

Autoguidage – Techniques avancées
András Dán, MSc, Gemini, Nov. 2012
Traduction par (Translation by) Siegfried & Nathalie BAUER

Introduction

Afin de tirer le meilleur parti de notre équipement coûteux : monture, télescope et caméra de guidage, caméra principale, je vous propose une approche systématique concernant le sujet très important de l'astrophotographie.

Le but de ce document est d'aider à comprendre le processus de l'autoguidage et d'obtenir le meilleur résultat possible avec votre matériel. Il est destiné aux débutants comme aux experts.

L'autoguidage est une tentative de suivre le mouvement céleste avec une erreur inférieure à la dimension du pixel (plus petite erreur visible) de notre caméra principale. Tout en essayant de corriger les erreurs de suivi, nous voulons éliminer le flou atmosphérique (sauf pour les optiques actives à haute fréquence).

Commençons par la création d'une liste des intervenants.

Etoile guide

- Sa position sur le capteur de guidage est mesurée par le logiciel de guidage à intervalles réguliers, normalement avec quelques secondes (1-5) d'intégration. La soit-disante «erreur de guidage mesurée" est le résultat des erreurs de suivi (réfraction et erreurs mécaniques) et de la turbulence atmosphérique.

Monture

- Elle suit le mouvement céleste aussi précisément que son alignement polaire, le logiciel et la mécanique le permettent.

Caméra de guidage

- Elle prend des images de l'étoile guide et les envoie au logiciel de guidage pour analyse.

Lunette guide

(séparée) – envoie l'image de l'étoile guide au capteur de la caméra de guidage. Dans le cas de guidage hors Axe (OAG - diviseur optique) ou d'une caméra à double capteur, nous n'avons pas de lunette guide.

Logiciel de guidage

- Il est le cerveau du système, il interprète les données du capteur de la caméra de guidage et envoie des commandes de correction à la monture.

Télescope principal

- Ne pas rejeter toute faute sur le guidage, le télescope principal est la moitié de l'histoire.

Le processus de guider

Tout commence avec la prise de l'intégration de l'étoile guide, disons durant 2 sec.

L'exposition terminée, l'image est téléchargée et analysée par le logiciel, la position du centroïde est calculée (au 1/100ème d'un pixel normalement), disons durant 0,2 sec.

Une commande de correction est envoyée à l'unité de commande qui réagit avec un petit retard, par exemple de 0,05 sec.

Maintenant, la monture / télescope accélère et occupe la position corrigée, disons, 0,2 sec (la correction était de 0,15 sec).

Le cycle est terminé et après un petit retard (si activé) pour laisser la monture se stabiliser, une nouvelle exposition commence. Le temps de cycle dans ce cas est de 2,45 sec. Si l'on considère le point du milieu de l'exposition, la correction a été terminée 1,45 secondes après que la position de l'étoile guide a été prise.

Cet exemple rend évident que l'autoguidage a toujours une certaine incertitude en soi. Plus le seeing (la vision) est mauvais(e), plus le suivi est erratique, la pire des situations. [Nous pouvons conclure que le seeing et la performance de la monture sont des facteurs importants de précision de guidage](#)

En théorie plus le cycle de guidage est court et plus le résultat sera meilleur. Le problème est que 40 kg de matériel ne peuvent pas être déplacés plusieurs fois par seconde. L'optique active a été introduite pour surmonter ce problème, mais il vous faut une étoile guide brillante pour être assez rapide. Que la vie est difficile!

Choisir la bonne configuration

Comme nous ne pouvons pas changer le seeing et que notre monture a des erreurs que nous ne pouvons pas éliminer, nous avons donc des choix importants à faire.

Étoile guide

L'étoile de guidage ne doit pas saturer sur le capteur de guidage. Il devrait être assez brillant pour donner un rapport signal / bruit fiable. Le niveau de l'ADU doit être compris entre 30 à 90% de la valeur maximale (255 pour 8 bits, 4095 pour 12 bits). Méfiez-vous des étoiles doubles proches!

L'étoile de guidage devra idéalement être proche de la cible, car la dérive dec et la réfraction peuvent différer, pour ne pas mentionner la rotation de champ si l'alignement polaire est imprécis et que vous travaillez à proximité du pôle.

Lunette guide

L'utilisation d'un champ de guidage avec une caméra de guidage décent vous laisse rarement sans une étoile guide. C'est utile mais soulève beaucoup de problèmes mécaniques. Utilisez cette option si vous comprenez la mécanique et ne souhaitez pas prendre des poses unitaires de plus de 5-20 min.

Si votre télescope principal a la mécanique et l'optique fragiles qui peuvent se déplacer un peu, utilisez un diviseur optique ou des CCD à double capteur. Pour les poses unitaires de plus de 20-30 minutes c'est la seule solution avec la plupart des télescopes.

Rappelez-vous qu'un système peut souffrir d'aberrations optiques (coma, astigmatisme, etc) si les optiques ne corrigent pas les rayons qui atteignent la caméra de guidage, les étoiles en proie de coma donnent des valeurs de position du barycentre moins précises.

Si vous utilisez une lunette guide faites particulièrement attention à ce qui suit:

L'ouverture de la lunette guide ne doit pas être au-dessus de 80 mm afin de minimiser les mauvais effets de scintillation (seeing) et du poids. La longueur focale a une limite inférieure sur la base de considérations de résolution.

Supposons que vous souhaitez que le logiciel de guidage puisse détecter une erreur d'un dixième de pixel de votre caméra, et que votre logiciel calcule la position du centre de gravité au 1/100ème d'un pixel :

Sur cette base nous pouvons calculer la longueur focale minimale de votre lunette guide. Ci dessous, se trouvent les chiffres dont vous avez besoin:

a= taille d'un pixel du capteur de la caméra principale

b= taille d'un pixel du capteur de la caméra de guidage (à la fois en microns)

Longueur focale (FL) de la lunette guide = FL télescope principal x b / 10a

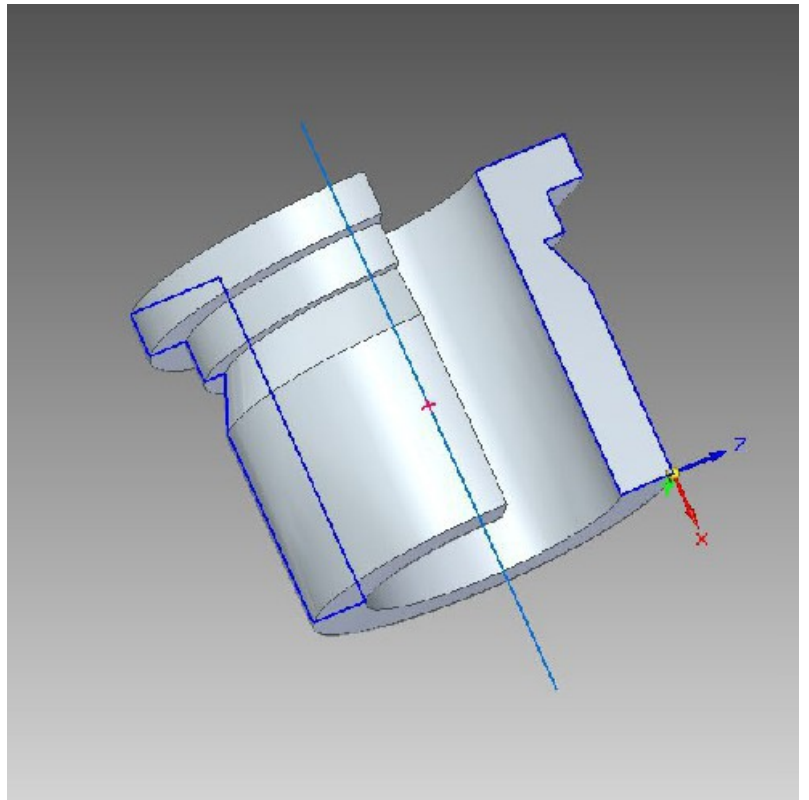
Ne pas utiliser une FL beaucoup plus longue que nécessaire, car cela signifie une lunette guide plus lourde et plus de flexion. La FL double si la caméra de guidage est utilisée en binning 2x2.

Le champ d'application de guidage sera de préférence une lunette (moins de pièces optiques, plus stable mécaniquement) et si possible au moins semi-apochromatique. Vous aurez besoin d'un filtre IR pour des étoiles ponctuelles. Un filtre rouge + IR donne des étoiles très serrées et moins de flou de scintillation (seeing). Avec le filtre rouge la lunette achromatique est également envisageable.

Toutes les pièces mécaniques de la lunette guide et son support doivent être rigides et professionnels. Il en est de même pour les OAG et le télescope principal. Plus les poses unitaires seront longues plus ces exigences deviendront importantes.

Prenez bien soin lors de la focalisation de la lunette guide. La position calculée d'une étoile ciblée, mal mise au point, se mesure moins précisément.

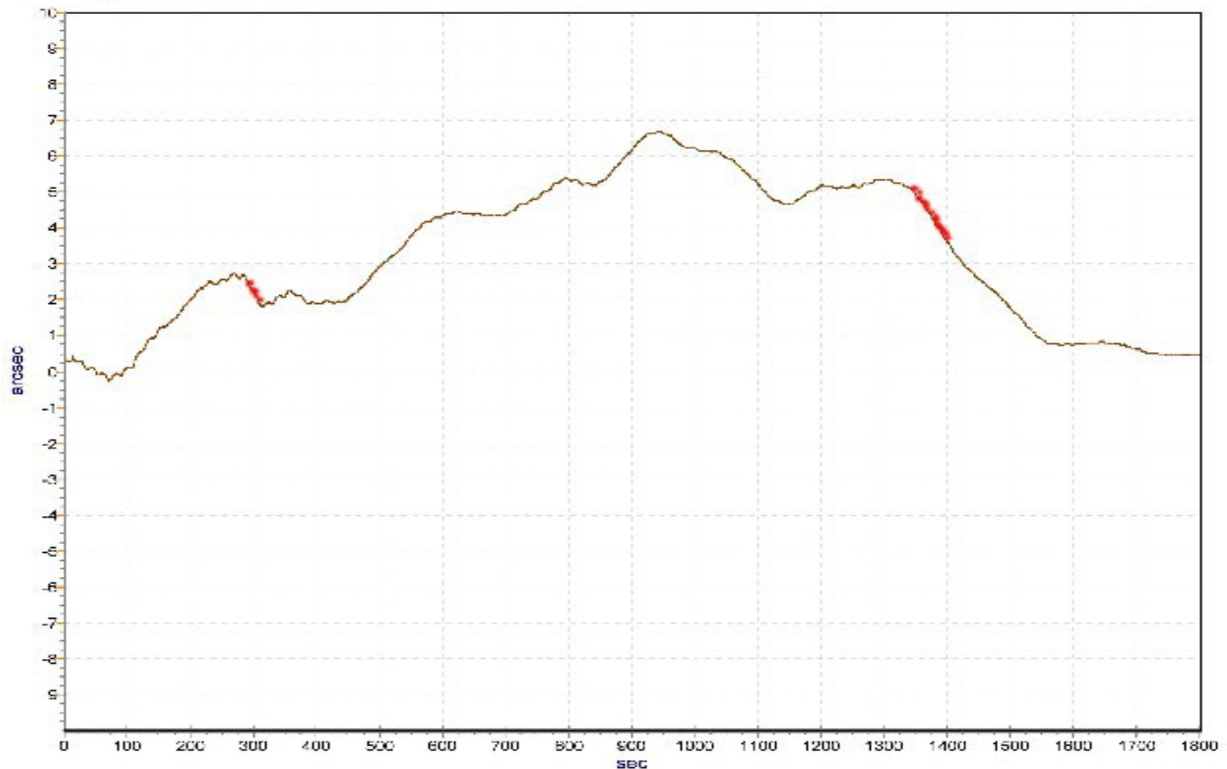
Sur la droite, vous voyez un adaptateur avec gorge conique. Sur votre lunette guide et le télescope principal, vous devez utiliser des adaptateurs comme celui-ci, fixés avec 2 ou 3 vis latéralement



Monture

C'est une bonne idée d'apprendre le fonctionnement du suivi de votre monture. Connaître le PE d'une monture n'est pas suffisant. Vous aurez besoin du graphique de guidage avec des points toutes les 1-2 secondes pour disposer des informations nécessaires pour connaître le temps (en secondes) que votre monture peut suivre sans guider, avec la précision que vous désirez obtenir pour la formation de votre image (1", par exemple). Examinez le graphique de près et cherchez la partie la plus forte de la courbe. Maintenant, trouvez combien de secondes sont nécessaires à la monture pour atteindre l'erreur de 1" (ou de votre valeur)? Si elle est de 3 secondes (par exemple), vous n'utiliserez pas des intégrations de guidage au dessus de ce temps, au risque que vos images se dégradent.

Dans l'exemple ci-dessous les parties critiques de la courbe du PE ont été marquées en rouge.



Gemini 2007. 03. 26.

Il est évident que l'utilisation de PEC vous permettra d'utiliser de temps d'intégration supérieurs lors du guidage, ce qui permet de diminuer les mauvais impacts du seeing. Certains contrôleurs ne supportent pas de PEC + guidage, mais la majorité le permet, donc utilisez cette option!

S'il y a un peu de jeu dans votre monture, déséquilibrez-la légèrement de façon qu'elle tire vers l'est. En DEC la direction du déséquilibre est indifférente. Le jeu (backlash) peut être minimisé si le contrôleur ou le logiciel de guidage permet la compensation du jeu en DEC.

Malheureusement le jeu d'un mécanisme n'est pas une valeur constante, il est normalement impossible de définir une valeur qui fonctionne toujours. Dans ce cas, le calibrer pour chaque nouvel objet.

Si votre contrôleur permet de régler un courant d'arrêt **assurez-vous qu'il n'est pas beaucoup plus faible** que le courant utilisé pour le suivi. Sinon, le moteur peut sauter en DEC (steppers seulement) quand il doit déplacer le télescope après quelques secondes d'inactivité.

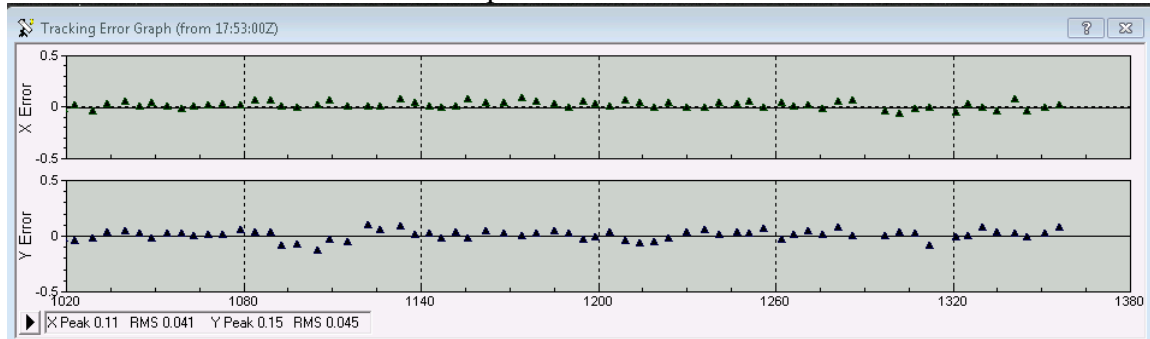
Si vous rencontrez d'étranges et brusques sauts en DEC, il est possible que ce soient les roulements RA de votre monture. Dans ce cas, vous ne pouvez pas faire grand chose d'autre que de les remplacer.

La façon dont vous connectez la monture à l'ordinateur peut également avoir un effet sur la précision du guidage. Durant une nuit sur un même objet, comparez les résultats (statistiques de guidage) d'un autoguidage, câble connecté au port AG de la monture et avec la sélection "Telescope" comme connexion (cela enverra les commandes à la monture sur la ligne série / USB). L'utilisation d'un câble d'autoguidage signifie avoir un joueur de plus dans le jeu, les relais des caméras CCD, qui ne sont pas toujours

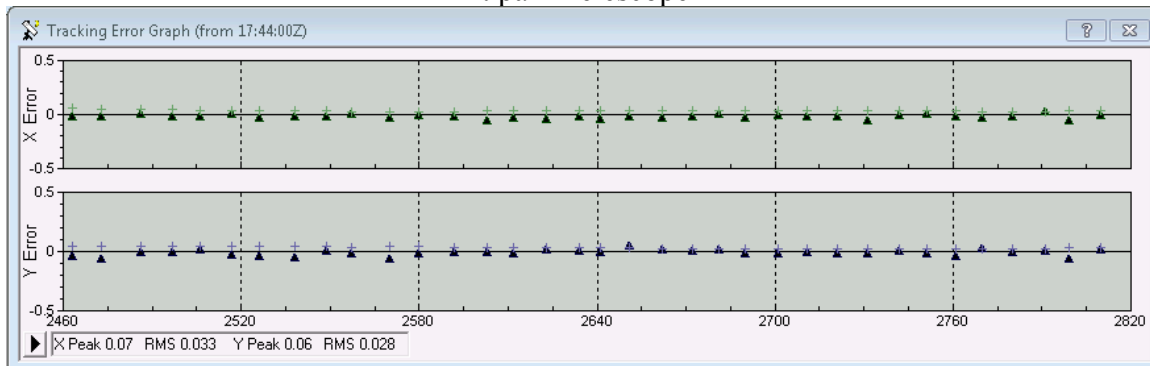
souhaitables.

Voici un exemple. La différence est statistique, évidente. Le support utilisé est un Gemini G53F avec Pulsar2.

Guider par relais de la caméra



Et par "Télescope"



De nombreux contrôleurs offrent l'alignement sur 3 étoiles qui corrige les goto-s et aussi la vitesse de suivi, même si l'alignement polaire est incorrect. C'est cool, mais ça ne corrige pas la rotation de champ ce qui peut être très frustrant près du pôle. Pour plus de sérieux dans votre travail, vous avez besoin d'un bon alignement polaire.

Logiciel

Des paramètres incorrects peuvent détériorer les performances de guidage.

Commencez par sélectionner la vitesse de guidage dans votre contrôleur. Pour plus de précision de guidage vous devez choisir la plus petite vitesse de guidage. En effet, la plus petite correction possible (en temps) est limitée par le temps de réponse des contrôleurs et de l'inertie de monture. Pour une échelle de l'image de 1-2 secondes d'arc-j'utilise 10% de la vitesse sidérale. Cela signifie qu'une correction est de 0,1 sec correspond à environ 0,1 seconde d'arc.

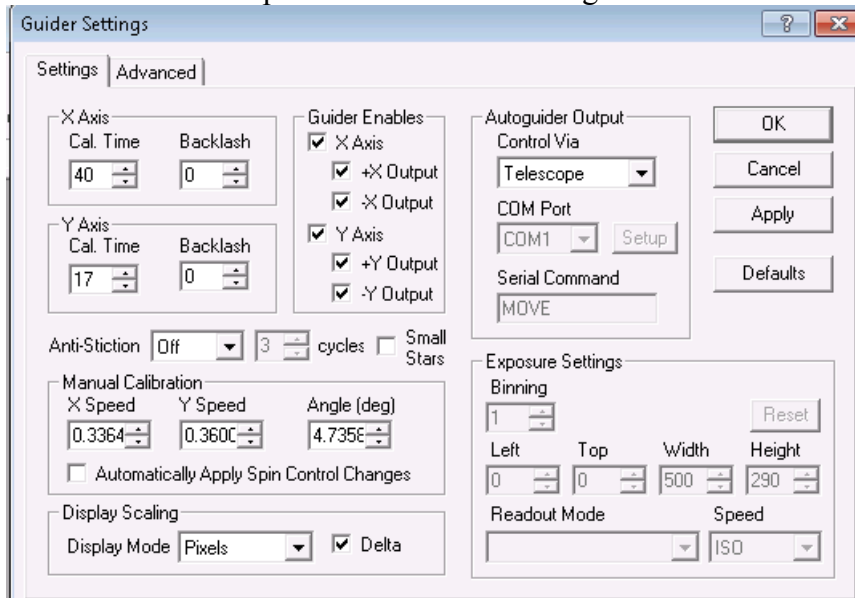
Pour l'imagerie avec un téléobjectif, vous n'aurez pas besoin de si petites corrections et une vitesse de guidage supérieure fonctionnera mieux.

Comme indiqué ci-dessus, **votre étoile guide ne doit pas être saturée**. La saturation rend la détection du barycentre difficile et imprécise.

L'intégration du guidage doit être choisi en fonction des performances de la monture comme expliqué ci-dessus, luminosité de l'étoile guide (pas de saturation mais bon

rapport S / B) et la qualité du seeing (les expositions plus longues diminuent l'impact du seeing).

Habituellement l'étape suivante est l'étalonnage.



Pour calibrer la monture, nous devons déplacer la monture pendant plusieurs secondes, sinon le résultat sera très imprécis.

D'autre part, pendant le guidage on ne déplace jamais le télescope durant plusieurs secondes, juste une fraction de seconde.

La vitesse moyenne mesurée au cours de l'étalonnage sera plus élevée que la vitesse que nous allons trouver en déplaçant le télescope de 0,1 sec, par exemple.

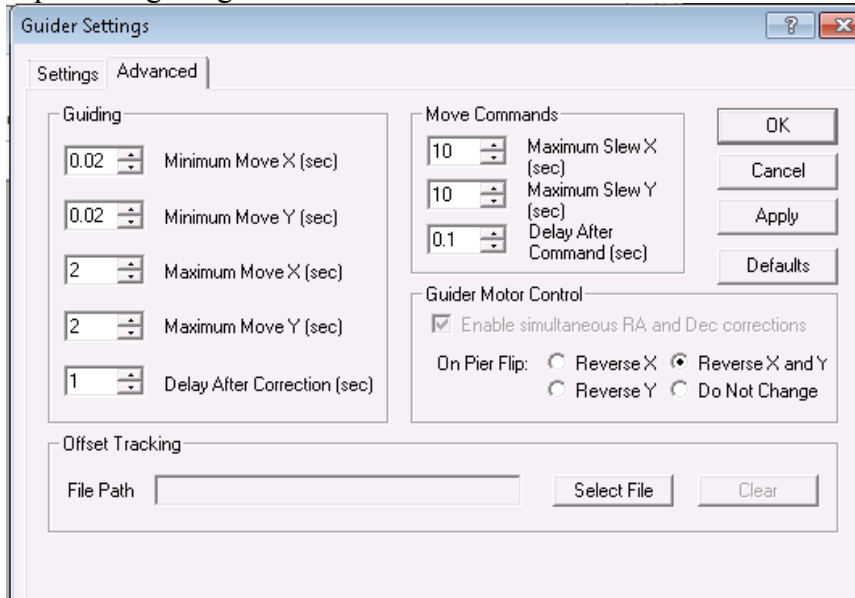
C'est parce que la monture commence son déplacement par une accélération, comme le font tous les corps à inertie (votre voiture par exemple). Je recommande de réduire la vitesse calibrée de 10% et de vérifier les performances de guidage. Si la sur-corrrection est fréquente (les erreurs passent du côté opposé de la ligne, de + elles passent à -), diminuez l'agressivité.

Si votre contrôleur permet la correction simultanée en RA et DEC, il vous permet d'économiser un temps précieux.

Le temps de correction minimum doit être effectué en tenant compte de votre marge d'erreur d'imagerie et les capacités de votre monture.

L'expérimentation est utile ici, mais plus la valeur que vous saisissez est faible plus la chance d'un résultat parfait diminue. Je n'entrerais pas moins de 0,02 sec mais si vous avez choisi la bonne vitesse de guidage, ce paramètre a peu d'effet sur le résultat.

Le délai maximum de correction vous permet d'éviter de guider sur un pixel chaud du capteur de guidage.



Ci dessus se trouve un exemple de paramètres de guidage dans Maxim DL5 pour une monture équatoriale allemande.

Caméra de guidage

Les paramètres importants de l'appareil de guidage sont:

[Sensibilité.](#)

Plus elle monte plus les étoiles de guidage peuvent être faibles.

[Bruit.](#)

Un capteur bruité aura la détection du centre de gravité corrompu.

[Taille.](#)

Un plus grand capteur détecte davantage d'étoiles de guidage.

[Le temps de téléchargement.](#)

Le plus court sera le mieux.

[Poids et taille:](#)

Une caméra légère crée moins de flexions, les plus petites s'adaptent mieux aux OAG

En théorie, les algorithmes de guidage peuvent travailler avec des capteurs mal orientés mais au final cela aide d'avoir les capteurs orientés parallèlement à RA et DEC du ciel.

Au moins, cette orientation vous permet de voir d'où viennent vos problèmes de guidage

Une caractéristique très importante d'une caméra de guidage est la qualité du capteur et son niveau de bruit. Des mauvais pixels et un bruit de lecture élevé entravera la précision de détection du centre de gravité d'une manière aléatoire. L'utilisation de la caméra en binning 2x2 réduit le bruit mais dans ce cas la longueur focale minimale de la lunette de guide doublera.

Dépannage

Si vous avez toujours des étoiles ponctuelles dans vos images, vous n'êtes probablement pas en train de lire ce document. Si ce n'est pas le cas, je vais vous aider à obtenir vos étoiles parfaitement rondes.

Il n'y a pas que le guidage qui peut causer des problèmes. Les étoiles peuvent avoir des profils d'étoiles faussées pour plusieurs raisons.

L'importance du suivi ou guidage d'une exposition diminue près du pôle céleste.

Pour cette raison, les tests concernant le guidage ou le suivi des performances sont réalisés autour de DEC = 0 et près du méridien. Les tests ne concernant pas les erreurs de suivi ou de guidage (comme la collimation, l'inclinaison) seront meilleurs près du pôle où les erreurs de suivi monteront moins durant de courtes expositions.

Problèmes optiques

- Collimation, optiques défectueux, pièces détachées dans l'OTA peuvent produire tous les problèmes. Parfois, les filtres peuvent être défectueux et déforment l'image ou le capteur est incliné dans la caméra. Une flexion ou un porte-oculaire mal alignée s'inscrivent également dans cette catégorie, car ils produisent des effets similaires.

Les problèmes mécaniques

- Flexion dans les parties tenant la lunette guide ou l'OAG, ou la caméra principale.

Problèmes de suivi

- Tout ce dont je vous ai parlé si longuement.

Cela semble complexe, mais il existe des moyens simples d'identifier les erreurs. La clé du succès est une approche systématique. Ne vous fiez pas à une partie de votre configuration aveuglément, testez-les toutes!

Un cas très simple, c'est quand les étoiles ont des formes différentes dans les différents coins de l'image. Cela est principalement dû à des problèmes de collimation et de l'inclinaison de la caméra ou du capteur.

Le fait est que les erreurs optiques sont normalement toujours présentes, même dans les expositions les plus courtes, tandis que les erreurs mécaniques ont tendance à s'accumuler avec le temps.

Les erreurs de guidage et mécaniques peuvent être difficiles à identifier parce qu'elles peuvent varier d'une nuit à l'autre ou en fonction de la position de la monture.

Nous allons d'abord exclure les erreurs optiques en prenant 10 expositions non guidées courtes, disons 5 secondes chacune (trouvez un champ avec assez d'étoiles brillantes pour cela). Si vous n'obtenez que des étoiles parfaites sur toutes les expositions vous n'avez pas de problèmes optiques, mais de guidage ou mécaniques.

Différencier les erreurs de guidage des erreurs mécaniques est un peu difficile, mais pas impossible.

Lancez une série d'expositions guidées avec l'augmentation des temps d'intégration, 60, 120, 240 et 600 secondes (ou votre temps d'exposition maximal désiré), 2 photos pour chaque temps de pose. Examinez attentivement toutes les images.

Idéalement, les plus courtes devraient être bonnes et plus l'exposition est longue, plus les traînées des étoiles seront importantes. C'est typiquement de la flexion.

Malheureusement, la position réelle du télescope peut influencer le résultat de sorte que vous devrez peut-être répéter le test dans plusieurs endroits du ciel jusqu'à ce que les résultats soient sans ambiguïté. Si vous avez des flexions vous devez vérifier soigneusement chaque partie impliquée au guidage et son support, ainsi que le support de la caméra principale, y compris le dispositif de focalisation.

Un autre moyen facile de diagnostiquer la flexion est de regarder une série de poses unitaires de la même nuit et de vérifier la dérive systématique dans les positions des étoiles entre les images consécutives. S'il y a dérive, la cause la plus probable est la flexion, la lunette de guidage ou le télescope principal (ou les deux).

La direction de l'erreur (allongement des étoiles) est également une information importante. Si ce n'est pas exactement dans la RA ou DEC vous pouvez soupçonner la flexion. Si c'est exactement EW ou NS, vous avez probablement des problèmes de guidage, mais il y a une petite chance que la flexion s'inscrive dans ce cas particulier dans l'une des directions principales, donc soyez prudent!

Ci-dessous vous avez un extrait d'une image de 30 min ayant 1,6 "/pix, avec le signe de flexion. RA est horizontal

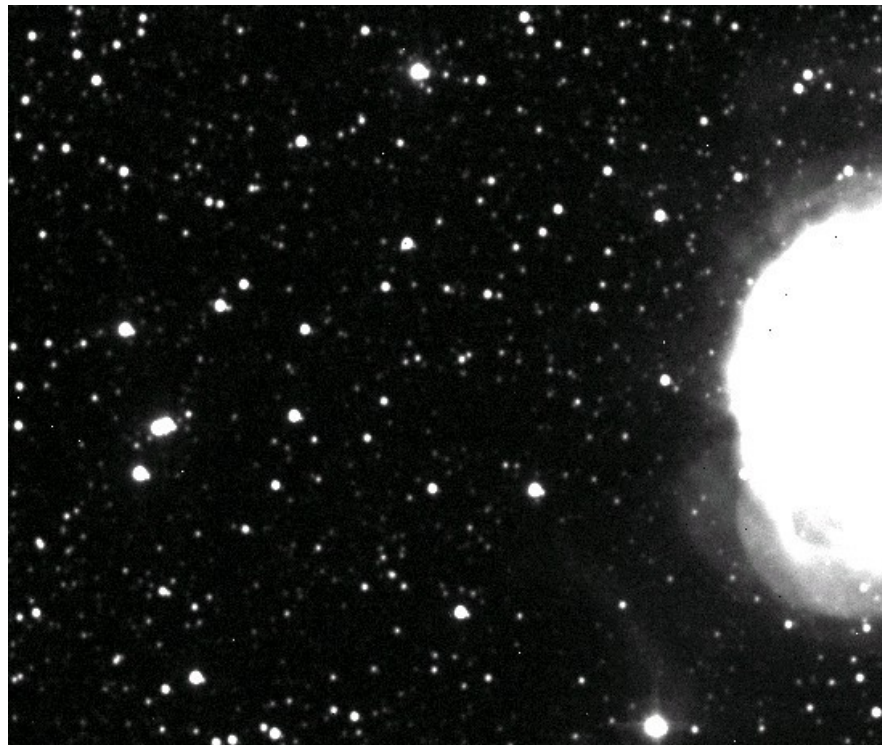


Rappelez-vous que la seule installation 100% sans problèmes de flexion est la caméra à double capteur (naturellement qui a d'autres inconvénients graves). L'OAG peut aussi avoir de la flexion là où la caméra est fixée à la tête ou à d'autres interfaces. Les roues à filtres peuvent également introduire des flexions s'elles sont chargées d'une caméra lourde. Je ne parle pas de roues internes bien sûr.

Si toutes les expositions guidées (à courte et à longue durée) montrent des traînées d'étoiles (même si elles ne sont pas pas à la même amplitude) et que vous avez passé le test sans guidage, très probablement vous avez des problèmes de guidage et vous avez besoin d'étudier attentivement la première partie de ce document.

Si votre test montre des problèmes optiques, vous commencerez à les résoudre en démarrant par la fin de la chaîne, la caméra, en faisant pivoter une partie du système à la fois (si possible). D'abord faites pivoter la caméra et observez si la distorsion tourne sur votre moniteur. Si c'est le cas, l'erreur ne vient pas de la caméra. Ensuite, pivotez le dispositif de focalisation (mais gardez l'orientation de la caméra fixe) et vérifiez le résultat. Si la distorsion a pivoté, votre dispositif de focalisation est probablement mal aligné.

Enfin
quelques mots
sur
une autre
source d'
erreurs -
externes, qui
est en dehors
votre
observatoire
ou de la
monture.
Plus les
expositions
sont longues
plus
les chances
sont grandes
que
quelque chose
perturber
le guidage
occasionnellement.
Ces facteurs peuvent être
nombreux. Dans mon
expérience, j'ai vu
ce qui suit:
nuage spontané



de

va

condensation,
occultation par une traînée d'avion ou rayons cosmiques.

Dans l'image de droite ci-dessus (30 min d'exposition) les étoiles les plus brillantes ont un «nez». Quelque chose a dû perturber le guidage en RA pendant quelques secondes, laissant un signe sur seulement les étoiles les plus brillantes.

En résumé, voici les questions que vous devrez vous poser lors de la chasse aux erreurs:
L'erreur est-elle présente de manière uniforme sur toutes les parties du capteur?

OUI / NON

OUI: Problème de guidage, Flexion

NON: collimation, inclinaison (du capteur CCD)

L'erreur est-elle présente sur une exposition courte non guidée?

OUI / NON

OUI: collimation, inclinaison

NON: Problème de guidage, Flexion

Quelle est la longueur minimale des expositions guidées produisant l'erreur?

Moins / plus de 30 secondes

COURTE: problème de guidage, collimation, inclinaison

PLUS: Flexion

Dans quelle direction tombe l'erreur sur le capteur / ciel?

Direction principale / arbitraire

Principale : problème de guidage

ARBITRAIRE: flexion, collimation, tilt