Photographie Solaire à (très) haute résolution

ing. Philippe Vercoutter, philippe.vercoutter@ap2.be
AstroLAB *IRIS*[1], ACG vzw, Verbrandemolenstraat 5, B-8902 Zillebeke-Ieper, Belgique
© 2004-2005 by Philippe Vercoutter, Belgium

traduit par Jean Smekens, jean.smekens@wanadoo.fr
Société d'Astronomie de Cannes, France

Version 0.2 – 1 décembre 2005

Résumé

Nous avons débuté il y a un an et demie un projet de photographie solaire à (très) haute résolution au Project en Volkssterrenwachten AstroLAB *IRIS* à Zillebeke (Ypres, Belgique). Cet article est un compte rendu de nos expériences durant cette période et donne une vue d'ensemble de la façon dont notre astre diurne peut être photographié par des astronomes amateurs. Une attention toute spéciale est consacré à l'exigence nécessaire pour pouvoir réaliser des prises de vue de très haute résolution en lumière blanche. Les méthodes les plus pointues peuvent trouver leur application en photographie à très haute résolution. Tout est présenté à l'aide d'illustrations pratiques et de schémas.

TABLE DES MATIERES

1 La base de la photographie solaire 3
1.1 Filtres 4
1.1.1 Filtres solaires à larges bandes pour objectifs: filtres en feuilles et en verre 4
1.1.2 Filtres polarisants 7
1.1.3 Les filtres solaires à bandes passantes étroites 7
1.2 Techniques réfléchissantes réduites 9
1.2.1 Les surfaces en verre non-réfléchissantes 9
1.2.2 Le Prisme de Herschel 10
2 La Photographie Solaire à (très) Haute Résolution 13
2.1 Principe de Base 13
2.2 Le suivi du soleil 13
2.3 Le diamètre du réfracteur ou du réflecteur 14
2.4 Seeing 20
2.4.1 L'effet du diamètre de la lunette/télescope sur l'image 20
2.4.2 L'effet de la localisation sur le seeing 21
2.4.3 L'effet dynamique du seeing 22
2.4.4 La détermination des bons moments de seeing 23
2.5 Où et quoi photographier sur le soleil 26
2.5.1 Le diamètre du soleil durant l'année 26
2.5.2 La hauteur du soleil 26
2.5.3 Le moment du jour 27
2.5.4 L'emplacement de l'objet sur le soleil 28
2.6 Faire la Photo 28
2.6.1 Le miroir de la caméra reflex 28
2.6.2 Concernant la mise au point 28
2.6.3 Concernant l' exposition 29
2.6.4 Concernant le choix d'un temps d'exposition plus court 29
2.6.5 Agrandissement et grandeur des pixels 30
2.6.6 Concerne le compositage des Photos 31
2.6.7 Utiliser des filtres supplémentaires 32
3 Résumé 33
4 S'essayer soi-même à la photographie solaire à haute résolution 34

1 La base de la photographie solaire

Toute étoile nous donne une grande quantité de lumière due aux réactions de fusion thermonucléaire qui se produisent dans son noyau. Cette lumière atteint la terre comme un front d'ondes linéaires. Lorsque nous voulons capter une image du soleil, nous devrons avant tout réussir à contrôler l'intensité lumineuse. Ceci n'est pas en soi si évident puisque nous nous servirons de télescopes qui augmentent, au lieu de diminuer, cette intensité lumineuse, que nous souhaitons en fait. Que nous reste-t-il à faire ?

Dans le monde de l'astronomie nous employons les méthodes suivantes pour moduler l'intensité lumineuse et/ou le degré de polarisation et/ou le type de lumière (longueur d'onde):

1) Filtres:
    a. filtres à large bandes
       (par exemple Mylar, Feuille d'AstroSolar, filtres gris ou neutres, etc.)
    b. filtres polarisants
    c. filtres à bandes passantes étroites
       (par exemples les filtres H-alpha)
2) Les techniques réfléchissantes réduites:
    a. les surfaces en verre non-réfléchissantes
    b. le prisme de Herschel

On peut aussi opter pour une diminution de l'intensité lumineuse du télescope et **diaphragmer** l'ouverture d'observation; ceci constitue une réduction consciente du diamètre effectif de l'objectif en couvrant le bord externe par un anneau non transparent. Ceci est la technique la plus simple pour réduire l'intensité lumineuse. Le grand inconvénient de cette méthode est que cela ne favorise pas la résolution (le pouvoir séparateur), en réduisant l'ouverture d'observation nous éliminons les détailles de l'image. Si nous voulons et maintenir le pouvoir séparateur de notre instrument et en même temps réduire l'intensité de la lumière solaire, nous devrons nécessairement faire appel à une des méthodes citées. Si nous ne faisons pas cela, nous pouvons oublier la photographie solaire à (très) haute résolution.

1.1 Filtres

1.1.1 Filtres solaires à larges bandes pour objectifs: filtres en feuilles et en verre

Un filtre pour objectif est un filtre qui se place devant l'objectif du télescope ou de la lunette. La lumière solaire en passant par le filtre est réduit considérablement en intensité. Il existe deux sortes de filtres pour les objectifs: en feuille et en verre. L'usage des filtres en feuille est très répandu parmi les photographes solaires. Il existe d'ailleurs un nombre de filtres en feuilles de grande qualités et peu onéreux que l'on peut se procurer facilement dans les commerces spécialisés. Dans ce type de filtre la lumière solaire passe par quelques couches filtrantes qui se superposent sur un substrat. Le résultat final est un rayon solaire sérieusement diminué en intensité. Un filtre solaire de qualité ne réduit pas uniquement la lumière visible, il éliminera aussi les rayonnements solaires nuisibles (par exemple: les rayons infrarouges et ultraviolets). Il est très important de préserver l'œil humain ou le détecteur (par exemple l'appareil photographique) pour qu'ils ne soient endommagés durant les observations solaires. Si vous choisissez d'observer à l'aide de feuilles, vous ne pouvez pas choisir n'importe quelle feuille, le risque est réel qu'elle ne retient pas nécessairement tous les rayonnements nuisibles. Demandez toujours conseil a un commerce spécialisé dans ce domaine.
Lorsque vous achetez un filtre en feuille, vous devez spécifier qu'il sera employé pour l'observation visuelle ou photographique. Les filtres pour le visuel sont généralement beaucoup plus foncés que les filtres photographiques: ils laissent passer uniquement 1/100.000e de la lumière solaire (nous disons qu'il a une densité optique 5 parce que $10^5 = 100.000$). Les photographes solaires doivent choisir la version photographique. Cette version a typiquement un densité optique égale à 4 ou 3.8. Ajoutons encore ceci: lorsque vous installez un filtre solaire en feuille, prenez soins de ne pas trop le tendre. Un exemple d'un filtre solaire en feuille très populaire est l'AstroSolar ^{2} de Baader Planétarium (Allemagne).



Bart Taillieu (Observatoire Halley, Ledegem, Belgique) observe le soleil avec sa lunette Helios de 15 cm. Il diaphragme non seulement son instrument à l'aide d'un couvercle de télescope tubulaire, mais emploi en même temps un filtre solaire en feuille. (© 2003, Philippe Vercoutter)

Les couches filtrantes au lieu de les placées sur une feuille peuvent être fumées sur une plaque en verre optique. Dans ce cas nous parlons de **filtres en verre.** Ils sont plus onéreux que les filtres en feuille. Le grand avantage de ces filtres c'est qu'ils ne peuvent pas se déchirer. Bien que les déchirures ne se présentent (plus) sur les filtres en feuilles, cela constitue néanmoins un danger. Pour cette raison il est conseillé, avant de débuter l'observation solaire, de vérifier le filtre en feuille en ce qui concerne les petit trous ou les éventuelles déchirures débutantes. Ceci peut se faire en le présentant devant le soleil. Les filtres en verre sont aussi moins sensible à l'usure. Les filtres en feuille peuvent au bout de quelques années perdre de leur efficacité. Les fournisseurs de filtres solaires en verre sont par exemple *Thousand Oaks Optical*[3] et *Orion USA*[4].



Un exemple de l'usage d'un filtre spécial en verre ERF (Energy Rejection Filter) durant l'expédition du transit de Venus par AstroLAB IRIS à Grand Champ en juin 2004 (© 2004, Philippe Vercoutter)

Précisons encore la qualité des filtres en feuille et en verre, parce que ceci est d'une importance capitale pour celui qui veut faire de la photographie solaire de très haute résolution. Ce n'est pas une certitude qu'en ce qui concerne la qualité, les filtres en verre soient supérieur à ceux en feuille. Il existe des filtres en verre de moindre qualité, exactement comme il existe des filtres en feuille de très grande valeur. Sur le site d' Astro-Physics[5] j'ai vu dernièrement des mesures de qualité de ces filtres.
Sans trop entrer dans des détails, les résultats étaient les suivants: certains filtres en verre bon marché atteignaient seulement 24 % de valeur-Strehl[6], la feuille solaire Mylar obtenait un modeste 45 % et l'AstroSolar trônait à 94 % (pour éviter tout malentendu: une valeur-Strehl de 100 % est le mieux que l'on puisse obtenir en optique, mais ceci n'est pas praticable pour aucune optique).
Puisque nous en parlons, je crois qu'il existe un système qui peut fournir une plus haute qualité d'image, c'est le prisme de Herschel. Ce prisme de Herschel ne peut être installé que sur une lunette. Je ne connais pas sa valeur-Strehl, mais le prisme de Herschell de Baader par exemple, dont l'optique est de Carl Zeiss, pourra sans aucun doute prester mieux que le filtre en feuille AstroSolar de Baader. Nous parlerons plus loin du prisme de Herschel.

1.1.2 Filtres polarisants

La lumière naturelle n'est en principe pas polarisée. Ceci signifie que la lumière peut vibrer dans toutes les directions par rapport à la direction de propagation. Un filtre polarisant laissera passer uniquement les rayons de lumières qui vibrent dans une direction donnée. Tous les autres rayons lumineux seront atténués ou retenus en fonction de l'angle avec lequel elles dévient de la direction préférentielle du filtre. Le résultat essentiel de ce filtre est non seulement le fait que la lumière solaire est polarisée, mais aussi - et ceci est en première instance ce qui nous intéresse - la réduction de la quantité de lumière solaire. En principe vous devrez tourner le filtre polarisant dans une direction déterminée pour doser la mesure de polarisation. En tournant un des filtres polarisant vous pouvez moduler progressivement l'intensité lumineuse.

1.1.3 Les filtres solaires à bandes passantes étroites

Par filtre à bande passante étroite nous désignons tout filtre qui laisse seulement passer une partie du spectre solaire. Un des filtres à bande étroite les plus populaire est le filtre H-alpha. Avec celui-la nous avons la possibilité d'observer et de photographier la chromosphère du soleil, qui se situe au-dessus de la superficie visuelle ou la photosphère. Dans la chromosphère nous pouvons voir des traînées gazeuses. Lorsque nous pouvons les voir d'en haut, on les nomment filaments. Si nous les voyons en profil (au bord du soleil), nous les appelons protubérances. Plus d'informations concernant le soleil susceptible d'intéresser le lecteur peut être trouvé gratuitement sur Internet dans la publication d'AstroLAB *IRIS* AstroLAB's Educatieve Serie N° 1 *De Zon, Onze Dagster*[7] (en neérlandais).

Un filtre H-alpha est un filtre interférentiel: sur deux surfaces en verre, étendu très prés l'un de l'autre on applique des matériaux (semi)réfléchissants. Par interférence on réussit à ne laisser passer que certaines pointes (bandes étroites) du spectre solaire. Puisqu'on ne veut naturellement voir qu'un point, le point H-alpha, il faut se régler avec précision sur ce point. On réalise cela à l'aide d'un blocking filtre (BF-filtre). Un filtre H-alpha se compose en réalité de deux filtres. En outre il y a encore un troisième filtre en jeu, à savoir le *Energy Rejection Filter* (ERF). Celui-ci contribue à maintenir le niveau total de la lumière sous contrôle (et élimine éventuellement même tout les rayons solaires nocives).



Toute une construction est nécessaire pour pouvoir observer le soleil en lumière H-alpa avec la lunette Lichtenknecker VAF 200/2400. Sur l'installation de mise au point vous voyez successivement: 2 rallonges (pour pouvoir atteindre le foyer), un adaptateur 2", une barlow 2X télécentrique (pour pouvoir réaliser un couloir de rayons parallèles), ensuite un filtre H-alpha, le blocking filtre réglable (qui élimine la lumière excédentaire et avec lequel on régle avec précision la ligne H-alpha) et finalement l'oculaire. (© 2003, Philippe Vercoutter, Belgique)

Parce que le filtre H-alpha sélectionne un domaine très étroit du spectre solaire, l'intensité lumineuse est généralement très limitée pour permettre la photographie. Précisément à cause de cette luminosité restreinte, certaines type de caméras doivent user de temps d'exposition plus longues. Ceci ne favorise pas la résolution des photos solaires.

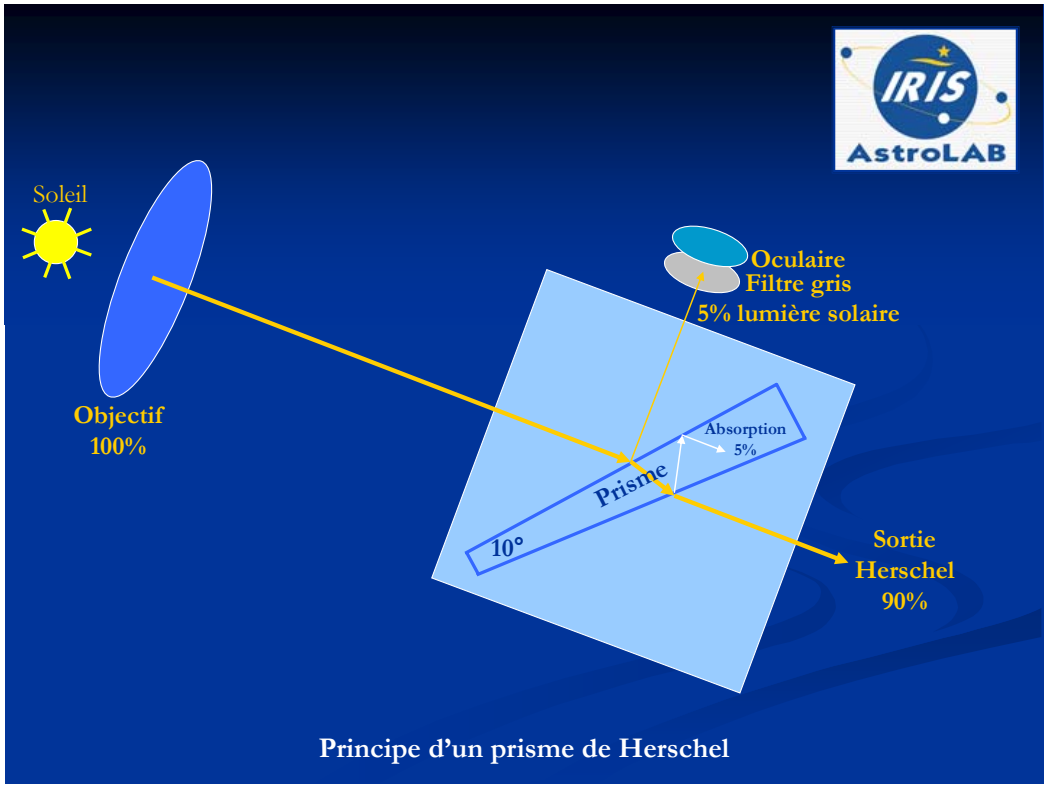
1.2 Techniques réfléchissantes réduites

1.2.1 Les surfaces en verre non-réfléchissantes

Quand vous voulez employer un télescope Newton, donc un réflecteur, uniquement pour la photographie solaire et vous voulez vous en servir uniquement pour l'observation solaire, dans ce cas vous pouvez choisir de ne pas aluminiser le miroir principal. Ceci vous procurera un degré réfléchissant moindre (ordre de grandeur uniquement 5%) et donc une intensité lumineuse limitée. Dans la plupart des cas cette intensité est encore trop forte, mais on peut encore toujours essayer de la réduire, en utilisant par exemple des filtres verts à bande étroites. Cette technique est appliquée avec succès entre autres par l'américain Arthur L. Whipple[8] .

1.2.2 Le Prisme de Herschel

Le prisme de Herschel est une exécution spéciale du prisme usuel: au lieu de l'angle habituel de 90°(que nous trouvons par exemple dans les prismes de zenith) ce prisme a un angle aigu. Nous pourrions aussi parler au fond d'un coin. De toute la lumière qui se projette sur une surface en verre pareille, non-argentée, seulement une petite partie est réfléchie. Cette partie de la lumière qui passe est encore atténuée par des filtres.



Dans le prisme de Herschel la lumière solaire tombe sur un coin non-réfléchissant. Uniquement 5 % de la lumière solaire est réfléchie, atténué par un filtre gris et observé à travers un oculaire. Des 95 % restant, 5 % sont absorbées par le verre et 90 % sont éliminées.

Le principe de ce prisme est présenté en 1847 pour la première fois par John Herschel dans son *'Results of Astronomical Observations...at the Cape of Good Hope...1834-8'* [9]. Ignazio Porro avait la brillante idée de placer la plaque de verre sous l'angle de Brewster. Lorsque la lumière contacte une surface en verre sous un angle de 55° (l'angle de Brewster en question), la lumière réfléchie est polarisée. Cette idée a été développé par John Herschel dans son livre '*The Telescope*' (1861). Un prisme de Herschel réfléchie seulement un petit pourcentage de la lumière solaire (typiquement 4.6 %) parce qu'on n'a pas muni le verre d'une couche réfléchissante. La lumière solaire passante est ensuite encore atténuée par l'usage d'un filtre neutre ordinaire (gris) avec une densité typique de l'ordre de 3, 2, 0.9 ou 0.6 . Parfois cette lumière restante est en ce qui concerne l'intensité encore progressivement réglée à l'aide de filtres polarisants supplémentaires. Le fonctionnement de ces filtres polarisants a été décrite plus haut. La plus grande partie de la lumière, environ 95 %, ne participe pas à la formation de l'image et est tout simplement évacuée vers l'extérieur.

Un prisme de Herschel est un appareil optique très précis: la surface réfléchissante est poli sur 1/10e de la longueur d'onde, à cause de ceci l'image formée est optiquement pratiquement parfaite. Le prisme de Herschel de Baader se compose d'optique Zeiss. La surface de verre par laquelle la plus grande partie de la lumière est évacuée, est pourvue d'une couche antiréflexif (antireflet) qui empêche la formation d'images fantômes.



Franky Dubois, dirigeant du groupe de travail Soleil du VVS en Belgique, illustre ici comment il observe le soleil avec un Baader Prisme de Herschel. On remarque la petite image du soleil qui est projetée vers l'extérieur. (© 2004, Philippe Vercoutter)

Un prisme de Herschel de haute qualité est en ce qui me concerne une des pièces maîtresses dont on a besoin si l'on veut faire de la photographie solaire à très haute résolution. Mais, je ne prétends pas, que l'on ne peut pas obtenir de bon résultats avec un filtre en feuille (comme par exemple l'AstroSolar). Lorsqu'on m'offre la possibilité de choisir, mon choix est vite fait.
Le prisme de Herschel est employé normalement uniquement dans des systèmes optiques qui ne disposent pas d'un miroir ou d'une lentille secondaires. Dans la réalité cela signifie que le prisme de Herschel peut être installé presque exclusivement sur des lunettes. Ceci est dû au fait que les systèmes avec un miroir capteur reçoivent la concentration de la lumière d'abord sur ce miroir capteur avec comme résultat une augmentation trop importante de chaleur. C'est uniquement lorsque ce faisceau lumineux concentré est réfléchi par le miroir capteur que le prisme de Herschel peut entrer en action, ce qui est en faite trop tard. Avec le refracteur ce problème ne se présente pas: la lumière solaire passe par l'objectif, elle est ensuite concentrée par l'action de la lentille et tombe immédiatement sur le prisme de Herschel.

Un prisme de Herschel est relativement sûr ; certainement avec les models les plus récents, par lesquels la lumière (qui avant était tout simplement évacué et présentait naturellement un danger pour celui qui regardait dans ce faisceau lumineux détourné) est captée dans une sorte de trappe lumineuse et il n'y plus aucune danger d'aveuglement ou d'autres détériorations de l'œil. De toute matière un prisme de Herschel ne peut se déchirer, ce qui bien entendu appartient aux possibilités lorsqu'on travaille avec un filtre en feuille (avec naturellement toutes les conséquences que cela peut entraîner).



Le prisme de Herschel est employé habituellement en combinaison avec un adaptateur (dans lequel on peut placer l'oculaire, à droite sur la photo) et l'un ou l'autre filtre neutre(gris) (dans le bas de la photo). Un bon choix du type de filtre neutre (gris) permet un réglage tel de l'ensemble que le soleil peut être toujours photographie par exemple à 1/4000 s. Par cette vitesse d'obturation on peut éliminer les effets négatifs sur l'image et réduire les vibrations éventuelles de la monture et également stabiliser les effets de la turbulence atmosphérique. (© 2003, Philippe Vercoutter, Belgique)

2 La Photographie Solaire à (très) Haute Résolution

2.1 Principe de Base

Quels sont les points à prendre en considération lorsqu'on veut faire de la photographie solaire à très haute résolution ? Le principe est simple:

a) employer le moins d' éléments optiques possible; et
b) les éléments optiques que vous employez doivent être de très haute qualité.

A coté de l'aspect optique, on ne peut pas oublier l'aspect mécanique. La monture doit être de préférence:

a) de haute qualité
b) d'une mise en station polaire précise
c) d'un suivi solaire impeccable (voir § 2.2)

Ensuite il y a l'aspect du seeing. Le seeing a aussi bien une caractéristique spatiale que temporelle. Les effets du seeing peuvent être combattu par:

a) prendre une quantité aussi importante possible d'images
b) prendre des champs d'images le plus grand possible

Ne vous attendez pas, à faire la photo à très haute résolution en appuyant une seule fois sur le bouton de votre appareil photo, que vous avez fixé sur un petit télescope bon marché, sur une monture branlante et avec un filtre solaire bon marché. Ceci a évidement des effets négatifs sur le budget, le meilleur matériel coûte en principe plus cher. Mais la aussi il faut se méfier, parce que ce n'est pas lorsque le prix est plus élevé que ce soit une *garantie* absolu et que c'est vraiment mieux. Mon expérience personnel démontre d'un autre coté qu'il y a *généralement* un rapport entre la qualité et le budget. C'est dommage, mais c'est un fait. Ce qui est aussi un fait, c'est qu'il n'y a pas de rapport *rectiligne* entre la qualité et le budget: un petit gain en qualité optique, certainement dans ce dernier domaine, devient considérablement plus cher.

2.2 Le suivi du soleil

Une monture peut être installé avec divers vitesses de suivi. En principe on dispose de 3 vitesses de base: étoiles, lune et soleil. Sur des montures simples la vitesse solaire n'est pas prévue. Dans ce cas vous choisissez le suivi de la vitesse sidérale. Entre la vitesse de suivi sidérale et solaire il y a très peu de différence, parce que la terre tourne en un an autour du soleil. Lorsque vous en avez la possibilité vous choisissez évidement la vitesse du suivi solaire. Par ce fait vous êtes assuré que le soleil est suivi d'une façon très précise.

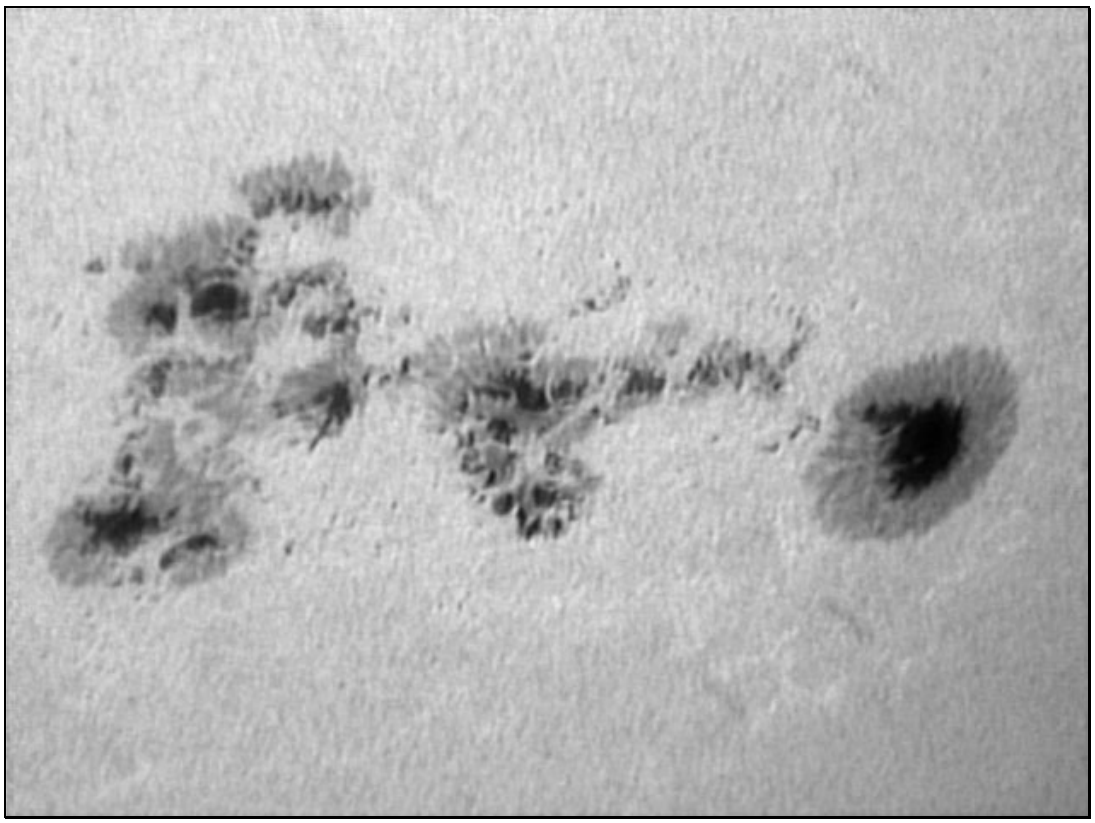
2.3 Le diamètre du réfracteur ou du réflecteur

Il y a un grand nombre de facteurs qui jouent un rôle dans la photographie solaire à très haute résolution. En première instance je pense ici au diamètre de la lunette ou du télescope. Au plus grand sera l'ouverture de l'instrument, au plus grand sera le pouvoir séparateur théorique[10]. En-dessous vous avez une table qui nous donne le pouvoir séparateur théorique des lunettes et des télescopes avec des diamètres entre 50 et 400 millimètres.

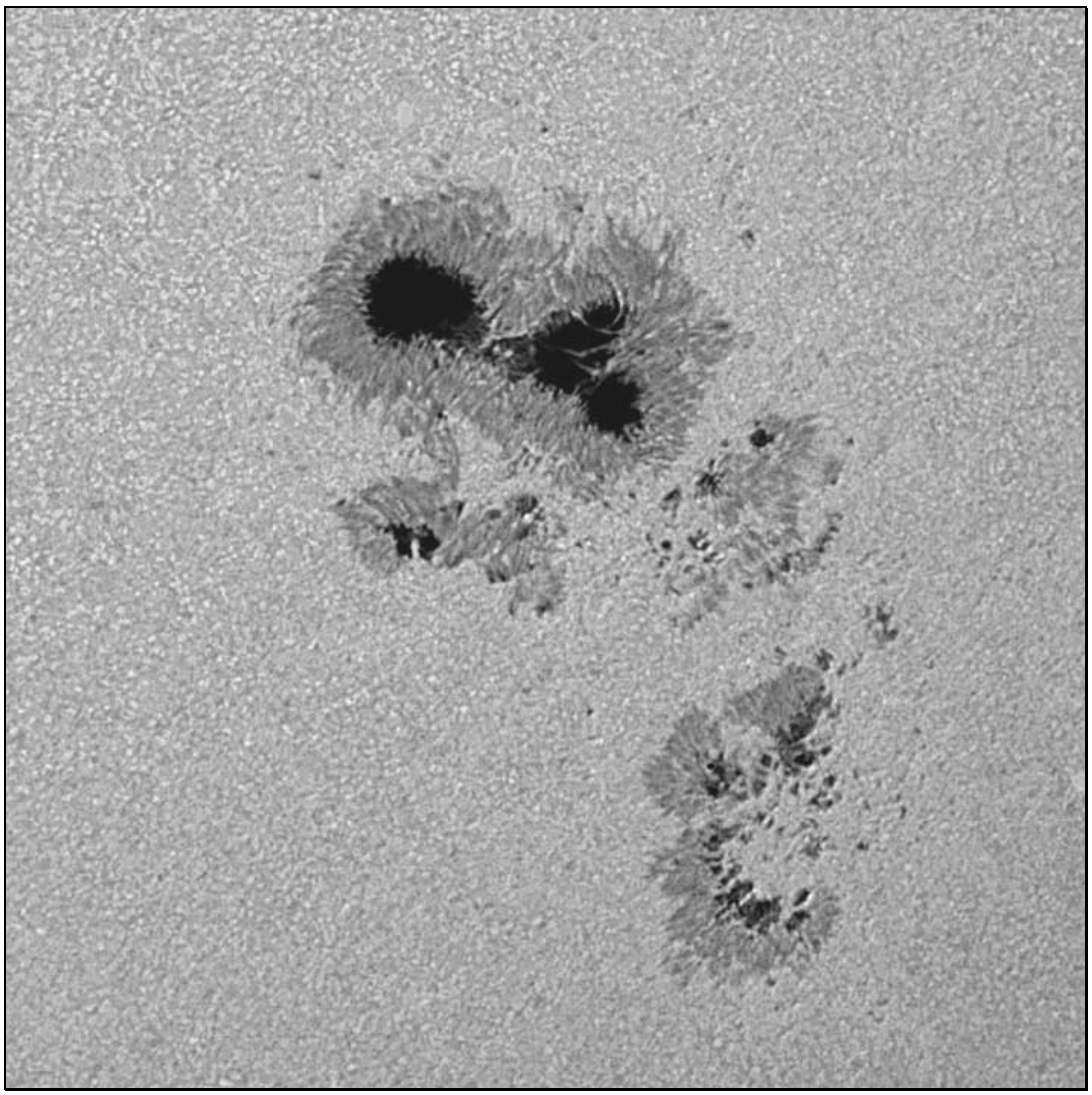
Diamètre de l'instrument (en mm)	Pouvoir séparateur (en secondes d'arc)
50	2,31
100	1,16
150	0,77
200	0,58
250	0,46
300	0,39
350	0,33
400	0,29

Résolution (Full-Width Half Maximum en lumière verte) pour divers lunettes et télescopes.

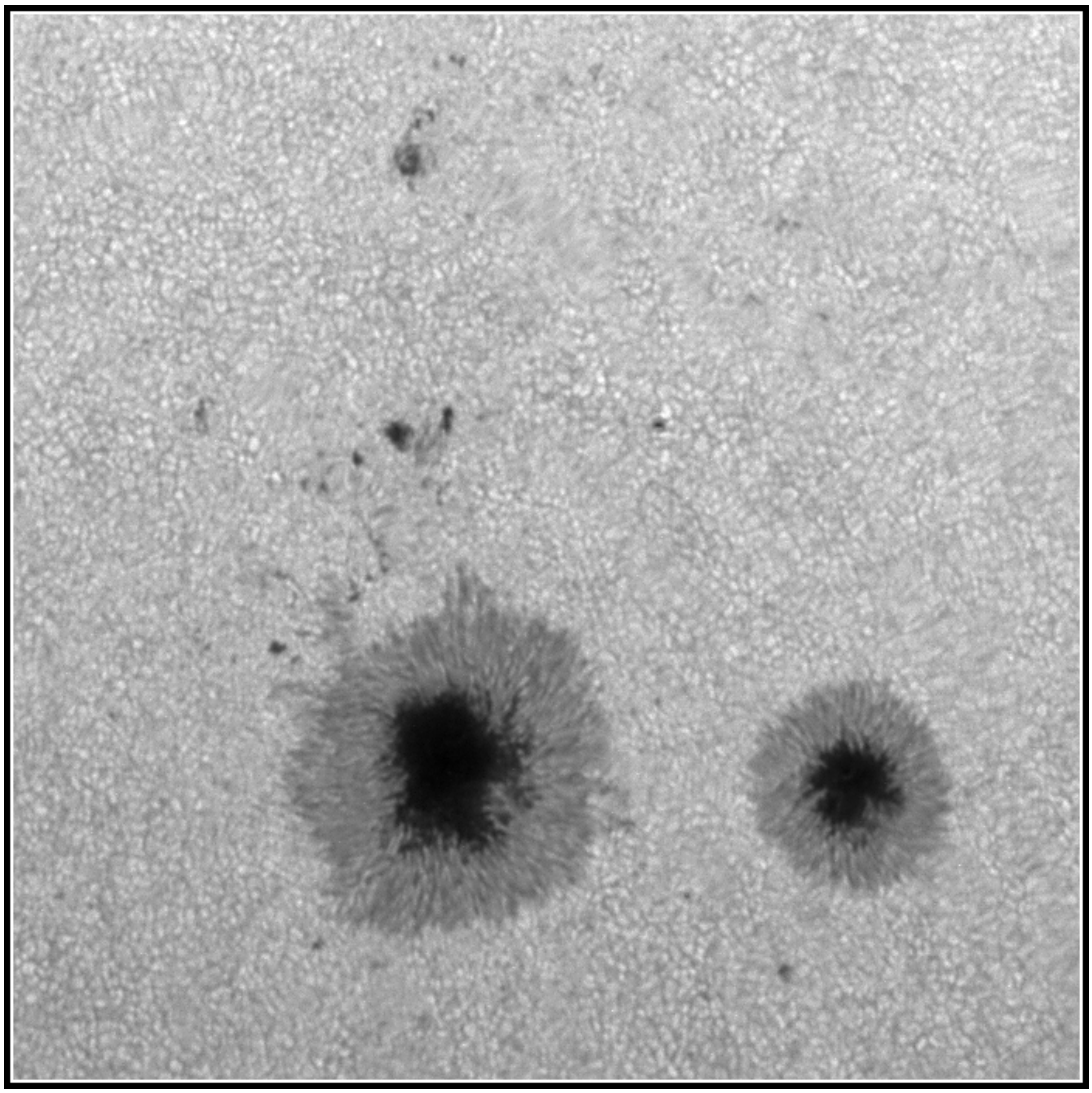
Nous n'avons pas jusqu'à présent défini avec précision ce qu'est la (très) haute résolution. C'est un sujet qui en tout cas peut donner lieu à des discussions très vives. C'est que tout est relatif. En gros, nous pouvons poser comme règle que pour des astronomes amateurs un pouvoir séparateur qui se situe sous une seconde d'arc peut être considéré faisant partie de la sphère de (très) haute résolution. Tenant compte de ce principe, nous constatons qu'un télescope de 150 mm est la limite inférieur (exigence minimum). L'usage de lunettes d'un diamètre plus petit (par exemple de moins de 10 cm) le rendra impossible pour atteindre ce pouvoir séparateur.



Cette prise de vue du groupe de taches solaires AR10649 du 15 août 2004 à environ 8h 42m UT par Jan Simons (Booischot, Belgique) réalisé avec un 150 mm Skywatcher (diaphragmé à 125 mm), un Baader AstroSolar filtre en une webcam Philips ToUcam Pro. Bien que cette image du soleil est très méritoire, elle démontre que le diamètre de l'instrument était un des facteurs limitatifs, nous pouvons ***remarquer*** *les granulations et le stries mais nous ne* ***voyons*** *pas les phénomènes en finesse. Probablement le fait d'avoir observé avec un achromate plutôt qu'avec apochromate qui est considérablement plus performant en matière de piqué et de contraste, est une cause supplémentaire de l'impression de moindre précision que se dégage de cette image. (© 2004, Jan Simons, Belgique)*



Le 20 juillet 2004 à environ 16h 45m UT l'astronome amateur Belge Leo Aerts prenait cette belle image du groupe de taches solaires AR10652 avec un 175 mm Fraunhofer diaphragmé à 150 mm. Comme détecteur il utilisait un NIKON D70 (1/800 s @ 200 ASA). Il utilisait également un filtre solaire en verre de 150 mm Lichtenknecker. (© 2004, Leo Aerts, Belgique)

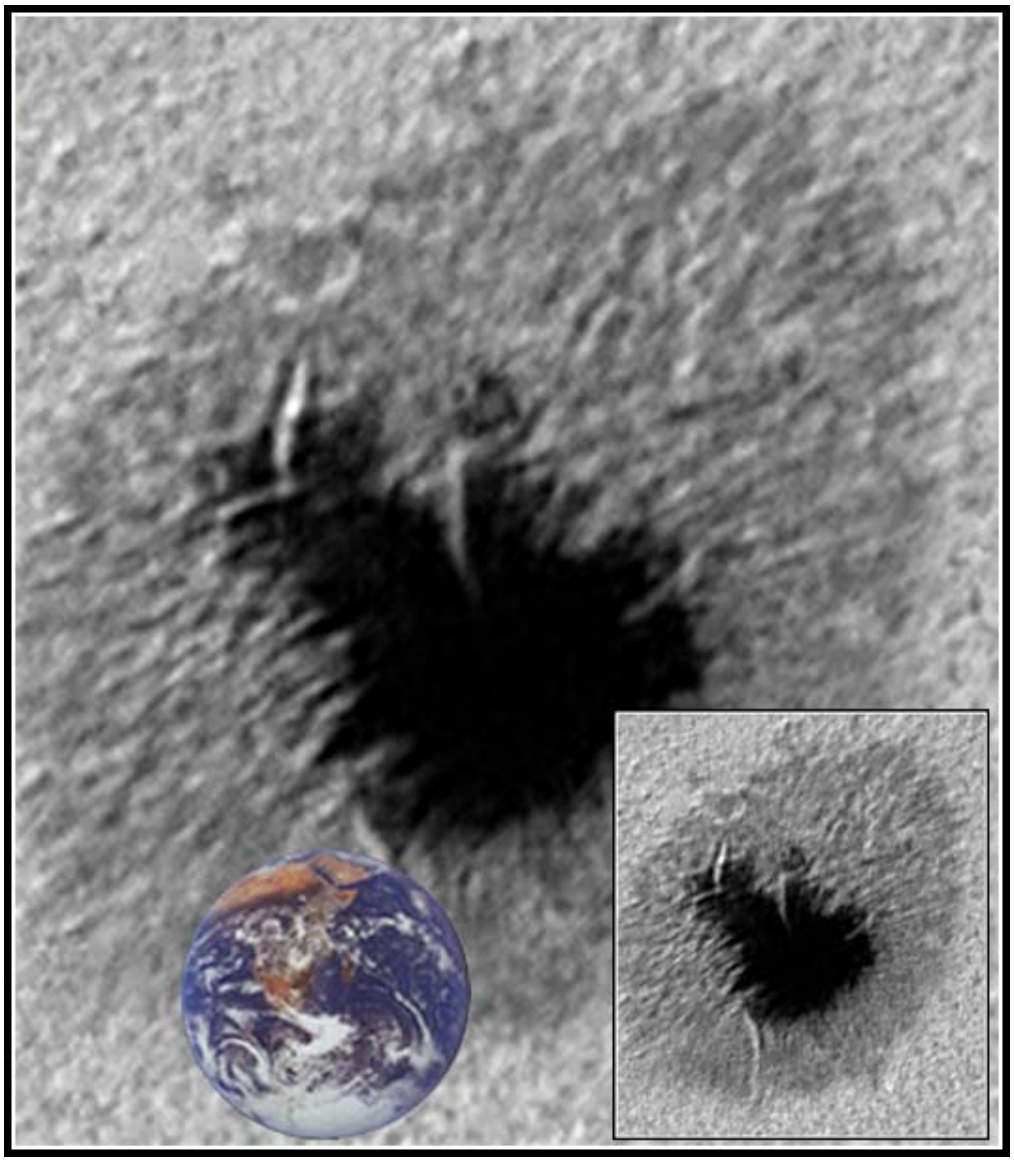


Ce qu'un bon 15 cm télescope peut réaliser est parfaitement illustré à l'aide de cette photo remarquable de Maarten Vanleenhove. Elle a été prise le 18 août 2004 à environ 12h 12m UT durant une expédition astrophoto dans le Morvan, France. La prise de vue a été réalisée avec un Starlight-Express SXV-H9 CCD et un INTES prisme de Herschel placé sur un 152 mm TMB apochromate. Comme filtres il utilisa un ND 3 et un filtre vert. La résolution de cette image peut certainement être estimée se situer à la valeur minimale de 0.7 seconde d'arc. Seulement à droite dans le haut de l'image on peut encore remarquer quelques traces dues au seeing. (© 2004, Maarten Vanleenhove, Belgique)

La table ci-dessous démontre que pour voir les stries (ce sont les lignes dans la penumbra autour du noyau) comme des structures tubulaires, il faut atteindre un pouvoir séparateur d'environ 0,4", Pour cela vous devez suivant la table plus haut avoir un télescope de 35 cm et néanmoins ils ont été observées et photographiées avec un 20 cm apochromate de l'AstroLAB IRIS (voir photo ci-après). D'ou il apparaît qu'avec une bonne optique et une bonne action contrastée nous pouvons voir des détailles qui sont plus petites que les valeurs communiquées si dessus. Faisons simplement remarquer, que lorsqu'on observe en lumière blue, le pouvoir séparateur se situe nettement plus haut. Pour une lunette de 20 cm le pouvoir séparateur en lumière verte est de 0,58 secondes d'arc (une seconde d'arc est indiquée par ") mais pour la lumière blue déjà cela est augmentée à 0,5". Les prestations les plus mauvaises des télescopes et lunettes est en lumière rouge, pour un 20 cm est le FWHM (Full-Width Half maximum) est a 0,66". La différence en résolution entre les lumières blue et rouge pour un 20 cm se situe à 0.16", ce qui n'est vraiment pas négligeable.
Puisque nous en sommes à ce problème, et pour être complet, la *Optimistic Sparrow's Resolution* pour un 20 cm se situe à 0,35". Nous pouvons de ce fait parfaitement expliquer pourquoi avec le 20 cm VAF de AstroLAB *IRIS* nous avons pu photographier des caractéristiques solaires d' un ordre de grandeur de 0,4". Ceci est généralement impossible, sauf si nous employons une lunette plus grande (par exemple un apochromate de 25 ou 30 cm).

Caractéristiques	**Grandeur (en kilomètres)**	**Grandeur (en secondes d'arc)**
Diamètre du soleil	1.392.000	1.952 (été) 1.988 (hiver)
Cellule de granulation typique	500 à 1.250	0,7 à 1,7
Epaisseur de la strie	300	0,42
Allées intergranulaires *(contour d'une cellule de granulation)*	150 à 300	0,24 à 0,42
Le plus petit détail observable de la terre [11]	90	0,12
Comme référence:	*1 km*	*0,0014"*

Les ordres de grandeur de quelques caractéristiques solaires.



Ce fort grossissement de la tache solaire AR10570 peut passer pour une photo solaire de très haute résolution: nous voyons, surtout (en bas à gauche) les stries non plus comme des lignes fines, mais bien comme des structures tubulaires qui se croisent et se superposent. Ces structures ont seulement environ une largeur de 0,4 secondes d'arc. Là, où ces lignes deviennent encore plus fines, par exemple dans la partie en bas à droite de l'image, nous voyons que nous ne pouvons plus très bien les différencier: nous voyons par ci par la encore des lignes, mais certainement plus des structures tubulaires. Nous travaillons à la limite de cet apochromate. L'image de la terre est à la même échelle. Date et temps: 20040308 9h 41m UT - AstroLAB IRIS II - VAF 200/2400. Photo prise avec le Baader Prisme de Herschel, Tele Vue Powermate 4X en CANON EOS-10D (1/3000 s @ 200 ASA). (© 2004, Philippe Vercoutter, Belgique)

2.4 Seeing

2.4.1 L'effet du diamètre de la lunette/télescope sur l'image

Vous pourriez penser maintenant: allons directement acquérir l'instrument avec la plus grande ouverture. En principe c'est un raisonnement pertinent. En pratique fur et à mesure qu'augmente le diamètre du télescope, cela devient de plus en plus difficile pour obtenir une bonne image du soleil. Ceci est dû au problème du seeing. Par la montée permanente de l'air chaud l'atmosphère de la terre est en mouvement constant. Ces bulles d'air chaud ont un autre index de réfraction que l'air plus froid alentour. Parce que les rayons solaires passent à travers ces bulles, ils produisent localement des déviations dans l'image. Au plus grand sera le diamètre de l'instrument, au plus grand sera la gène que vous subirez par ces bulles. Il faut trouver un équilibre entre le pouvoir séparateur du télescope et la situation du seeing qui se présente le plus fréquemment à l'endroit de l'observation où le télescope est installé. Naturellement le seeing n'est pas tous les jours le même et en principe il faudrait tous les jours diaphragmer le télescope jusqu'à l'obtention d'une bonne image. Il faut débuter avec le diamètre maximale et réduire systématiquement jusqu'au moment que vous trouvez que image est convenable.

En pratique on admet que pour des régions d'observations comme la Belgique et la France, des diamètres de télescopes entre 15 et 25 centimètres sont probablement les télescopes les plus indiqués pour réaliser des photos de très haute résolution. Si vous avez beaucoup de la chance et/ou beaucoup de patience, avec un 30 ou un 40 centimètres vous pouvez obtenir encore d'excellents résultats. Mais je le répéte, les chances réduisent à vue d'oeil avec l'augmentation du diamètre du télescope. Il existe même des formules pour calculer le nombre de photos qu'il faut faire dans un situation de seeing donnée pour obtenir une bonne image bien diffractée. Pour une situation typique (mauvaise) de chez nous (pour les initiés, le paramètre Fried r0 = 25 mm[12]), les chances se montent à 1 sur 70 pour faire une image diffractée avec un 155 mm réfracteur. Pour un télescope de 20 cm les chances reculent de 1 sur 4000 et pour un télescope de 30 cm on est à 1 sur 975 million. Lorsque le seeing est un peu mieux, par exemple r0 = 30 mm, les chiffres reculent considérablement: respectivement 1 sur 11, 1 sur 181 et 1 sur 1 million . Ces exemples démontrent qu'avec une petite amélioration du seeing les chances d'obtenir des images diffractées augmentent énormément. Pendant que nous en parlons, sur les Iles Canaris la valeur r0 se trouve presque constamment entre 200 et 300 mm. La chance de réussir des bonnes photos du soleil est considérablement plus grande que chez nous.

Ceux-ci et d'autres chiffres vous pourrez les calculez vous-même pour vos appareils d'observations. Vous trouverez sur le site d'AstroLAB *IRIS* une feuille de calcul MS Excel (en néerlandais)[13].

2.4.2 L'effet de la localisation sur le seeing

Le seeing existe par divers components: vous avez ce que l'on appelle les circonstances du seeing local, ceux qui se passent directement autour de l'endroit de l'observation et ceux qui se produisent à des grandes hauteurs. A ces derniers vous ne pouvez vous-même intervenir, à moins que vous n'envisagiez de vous déplacer des centaines et des milliers de kilomètres. Dans la littérature et sur l'Internet vous pouvez trouver des renseignements sur ce sujet.[14]

Nous allons nous borner ici au stricte minimum: Les circonstances local du seeing.

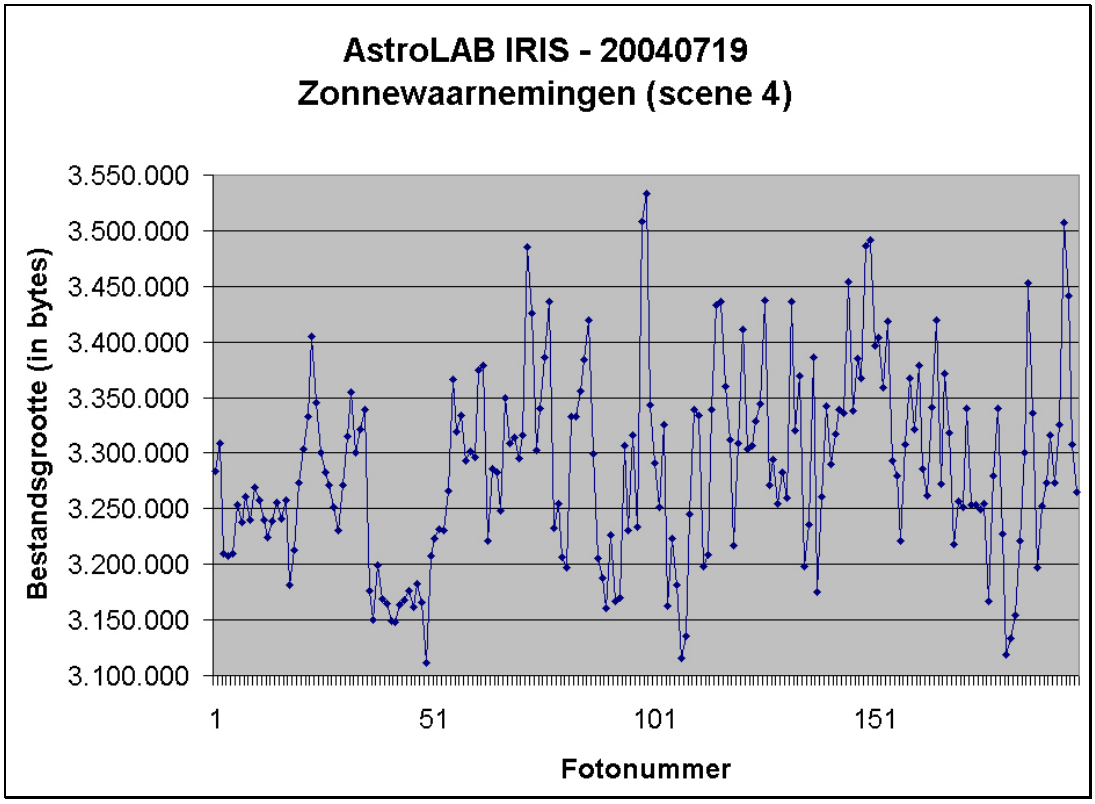
Nous croyons qu'une grande partie du problématique du seeing local peut trouver sa solution à condition d'observer les recommandations suivantes:

1) Il faut prendre soins lorsqu'on veut photographié le soleil que le télescope a la même température que l'environnement. Si cela n'est pas réalisé, la différence de température provoquera des tourbillonnement d'air qui influenceront négativement la qualité de l'image. Dans l'AstroLAB *IRIS* II le réfracteur solaire est mise en station dans un observatoire qui a une grande aération entre la coupole et le mur porteur de façon qu'il puisse suivre la température extérieur. J'ai lu entre autre que dans certains observatoires solaires professionnelles, après avoir pris quelques photos, on ferme la coupole un nombre de minutes pour que le télescope puisse refroidir jusqu'à ce qu'il a repris la température ambiante. Nous même nous n'avons jamais appliqué cette technique d'une façon systématique.
2) Essayez lorsque vous observez que le télescope regarde un partie de nature *homogène*: par exemple des pâturages, des bois, des mares, ... Faire des observations solaires entre par exemples des immeubles d'appartements, au-dessus des parkings asphaltés, n'est certainement pas à recommander.

2.4.3 L'effet dynamique du seeing

Malheureusement tout n'est pas toujours aussi simple que nous venons de le décrire. Le seeing peut changer très rapidement. Nous pouvons même parler de dixième et de centième de seconde. Supposons que vous avez diaphragmé votre lunette de 15 cm a par exemple 10 cm pour pouvoir dominer une mauvaise situation de seeing. Durant le reste de cette session d'observation vous n'avez plus, il est vrai, aucune possibilité de profiter de quelques moments sporadiques de bon seeing. Ils auraient certainement lors d' un plus grand diamètre pu procurer une plus haute résolution. Ou explication simplement, une fois diaphragmé à 10 cm il reste à 10 cm et est lié a une résolution limitée. L'image solaire sera beaucoup plus tranquille, aussi plus agréable à observer, mais vous ne pouvez plus durant cette session d'observation obtenir la résolution maximale d'un télescope de 15 cm.
Pour cette raison nous travaillons toujours à l'ouverture maximale lorsqu'on emploi le 20 cm triplet apochromate de l'AstroLAB IRIS II. Et oui, c'est ainsi que dans beaucoup de cas l'image n'est pas optimale. Mais lorsque l'atmosphère durant un moment, même un moment très court, se calme localement, nous avons à cet instant au moins une chance pour photographier le soleil en très haute résolution. Il s'agit, en première instance, d'avoir ou de créer une *chance* pour faire une bonne photo du soleil. Cette chance vous devez en premier lieu encore toujours la créer vous-même.

Regardez le graphique ci-dessous. Durant une session d'observation le 19 juillet 2004 à l'AstroLAB *IRIS* II plusieurs centaines de photos solaires ont été prises d'une scène déterminée. Puisque nous avons toujours maintenu la même scène en ensuite rien changé à notre montage (la mise au point reste la même, les paramètres de l'exposition restent les mêmes, etc.), nous aurions pu espérer en cas de parfait seeing que chaque photo du soleil comprimé JPEG aurait eu la même importance en grandeur de fichier.



Le caractère dynamique du seeing est mise en évidence lorsqu'on compare la grandeur des fichiers des photos digitales du soleil comprimés en JPEG en fonction du temps. (© 2004, Philippe Vercoutter)

Qu'est qu'on constate ? Parce que le seeing change en permanence, la grandeur de fichier change aussi. Par mauvais seeing l'image s'estompe très fort. Qui dit "s'estomper", dit aussi "moins de détails" et qui dit "moins de détails" dit également "un fichier plus petit après compression". Que nous apprend ce graphique maintenant ? Tout simplement que le seeing dans cet exemple était très variable: les 200 photos ont été réalisé en quelques minutes. La différence entre le plus grand et le plus petit fichier JPEG est de 13 % (un calcul grossier 3451 - 3039 KO = 412 KO sur 3039 KO). Le graphique montre très clairement un caractère ondulatoire: le seeing s'améliore et s'aggrave par vagues.
Lorsqu'on a la notion qu'il y a un rapport entre la richesse des détails (disons la qualité) de l'image et la grandeur du fichier photo JPEG, on remarque immédiatement une application intéressante. Lorsque vous placer tout les fichiers photos d'une scène déterminé dans un dossier sur notre PC, vous pouvez facilement retrouver les meilleurs photos; triez vos fichiers photos en ordre de grandeur descendant et les meilleurs photos se trouveront en haut. Au lieu de parcourir une centaines de photos, vous pouvez vous permettre par exemple de choisir les premiers dix. Et de cette façon vous épargnez énormément de travail.

Travailler de cette façon, je le définie comme la **File Size Quality Method** (abréviation FSQM). FSQM sera maintenant aussi intégré dans la version suivante de Registax (version 3). Pour toute clarté: FSQM pourra en principe aussi être appliqué à des fichiers qui ne sont pas comprimés suivant le standard JPEG.

2.4.4 La détermination des bons moments de seeing

La question suivante sera naturellement: comment peut-on déterminer le bon moment photographique? Le principe est très simple (l'exécution est malheureusement nettement moins facile): faire le plus grand nombre d'images. Vous avez ici en fait deux possibilités pour augmenter votre chance d'avoir une bonne prise de vue:

a) observer le plus longtemps possible et/ou
b) prendre le plus grand nombre d'images par seconde

(et le mieux serait tous le deux en même temps évidement).

Une manière bon marché pour réaliser le plus grand nombre d'images, réside dans l'utilisation d'une **webcam**. Vous donnerez la préférence à la webcam dont le capteur couleur est remplacé par un capteur noir et blanc. Les capteurs monochrome ont une résolution plus haute que leur pendant en couleur. Ceci est dû au fait que le capteur couleur doit supporter un masque. Ce masque Bayer fournit des couleurs (résolution spectrale) mais au détriment de la résolution spatiale. Dans le cas de la photographie solaire, nous cherchons en première instance la résolution spatiale. Si vous décidez à travailler avec une webcam mettez la de préférence en mode RAW, dans ce cas un fichier AVI est constitué sans que le software de la webcam doit exécuter lui-même le procès "débayer". Ce procès "débayer" se fera plus tard par un software spécialisé par lequel on obtient des résultats d'une plus grande netteté. La version suivante de Registax, version 3, supportera l'utilisation des AVI's en mode RAW.

Une deuxième possibilité, mais - provisoirement encore - beaucoup plus onéreuse, est l'utilisation de **caméras numériques** semi-professionnelles. Moi-même j'emploie la CANON EOS-1D Mark II. Cette caméra permet, en quelques secondes, de prendre 8 images par seconde de 8 megapixels par image. Cette caméra peut amasser par seconde 64 MO de matériel d'images. Elle est considérablement plus lente qu'une webcam (qui peut aisément atteindre 30 images seconde) mais le champs de l'image est nettement plus grand que celui de la webcam. En outre cette caméra numérique peut travailler les nuances de gris en 12 octets au lieu de l'habituel nuance de gris de 8 octets de la webcam. Pour être complet, je dois ajouter qu'avec la webcam, si nous empilons suffisamment d'images (avec le programme Registax par exemple) on peut atteindre une qualité d'octets supérieur à 8.



Le CANON EOS-1D MARK II permet de prendre 8 images de haute qualité (8 megapixels) par seconde. Ici nous voyons une caméra numérique de ce type montée sur un 152 mm TMB apochromate durant une observation solaire avec un prisme de Herschel. (© 2004, Philippe Vercoutter)

C'est pourquoi que je préfère la plupart du temps (pas toujours) une caméra numérique à la webcam. Expliquons le simplement, avec une webcam vous pouvez toujours réaliser en très haute résolution, mais dans ce cas d'images de champs plus restreint, plus limité. La caméra numérique permet également de réaliser des très

hautes résolutions, mais d'une région plus étendue du soleil. La aussi vous ne pouvez perdre de vue ce qui suit: puisque la caméra numérique réalise des images avec des champs plus grand, vous avez plus de chance d'avoir des zones de votre image d'une moindre résolution. Mais vous pouvez découper votre image de façon à éliminer ces zones et il peut vous restez encore une très bonne image.

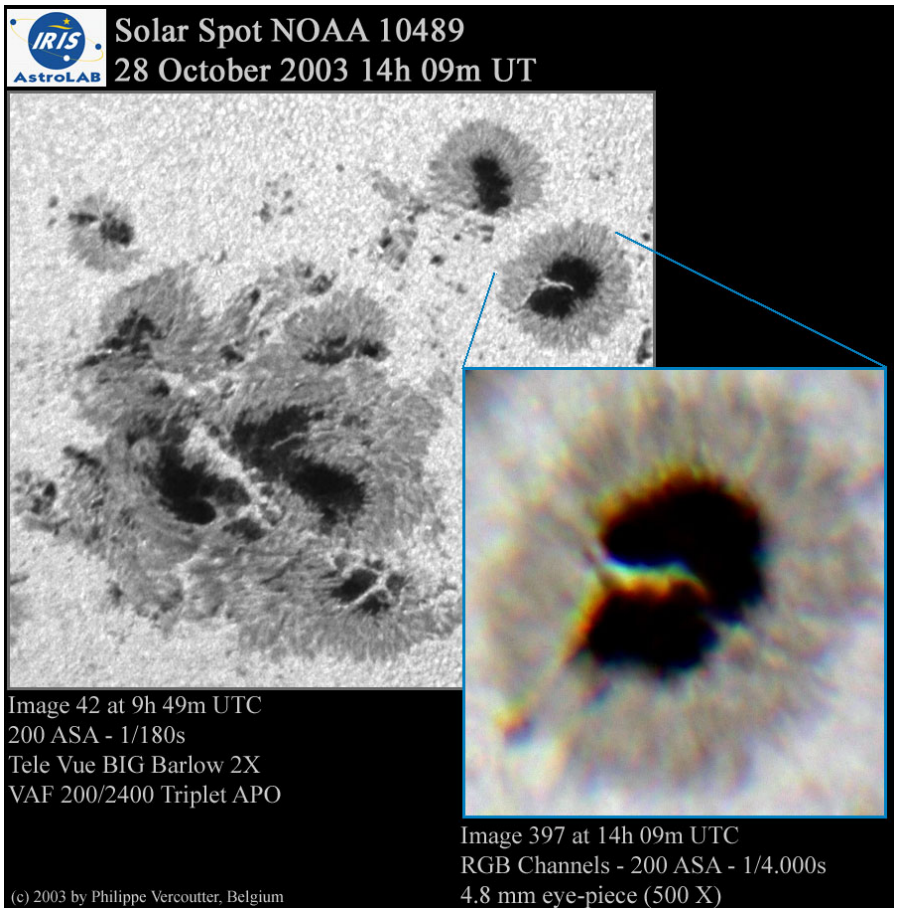
2.5 Où et quoi photographier sur le soleil

2.5.1 Le diamètre du soleil durant l'année

A ce sujet nous pourrions dirent plusieurs choses. Au contraire de ce que certaines personnes pensent, la terre ne se trouve pas plus près du soleil en été, mais en hiver. Ce qui signifie que le diamètre apparent du soleil est un peu plus grand en hiver. Début juin le soleil a une grandeur de 31' 28" et début janvier il est augmenté jusqu'à 32' 32". Ceci est une différence de 1952 - 1888 = 64" (plus de 3 %). Qui constate un diamètre apparent plus grand, peut également espérer des détails plus grand sur la surface solaire en hiver. La différence n'est pas bien grande, mais quand-même!

2.5.2 La hauteur du soleil

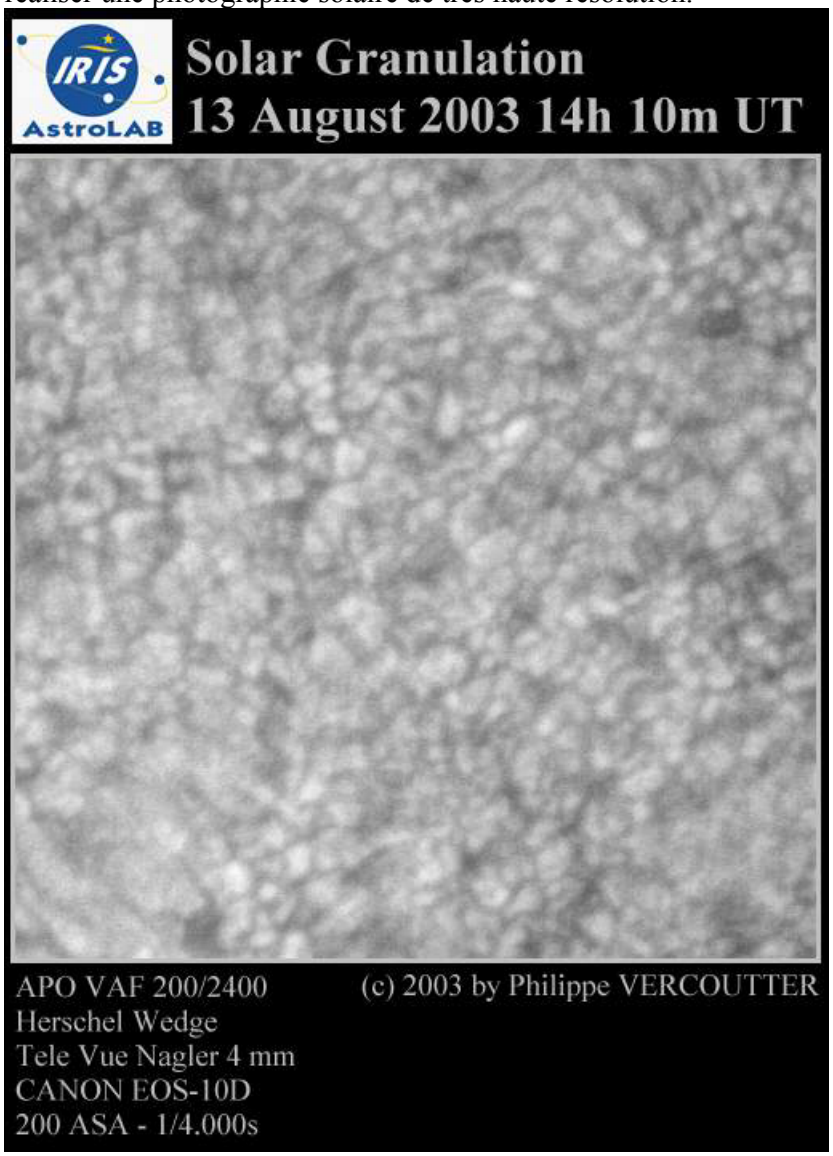
Evidement le soleil se trouve plus haut dans le ciel en été qu'en hiver. Ce qui signifie que durant les mois d'été nous avons moins de gène par exemple de la réfraction atmosphérique. Lorsque le soleil est plus bas sur l'horizon, les différents components de la lumière solaire subiront des déviations dues à l'atmosphère terrestre. Ceci signifie que la lumière blanche du soleil se divise en components de base comme cela se passe dans un prisme. Ce phénomène peut être clairement observé avec des instruments de haut niveau.



Cette agrandissement démontre clairement que peut être l'effet d'une position solaire trop basse sur la photographie solaire à très haute résolution. (© 2003, Philippe Vercoutter)

2.5.3 Le moment du jour

Une autre question peut être posée: à quel moment de la journée puis-je photographier le mieux pour fixer le plus de details? Des amateurs qui ont dans ce domaine plus d'expérience que moi, rapportent que le moment le plus favorable est la matinée. Parce que le soleil n'a pas encore chauffé l'air trop fort et que la turbulence de l'air est plus limitée. N'observez pas trop tôt le matin, puisque le soleil est encore trop bas et la réfraction atmosphérique risque de vous jouer des tours. Nous disons qu'entre 10 et 12h ce serait le moment le plus propice pour faire de la photographie solaire. Il faut prendre tout cela avec une dose de philosophie: le 13 août 2003 à environ 14h 10m UT (donc vers 16 h l'après-midi) j'ai pris (par 34°C durant une période caniculaire) une de mes meilleurs images de granulations solaires. Ceci est un exemple à contrario, il est indéniablement vrai que le seeing moyen sera certainement meilleur la matinée, mais cela ne signifie pas, qu' à d'autres moment de la journée, il serait impossible de réaliser une photographie solaire de très haute résolution.



2.5.4 L'emplacement de l'objet sur le soleil

L'emplacement idéal pour photographier une tache solaire, est lorsqu'elle se situe au milieu du disque solaire. Sur le reste de son trajet, lorsqu'elle vient juste de paraître ou lorsqu'elle va disparaître de l'autre coté, l'image de la tache est déformée . Ceci se présent simplement parce que l'observateur ne regarde pas perpendiculairement la tache. Ceci ne facilite pas pour en fixer les détails. Lorsque vous avez le choix, essayer de choisir une tache qui se trouve le plus près du centre. Si vous voulez fixer les granulations, choisissez une aire qui se trouve le plus central possible.

2.6 Faire la Photo

2.6.1 Le miroir de la caméra reflex

Si on utilise des caméras reflex analogique ou numérique, ou le miroir est placé en position relevée juste avant la prise de vue, il vaut mieux dans ce cas d'abord régler la mise au point. Une fois la mise au point réalisée, nous pouvons régler la caméra de telle façon que le miroir est relevé après quelques secondes, *sans que la photo soit faite*. Lorsque le miroir est relevé, il faut attendre quelques secondes de telle façon que ensemble du système (appareil photo, télescope, monture) se débarrasse des vibrations. Ensuite seulement on actionne à l'aide de la télécommande la prise de vue. Faire une photographie solaire à très haute résolution sans employer télécommande ou/et un mécanisme qui déclenche la prise de vue à distance (télécommande à infrarouge ou par PC par exemple) est quasiment impossible. Chaque fois que vous appuyez sur le bouton de prise de vue de l'appareil photo, vous provoquez des vibrations qui réduiront la netteté de l'image. Tout manquement de netteté diminuent le nombre de détails dans la prise de vue.

2.6.2 Concernant la mise au point

Réaliser une bonne photo solaire dépend également d'une bonne mise au point. Rien n'est plus décevant que d'avoir le bon moment de seeing et ensuite, faute d'avoir une bonne mise au point, obtenir une photo sans netteté. Je détermine visuellement, via le chercheur, la mise au point aussi précis que possible. Le bord du soleil peut être une aide précieuse. La plupart du temps on trouve des plis et de rides du seeing au bord du soleil et ils peuvent servir pour mettre très nettement au point. A coté du bord solaire, les structures zébrées (des lignes, des stries), le noyau dans les taches solaires peut aussi aider. D'après mon expérience, c'est le seeing le facteur le plus difficile dans la mise au point: l'image est en permanence en mouvement. Pour cette raison il n'est pas conseillé de modifier constamment la mise au point. Probablement que votre lunette est bien mise au point, mais c'est le seeing qui joue le perturbateur. Dés que j'ai fait une mise au point visuelle, aussi bien que possible, je fais immédiatement une dizaine de photos testes. A ce moment je règle aussi l'exposition. Les images je les regardent toujours sur mon pc (ma caméra numérique est commandé exclusivement par pc): sur un écran LCD je peux juger plus efficacement la qualité de l'image, plutôt qu'à travers le chercheur ou le petit écran LCD de la caméra. Sur mon pc j'ai aussi en permanence Adobe Photoshop CS. Les meilleurs photos sont lu directement et j'applique immédiatement un "unsharp mask" pour pouvoir avec plus de précision les évaluer. Seulement lorsque je vois que tout est en ordre, je démarre la véritable session de prise de vue. Normalement je ne fais plus de mise au point durant cette session de scène. Lorsque nous passons d'une scène à l'autre nous serons obligé de refaire une

nouvelle mise au point (puisque dues à des fluctuations de températures de l'optique et le foyer de l'instrument pourrait avoir changé).

2.6.3 Concernant l' exposition

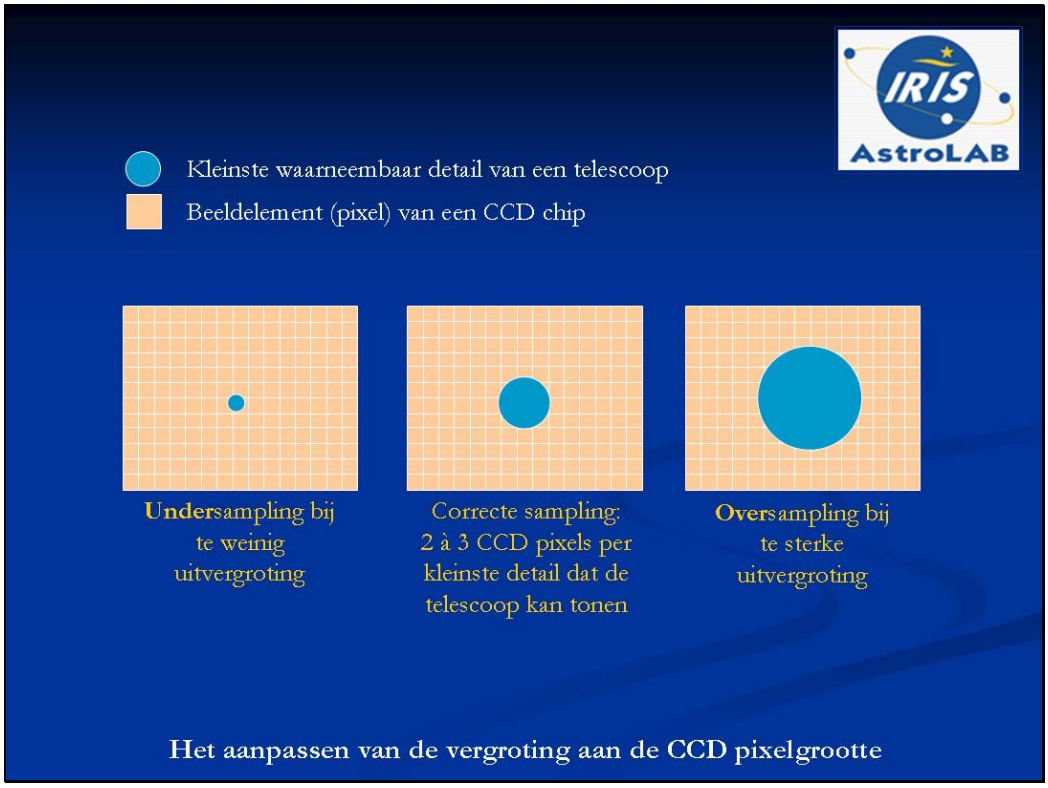
La plupart de photos solaires sont sous exposés. L'image doit être rendu plus lumineuse que ce que l'on fait dans la photographie normale. La raison pour cela est simple: si vous exposez la photo normalement, vous obtenez dans l'umbra (la partie foncée de la tache solaire) plus aucun détail. Un bonne photo solaire est reconnaissable par la présence ou pas de détails dans l'umbra. C'est aussi avec l' intention de découvrir d'une manière précise, les éventuels arc lumineux qui se trouvent au-dessus de l'umbra. Choisir une exposition juste est aussi important qu'une mise au point précise.
Vous devez aussi tenir compte durant la détermination des paramètres de l'exposition de la forme de l'histogramme. Vous pouvez apprécier le nombre de pixels qui reçoivent une valeur déterminée. Sur une caméra de 8 octets l'histogramme se compose de 256 éléments, sur un CCD de 16 octets il y a 65.536 valeurs d'expositions possible. Il faut surtout faire attention que toutes les valeurs ont l'occasion de se manifester. Ou exprimé autrement, que la portée dynamique de votre caméra est pleinement mise à profit. Si vous travaillez avec une webcam, certains programmes de software d'acquisition d'images, comme *VirtualDub*[15] (qui est gratuit) permet de voir l'histogramme en temps réel. Reglez dans ce cas l'*attenunation* et la *vitesse de l'obturateur* de telle façon que l'histogramme soit le plus large possible.

2.6.4 Concernant le choix d'un temps d'exposition plus court

Certaines personnes font parfois le faux raisonnement suivant: ils pensent que lorsqu'on photographie à grande vitesse d'obturateur (par exemple en choisissant une vitesse d'obturateur de 1/1.000 ou de 1/2.000 de seconde) que de toute façon on obtient une bonne image. C'est naturellement fautif, ce que vous faite lorsque vous choisissez un petit temps d'obturation, vous gelez le seeing, ni plus ni moins. Il est encore toujours possible que l'image que vous gelez est de mauvaise qualité. En choisissant des temps d 'obturation plus longues, vous éliminez uniquement le manque de netteté dû aux mouvements (originaire de vibrations mécaniques, de traces de seeing, etc.). C'est donc une bonne affaire de travailler par exemple à un temps d'obturateur de maximum 1/1.000 s, mais ne vous attendez pas si vous travaillez à 1/8.000 s, que la photo aura un piqué plus important qu'une photo prise à 1/2.000 s, là c'est le seeing qui est le facteur limitant.
Travaillant à 1/2.000, 1/4.000 ou 1/8.000 s dépendra uniquement de l'exposition. Je choisis cette vitesse d'obturateur de telle façon, qu'ensemble avec une bonne valeur ISO j'obtient une bonne exposition. Si j'ai le choix entre 1/8.000 s et 400 ASA et 1/4.000 s et 200 ASA, je choisis le dernier: lors des valeur ISO plus basses le bruit est encore toujours un peu plus bas (bien que à ces vitesses le bruit est déjà très limité, même à 400 ASA). Lorsqu'on travaille avec une webcam, essayez toujours d'installer le temps d'obturateur le plus rapide. (une valeur ISO ne peut être installé dans le cas d'une webcam) et prenez soins de vérifier que les images ne soient trop sombre.

2.6.5 Agrandissement et grandeur des pixels

Beaucoup de personnes partent du principe que lorsqu'ils achètent une caméra numérique qu'ils doivent l'acheter avec le plus grand nombre d'éléments d'images (nommés *pixels*). Aujourd'hui les caméras numériques ou CCD avec 6 et ou même 12 megapixels n'est plus une exception (le nouveau CANON EOS-1Ds Mark II en a même 16,7 million !). Mais ce qui est encore plus important pour faire des prises de vue en très haute résolution, c'est que la quantité de pixels est adapté au système optique sur lequel le détecteur est employé. Les pixels doivent être d'une petite taille afin qu'ils puissent capter les plus petits détails que le télescope peut former. Nous pouvons aussi considérer le problème d'une autre façon: pour un détecteur avec des pixels d'une grandeur déterminée, vous devrez agrandir suffisamment l'image, par des Barlows de haute qualité par exemple, afin que le détecteur peut capter l'image solaire avec des détails suffisants.



En travaillant avec un CCD ou une caméra numérique il est d'une importance capitale d'agrandir l'image de telle façon que les détails que le télescope nous montre peuvent aussi être enregistrés. Lorsque l'agrandissement est insuffisant nous constatons ***undersampling****; tous les détails ne peuvent pas s'exprimer et ne peuvent pas être relevés dans l'image. D'un autre coté nous ne devons pas agrandir de trop, parce que dans ce cas l'image devient trop sombre. Lors d'un* ***oversampling*** *il y a trop de pixels disponibles pour fixer les moindres petits détails perceptibles. Dans ce cas avec certains caméra CCD on peut demander à un nombre de pixels, par exemple 2X2,ou 3X3 de s'unir et de former un nouveau pixel. Ce procès s'appelle* ***binning****.*

Lorsque vous n'arriverez pas à accorder la grandeur du pixel et/ou l'agrandissement de l'image, vous ne réussirez pas à faire des photos du soleil en très haute résolution. C'est toujours mieux d'agrandir de tout façon votre image solaire un peu de trop qu'un peu trop peu. Puisque, si votre agrandissement est trop grand, vous êtes certain que les plus petits détails y seront. Dans ce cas nous parlons d'un *oversampling* (ceci en opposition avec undersampling qu'il vaut mieux éviter) Référence 7 vous donne accès à une page de calcul Microsoft Excel qui vous permet de calculer l'agrandissement minimal pour admettre à un détecteur de déceler les plus petits détailles sur un type de télescope déterminé (en néerlandais).

Détecteur	grandeur de pixel (en μm)
SBIG TC237 Tracking CCD	7,4 x 7,4
SBIG ST-8E/XE	9,0 x 9,0
SBIG ST-9E/XE	20,0 x 20,0
SBIG ST-10E/XE/XME	6,8 x 6,8
SBIG ST-2000XM	7,4 x 7,4
CANON EOS-10D	7,4 x 7,4
CANON EOS-1D Mark II	8,2 x 8,2
Philips Vesta Pro webcam	5,9 x 5,9

Grandeur de pixels pour quelques détecteurs populaire.

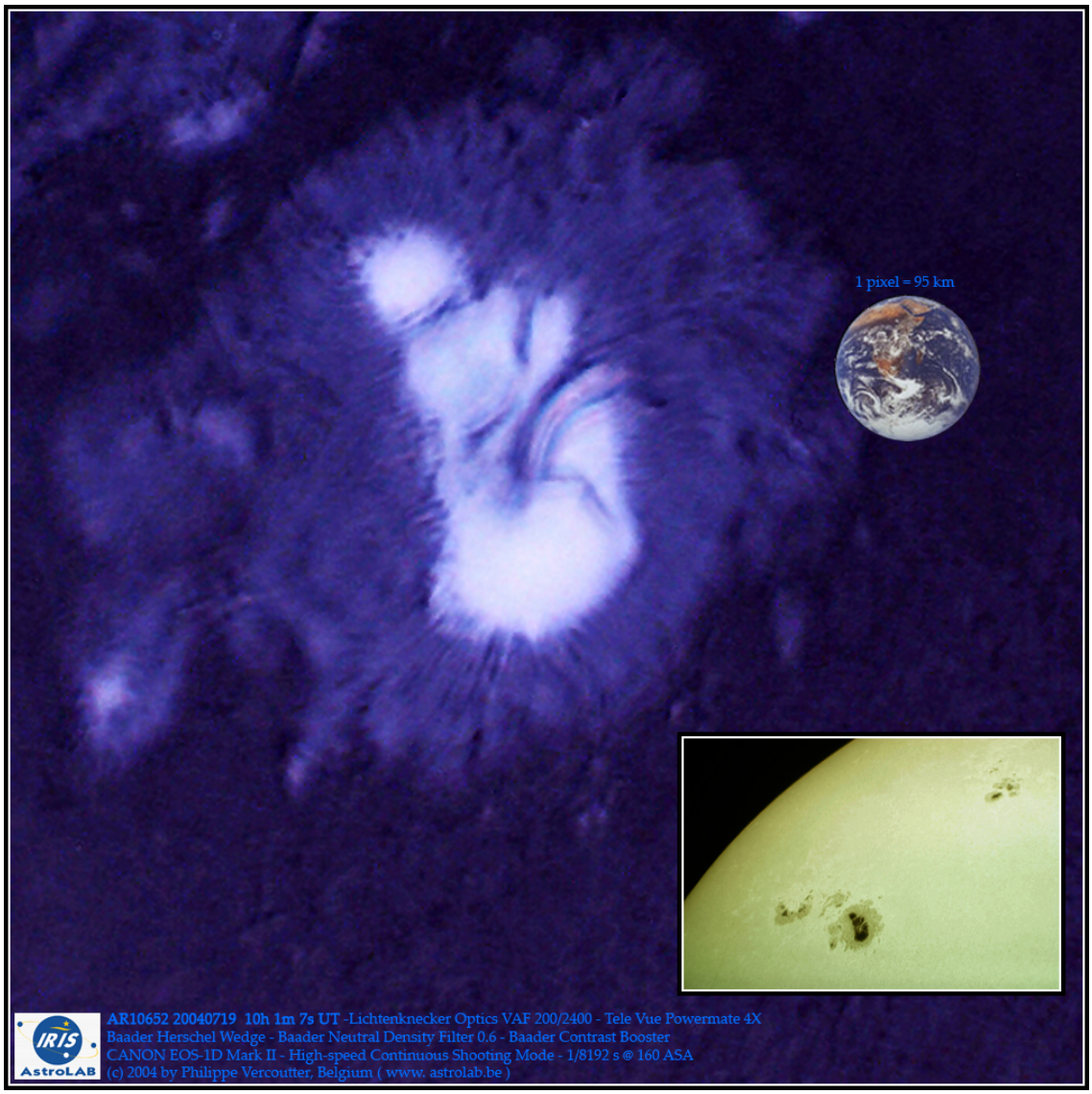
2.6.6 Concerne le compositage des Photos

Dans la photographie planétaire à l'aide de la webcam on a l' habitude de compositer un nombre d'images pour obtenir une seule image finale. On fait appel dans ce cas à des programmes tel que par exemple *Registax*. La raison pour laquelle on composite les images c'est pour éliminer les effets du seeing (une image moyenne est moins gênée par le seeing) et améliorer le rapport signal/bruit: au plus d'images que vous additionnés, au plus le rapport s'améliore. Pour éviter le manque de netteté due au mouvement induit par la rotation de la planète en question, on est obliger de limiter la durée dans le temps des films de webcam.

Dans la photographie solaire il existe également une limite de temps. Le manque de netteté n'est cette fois pas causée par la rotation du soleil; la vitesse de rotation qui est de 27 jours à l'équateur (et même 34 jours aux pôles) est trop lent pour provoquer un manque de netteté dû au mouvement. Il y a d'autres fait qui peuvent provoquer le manque de netteté, à savoir la dynamique des procès astrophysiques sur notre astre diurne même ! Les cellules de granulations, pour ne citer qu'un exemple, sont formés en un espace de temps de quelques minutes. Regarder les films sur le site du *Dutch Open Telescope* (DOT)[16] pour voir à quelle vitesses ces cellules de granulations se forment et disparaissent. C'est donc utopique de croire que, par exemple vous pourriez durant cinq minutes collecter des images pour les compositer en une photo solaire de très haute résolution. Si vous voulez employer cette technique de compositage, essayez de rassembler autant que possible des images durant 30 secondes (maximum 1 minute).

2.6.7 Utiliser des filtres supplémentaires

Je n'ai pas beaucoup d'expérience avec l'usage de filtres qui augmente le contraste. J'ai déjà plusieurs fois utilisé un filtre contrast booster de Baader Planétarium et chaque fois j'avais l'impression d'avoir eu la possibilité d'un plus dans mon image du soleil. Le 19 juillet 2004 je me suis servi de ce filtre et j'ai réussi, pour la première fois d'ailleurs, à démontrer que les stries (le lignes que l'on voit normalement autour de la tache solaire) courent à travers l'umbra. Je ne sais si c'est dû au pure hasard ou précisément grâce à l'usage du filtre, je ne peut provisoirement préviligier aucune des deux possibilités. Bien qu'en tous cas, c'est un fait que la photographie de pareils structures très fines est spécialement difficile et que je l'ai réussi avec un Baader Contrast Booster.

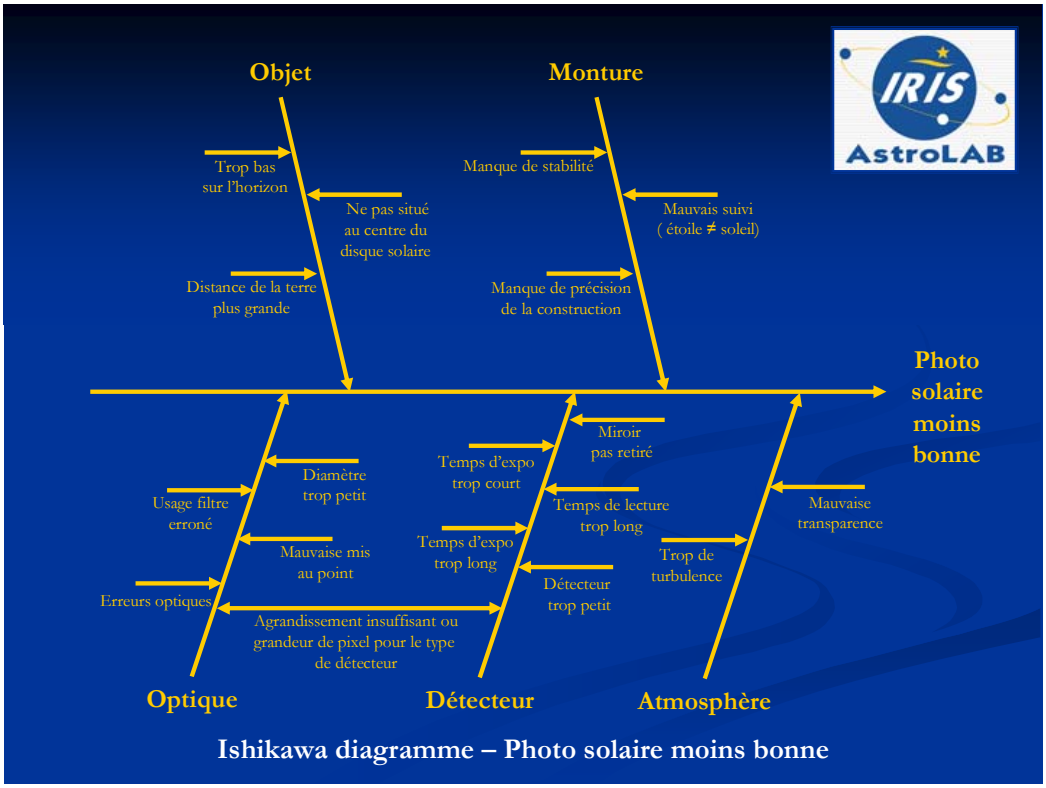


Stries dans l'umbra de la tache solaire AR10652
AstroLAB IRIS II - VAF 200/2400
Date et heure: 20040719 10h 1m 7s UT

Prisme de Herschel- Tele Vue Powermate 4X
Baader ND 0,6 & Baader Contrast Booster
CANON EOS-1D II- 1/8 192 s @ 160 ASA
(© 2004, Philippe Vercoutter, Belgique)

3 Résumé

Le diagramme cause-effet ci-dessous (encore appelé diagramme en arrête de poisson ou diagramme d'Ishikawa) donne une vue d'ensemble des divers points qui ont été discuté dans cet article. Chaqu'une des causes peut conduire à une photo solaire moins bonne. Vous pouvez utiliser ce diagramme comme fil conducteur pour détecter les causes lorsque vous réalisez des photos moins réussies du soleil. Regardez cela comme une sorte de résumé schématique de cet article . Avoir tout ces facteurs à l'oeil est la clef de réussite pour faire des photos solaires de très haute résolution.



Le Ishikawa diagramme (encore appelé cause-effet diagramme) montre les causes principales qui peuvent conduire à la réalisation de photos moins bien réussies du soleil. Il y a cinq aspect qu'il faut absolument tenir à l'oeil: l'objet lui-même, la monture, l'optique, le détecteur et l'atmosphère.

4 S'essayer soi-même à la photographie solaire à haute résolution

Comme je l'ai souligné déjà dans cet article, la photographie solaire à haute résolution pose pas mal de problèmes. Ne vous laissé pas effrayé par cet article, mais considéré le comme une source d'inspiration pour pouvoir mieux faire à l'avenir en photographie solaire. A coté des notions techniques vous devez disposer d'un appareillage généralement très onéreux. Le Project- en Volkssterrenwachten AstroLAB *IRIS* à Zillebeke, Ypres, Belgique (voir http://www.astrolab.be) permet à chacun, éventuellement sous accompagnement, de faire soi-même des images solaires. Ceci ne vous coûtera rien, uniquement beaucoup de patience, de sérieux et de persévérance. Faites nous signe au: info@astrolab.be .

Colofon

Cet article et la plupart des résultats photographiques qui en sont la base, ont pu être réalisé grâce à l'enthousiasme un nombre de personnes dans et autour du Groupe Astronomique de Contact a.s.b.l., et les preneurs d'initiatives du Project- en volkssterrewachten AstroLAB *IRIS*. A tous, nos remerciements. Ainsi qu'à Johan Vanbeselaere, Jan Janssens, Jan Simons, Arie Nagel, Peter Pollet en Cor Berrevoets pour la relecture de cet article. Et un grand merci à Jean Smekens pour la traduction.

Article terminé le 20 octobre 2004.
Traduction terminé le 30 novembre 2005.

■

---

[1] Voir http://www.astrolab.be/
[2] Voir http://www.baader-planetarium.de/zubehoer/zubsonne/astrsolar.htm#asolar
[3] Voir http://www.thousandoaksoptical.com/solar.html
[4] Voir http://www.scsastro.co.uk/it040028.htm
[5] Voir http://www.astro-physics.com/index.htm?products/accessories/solar_acc/astrosolar
[6] Une définition de *Strehl-ratio* se trouve sur http://www.licha.de/astro_article_mtf_telescope_resolution.php .
[7] Le brochure peut être télécharger sur http://www.astrolab.be/html/educatief_nl_frames.html
[8] Voir http://www.chesapeake.net/~osprey/sunspots.html (voir *Equipment Descriptions – Stage 3*)
[9] Apprenez plus sur http://www.europa.com/~telscope/solartele.txt .
[10] Plus d'information concernant la résolution des télescopes sur: http://www.licha.de/astro_article_mtf_telescope_resolution.php .
[11] C'est un télescope solaire Suédois qui le 15 juillet 2002 à observé le plus petit détail solaire depuis la terre. Voir sur la banque de données astronomique ASTRID cette photo: http://astrid.astrolab.be/jsp/zoek.jsp?arg=isp .
[12] Voir le livre *High Resolution Astrophotography* de Jean Dragesco sur les pages 64-65 pour plus d'explications sur le paramètre r0 et son importance sur la photographie solaire à haute résolution.
[13] Voir http://www.astrolab.be/html/acg_inventaris_nl.html .- Prenez un fichier de configuration existant et remplissez les zones jaunes de la feuille de calcul. Tous les autres paramètres seront calculés pour votre télescope et votre détecteur.
[14] Voir par exemple http://www.rca-omsi.org/seeing.htm et http://www.eso.org/gen-fac/pubs/astclim/papers/lz-thesis/node25.html .
[15] Voir http://www.virtualdub.org .
[16] Voir http://hst33127.phys.uu.nl/~pit/DOT/Showpiece/movies.html .