

Comprendre la photométrie stellaire dans les champs complexes ou encombrés

Documentation rassemblée par Roger Hellot

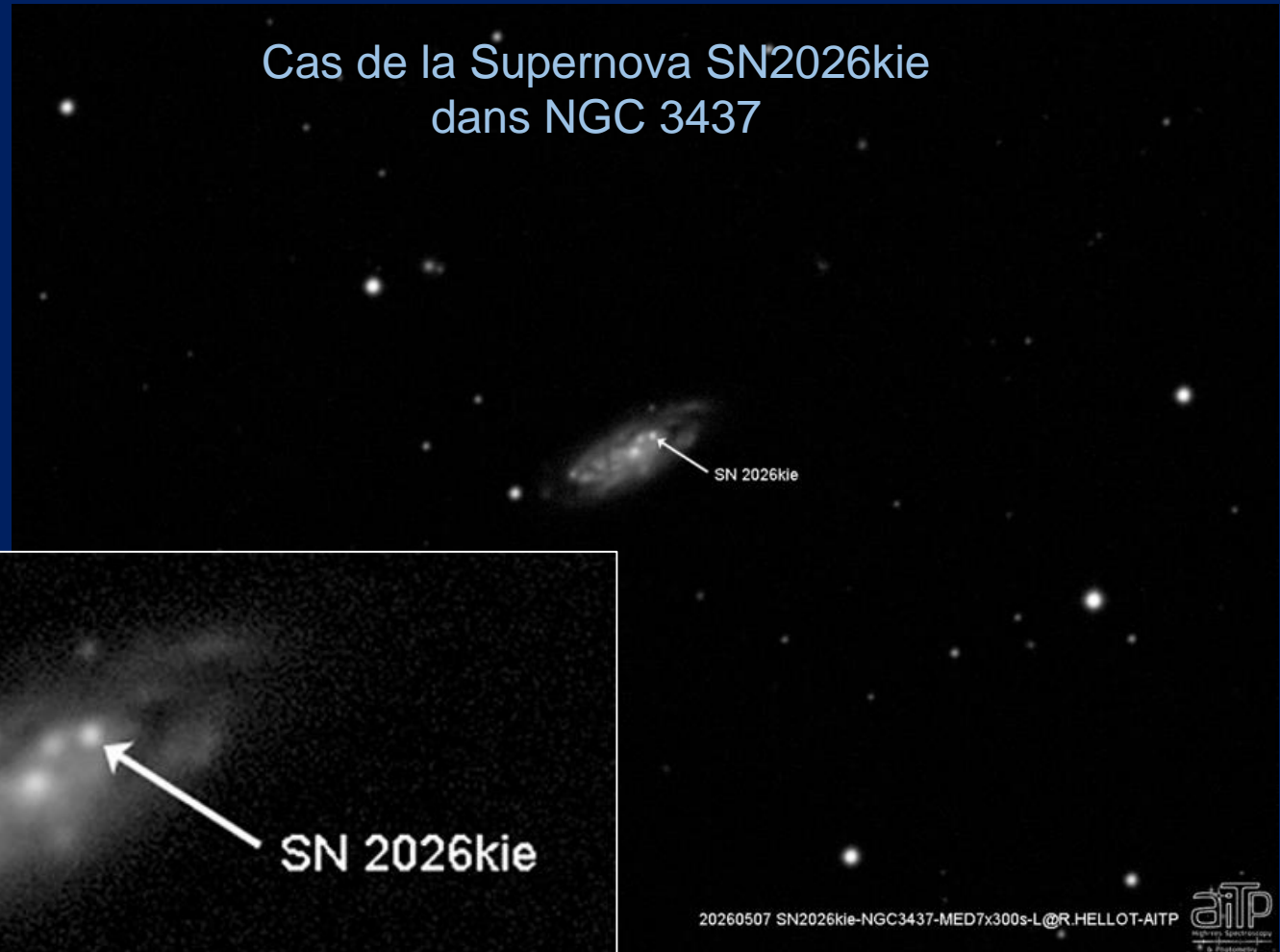
Présentée à l'école de photométrie RAPAS

Les journées de rencontre de la SF2A - Grenoble - 26-27 juin 2026

Résumé : Mesurer précisément la magnitude d'une étoile noyée dans un fond galactique ou une nébulosité est difficile. La photométrie classique par ouverture (et même PSF) peut être entachée d'erreurs. Cette présentation expose le contexte sur 2 cas concrets (supernovæ dans des galaxies) et les solutions disponibles pour les amateurs.

De quoi s'agit-il ?

Objectif : mesurer la magnitude d'une étoile variable ou transitoire sans la contaminer par la lumière de son environnement galactique.



De quoi s'agit-il ?

Objectif : mesurer la magnitude d'une étoile variable ou transitoire sans la contaminer par la lumière de son environnement galactique.

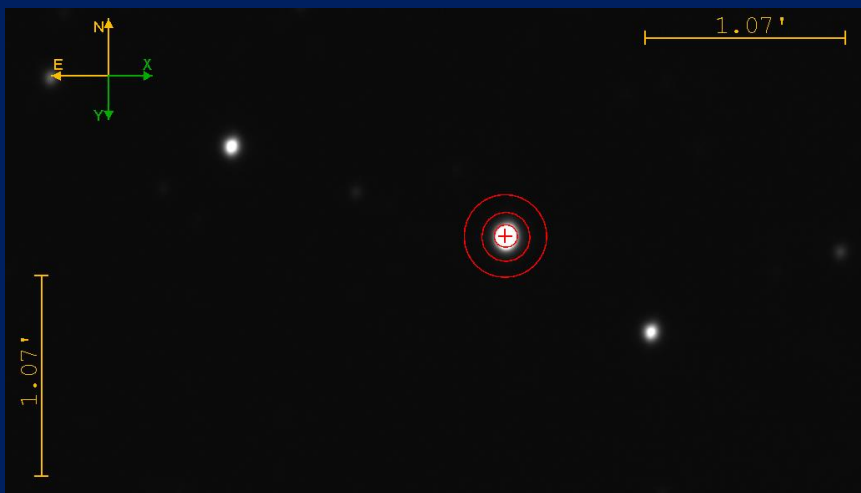
Cas de la Supernovae SN2025rbs
dans NGC 7371



20250719T07:00-SN2025rbs-NGC7331@R.Hellot-AITP

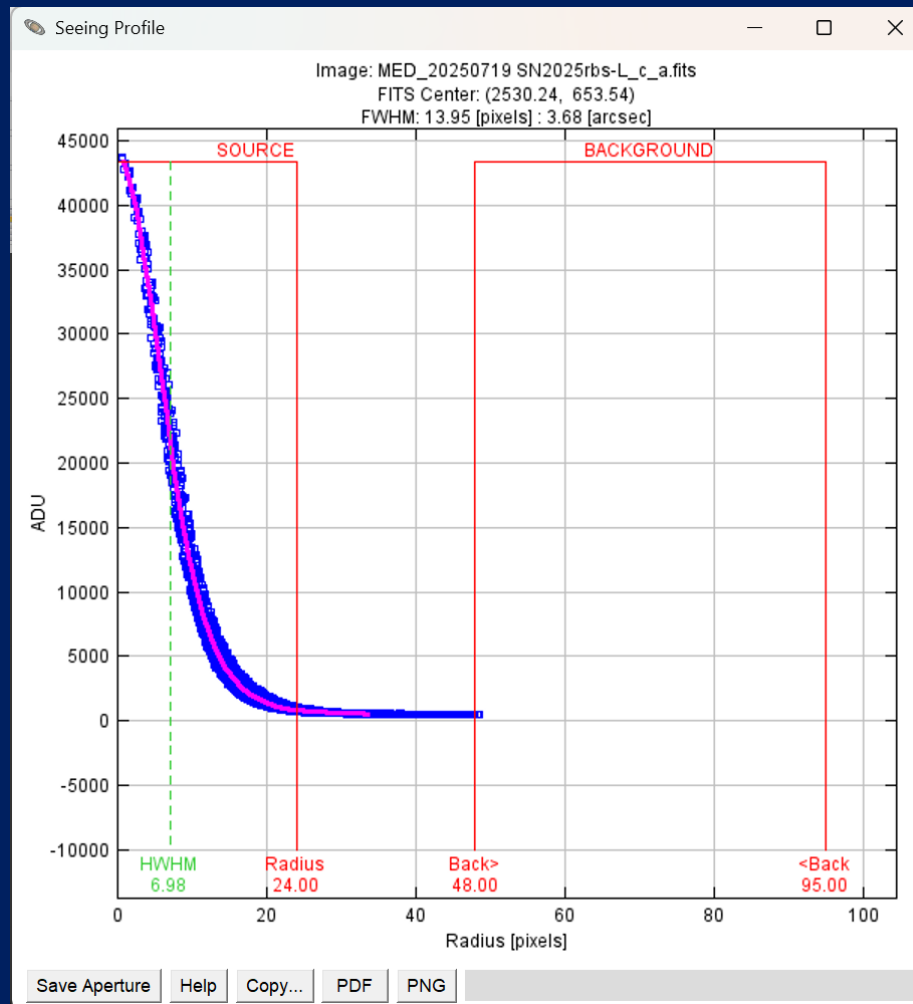
Analyse des profils de flux de lumière avec AstroImageJ

AstroImageJ possède une visualisation graphique appelée « Plot Seeing Profile ». Cette fonction génère un graphique radial du profil de brillance de l'étoile



Après paramétrage des valeurs d'ouverture et le choix d'une cible le graphique donne :

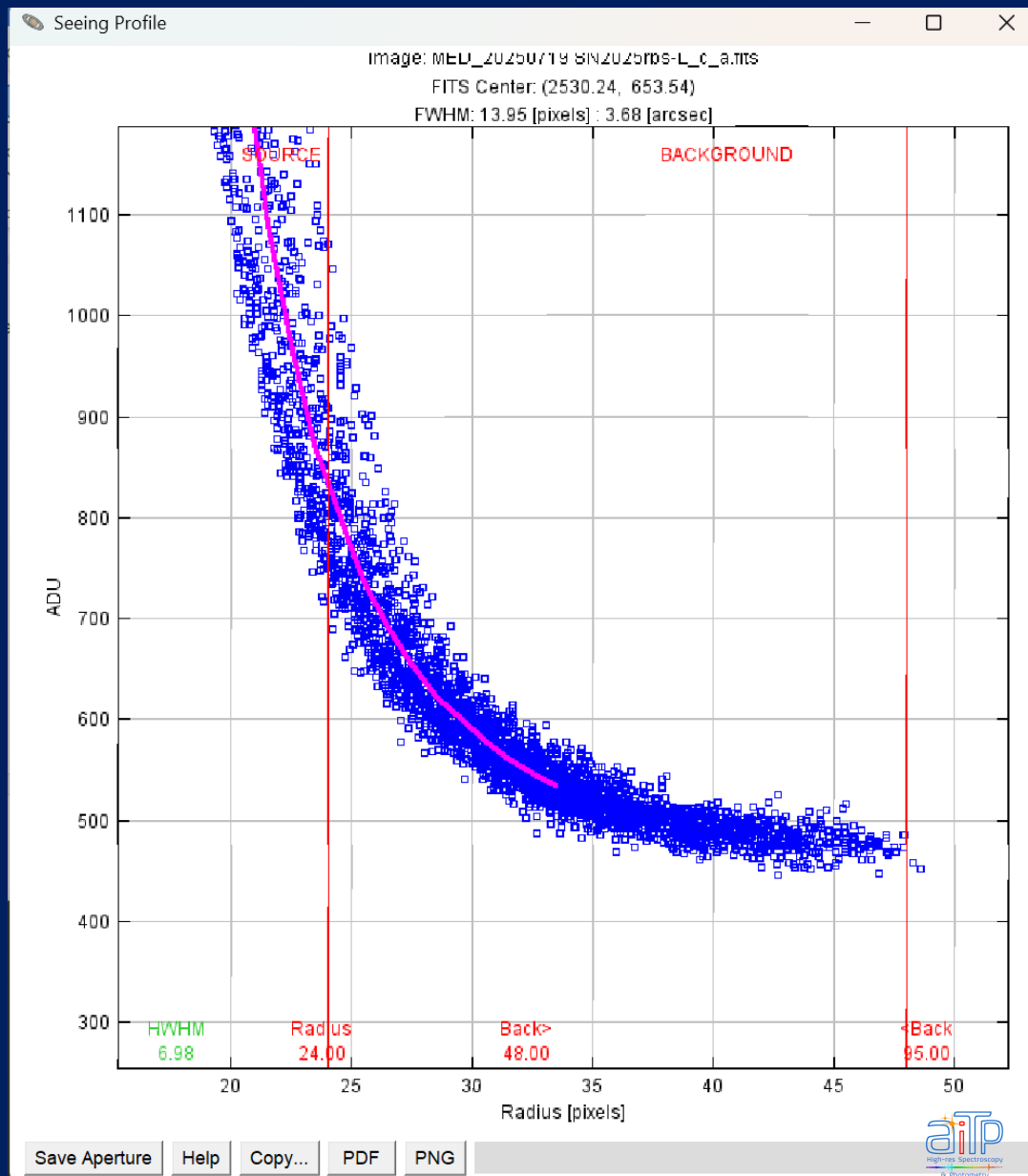
- En X, la distance du centre de l'étoile, en pixel;
- En Y, le flux en valeur de l'ADU.



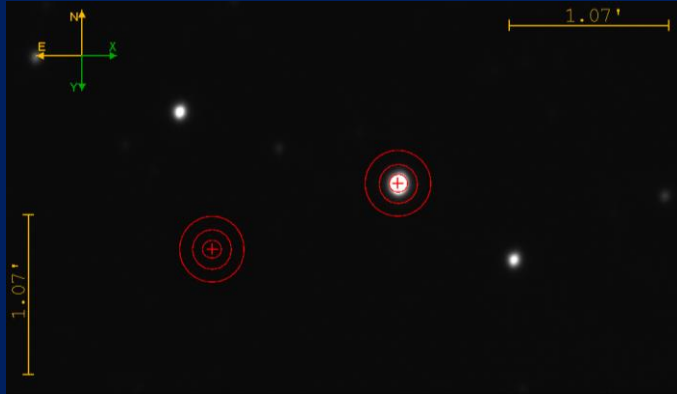
Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

Intérêt de l'outil :

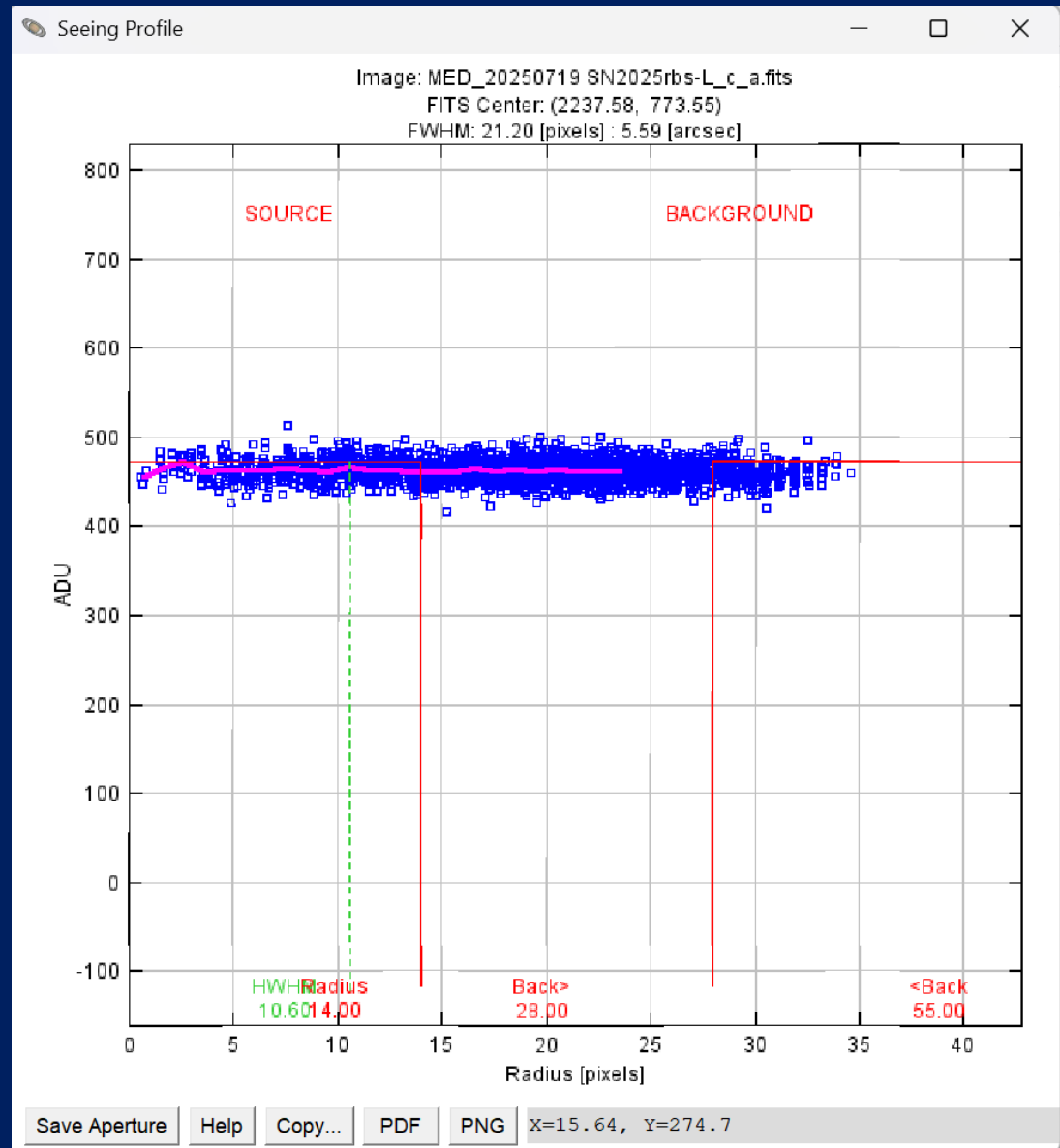
- Apprécier la courbe du profil (forme de cloche gaussienne)
- Obtenir la FWHM, en pixels et en secondes d'arc
- Vérifier la position des cercles d'ouverture
- Vérifier la qualité de la mise au point, du suivi et de la saturation.



Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

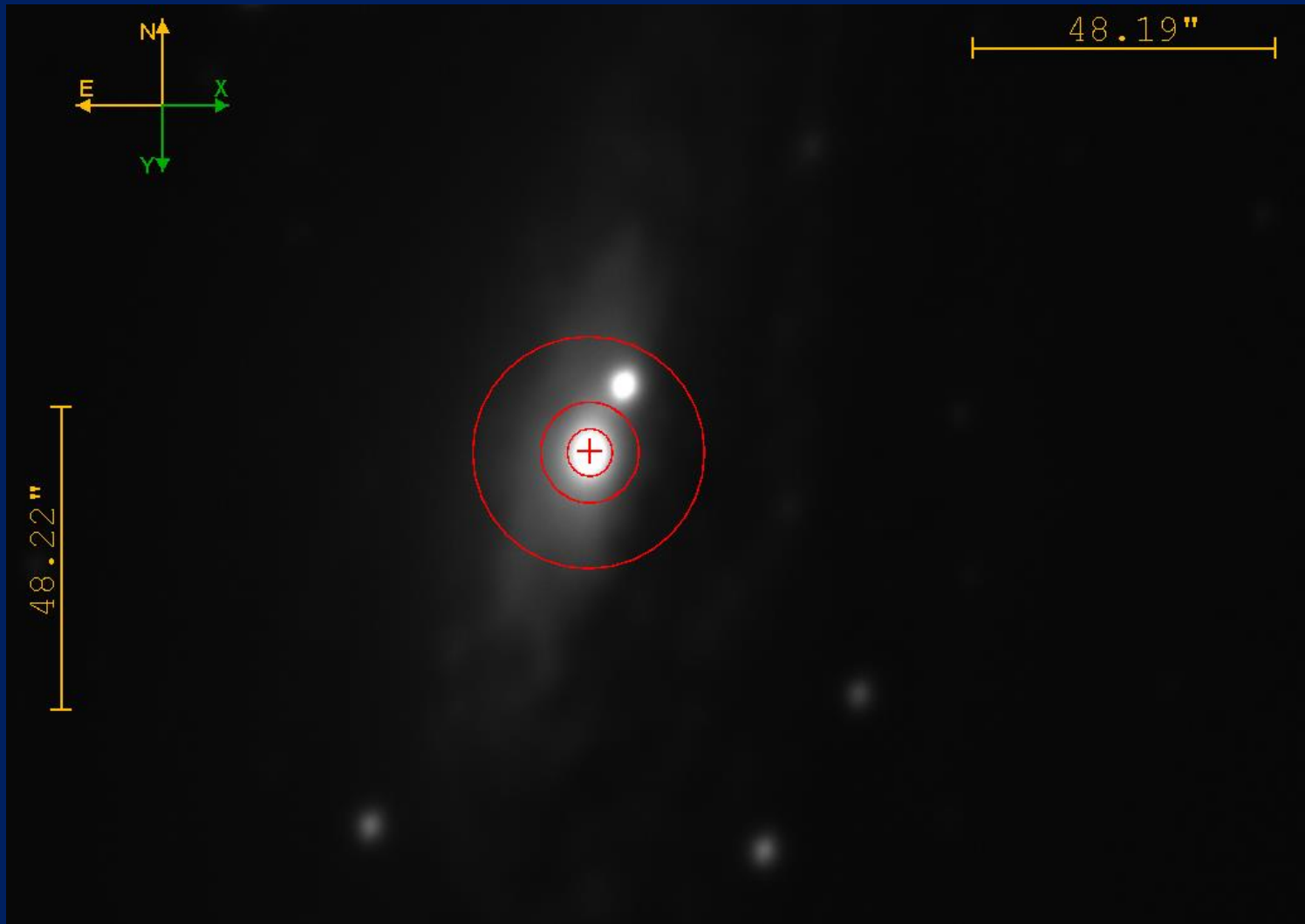


Un clic sur une cible dans une portion de ciel sans étoile, permet de vérifier sur le profil que la valeur du fond du ciel est bien $ADU=475$.



Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

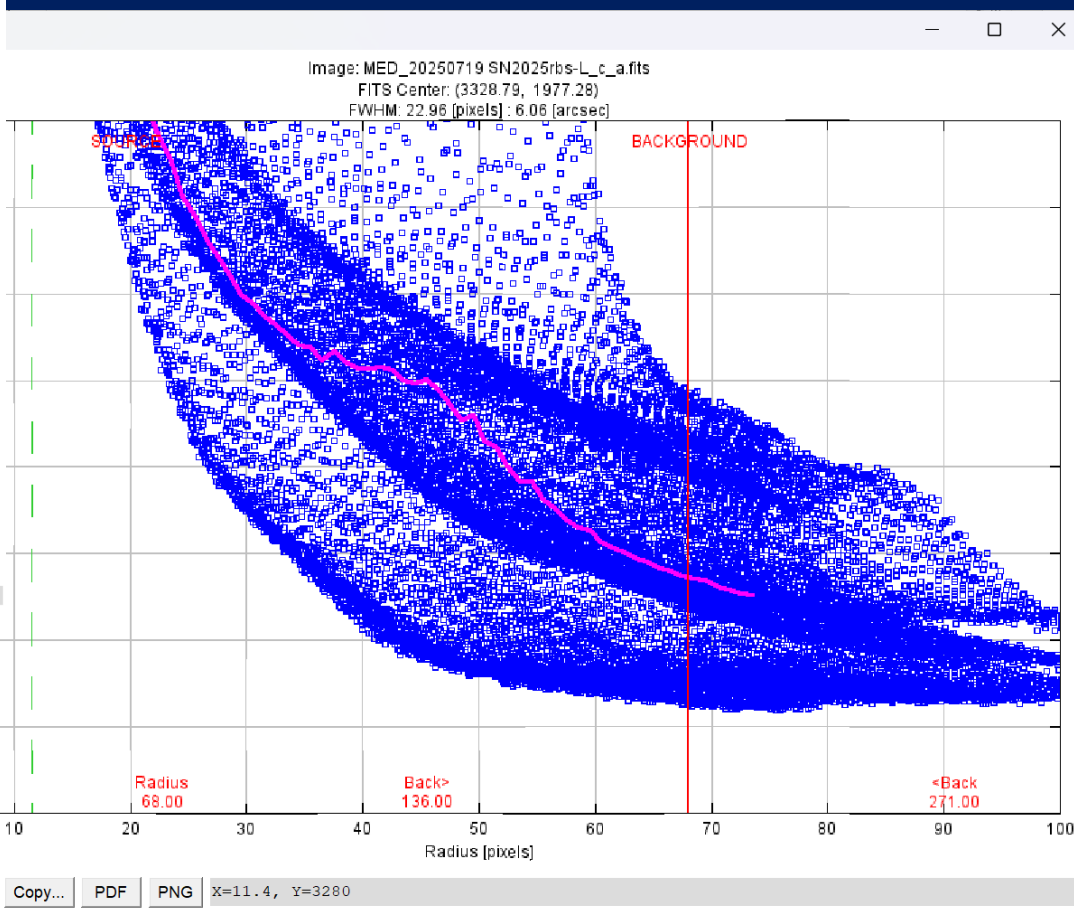
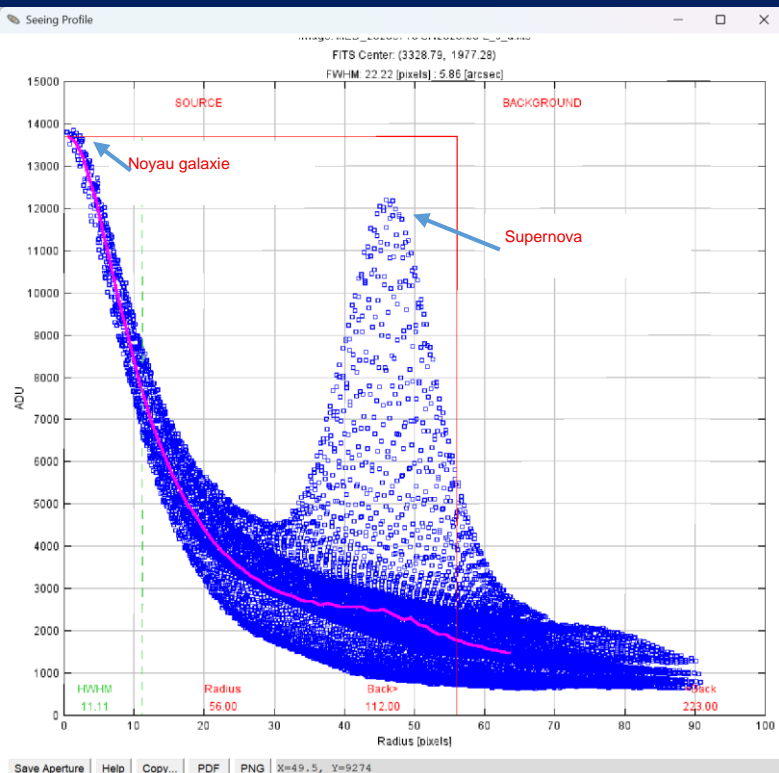
Profil du flux autour du noyau de la galaxie NGC 7331



Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

Profil de flux autour du noyau de la galaxie NGC 7331.

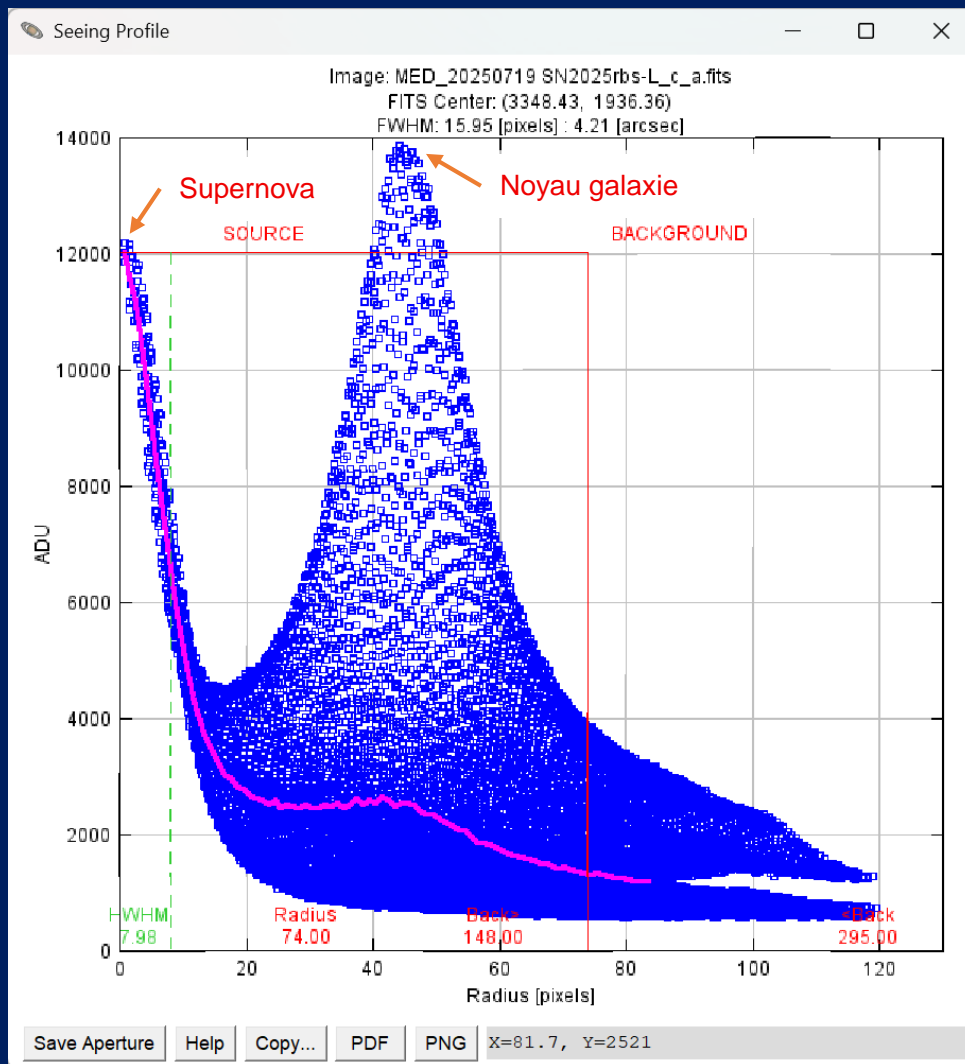
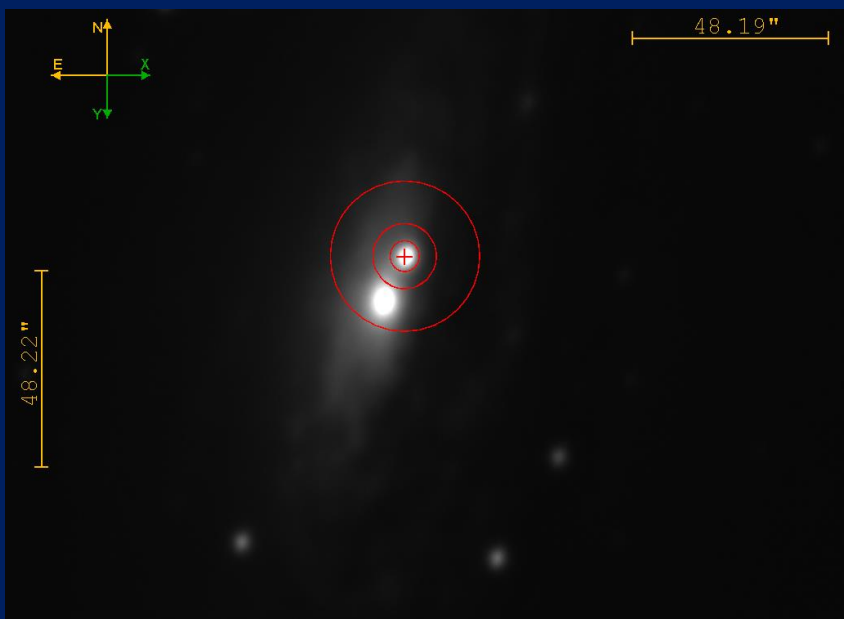
« Plot Seeing Profile » donne la dispersion du flux même au-delà des cercles.



L'agrandissement permet de mettre en évidence la complexité du mélange des flux.

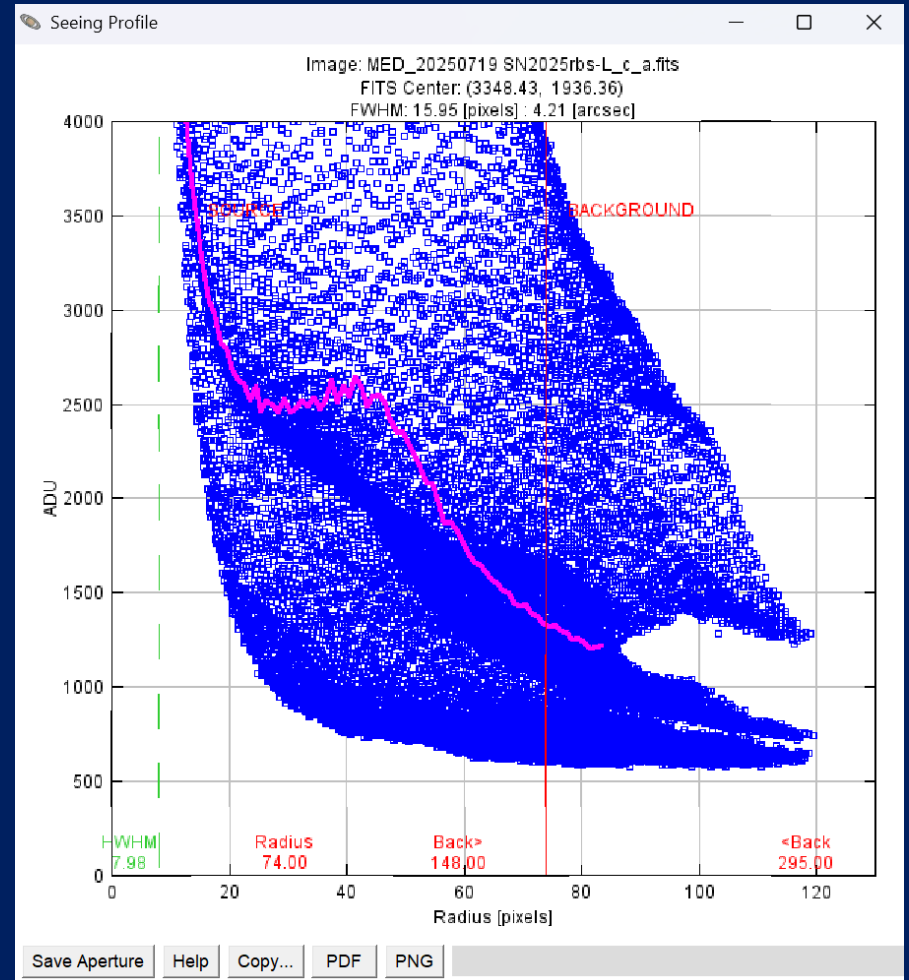
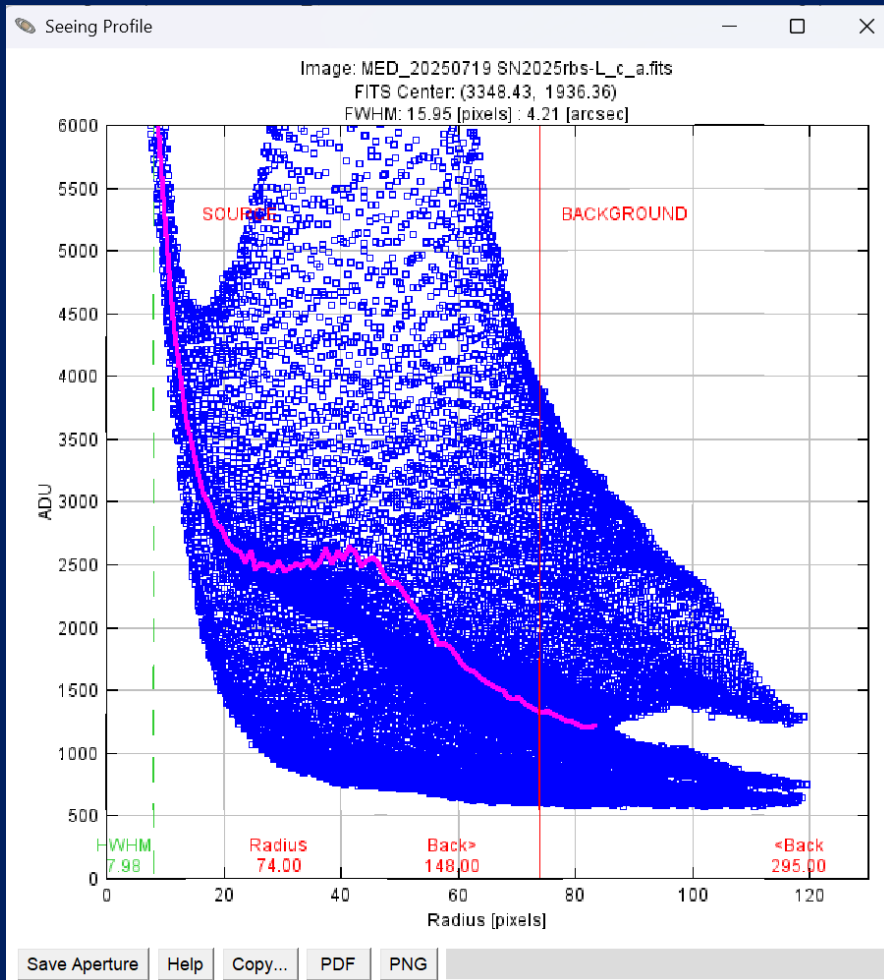
Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

Profil du flux autour de la supernovæ SN 2026rbs dans la galaxie NGC 7331



Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

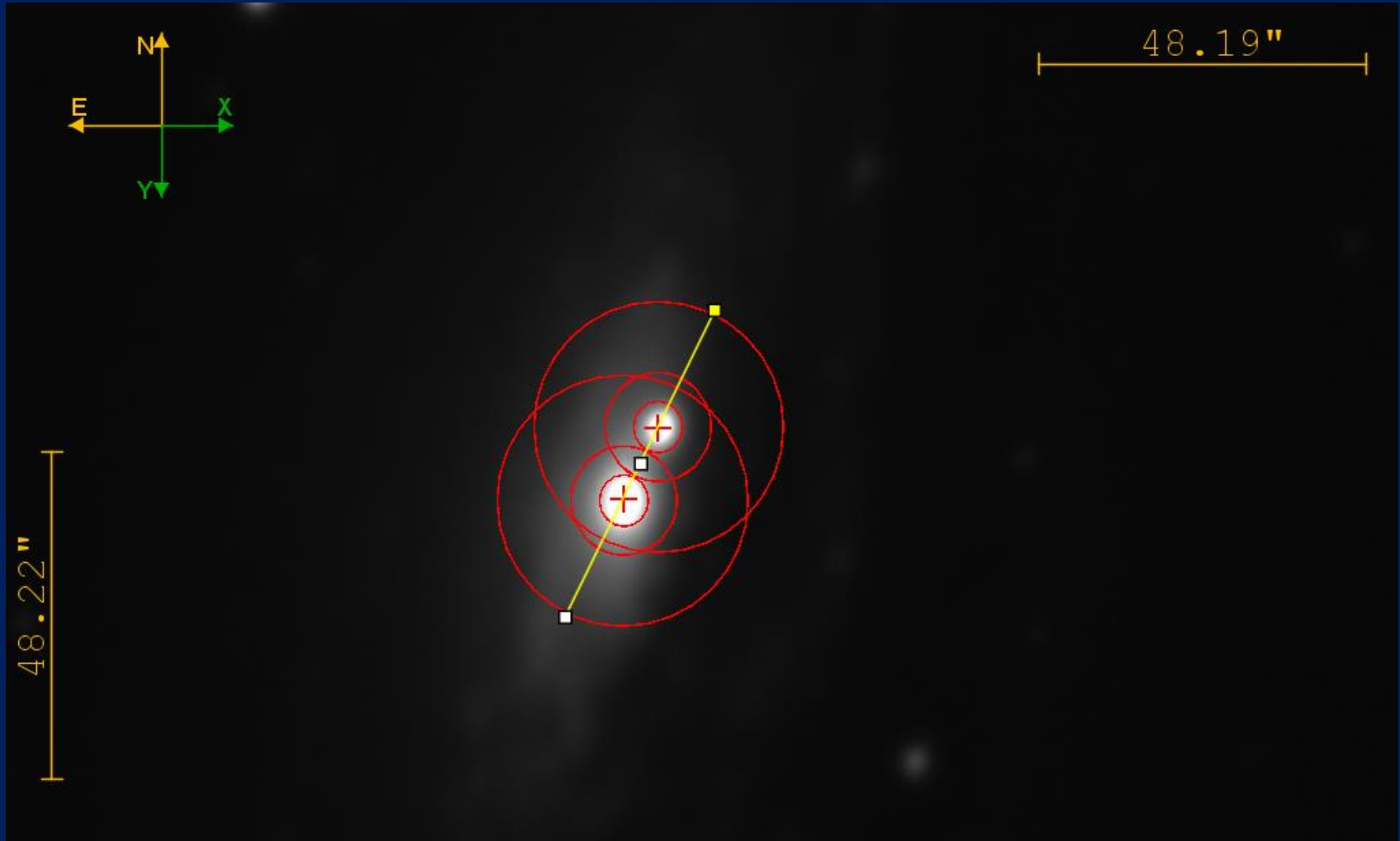
Profil du flux autour de la supernovæ SN 2026rbs dans la galaxie NGC 7331



Appréciation de la complexité de l'ancrage de la supernova dans la luminosité du noyau de la galaxie.

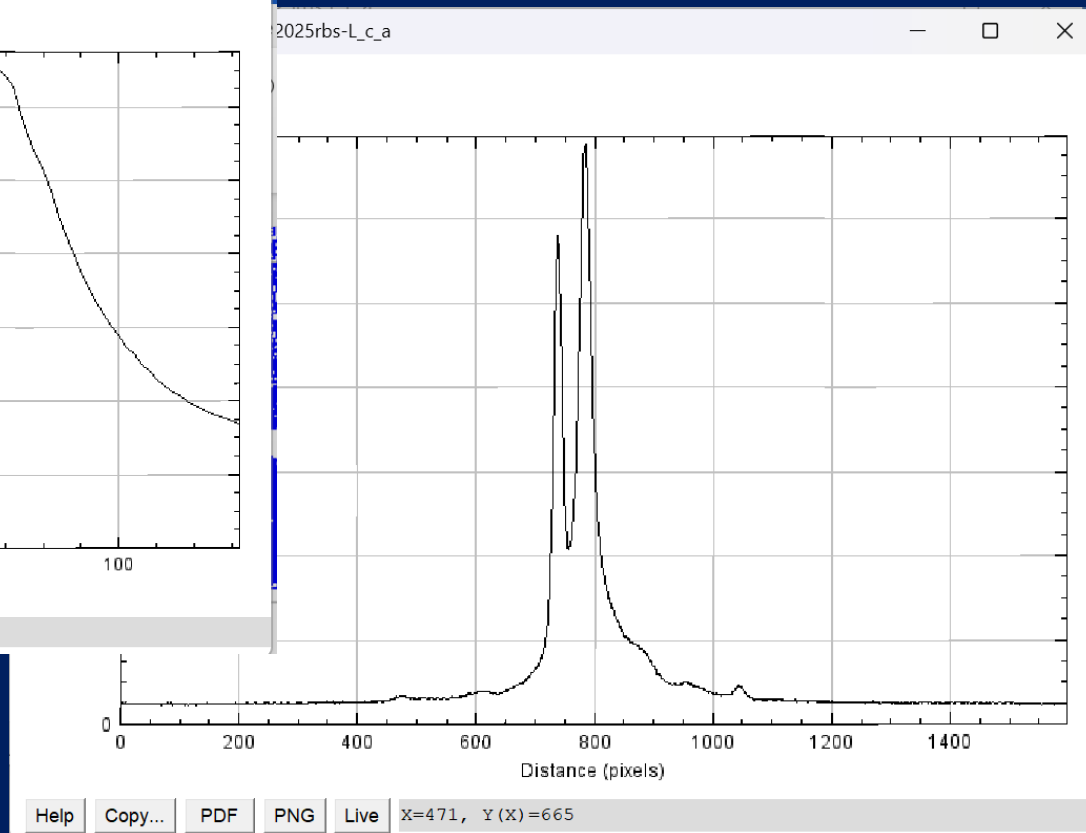
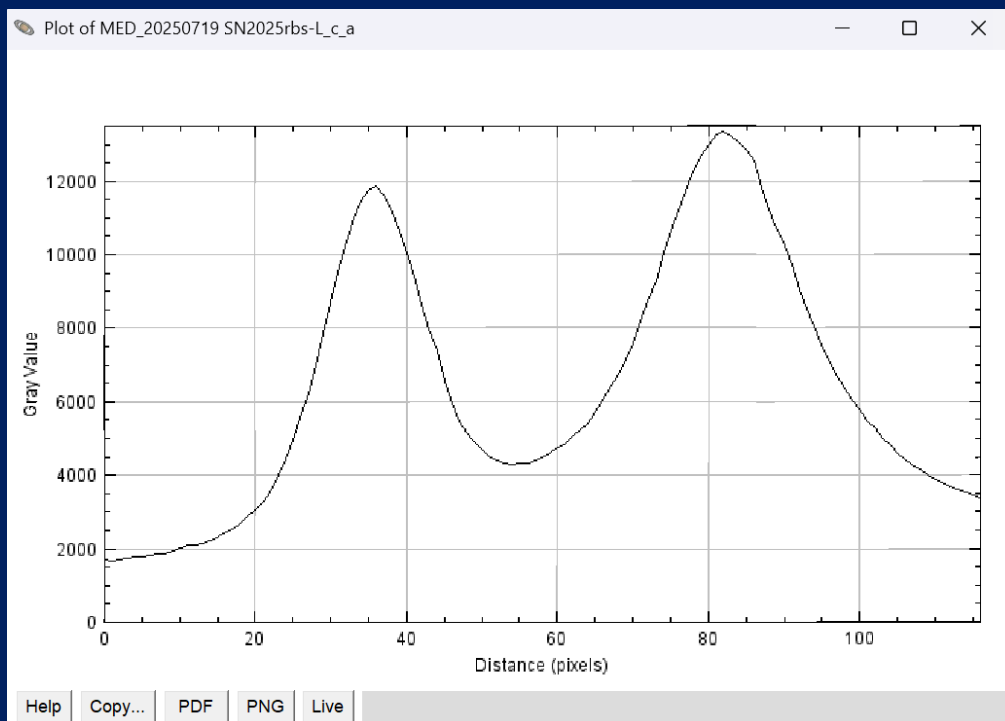
Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

Profil du flux linéaire entre la supernova SN 2026rbs et le noyau de la galaxie NGC 7331



Analyse des profils de flux de lumière avec AstroimageJ

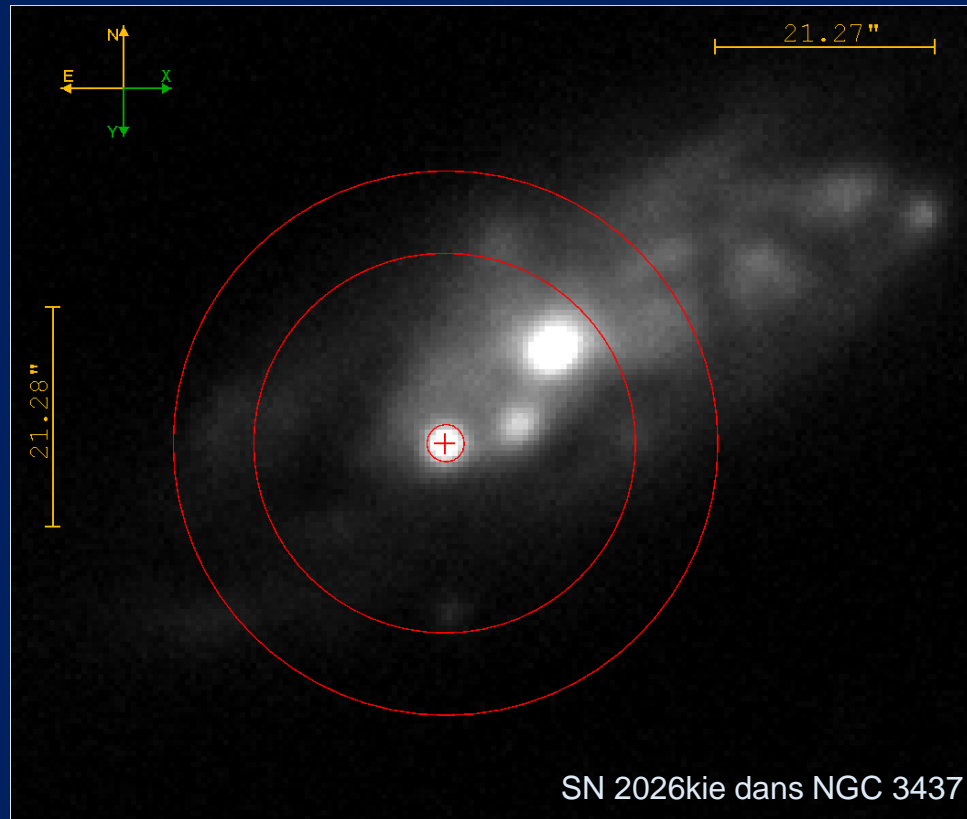
Profil du flux linéaire entre la supernova SN 2026rbs et le noyau de la galaxie NGC 7331



La base de la courbe de lumière de la supernova à gauche est impossible à déterminer dans le fond qui se situe à 425 ADU au-dessus du fond du ciel

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

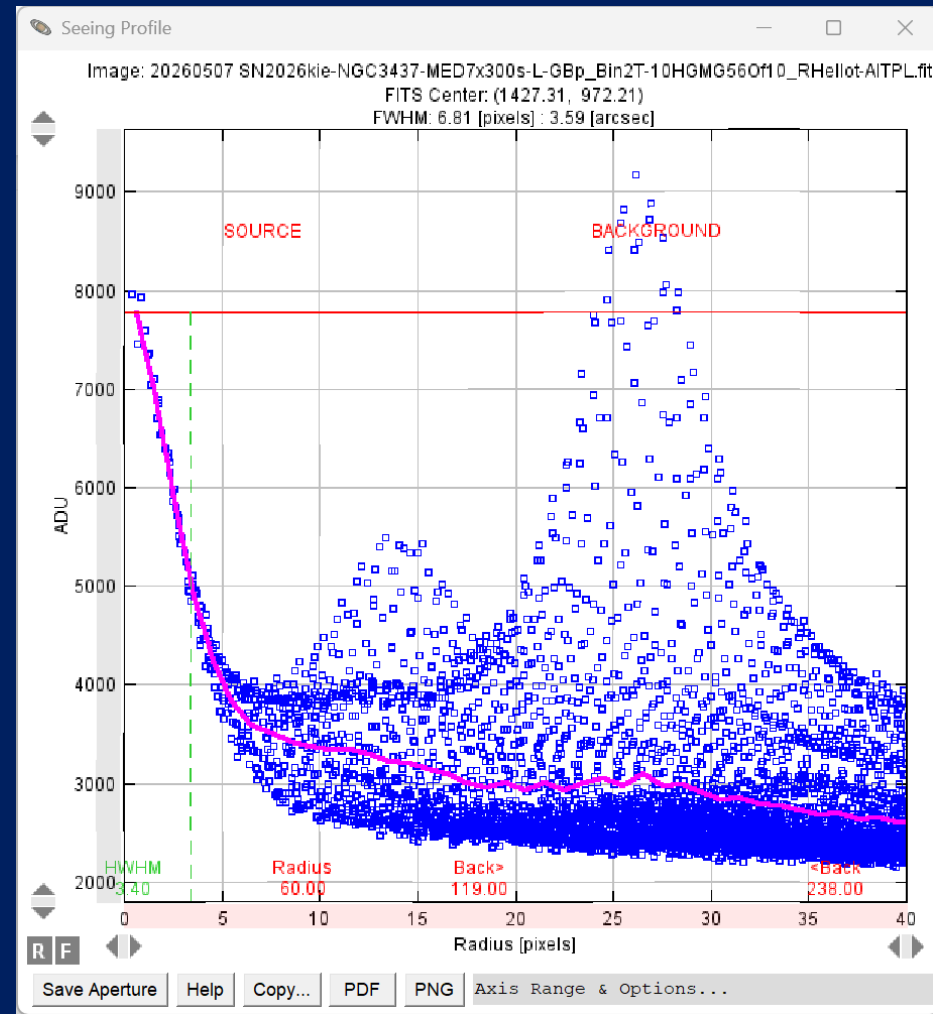
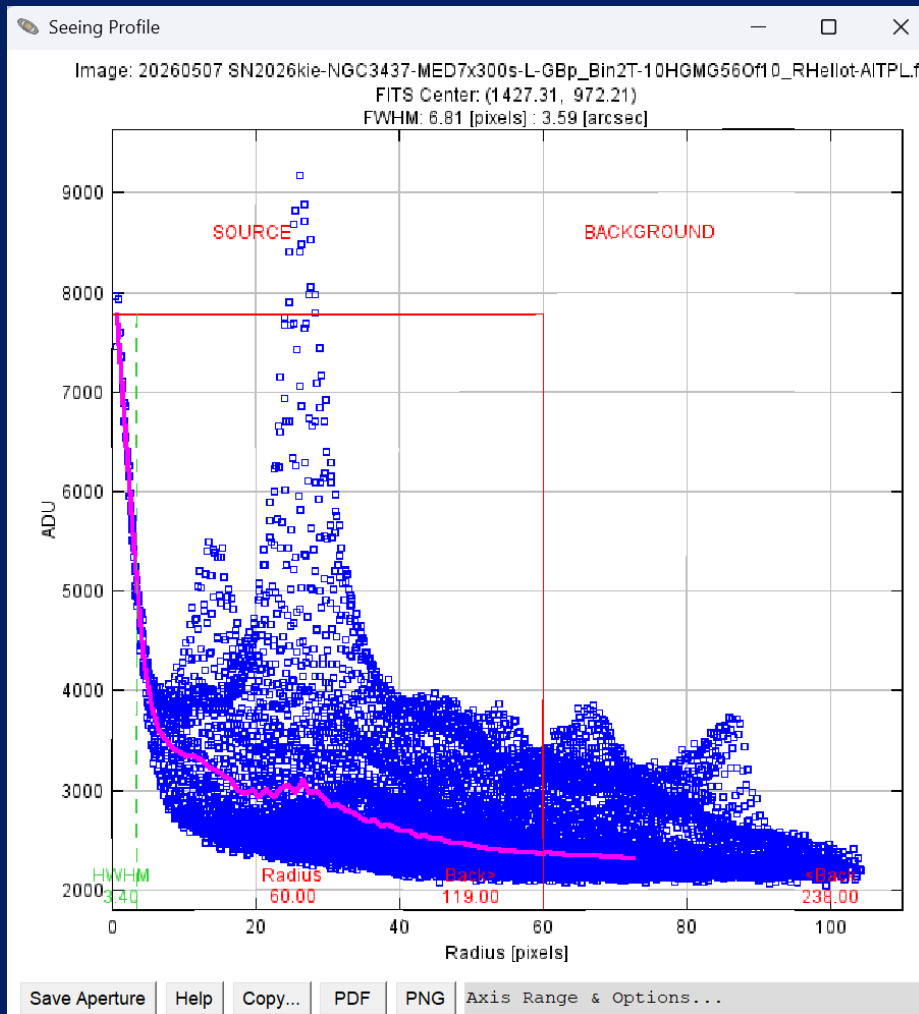
La méthode de l'ajustement par création d'un plan de fond



AIJ offre une option: considérer le contenu des anneaux de fond comme un plan dont la valeur sera à chaque pixel dans l'ouverture, afin d'éliminer la contribution du fond de ciel. Une méthode efficace quand l'étoile est isolée et distincte dans le fond galactique.

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

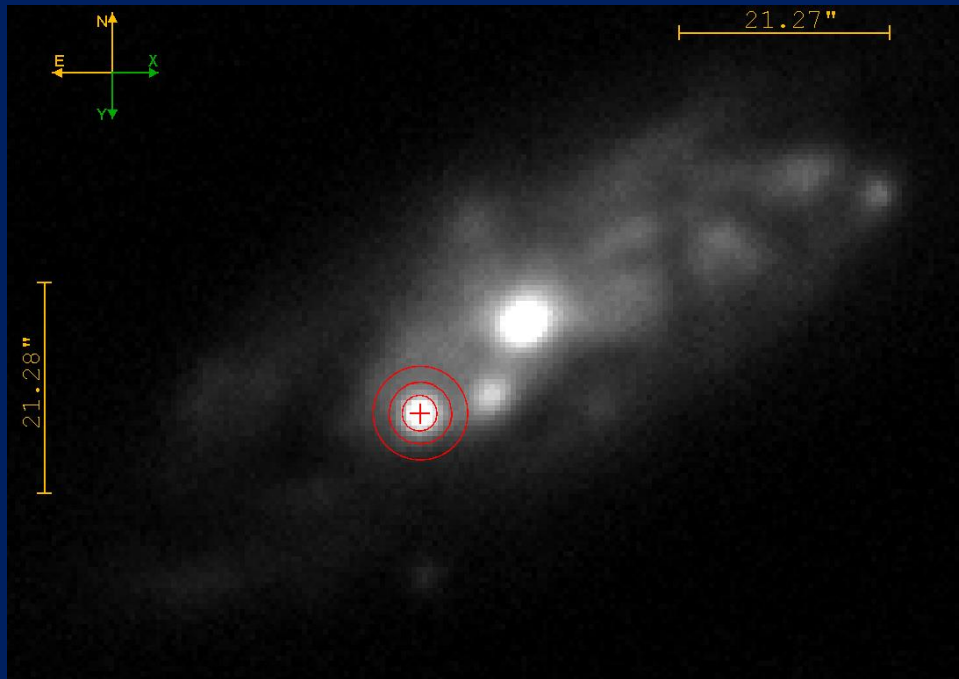
La méthode de l'ajustement par création d'un plan de fond



Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

La méthode de l'ajustement par création d'un plan de fond

1ère étape : bien placer et resserrer les anneaux



Diamètre des anneaux:

- 1,1 x FWHM ici 7,5 pixels
- 2,0 x FWHM ici à 13,62 pixels
- 2,5 x FWHM ici 17 pixels

- ❑ Le premier anneau sur la supernova avec un diamètre à peine supérieur à la FWHM.
- ❑ Le 2ème anneau démarrera au plus près mais sans englober de signal de la supernova.
- ❑ Le 3ème anneau se place sans contact avec l'étoile voisine en englobant une zone la plus uniforme possible.

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

La méthode de l'ajustement par création d'un plan de fond

2ème étape : Calculer un plan dans l'anneau du fond et le soustraire

Dans l'anneau du fond (sky annulus), pas de somme moyenne ou médiane des pixels mais création d'un plan que AIJ... :

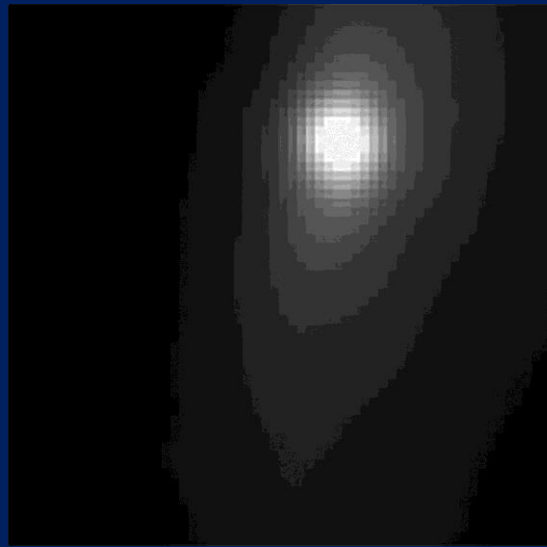
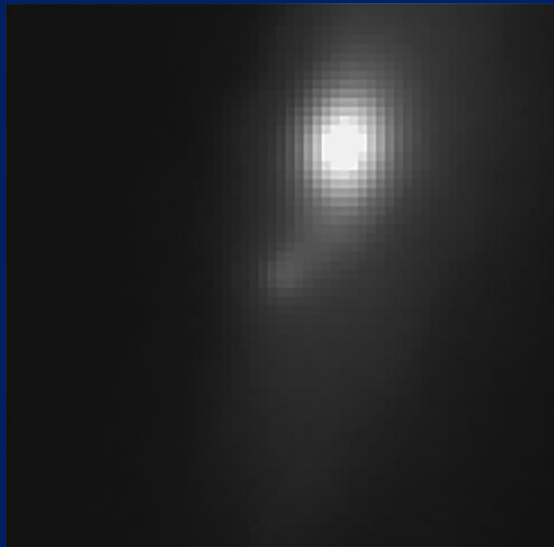
- Construit à partir des pixels de la région de l'anneau de fond
- Soustrait les valeurs du plan à chaque pixel dans l'ouverture
- Elimine de façon plus dynamique la contribution du fond de ciel

*AIJ modélise le gradient local du fond,
avant de le soustraire au flux de l'étoile.*

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

La méthode de la soustraction d'une image « Template »

- ❑ Elle consiste à isoler l'objet transitoire en éliminant le fond statique de la scène.
- ❑ Elle a pour objectif de caractériser le fond perturbateur en dehors de la présence de la cible et de le soustraire à l'image avec la source.



*Une méthode rigoureuse et professionnelle mais plus difficile à mettre en œuvre.
Elle ne repose plus sur la photométrie d'ouverture mais sur l'utilisation de la PSF (Point spread function).*

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

La méthode de la soustraction d'une image « Template »

Pour appliquer la méthode de la soustraction d'un « Template », il faut :

1. Acquérir une image de référence (appelée « Template ») du même champ sans l'objet cible (hors éruption, hors transit, après disparition de la SN...etc.).
2. Soustraire pixel par pixel l'image « Template » de l'image scientifique : le fond galactique est alors éliminé proprement.
3. Faire la photométrie d'ouverture sur l'image résiduelle, avec un fond local maintenant proche de zéro.

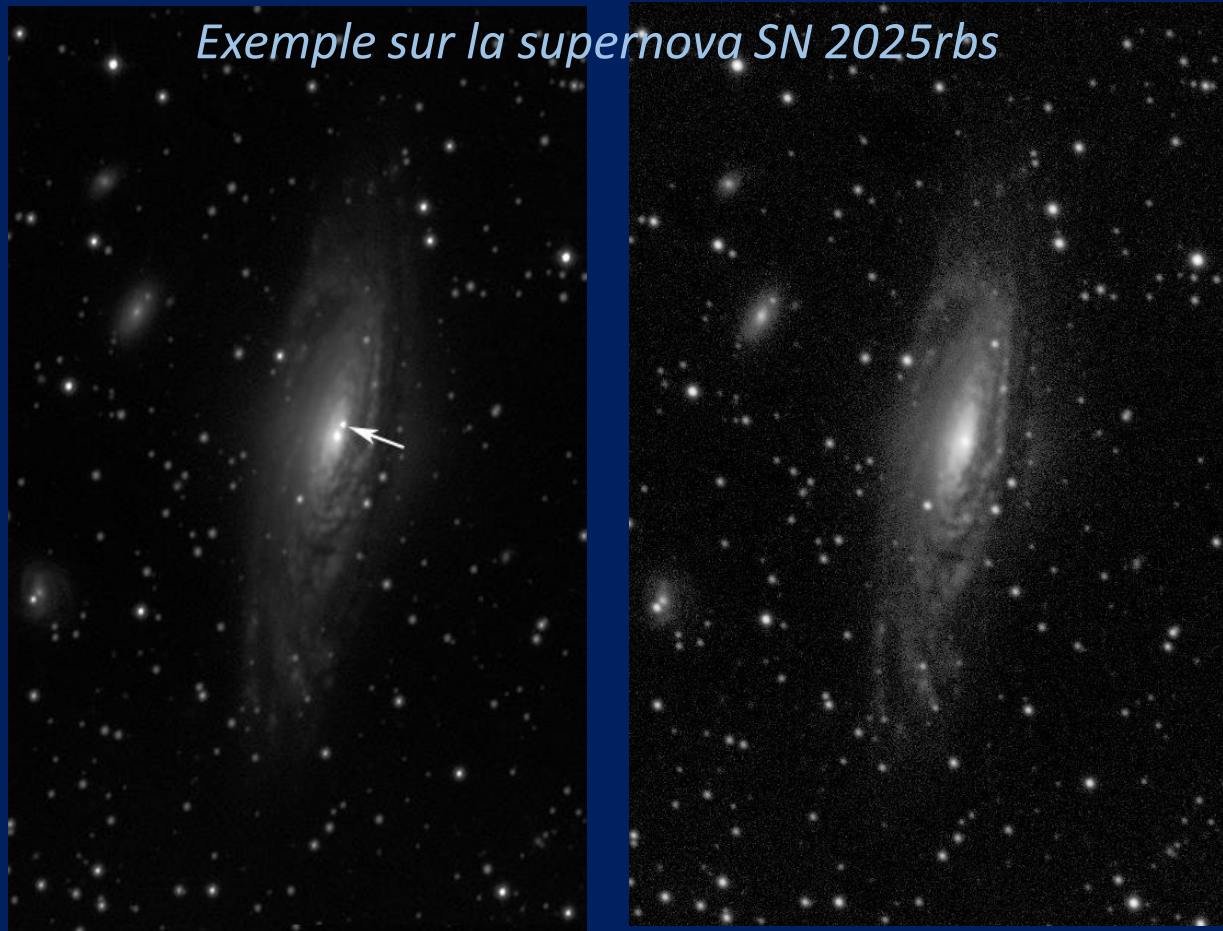
AJJ ne sais pas automatiser cette soustraction d'image.

Elle peut se faire via l'opération « Image calculator » dans le menu « Process ».

AJJ opère une soustraction de l'image qui permet ensuite la photométrie classique.

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

La méthode de la soustraction d'une image « Template »



L'image de gauche est l'image avec la supernova le 19 juillet 2025.
Sur l'image de droite, faite le 25 mai 2026, la supernova a disparu et
l'image peut servir de « Template ».

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

La méthode de la soustraction d'une image « Template »

Une méthode très difficile à mettre en œuvre.

Les images ne sont jamais directement soustrayables.

Elles diffèrent toujours par :

- Un seeing différent, ce qui provoque une PSF différente entre les deux images;
- Le flux atmosphérique crée des transparences variables;
- Les différents niveaux du ciel modifient l'offset du fond;
- L'alignement n'est jamais parfait et provoque un décalage sub-pixellaire.

La solution technique consiste à utiliser un algorithme qui recherche un noyau de convolution K :
$$\text{ImageScience} = K \times \text{Template} + \text{Fond}.$$

Le Template est alors convolé par K jusqu'à ce qu'il ait le même PSF que l'Image science, puis on le soustrait.

Les logiciels HOTPANTS (Becker 2015) -PyZOGY (Zackay, Ofek & Gal-Yam 2016) font le travail.

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

Le logiciel STDweb (Simple Transient Detection Pipeline)

STDweb est un logiciel en ligne sur Internet pour réaliser la photométrie et la détection de transient dans des images astronomiques.

STDweb est basé sur STDpipe qui est un ensemble de routines Python pour l'astrométrie, la photométrie et la détection de transitoires, sous la forme de pipelines personnalisés, ainsi qu'à l'analyse interactive des données.

STDweb a été développé par Sergey KARPOV de l'institut de physique de l'académie des sciences tchèque de Prague en 2025 (STDweb: simple transient detection pipeline for the web. Acta Polytechnica, 65(1), 50-64.

<https://doi.org/10.14311/AP.2025.65.0050>

Ce logiciel a été rendu accessible en ligne en France grâce au travail de Pierre-Yves Lechapelain, Observatoire de Bretagne Sud à Grand Champ principalement pour le groupe RAPAS et la communauté des astronomes amateurs français. Il est accessible à l'adresse : <http://86.253.141.183:7000>. Il convient de solliciter un accès

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

« Template subtraction » avec logiciel STDweb

A consulter : Pierre-Yves Lechapelain a rédigé un tutoriel pour démarrer et utiliser STDweb : [Tuto STDWeb V20260508 Lechapelain](#)

Après avoir détecté l'étoile et réalisé sa photométrie, STDweb possède une fonction toute automatique de soustraction d'un « Template ».

Template subtraction ?

Template	Sub-image size	Sub-image overlap	Method	Template band	HOTPANTS extra params
Pan-STARRS DR ▾	1000 ▾	50 ▾	HOTPANTS ▾	Auto ▾	{"ko": 0, "bgo": 0}
<input checked="" type="radio"/> Target photometry	<input type="radio"/> Transient detection				<input type="checkbox"/> Verbose
<input type="button" value="Run subtraction"/>					

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

« Template subtraction » avec logiciel STDweb

Template subtraction ?

Template: Pan-STARRS DR ▾ Sub-image size: 1000 ▾ Sub-image overlap: 50 ▾ Method: HOTPANTS ▾ Template band: Auto ▾ HOTPANTS extra params: {"ko": 0, "bgo": 0} Verbose

Target photometry Transient detection

[Run subtraction](#)

- Custom template
- Pan-STARRS DR2
- Legacy Survey DR10
- SkyMapper DR1 (HiPS)**
- Dark Energy Survey DR2 (HiPS)
- DECaPS DR2 (HiPS)
- ZTF DR7 (HiPS)

- ZOGY
- HOTPANTS**

Dans le menu « Template », on choisit un des catalogues de relevés photométriques du ciel.

Sous « Template band » on choisit le filtre

- Auto
- g
- r**
- i
- z

Sous « Method », on peut choisir entre les deux algorithmes de soustraction d'images astronomiques

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

« Template subtraction » avec logiciel STDweb

Template subtraction ?

Template	Sub-image size	Sub-image overlap	Method	Template band	HOTPANTS extra params
Custom templa ▾	1000 ▾	50 ▾	HOTPANTS ▾	Auto ▾	{"ko": 0, "bgo": 0}
Replace uploaded custom template file		Custom template gain, e/ADU	Saturation level, ADU		
Parcourir... 20260525-S...-AITP.fits		▾	▾		
<input checked="" type="radio"/> Target photometry	<input type="radio"/> Transient detection				<input type="checkbox"/> Verbose
Run subtraction					

Dans le menu « Template », le choix « Custom Template » permet de charger sa propre image « Template ». Le résultat est rapide

Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

« Template subtraction » avec logiciel STDweb

Reprenons l'exemple sur la supernova SN 2025rbs



Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

« Template subtraction » avec logiciel STDweb

Exemple sur la supernova SN 2025rbs



J223703.64+342508.0 at 2025-07-16 08:41:29.061 : rmag - 0.02 (gmag - rmag) : limit 18.96 : mag = 14.91 ± 0.02 : S/N = 42.09

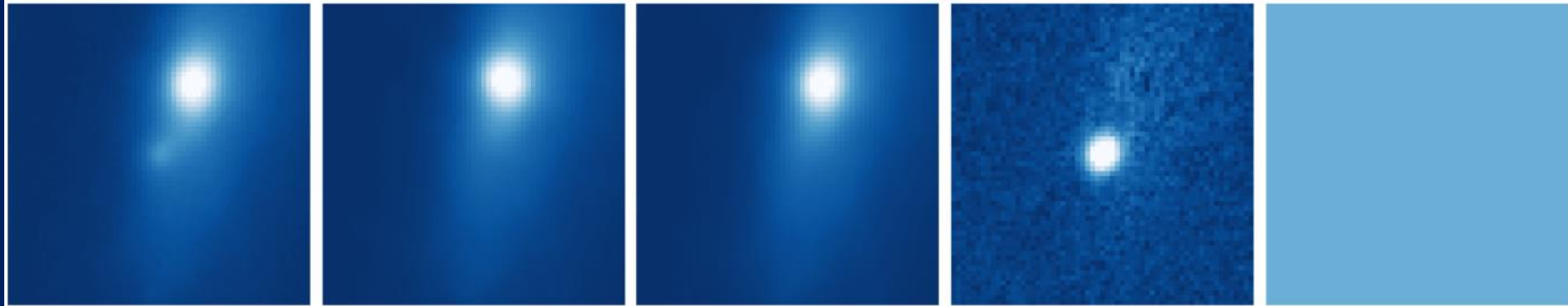
IMAGE

TEMPLATE

CONVOLVED

DIFF

MASK



Quelques solutions pour améliorer les mesures en photométrie d'ouverture.

« Template subtraction » avec logiciel STDweb

Exemple sur la supernova SN 2025rbs // Résultats

SN2025rbs dans NGC7331 le 16/07/2025

MED30x30s filtre-Sdss-r' Bin3x3 CDK17-AITP

Template	Method	Band	Flux	Err-Flux	rmag-0.02 * (gmag-rmag)	Err-Mag	S/N
Without			11673.2	24.1	13.34	0.01	82.01
Custom			2485.6	47.0	14.91	0.02	42.90
Pan-STARRS DR2	HOTPANTS	r'	3032.9	32.0	14.70		60.29
Pan-STARRS DR2	ZOGY	r'	2070.7	13.0	15.11	0.01	72.52
ZTF DR7 (HIPS)	HOTPANTS	r'	2472.2	31.9	14.92	0.02	54.24
ZTF DR7 (HIPS)	ZOGY	r'	2069.4	12.7	15.11	0.01	72.86

