

Présentation de l'*Astroberry*

- C'est quoi un « *Astroberry* »?
- Comment l'utiliser – un aperçu
- Quelques exemples de résultats obtenus en ville

Qu'est-ce que c'est un « Astroberry »?

Astroberry est un ordinateur (une carte) conçu exprès pour l'astronomie.

- Raspberry Pi + 32 Go sur carte microSD,
- Système d'exploitation, (linux, applications d'astronomie),
- Pilotes pour plusieurs appareils (SBIG, Astrophysics, Atik, Software Bisque)

Astroberry : Astro + raspberryPi



(... grâce à la plateforme **INDI**)

Astroberry – Un projet de la plateforme INDI:
<https://www.indilib.org/forum/astroberry.html>

What is INDI?

INDI is a complete ecosystem for control and automation of astronomical devices.



La carte de *Raspberry Pi* (modèle 3b)



La carte avec toutes les composantes :

Ports: contrôle : signaux numériques, analogiques

- hotspot Wifi
- 4 ports USB
- Disque avec X Go de mémoire – carte microSD (32Go)

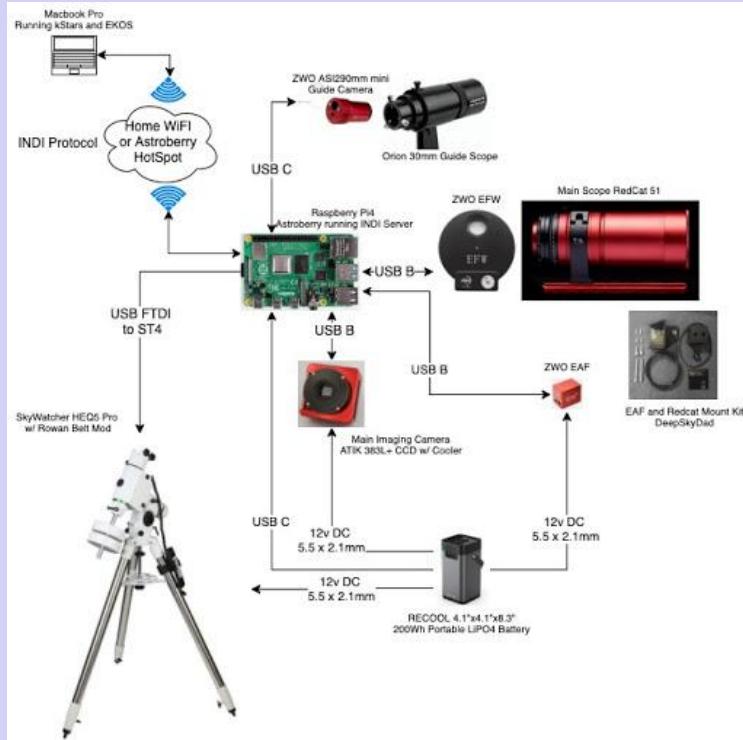


La boîte noire maison (imprimée en 3D):

- Composantes de contrôle pour le moteur pas-à-pas
- Régulateur d'alimentation 12 volts à 5 (pour le PI)
- La carte Raspberry Pi

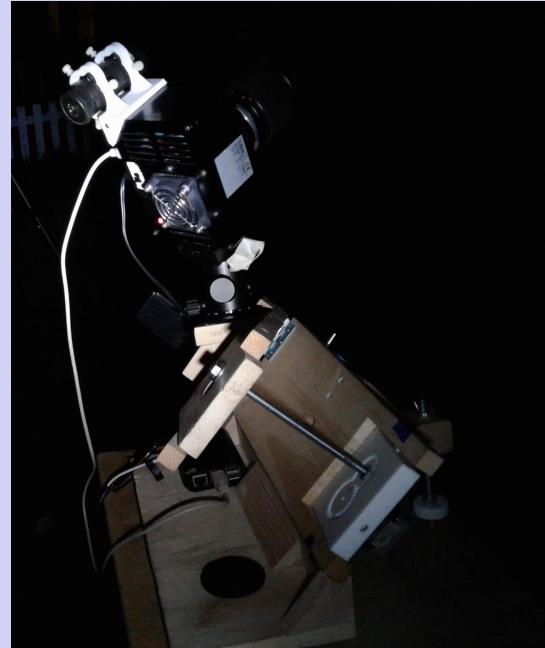
Quelques usages possibles

Contrôler un observatoire



Contrôler une caméra et ses roues à filtres

Contrôler une monture « *barnDoor* »



Comment l'utiliser – un aperçu

- Tester l'alignement et le suivi de la monture
- Faire la mise au point
- Contrôler la caméra – refroidir la caméra, sélectionner les roues à filtres
- Prendre une séquence d'images avec des filtres différents et ensuite faire l'acquisition des données de calibration « *darks, bias* »
- Développer le logiciel pour une monture pas-à-pas
 - Localisation dans le ciel en faisant la résolution d'images en temps réel.

Tester le suivi avec CCDCiel
Ensuite, analyser les sources d'erreurs

Animation d'une séquence d'images de M3

Erreur d'alignement



Erreur périodique



Erreur de mise au point



Sources d'erreur

Erreur d'alignement – La monture n'est pas orientée exactement vers l'étoile polaire (erreurs d'azimut et d'élévation)

Erreur périodique –

- Une inclinaison imparfaite de la tige filetée qui devrait être exactement à 90 degrés par rapport à la surface inférieure
- des irrégularités des dents des engrenages: provoquant un changement ou arrêt du mouvement dans une certaine direction

Erreur de mise au point – Avec une lentille de 200mm, le foyer des étoiles se dégrade au cours de la nuit (causé par la baisse de température et le rétrécissement du métal au froid).

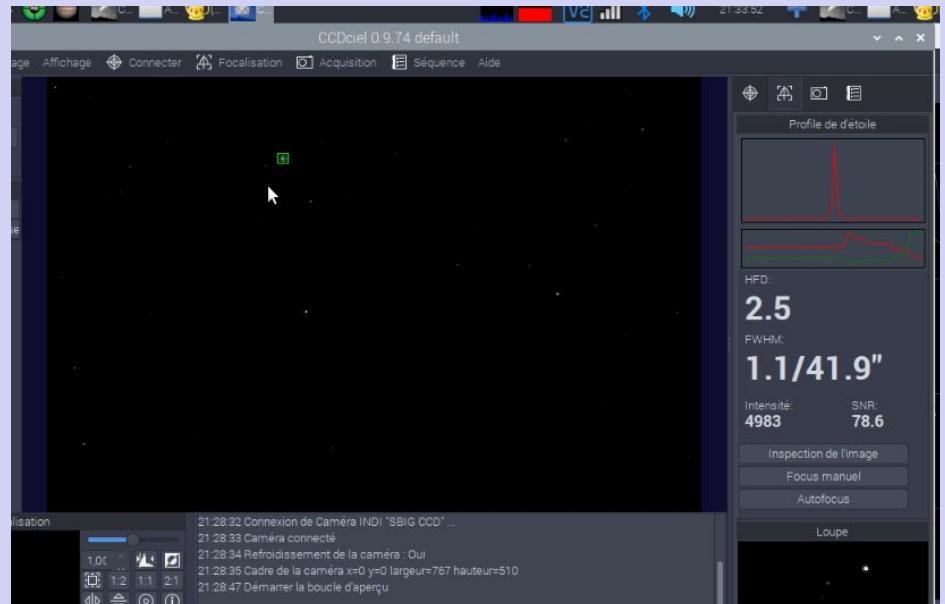
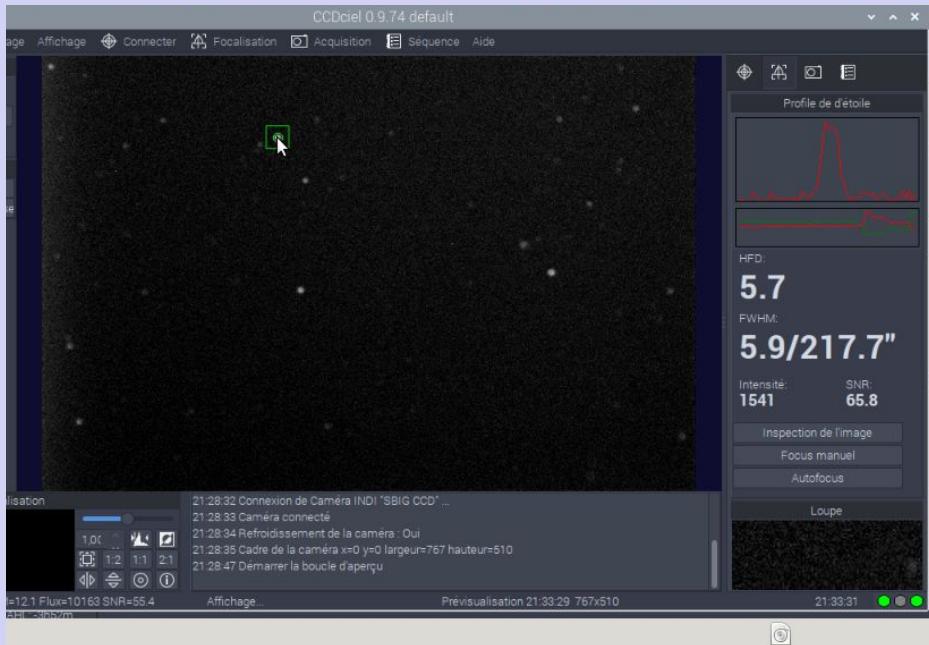
Erreur d'alignement: Chercher Polaris!

[ChercherPolaris Animation](#)

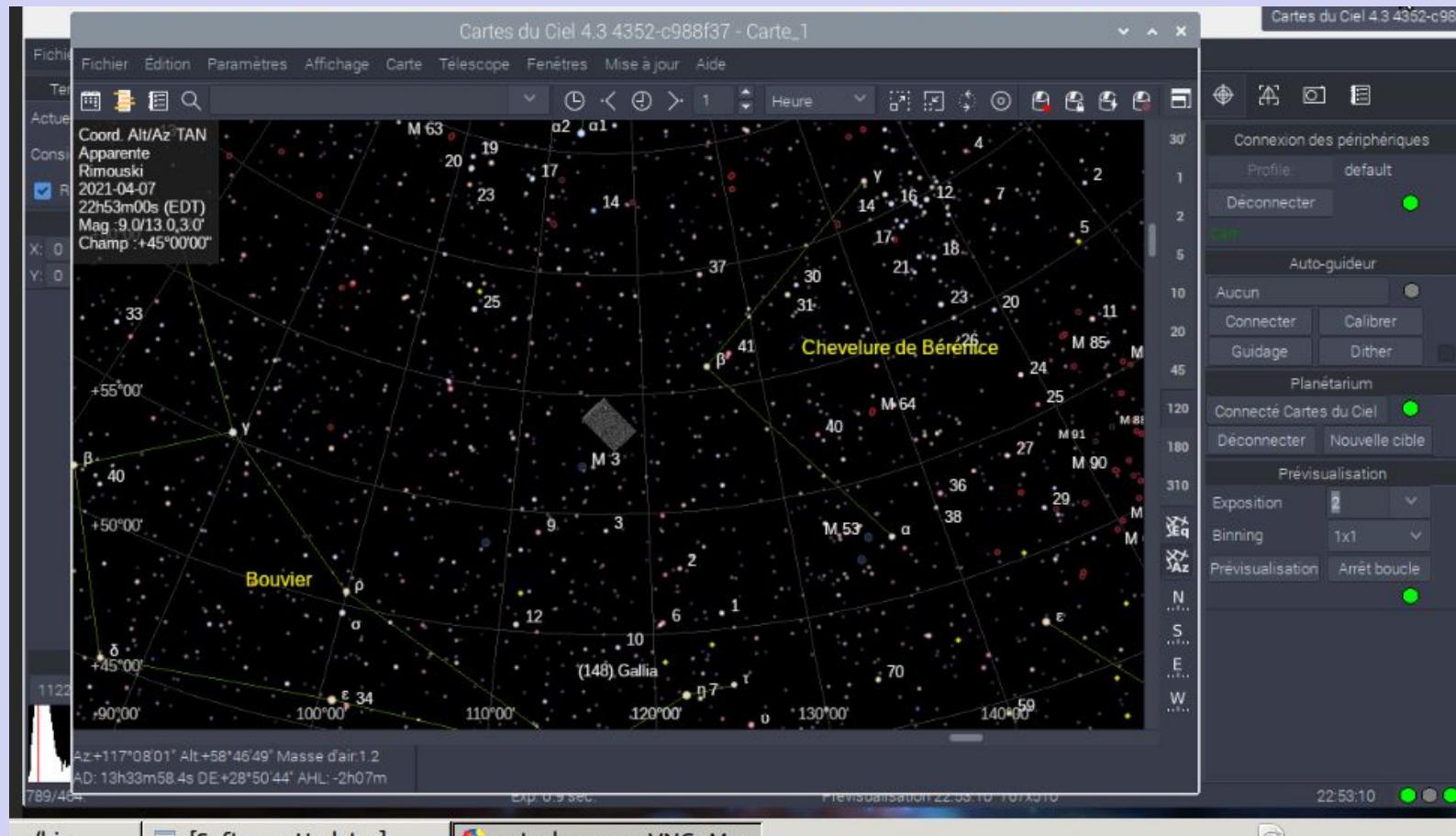
Animation qui montre l'erreur périodique

[Animation erreur périodique](#)

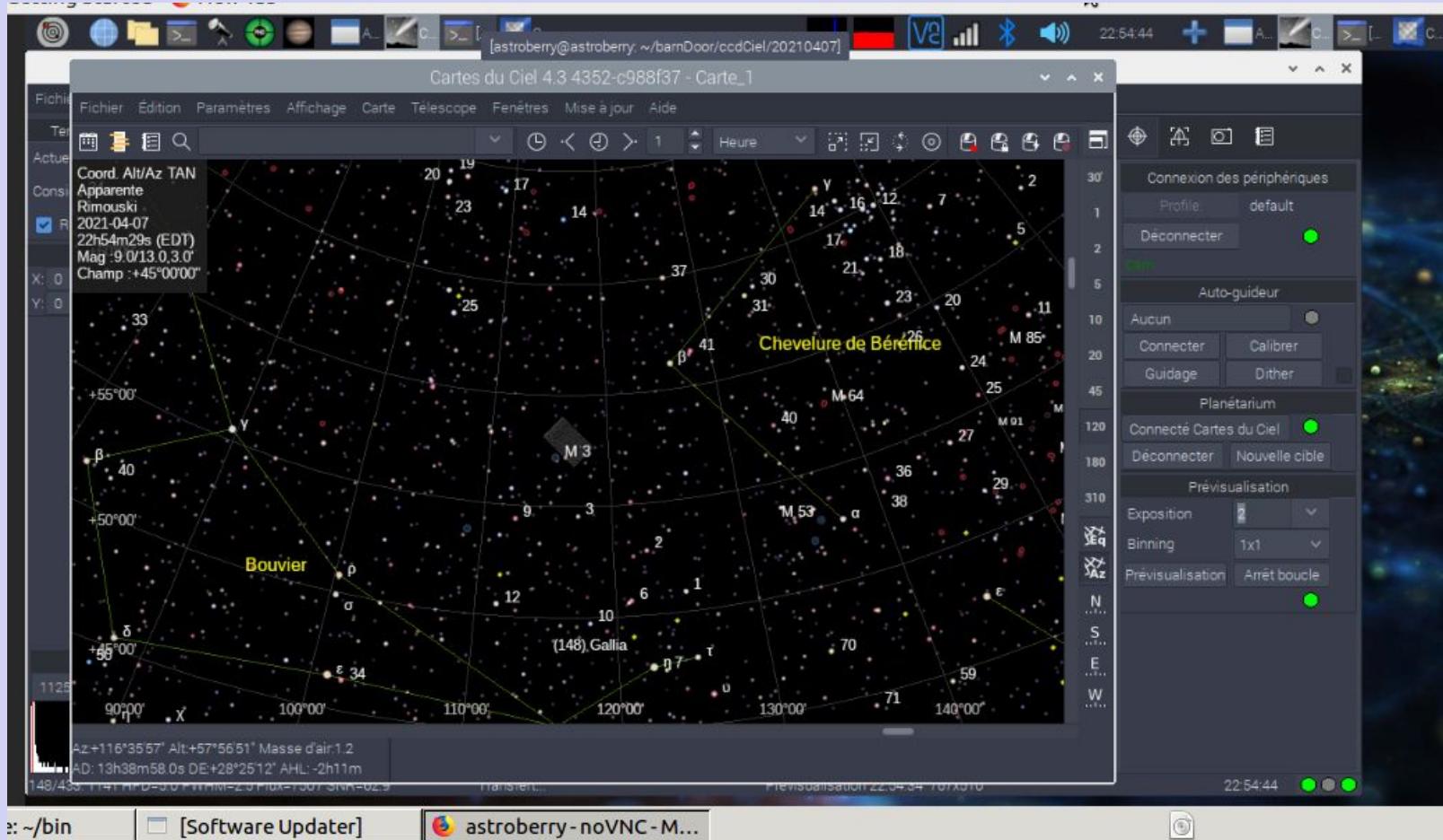
Mise au point avec l'onglet *Focalisation* dans CCDCiel



La localisation en temps réel : Affichage dans Cartes du Ciel,



On s'approche de notre cible M3



Première tentative M3: lentille de 50mm



Définir et lancer une séquence - CCDCiel

Filtres

The screenshot shows the CCDCiel software interface for defining and launching a sequence. The main window displays two tables: one for the sequence and one for the model.

Sequence Table:

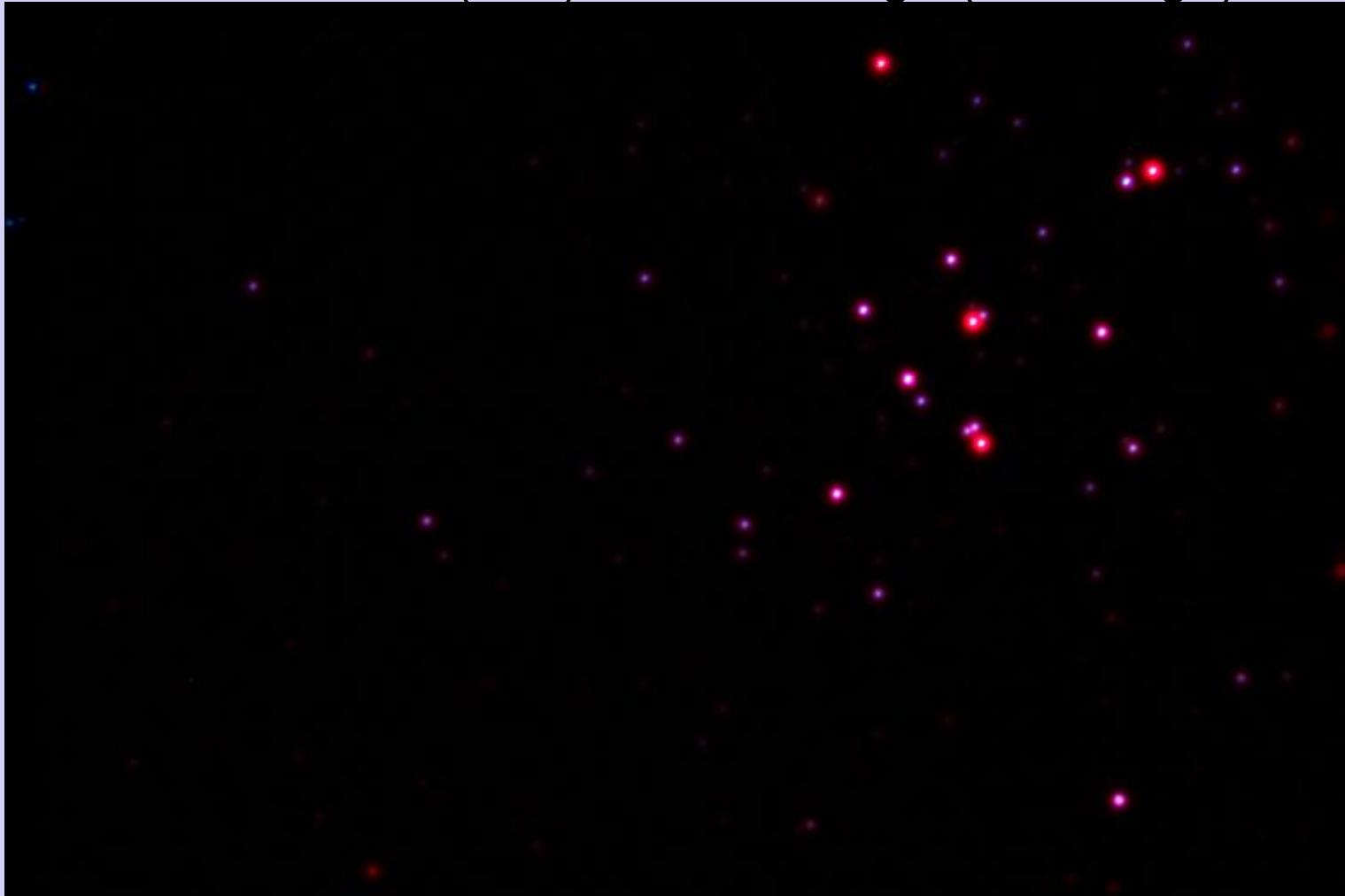
Seq	Nom objet	Modèle	AD (J2000)	Déc (J2000)	PA	Début	Fin	Nuit noire	Ne pa ^t ten	Répéter	Astrométrie affiner la pos	Reste sur pl ^a pour l'autofoi	Mise à jours du planétarium
1	M44	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Model Table:

Seq	Description	Type	Exposition	Binning	Filtre	Nombre	Autofocus avant le début	Autofocus tous les	Dither tous les
1	Step1	Light	20.000	1x1	InfraRouge	20	-	-	-
2	Step3	Light	20.000	1x1	Bleue	20	-	-	-
3	Step4	Light	20.000	1x1	Visuel	20	-	-	-
4	Step4	Dark	20.000	1x1	Claire	5	-	-	-

At the bottom, there are buttons for Annuler (Cancel), Enregistrer (Save), and Enregistrer sous... (Save as). The status bar shows "Prévisualisation 19:41:08 767x510" and "19:47:03". A "Tout a" button is also visible at the bottom right.

Messier 44 - Expositions combinées de 3 filtres:
visuel (vert), bleu, et rouge (infrarouge)

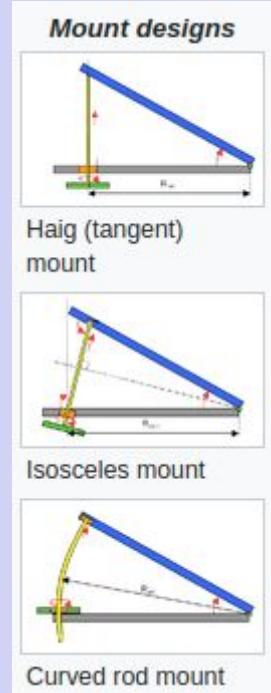


La monture « *barndoors* »

Qu'est-ce qu'une monture barndoors ?

Un simple traqueur de porte de grange qui est une plateforme équatoriale qui comprend:

- deux morceaux de bois avec une charnière
- une caméra montée sur un joint de rotule (sur le panneau supérieur)
- La charnière est alignée avec le pôle céleste
- Les planches sont ensuite écartées à une vitesse constante de ~4 minutes par degré généralement en tournant une tige filetée ou un boulon.
- Nous avons construit la monture de forme isocèle



Voici trois concepts du même thème: https://en.wikipedia.org/wiki/Barn_door_tracker

Une monture barndoor
de modèle isocèle avec:

- moteur pas-à-pas
- trépied
- logiciel pour contrôler la vitesse

2 engrenages

Trépied



Charnière

Tige filetée (la vis)

Moteur pas-à-pas

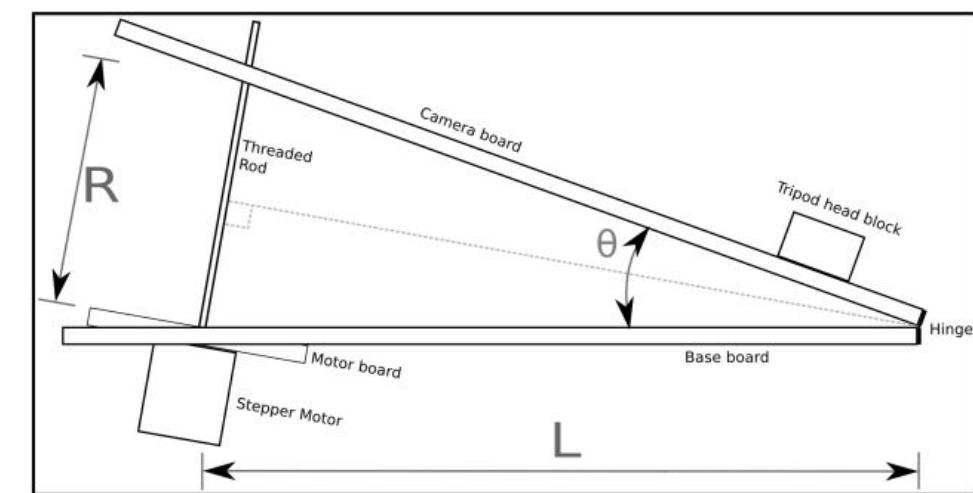
le TRÉPIED

grâce à Damien



Théorie de l'opération: Programme AstroStepper

- La vitesse sidérale est approximativement 4 minutes par degré
- La vitesse angulaire doit être constante.
- Le moteur roule à une vitesse variable, sinon, l'erreur va s'accumuler.
- C'est le programme AstroStepper qui contrôle le moteur en ajustant le temps pour chaque pas de rotation du moteur.



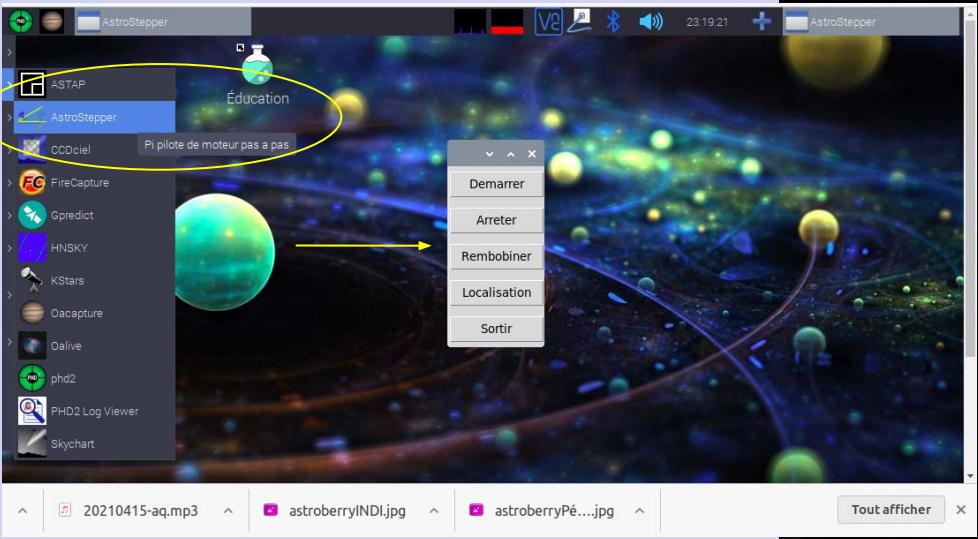
$$2\Theta = 2 \cdot \text{ARCSIN} (R / 2L)$$

$$\text{steps} = \frac{360}{\text{stepsize}} * \text{threads.per.cm} * 2L * \sin\left(\frac{t * \pi}{\text{siderealtime}}\right)$$

AstroStepper – une application-maison programme pilote pour contrôler la monture *barnDoor*

Les fonctions :

- **Démarrer** – Démarrer le suivi .
- **Arrêter** – le moteur
- **Localiser l'image prise par la caméra**
 - **Résoudre** l'image avec logiciel d'astrométrie qui est installé
 - **Envoyer** un message à l'application *CartesDuCiel* pour afficher l'image résolue
- **Rembobiner** la tige filetée
- **Sortir**



resoudreimage.py (~/barnDoor/piStepper) - GVIM

```

Fichier Edition Outils Syntaxe Tampons Fenêtre Aide
File Edit Tools Syntaxe Windows Help

ccdciel("save_fits_file","/tmp/savedfile.fits")
strH = "40"
strL = "7"
s = ""
with open("/tmp/savedfile.fits") as fd:
    while "FDCAL" not in s:
        s = fd.read(100)
focalLen = int(re.findall("(d)",s))
if focalLen <= 2:
    print ("Avis: pas de longueur focal dans le FITS")
else:
    echelle = echelleFacteur/focalLen
    H = 1.1 * echelle
    L = .9 * echelle
    strH = str(H)
    strL = str(L)

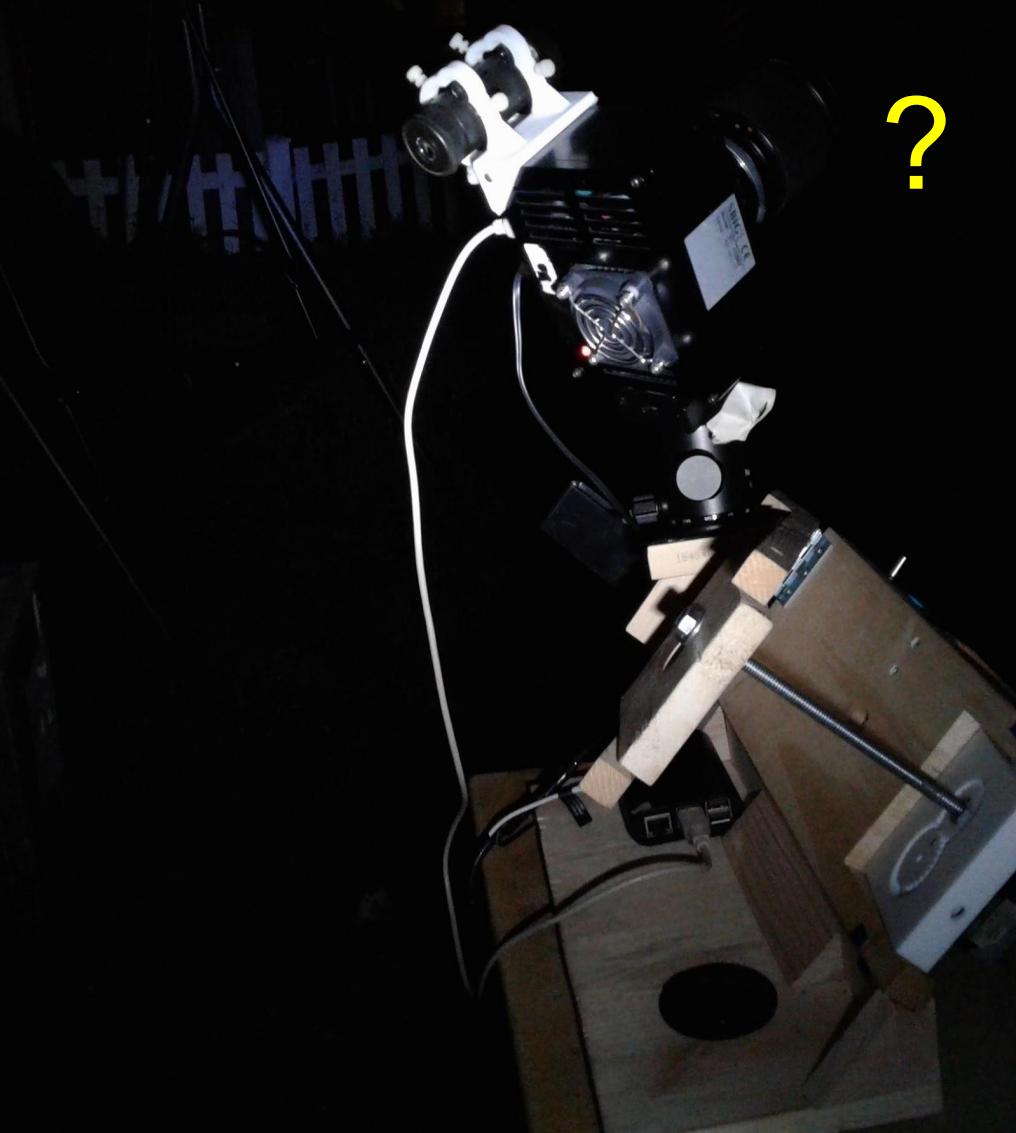
#definir les limites, low high arcsec/pixel (app)
print("Limits L = %s H = %s (%s,strH)")
subprocess.run(["solve-field","-p","-L",strL,"-H",strH,"--overwrite","/tmp/savedfile.fits","-u","app","-l","120"])

if os.path.exists("/tmp/savedfile.new"):
    ccciel("open_fits_file","/tmp/savedfile.new")

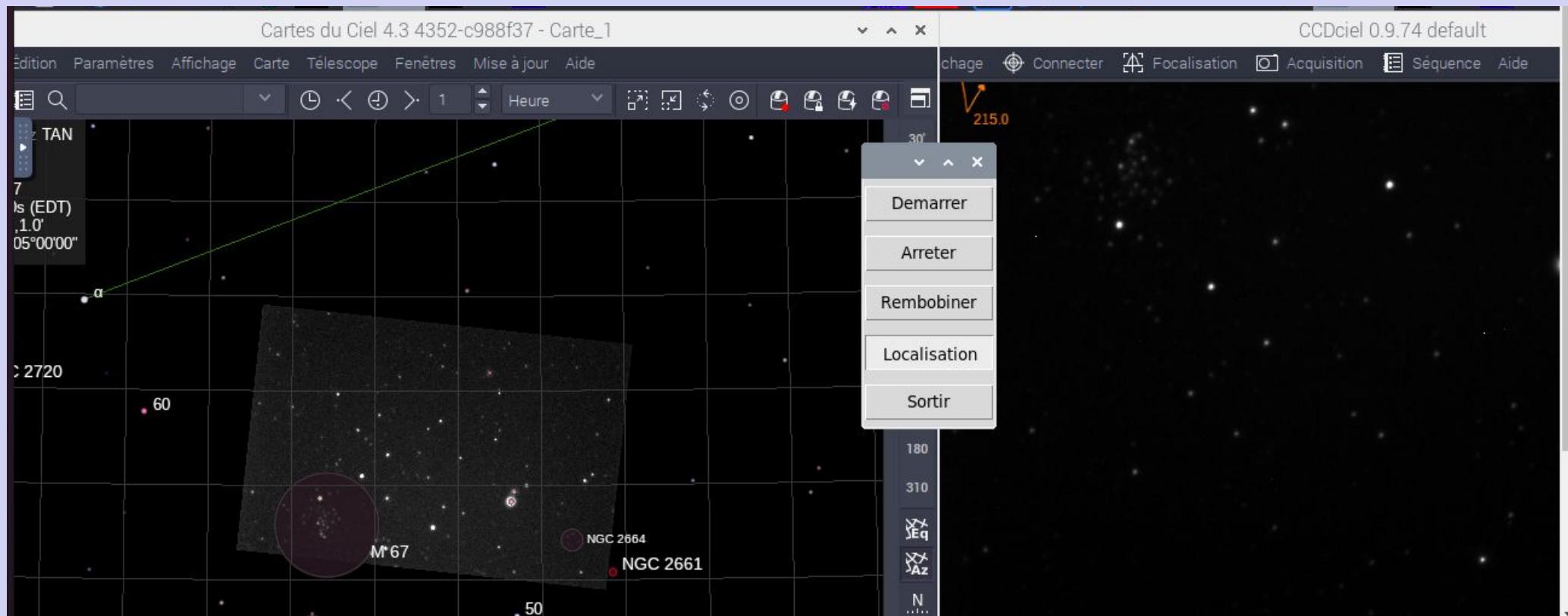
#sauvegarder dans notre repertoire
fichier = repertoire+`02d$02d$02s01.fits` % (time.localtime().tm_hour,time.localtime().tm_min,time.localtime().tm_sec)
ccdciel("save_fits_file",fichier)
#afficher dans cartes du ciel
#ccdciel("planetearium showimage")
ccdciel("PLANETARIUM_SHOWIMAGE_FOV", 45)

```

-- VISUEL --



Astroberry: Fonction Localisation



Astronomie en ville et...

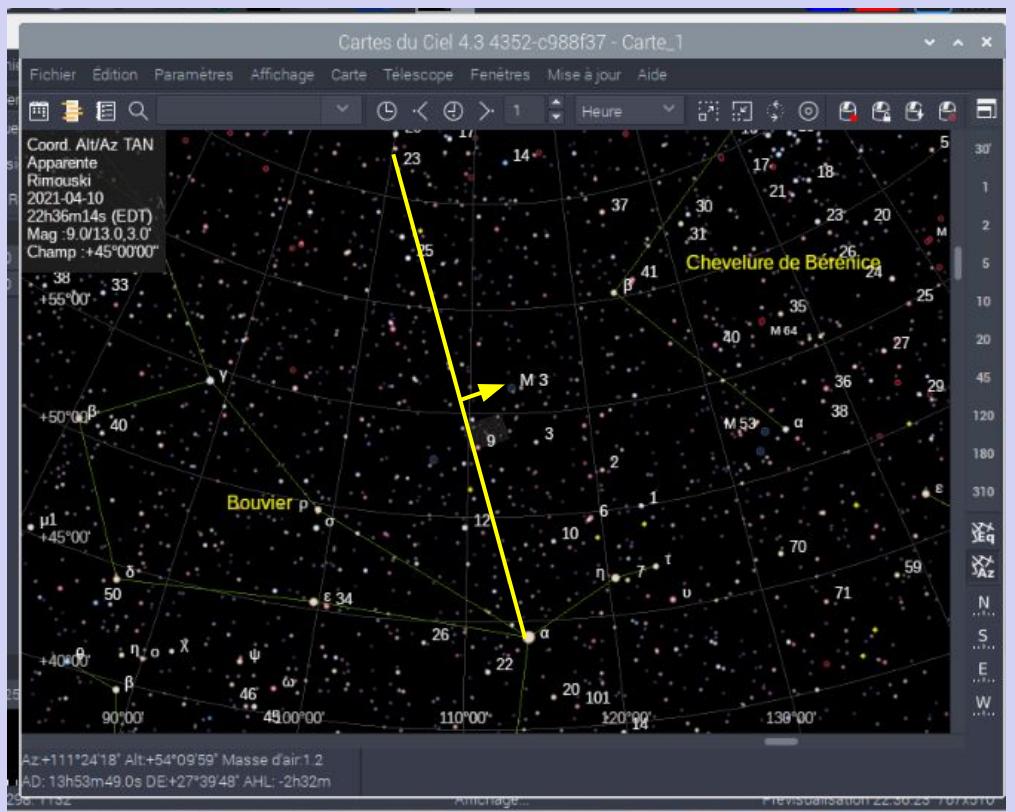
Une brochette d'images moches

À la recherche de {M3, NGC 889, 864, M44, M67, M13,
NGC 2903} ...

après le couvre-feu

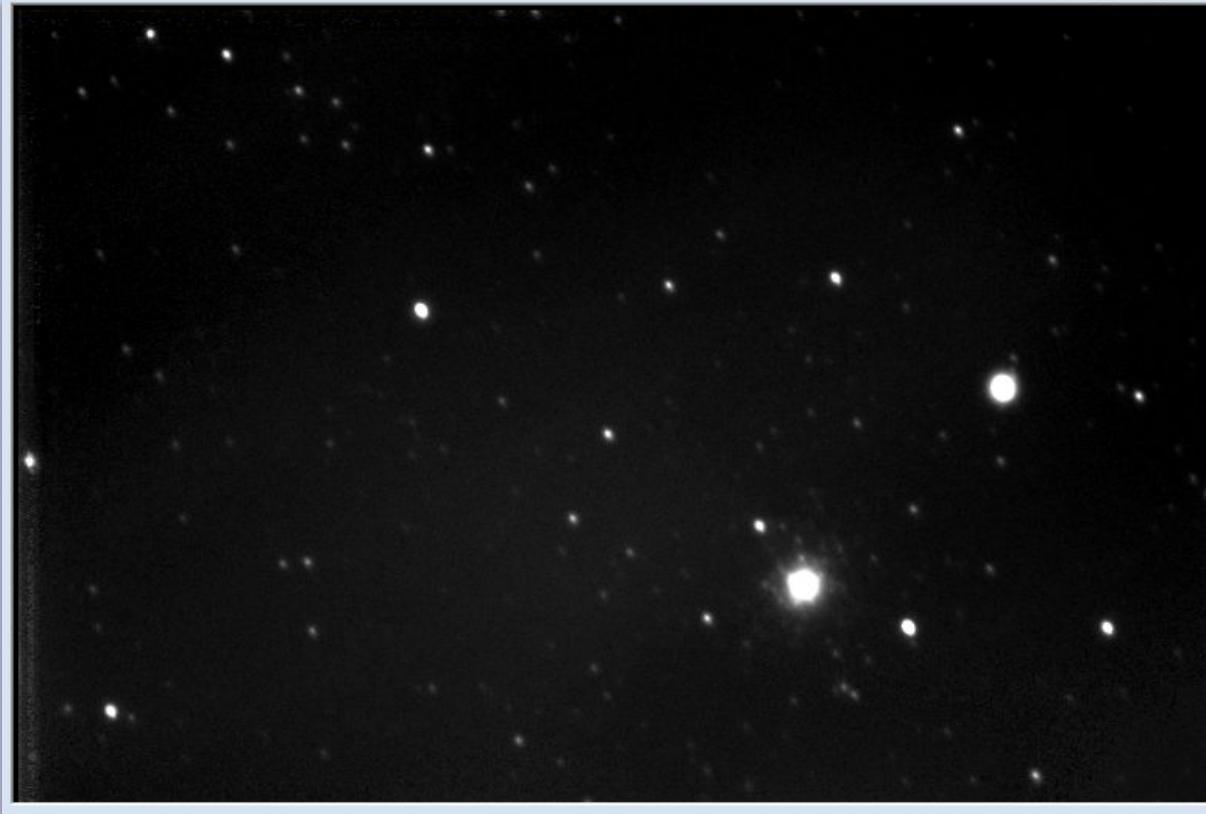
Messier 3 (M3)

- Amas globulaire
- Constellation des chiens de chasse
- 40% de l'écart entre *Arcturus* et *Cor Caroli*
- Distance $\sim 40,000$ al

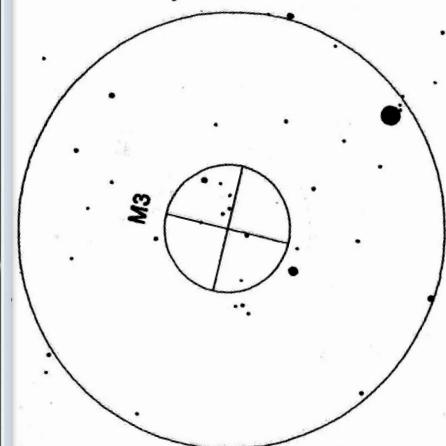


M3 – Lentille de 200mm

... mais c'est une
image combinée
(empilée)



Vue dans le télescope



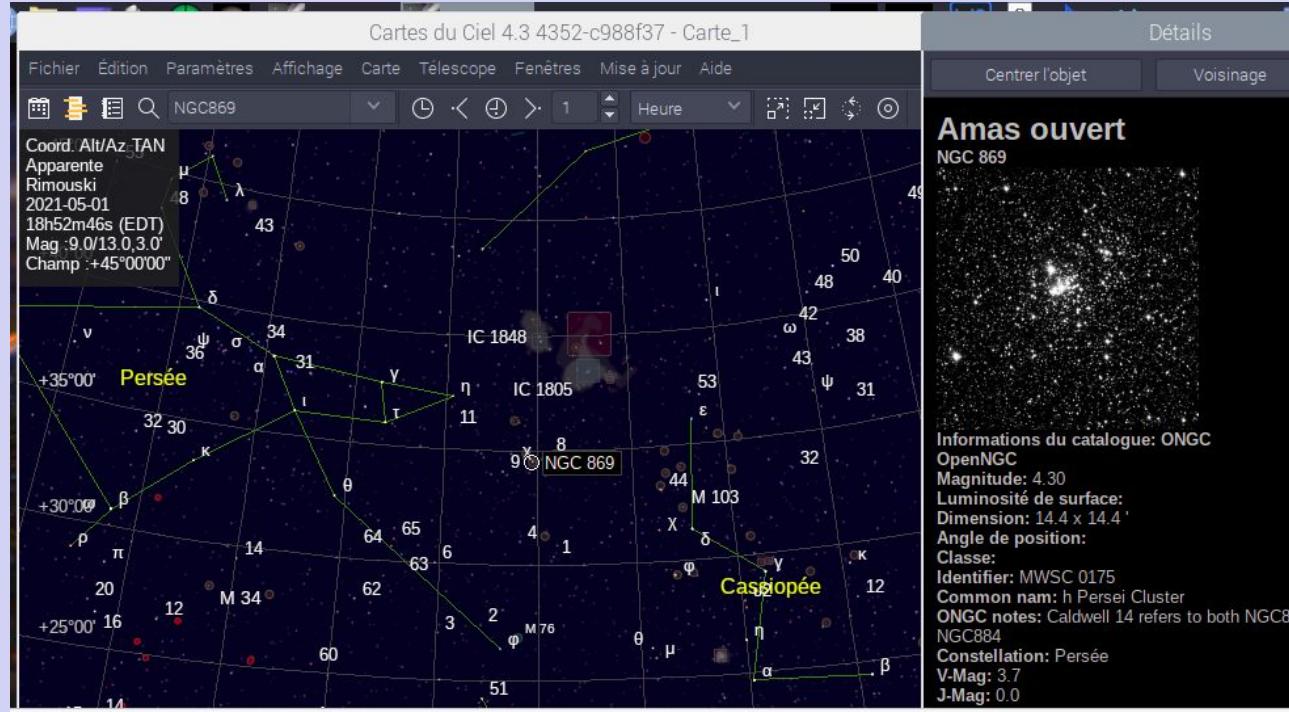
Après le couvre-feu: Sortir le télescope (et exercer ses photorécepteurs oculaires)



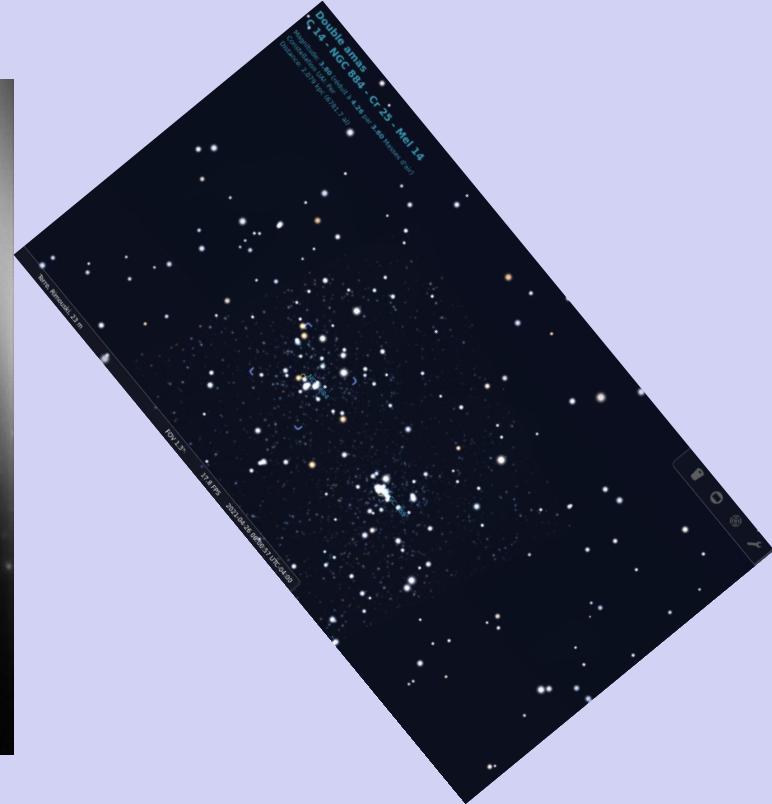
Double amas de Persée

NGC 869 et 884

Distance: 7200 al



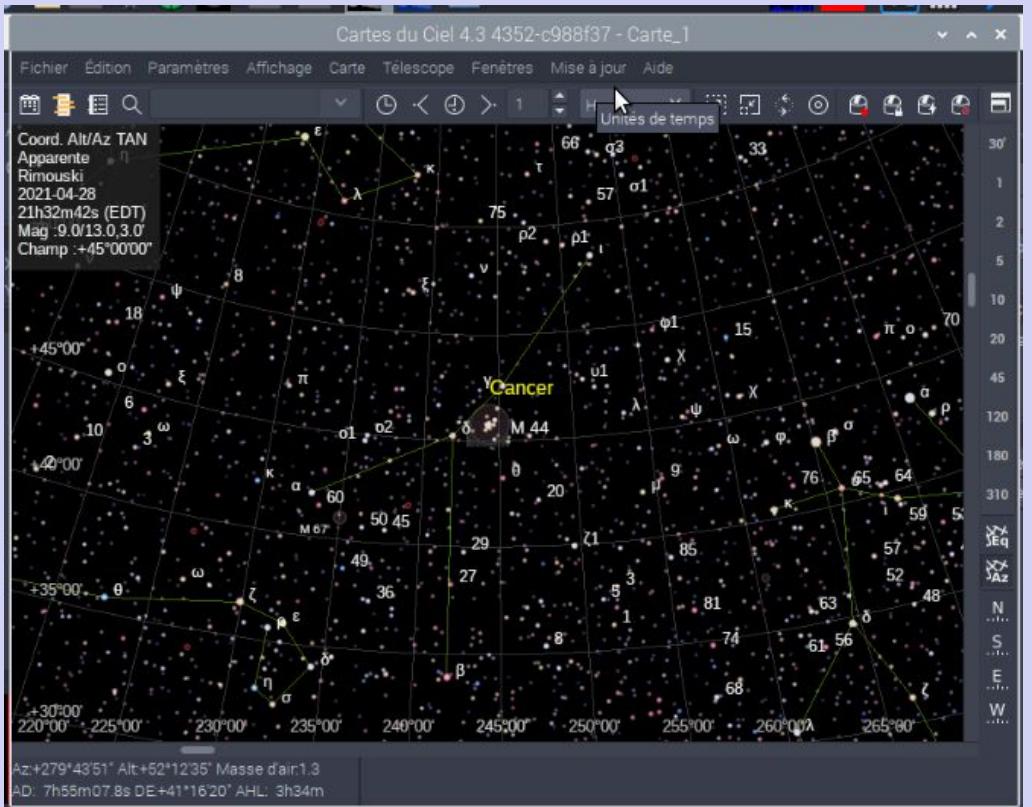
Double amas de Persée



... sous la toiture de mon voisin

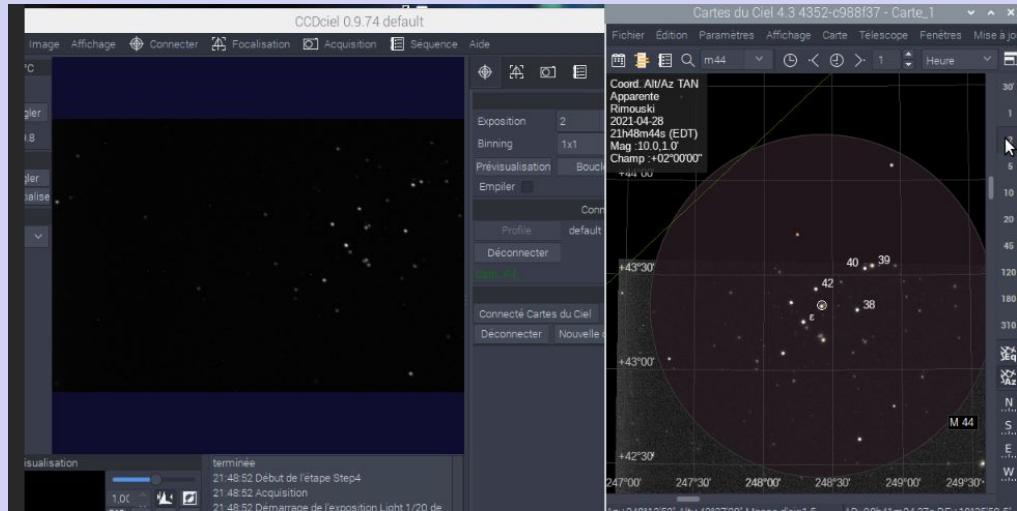
Messier 44 (M44): la Crèche

- Amas ouvert
- Situé dans la constellation Cancer
- ~~Visible à l'œil nu comme un objet nébuleux~~
- Distance ~500 al



Cartes du Ciel

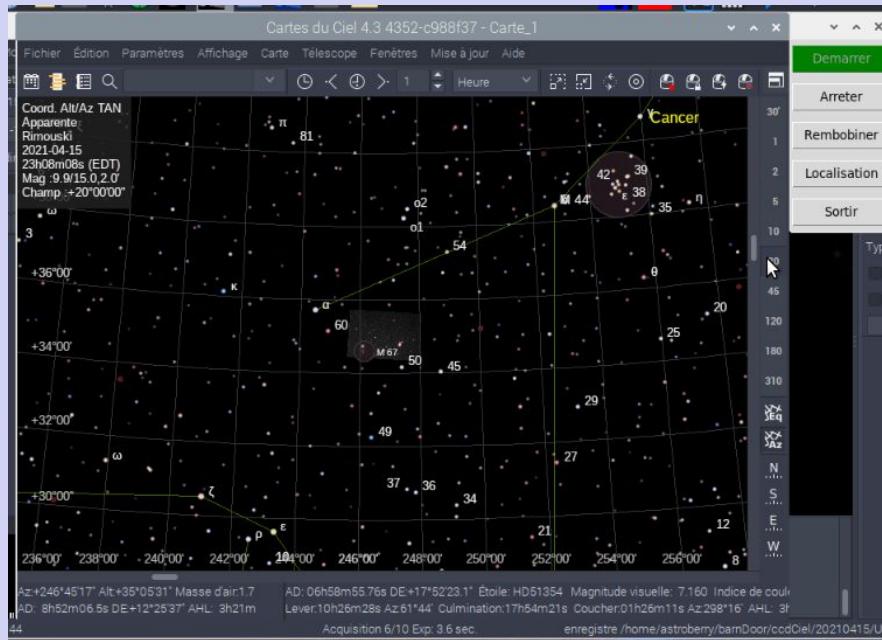
M44 – La Crèche - ciblé



Messier 67

Deuxième amas ouvert dans la constellation du Cancer

- Amas ouvert
- BEAUCOUP plus faible que M44
- Sa distance est 5 fois plus grande
- Distance ~ 2500 al



Localise-moi!

M67 - Exposition combinée

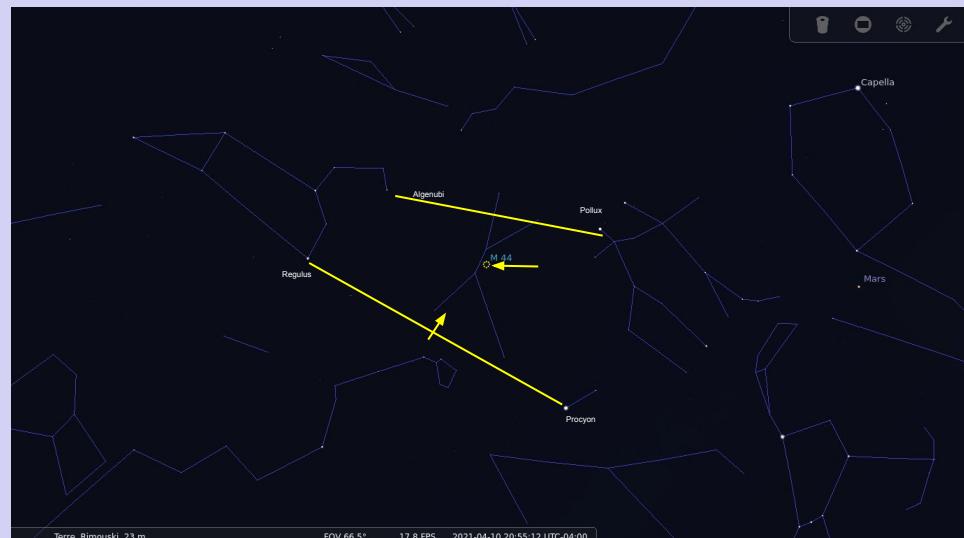


Activité d'observation en ville avec un télescope 6 pc



La pollution lumineuse: demande une stratégie alternative pour aller chercher les amas ouverts

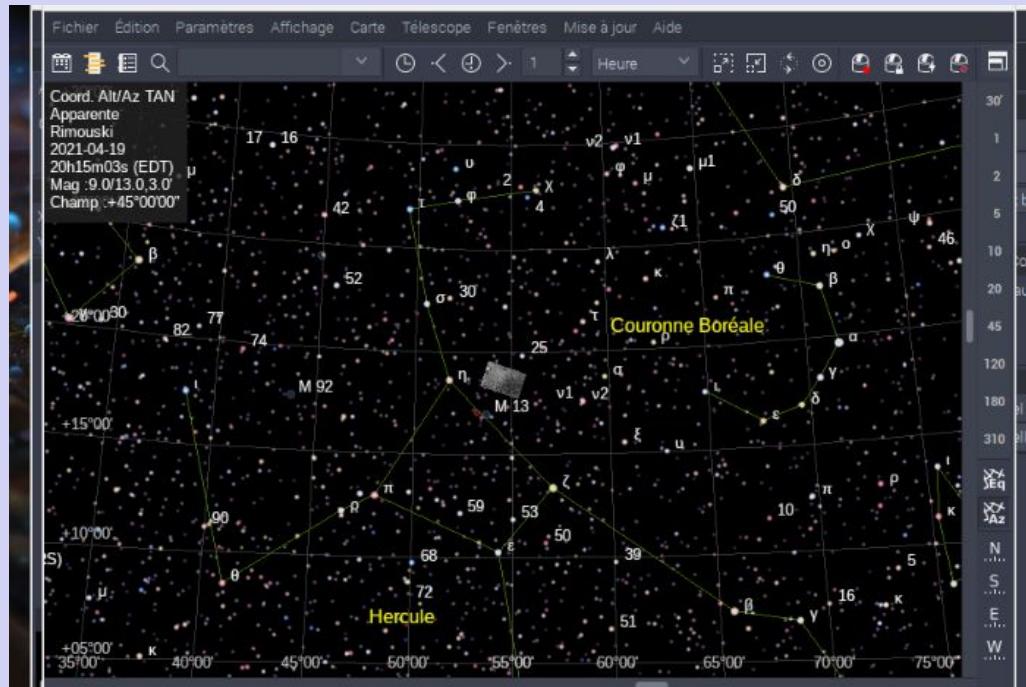
M44 - à mi-chemin entre Pollux et Algenubi
M67 - à mi-chemin entre Procyon et Regulus



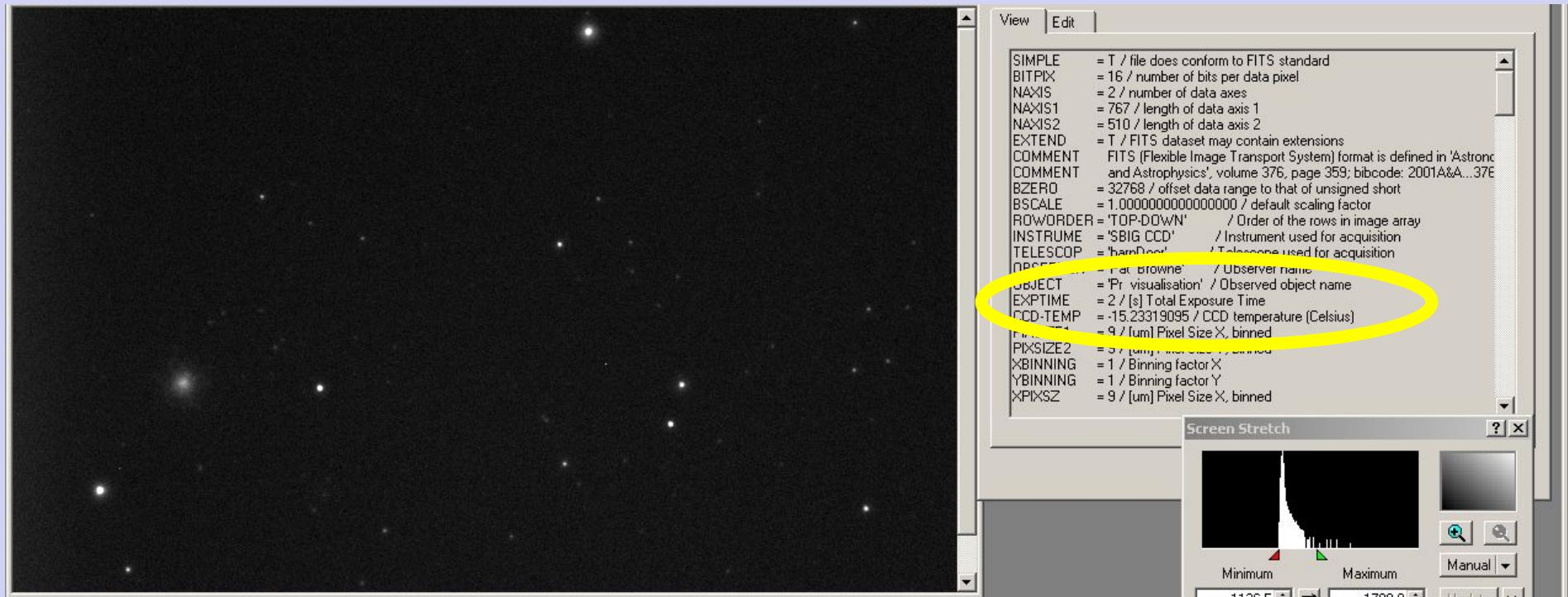
Apprendre comment positionner la caméra m'aide à trouver l'objet au télescope!

Messier 13 (M13)

- Amas globulaire
 - Grand amas d'Hercule
 - Distance ~ 22000 al



M13 - une pose de 2 secs

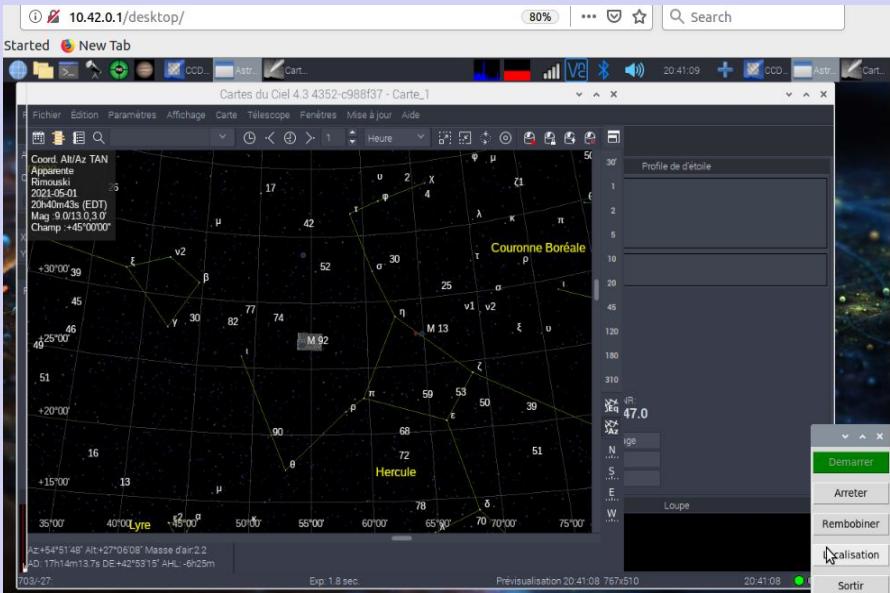


Messier 92

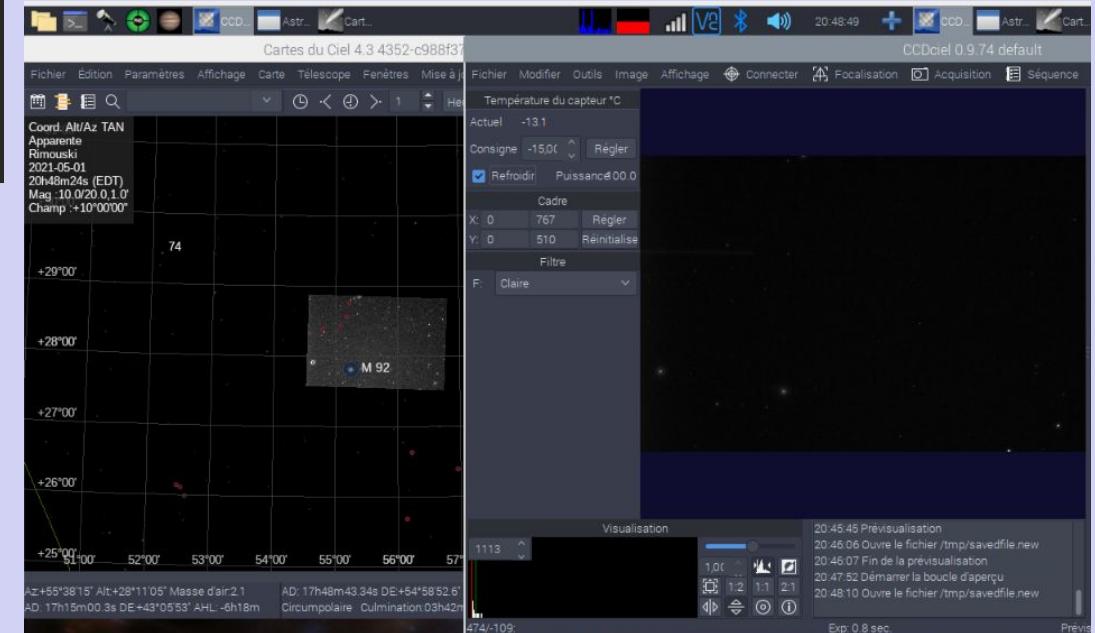
M92 - (l'autre amas globulaire dans Hercule)

Distance - 26,000 al

Concentration: 300 000 masses solaires
(vs M13: 0,5 millions)

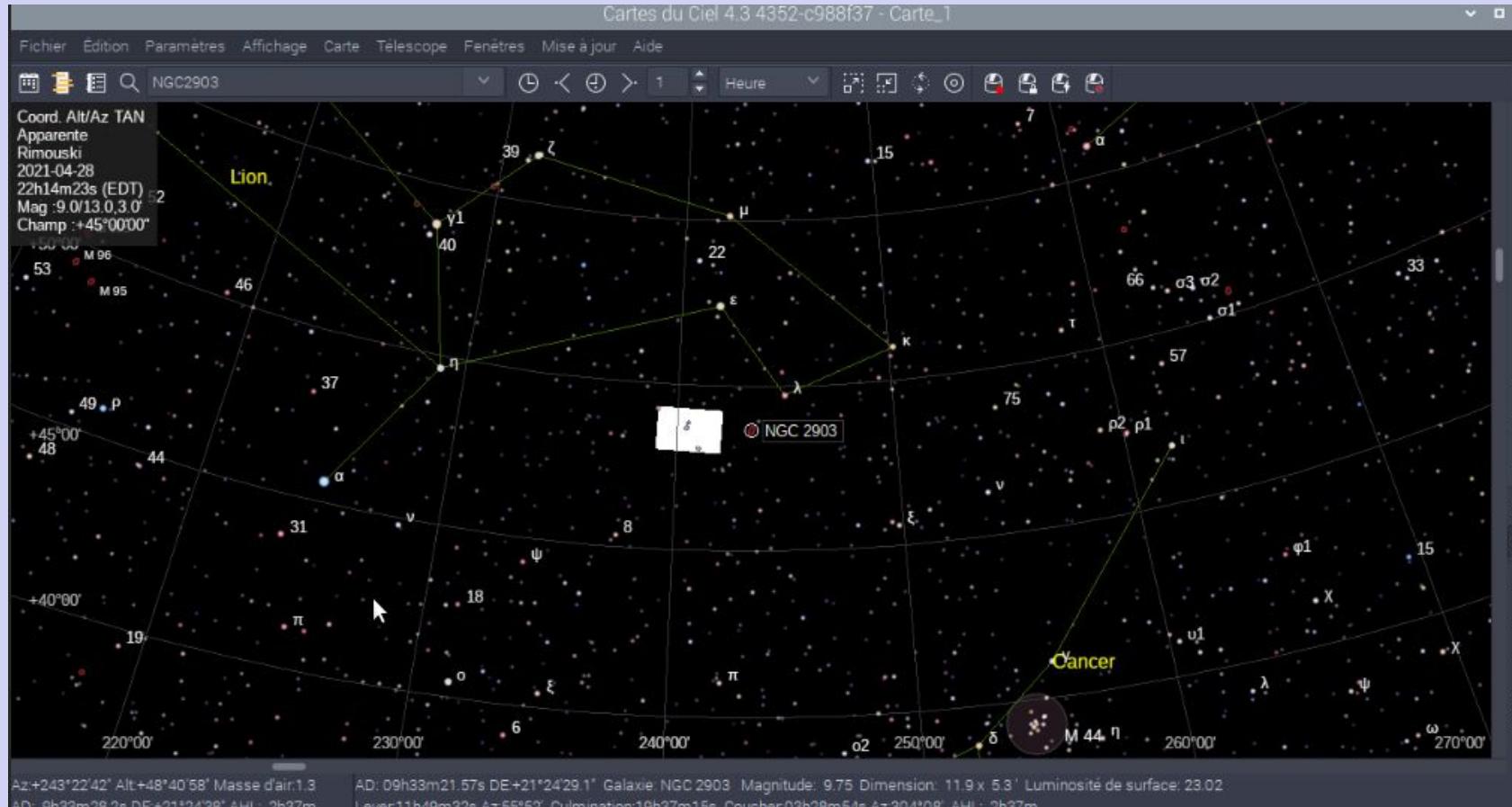


Le repérage de l'amas est assez difficile.



Galaxie NGC 2903

Constellation du Lion - Distance: 25 millions al



Une pose de 20 secondes pendant une séquence



Combinaison: les meilleures de 60 poses
avec correction d'expositions *darks* et *bias*





Travailler avec une équipe d'astronomes amateurs passionnés :
INDI Serveur

Patrick Chevalley

CCDCiel
Cartes du Ciel

MERCI BEAUCOUP

Présentation de l'Astroberry – Résumé

- **C'est quoi un « Astroberry » ?**
 - Un ordinateur et des logiciels conçus exprès pour l'astro.
- **Un aperçu de comment l'utiliser**
 - Plusieurs appareils, pilotes,
 - Applications maison comme AstroStepper, et «*barnDoor* »
- **Des résultats obtenus en ville**
 - Outils pour faire vivre l'astronomie, même en temps de pandémie.

Démo Astroberry

- AstroStepper, CCDCiel ,Carte du Ciel avec la monture barndoors

Ensuite ...

Questions ?
Commentaires ?

Démo de la plateforme Astroberry (à l'intérieur)

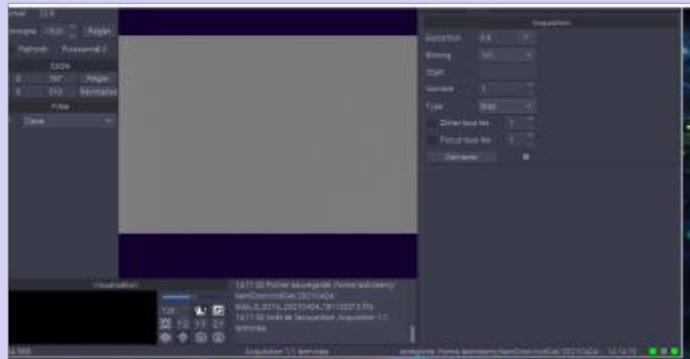
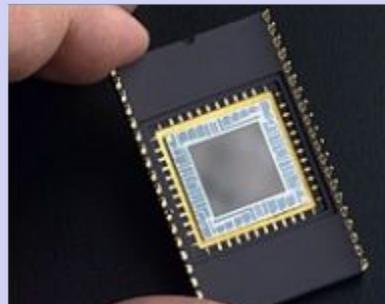
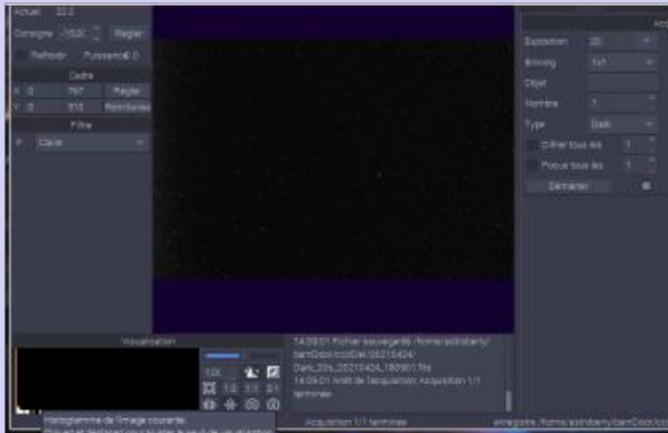
- Se connecter à l'Astroberry (wifi ou lan)
- Du menu, démarrer AstroStepper, CCDCiel, Cartes du Ciel
- Démarrer le suivi
- Dans CCDCiel, se connecter au planétarium Cartes du Ciel
- Les onglets dans CCDCiel: focalisation, séquence
- Simuler la procédure de viser un cible (NGC 2903)
 - Ouvrir l'image dans CCDCiel
 - Ajuster la plage pour bien voir le champ
 - Résoudre l'image - clique sur le bouton localisation dans AstroStepper
 - Afficher l'image dans Cartes Du Ciel
 - Choisir une échelle de 10 degrés
- Afficher l'onglet pour faire une séquence.

Images de calibration – CCDCiel

- *Darks* (signal noir): une image prise sans exposition à la lumière mais de même durée d'exposition que celle de la cible dans le ciel.
 - Résultat : L'enregistrement des valeurs de charge thermique qui s'accumule dans chaque pixel pendant la période de l'exposition (disons 20 secs). On réalise une carte de ces valeurs et ensuite on fait la soustraction d'une sorte de moyenne:
 - Note : On prend plusieurs images pour les combiner afin de réduire le bruit.

Images de calibration – CCDCiel

- Bias : une image d'une durée de 0 sec pour capturer la charge intrinsèque de chaque pixel. C'est la valeur (le bruit) de la charge de réinitialisation dans le capteur CCD ou CMOS .



Le fonctionnement de la monture

- Le moteur pas-à-pas est contrôlé par mon programme.
- Le premier engrenage est monté sur la tige du moteur
 - ce qui dirige l'autre engrenage.
- Le deuxième engrenage a un écrou qui est
 - enchâssé dans le trou de la planche inférieure.
- La tige filetée est fixe; l'écrou tourne autour de la tige et reste dans la planche inférieure.
- La tige monte parce que l'écrou est captif; cela écarte graduellement les 2 planches de bois.

Lorsque j'active la fonction de rembobinage, l'écrou tourne dans le sens opposé, réduisant l'angle d'écartement et par conséquent refermant les deux planches l'une sur l'autre.



Quelle est la durée maximale pendant laquelle la monture peut fonctionner ?

Puisque la vitesse sidérale est de 15 degrés par heure, ça dépend de l'ouverture maximale de la monture.

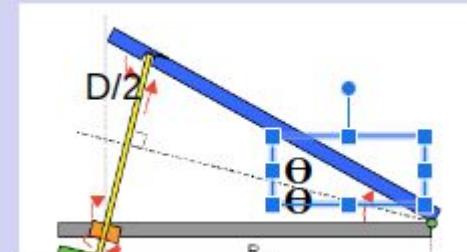
$$\begin{aligned} \text{La relation: } \Theta &= \text{ARCSIN}(D/2L) \dots \\ 2\Theta &= 2 * \text{ARCSIN}(D/2L) \end{aligned}$$

Ma configuration:

$$L = 300\text{mm}$$

$$D = 115\text{mm}$$

$$2 * \text{arcsin}(D/2L) = 22 \text{ deg} = 1.3 \text{ heures}$$



Qu'est-ce qui vous a poussé à vous lancer dans ce projet?

- Bonne excuse pour le bricolage: microprocesseur, micropython,
- La découverte d'INDI comme plateforme ouverte - je n'aurais pas besoin d'utiliser WINDOZE, ni Maximdl, ni Software Bisque, ni ACP
- La découverte d'une communauté d'astronomes amateurs qui partagent leur passion pour la programmation en astronomie. - Jim Garlick (Serveur D'INDI, support pour les pilotes non-propriétaires (caméras SBIG), Patrick Chevalley (CCDCiel, Cartes du Ciel)

Certains exemples:

Commerciaux



Artisanaux

Modèle avec
contrôle d'arduino



Modèle de Gary
Seronik - avec
engrenage au lieu
d'un
entraînement
direct.

Qui a été impliqué dans la fabrication de la monture ?

Travail d'équipe: Hilderic et Pat

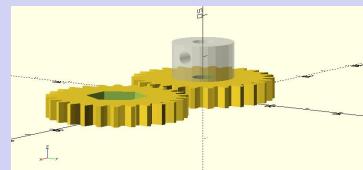
J'étais l'ingénieur logiciel, et Hilderic l'ingénieur matériel.

Hilderic a

- réalisé l'impression 3D des pièces avec son imprimante AnyCubic.
- construit la carte de circuit imprimé et fait la soudure pour interconnecter le câblage à l'intérieur de la boîte maison.
- Je me suis occupé de l'ingénierie logicielle, des tests en laboratoire et de l'acquisition des données pendant les séances d'astronomie.

Nous avons tous deux

- travaillé sur les pièces construites en bois, et conçu les pièces en 3D. J'ai fait les recherches sur le modèle de l'engrenage de remplacement.
- collaboré aux modifications de la conception lorsque nous avons découvert de graves problèmes mécaniques.
- Nous utilisons le programme Openscad (openscad.org) pour faire le dessin des composantes en 3d.



Quelle est la prochaine étape ?

- Barndoors Version 3:
 - Créer un prototype entièrement imprimé en 3D.
 - Intégrer un mécanisme de charnière dans le design pour éviter la flexion causée par une charnière externe.
- Former un groupe d'intérêt spécial pour les personnes qui sont intéressées par ce genre de choses. (FAAQ?, astroRimouski?)

Spectro Controller version 2:

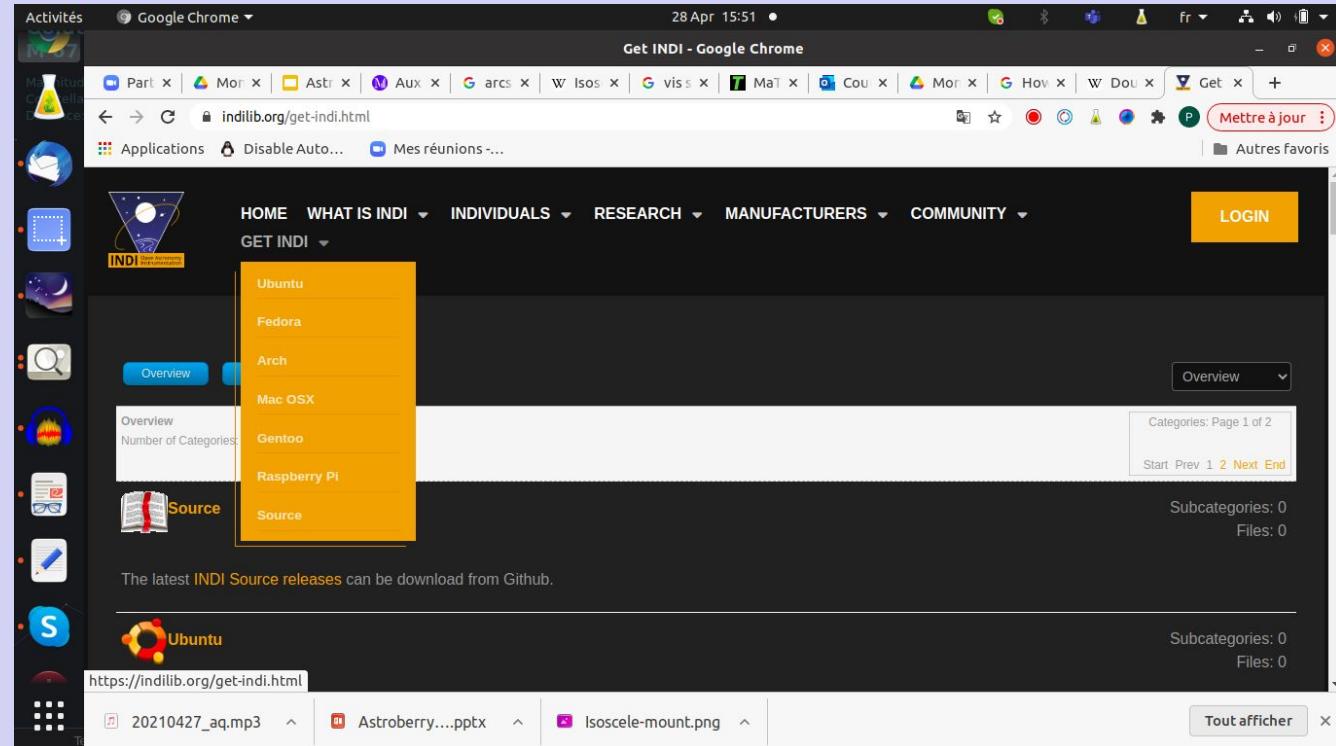
- Refaire le contrôleur du spectroscope pour Damien en utilisant un seul PI astroberry pour remplacer les deux composantes séparées qui doivent communiquer par un lien radiofréquence

Comment installer le logiciel:

<https://indilib.org/get-indi.html>

-

- Sur votre ordinateur personnel - INDI server
- Sur un ordi raspberry Pi
 - astroberry



Description du code

AstroStepper - Précis du Code

Deux fils d'exécution en parallèle - Gui et Thread

TK fenêtre avec Boutons

Sa propre boucle - attend les commandes d'usager

Thread (fil d'exécution)

Son propre fil d'exécution en même temps que le GUI

Il tourne en boucle et accepte les commandes du GUI

Il a une instance de la class Stepper et il active leurs fonctions selon les commandes reçus

Class Stepper :

Suivi() - Le suivi s'exécute dans le contexte du Thread

Pour le suivi, je tourne en boucle... à chaque période, je calcule combien de millisecondes je dois attendre avant de lancer l'étape suivante

Ensuite, j'appelle le système d'exploitation pour retarder pendant ce laps de temps.

Step()

Utilise la librairie gpio pour les ports qui contrôlent le moteur pas-à-pas

Il y a 4 configurations de 4 ports pour faire la séquence

```
self.FULL_STEP = [
    [True, False, False, True],
    [False, True, False, True],
    [False, True, True, False],
    [True, False, True, False],
]
```

Une ligne correspond à un quart de pas.

Arreter()

Rembobiner()