

Autoguidage

Par Olivier

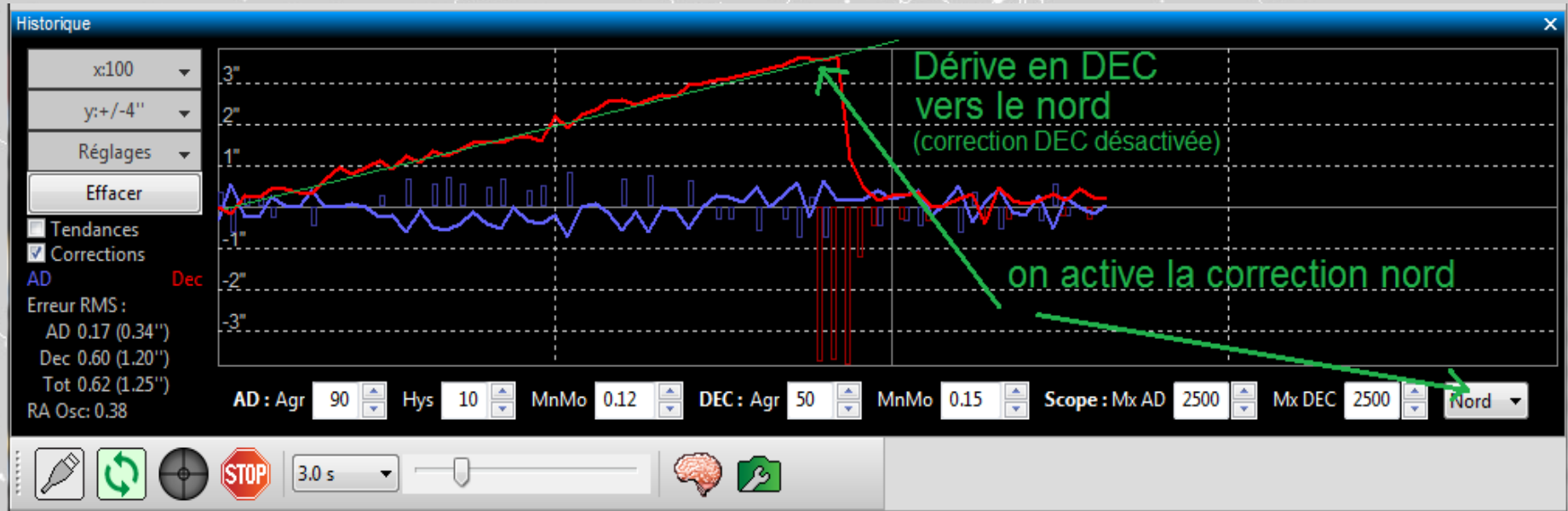
Pourquoi l'autoguidage ?

- **Le suivi sidéral d'une monture est toujours imparfait :**
- **Erreur de mise en station**
 - L'axe AD (ascension droite) n'est pas parfaitement parallèle avec l'axe de rotation de la terre
 - Cela entraîne une lente dérive en DEC (déclinaison) dans un seul sens
- **Erreur périodique**
 - Variation de la vitesse de suivi sidéral (en AD) de la monture, due à un usinage non parfait, en particulier de la vis sans fin qui ne tourne pas parfaitement rond.
 - Cela entraîne une erreur de vitesse périodique (la monture accélère légèrement puis ralentit sur une période correspondant à 1 tour de vis sans fin et/ou d'engrenages)
- **Erreur de vitesse de suivi**
 - Tolérance de fabrication des composants électroniques
 - Impact de la variation en température sur l'électronique
- **Erreur de vitesse de suivi, due à la vitesse apparente**
 - Réfraction de l'atmosphère (effet de loupe)
 - La vitesse apparente des astres est différente de la vitesse sidérale : plus l'astre est bas plus l'erreur est grande. (vitesse de King, environ 2,6" en 5min)

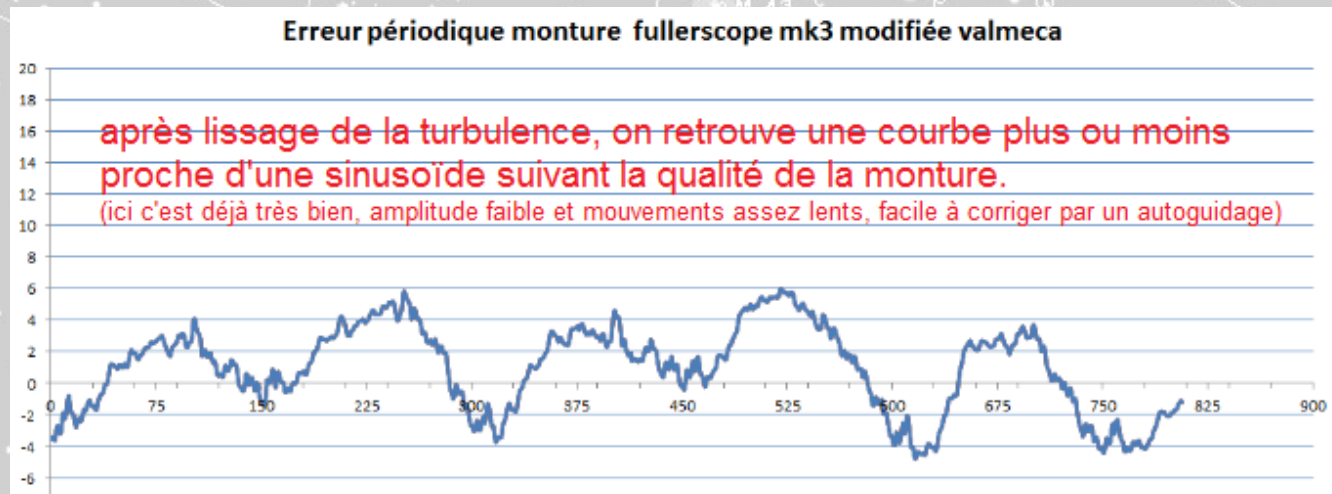
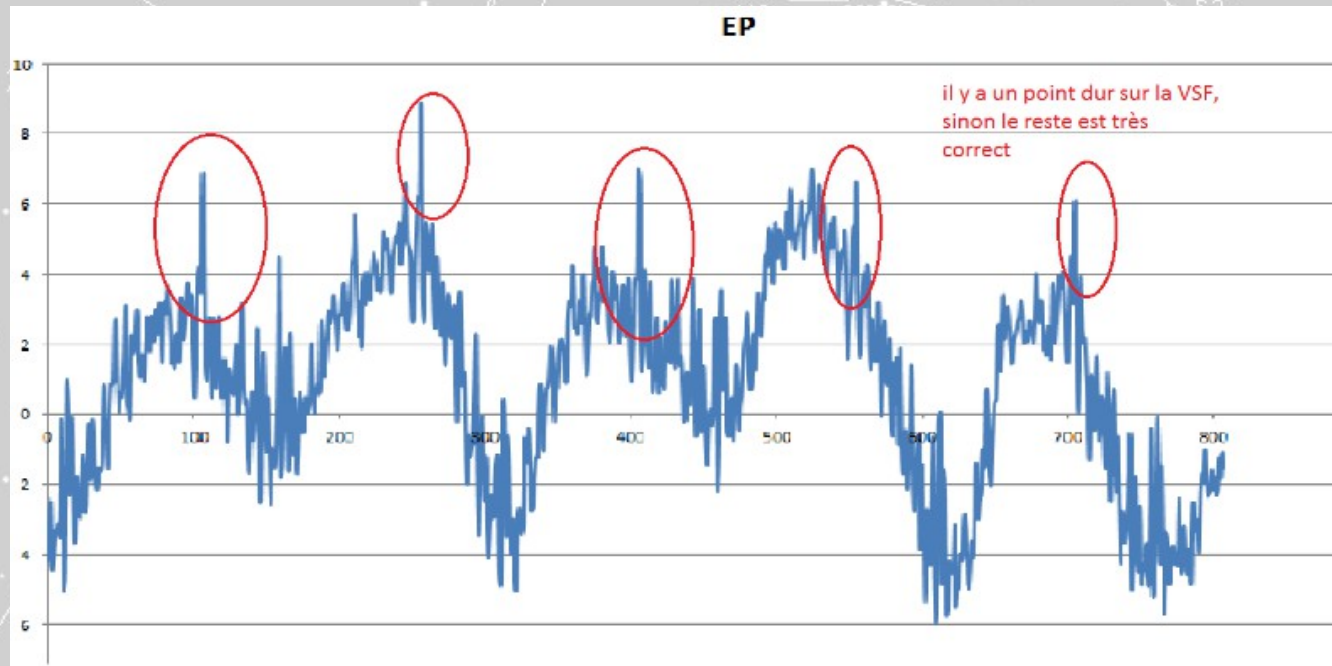


Exemple Dérive en DEC

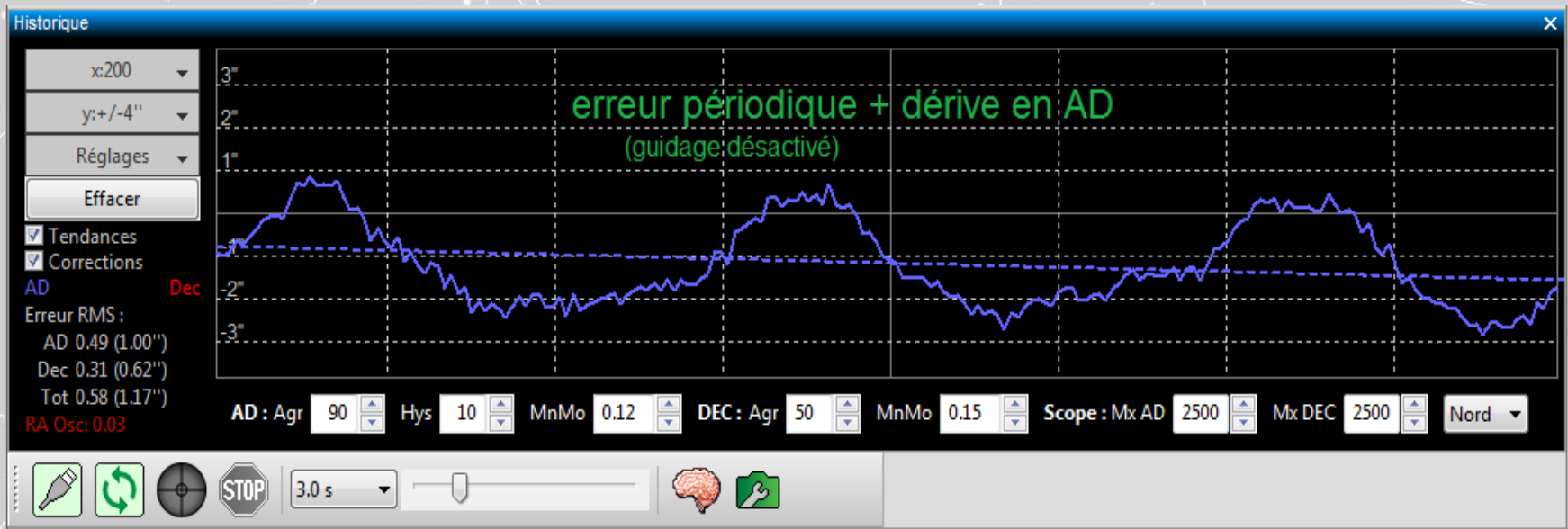
- Si la monture était parfaitement alignée, il n'y aurait pas d'erreur du tout et seul le moteur d'AD tournerait pour compenser la rotation de la terre
- Mais ce n'est jamais le cas
- Et il y a des flexions mécaniques



Exemple erreur périodique en AD



Exemple dérive en AD (électronique et atmosphère)



Le principe de l'autoguidage

- **Principe et notions**

- Une deuxième camera va filmer une étoile guide près de la cible photographiée
- Un logiciel d'autoguidage va calculer la position exacte de cette étoile guide : c'est le centroïde
 - ✓ Avec les logiciels récents, ce « centroïde » (ou barycentre lumineux) est calculé à partir de tous les pixels sur lesquels l'étoile est étalée
 - ✓ Il vaut mieux que l'étoile soit étalée sur plusieurs pixels (on peut dérégler un tout petit peu la mise au point au besoin, mais très peu sinon on perd en signal)
 - ✓ La précision de position de l'étoile est bien inférieure à un pixel (jusqu'à 1/56ème)
- Dès que le logiciel détecte un déplacement de l'étoile guide, il envoie une correction de position à la monture
 - ✓ Soit en pulse guiding : le logiciel envoie une commande par une liaison de données (USB, RS232, Ethernet) demandant à la monture de tourner pendant N millisecondes → c'est la monture qui gère la durée de l'impulsion
 - ✓ Soit par un port ST4 constitué de 4 fils qui commandent directement les moteurs en tout ou rien à une vitesse de guidage prédéfinie (x0,5). → c'est le PC qui gère la durée de l'impulsion, à +/-15ms près, un peu moins précis.



La matériel

• 3 équipements

- Une optique de guidage
- Une camera de guidage
- Un PC de contrôle* avec
 - ✓ logiciel de guidage
 - ✓ Logiciel de prise de vue
- Du câblage

*Remarque : il existe des cameras avec électronique de contrôle intégrée : La camera Lacerta MGEN II permet de se passer de PC pour la photo à l'APN

- ✓ Permet le contrôle de la camera et corrections d'autoguidage
- ✓ Peut commander l'appareil photo directement (dithering)

L'équipement : L'optique

• Lunette guide

- Montage en parallèle ou superposé (superposé plus rigide)
- Petite lunette de guidage 80/400 achromatique
- Chercheur (200mm de focale environ) camera petits pixels et petit capteur possible
- Autre tube guide
- Le plus important est un montage très rigide. Éviter anneaux réglables de guidage
- Malgré tout il y a toujours des flexions « différentielles » entre les 2 capteurs
- Attention aux mouvements des miroirs (Schmitt Cassegrain et Newton)

• Diviseur optique

- On utilise exactement la même optique pour les deux capteurs
- Ce n'est pas un diviseur, mais simplement un petit renvoi coudé à prisme, en dehors du capteur principal (OAG en Anglais = Off Axis Guider)
- On vérifie avec une image flat que le prisme n'empiète pas sur le capteur principal
- Gros avantage : Pas de flexion différentielle
- Mais champ plus réduit pour trouver une étoile
- Il faut une camera CCD sensible avec capteur plutôt grand et gros pixels
- La mise au point doit être la même sur les deux capteurs : c'est la « parafofocalisation » à faire une fois lors du premier montage.

(remarque : Il existe d'autres systèmes moins courants: optique active, On Axis Guider)



L'équipement : la camera

• Camera

- Beaucoup de cameras sont utilisables
- Existe des cameras de « guidage » avec port ST4 intégré : ce n'est pas obligatoire
 - ✓ Pas besoin de ST4 avec une monture goto et un PC : on guide par l'USB directement en pulse guiding
 - ✓ Il existe des boîtiers USB vers ST4
- Pour le guidage en parallèle, une camera CMOS à petits pixels comme la QHY5LII, ZWO120 est très bien. Peut servir aussi à la photo planétaire. Prix 200/300 eur
- Pour le guidage au diviseur optique, il vaut mieux une camera CCD (qui permet le binning = regroupement des pixels) . On gagne en sensibilité. Prix 500 eur
- Le plus important est d'avoir l'image la moins bruitée possible



Choix de la camera et de l'optique

- **Calcul de l'échantillonnage**

- $(206 / F) * p$

F = focale en mm p = pixel en micron

- **On peut avoir un échantillonnage plus petit sur le capteur de guidage**

- Il faut garder un rapport $< x4$ entre le capteur principal et le capteur de guidage

- **Importance du rapport signal à bruit**

- Un excellent signal à bruit permet un calcul à 1/56ème de pixel près avec PHD.
 - Plus le rapport signal à bruit est élevé, plus le calcul de la position de l'étoile guide « centroïde » sera précis
 - Plus le rapport signal à bruit est élevé, plus on peut utiliser des échantillonnages différents entre le capteur principal et le capteur de guidage
 - Il est très important d'utiliser une camera très peu bruitée pour un guidage au chercheur avec des rapports d'échantillonnages de 4 ou même plus.
 - Il est très important de faire des darks avec la camera de guidage



L'équipement : les logiciels

- **Logiciel de guidage**

- Permet la détection de l'étoile guide
- Envoie les corrections de position à la monture

- **Logiciel gratuits**

- PHD guiding (gratuit)
 - ✓ PHD1 Stark labs
 - ✓ PHD2 (=open PHD) open source
- Meta guide
 - ✓ Technique différente des autres : traitement type planétaire. Fait une séquence d'image courte et l'empile + traitement ondelettes

- **Logiciel payants**

- Logiciels intégrés avec fonctions de guidage Prism, MaximDL, The Sky

→ on va étudier PHD2 dans la suite du document



L'équipement : les logiciels

- **Dithering**

- Décalage de quelques pixels entre les poses
- En automatique à chaque pose ou en manuel toutes les 3 ou 4 poses
- Permet d'atténuer énormément les défauts du capteur (pixels chaud, colonnes défectueuses)
 - ✓ Évite les effets de trames
 - ✓ Gain très important de rapport signal à bruit, à faire systématiquement

- **Logiciel de dithering**

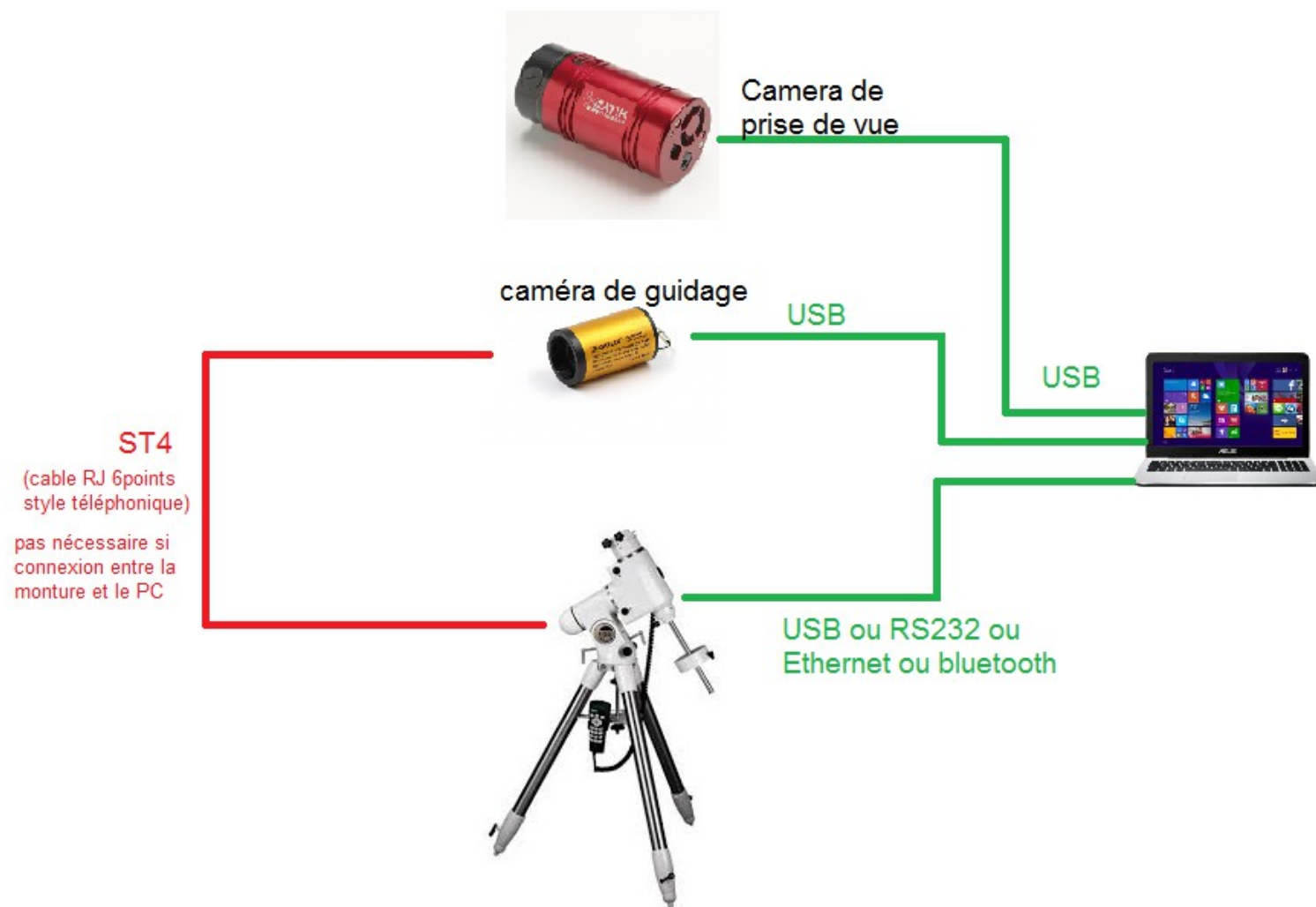
- PHD max
 - ✓ Se connecte à PHD d'un coté (la fonction « serveur » de PHD doit être activée)
 - ✓ Observe les fichiers : quand un nouveau fichier arrive le dithering est déclenché
 - ✓ Attention de laisser suffisamment de temps entre les poses pour que l'autoguidage puisse se stabiliser (10 à 15s en général)

- **Logiciels de prise de vue avec dithering**

- Ont une fonction de dithering intégrée et se connectent à PHD pour le dithering
- Backyard EOS
- APT (astro photography tool)



Le câblage



Les clés d'un bon autoguidage

- **pré-requis**

- Une bonne mise en station avec un viseur polaire bien réglé permet des poses de 10min sans problème
- Pour des poses plus longues, il faut une dérive de 1 arcsec en DEC par minute max.
 - ✓ Mise en station avec logiciel de mesure de la dérive (PHD, pempro...)
 - ✓ Mise en station avec certains viseurs polaires haut de gamme (Astrophysics)
- Un bon équilibrage
- Bien attacher les câbles, ne pas les laisser pendre
- Bien serrer toutes les vis, très important en guidage parallèle
- Résistance chauffante sur la lunette guide

Les clés d'un bon autoguidage

• Les défauts à corriger

– Dérive en AD

- ✓ Dérive dans les deux sens, plus rapide qu'en DEC. Il faut une correction plus « agressive » mais pas trop pour éviter les « sur corrections » et oscillations
- ✓ Pas de problème de backlash le moteur tourne en permanence en suivi sidéral, les engrenages sont toujours en appui si équilibrage bien fait.
- ✓ On peut avoir intérêt à décaler très légèrement l'équilibrage en AD (on bouge un des contrepoids de 1 ou 2cm max) pour que les engrenages restent bien en appui (améliore les petites oscillations sur certaines montures)
- ✓ Tant que la vitesse de guidage est < 1 fois la vitesse sidérale, le moteur tourne toujours dans le même sens plus ou moins vite, donc pas de backlash.
- ✓ Plus on guide vite, plus on corrige vite l'erreur. Donc idéalement $\times 0,9$
- ✓ Mais une vitesse rapide peut donner des temps de correction très courts (quelques ms) qui ne seront pas gérés de façon suffisamment précise par Windows. Donc $\times 0,5$ est un bon compromis
- ✓ Certaines montures peuvent gérer elles mêmes la durée de l'impulsion : c'est le « pulse guiding ». C'est plus précis et on peut corriger plus vite proche de $\times 1$
- ✓ Pour les EQ6, Eqmod émule le pulse guiding → il vaut mieux rester à $\times 0,5$

Les clés d'un bon autoguidage

• Les défauts à corriger (suite)

– Dérive en DEC

- ✓ Dérive lente dans un seul sens. Une correction « peu agressive » est suffisante
- ✓ Important : le backlash = jeu dans les engrenages
Le moteur de DEC ne tourne pas en suivi sidéral. Or les engrenages et vis sans fin ont du jeu.
- ✓ Il faut absolument éviter de changer de sens de guidage, sinon le moteur va « mouliner » dans le jeu et va mettre beaucoup de temps à corriger.
- ✓ Soit on désactive un sens de guidage après avoir observé la dérive (Nord en haut ou Sud en bas au lieu de Auto)
- ✓ Soit on augmente le seuil de correction (Mn Mo) de manière que la courbe reste toujours du même côté de l'axe (Nord ou Sud)

Les clés d'un bon autoguidage

• La turbulence

- Malheureusement on est très dépendant de la turbulence. Il faut en tenir compte
 - ✓ Choisir sa cible en fonction de la turbulence : si le ciel est turbulent, préférer les cibles hautes, proche du Zénith.
 - ✓ Augmenter le temps d'exposition de guidage en fonction de la turbulence :
 - Plus il y a de turbulence, plus l'exposition doit être longue
 - Plus la cible est basse, plus l'exposition doit être longue
 - Commencer avec 3s si la monture le permet, augmenter à 5s si turbulence, ou baisser à 1,5s si la monture à un suivi moyen.
 - Plus la mécanique de la monture est précise, plus on peut augmenter ce temps et donc mieux moyenner la turbulence
 - ✓ Régler l'agressivité en fonction de la turbulence
 - « L'agressivité » est le pourcentage de correction de l'erreur
 - La turbulence ajoute de l'erreur à l'erreur de suivi. On ne corrige donc jamais à 100%, sinon sur-correction et oscillation
 - Plus la turbulence est élevée, plus il faut baisser l'agressivité



Utilisation de PHD guiding

- **1) Connexion des équipements**

- Cliquer sur l'icône des équipements en bas à gauche
- Choisir ses équipements et cliquer sur « connecter tout »

- **2) Lancement de la prise de vue en boucle**

- Cliquer sur l'icône de prise de vue en boucle → l'image apparaît
- Ajuster le temps de pose et le contraste d'affichage si nécessaire

- **3) choix d'une étoile**

- Choisir une étoile bien lumineuse et plutôt isolée
- Il ne doit pas y avoir d'autres étoiles dans la « zone de recherche » = petit carré vert
- Très important : vérifier que l'étoile n'est pas saturée = courbe de FWHM pas aplatie au sommet, mais pointue

- **4) Lancement de l'autoguidage**

- Cliquer sur l'icône d'autoguidage
- La calibration d'autoguidage commence → il doit y avoir environ 10 steps dans chaque direction
- L'autoguidage se lance automatiquement si la calibration est correcte



1) Connexion des équipements

PHD2 Guiding 2.5.0dev7 - lodestar_st4

Fichier Outils Affichage Darks Signets Aide

Choisir la monture
- prendre "on camera" pour le ST4 sur les camera
- prendre Ascom pour EQmod en pulse guiding

Choisir la camera

On peut mémoriser plusieurs profils d'équipements

1) cliquer sur l'icône d'équipements

Connecter l'équipement

Profil d'équipement: lodestar_st4 Gérer les Profils

Choisissez votre matériel ci-dessous et cliquez sur Connecter Tout pour connecter, ou cliquez sur Déconnecter Tout pour déconnecter. Vous pouvez également connecter ou déconnecter les équipements individuellement en cliquant sur le bouton à côté de l'élément.

Caméra: Starlight Xpress Lodestar Guider (ASCOM) ☒

Monture: On-camera

Monture Aux: Aucun

More Equipment ...

Puis cliquer sur "connecter tout"

Historique

x:100
y: +/- 4"
Réglages
Effacer

☐ Tendances
☒ Corrections

AD
Erreur RMS:
AD: 0.00
Dec: 0.00
Tot: 0.00
Osc AD: 0.00

Dec

3"
2"
1"
-1"
-2"
-3"

AD

2"
1.5"
1"
0.5"

Profile étoile

Cible

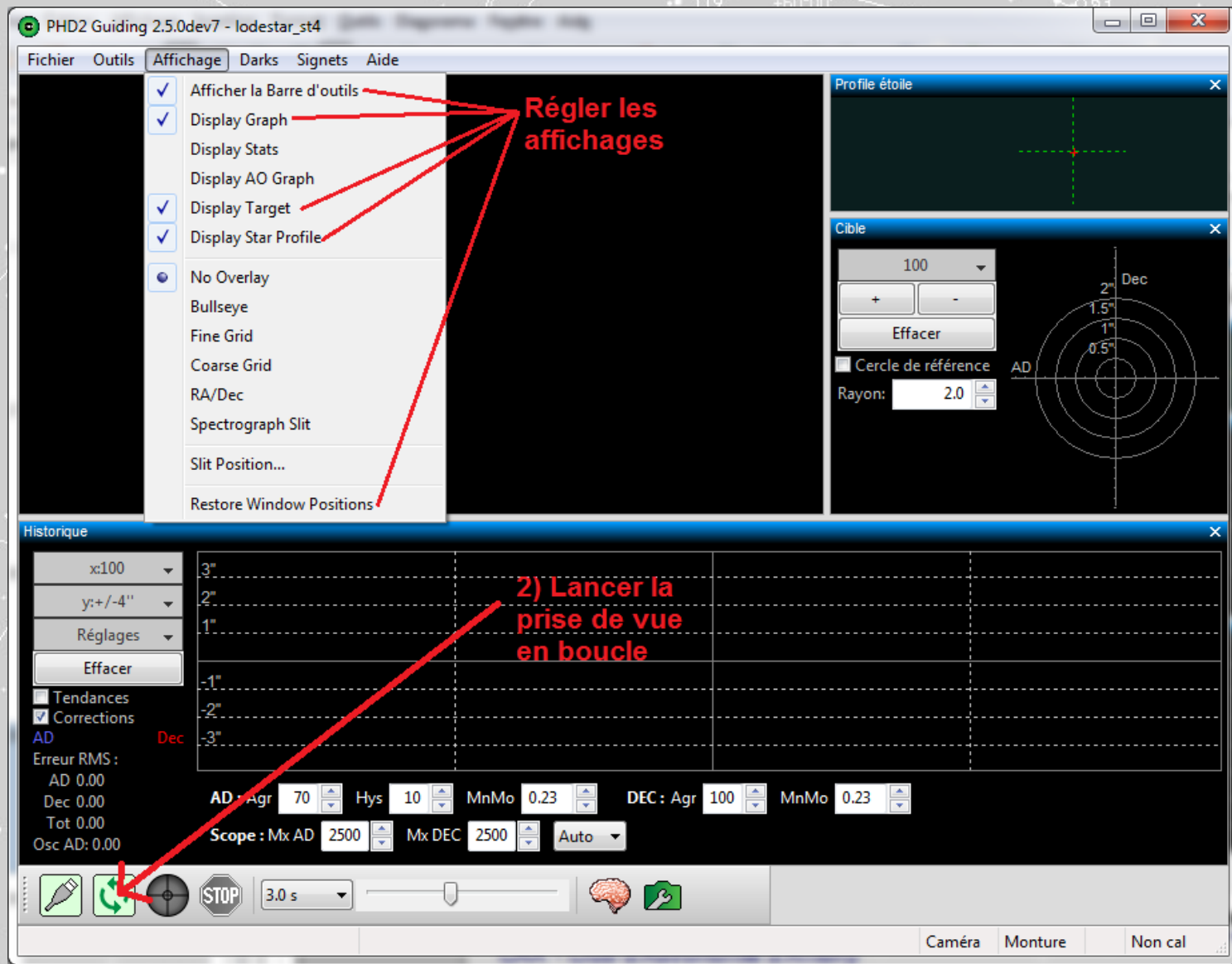
2"
1.5"
1"
0.5"

3.0 s

Serveur démarré

Non cal

2) lancement de la prise de vue en boucle



3) choix d'une étoile

PHD2 Guiding 2.5.0dev7 - lodestar_st4

Fichier Outils Affichage Darks Signets Aide

Rapport signal à bruit de l'étoile. Plus il est élevé, plus le calcul de position est précis

détail de l'étoile guide très important ne doit pas être aplatie (=saturation)

3) choisir l'étoile guide

ajuster le temps de pause

régler le contraste de l'affichage

Profile étoile
MI ligne FWHM: 2.86

Cible
100
+ -
Effacer
☐ Cercle de référence
Rayon: 2.0

Historique
x:100
y: +/- 4"
Réglages
Effacer
☐ Tendances
☒ Corrections
AD
Erreur RMS:
AD 0.00
Dec 0.00
Tot 0.00
Osc AD: 0.00

AD: Agr 70 Hys 10 MnMo 0.23 DEC: Agr 100 MnMo 0.23
Scope: Mx AD 2500 Mx DEC 2500 Auto

3.0 s

m=245715 SNR=11.6

Caméra Monture Non cal

4) lancement de l'autoguidage

PHD2 Guiding 2.5.0dev7 - lodestar_st4

Fichier Outils Affichage Darks Signets Aide

les axes jaunes indiquent la calibration en cours

l'étoile se déplace dans les 4 directions (PHD fait bouger la monture)

4) cliquer sur l'icône d'autoguidage

on peut suivre le déplacement de l'étoile et le nombre de pas

Historique

x100 y: +/- 4" Réglages Effacer

☐ Tendances ☒ Corrections

AD Erreur RMS : AD 0.00 Dec 0.00 Tot 0.00 Osc AD: 0.00

AD : Agr 70 Hys 10 MnMo 0.23 DEC : Agr 100 MnMo 0.23

Scope : Mx AD 2500 Mx DEC 2500 Auto

3.0 s

dx=-9.2 dy=-1.8 dist=9.4

Caméra Monture Non cal

Profile étoile

Mi ligne FWHM: 3.28

Cible

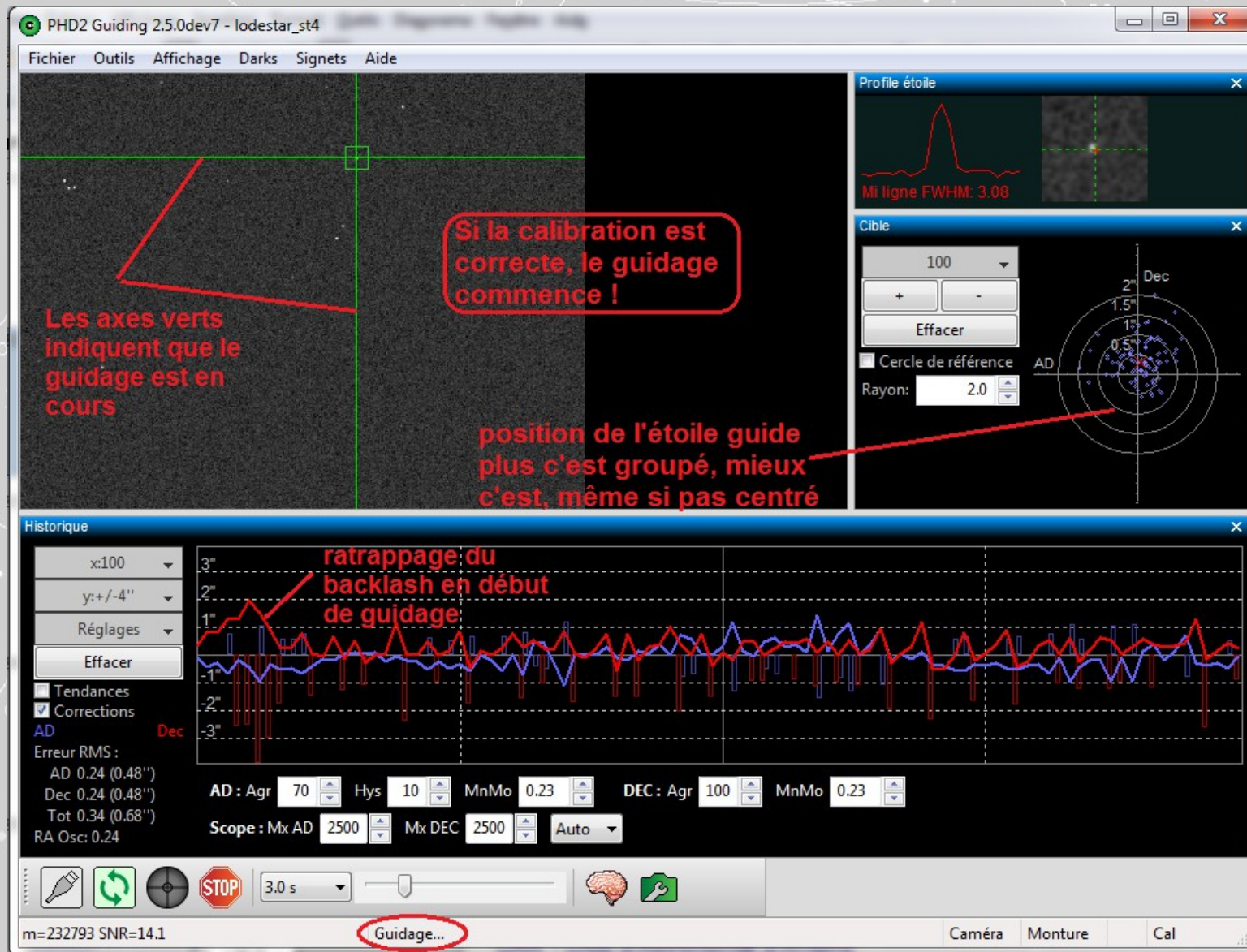
100 + - Effacer

☐ Cercle de référence Rayon: 2.0

AD Dec

2" 1.5" 1" 0.5"

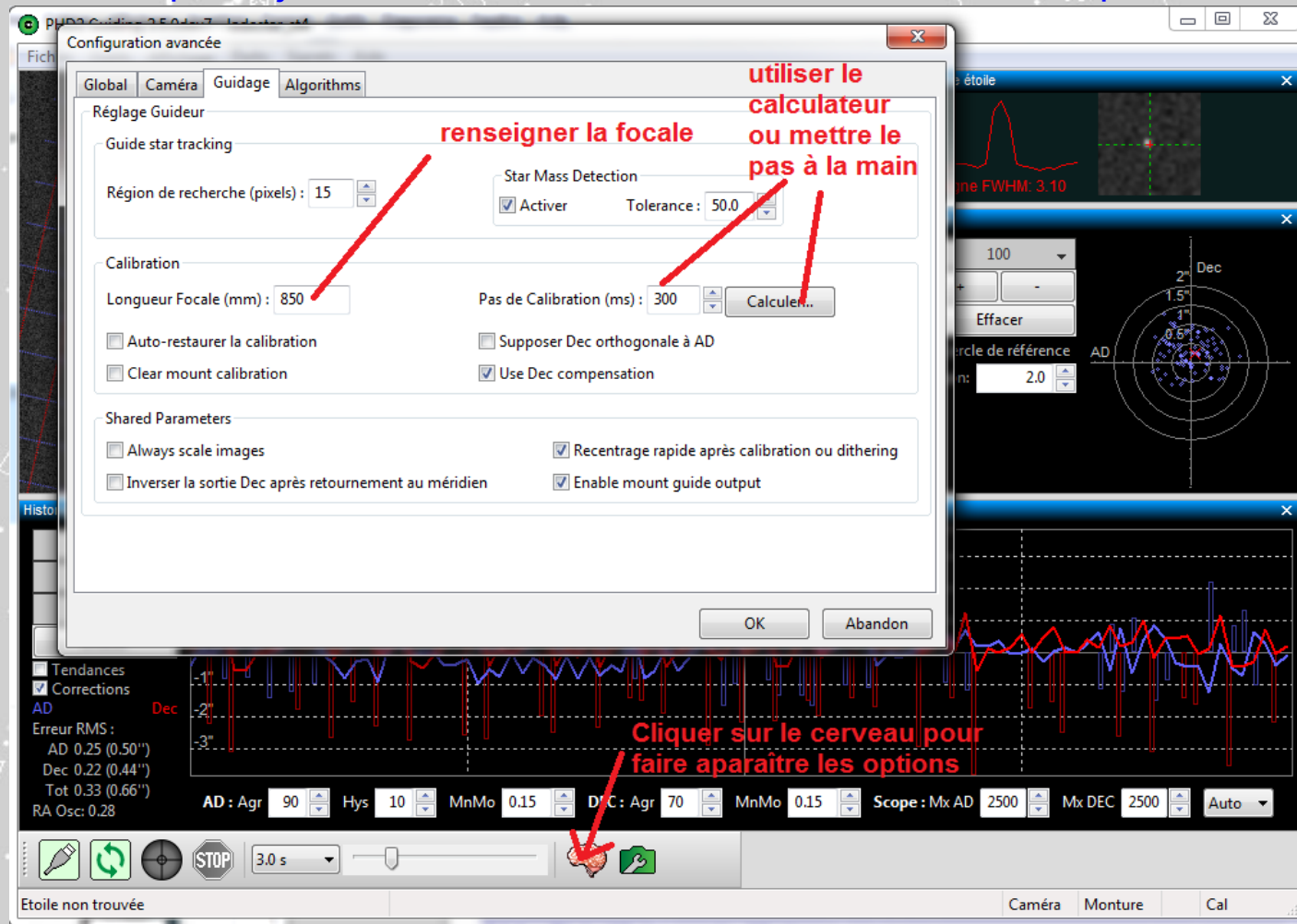
Si tout va bien, ça guide !



Les réglages préliminaires

Réglage de la focale et du « pas de calibration »

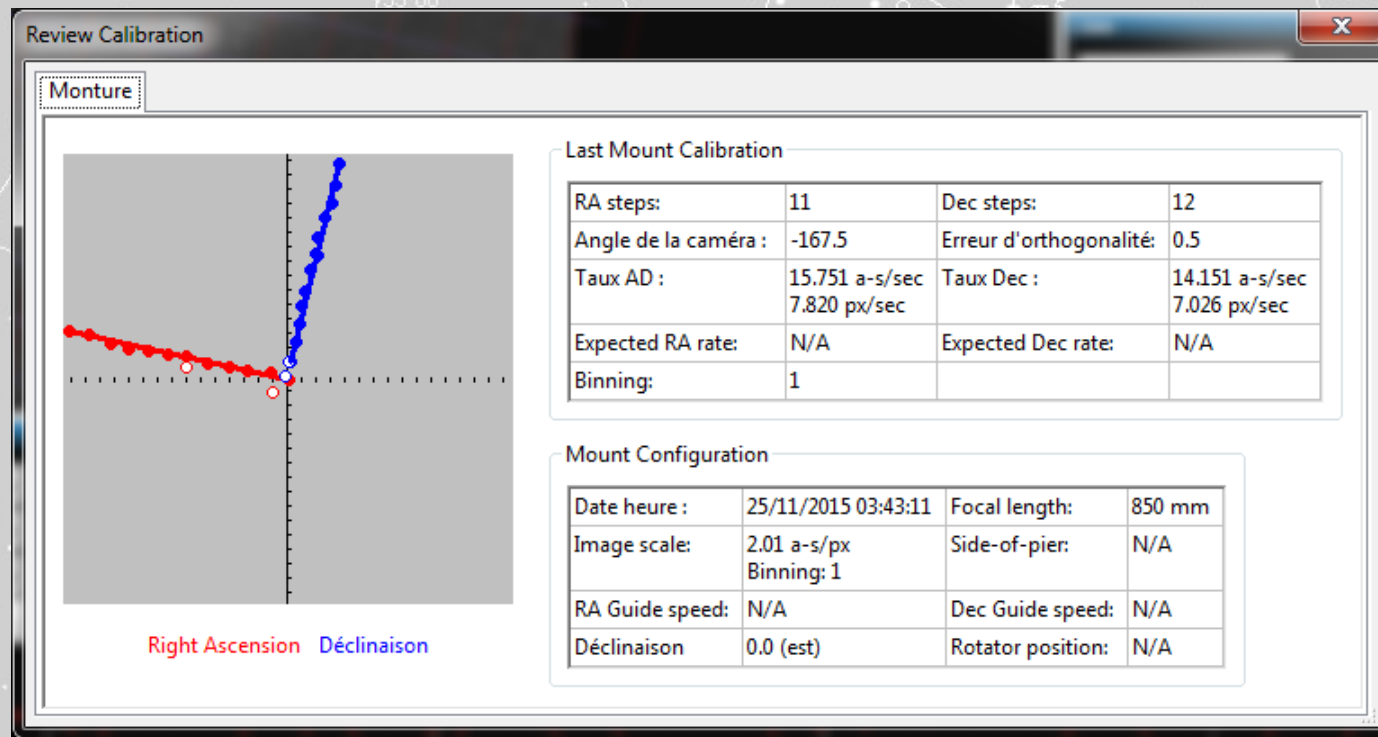
- Il faut renseigner la focale et la taille des pixels dans le calculateur de pas de calibration
- Mais on peut ajuster la durée à la main de manière à avoir 10 pas dans chaque direction



La calibration

- **Vérification de la calibration**

- Utiliser la fenêtre « review calibration data » dans le menu outils
- Vérifier qu'il y a environ 10 pas dans chaque direction
- Vérifier que les étoiles sont à peu près alignées sur les axes
- Vérifier que les axes sont orthogonaux. (On peut tourner la camera pour mettre les axes horizontaux et verticaux, ça aide à l'analyse.)



Les Darks

Bibliothèque de darks

- Très important, améliore le rapport signal à bruit et donc la précision de calcul du centroïde
- À refaire si la température change beaucoup

Construire Bibliothèque de Dark

Bibliothèque de Dark

Temps de Pose Min : 1.5 s Temps de Pose Max : 5.0 s

Images à prendre pour chaque temps de poses : 19

Options: **le plus grand et impair**

No compatible dark library is available

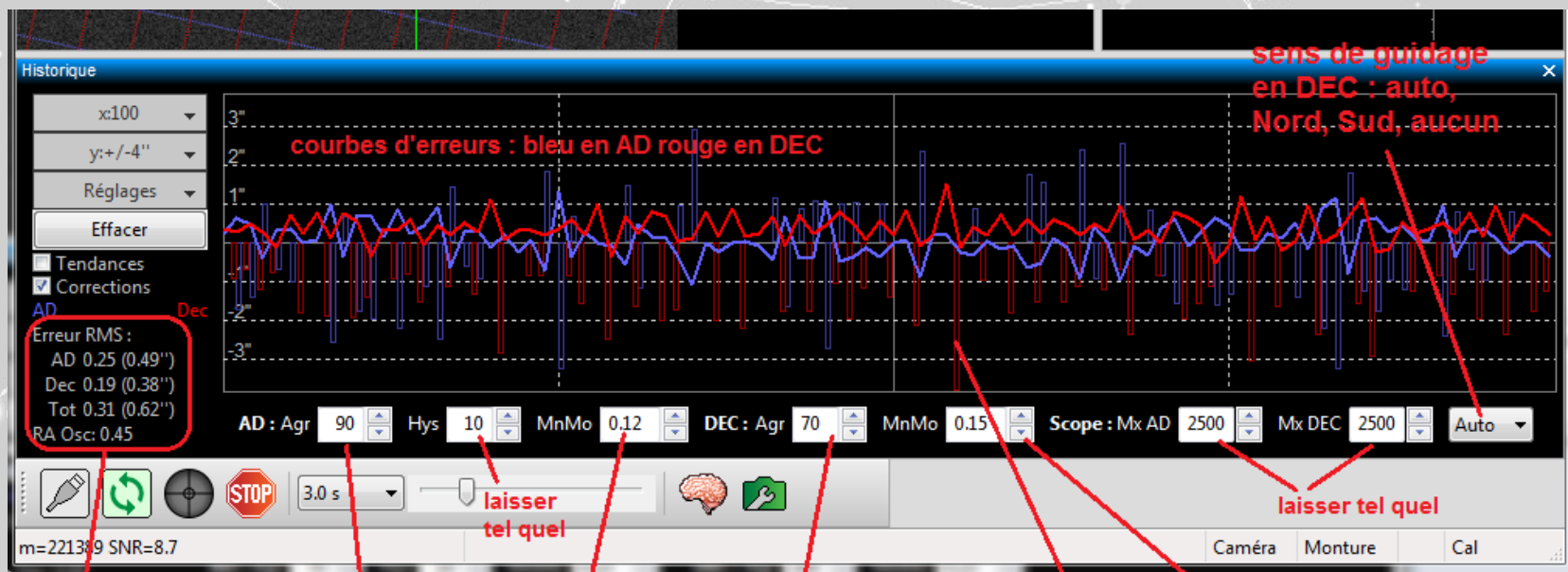
☐ Modify/extend existing dark library ☒ Create entirely new dark library

Notes : **lancer la prise de darks**

Réinitialiser Démarrer Abandon

Ajustez vos paramètres, cliquez sur 'Démarrer' pour commencer

Les réglages de base



Erreurs en AD et en DEC

Le but est d'avoir une erreur RMS inférieure à la moitié d'un pixel du capteur principal et similaire en AD et DEC

agressivité en AD mettre une valeur élevée (70 à 90%), mais jamais 100%

seuil minimum de correction en AD
Mettre moins de la moitié d'un pixel de la caméra principale. Il faut faire une règle de 3 avec le rapport d'échantillonnages des 2 capteur. Par exemple pour un rapport 4 on mettra moins de 0.12

agressivité en DEC mettre une valeur un peu plus faible qu'en AD (30 à 70%) le but étant que la courbe rouge reste d'un côté de l'axe et le plus "parallèle" possible à celui ci

barres de corrections la hauteur donne la durée de correction

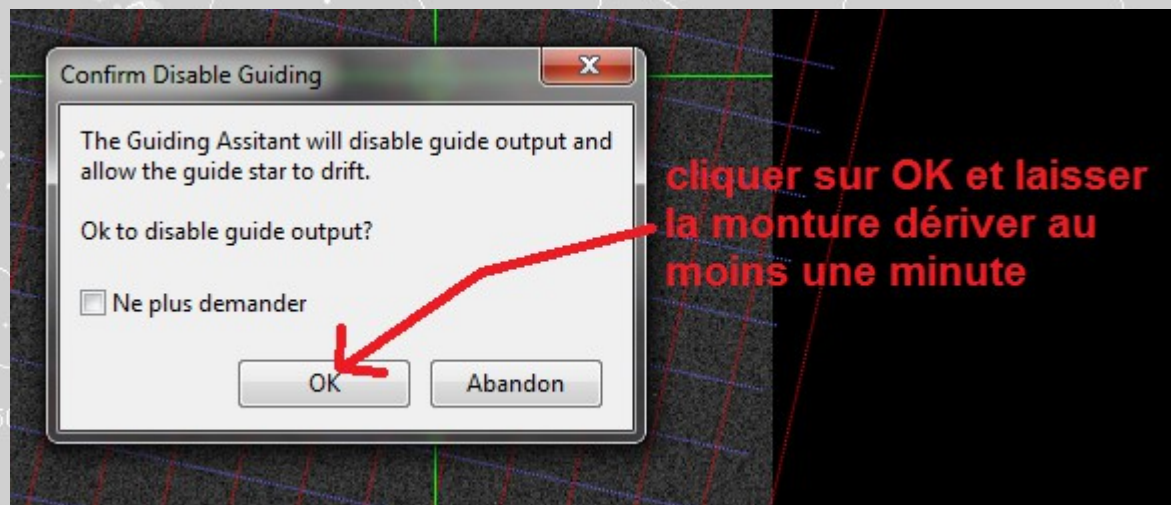
Le but est de n'avoir que des correction en DEC dans un seul sens i.e. des barres rouges que d'un côté de l'axe

seuil minimum de correction en DEC
Le mettre un peu plus élevé qu'en AD, le but étant que la courbe rouge reste d'un côté de l'axe.

L'optimisation des réglages

Le Guiding Assistant

- PHD possède un outil d'analyse et d'optimisation des réglages !
- Lancez l'autoguidage
- Un fois que c'est stable, lancez le Guiding Assistant dans le menu outils



Le Guiding Assistant

PHD2 Guiding 2.5.0dev7 - local

Fichier Outils Affichage

Guiding Assistant

Measuring backlash...

Measurement Status

Start time	2015-11-25 04:59:51	Temps de pose	3s
SNR	9.9	Star mass	201282.3
Elapsed time	98s	Sample count	30

High-frequency Star Motion

Right ascension, RMS	0.05 px (0.10 arc-sec)
Declination, RMS	0.06 px (0.13 arc-sec)
Total, RMS	0.08 px (0.16 arc-sec)

Other Star Motion

Right ascension, Peak	0.47 px (0.95 arc-sec)
Declination, Peak	0.60 px (1.20 arc-sec)
Right ascension, Peak-Peak	2.61 px (5.25 arc-sec)
Right ascension Drift Rate	1.31 px/min (2.63 arc-sec/min)
Right ascension Max Drift Rate	0.05 px/sec (0.10 arc-sec/sec)
Drift-limiting exposure	1.0 s
Declination Drift Rate	-2.72 px/min (-5.49 arc-sec/min)
Declination Backlash	
Polar Alignment Error	> 21.0 arc-min

Dec Backlash

☒ Measure Declination Backlash

Show Graph

Measuring backlash: Moving North for 500 ms, step 12 / 16

puis PHD mesure le backlash en DEC

Démarrer Arrêter

Profil étoile

ligne FWHM: 1.61

AD

Dec

Cercle de référence

Rayon: 2.0

La monture dérive
- en DEC (mise en station)
- en AD (vitesse de suivi sidéral)

Mx AD 2500 Mx DEC 2500 Auto

Caméra Monture Cal

m=199521 SNR=9.5

AD 0.25 (0.51")
Dec 0.22 (0.44")
Tot 0.34 (0.68")

1600 x 900px

Le Guiding Assistant

Guiding Assistant

Guiding has been resumed. Look at the recommendations and make any desired changes.
Click Start to repeat the measurements, or close the window to continue guiding.

Measurement Status

Start time	2015-11-25 04:59:51	Temps de pose	3s
SNR	9.9	Star mass	201282.3
Elapsed time	98s	Sample count	30

High-frequency Star Motion

Right ascension, RMS	0.05 px (0.10 arc-sec)
Declination, RMS	0.06 px (0.13 arc-sec)
Total, RMS	0.08 px (0.16 arc-sec)

Other Star Motion

Right ascension, Peak	0.47 px (0.95 arc-sec)
Declination, Peak	0.60 px (1.20 arc-sec)
Right ascension, Peak-Peak	2.61 px (5.25 arc-sec)
Right ascension Drift Rate	1.31 px/min (2.63 arc-sec/min)
Right ascension Max Drift Rate	0.05 px/sec (0.10 arc-sec/sec)
Drift-limiting exposure	1.0 s
Declination Drift Rate	-2.72 px/min (-5.49 arc-sec/min)
Declination Backlash	15.7 px (2196 ms)
Polar Alignment Error	> 21.0 arc-min

Dec Backlash

☒ Measure Declination Backlash

Show Graph

Démarrer Arrêter

Recommendations

Try using exposure times in the range of 2.0s to 4.0s

Polar alignment error > 10 arc-min; try using the Drift Align tool to improve alignment.

Try setting RA min-move to 0.12

Appliquer

Try setting Dec min-move to 0.15

Appliquer

Backlash is 15.7 px; you may need to guide in only one Dec direction

Appliquer

Pour s'entraîner

Le simulateur de caméra

- Choisir « simulateur » pour la camera
- Choisir « on camera » = ST4 pour la monture
- Commencer avec les réglages par défaut
- Explorer les réglages du simulateur et essayer de bien régler PHD en conséquence

