

## Le seeing en imagerie solaire : un phénomène local

Alexandre Lhoest (allhoest@scarlet.be)

On voit aujourd'hui émerger dans le monde amateur des optiques solaires de diamètre de plus en plus grand. Le miroir désaluminé de 200 mm est courant et de plus grands diamètres montant à 300 voir 400 mm voient le jour. En imagerie H $\alpha$ , des optiques de 200, 250 voire 280 mm émergent. Avec comme inconvénient principal que le diamètre de l'optique augmentant, la sensibilité à la turbulence atmosphérique s'amplifie.

Un des derniers outils en imagerie solaire permet la mesure de seeing diurne. Ou du moins de mesurer un paramètre, la scintillation solaire, permettant d'approcher une composante du seeing. L'élément clef de cette technique repose sur la constatation faite par Edward Seykora de la corrélation entre la scintillation de l'irradiance solaire et la qualité des images solaires.

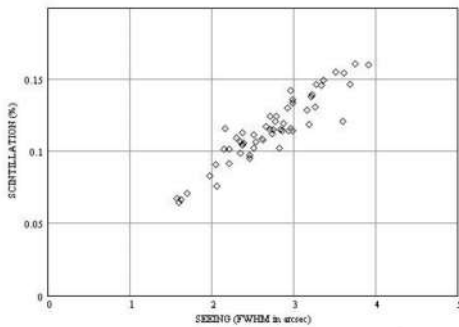


Fig.1 Relation "Seykora" entre le Seeing Solaire et la Scintillation

Les choses sont en fait un peu plus compliquées qu'une simple corrélation, car la scintillation sur des objets larges comme la lune et le soleil est plus forte en basse altitude. La turbulence atmosphérique varie avec l'altitude et d'autres facteurs, ce qui laisse à penser que le seeing est une affaire plus complexe. Mais la turbulence diurne est un phénomène où l'influence des basses couches de l'atmosphère est prédominante. Ce qui nous réconcilie avec l'observation de Seykora, qui a montré une relation principale entre le seeing solaire et la scintillation de la lumière du soleil.

E. Seykora a proposé aussi une solution électronique pour mesurer la scintillation dans un article "An Inexpensive Solar Scintillation Seeing Monitor Circuit with Arduino Interface". La mesure se fait au moyen d'une photodiode, connectée à une petite circuiterie électronique mettant en œuvre un amplificateur opérationnel. Il s'agit en effet de mettre en évidence une variation de l'irradiation totalement imperceptible à l'œil nu. En aval de l'électronique, une platine à microcontrôleur traite les signaux analogiques et rend un signal numérique sur un port USB.

Une société commerciale, poussée par quelques imageurs à haute résolution, a repris cette publication d'E. Seykora. Après quelques aménagements, le SSM - Solar Scintillation Monitor - est né. Je vous invite à visiter le site du très dynamique fabricant Airylab ainsi que le manuel de l'appareil. Dans sa version commerciale, le SSM dispose d'un écran LCD pour un affichage des résultats en

local. Il est utilisable en nomade au moyen d'un de ces petits "power tank" pour GSM. Voici donc un appareil très utile pour évaluer rapidement un site et il m'a permis par exemple de confirmer sur le champ qu'un site de montagne, même à 3000 m d'altitude, n'est pas systématiquement un bon site.

Le SSM est utilisable aussi en connexion avec un PC, sur lequel un logiciel propre est chargé. La visualisation des données on-line et l'enregistrement des valeurs est prise en charge. Airylab propose aussi au moyen de son logiciel de contrôle de caméras une option pour déclencher automatiquement les captures lorsque la valeur de seeing atteint un seuil limite. Personnellement, je n'utilise pas cette option, du moins pas encore.

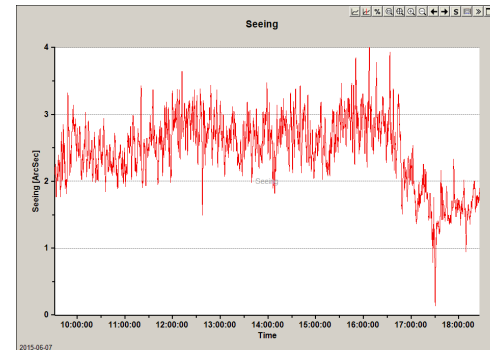


Fig.2 Mesure de seeing dans un quartier périphérique de ville. Echantillons moyennés sur 60s.

J'habite dans un quartier périphérique d'une ville de province, où les rues sont disposées en parallèle et les parcelles disposées à intervalles réguliers. A ce premier site d'observation, je suis entouré de maisons et quadrillé par des routes asphaltées, facteurs de turbulence.

L'endroit est réputé non propice, à l'observation solaire, comme le montre la mesure de seeing. La valeur moyenne de seeing donnée par le SSM est de 2 à 3 arcsec en journée.

Les captures vidéo en imagerie solaire durent généralement quelques dizaines de secondes. Si nous observons la mesure de seeing sur une courte période, nous observons des valeurs basses de l'ordre de 1.2 arcsec, ce qui est déjà quelque peu encourageant, mais pas suffisant pour la haute résolution.

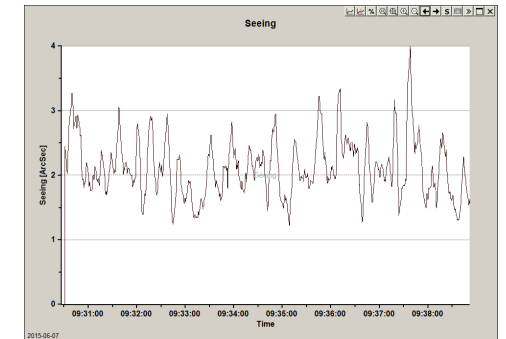


Fig.3 Zoom temporel sur les mesures de seeing dans un quartier périphérique de ville. Echantillons moyennés sur 5s.

L'observatoire de Big Bear est situé sur un lac. L'eau avec son inertie thermique a un effet stabilisant sur la turbulence. Basé sur ce fait, des mesures ont été faites au lac de Bütgenbach, situé à environ 550 m d'altitude. Le cercle entoure le premier point de mesure sur la berge du lac. Les valeurs mesurées de seeing sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées en ville comme mentionné plus haut: 2.5 arcsec. C'est une déception, mais je m'y attendais un peu, car ayant déjà imagé à

cet endroit, je n'avais pas été convaincu par la qualité du site.

Oui, mais l'observatoire de Big Bear n'est pas placé en bord de lac, mais au bout d'une jetée s'avancant dans le lac. La mesure suivante a été faite sur le petit ponton encadré sur la photo. Les valeurs sur ce point sont l'ordre de 3.5 arcsec. C'est à l'opposé de l'attendu et c'est une double déception. Il est important de noter que les mesures ont été faites avec deux appareils: le premier restant en ville et servant de référence et le deuxième servant pour les mesures en mobile autour du lac. La mesure en ville n'a pas dévié notablement à ce moment.



Fig.4 Trois points de mesure au bord du lac de Bütgenbach donnent des résultats très différents.

La mesure sur le lac laissant perplexe, une troisième mesure a été faite sur la berge à quelques mètres du ponton, point marqué par la flèche. Très étonnamment, le seeing moyen est revenu à 1.5 arcsec. Sur une période de 12 minutes, les valeurs basses de seeing ont atteint régulièrement un niveau inférieur

à 0.8 arcsec et même parfois inférieur à 0.7 arcsec.

Ces trois mesures sont interpellantes, car elles semblent démonter des idées reçues (lac stabilisant, hors des villes, etc.) et mettre en évidence un phénomène de seeing très local.

La recherche d'un bon site d'observation continue. En plus de l'eau comme élément stabilisant, une des recommandations générales en imagerie solaire est d'observer à partir d'un site dans une zone herbeuse. Un autre site intéressant est un marécage des Hautes-Fagnes dont l'accès est facilité par un sentier surélevé en bois. Ici, les mesures se sont révélées fort encourageantes: une valeur moyenne de 1.5 arcsec, mais avec des pics répétés de valeurs aussi basses que 0.5 arcsec!

L'accès au site avec un télescope, PC, alimentation électrique, et autres accessoires n'est cependant pas aisé et ce site est peu propice en pratique.



Fig.5 Les mesures au-dessus d'un marécage sont très bonnes, mais le site est peu propice à l'accès avec du matériel conséquent.

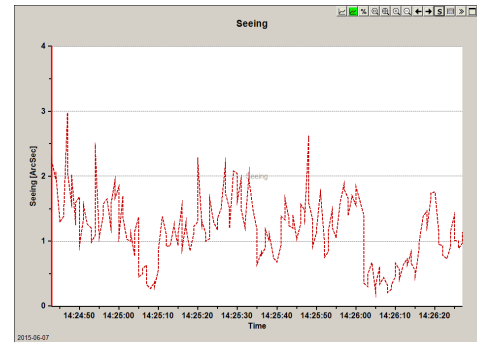


Fig.6 Les mesures au-dessus d'un marécage: la mesure présente des pics bas sous les 0.5 Arcsec. Echantillons moyennés sur 5s.

Toujours dans l'idée de zones herbagées, d'eau et/ou de marécage, la série de mesures suivante a été réalisée sur un site bien connu des astronomes amateurs de la région: Sourbrodt. Au lieu d'avoir un appareil de mesure laissé en référence en ville comme lors des essais précédents, il semble préférable d'avoir une référence sur un site et d'explorer diverses possibilités de ce site.

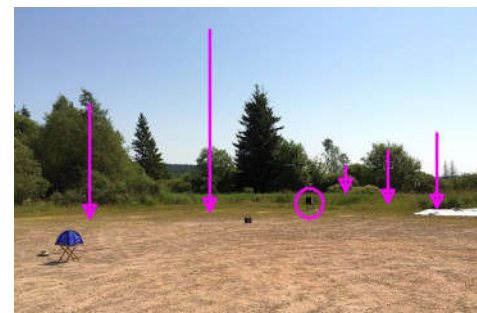


Fig.7 Exploration du site de Sourdrodt.

Le point de référence est entouré sur la photo. Au début de la campagne de mesures, les deux SSM ont été mis côte à côte, afin de s'assurer qu'ils donnent la même valeur, ce qui est le cas. Le seeing moyen à cet endroit, à 9h du matin heure

locale, est de 0.7 arcsec et descend régulièrement sous les 0.5 arcsec!

Des mesures ont été faites à divers endroits. La taille des flèches sur la photo augmente au fur et à mesure des points de mesure. Le marécage se situe derrière le point de référence.

L'herbage semblant avoir un effet stabilisant, le SSM mobile a été placé dans les hautes herbes, quelques mètres en avant de la référence. Il n'y a ici pas de différence notable sur la mesure de seeing. Par contre, un peu plus à droite, entre la référence et la bâche blanche de droite, le seeing se détériore de 0.2 arcsec environ. Il n'y a pourtant que 5 m d'écart avec la référence.

Vous serez certainement intrigués par cette bâche blanche. La turbulence est en effet créée par un échauffement local, par exemple par le sol, qui à son tour rayonne l'énergie. Basé sur ce fait et sur le fait que la turbulence soit un phénomène local, il y a peut-être moyen de la gérer en couvrant le sol d'un élément n'absorbant pas la chaleur et donc ne la rayonnant pas. Ici, une bâche blanche. Pour s'en convaincre, la photo infrarouge suivante montre qu'effectivement la bâche est moins chaude que son environnement. Les valeurs de seeing au-dessus de la bâche sont bien corrélées avec la référence, mais cependant plus élevées de 0.3 arcsec en moyenne. A nouveau, une déception. Si le seeing de basse atmosphère est le plus important sur les premiers 100 m d'altitude, peut-être aurait-il fallu mettre une bâche couvrant

au sol cette distance pour arriver à une conclusion notable?

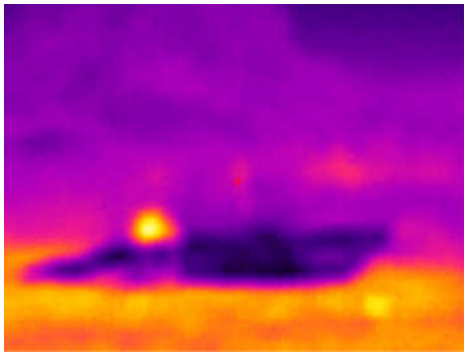


Fig.8 Photo thermique de la zone recouverte d'une bâche. La bâche est sombre, donc à priori à plus faible température

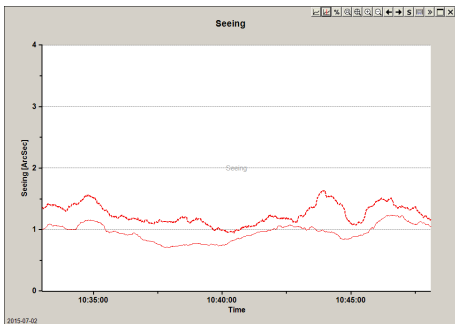


Fig.9 La mesure au-dessus de la bâche présente un seeing plus élevé de  $\sim 0.3$  arcsec. Echantillons moyennés sur 60s.

Toujours intrigué par cet aspect local du seeing, une mesure a été faite au milieu de l'emplacement de Sourbrodt. Ce sol terreux devrait absorber la chaleur et la rayonner en provoquant de la turbulence. La photo thermique montre effectivement un sol nu plus chaud que l'arrière-fond herbeux. La mesure montre que le seeing se révèle être du même niveau que la référence. Mais les deux mesures semblent peu synchroni-

sées, montrant à nouveau que le seeing est un phénomène local. La distance entre les deux points de mesures est de quelques dizaines de mètres.

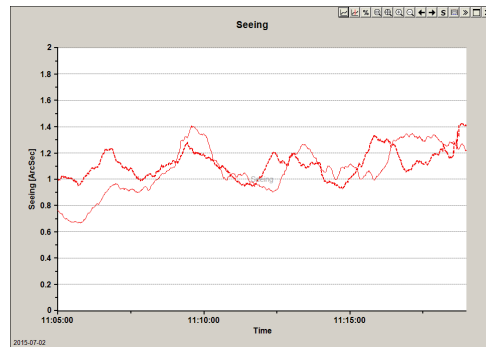


Fig.10 La mesure au milieu du sol nu semble peu corrélée avec la référence, même si leur niveau est similaire. Echantillons moyennés sur 60s, échelle de l'axe Y adaptée.

Pour continuer cette série de mesures, un enregistrement des valeurs de seeing a été fait à gauche de la référence, dans les herbes courtes. Il n'y a pas à cet endroit de déviation de seeing notable.

Enfin, pour terminer la boucle, une dernière mesure a été faite en mettant à nouveau les deux appareils côte à côte, afin de s'assurer de la corrélation de la mesure des deux appareils, ce qui est bien le cas.

La recherche d'un bon site d'observation solaire ne s'arrêtera pas à Sourbrodt. D'autres sites peuvent offrir des résultats inattendus, comme ici, où le seeing moyenné sur 60 secondes était de l'ordre de 0.7 arcsec sur plusieurs heures. Sans pouvoir l'affirmer avec certitude, il devrait s'agir d'un site en bordure de prairie à quelques kilomètres du lac de Bütgenbach.

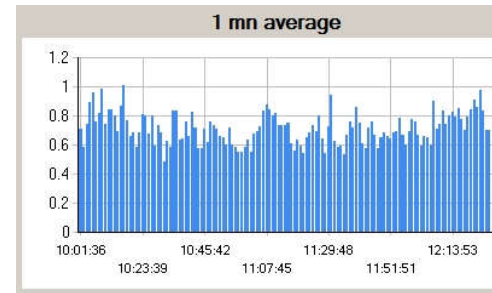


Fig.10 Mesure de seeing avec des échantillons moyennés sur une période de 60s, telle qu'affichée par le logiciel fourni avec le SSM. Le site se révèle très intéressant.

### Références:

- Solar scintillation and the monitoring of solar seeing, Seykora, E.
- A seeing monitor for solar and other extended object observations, Jacques M. Beckers
- An Inexpensive Solar Scintillation Seeing Monitor Circuit with Arduino Interface, E. J. Seykora
- Airylab, Solar Scintillation Monitor  
[http://www.airylab.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=129&Itemid=100](http://www.airylab.com/index.php?option=com_content&view=article&id=129&Itemid=100)  
[http://www.airylab.fr/AirylabUS/index.php?option=com\\_content&view=article&id=63&Itemid=72](http://www.airylab.fr/AirylabUS/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=72)
- Airylab, Solar Scintillation Monitor, manuel  
[http://www.airylab.com/contenu/SSM/User\\_Manual\\_SSM-FR.pdf](http://www.airylab.com/contenu/SSM/User_Manual_SSM-FR.pdf)  
[http://airylab.com/contenu/SSM/User\\_Manual\\_SSM-EN.pdf](http://airylab.com/contenu/SSM/User_Manual_SSM-EN.pdf)