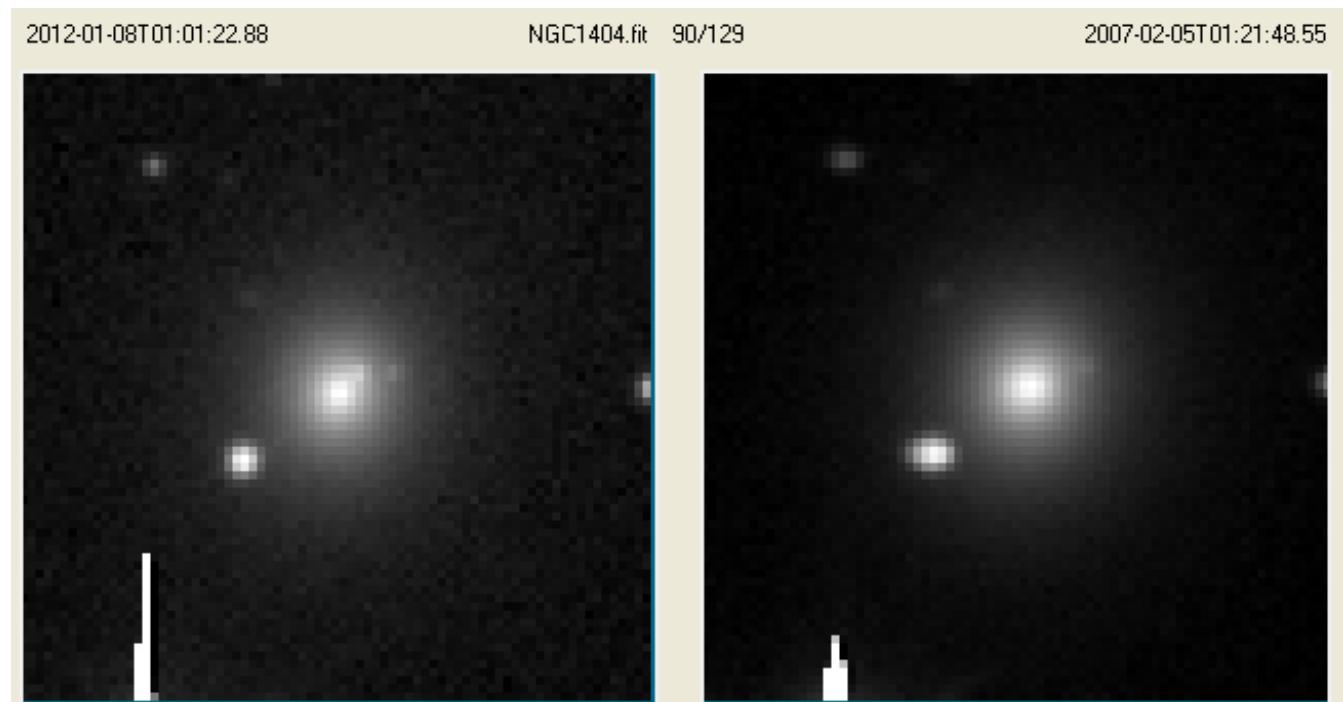


# Découvrir des supernovae en utilisant les images des télescopes TAROT

Projet coordonné par Alain Klotz, professeur en Astrophysique à l'Université de Toulouse



# Qu'est-ce qu'une supernova ?

## - Les étoiles sont des boules de matière chaude qui émettent de la lumière

- Le soleil est une étoile.
- Les étoiles visibles à l'oeil la nuit appartiennent à notre galaxie, la Voie Lactée.
- Il existe aussi de nombreuses étoiles doubles.

## - Au cours de leur existence, les étoiles puisent leur énergie en transformant leur matière.

- L'hydrogène est converti en hélium et ainsi de suite jusqu'au fer.
- Le fer est l'atome le plus massique qu'une étoile peut créer.

## - Au bout d'un certain temps, la source d'énergie s'épuise, l'étoile peut exploser

- Les étoiles plus massives que quelques masses solaires explosent en supernova.
- Le résidu stellaire est une étoile à neutron ou un trou noir.

## - Il y a deux types de supernovae

- Les supernovae de type II qui résultent d'un effondrement gravitationnel
- Les supernovae de type Ia qui résultent d'un transfert de matière entre deux étoiles.

## - Les supernovae servent à contraindre les théories de cosmologie

- Les supernovae de type Ia sont utilisés pour contraindre l'accélération de l'Univers.

# Qu'est-ce que les télescopes TAROT ?

## - Les télescopes TAROT sont des observatoires robotiques autonomes

- Deux télescopes, l'un à Calern (nord de Grasse, France), l'autre au Chili (La Silla, ESO)
- Informations : <http://tarot.obs-hp.fr>
- Il n'y a pas de présence humaine pour piloter les télescopes la nuit
- Les images sont accessibles par internet

## - Les télescopes TAROT traquent l'émission optique des sursauts gamma

- Les sursauts gamma sont des cataclysmes stellaires (tout comme les supernovae)
- L'émission gamma est détectée par des satellites.
- Les télescopes TAROT sont reliés aux satellites par internet.
- Le but est de pointer TAROT en quelques secondes lorsqu'un sursaut est détecté.

## - Les télescopes TAROT observent de nombreux champs sur le ciel

- En dehors des sursauts gamma, les télescopes TAROT observent toute la nuit.
- Les images obtenues par TAROT servent à des sujets d'études très divers.

## - Les images de galaxies observées par TAROT

- Le logiciel de traitement des images est muni d'un catalogue de galaxies proches.
- Lorsqu'une image TAROT contient une galaxie, elle est stockée dans un fichier à part.
- On va utiliser ces images de galaxies pour trouver des supernovae.

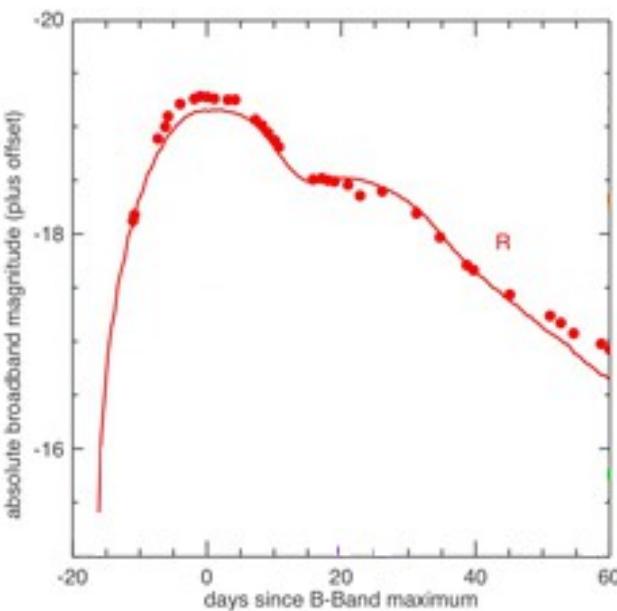
# Comment découvrir des supernovae ?

## - Le taux de supernova est d'environ une par siècle dans une galaxie

- Inutile de chercher une supernova dans notre galaxie (trop rare)
- Si l'on surveille 100 galaxies sur une année, on aura environ 1 découverte par an.
- Avec TAROT on essaye de surveiller environ 1000 galaxies par an.
- Rechercher la présence d'une supernova dans les galaxies les plus proches.

## - Les programmes automatiques

- Quelques télescopes sont dédiés spécifiquement à la découverte de supernovae.
  - La liste des programmes de recherches actuels peut se trouver en explorant:
    - <http://www.cbat.eps.harvard.edu/lists/RecentSupernovae.html>
    - <http://www.rochesterastronomy.org/supernova.html>



La figure ci-contre montre qu'une supernova de type Ia culmine à une magnitude absolue  $M=-19$  environ.

La limite de détection de TAROT est d'environ  $R=17.5$  ce qui correspond à une distance de 200 Mpc.

Il faut donc observer des galaxies plus proches que 200 Mpc.

La durée de visibilité à 100 Mpc est d'environ 1 mois.

# Comment découvrir des supernovae avec TAROT ?

## - Découvrir les supernovae avec les télescopes TAROT

- Les télescopes TAROT n'ont pas vocation à ne faire que des images de galaxies.
- Les galaxies présentes sur n'importe quelle image de TAROT sont archivées
- On a un fichier d'archive par nuit et pour chaque télescope
- Un fichier d'archive contient typiquement 200 à 300 images de galaxies.
- Le but est d'inspecter visuellement la présence d'une étoile en plus sur les images.
- Un outil de téléchargement et de visualisation est disponible dans le logiciel AudeLA.

L'image de la nuit montre la présence d'une supernova que l'on repère par inspection visuelle



Image du jour <-- Analyse de l'archive : Tarot\_Calern\_20120109 --> Référence

2012-01-10T05:29:07.39      NGC4682.fit 230/325      2011-04-07T05:06:07.39

Précédente   Suivante (F1)   Aller à   Fond du ciel (F2)   GO Blink (F3)   Enregistrer (F4)    Personnel    DSS

L'image de référence a été prise plusieurs jours avant

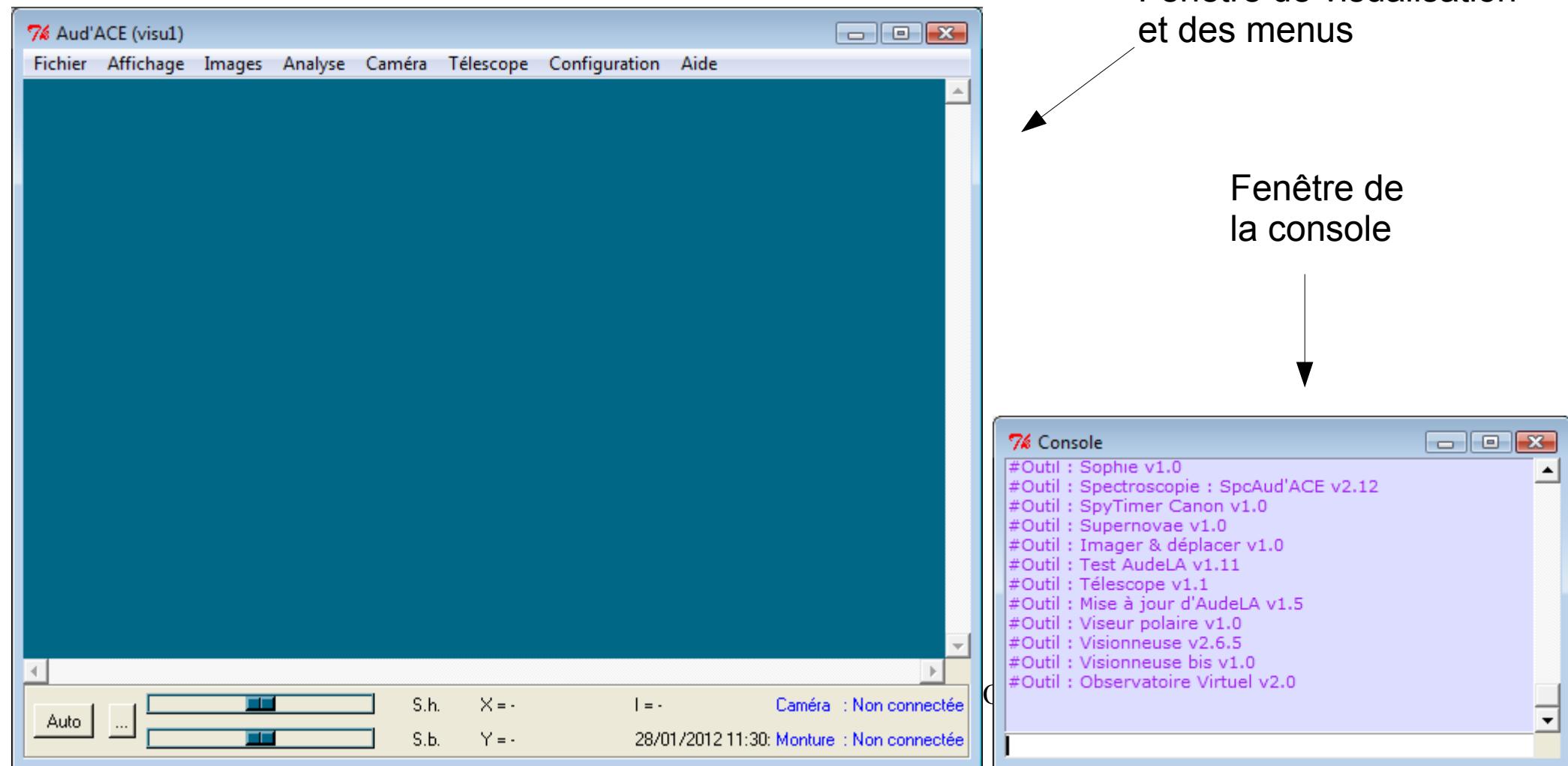
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Télécharger AudeLA : <http://www.audela.org>

- Le logiciel AudeLA est utilisé pour piloter les télescopes TAROT
- AudeLA est un logiciel libre et gratuit pour Windows et Linux.

## - Installer AudeLA

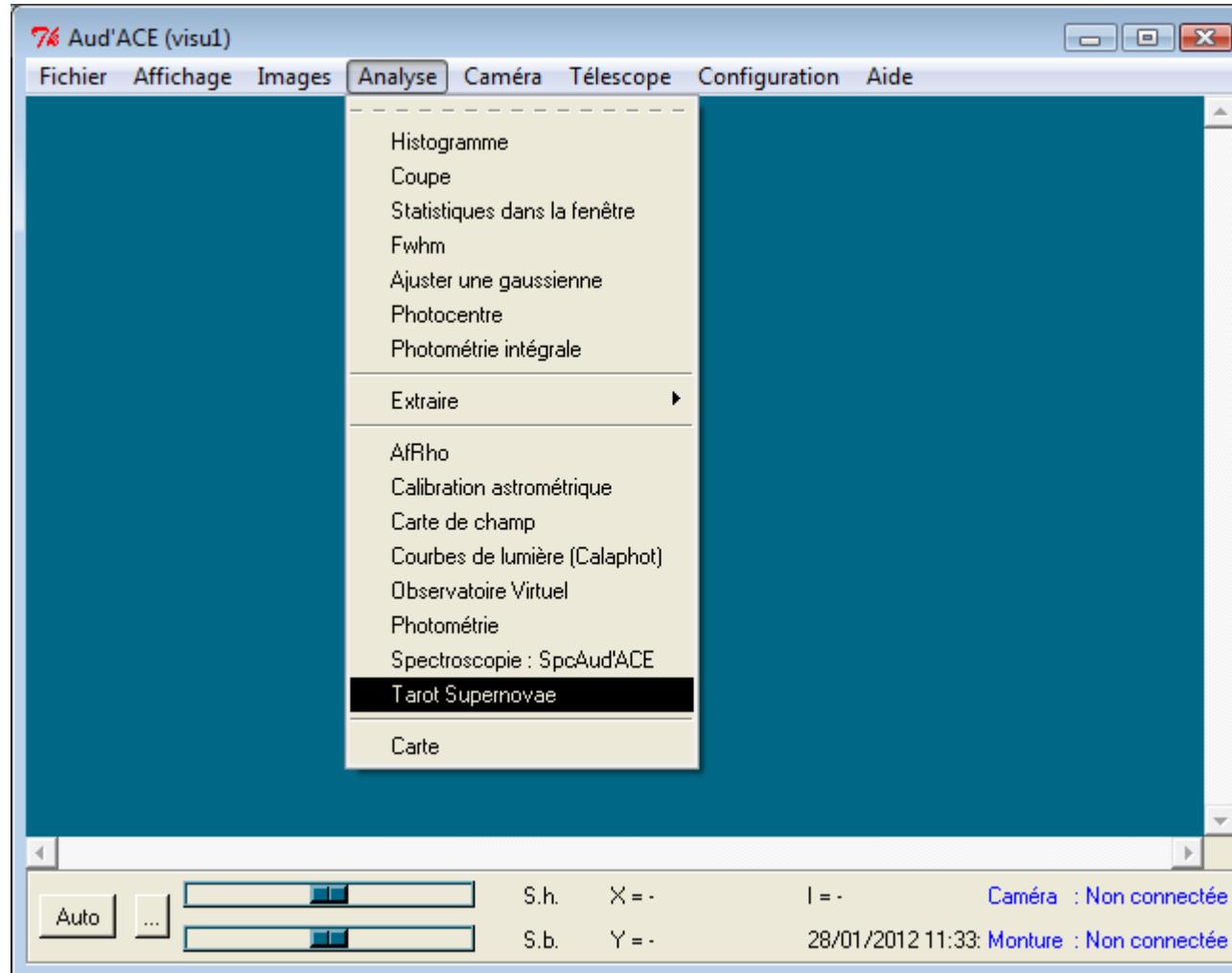
- A la fin de l'installation, on a deux fenêtres:



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Accéder à l'outil TAROT Supernovae

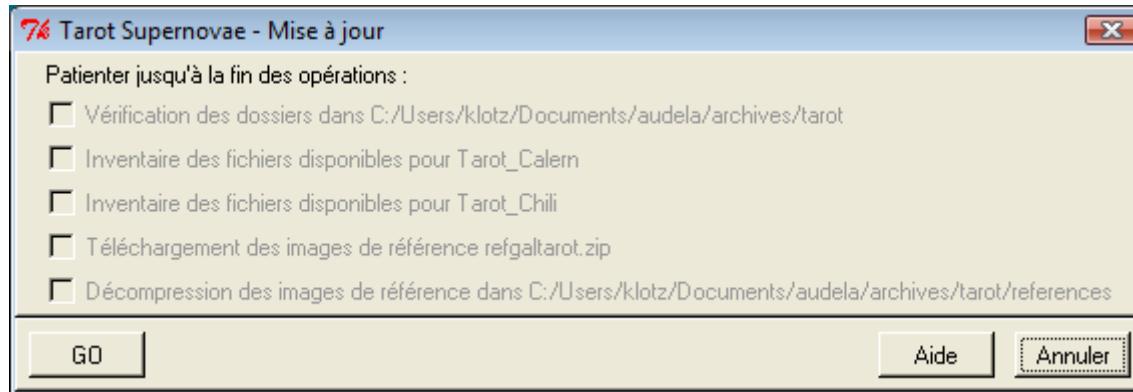
- Menu Analyse, choisir l'item TAROT Supernovae



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Mise à jour

- Au démarrage de l'outil TAROT Supernovae, une fenêtre de mise à jour apparaît.



- La première mise à jour peut prendre plusieurs minutes car elle copie l'archive de toutes les images de référence déjà obtenues avec TAROT.

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Note spéciale pour la première mise à jour manuelle

- La première mise à jour peut prendre plusieurs minutes. Si l'on souhaite aller plus vite on peut suivre la procédure suivante :

- Télécharger les deux fichiers suivants :

<http://cador.obs-hp.fr/tarot/refgaltarot.zip> (100 Mo)

Windows : A copier dans Documents/audela/archives/tarot/archives

Linux : A copier dans ~/audela/archives/tarot/archives

<http://cador.obs-hp.fr/tarot/dss.zip> (80 Mo)

Windows : A copier dans Documents/audela/archives/tarot

Linux : A copier dans ~/audela/archives/tarot

- Décompresser le fichier refgaltarot.zip :

Windows : Décompresser les fichiers FITS dans

Documents/audela/archives/tarot (le dossier references est créé)

Linux : unzip -d ~/audela/archives/tarot refgaltarot

- Décompresser le fichier dss.zip :

Windows : Décompresser les fichiers FITS dans

Documents/audela/archives/tarot (le dossier dss est déjà créé)

Linux : unzip -d ~/audela/archives/tarot dss

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Bandeau de l'outil TAROT Supernovae

- On choisit le site d'observation et la nuit pour laquelle on souhaite télécharger les images.
- Les images d'une nuit sont rassemblées dans un fichier .zip

Choix du site TAROT

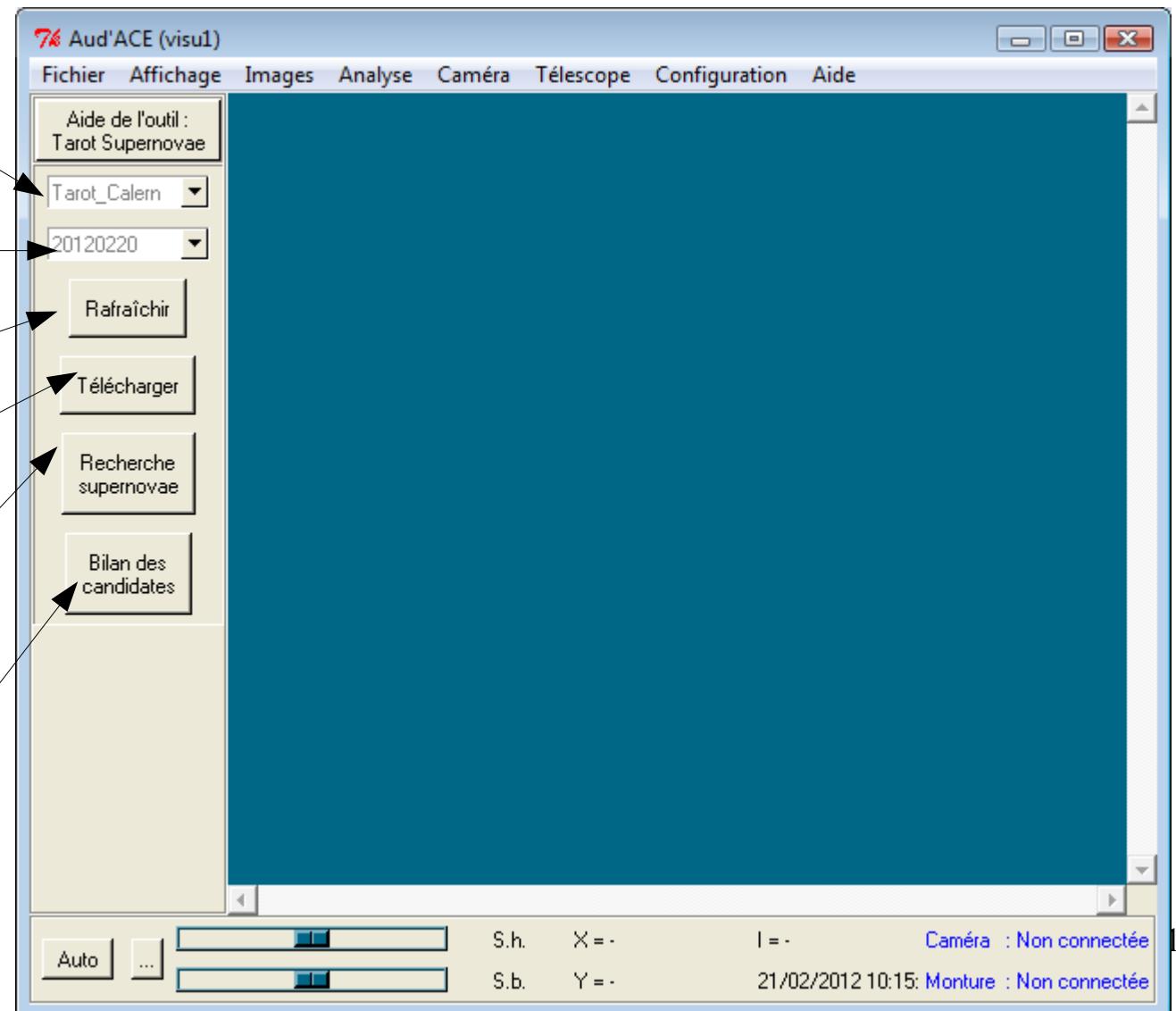
Choix de la date  
de la nuit

Bouton pour actualiser  
les dates de nuit

Bouton pour démarrer  
le téléchargement.

Bouton pour démarrer  
la fenêtre d'analyse  
visuelle.

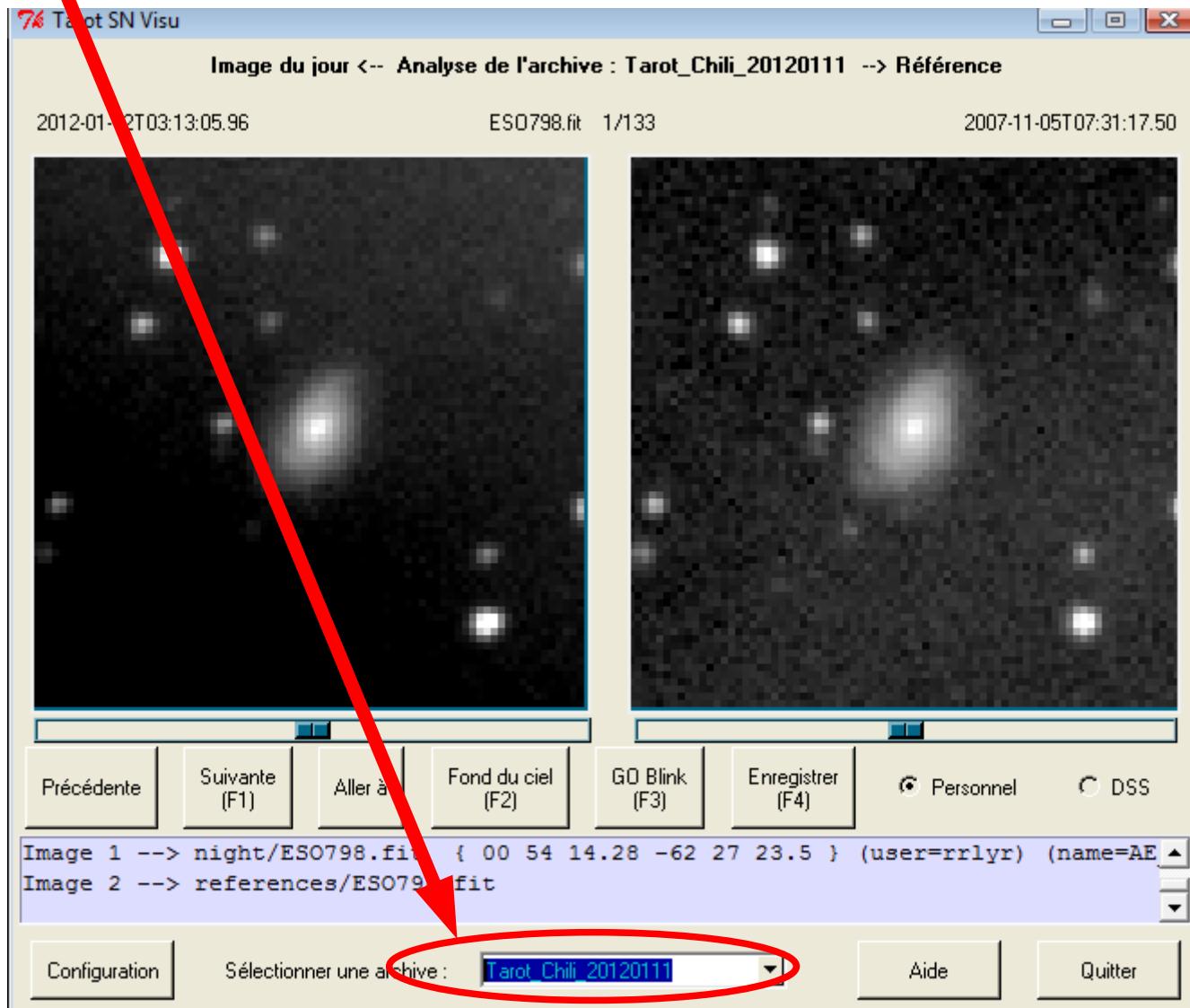
Bouton pour analyser  
les fiches candidates.



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Fenêtre de l'outil TAROT Supernovae

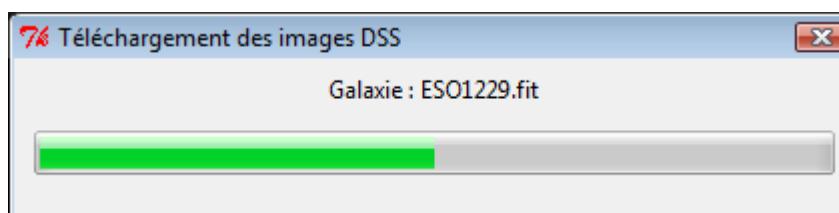
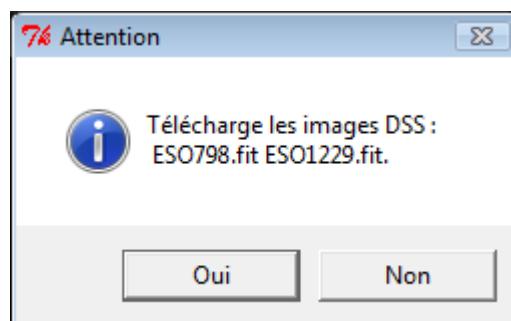
- Sélectionner une archive téléchargée.



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Décompression de l'archive et téléchargement des images DSS

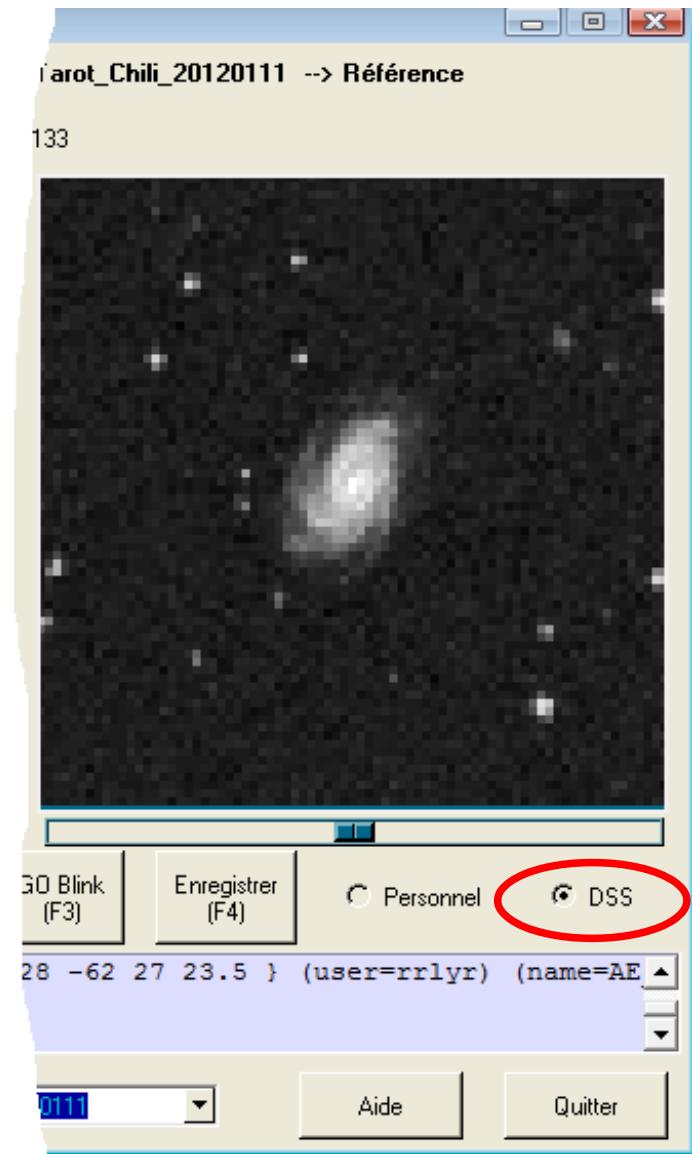
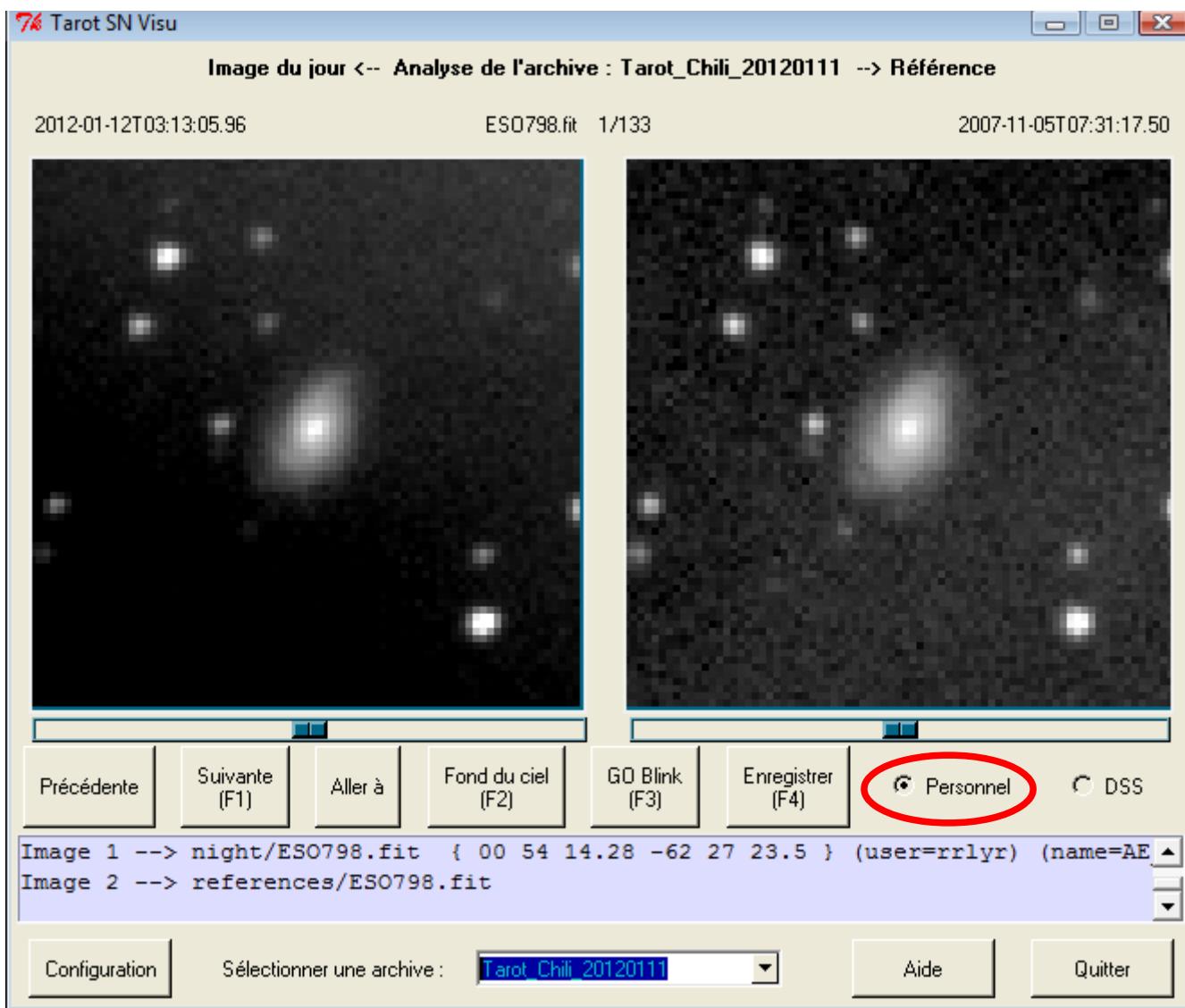
- Le téléchargement des images DSS peut prendre plusieurs minutes.



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Choix des images de référence personnelles ou du DSS

- Il est souvent plus facile de comparer avec les images personnelles.



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Outils de comparaison

- L'inspection visuelle directe.

Si l'image de référence personnelle n'existe pas, l'image du DSS est affichée et l'image de la nuit le devient automatiquement référence pour les prochaines nuits.

Si l'image de la nuit est de meilleur qualité que l'image de référence personnelle appuyer sur F4 pour qu'elle devienne la nouvelle image de référence

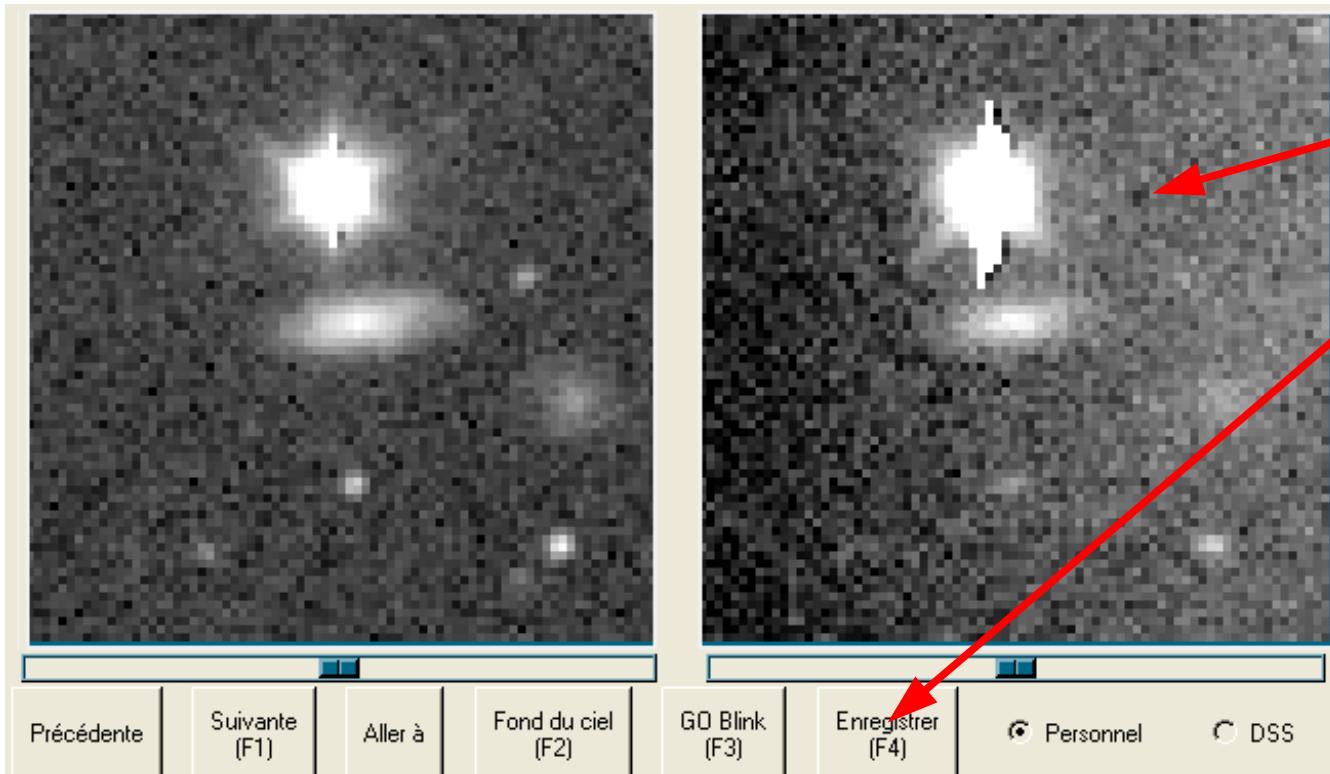
- L'ajustement des seuils de visualisation (tirettes sous les images).

- Mise à plat du fond de ciel lorsque c'est nécessaire (raccourci F2).

- Le clignotement des deux images (raccourci F3).

Ici l'image de référence personnelle est de moins bonne qualité

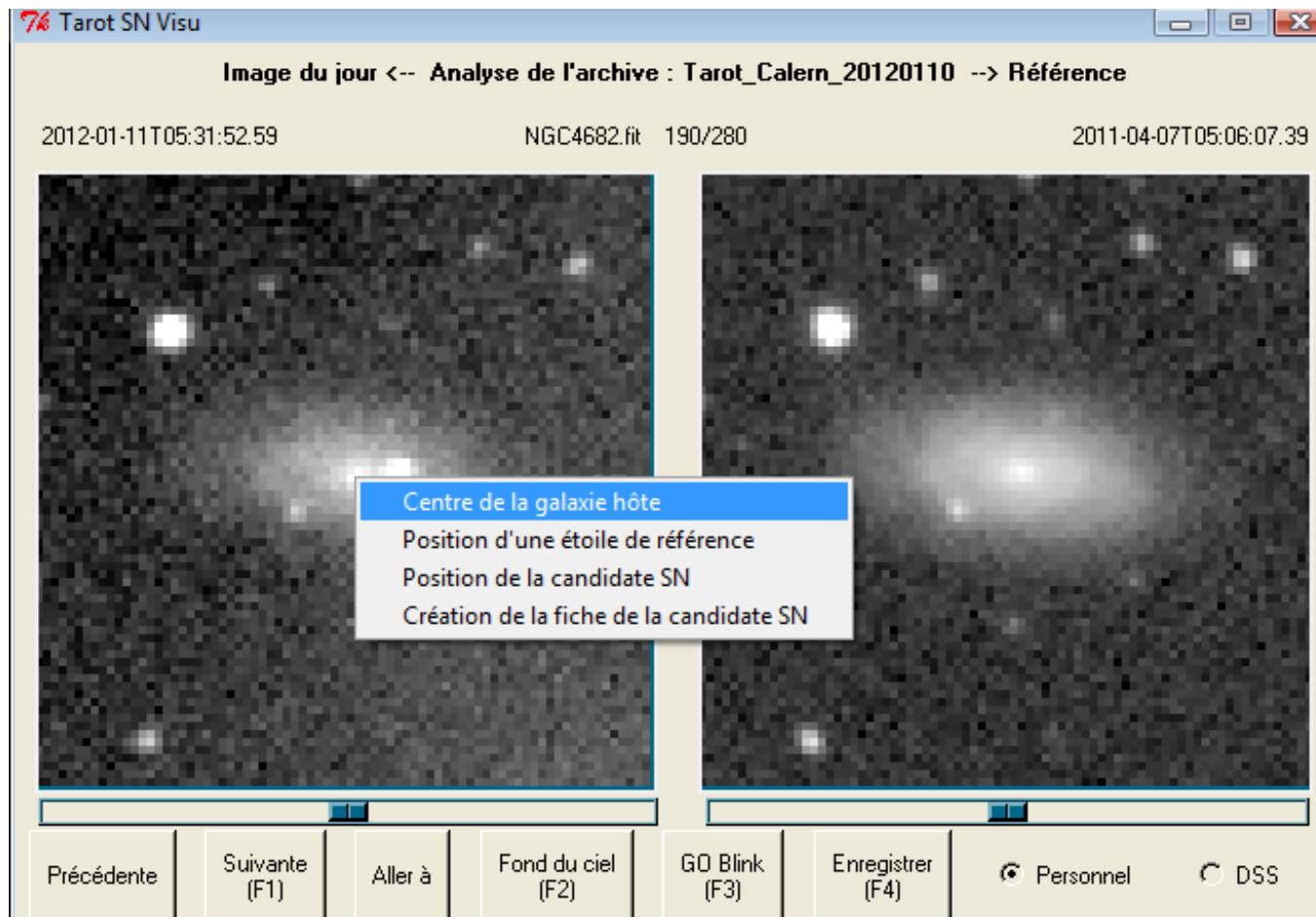
Appuyer sur la touche F4



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Caractériser une candidate

- Placer le curseur sur le centre de la galaxie -> clic droit <Centre de la galaxie hôte>
- Placer le curseur sur une étoile de l'image -> clic droit <Position d'une étoile de référence>
- Placer le curseur sur la candidate -> clic droit <Position de la candidate SN>
- Placer le curseur n'importe où-> clic droit <Création de la fiche de la candidate SN>



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

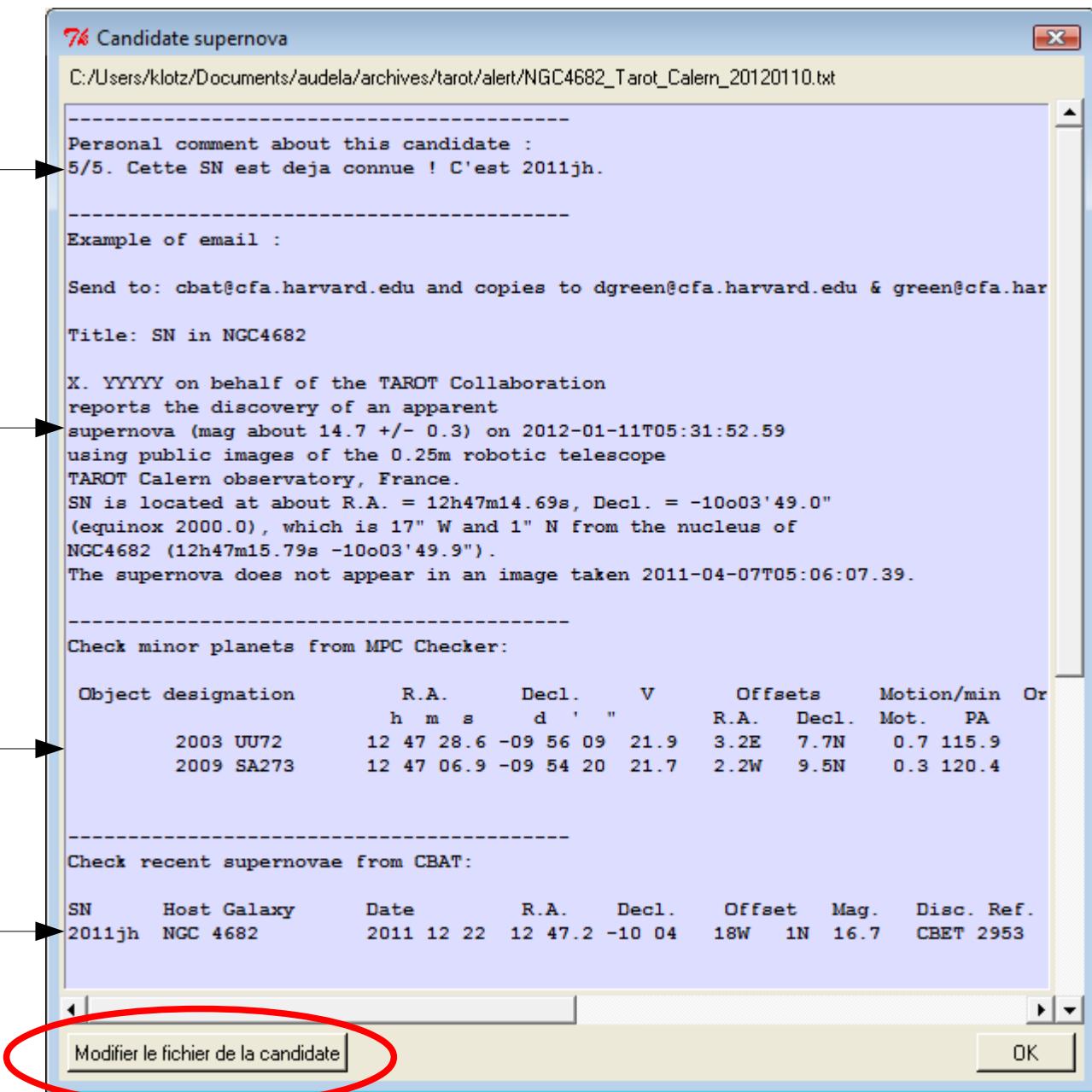
## - Interpréter et compléter une fiche candidate

- Compléter le commentaire avec une note /5 et un texte d'explication.

- Compléter le canevas de l'annonce de la découverte si on est certain que la candidate est réelle.

- Vérifier qu'il n'y ait pas d'astéroïde dans l'image.

- Vérifier si la supernova est déjà découverte (c'est le cas ici).



# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Que faire pour déclarer une découverte ?

- Toujours confirmer avec une autre image obtenue le lendemain
  - Au besoin, contacter des astronomes amateurs.
- Faire le tour des causes possibles d'artefacts
  - Pixel chaud, Pixel chaux, cosmique, pixels défectueux, mauvais recentrage, astéroïde, blooming, reflet
- A partir de la fiche candidate:
  - Changer X. YYYYYY par le nom du découvreur.
  - Vérifier toutes les données numériques avant d'envoyer l'email.

Example of email :

Send to: cbat@cfa.harvard.edu and copies to dgreen@cfa.harvard.edu & green@cfa.harvard.edu

Title: SN in NGC4682

X. YYYYYY on behalf of the TAROT Collaboration  
reports the discovery of an apparent  
supernova (mag about 14.7 +/- 0.3) on 2012-01-11T05:31:52.59  
using public images of the 0.25m robotic telescope  
TAROT Calern observatory, France.

SN is located at about R.A. = 12h47m14.69s, Decl. = -10°03'49.0"  
(equinox 2000.0), which is 17" W and 1" N from the nucleus of  
NGC4682 (12h47m15.79s -10°03'49.9").

The supernova does not appear in an image taken 2011-04-07T05:06:07.39.

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Analyser le bilan des candidates

- Utiliser le bouton « Bilan des candidates »
- Chaque fiche candidate créée est analysée au regard des dernières observations.  
On rappelle aussi la ligne de commentaire
- Cela permet de supprimer des fiches si une observation plus récente ne confirme pas.  
Exemple :

```
-----  
--- PGC141434 ---  
PGC141434_Tarot_Calern_20120214.txt  
2/5. Champ dense et étoile hors champ de la galaxie.  
-> List of archives:  
Tarot_Calern_20120217  
Tarot_Calern_20120216  
Tarot_Calern_20120215  
Tarot_Calern_20120214  
Tarot_Calern_20120211  
Tarot_Calern_20120207  
-----
```

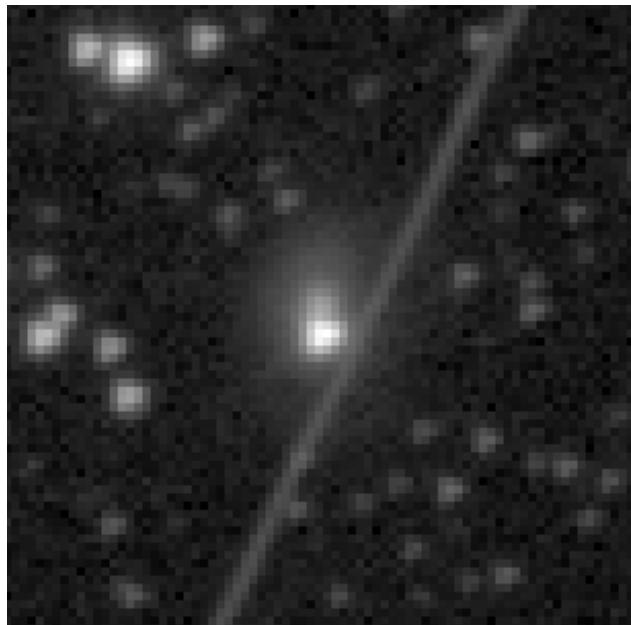
La candidate a été trouvée dans la nuit 20120214. On voit que les nuits suivantes (20120215, 20120216 et 20120217) ne confirment pas la candidate. On pourra donc effacer son fichier (dans le sous répertoire tarot/alert du dossier archives).

- On remarque aussi l'astuce qui consiste à mettre une note de 1 à 5 pour juger de la pertinence de la candidate. Cela permet de reprendre directement les plus intéressantes.

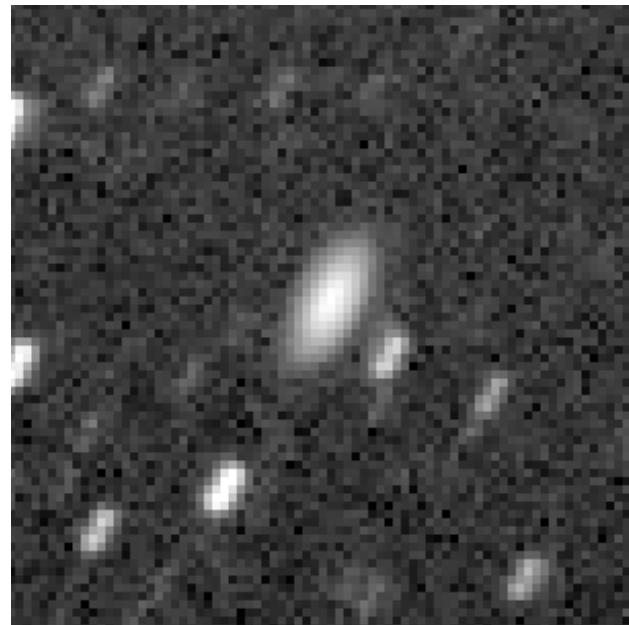
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

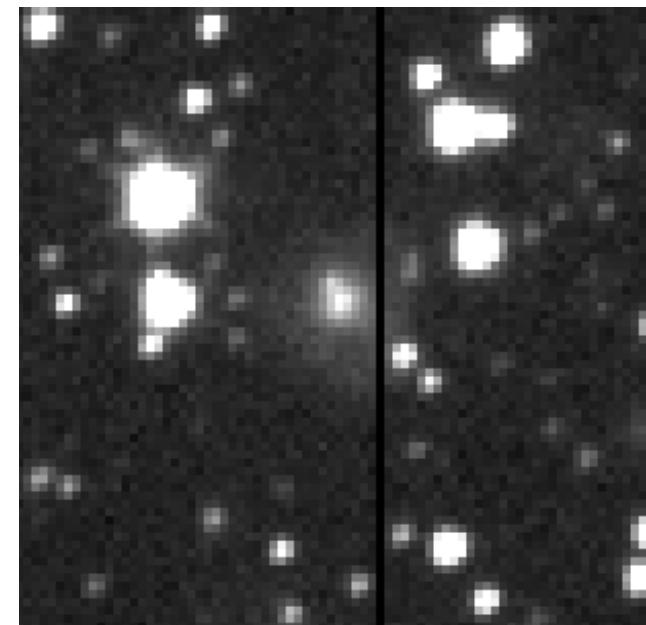
- Savoir les reconnaître...



Passage d'un satellite artificiel au cours de la pose



Mauvais recentrage des poses pour synthétiser l'image finale de la galaxie

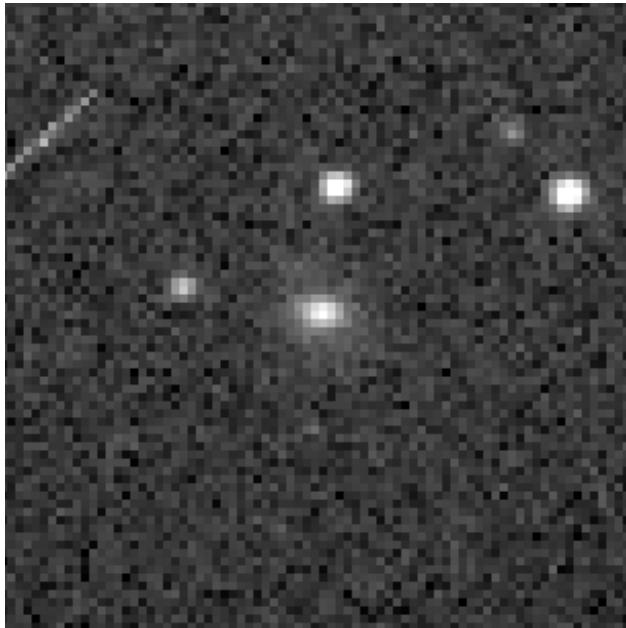


Colonne CCD défectueuse

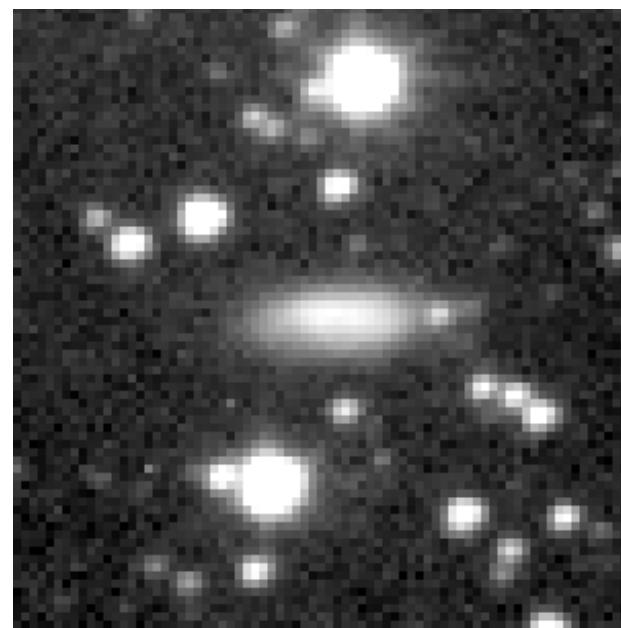
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

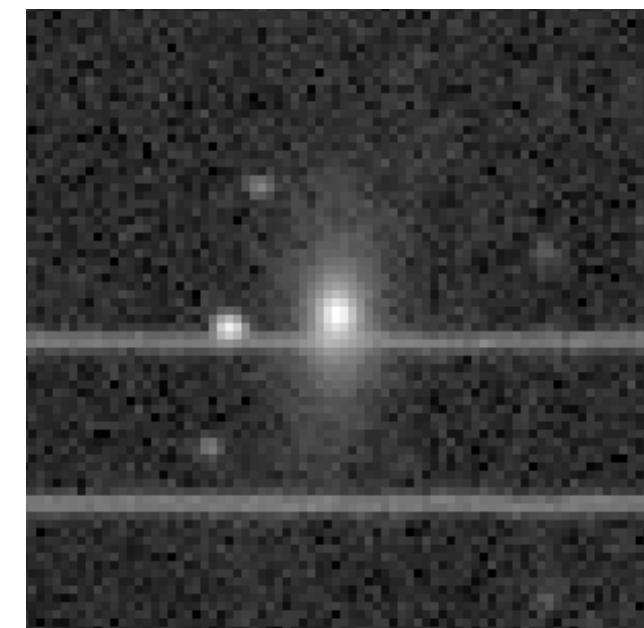
- Savoir les reconnaître...



Cosmique sous forme d'une trainée courte et fine.



Pixels chauds. N'ont pas d'étalement comme les étoiles.

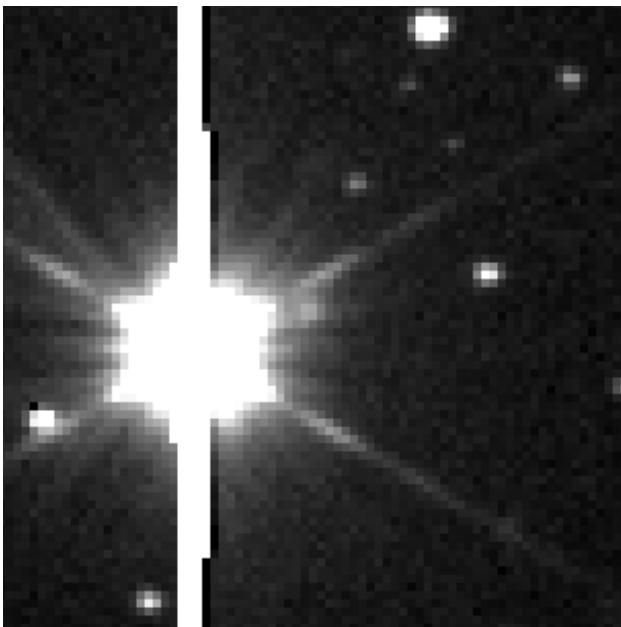


Passages de satellites géostationnaires. Traînées horizontales aux déclinaisons voisines de +4° au Chili et -6° à Calern.

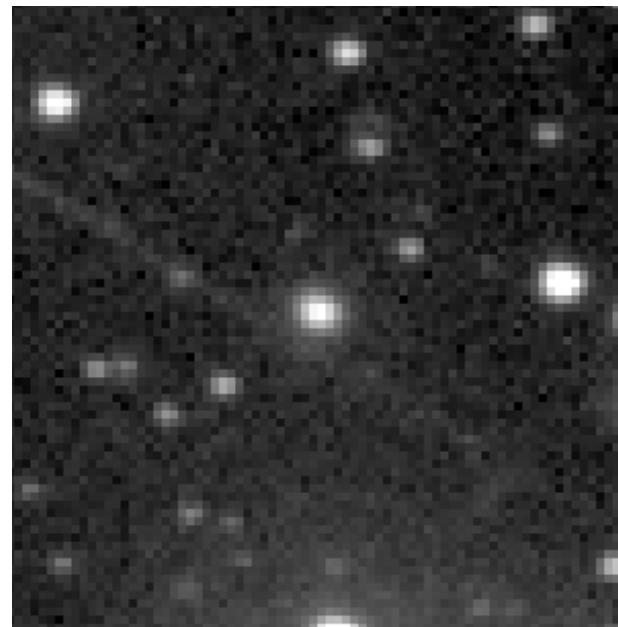
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

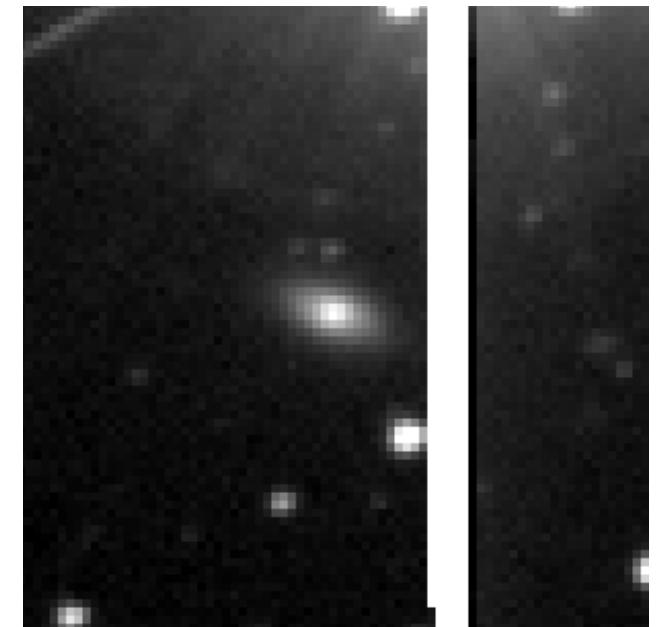
- Savoir les reconnaître...



Blooming et branche de diffraction d'une étoile brillante proche



Branche de diffraction d'une étoile brillante proche



Blooming (bavure toujours verticale) d'une étoile brillante proche

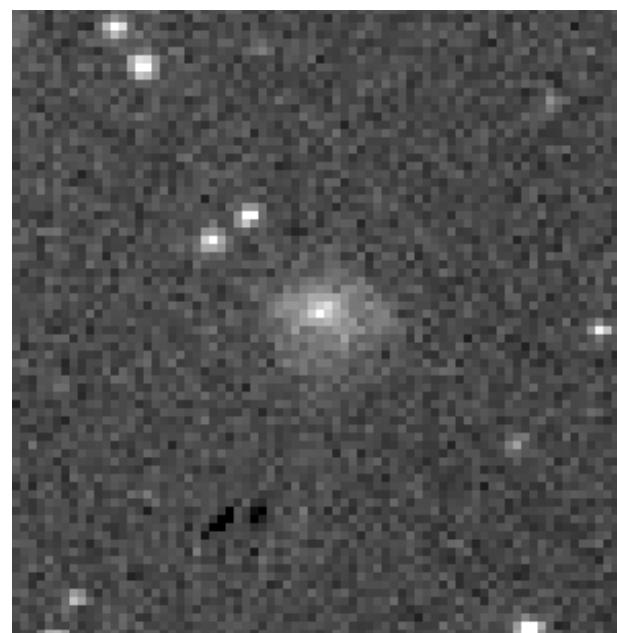
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

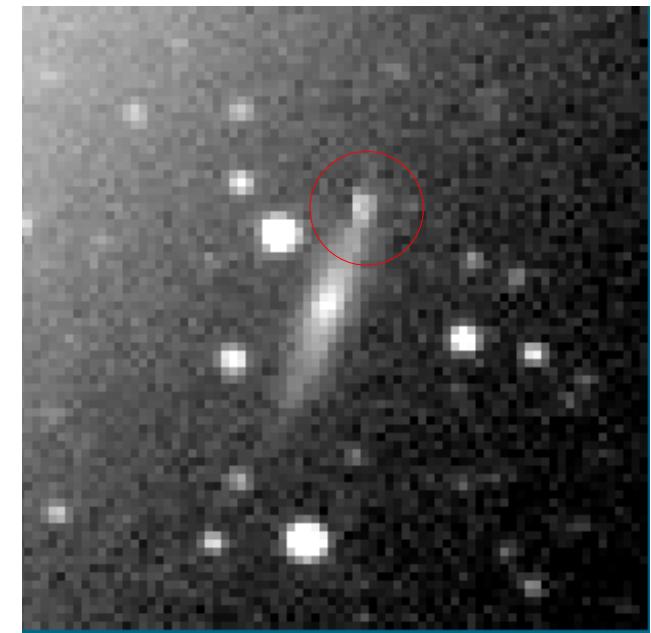
- Savoir les reconnaître...



Petit cosmique  
(en haut à droite)



Groupe de pixels  
défectueux

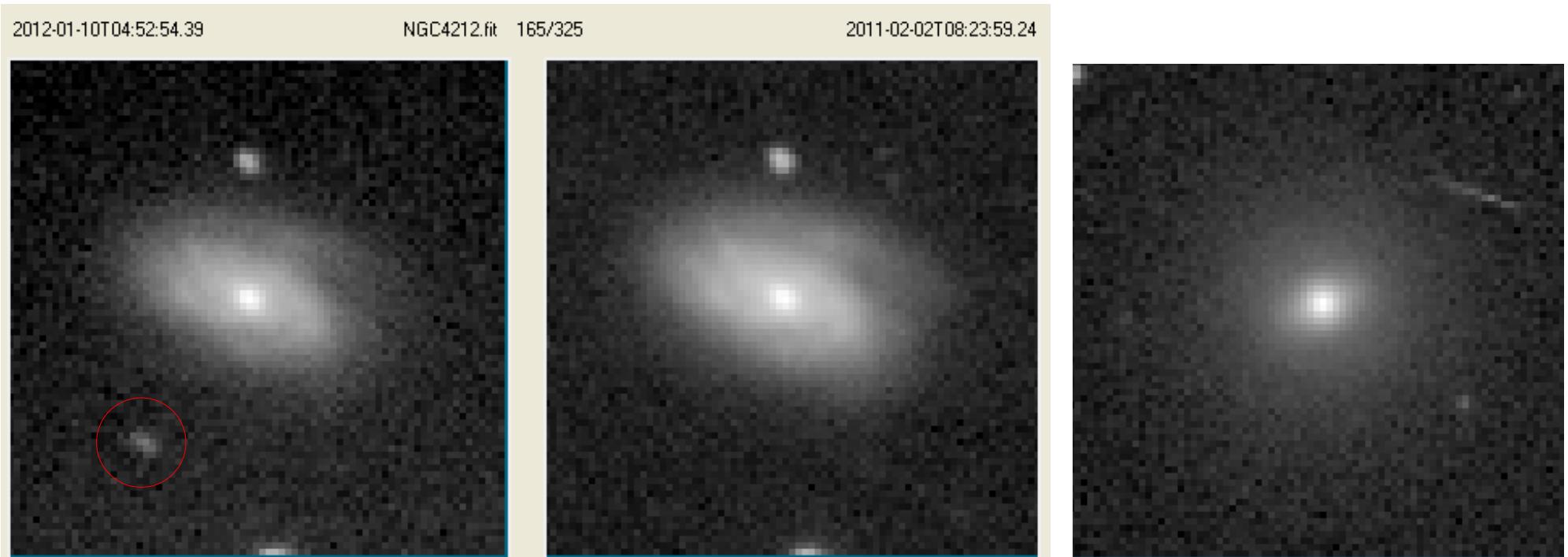


Groupe de pixels  
défectueux  
(difficile à diagnostiquer)

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

- Savoir les reconnaître...



Astéroïde (5849) 1990 HF1  
magnitude 16.4

Cosmique

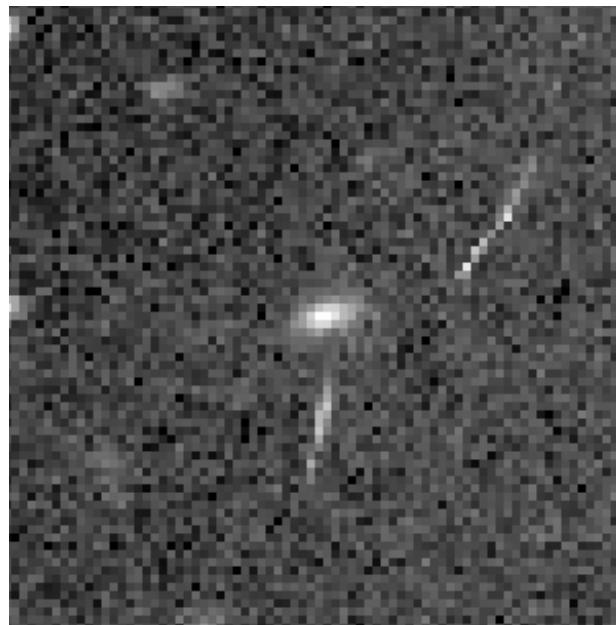
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

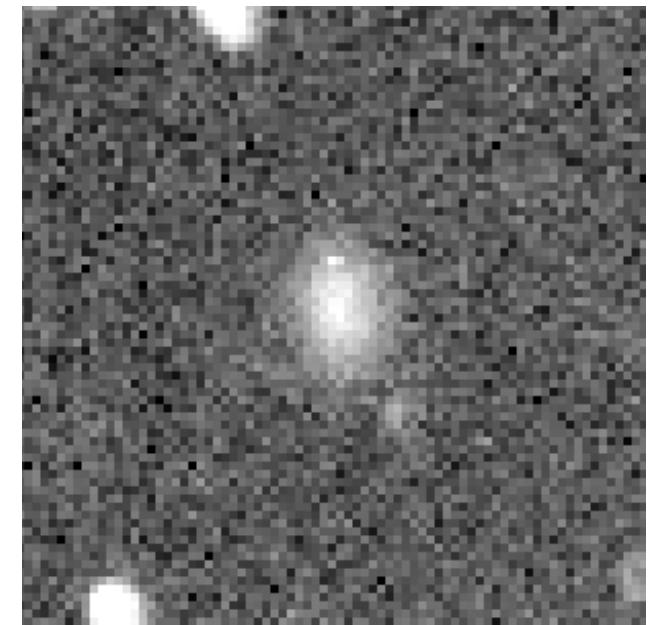
- Savoir les reconnaître...



Cosmique



Deux cosmiques  
sur la même image

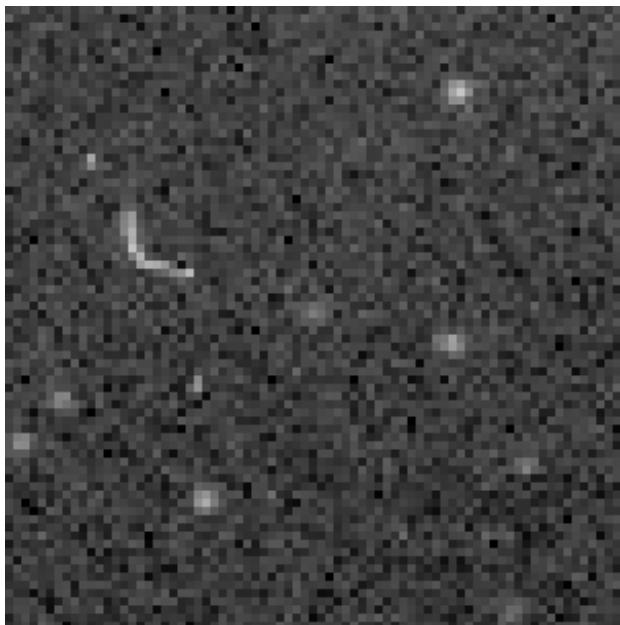


Pixels chauds

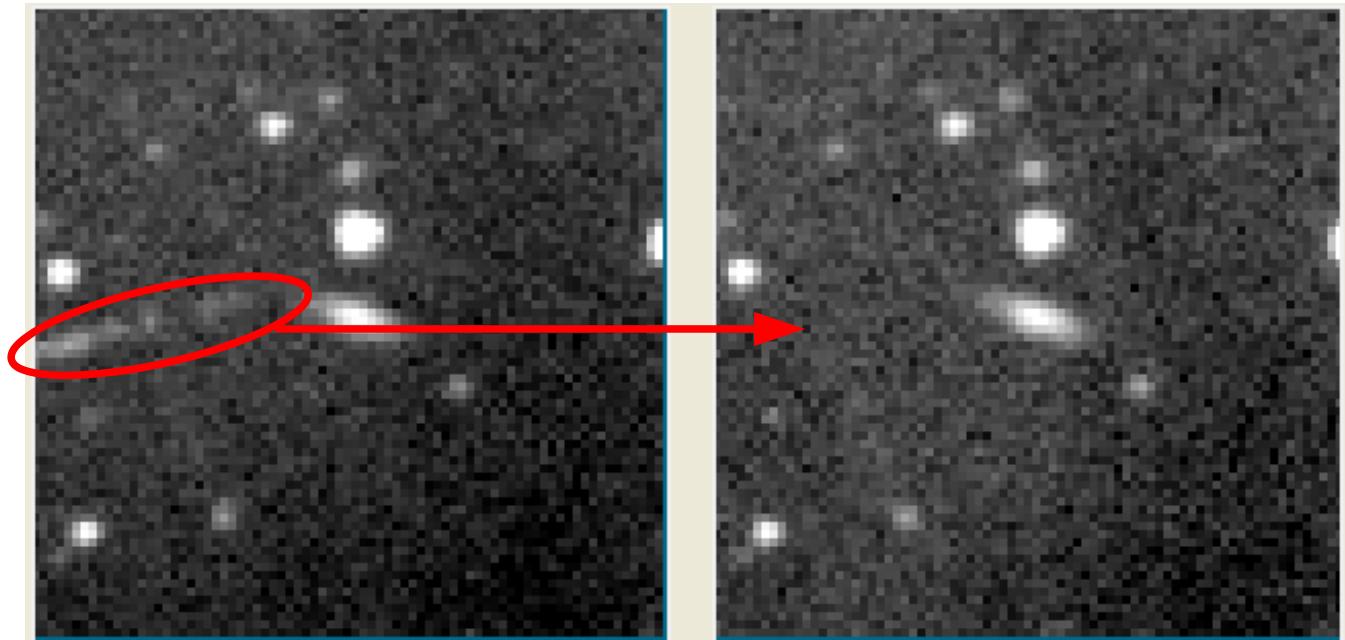
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

- Savoir les reconnaître...



Cosmique qui change  
de direction

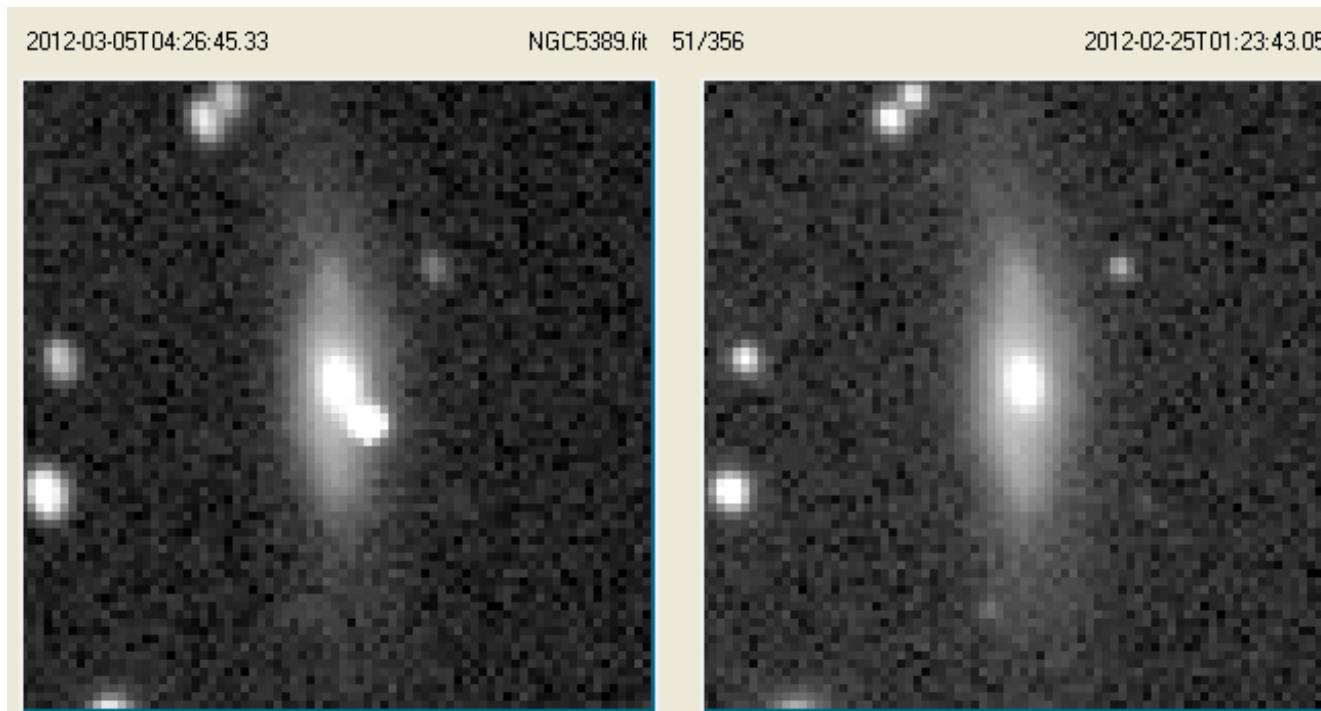


Cette trace est la somme des positions d'un astéroïde  
de magnitude 16.5 (typique sur les images rrlyr)

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

- Savoir les reconnaître...



Événement cosmique très rare car ressemble à une vraie étoile. Cependant, on remarque que la forme n'est pas tout à fait celle des autres étoiles du champ.

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

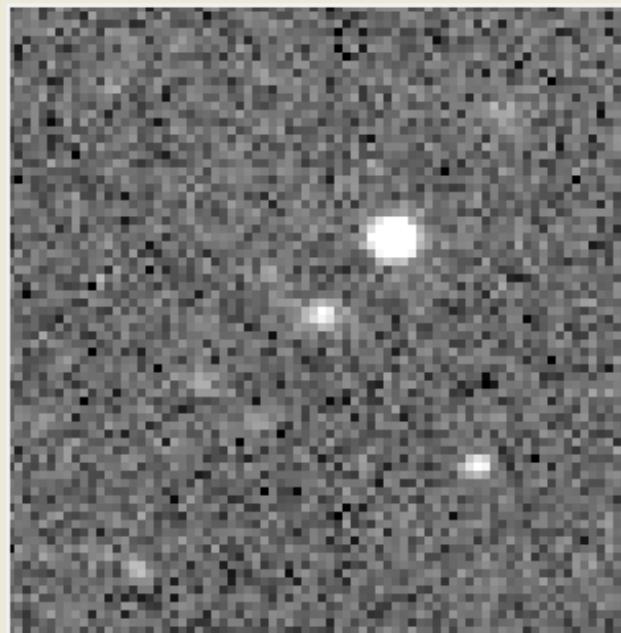
## - Différentes causes d'artéfacts

- Savoir les reconnaître...

2012-04-02T03:13:03.35

PGC1392164.fit 391/634

2012-03-06T09:23:00.67



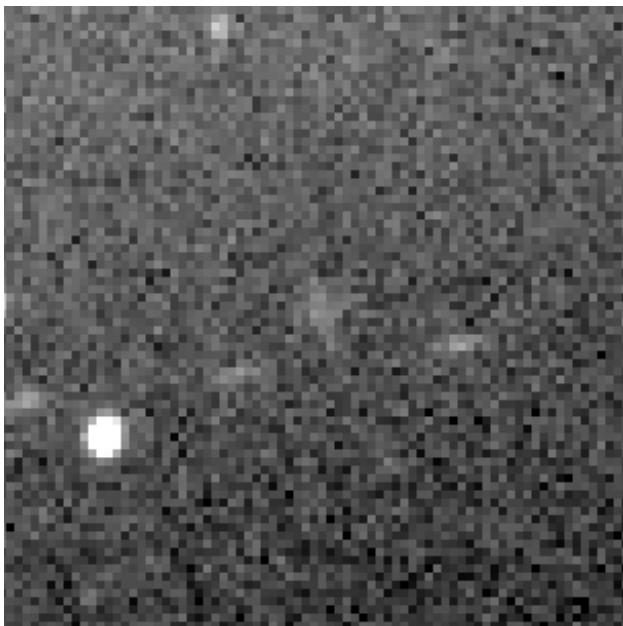
Probablement une étoile filante (micrométéorite).

Satellite ou cosmique ?

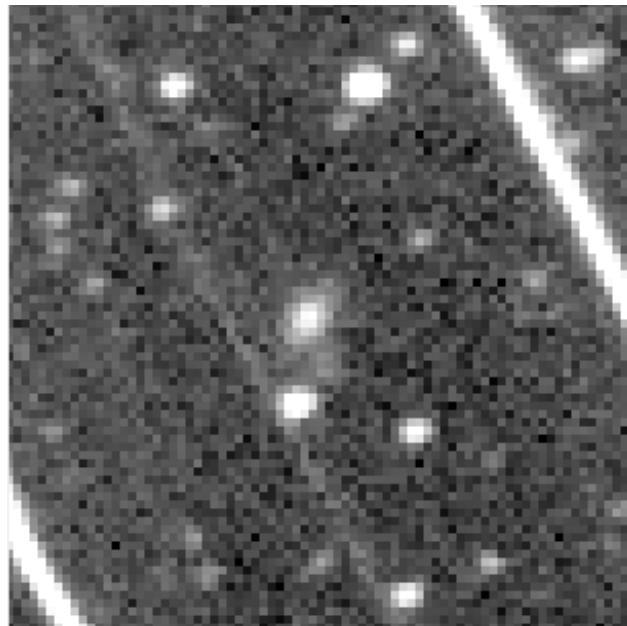
# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

## - Différentes causes d'artéfacts

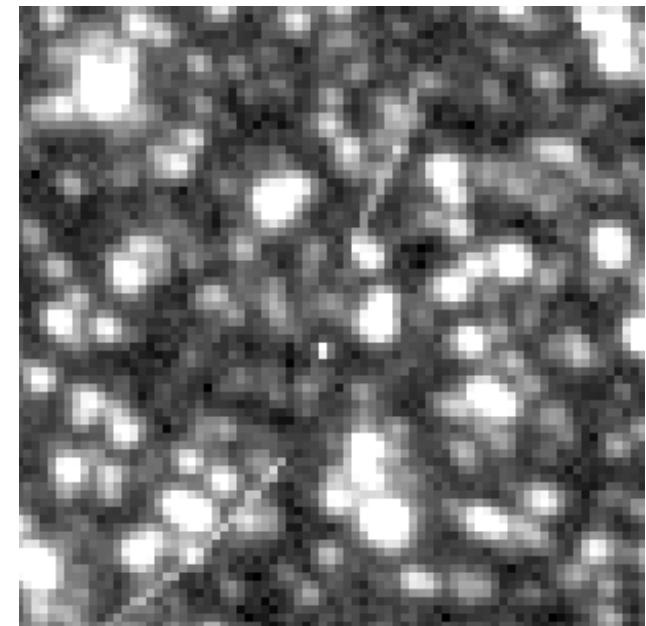
- Savoir les reconnaître...



Satellite en rotation qui flashe



Avion (3 traînées parallèles)  
avec flashes sur les cotés  
(non visibles ici)



Cosmique double très rare.

# Apprendre à utiliser l'outil TAROT Supernovae dans AudeLA

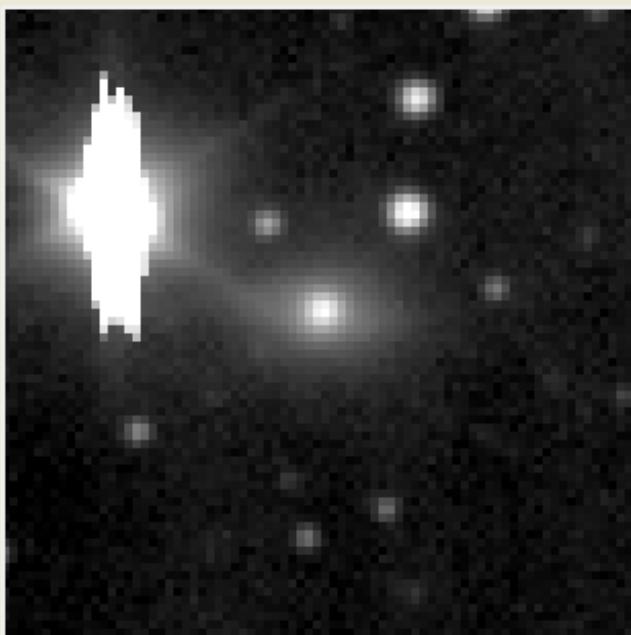
## - Différentes causes d'artéfacts

- Savoir les reconnaître...

2012-08-25T04:40:24.832

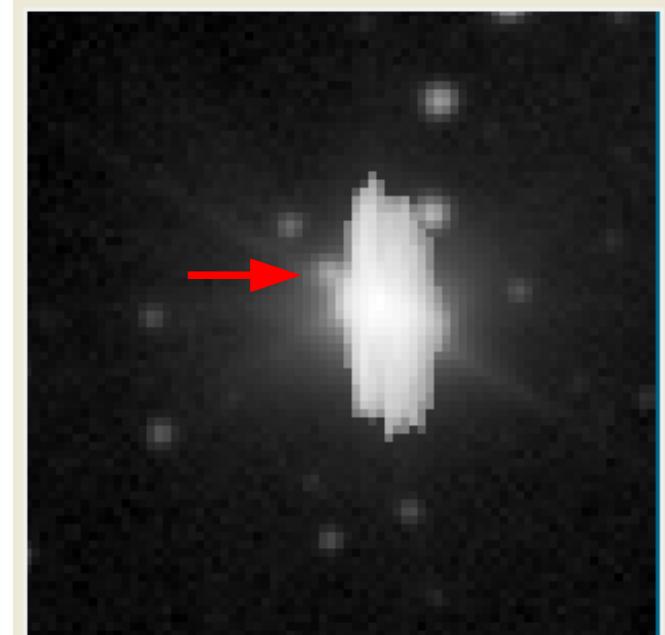
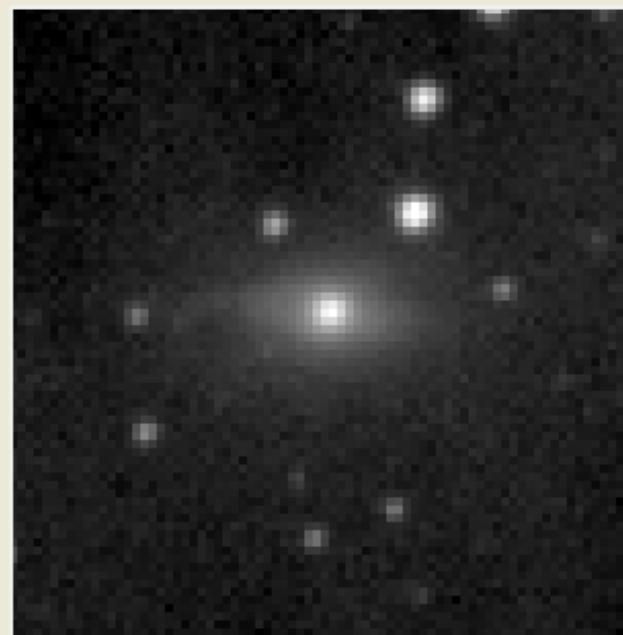
MCG25626.fit 84/271

2012-06-30T10:39:28.725



2012-08-26T08:19:13.031

MCG25626.fit



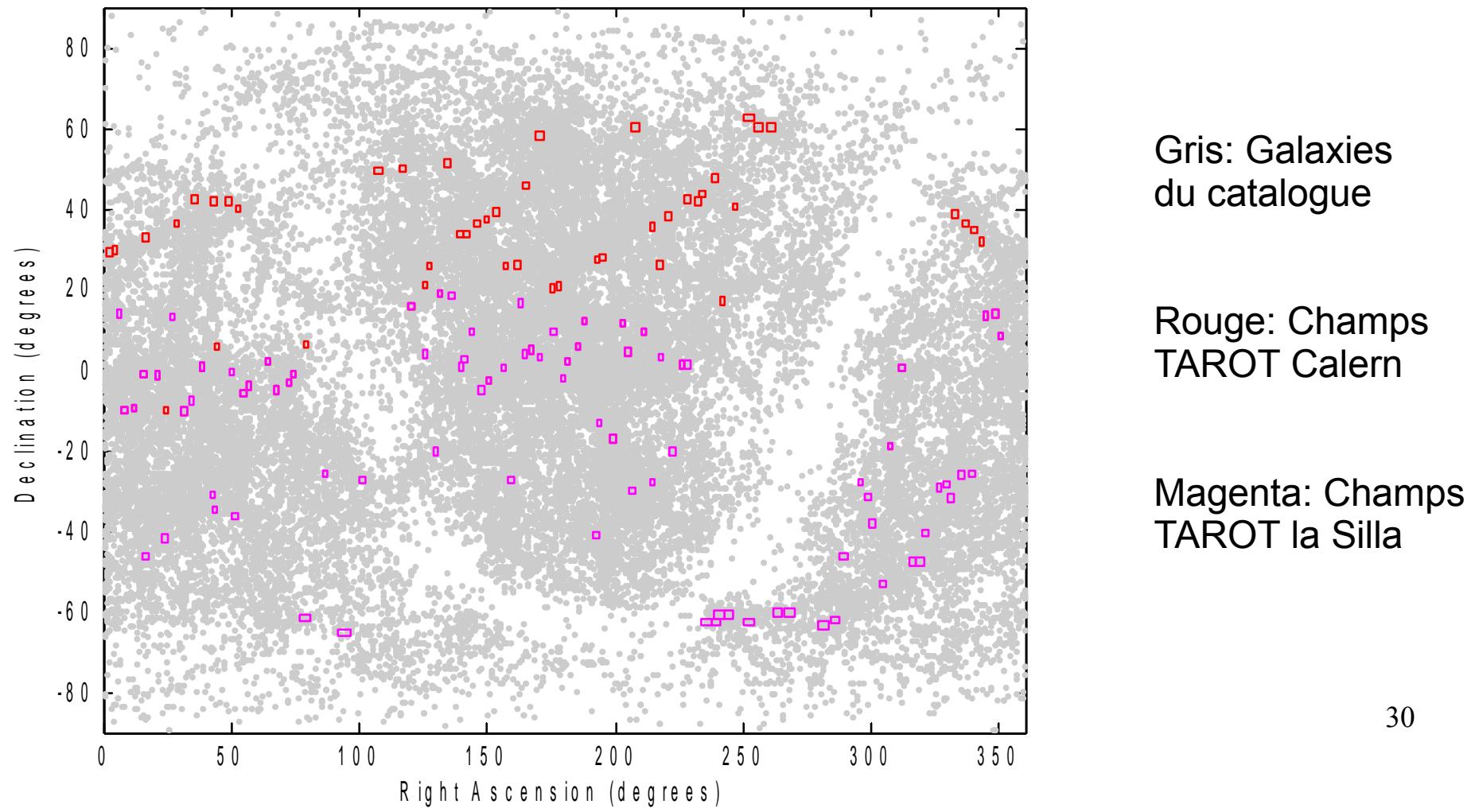
La planète Neptune qui passe au près d'une galaxie

L'image du lendemain montre Neptune pile devant la galaxie. On voit aussi un satellite (flèche).

# Sélection de champs de galaxies observés par TAROT

## - Pour augmenter les chances de trouver une supernova

- 10% du temps d'observation est consacré à observer des champs riches en galaxies
- La sélection des champs a été faite à partir d'un catalogue de galaxies
- Le catalogue contient des galaxies plus proches que 100 Mpc.
- Toutes les galaxies sont susceptibles de montrer une supernova observable avec TAROT.



Gris: Galaxies  
du catalogue

Rouge: Champs  
TAROT Calern

Magenta: Champs  
TAROT la Silla

## A propos des fichiers .zip et \_old.zip

### - Pour vérifier les supernovae pendant la nuit

- Le fichier .zip est mis à jour à chaque nouvelle image observée.
- Pendant la nuit il ne faut pas télécharger le fichier .zip car il change trop souvent.
- Toutes les 20 minutes, le fichier .zip de la nuit est renommé en \_old.zip.
- On peut donc utiliser le fichier \_old.zip pendant les observations de la nuit.
- SN\_Tarot propose automatiquement .zip ou \_old.zip en fonction de l'heure.