# Mission Pic du Midi T60
# Semaine N° 13 du 28 mars au 2 avril 2016

Participants :

- Antoine CAILLEAU
- Vivien PIC
- Laurent GRANIER

## *Déroulement de la Mission :*

**Le 28/03/2016** :

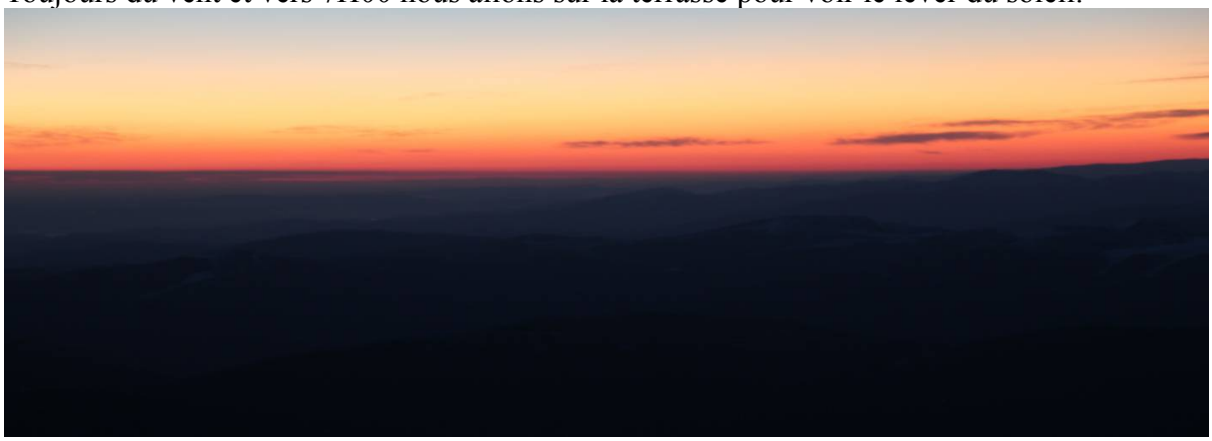
Arrivé 9h15 au départ de la Mongie. Le vent nous contraint de faire une pause au Taoulet. Nous arrivons au sommet vers 11h.
Dépôt de nos affaires dans le local du T60 et dans nos chambres.
Vers 15H00, nous commençons par l'ajout de la lunette de Vivien et de sa caméra au T60, puis par son équilibrage.
19H00 repas, suivi du couché de soleil.

Retour au T60.
21H30 : Pointage Jupiter pour le positionnement et sur une étoile du Lion pour la mise au point.
Acquisition de NGC3631 et à 21H50 première photo.
Le ciel est dégagé mais nous avons des passages nuageux.

Réalisation de 5 poses de 300S en L.
Le problème avec le voile nuageux, c'est la perte de l'autoguidage.
Entre les prises de vues, nous sortons sur la terrasse pour profiter du ciel nocturne du pic.
Pointage sur M81, 5 poses de 300s en L
Le vent est de plus en plus fort
Acquisition de M105 dans le lion. Seulement 3 poses de 300S en L.
Refocalisation de la caméra.
Pointage de M53 (Melotte 111) dans la coma Bérénices 12 poses en L
Le vent se calme
Réalisation de 8 poses de 120s en B sur M3
Arrêt vers 2H00 passage nuageux.
Reprise vers 2H30, avec pointage sur Sirus pour paramétrage du STAR ANALYZER
Acquisition de NGC 3631 mais passage nuageux.
Vers 3H30, problème sur la coupole, nous ne pouvons plus l'orienter, déclenchement de l'arrêt d'urgent et pas de clé pour le relancer.
Nous allons nous coucher.

**Le 29/03/2016 :**

Vers 15H00 le technicien du Pic passe pour relancer la coupole, c'est eux qui ont la clé.
Dans l'après midi, nous avons la visite du directeur du Pic, Remy CABANAC.
Réalisation de Flat et Offset
19H00 repas, le ciel est couvert et le vent se lève
21H30 ça se dégage, mais problème d'alimentation, il faut tout redémarrer.
22H00 acquisition sur les Pléiades de HD 23642, 15 poses en LRVB
23H30 NGC 3631, 5 poses de 300s en L
00H00 Problème disjoncteur et appel du technicien. Il nous dépanne rapidement. C'est le disjoncteur pare foudre qui chauffe.
00H30 relance acquisition sur NGC 3631 en pose BVR
3H00, 4 poses en L de 300s sur NGC 4298
Le vent est toujours présent et de plus en plus fort
3H20 NGC 5752 et 5753 sans autoguidage, 2 poses mais étoiles ovales du fait du vent.
4H00 M5 10 poses en BV de 30s
4H20 fermeture de la coupole, trop de vent.
Nous partons faire le tour du PIC
Toujours du vent et vers 7H00 nous allons sur la terrasse pour voir le lever du soleil.



Couché 8H00

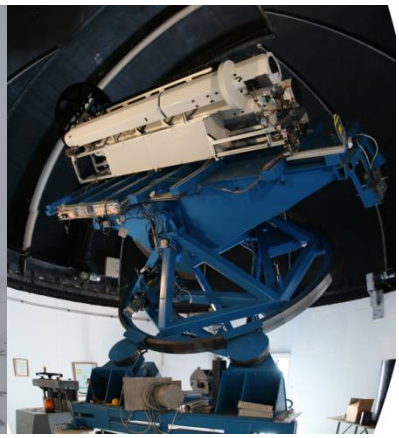
**Le 30/03/2016 :**

L'après midi travail sur ordinateurs et installation du Coronado du club sur la terrasse.

19H00 repas et suivi du coucher de soleil
Toujours du vent, moyenne annoncé sur le site du Pic, 82Km/H
23H00 légère baisse du vent
Acquisition de NGC 3631, 5 poses en LB de 300s
00H00 arrêt a cause du vent
Vers 2H30 apparition d'orage sur la WEBCAM du Pic, nous débranchons tout car pas de Pare foudre.
Les orages sont loin
4H00 nous allons nous coucher

**Le 1/04/2016 :**

La météo annonce une soirée excellente.
Choix de la cible pour faire de l'imagerie. Donc soit NGC 4725 ou NGC 2903 et la comète si du temps.
Le temps est couvert, nous ouvrons le T60 au public. Des discussions commencent.



17H00, visite du CORONOGRAPHE avec Franck VAYSSIERE, président des Observateurs Associés (OA)
Réalisation de DARK
18H30, visite au T60 de Franck VAYSSIERE
19H00 repas et coucher du soleil
21H30 acquisition de NGC 4725 sur toute la nuit.
15 poses en RVB de 300s sans guidage
30 poses en L de 300S
Nous sortons plusieurs fois sur la terrasse et réalisation de photos avec nos appareils.
Fin de l'acquisition vers 5h
Nous voulons réaliser l'acquisition de la comète, mais pas de coordonnées et le TELRAD n'est pas aligné.
7H00 nous sortons sur la terrasse pour le levé du soleil, mais les nuages sont là.
8H00 au lit

**Le 02/04/2016 :**

Annonce des techniciens du Pic que le dernier départ du téléphérique est prévu à 15H00 et que le Pic sera fermé jusqu'à mardi à cause du vent.

Nous rangeons tout dans la précipitation pour partir et ne pas être coincé.

**Observation d'HD 23642 (Vivien Pic):**

Le but de cette observation était de déterminer l'indice B-V de la binaire spectroscopique à éclipse HD23642 à partir de données amateur. Je participe à une collaboration Pro-Am avec David Valls-Gabaud (CNRS Observatoire de Paris), pour la photométrie. Deux autres amateurs, David Antao et David Bregou, s'occupent des observations spectroscopiques (voir communication de D. Antao aux Pro-Am de Girons et aux RICAR).

Cette étude à pour objectif de déterminer les paramètres physiques de ce couple stellaire pour tenter de résoudre le problème de la détermination de la distance de l'Amas des Pléiades (Binary Stars as Critical Tools & Tests in Contemporary Astrophysics Proceedings IAU Symposium No. 240, 2006 W.I. Hartkopf, E.F. Guinan & P. Harmanec, eds.).

Les observations en photométrie à « bande étroite » (données inédites) que j'ai réalisées entre novembre 2015 et mars 2016, montrent des effets de « limb darkening » et « limb lightening » inexistant sur les données en « bande large », ainsi que d'autres subtilités physiques observées en photométrie haute résolution, dont je parlerais dans un futur article (en préparation).

L'indice B-V était l'un des rares paramètre physique de ce couple stellaire que nous n'avions pas encore déterminé. En effet l'observation photométrique et spectroscopique d'une binaire spectroscopique à éclipse permet de déterminer de très nombreux paramètres physiques (un type d'objet idéal pour l'astrophysique stellaire).

En photométrie ces paramètres sont nécessaires pour générer des courbes de lumière synthétique avec des logiciels tels que PHOEBE ou Wilson-Deviney Code, en procédant par ajustement successif pour ajuster nos courbes synthétiques aux courbes de lumière observées. Cet ajustement permet de mettre en évidence des paramètres intimes de la physique stellaire qui ne sont accessibles que dans le cas des Binaires Spectroscopiques à Éclipses et de les déterminer avec précision.

Nous avons utilisé 2 logiciel (Maxim DL et Prism V9) pour la réduction photométrique en comparant deux méthodes de photométrie : différentielle à trois cercles (à 2, 3 et 5 * FWHM) avec Maxim DL V5 et la photométrie Gaussienne à 14 pixels de rayon avec Prism V9, le Catalogue GSC à été choisi comme référence photométrique.

Étoile de référence n°1 : **HD 23763** * ; $m_B$ = 7,08 ; $m_V$ = 6,96 ; B-V = + 0,12

Étoile de référence n°2 : **HD 23489 *** $m_B$ = 7,44 ; $m_V$ = 7,34 ; B-V = + 0,1

**Mesure d'HD 23642 : JD = 2457477.24642 ; Phase : 0,3499**

| Prism (Gauss r.14Pix ) | Maxim DL (Phot. Diff.) * réf. HD 23489 | Maxim DL (Phot. Diff.) * réf. HD 23763 |
|---|---|---|
| $m_B$ = 6,92 +/- 0,02 | $m_B$ = 6,94 +/- 0,02 | $m_B$ = 6,98 +/- 0,02 |
| $m_V$ = 6,85 +/- 0,02 | $m_V$ = 6,89 +/- 0,02 | $m_V$ = 6,87 +/- 0,02 |
| **B-V = 0,07** | **B-V = 0,05** | **B-V = 0,11** |

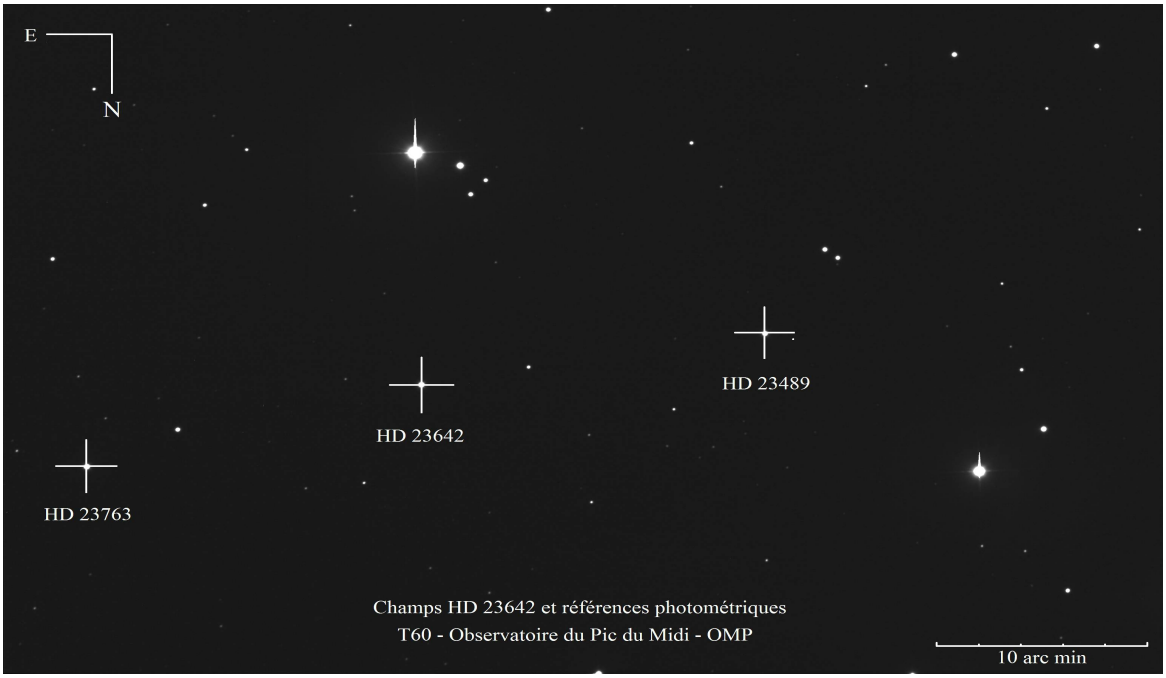
**Données SIMBAD * ; $m_B$ = 6,87+/- 0,06 ; $m_V$ = 6,81+/- 0,07 ; B-V = 0,06 +/- 0,09**

*The color-magnitude diagram of the Pleiades cluster. II. *JOHNSON H.L.; MITCHELL R.I. 1958ApJ...128...31J - Astrophys. J., 128, 31-40 (1958) - 01.01.86 01.01.86*

## Conclusion :

Nous mesurons une différence de magnitude de l'ordre de 0,06 mag en B et 0,04 mag en V, HD 23642 paraît plus faible que les données du SIMBAD*. Cet écart peut être dus à la différence des filtres photométrique utilisés, mais aussi (et surtout), à une particularité du champs de ces étoiles des Pléiades qui d'une part sont rougies de façon différentielle, et d'autre part sont entachés d'un d'excès de flux produit par la diffusion de la lumière par le gaz. Les courbes de croissance (magnitude en fonction du rayon de l'ouverture dans laquelle le flux est mesure) démontre bien le rougissement donc la magnitude bleue est plus faible, la diffusion est plus importante dans le bleu que dans le rouge, il s'agit de voir laquelle domine, en comparant à d'autres étoiles, plus faibles dans des régions "propres" on met en évidence les effets différentiels entre ces 3 étoiles.

Lors d'une prochaine mission, une mesure de magnitude Bolométrique calibré sur des champs Landolt en magnitude absolue permettrait de mieux corriger les effets d'absorption – diffusion différentielle du champs et permettrait d'affiner les données photométriques et les paramètres stellaires d'opacité, de convection et d'effets « bord centre » qui permettraient un ajustement encore plus fin des courbes de lumières de cette binaire à éclipse (article plus complet en préparation pour parution dans « L'Astronomie » de la SAF).




**Repérage du champs d'HD23642 (V*1229 Tau) à env. 10 arc min d'Alcyone**

Nous avions complété la série d'acquisitions photométriques BV par une série de pose en R et Luminance pour présenter une image LRVB pour la communication des résultats, mais le traitement « esthétique » est rendu très difficile à cause le l'alignement « trop parfait » de l'axe de la caméra (colonnes de pixels) et des aigrettes de diffraction de l'araignée. L'axe du blooming des étoiles brillantes et confondus avec les aigrettes, ce qui rend très difficile la réduction « esthétique » du blooming. Nous y travaillons pour les communications à venir.

Pour plus d'information sur l'observation spectro-photométrique d'HD23642 et la collaboration Pro-Am en cours, contact :

Vivien Pic ; Email : astronomie (point) castres (escargot) gmail (point) com

# Etude de NGC 3631

Nous avons réalisés une série de prises de vues sur la galaxie NGC3631, durant trois nuits consécutives les 28, 29 et 30 Mars 2016 en complément d'observations réalisées au préalable afin de déterminer le maximum de luminosité d'une supernovae AT 2016bau de type II.

La mesure de ce type d'objet est souvent rendue difficile du fait de la présence de la galaxie, une observation ultérieure afin de soustraire le flux de la galaxie est donc à réaliser, nous chercherons ici à nous affranchir de cette observation ultérieure en soustrayant un modèle photométriquement calibré à l'image source. Le but étant d'obtenir un rapport signal sur bruit le plus élevé possible sur la mesure de la supernova.

**Réductions des images :**

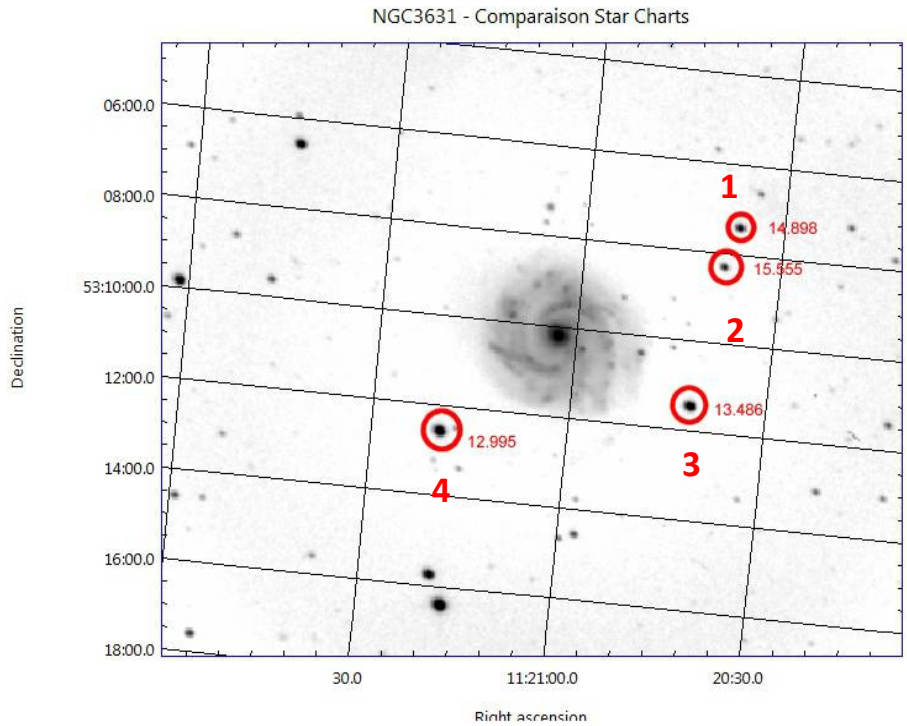
Nous avons pré-traités les images à l'aide de Maxim DL, retrait de l'offset, du dark et division par le flat field. Addition des images, par nuit et par filtres. Calcul d'une solution astrométrique pour chaque addition à l'aide de la fonction Pinpoint Astrometry et calcul de la magnitude de point zéro pour chaque filtre et chaque image de chaque nuit.

**Mesure photométrique d'ouverture de la supernovæ :**

Nous utilisons une photométrie d'ouverture classique à 3 cercles en prenant pour référence 3 étoiles comprises dans le champs d'imagerie, les magnitudes sont issues du catalogue UCAC 4 pour mesurer notre supernovæ, une dernière étoile de corrélation est prise avec un indice B-V le plus proche possible de 0 (étoile repère 1)

Nous utiliserons les étoiles suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Repère 1 : | mag V 14,898 | UCAC4 – 716 – 050573 | B-V 0,58 |
| Repère 2 : | mag V 15,555 | UCAC4 – 716 – 050574 | B-V 0,96 |
| Repère 3 : | mag V 13,486 | UCAC4 – 716 – 050576 | B-B 0,74 |




Repère 4 : mag V 12, 995 UCAC4 – 717 – 050563 B-V 0,75

Les mesures relevées de photométrie pour la supernova sont :

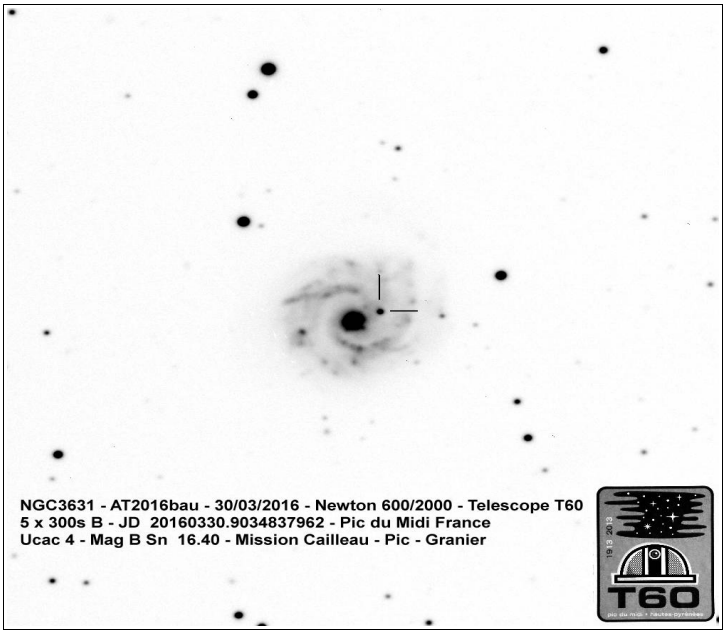
28/03/2016 – mag L 15,5

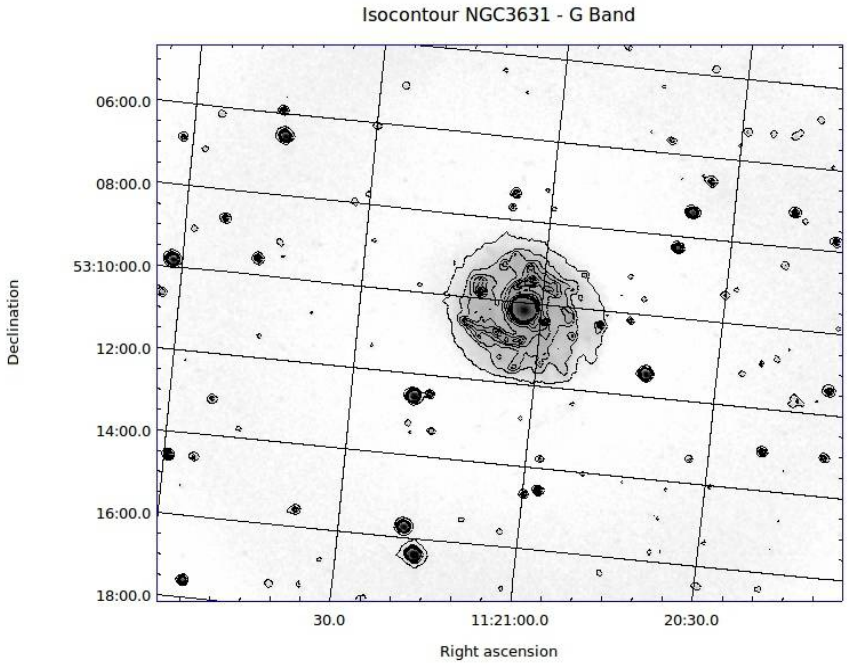
29/03/2016 – mag L 15,4 mag B 16,3 mag V 15,4 mag R 15,3

30/03/2016 – mag L 15,5 mag B 16,4

Nous publions nos mesures sur le site de l'université de Rochester en les transmettant à David Bishop (Rochester Supernova List).

**Calcul de l'isocontour et ajustement du fond de ciel :**






Nous utilisons par la suite le logiciel IRAF et SAO DS9 en environnement Linux, nous déterminons la valeur du fond de ciel par ajustement en utilisant les fonctions de photométrie d'ouverture PHOT du package NOAO et notamment les fonctions DIGIPHOT. Nous déterminons ensuite un isocontour basé sur une distribution logarithmique avec pour seuil minimal une valeur légèrement supérieure au fond de ciel, et pour seuil maximal, la valeur du bulbe central. Nous déterminons ainsi la surface de la galaxie et ces limites de détection.

**Détermination d'un modèle de soustraction :**

Nous réalisons en travail préliminaire le calcul d'une image de PSF avec les fonctions du package DIGIPHOT dans la séquence suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| daofind | - | détection de l'ensemble des étoiles du champs, |
| phot | - | calcul du flux et de la magnitude de chaque étoiles, |
| pstselect | - | sélection des 25 étoiles ayant le meilleur rapport s/b, |
| psf | - | calcul et création du fichiers psf, |
| seepsf | - | génération de l'image physique de la psf. |

Cette action permet d'estimer la résolution moyenne de l'image. Chaque tache doit être paramétrée, taille des cercles de mesures, niveau de fond de ciel et notamment la fonction de la magnitude de point zéro (ZMAG) calculée plus haut afin d'obtenir un fichier de sortie en magnitude cohérent.

Enfin nous utilisons le logiciel Galfit pour réaliser un modèle de soustraction par itérations successives. Les paramètres de bases, position, dimensions, inclinaisons sur les axes sont directement relevés sur l'image. Les valeurs de bases pour la génération des bras spiraux sont recherchées par essais successifs.

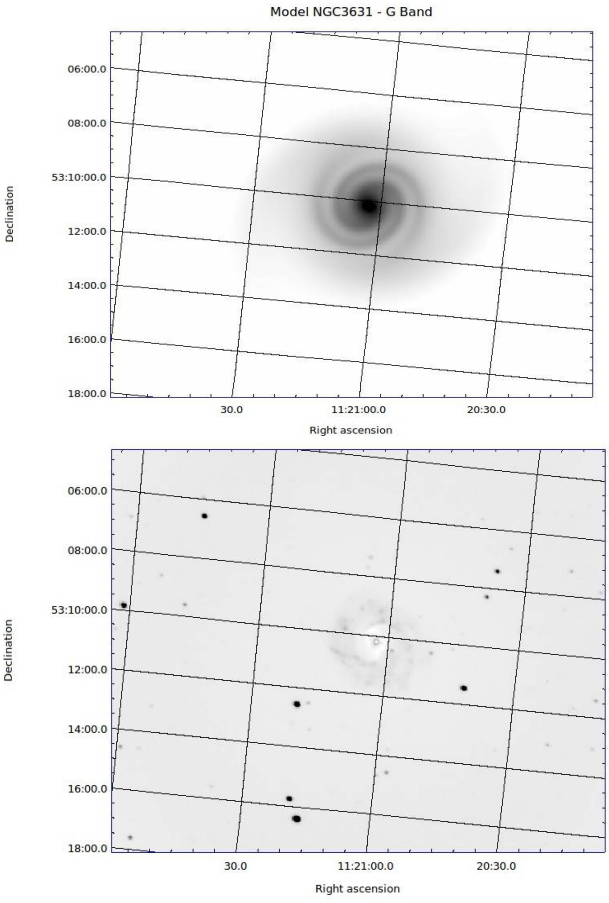
L'image de PSF viendra corriger le modèle afin que les paramètres retournés par le logiciel soient strictement les mêmes malgré un changement de résolution spatiale.

Un run de 100 itérations successives est ensuite programmé, les valeurs trouvées après itération et donnant le meilleur résiduel sont les suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| 10.0335 | - | Integrated magnitude Mag B |
| 64.6364 | - | R_e (effective radius) [pix] |
| 5.2588 | - | Sersic index n (de Vaucouleurs n=4) |
| 0.7467 | - | Axis ratio (b/a) |
| 44.8001 | - | Position angle (PA) [deg: Up=0, Left=90] |
| 9.7447 | - | Spiral inner radius [pixels] |
| 95.1233 | - | Spiral outer radius [pixels] |
| - 413.2868 | - | Cumul. rotation out to outer radius [degrees] |
| - 0.8556 | - | Asymptotic spiral powerlaw |
| - 25.8536 | - | Inclination to L.o.S. [degrees] |
| 41.9305 | - | Sky position angle |

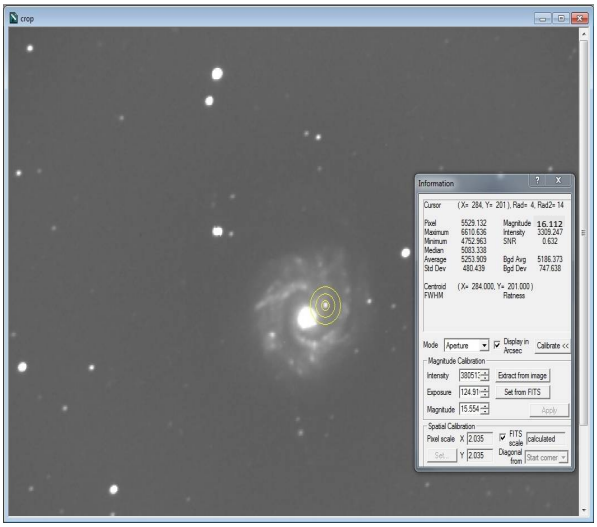
Les résultats sont fonctions de l'orientation graphique de l'image. Il ne peuvent être facilement comparés a la donnée professionnelle dont l'orientation de l'images est conventionnellement Nord en haut.

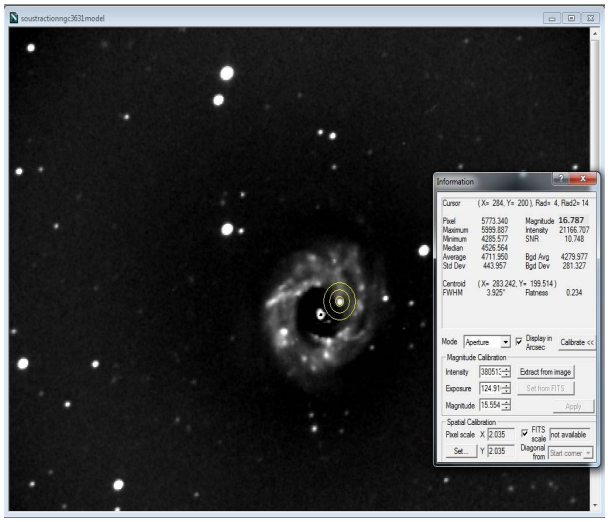
Résultat de la soustraction avec détermination de la meilleure résolution à l'aide d'une image de psf calculée avec Iraf sur l'image de donnée et fitting du fond de ciel.




Nous réalisons ensuite une photométrie d'ouverture à l'aide de la fonction IMEXAMINE et la sélection d'étoiles dont le fond de ciel est perturbé par la galaxie et d'autres dites de comparaisons en dehors de l'influence photométrique de la galaxie. La mesure des étoiles de comparaisons d'une image à l'autre ne diffère pas, traduisant le bon fonctionnement du fitting de fond de ciel. Le gain en rapport s/b sur la supernova est d'un facteur 10, alors que la perturbation en flux après soustraction n'est que de 11 adu. Les seuils de visualisations ne sont pas uniformes afin de mieux observer le résiduel de la galaxie.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Photométrie sur images source : | Flux Maxi : 6610 adu | Snr : 0,632 | mag : 16.2 |
| Photométrie sur soustraction : | Flux Maxi : 5999 adu | Snr : 10,748 | mag : 16,8 |





**Conclusions :**

La mesure sur chaque image avec les mêmes paramètres de calibrations photométriques retourne la même magnitude. Par corrélation, la mesure de magnitude par photométrie d'ouverture est donc largement modifiée sur l'objet affecté par la bras de la galaxie, avec 0,6 magnitude d'écart entre les deux mesures largement due à la position de la supernova dans une zone dense de la galaxie.

La réalisation d'une série de modèle sur un lot d'image de suivi photométrique de supernova doit encore être réalisée afin de valider la méthode. Le gain attendue est celui d'un suivi plus long grâce à l'amélioration du rapport signal sur bruit et une meilleure gestion du terme de couleur de la supernova dans le cas d'un suivi multibandes, car la correction de l'absorption due à la galaxie hôte devient possible.

## ETUDE PHOTOMETRIQUE DE NGC 4712 - 4725 – 4747 :

NGC 4725 est une galaxie spirale barrée située à 41 millions d'années-lumière environ de la Terre, dans la constellation Coma Bérénice (la Chevelure de Bérénice). Son diamètre est d'environ 130 000 années-lumière (identique à celui de la Voie Lactée). Elle se trouve aux coordonnées D = 25° 30′ 03" et AD = 12h 50m 26s. Cette galaxie appartient à la catégorie des "galaxies de Seyfert". *(Laine, Seppo et al . 2002).* Les galaxies de Seyfert sont des galaxies actives, spirales ou irrégulières, contenant un noyau extrêmement brillant. Ce nom leur a été donnés en hommage à Carl Seyfert, astronome Américain qui étudia ces objets durant les années 1940. Elle fait partie du catalogue ARP et porte le numéro 159.

Quand on observe cette galaxie, on remarque qu'elle ne possède qu'un seul bras en spirale. La plupart des galaxies, telle la Voie Lactée, sont composées de deux ou plusieurs bras spiralés tournant autour d'un noyau central. La luminosité de la région centrale, plus élevée que la normale, indique que NGC 4725 est une galaxie active. Ce phénomène est probablement causé par un disque d'accrétion gravitant autour d'un trou noir supermassif situé au centre de la galaxie.

Ce bras unique est étroitement enroulé autour du noyau. Il est composé de poussières et de gaz illuminé par des étoiles naissantes, de nombreux amas d'étoiles bleues lumineuses et régions rosées HII où de nouvelles étoiles se forment, que l'on voit plus où le bras se connecte à la barre centrale. Au centre se trouve une population d'étoiles plus âgées de couleur jaune.

Trois supernovæ ont été observées dans cette galaxie:

- SN 1940b, un II-P supernova de type découvert le 4 mai 1940, avec une luminosité maximale de 12.80
- SN 1969H, type I supernova découvert le 17 Juin 1969, avec une luminosité maximale de 15.00
- SN 1999gs, une supernova (type inconnu) découverts sur le 28 décembre 1999, avec une luminosité maximale de 19.30

**Avant propos :**

Nous cherchons à déterminer dans cette étude la possible collision entre les galaxies NGC 4725 et NGC 4747 *(Mouri and Taniguchi, 2004)* . Nous étudierons donc leurs profils de luminosité ainsi que leurs propriétés photométriques observationnelles. Nous prendrons pour référence et modèle la galaxie spirale NGC 4712 contenu dans le champ et située bien plus loin que le couple NGC 4747 – 4725, *(Gibson, Brad et al. 1999)* nous cherchons à mettre en évidence les perturbations géométriques au sein de NGC 4725 et les éléments observationnels de NGC 4747,

**Acquisitions des images sources et de calibrations :**

Nous avons réalisé l'acquisition des images le 15/04/2016 au foyer du télescope T60 en utilisant la caméra SBIG STL 6303 E et ses filtres colorées. Nous avons réalisé les acquisitions d'images sources comme suit :

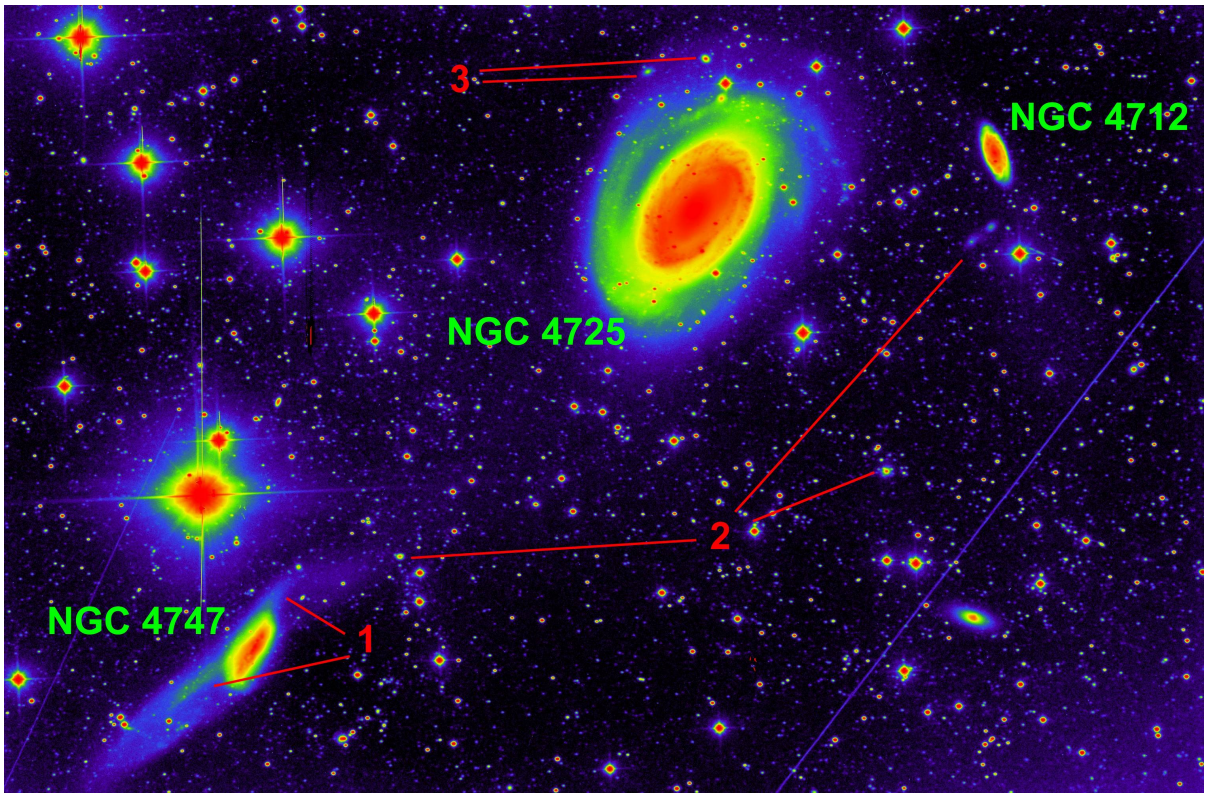
| | |
|---|---|
| Clear filter | 30 poses de 300 s |
| Red filter | 15 poses de 300 s en binning 2 |
| Green filter | 15 poses de 300 s en binning 2 |
| Blue filter | 15 poses de 300 s en binning 2 |

Soit un temps total d'exposition de 6 h 15 minutes tous filtres cumulés, nous avons autoguidé les poses à l'aide de l'autoguidage interne de la camera. Nous avons réalisé les acquisitions des images de calibrations durant la première partie de nuit, 10 offset et 15 dark de 300s et 6 flat sur le ciel pour chaque filtres. L'ensemble des images ont été pré-traitées par retrait des images maîtres de calibrations d'offset, de dark et de flat à l'aide du logiciel PRISM, nous avons ensuite réalisé une addition pour chaque bande.

Chaque addition a ensuite fait l'objet d'une solution astrométrique et d'un calcul de sa magnitude de point zéro (ZMAG), nous avons réalisé ces opérations avec les logiciels Maxim DL et Pinpoint Astrometry avec pour références les étoiles du GSC Catalog 1.1. et comparé les résultats avec ceux obtenus par PRISM.

Nous avons ensuite réalisé des coupes sur chaque image avec pour centre le noyau de la galaxie, afin de limiter la consommation mémoire lors du traitement.

**Addition des images et mise en évidence de la répartition d'intensité :**




Une addition est réalisée sur l'ensemble des couches afin d'obtenir une image au rapport signal sur bruit (s/br) le plus haut possible. On retrouve dans le coin inférieur gauche de l'image la galaxie NGC 4747 et la mise en évidence de ses bras de marées (repères 1).

Autour de NGC 4725 des galaxies naines de marées apparaissent (repères 2) et on retrouve des galaxies naines de collision (repères 3) dans le pourtour des bras spiraux de la galaxie. Ces galaxies satellites sont comparables à celles qui accompagnent M31, elles sont la résultantes de perturbations dynamiques de l'équilibre de la galaxie.

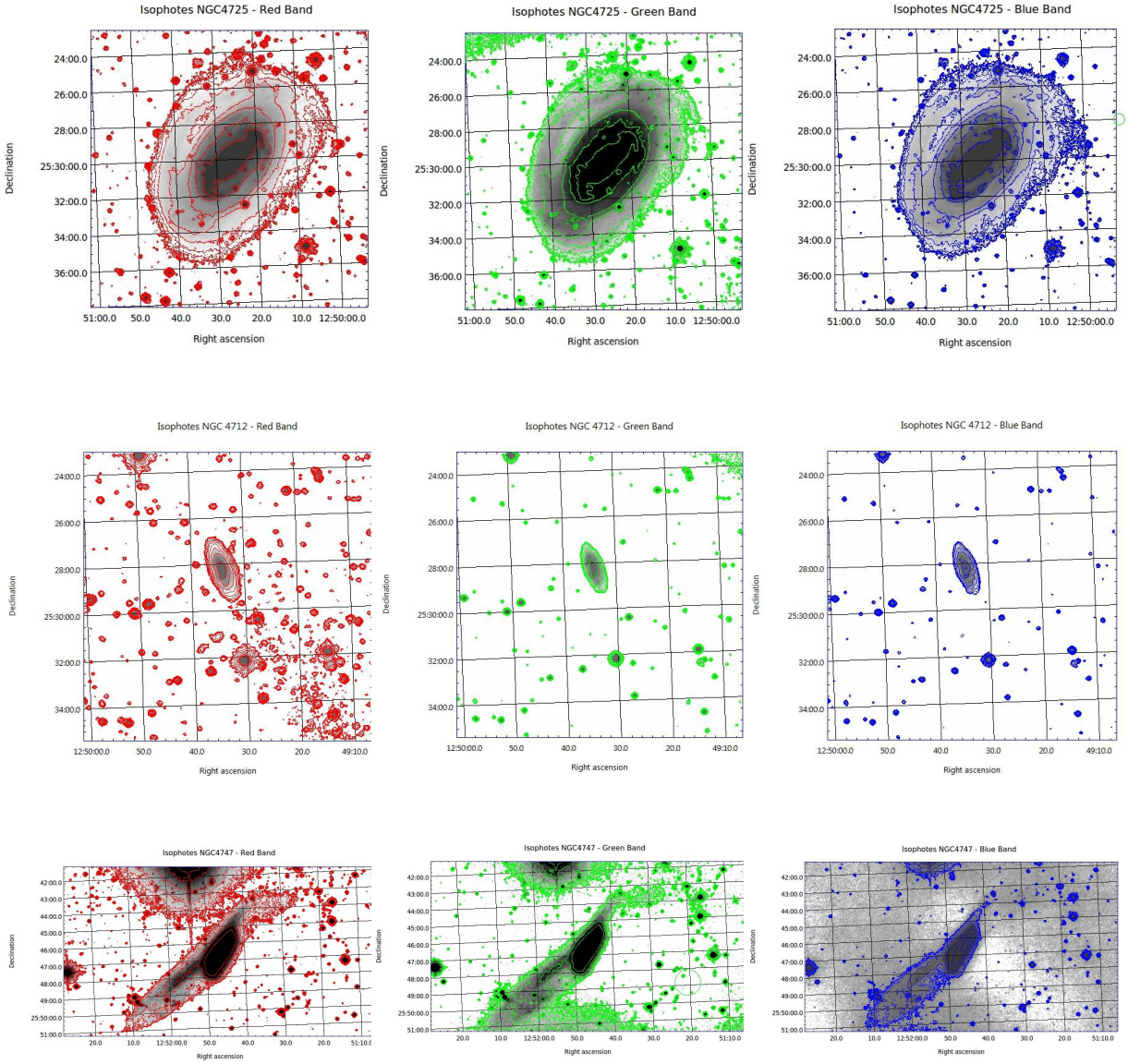
Malheureusement la queue de marée entre NGC 4747 et NGC 4725 n'a pu être mis en évidence, toutefois, les vecteurs de directions géométriques entre les éléments tidals de NGC 4747 et la direction de sortie du bras de NGC 4725 semblent être cohérents.

## Calcul des isocontours des galaxies :

Nous utilisons par la suite le logiciel IRAF et SAO DS9 en environnement Linux, nous déterminons la valeur du fond de ciel par fitting en utilisant les fonctions de photométrie d'ouverture PHOT du package NOAO et notamment les fonctions DIGIPHOT et tracés les isocontours avec pour seuil bas, le fond de ciel pondéré d'un sigma et nous avons limité leurs tracés à 95% de la luminosité du bulbe.10 tracés d'isocontours ont été déterminés. La commande utilisée est du type :

*contour ngc4725-B floor=1820 ceilling=4500 n=10 device=epsf*

**R** **V** **B**



**Détermination des paramètres géométriques :**

Nous réalisons en travail préliminaire le calcul d'une image de PSF avec les fonctions du package NOAO - DIGIPHOT dans la séquence suivante :

| | | |
|---|---|---|
| daofind | - | détection de l'ensemble des étoiles du champs |
| phot | - | calcul du flux et de la magnitude de chaque étoile |
| pstselect | - | sélection des 25 étoiles ayant le meilleur rapport s/b |
| psf | - | calcul et création du fichiers psf |
| seepsf | - | génération de l'image physique de la psf |

Cette action permet d'estimer la résolution moyenne de l'image. Chaque tache doit être paramétrée au préalable, taille des cercles de mesures, niveau de fond de ciel et notamment la fonction de la magnitude de point zéro (ZMAG) calculée plus haut afin d'obtenir un fichier de sortie en magnitude cohérent.

Enfin nous utilisons le logiciel Galfit afin de réaliser un modèle de soustraction par itérations successives. Un fichiers d'entrée au format *.txt est nécessaire, il regroupe tous les paramètres de bases à la génération d'un modèle, ainsi que les paramètres de convolutions.

Les paramètres de bases, position, dimensions, inclinaisons sur les axes sont calculés en mesurant à l'aide du logiciel SAO-DS9 en convertissant les isocontours tracés plus haut en structures polygonales, menu ANALYSIS – CONTOURS, puis en sélectionnant l'isocontour voulu et en demandant l'analyse en exécutant les commandes REGION - SELECTION – ANALYSIS – SOURCE - SUM. Les valeurs de bases pour la génération des bras spiraux sont recherchées par essais successifs.

L'image de PSF viendra corriger le modèle afin que les paramètres retournés par le logiciel soient strictement les mêmes, malgré un changement de résolution spatiale due au changement de filtres et à la prépondérance à la turbulence pour chaque filtre.

Un fichier de contraintes et limites est crée, des valeurs arbitraires limites sont assignées aux différents paramètres et notamment magnitude (0 – 20) et taille angulaire (taille mini – taille de l'image), cet action permet de limiter considérablement le temps de calcul de Galfit et de limiter les erreurs dues au faible rapport signal sur bruit des extensions spirales ayant tendance à perturber la génération du modèle, un paramètre de réjection sigma plus faible est à proscrire du fait de la présence d'étoiles dans le champ et notre volonté de laisser celle-ci intacte en vue de photométrie. Nous pallions à se problème en paramétrant Galfit avec un paramètre de Niquist égal à 2.

Un run de 100 itérations successives pour chaque image et chaque bande est ensuite programmé, les valeurs trouvées après itérations et donnant les meilleurs résiduels de soustractions sont les suivantes :

| NGC 4725 : | NGC 4712 : | |
|---|---|---|
| 0) devauc | sersic | # Component type |
| 1) 504.1048 530.3220 | 383,1910 475,5251 | # Position x, y |
| 3) 7.9721 | 11,7340 | # Integr mag G Band |
| 3) 7.8514 | 11,7212 | # Integr mag B Band |
| 3) 7.8417 | 11,7340 | # Integr mag R Band |
| 4) 227.3139 | 34.3529 | # R_e (effective radius) |
| 5) 4.0000 | 0,78,23 | # Devaucouleur /sersic param |
| 9) 0.7876 | 0,4230 | # Axis ratio (b/a) |
| 10) 50,73 | 38,9663 | # Position angle (PA) |
| R0) power | power | # PA rotation func |
| R1) 46.6637 | 11,9379 | # Spiral inner radius |
| R2) 245.9749 | 14,3770 | # Spiral outer radius |
| R3) -230.0759 | -190,6455 | # Cumul. Rot. out outer radius |
| R4) -0.2883 | -0,0513 | # Asymptotic spiral powerlaw |
| R9) 56.7592 | -0,002 | # Inclination to L.o.S. |
| R10) 47.8119 | 163,8407 | # Sky position angle |

NB : En raison de sa complexité, et notamment les structures tidales, nous n'avons pas pu modéliser de façon convenable NGC 4747 avec Galfit, seul une analyse avec IRAF à permis de retourner les valeurs de bases.

En sortie, Galfit crée un fichiers à multiples niveaux, comprenant une image Sigma, l'image source, le modèle et le résultat de la soustraction source – modèle, ce fichier doit faire l'objet d'une commande d'ouverture spécifique avec les logiciels d'imagerie classique.

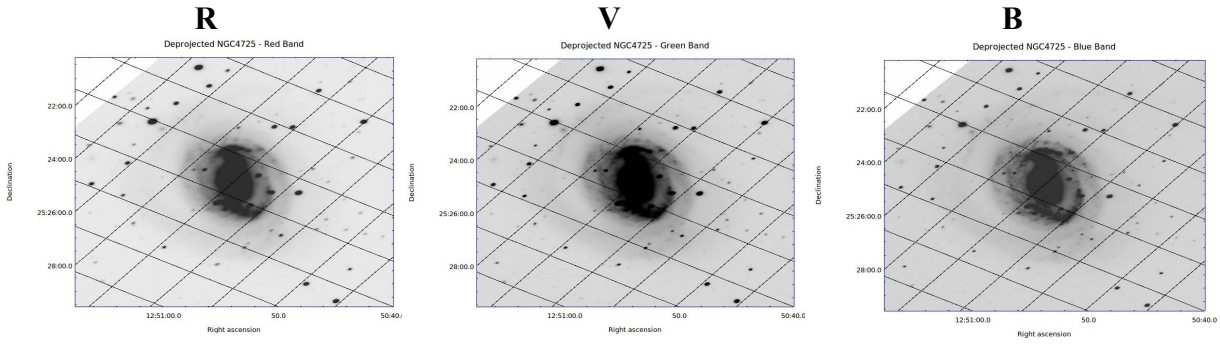
Nous avons pour chaque image de modèle et de résultat de la soustraction reconstitué les FITSHEADER afin de conserver les paramètres d'astrométrie et de photométrie calculés plus haut en utilisant les commande WCS – WCS PARAMETER du logiciel SAO DS9

**Dé-projection des galaxies :**

A l'aide des données trouvées plus haut, nous utilisons la commande GEOTRAN du package STSDAS afin de dé-projeter la galaxie NGC 4725 et NGC 4712 en positionnant leurs demi grand axe parallèles à l'axe des X et en modifiant leurs inclinaisons afin de pouvoir mieux appréhender leurs formes et contrôler la pertinence des valeurs trouvées plus haut.

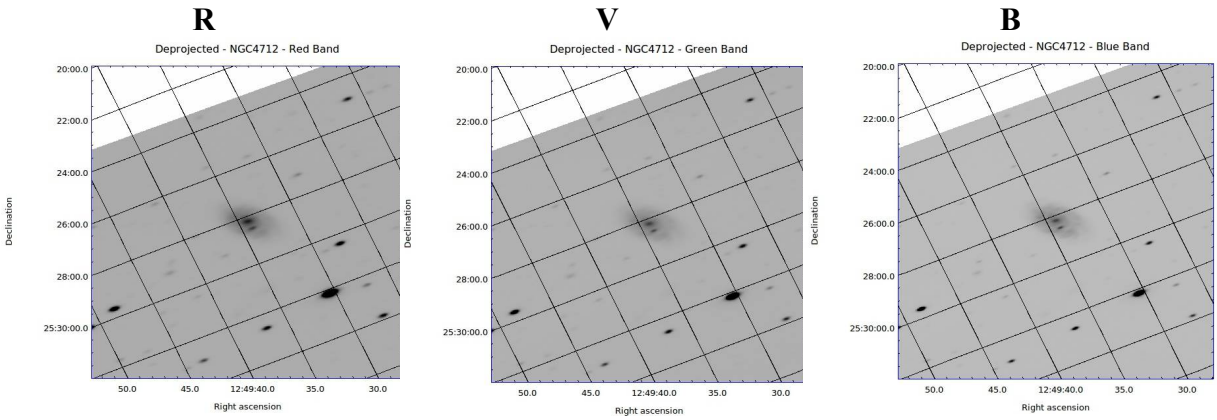
Les paramètres pour chaque bande sont issus de ceux trouvés avec les itérations de Galfit. Les données sont insérées dans la tache en utilisant la commande EPAR GEOTRAN. Les angles de lignes de visées servent à faire tourner l'image sur elle même avec pour centre le photocentre de la galaxie, l'image est ensuite déformée du ratio petit axe / grand axe le long de l'axe X pour corriger la forme.

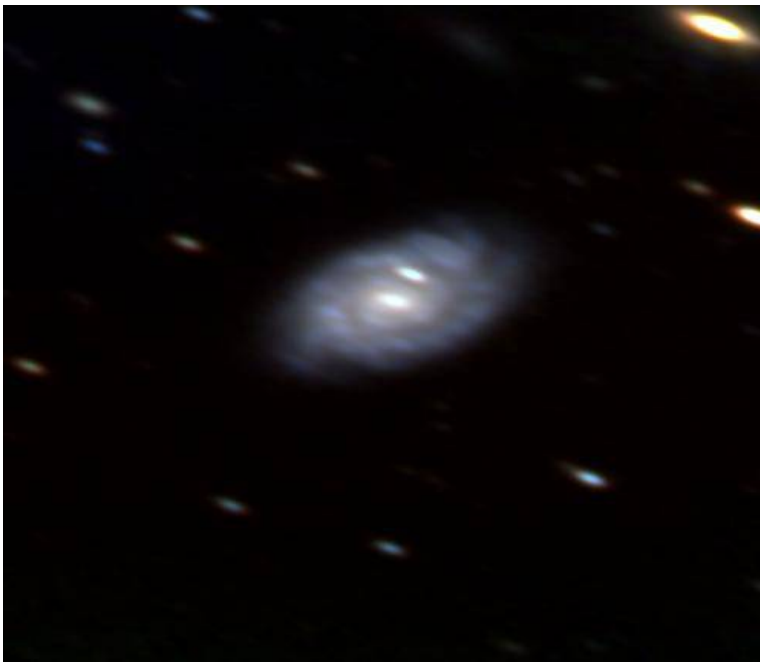
Les fichiers de sortie pour chaque bandes sont alors additionnés pour réaliser une image couleur. La référence de colorimétrie est prise sur une étoile de type solaire à l'indice B-V proche de 0. Ces opérations ont été réalisées avec Maxim DL.




*De-projection couleur de NGC 4725*

La dé-projection laisse apparaître des structures fines dans les bras au niveau de la jonction avec la barre centrale, ainsi que des zones d'absorptions entre chaque front d'ondes dans les bras.



*Dé-projection couleur de NGC 4712*

NGC 4712 est fortement inclinée sur l'axe de visée. Cependant la dé-projection fonctionne correctement, la galaxie apparaît comme une spirale régulière typique.

**Extraction des données et génération graphiques des modèles :**

Nous avons pour travail préliminaire compléter les FITSHEADER de PRISM lors des acquisitions, notamment l'heure sidérale notée ST, le lieu d'observation noté OBSERVAT , le filtre utilisé dans l'onglet CLRBAND.

L'ensemble de ces ajouts se réalise par la commande sous IRAF:

*hedit "nom de l'image" « parametre »  "valeur" add+ up +*

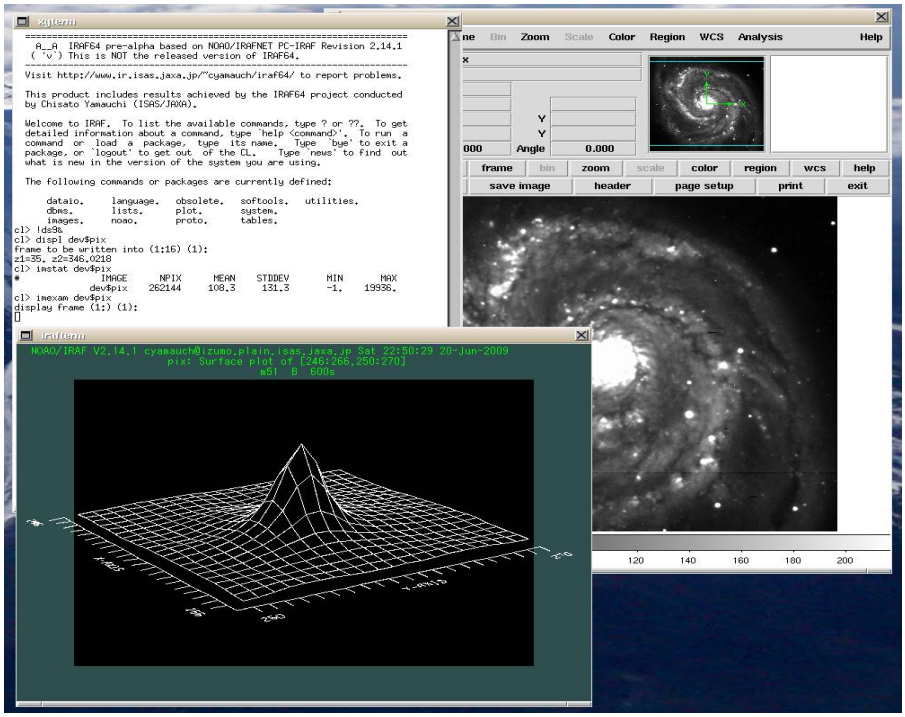
pour exemple sur une image nommée ngc4725-B :

*hedit ngc4725-B « ST » 10,320 add+ up+*

Enfin ces paramètres ajoutés nous pouvons calculer et ajouter au FITSHEADER l'onglet AIRMASS. IRAF réalise cette tache en entrant le commande SETAIRMASS.

En utilisant la fonction ELLIPSE contenu dans le package STSDAS – ANALYSIS – ISOPHOTES du logiciel IRAF nous réalisons une analyse préliminaire de type isophotale de chaque galaxie en utilisant l'image source comme référence. La tache retourne en sortie la confirmation des paramètres de bases fournis par Galfit cités plus haut.

Puis nous soumettons au logiciel le modèle généré par Galfit. Une analyse à rayon et centre fixe est demandée afin de pouvoir comparer ensuite l'intensité de chaque isophote de même surface.




*L'interface « conviviale » du couple LINUX / SAO-DS9 / IRAF !!!*

Iraf retourne en sortie de cette tâche un fichier *.tab qui contient l'ensemble des données numériques de chaque isophote et permet de tracer les différents graphiques en utilisant les fonctions des packages TABLES et SGRAPH ainsi que la commande ISOPLOT.

Pour chaque génération d'ellipse, il faut paramétrer les différentes fonctions de contrôles de la tache ELLIPSE, nous avons suivi le protocole ci dessous pour chaque galaxies dans chaque bande:

epar geompar (paramétrage de la géométrie de la galaxie)

- indiquez le centre de la galaxie en pixels
- ellipticité de la galaxie,
- taille mesuré de la galaxie
- taille minimale
- taille maximale pour l'arrêt du fitting
- progression géométrique continu
- pas de progression indiqué 1 pixels

epar magpar (paramétrage de la photométrie)

- entrez le niveau de fond de ciel
- entrez le paramètre ZMAG
- entrez le niveau de détection au niveau du fond de ciel, 20 adu + fond de ciel

epar controlpar (paramétrage de la détection)

- sigma réjection bas et haut régler sur 3,
- critère de convergence réglé sur 0,05, en cas de génération de modèle en forme de « serpentin », augmenter ces valeurs d'un point.

ellipse " nom de l'image " (génération du fichiers ellipse)

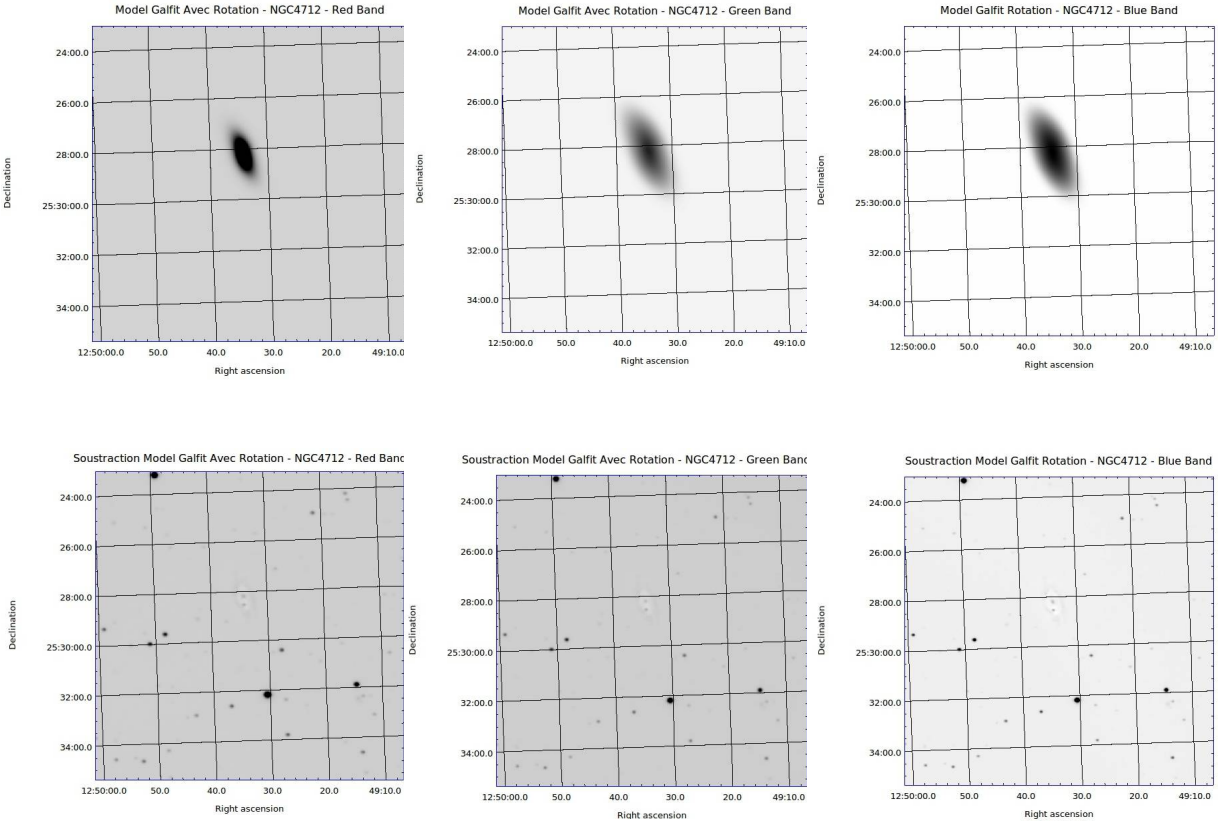
- sélectionnez l'image en entrée,
- sélectionnez le nom de la table de sortie

bmodel (génération d'un modèle graphique issue de la table calculée)

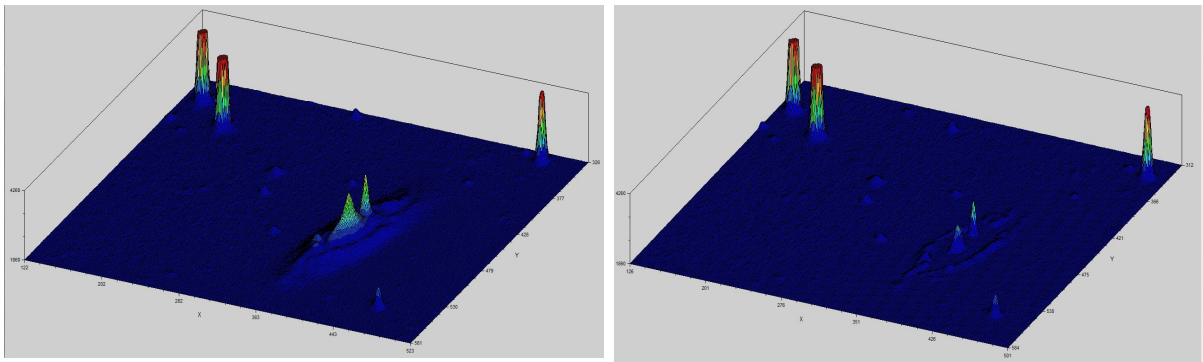
display " image du modèle généré " (visualisation du modèle dans SAO DS9)

## Modèles et soustractions pour chaque bandes pour la galaxie NGC 4712 :

**R** **V** **B**



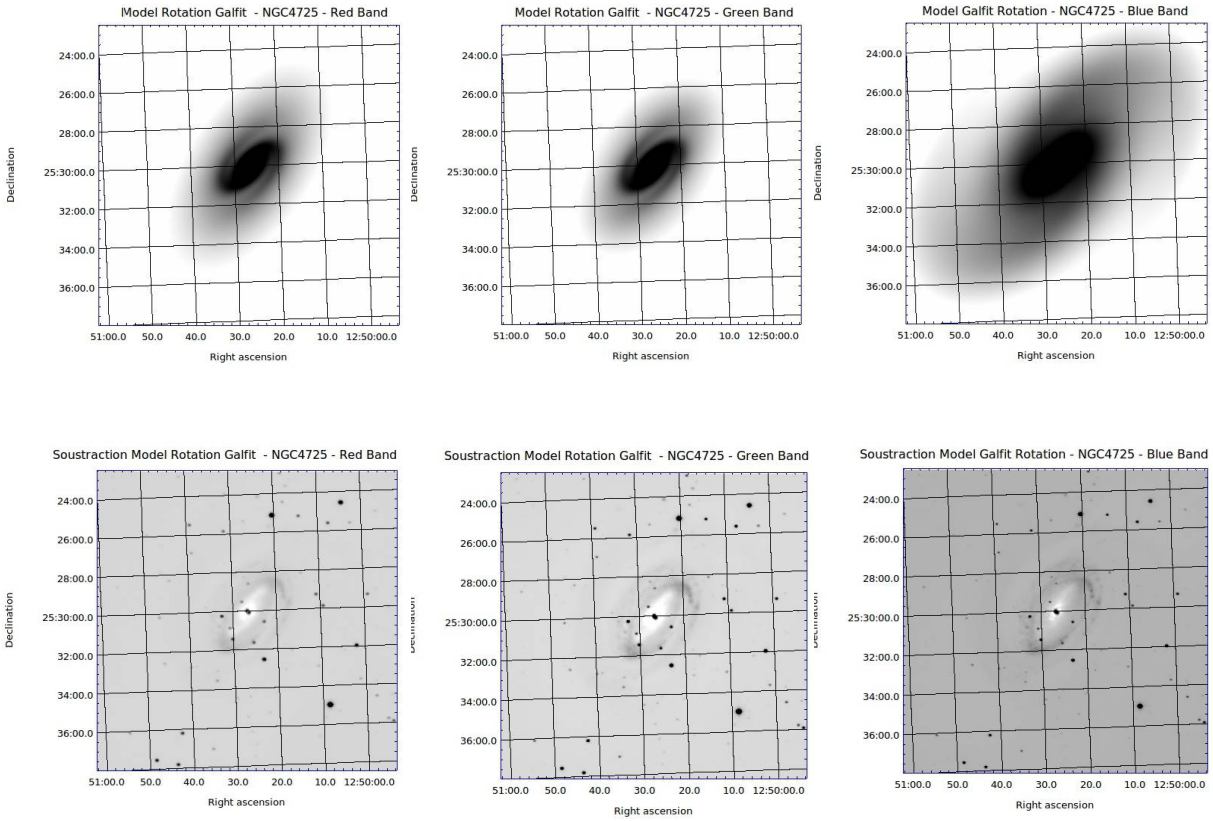

On constate que l'application d'un profil de type Sersic sur cette galaxie peu détaillée offre un résultat de soustraction optimal (cf. graphique ci dessous), au vu de sa taille et de sa faible résolution on peut donc utiliser un profil de luminosité d'une galaxie elliptique, en prenant simplement en compte le ration grand axe / petit axe, propre au galaxie spirale. Nous avons utilisé la fonction GRAPH WINDOWS de Maxim DL pour réaliser cette interprétation.



*Avant soustraction – Image source* *Après soustraction du modèle*

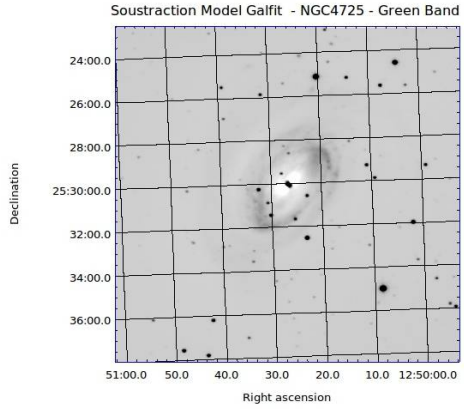
## Modèles et soustractions pour chaque bandes pour la galaxie NGC 4725 :

**R** **V** **B**




Malgré la génération d'un modèle à bras spiraux et barre centrale, la soustraction n'est pas optimale sur l'anneau extérieur. Un modèle à composant multiples serait dans ce cas plus approprié et notamment une fonction de déformation de type Fourrier.

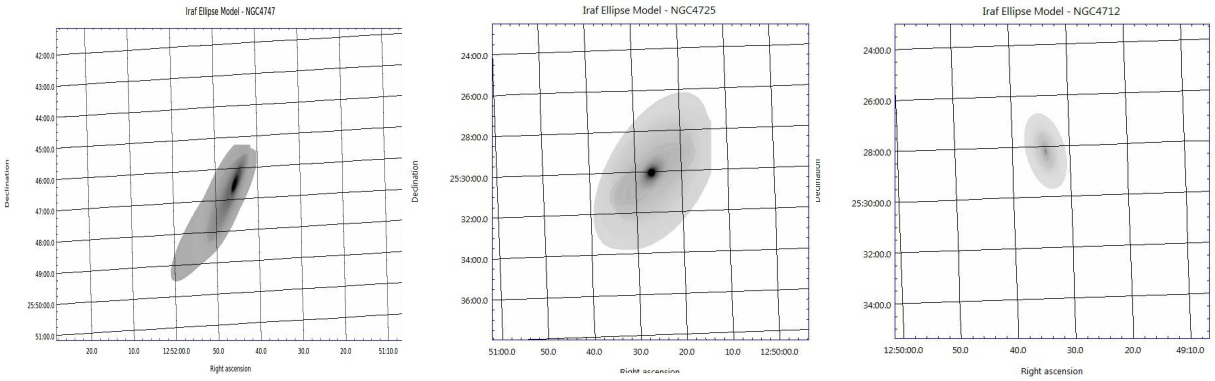
L'image ci dessous montre pour comparaison, une soustraction réalisée avec un modèle simple de profil luminosité de type Sersic, le résiduel est beaucoup plus lumineux et dense.




La mise en œuvre de modèle à composant multiples n'a pu être menée à cause de la complexité et la multiplicité des paramètres géométriques à contraindre du mode tronqué de Galfit.

Des essais complémentaires sont en cours.

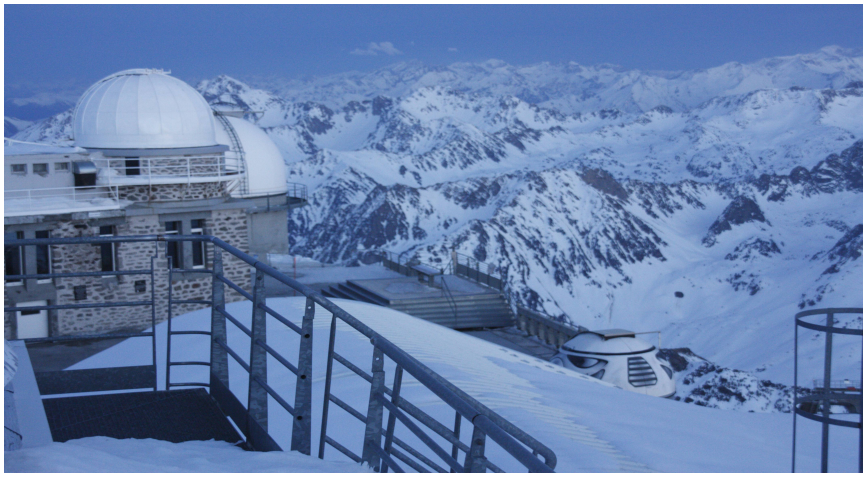
Nous avons tout de même réalisés une interprétation graphique des modèles générés par la tache ELLIPSE de IRAF, le paramétrage de la rotation n'est pas possible, c'est ce fait qui nous a poussé à prendre en main le logiciel Galfit, de plus comme vu plus haut, le mode tronqué permet une meilleure soustraction des structures spirales et tidales, cependant sur le modèle complexe de NGC 4747, Iraf « propose » moyennant des compromis dans l'échantillonnage et notamment sur les sigmas de réjection, une modélisation de la queue de marrée observée sur l'imagerie multibande.




Le package STSDAS – ANALYSIS – ISOPHOTES comprend également un tache de tracés de graphique, ISOPLOT. Cette tache permet d'extraire et de tracer les données contenus dans un fichier table sortie de la tache ELLIPSE, par exemple, pour un fichier table de sortie nommée tablengc4725-B pour lequel on désire tracer le graphique SMA / MAG :

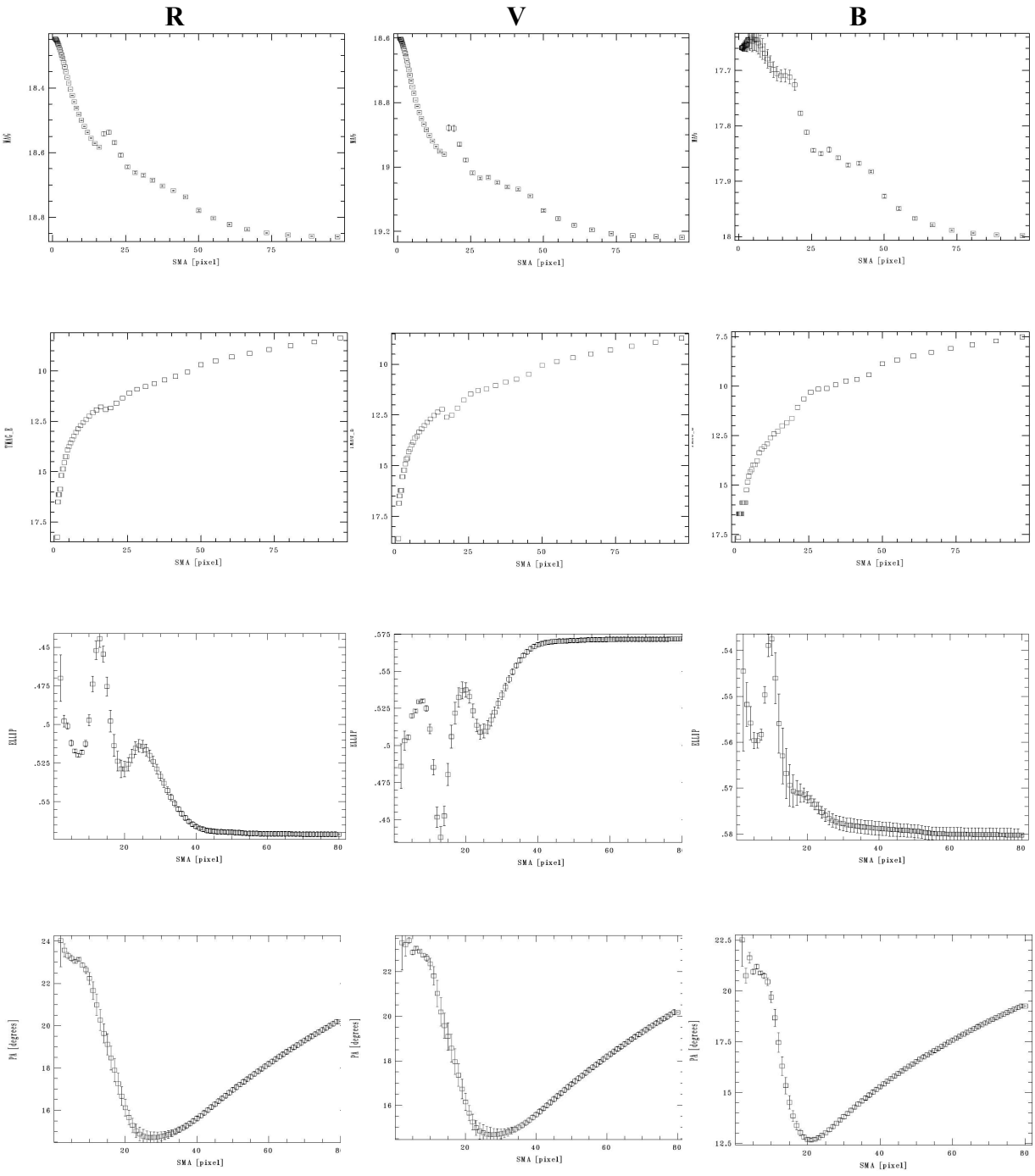
*isoplot tablengc4725-B SMA MAG device=epsf*

et les résultats ci dessous au format *.eps apparaissent dans le répertoire de travail, la commande Linux EPSTOPDF permet de retrouver un format mulit-plateforme exploitable.



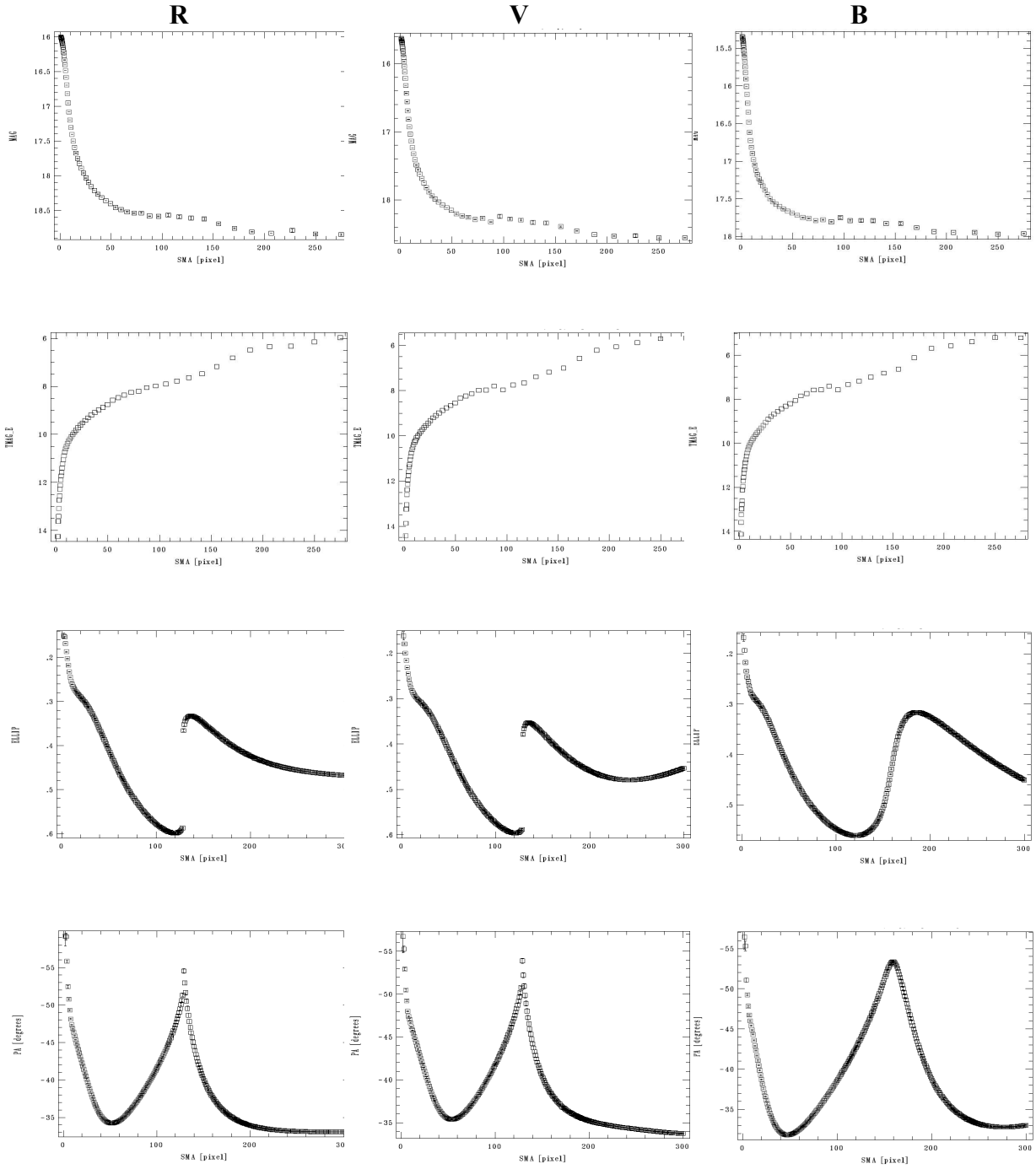
*Un instant de calme avant la nuit …*

## Graphiques et données pour la galaxie NGC 4712 :




Les renflements observés sur les courbes de Flux et de Magnitude sont dus à une étoile au voisinage du bulbe galactique.

## Graphiques et données pour la galaxie NGC 4725:




Les perturbations géométriques sont bien visibles sur les angles de position et le paramètre d'ellipticité des isophotes. La position des perturbations par rapport au rayon n'est pas constante selon les bandes observées.

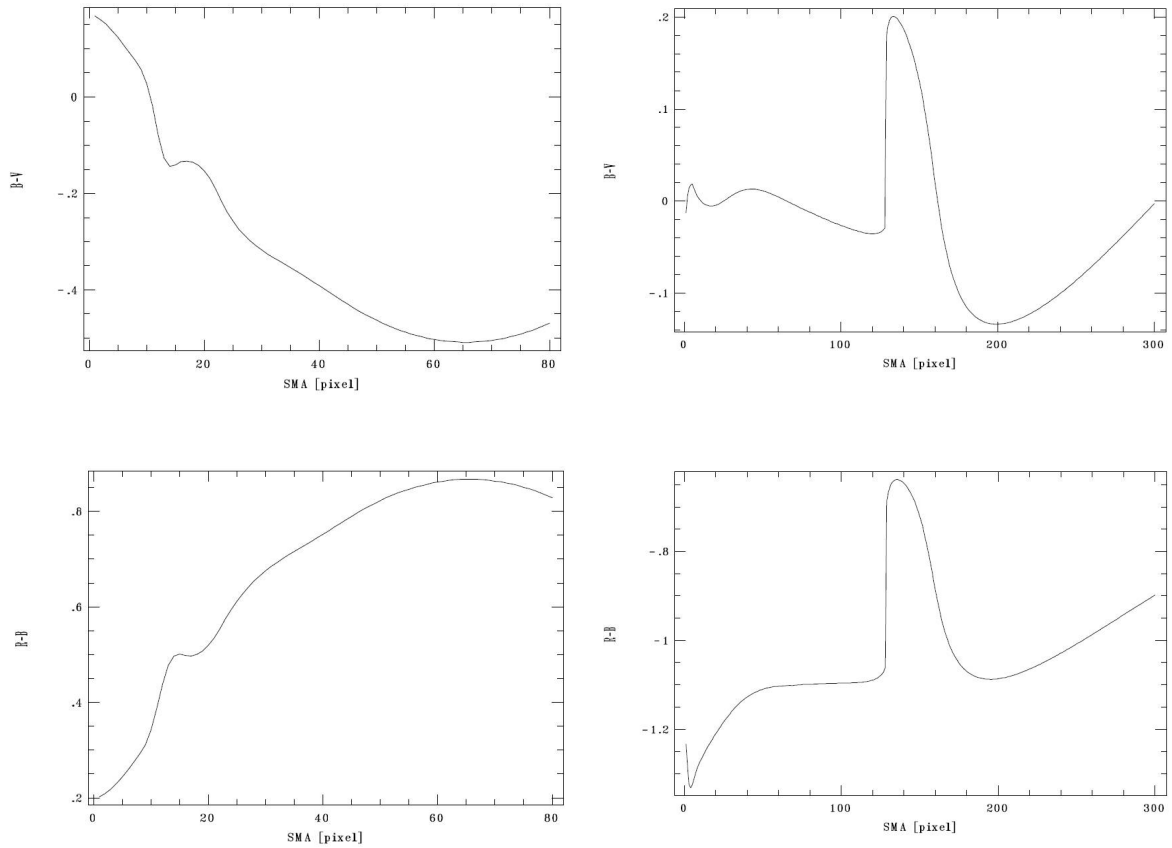
La tâche suivante consiste à extraire les données de chaque table pour chaque modèle afin qu'elles puissent être travaillées à l'aide d'un tableur classique type Opencalc. Nous utilisons pour cela la commande :

*tdump « non de la table » datafile=« non fichiers ASCII »*

Les données fournis par IRAF a l'aide la tache ELLIPSE sont ensuite transférées vers un tableur. Les calculs et les corrections de l'indice B-V et B-R se font à partir du flux corrigé de la magnitude de point zéro de chaque image. La feuille de calcul est alors extraite au format *.csv puis re-transférée vers IRAF en utilisant les commandes TCREATE et TEDIT. Les colonnes doivent avoir pour séparateur une tabulation et un fichier texte de définition des colonnes doit être crée.

L'indice B-V est cohérent dans sa progression pour la galaxie spirale NGC 4712, nous traçons également l'indice traduisant le taux d'absorption R-B, une décrochement apparaît sur la courbe, expliqué sur l'image par la présence d'une étoile au premier plan sur la galaxie faussant la mesure de magnitude. On peut s'affranchir de ce type de phénomène en intervenant sur les paramètres de réjection mais au détriment de la résolution globale de la galaxie au niveau de son noyau.

**NGC 4712** **NGC 4725**



Lors de nos recherches nous avions relevé dans la bibliographie documentant la galaxie NGC 4725, Centre des données Astronomiques Canadien :

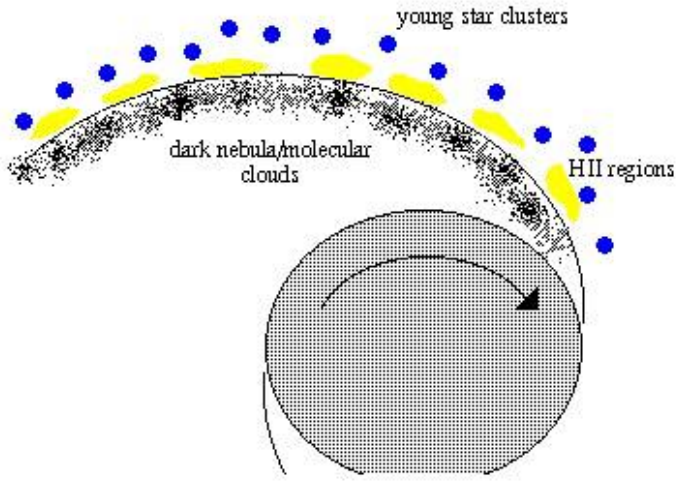
*« elle est composée de poussières et de gaz illuminée par des étoiles naissantes en son centre, de nombreux amas d'étoiles bleues lumineuses et régions rosées HII où de nouvelles étoiles se forment, que l'on voit plus où le bras se connecte à la barre centrale. Au centre se trouve une population d'étoiles plus âgées de couleur jaune. »*

l' étude du diagramme de progression B-V de NGC 4725 traduit exactement les observations précitées.

**Conclusions :**

Les perturbations géométriques relevées dans NGC 4725, la flambée d'étoiles relevée lors de l'analyse de l'indice B-V, la présence de galaxies de marées et de collisions, la présence de structures tidales autour de NGC 4747 et la mesures de distances de ces galaxies sont autant d'éléments qui permettent de mettre en relation la collision entre ces deux galaxies.

La dynamique de la galaxie NGC 4725 a fortement été perturbée par la collision avec NGC 4747 provoquant une modification de la pression dynamique du gaz dans les structures, l'indice d'absorption est légèrement décalé au rayon par rapport à l'indice B-V ce qui traduit la présence de poussières en grand nombre au voisinage de la zone de formation d'étoiles.




La réalisation de cette étude a permis de démontrer la fiabilité de mesures et la constance des analyses isophotales réalisées par les deux logiciels utilisés. La mise en œuvre de ces deux outils reste toutefois ardue et notamment dans la sélection des paramètres de base et l'inter opérabilité des deux systèmes Galfit et IRAF.

La mesure des indices B-V et des magnitudes exprimés au rayon devra faire l'objet, dans une étude future, d'observations d'étoiles de champs de calibrations photométriques afin de corriger plus finement les phénomènes d'absorptions atmosphériques lors de la prise de vue.

**Bibliographie :**

- Gibson, Brad et al. “The Hubble Space Telescope Key Project on the Extragalactic Distance Scale. XVII. The Cepheid Distance to NGC 4725.” The Astrophysical Journal, 512:48-64, 1999 February 10.

- Laine, Seppo et al. “Nested and Single Bars in Seyfert and Non-Seyfert Galaxies.” The Astrophysical Journal, 567:97-117, 2002 March 1.

- Mouri, Hideaki and Yoshiaki Tanighuchi. “Galaxy Interaction and the Starburst-Seyfert Connection.” The Astrophysical Journal, 605:144-155, 2004 April 10.

- Peng et al. " Paper on new GALFIT Version 3.0 - 2010, Astronomical Journal (AJ), 139, 2097)

- Space Telescope Institute, http://www.stsci.edu/institute/software_hardware/stsdas

- Photometry Using IRAF, Lisa A. Wells, February 1994.

- A User's Guide to CCD Reductions with IRAF, Philip Massey, February 1997.

- A User's Guide to Stellar CCD Photometry with IRAF, Philip Massey and Lindsey Davis, April 1992.