

### **Objectif**

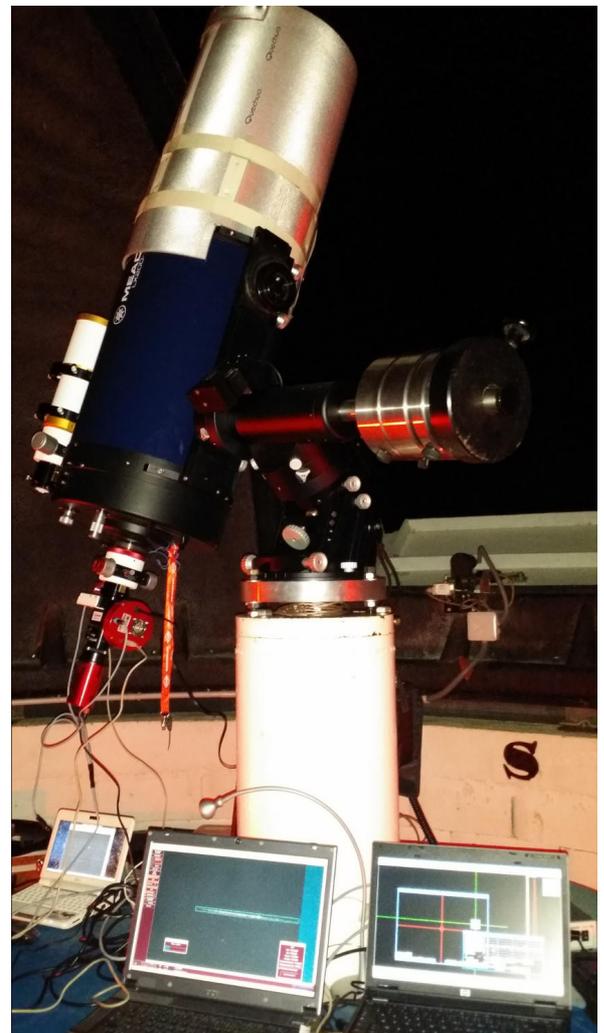
Faire l'acquisition du spectre du noyau de la galaxie NGC 5194 (M51) avec un spectromètre d'amateur pour évaluer la vitesse radiale (redshift) et la distance de la galaxie au Soleil.

### **Dispositif :**

- Télescope Meade ACF 355mm F/D 0.7
- Monture équatoriale 10Micron GM 2000 HPS
- Spectromètre Alpy600 avec une fente  $28\mu$
- Caméras CCD Atik460EX pour l'imagerie et Atik314L+ pour le guidage.
- caméra PL1-M montée sur la lunette 80/600mm en parallèle comme chercheur électronique.

### **Logiciels sous Linux**

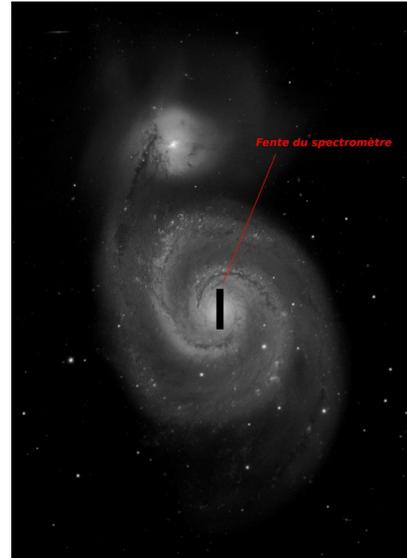
- Carte du ciel v-3.11-3256 communiquant avec la monture 10-Micron intégrée au réseau.
- Acquisition d'images CCDCiel v-0.3.0-124
- Guidage PHD2 Guiding 2.6.1dev5
- Pilotage de la caméra PL1-M : Lin\_guider v-2.11.1



## Spectre de la galaxie NGC 5194

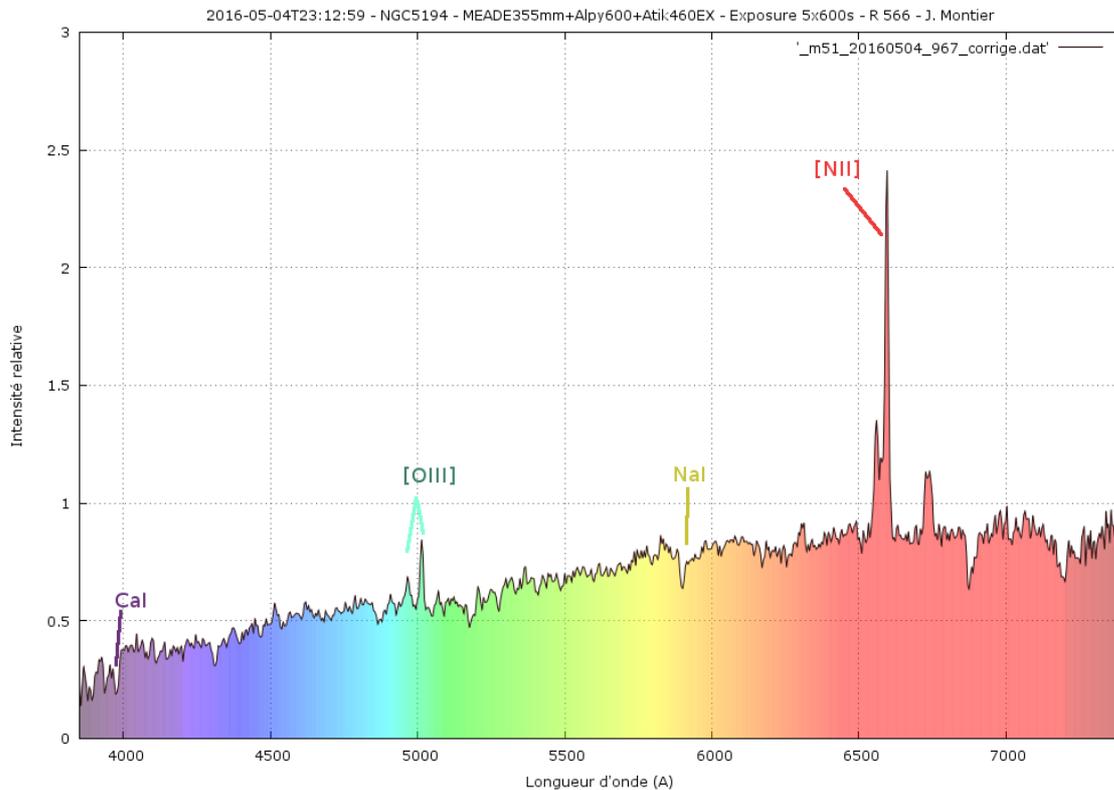
### Position de la fente du spectromètre

La fente a été placée sur le noyau de la galaxie



### Acquisitions

5 poses de 600s binning 2x2



Le spectre présente un continuum et des raies d'absorption (CaI, NaI,...) caractéristiques d'étoiles relativement froides (type spectral K) sur lequel se superposent des raies d'émission ([NII], H $\alpha$ , [OIII],...).

C'est une galaxie active de type Seyfert 2 et l'on pense que ces raies d'émission sont produites dans un disque d'accrétion entourant un trou noir.

## Mise en évidence du redshift de la galaxie

### Protocole

Pour mettre en évidence et mesurer la vitesse radiale de la galaxie, on va comparer le spectre de la galaxie avec le spectre de l'étoile HD 10780 de type spectral K0V prise dans la base Miles et avec un spectre de la nébuleuse planétaire NGC 6543 acquis à l'observatoire le 13 octobre 2015 .

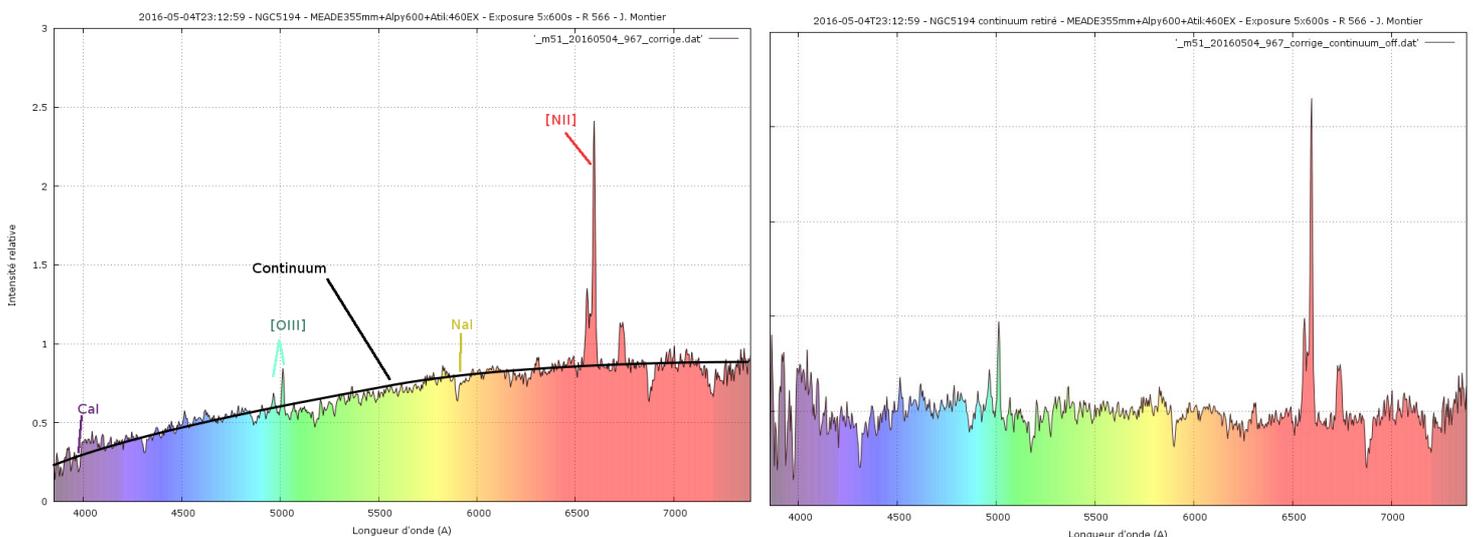
*Note : Les spectres doivent être corrigés du mouvement héliocentrique de la Terre autour du Soleil et du mouvement propre de la nébuleuse planétaire.*

*Pour la nébuleuse planétaire NGC 6543 la vitesse radiale est  $V = - 65.7 \text{ km/s}$  (base de données Simbad)*

On mesure les longueurs d'onde  $\lambda$  de quelques raies spectrales de la galaxie et, connaissant les longueurs d'onde équivalentes  $\lambda_0$  pour une source lumineuse au repos, on en déduit la vitesse radiale par la formule classique.

$$v = \frac{(\lambda - \lambda_0)}{\lambda_0} \times c \quad \text{Célérité de la lumière dans le vide } c = 299792.458 \text{ km.s}^{-1}$$

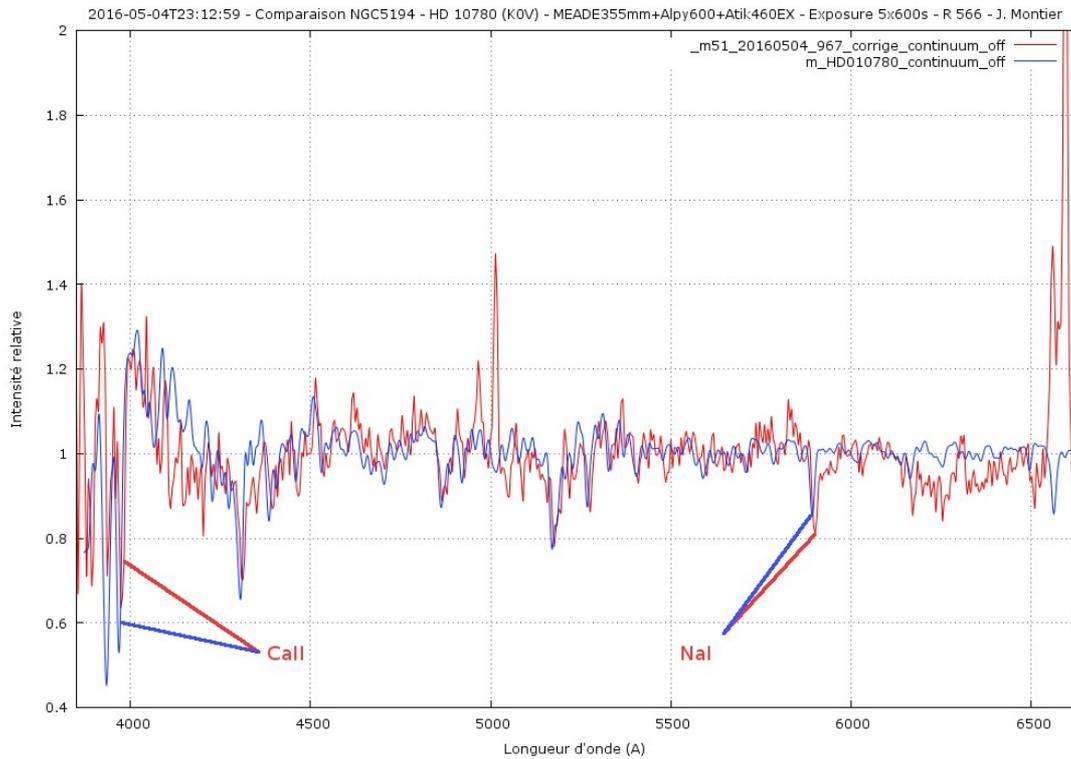
Pour mesurer les longueurs d'onde des raies spectrales, il faut mettre le continuum à plat ; cela se fait en extrayant le continuum, puis en divisant le profil spectral de la galaxie par son continuum.



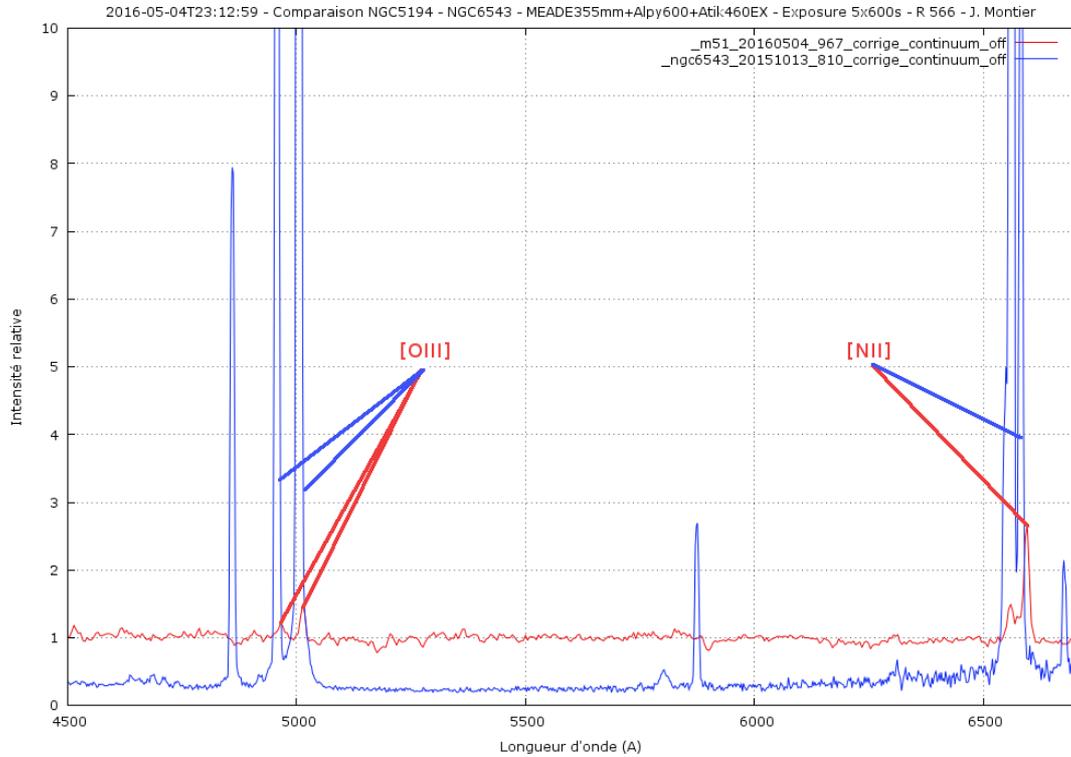
On fait la même chose pour les spectres de l'étoile HD 10780 et la nébuleuse planétaire.

## Comparaison des spectres

- avec l'étoile HD 10780 (TS K0V)



- avec la nébuleuse planétaire NGC 6543



On remarque que les raies spectrales (en rouge) de la galaxie sont légèrement décalées vers les grandes longueurs d'onde (vers le rouge) ; c'est le redshift.

La galaxie s'éloigne donc de nous.

## Résultats des mesures

	Vitesse lumière (km.s <sup>-1</sup> )		299792,458	
Élément	$\lambda_0$ (Å)	$\lambda$ (Å)	$v$ (km.s <sup>-1</sup> )	
[NII]	6583,39	6594,80	520	
NaI	5892,48	5900,18	391	
[OIII]	5006,85	5013,37	390	
[OIII]	4958,92	4965,98	427	
CaII	3968,47	3975,41	524	
<b>Vitesse moyenne</b>	<b>451</b>	<b>±</b>	<b>60</b>	<b>km.s<sup>-1</sup></b>

La vitesse obtenue est de  **$V = 451 \pm 60 \text{ km.s}^{-1}$** .

Sur la base de données de Strasbourg Simbad la valeur affichée est de 465 km.s<sup>-1</sup>.

La valeur de la vitesse est donc cohérente avec la valeur "officielle".

### Mesure de la vitesse à l'aide du logiciel ISIS de Christian Buil

Ce logiciel comporte un fonction de comparaison des raies spectrales par corrélation croisée permettant d'améliorer la précision de la mesure.

The screenshot shows the ISIS software interface with the following sections:

- Top Menu:** 1. Image, 2. Général, 3. Etalonnage, 4. Go, 5. Profil, 6. Gnuplot, Maîtres, Outils, Divers, Instruments, Configuration.
- Sub-menu:** Vitesse héliocentrique, Vitesse radiale (selected), Atmosphère, Extinction, Animation, DAT -> BeSS, MaximDL -> ISIS, Linéarité détecteur, Bruit détecteur.
- Calcul de l'écart de vitesse radiale:**
  - Spectre de l'objet:  Vh:  km/s
  - Spectre de référence:  Vh:  km/s
  - 1/2 intervalle CCF:  km/s Pas:  km/s
- Calcul de la courbe de phase (exoplanète):**
  - Nom du fichier .DAT à analyser:
  - P:  jours K:  km/s RV:  km/s
  - JD:  Sigma:  km/s
- Périodogramme (algorithme de Lomb-Scargle):**
  - Nom du fichier .DAT à analyser:
  - Période minimale:  Période maximale:
  - Pas de calcul:
- Ephéméride (exoplanète):**
  - Fichier de sortie:  Pas de calcul:
  - JD départ:  JD fin:  JD:
  - P:  jours K:  km/s RV:  km/s
- Log Output:**

```
Sauvegarde de : c:\users\jacques\desktop\20160504_spectro_alpy\@correl11.dat (base en vitesse)
Sauvegarde de : c:\users\jacques\desktop\20160504_spectro_alpy\@correl22.dat (base en vitesse)
Sauvegarde de la CCF : c:\users\jacques\desktop\20160504_spectro_alpy\@ccf.dat
=====
Ecart de vitesse radiale (pic CCF observé) = 461.000 km/s
Ecart de vitesse radiale (pic CCF ajusté) = 461.148 km/s
(l'objet s'éloigne)
=====
```
- Plot:** A graph showing a red curve representing the radial velocity signal, with a vertical green line indicating the measured velocity.

Vitesse affichée par le logiciel :  **$V = 461 \text{ km.s}^{-1}$**

### ***Évaluation de la distance de la galaxie***

On peut ensuite en déduire approximativement la distance de la galaxie NGC 5194 par la loi de Hubble :  $V = H \times D$  donc  $D = \frac{V}{H}$  avec  $H = 70 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$

On trouve **D = 6.64 Mpc** ou encore environ **22 millions d'années-lumière**.

### ***Conclusion***

Le spectromètre Alpy600 est un instrument relativement peu coûteux et accessible aux astronomes amateurs.

Il permet d'évaluer facilement divers paramètres physiques et chimiques comme l'identification d'éléments chimiques, la température des étoiles et des nébuleuses, la vitesse radiale des galaxies, etc.

C'est tout un domaine autrefois réservé aux astronomes professionnels qui s'ouvre maintenant à l'astronome amateur.