation fait clairement apparaître cet effet puisqu'elle utilise des seuils de visualisation constants.

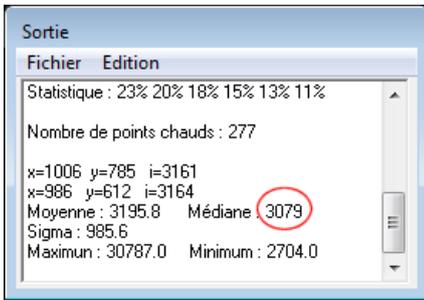
Une remarque intéressante : il se peut que l'on ne soit pas satisfait des **seuils de visualisation** car ils ne s'adaptent pas bien à toutes les images d'une séquence. Iris possède une fonction puissante qui permet de changer les seuils de visualisation de toutes les images d'une séquence et de les enregistrer comme les seuils de visualisation par défaut dans les images.

Il faut utiliser la commande *Seuils d'une séquence...* dans le menu *Visualisation*. On entre alors la racine de notre séquence d'images (à la fois en entrée et en sortie – les images seront écrasées avec celles contenant les nouveaux seuils), les seuils haut et bas et le nombre d'images dans la séquence. L'appui sur le bouton *OK* lance le processus d'ajustement des seuils.

## Normalisation du gain des images



On a vu lors de l'animation que le gain des images de la séquence variait considérablement d'une image à l'autre du fait de la variation de la transmission atmosphérique lors des prises de vue. Il peut être souhaitable d'uniformiser le gain des images. Pour cela, chargeons la première image « enregistrée » *M31r-1.pic* et analysons l'image à l'aide de l'outil *stat* lancée depuis la ligne de commande Iris.



```
load M31r-1
stat
```

On peut lire dans la fenêtre de sortie que la valeur médiane des intensités des pixels est de 3079. C'est la valeur approximative que nous allons utiliser pour normaliser les images de la séquence.

La normalisation de toutes les images de la séquence se fait à l'aide de la commande

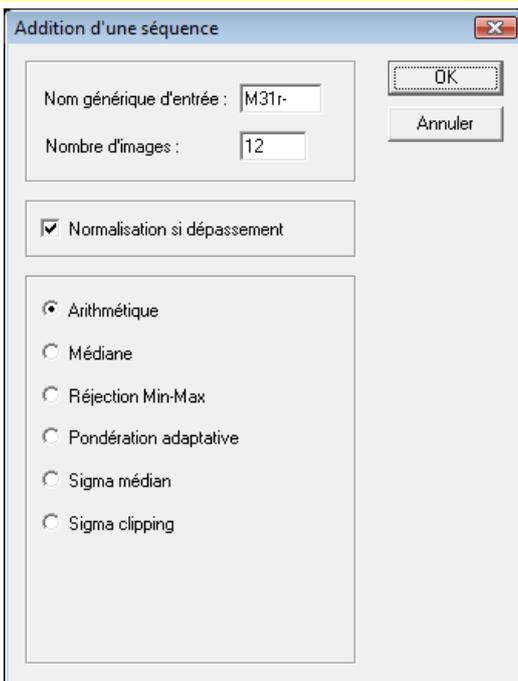
```
ngain2 M31r- M31r- 3100 12
```

Le premier argument de la commande est la racine des images en entrée, le deuxième est la racine des images en sortie (on utilise la même racine que pour les images en entrée que l'on va donc écraser), le troisième est le niveau de normalisation souhaité et le dernier est le nombre d'images dans la séquence.

A noter que l'on peut utiliser la commande *Normalisation du gain d'une séquence...* du menu *Traitement* en lieu et place de la ligne de commande.

On peut maintenant vérifier à l'aide d'une animation que toutes les images de la séquence sont bien ramenées au même gain.

## Addition des images



L'addition des 12 images alignées se fait simplement à l'aide de la commande *Addition d'une séquence...* du menu *Traitement*.

On indique la racine des images à additionner (*M31r-*) ainsi que le nombre d'images dans la séquence (12).

Dans le processus d'addition des images, certains pixels vont dépasser la valeur maximale de 32767, et il est donc important de demander à Iris de normaliser le résultat de la somme s'il dépasse la valeur maximale autorisée. Si une valeur d'un pixel dépasse le seuil de 32767, un coefficient multiplicatif est appliqué à l'image entière façon à ce que le pixel ayant la plus grande intensité soit ramené à 32767. C'est le rôle de l'option *Normalisation si dépassement* de la boîte de dialogue.

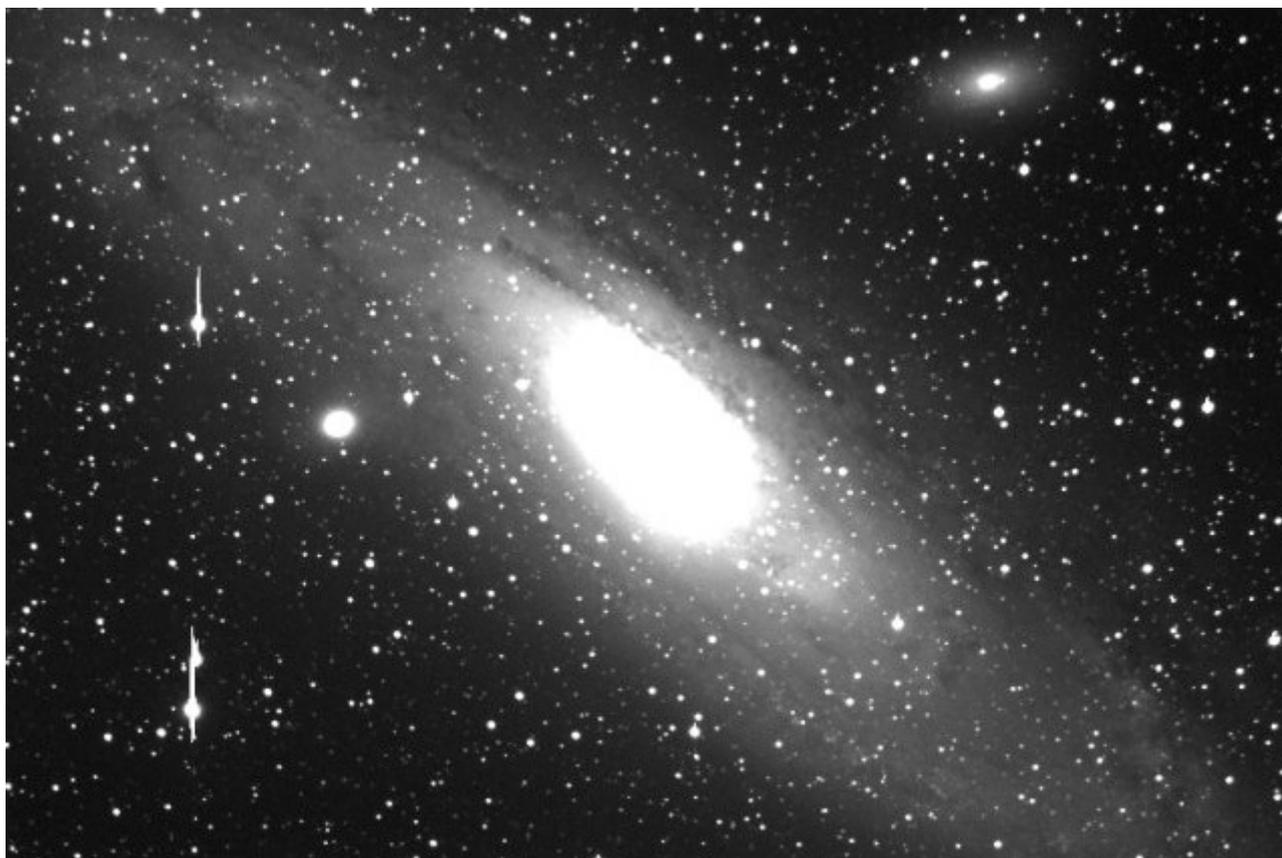
Le mode d'addition Arithmétique est suffisant pour la plupart des situations. L'addition par médiane peut être intéressante si l'on souhaite éliminer des pixels déviants (par exemple des pixels chauds), mais cela diminue le rapport signal sur bruit final. De plus, comme nos images sont prétraitées, il n'y a pas lieu d'utiliser ce mode d'addition.

Il ne reste maintenant plus qu'à sauvegarder l'image résultante du processus d'addition à l'aide de la commande

```
save M31_a
```

On donne à cette image le suffixe « *\_ a* » en prévision des traitements ultérieurs qu'on lui appliquera (produisant ainsi des images qui recevront d'autres suffixes).

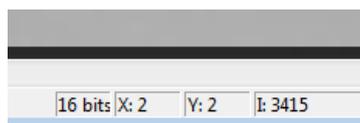
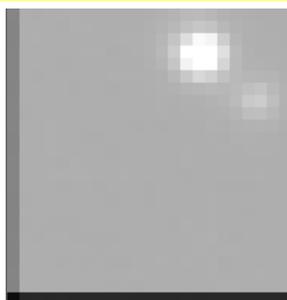
On constate immédiatement en jouant sur les seuils que l'image résultante a un meilleur rapport signal sur bruit que les images individuelles prétraitées.



On peut maintenant passer au traitement de l'image proprement dit de manière à améliorer le rendu. Toutefois, rien ne remplacera la qualité des images brutes réalisées durant l'acquisition...

Il est inutile d'essayer d'homogénéiser le fond de ciel sur cette image car la grande étendue de la nébulosité de la galaxie fausserait les résultats. De plus, on ne remarque pas sur l'image une inhomogénéité criante entre les deux coins opposés (haut droit et bas gauche). Contentons nous d'améliorer la visibilité des structures de la galaxie en limitant la différence de dynamique entre le noyau et les bras puis supprimons les traces de blooming très disgracieuses.

## Recadrage de l'image



Avant toute chose, recadrons l'image afin de supprimer les bords qui ont souffert du processus d'alignement des 12 images. On le voit bien en utilisant des seuils de **0 / 5000** et en zoomant sur un bord.

On remarque la bordure impactée par le processus d'addition est minimale du fait de la bonne qualité de l'autoguidage durant toute la séquence de prise de vues.

Il est important de recadrer une image propre car les traitements ultérieurs peuvent être impactés par les artefacts sur les bordures de l'image.

A l'aide de la souris, repérons les deux points en bas et à gauche puis en haut et à droite de l'image qui constitueront les sommets du rectangle définissant l'image recadrée. Dans iris, le point de coordonnées (1, 1) est situé en bas et à droite de l'image.

Les deux points que l'on choisit ont pour coordonnées (2, 2) et (1529, 1019).

```
Commande
>window 2 2 1529 1019
>
```

Depuis la ligne de commande, on lance la commande suivante qui permet de retailler une fenêtre dans l'image courante.

```
window 2 2 1529 1019
```

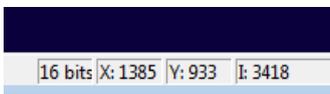
L'image est maintenant recadrée et les artefacts du processus d'addition des images alignées sont maintenant supprimés. On dispose maintenant d'une image dont la taille est de 1528 par 1018 pixels (on a en effet enlevé une rangée de pixels sur chaque côté sur l'image d'origine qui faisait 1530 par 1020 pixels).

On peut maintenant sauvegarder note image redimensionnée à l'aide de la commande

```
Commande
>save M31_b
>
```

```
save M31_b
```

## Mise à zéro du fond de ciel



Faisons un zoom arrière dans l'image courante et promenons le curseur de la souris sans les zones les plus sombres en bas à gauche et en haut à droite de l'image. On remarque que le fond de ciel est à environ 3400 ADU. Nous allons appliquer un offset à l'image de manière à ramener le fond de ciel à une valeur de 0 environ.

Cette manipulation facilite certains traitements ultérieurs et il est recommandé de la réaliser.

Lançons la commande

```
Commande
>offset -3400
>
```

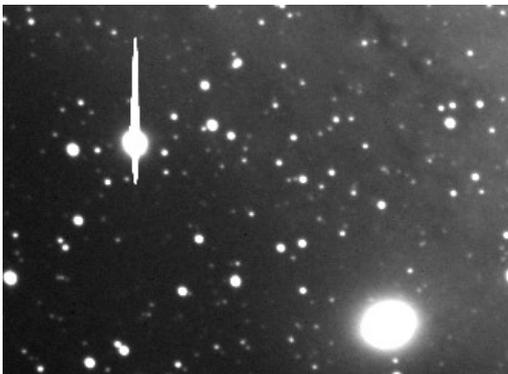
```
offset -3400
```

Suite à l'application de cette commande, on constate bien que le fond de ciel est amené environ à 0.

Il faut maintenant réajuster les seuils de visualisation pour afficher l'image dans une plage de dynamique correcte. On amène tout de suite le seuil bas à 0 (par définition puisque c'est le fond de ciel !) et on peut utiliser un seuil haut de 900 par exemple.

Certains pixels peuvent avoir des valeurs négatives, ce qui n'est pas un problème dans Iris (les intensités des pixels sont codées sur 16 bits de -32768 à +32767).

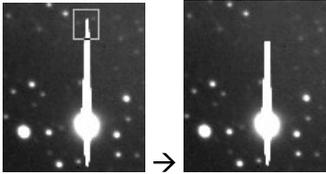
## Suppression du blooming



Il est toujours difficile de réaliser des corrections cosmétiques pour éliminer le blooming. En tout bien tout honneur il faudrait le faire sur chaque image individuelle avant le compositage, mais cela demanderait beaucoup de travail. Voyons comment l'on peut éliminer le plus gros du blooming dans notre image.

Nous allons utiliser la commande *max* d'Iris pour remplacer les pixels saturés des pics de blooming par des valeurs moyennes obtenues à partir des pixels voisins qui eux ne sont pas saturés.

Réglons les seuils à 0 et 700 et commençons par les pics de blooming de l'étoile situé en haut et à gauche de M32.



Traçons avec le bouton gauche de la souris un petit rectangle sur le haut du pic de blooming (attention, il faut être à un niveau de zoom de x1 dans iris pour tracer un rectangle de sélection). Lançons ensuite la commande

```
max 10000
```

depuis la ligne de commande d'Iris. Le paramètre utilisé avec la commande max indique le nombre maximum de pixels à traiter dans l'opération cosmétique. Dans notre cas, nous ne cherchons pas à nous limiter, aussi pouvons nous utiliser une valeur très grande.

Répétons l'opération plusieurs fois en faisant attention de ne pas sélectionner des zones trop grandes à la souris. Il vaut mieux procéder petit bout par petit bout car cela donne de meilleurs résultats. Il faut aussi faire attention à ne pas s'approcher trop près du disque de l'étoile sans quoi son bord sera écranté. Les dernières corrections cosmétiques sur l'étoile pourront être faites sur l'image JPEG avec un éditeur d'images classique.

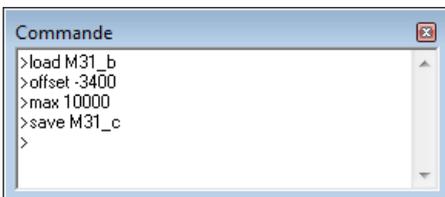
Attention, il n'est pas possible d'annuler la dernière commande max réalisée sous Iris. Il faut donc sauvegarder fréquemment l'image durant le processus de correction cosmétique de manière à pouvoir facilement revenir en arrière.

La même opération doit être réitérée sur toutes les étoiles ayant du blooming dans l'image.

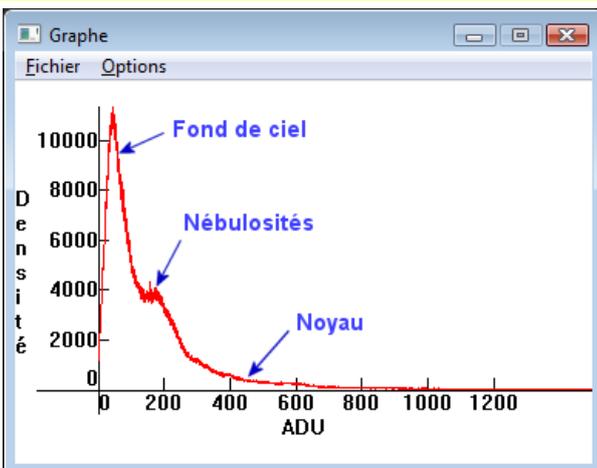
A noter que le logiciel MaximDL possède un outil de correction automatique du blooming beaucoup plus puissant.

Pour terminons, nous sauvons l'image obtenue :

```
save M31_c
```



## Etirement de la dynamique

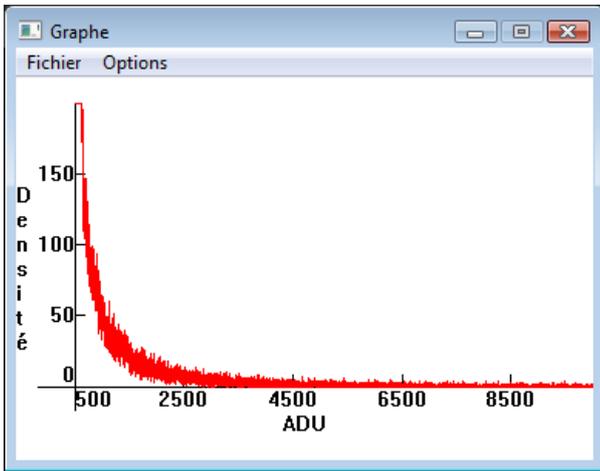


Traçons avec Iris l'histogramme de notre image *M31\_c.pic* (commande *Histogramme* du menu *Visualisation*). L'histogramme est une représentation graphique du nombre de pixels (axe vertical) ayant une intensité donnée (axe horizontal). Les intensités faibles (pixels sombres) sont à gauche de l'histogramme et les intensités fortes (pixels brillants) sont à droite.

Changeons les options d'affichage de l'histogramme pour afficher une valeur maximale de 1500 avec des intervalles de 200. C'est la partie de l'histogramme qui nous intéresse car toute l'information intéressante se trouve dans cette zone.

On voit apparaître sur l'histogramme plusieurs choses :

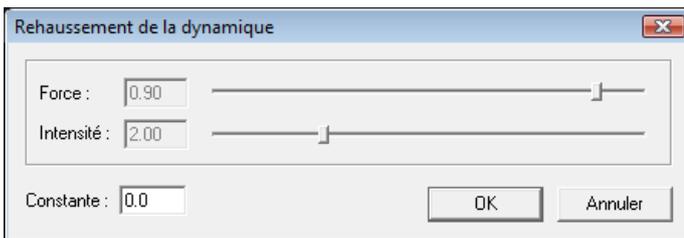
- La plus grande partie des pixels est tassée sur la gauche de l'histogramme vers des faibles valeurs d'intensité ;
- L'information intéressante est comprise dans une faible plage d'intensités, entre 130 et 800 environ.
- Les nébulosités des bras de la galaxie sont dans la zone entre 130 et 400 ADU environ (on peut le vérifier avec le curseur de la souris) et le noyau de la galaxie s'étend



dans la zone entre 400 à plus de 10000 ADU. On a volontairement supprimé la zone au-delà de 1500 ADU dans le premier histogramme. Dans le second histogramme, on se focalise sur les pixels qui constituent le noyau de la galaxie (plage d'intensités entre 500 et 10000 ADU). On comprend maintenant pourquoi on a utilisé un seuil bas de **0** et un seuil haut de **800** pour obtenir un bon résultat quant à l'affichage des nébulosités dans notre image.

Moralité, l'information intéressante dans notre image est tassée dans une petite zone de l'histogramme. Si on cherche à mettre en valeur les nébulosités, on doit limiter l'affichage de l'échelle des niveaux de gris à la zone de l'histogramme comprise entre 0 et 800 (seuils bas et haut), et on se retrouve alors avec une image où le noyau de la galaxie apparaît brûlé. Si on veut faire apparaître des détails dans le noyau, on doit remonter le seuil haut mais on perd alors des détails dans les nébulosités car un nombre plus restreint de niveaux de gris leur sont attribués.

On ne peut donc pas faire apparaître à la fois les faibles détails des bras et le cœur de la galaxie. L'idéal serait de pouvoir réserver la plus grande partie des niveaux de gris affichés à l'écran à la zone de l'histogramme qui concerne les nébulosités (zone comprise entre 130 et 400 ADU) et une partie plus restreinte au noyau plus brillant (zone comprise entre 400 et 10000 ADU).



Ceci peut être réalisé à l'aide d'un ajustement non linéaire de l'histogramme. Dans Iris, le plus facile est d'utiliser l'outil DDP (« Digital Development Processing ») accessible à l'aide de la commande *Rehaussement de la dynamique (DDP)*... du menu *Visualisation*. Dans Iris, cet outil ne rehausse pas les détails contrairement à d'autres traitements d'image.

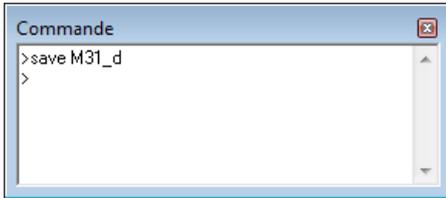
L'outil DDP permet de réduire fortement l'effet de saturation des niveaux élevés au profit des niveaux proches du fond du ciel et permet ainsi de laisser apparaître des détails dans les zones surexposées et sous-exposées, mais non saturées.

Cette image montre une partie de la galaxie avant le traitement DDP.



Cette image montre la même partie de la galaxie après le traitement DDP en utilisant les paramètres indiqués plus haut, c'est-à-dire une force de 0,90 et une intensité de 2,0.

On voit beaucoup mieux apparaître les détails des zones HII sans pour autant brûler le noyau de la galaxie.

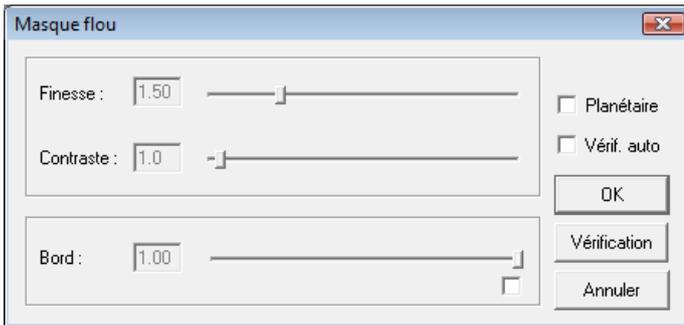


On peut maintenant sauver notre image avec son histogramme modifié :

```
save M31_d
```

## Rehaussement des détails

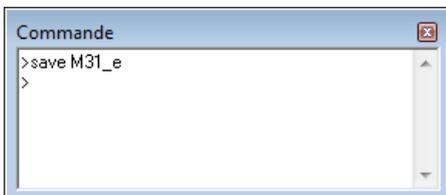
Le rehaussement des détails est toujours quelque chose de délicat à réaliser sur des images du ciel profond. Il est conseillé de procéder avec délicatesse car on peut très vite se retrouver avec des effets non désirés dans les images qui ne représentent pas la réalité de l'objet observé.



Pour une galaxie comme M31, on peut se risquer à réaliser un léger masque flou à l'aide de la commande *Masque flou...* du menu *Traitement*.



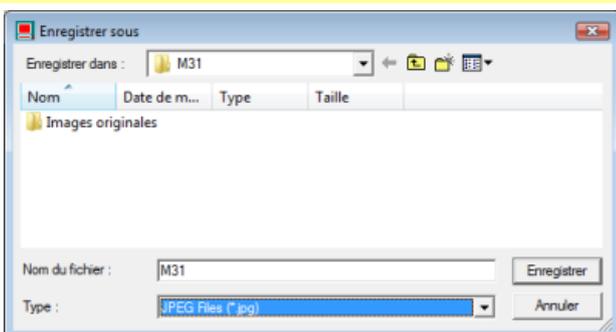
On voit alors que notre galaxie montre des détails légèrement rehaussés sans pour autant introduire trop de bruit dans l'image.



On peut maintenant sauvegarder notre image finale :

```
save M31_e
```

## Création d'une image JPEG



Après avoir réglé les seuils à des valeurs convenables, il est facile dans Iris de sauvegarder l'image obtenue au format JPEG à l'aide de la commande *Sauver...* du menu *Fichier*.

On choisit alors le format JPEG dans la liste des types de fichiers disponible.

On peut maintenant utiliser un éditeur d'image pour réaliser les dernières corrections cosmétiques.

Voici le résultat final !

