

Le Guide d'Observation Solaire de l'AAVSO

Version 1.1 – Octobre 2017



AAVSO

49 Bay State Road
Cambridge, MA 02138
phone: +1 617 354-0484
email: aavso@aavso.org

Copyright 2017 AAVSO
ISBN 978-1-939538-33-8

Table des matières

Sections :	Page
1. Introduction et but	2
2. Avertissement	3
3. Méthodes d'observation du Soleil	4
4. Equipement	6
5. Conseils d'observation et d'enregistrement et remarques	12
6. Compte-rendus d'observations	15
7. Classification des taches solaires	17
8. Ressources	18
 Annexes :	
9. Conditions de turbulence atmosphérique	19
10. Système de classification de Zurich	22
11. Système de classification de Mac Intosh	24
12. Orientation et détermination de l'équateur solaire.	25

1 - Introduction et but

Le Soleil est notre étoile variable la plus proche et il est extrêmement intéressant à observer dans de nombreux domaines. L'activité principale de la Section Solaire de l'AAVSO consiste dans la surveillance des taches solaires à partir desquelles les Nombres Relatifs de Taches Solaires (RA) sont calculés. Ce programme a démarré en 1944 quand le Comité Solaire a été créé en réponse à la difficulté d'obtenir des comptages réguliers de taches solaires de la part de la Suisse pendant la seconde guerre mondiale. Le programme américain des Nombres Relatifs de Taches Solaires fournit un index indépendant des taches solaires à destination des chercheurs solaires dans le monde entier.

Le but du programme est de maintenir une base de données cohérente à longue échéance des observations visuelles solaires de l'activité des taches. La continuité avec les anciennes données nécessite d'utiliser des filtres en lumière blanche et des estimations visuelles.

Le but de ce guide est d'apprendre au lecteur la façon des faire des observations quotidiennes des taches solaires. L'objectif principal est d'encourager et de maintenir un groupe spécialisé d'observateurs solaires correctement entraînés pour assurer la cohérence dans la base de données à long terme. L'autre objectif est d'encourager les pratiques sûres.

Remerciements

Auteur principal :

Frank Dempsey

Raffaello Braga

Contributeurs :

Rodney Howe, Chaire de Section Solaire

Dr. Kristine Larsen

Dr. B. Ralph Chou (*pour les conseils pour une observation solaire sûre*)

Tom Fleming (*pour les informations incluses dans les annexes*)

Traduction française :

Bernard Candela

2 - Avertissement – A LIRE ATTENTIVEMENT

L'observation du Soleil, en particulier avec un télescope, est une activité dangereuse qui demande un strict respect des protocoles de sécurité. Le Soleil est unique parmi tous les objets que suivent les observateurs de l'AAVSO en raison de sa brillance exceptionnelle. La ligne directrice la plus importante pour l'observation solaire est d'observer en sécurité. Cela ne peut pas être assez souligné, et si vous n'êtes pas certain de votre équipement et des conseils de sécurité, s'il vous plait, demandez de l'aide avant de faire toute observation du Soleil avec votre équipement.

La conséquence de la vision directe de l'image du Soleil à travers un télescope non filtré, même brièvement, se traduit par une perte potentielle de la vision de l'œil.

La méthode la plus sûre pour observer la photosphère solaire avec un télescope est la méthode de projection de l'image non filtrée, en utilisant un réfracteur (décrit dans la section 3).

Ne regardez jamais directement le Soleil sans la protection offerte par un filtre spécialement conçu pour cet usage.

Le risque très élevé de regarder le soleil à travers un télescope peut être réduit à des niveaux de risque acceptables en plaçant un filtre solaire adéquat devant le télescope (comme décrit à la section 3), qui empêche la plupart des radiations ultraviolettes, visibles et infrarouges d'entrer dans le télescope. Les filtres solaires doivent être attachés *de façon sécurisée* devant les télescopes.

Si vous projetez d'observer le Soleil directement, placez un filtre à pleine ouverture devant l'objectif de votre télescope ou, si vous avez réduit l'ouverture normale par un diaphragme, placez le filtre sur l'ouverture effective ("trou"). Il existe actuellement de nombreux matériaux sur le marché, comme le mylar recouvert d'aluminium, les composites verre-nickel et les films spéciaux prévus pour une utilisation solaire et qui fonctionnent bien pour cet usage. Un prisme de Herschel doit être utilisé, selon les recommandations du fabricant. *N'utilisez pas un dispositif plus ancien comme un "filtre solaire" qui se visse dans l'oculaire.*

Souvenez-vous que la chaleur issue du Soleil présente également un danger pour votre équipement, en particulier les chercheurs et les oculaires comprenant des éléments collés. Si vous projetez d'observer par projection, réglez le foyer au-delà de la position qui serait nécessaire pour observer directement et focalisez lentement sur la surface de projection. Vous pouvez préférer l'utilisation de types d'oculaire d'ancienne génération comme les Ramsden ou les Huyghens à la place des concepts modernes multi éléments car les premiers n'emploient pas de colles dans leur construction. Enfin, placez un capuchon sur votre chercheur, ou déposez carrément le chercheur si vous dédiez uniquement le télescope à l'observation solaire.

3 - Méthodes d'observation du Soleil

Les deux façons pour observer la surface solaire avec un télescope sont soit par vision directe à travers le télescope avec un filtre adéquat (construit spécifiquement pour cet usage) couvrant l'ouverture du télescope, soit par projection de l'image non filtrée sur un écran. Les autres méthodes d'observation solaire, non applicables aux estimations visuelles de la section solaire de l'AAVSO, incluent l'imagerie CCD ou webcam à la position de l'oculaire d'un télescope à vision directe, et les télescopes solaires monochromatiques spécialisés comme les télescopes H-alpha.

Pour la vision directe, un filtre en lumière blanche est nécessaire pour couvrir l'ouverture du télescope. Un filtre doit protéger l'œil des radiations intenses ultraviolettes, visibles et infrarouges, et protéger le télescope contre la chaleur. Le filtre atténue la lumière incidente et permet seulement à une petite fraction d'entrer dans le télescope. Les nouveaux filtres solaires doivent être conformes au nouveau standard ISO 12312-2 : *2015 Protection des yeux et du visage – Lunettes de soleil et lunettes connexes – Partie 2 : Filtres pour l'observation directe du Soleil*.

La vision directe à travers un filtre solaire d'ouverture reste la méthode la plus courante d'observation solaire. Les avantages par rapport à la méthode de projection sont la possibilité de discerner les détails fins, l'élimination de la chaleur dans le télescope, et la possibilité d'évaluer les conditions de turbulence atmosphérique.

Attention : souvenez-vous que le filtre **doit** être fixé de façon sécurisée sur l'avant du télescope afin qu'il ne puisse pas être retiré accidentellement pendant que le télescope est pointé sur le Soleil. De plus, le filtre doit être examiné avant chaque session d'observation afin de détecter d'éventuels défauts (comme cela est décrit dans la section 4).



Le filtre solaire s'adapte parfaitement à l'ouverture.

Pour la vision par projection, il existe deux méthodes de projection solaire soit par projection oculaire à travers le télescope sur un écran de projection protégé, soit par l'utilisation du dispositif "Sunspotter". La projection écarte le risque de regarder directement le soleil à travers un télescope et présente l'avantage de permettre à plusieurs observateurs de visionner le soleil simultanément.



Projection oculaire à travers un réfracteur utilisant une pyramide de Hossfield.

Attention : utiliser un télescope non filtré pour la projection nécessite la précaution supplémentaire que l'image projetée ne doit jamais atteindre vos yeux ou ceux d'une autre personne qui pourrait se trouver sur le trajet. Maintenez les mains et d'autres parties du corps en dehors du chemin lumineux en toutes circonstances, car des brûlures pourraient en résulter.

En général, une image de 6 pouces (150 mm) de diamètre constitue le meilleur compromis entre la luminosité de l'image et la résolution (du fait qu'une image trop grande peut apparaître faible et peu contrastée, alors qu'une image trop petite peut rendre difficile la perception des petites taches).

Une formule utile pour calculer la distance (en mm) entre l'oculaire et l'écran de projection nécessaire pour obtenir une image de 150 mm est :

$$Distance = f(16050/F + 1)$$

Où f est la distance focale de l'oculaire et F la longueur focale du télescope en millimètres.

(Source: "Observing the Solar System: the modern astronomer's guide" par G. North)

Notez qu'en raison de la variation du diamètre apparent du Soleil au cours de l'année (en raison de la forme de l'ellipse de l'orbite terrestre), la distance calculée est approximative et doit être ajustée pour régler l'image solaire au diamètre approprié.

4 – Equipement

Quel type de télescope ?

Vous pouvez déjà détenir un réfracteur, un réflecteur, ou un télescope composé de miroir et lentilles (comme un télescope Schmidt-Cassegrain ou un Maksutov). Tous ces types sont adaptés à la vision directe avec un filtre d'ouverture. En vérité, les réfracteurs sont légèrement meilleurs et délivrent des images plus piquées et à plus grand contraste que les réflecteurs, qui présentent des petits effets de diffraction causés par les obstructions dans le chemin lumineux, mais tout télescope équipé d'un filtre solaire correct est approprié pour démarrer l'observation des taches solaires.

Pour la projection solaire, les réfracteurs sont meilleurs en raison de l'obstruction minimale dans le chemin de lumière focalisé et du montage mécanique d'un écran de projection. Les réflecteurs de type Newton ne sont pas recommandés pour la projection. Les réflecteurs sont en général plus gros que la plupart des petits réfracteurs utilisés pour les observations solaires et concentrent davantage de chaleur dans le plan focal et présente un risque plus élevé de détérioration du télescope que les réfracteurs plus petits. De nombreux filtres solaires de bonne qualité sont disponibles pour être placés à l'avant des réflecteurs et ils doivent être utilisés pour l'observation directe plutôt que par projection. Les télescopes Schmidt-Cassegrain et de type à éléments composés ne doivent pas être utilisés car les tubes fermés peuvent devenir chauds et peuvent endommager le ciment maintenant le miroir secondaire et son support sur la lame correctrice et les déflecteurs ou diaphragmes peuvent également être endommagés. Les oculaires avec éléments cimentés peuvent être endommagés par la chaleur passant à travers l'oculaire. Evitez aussi d'utiliser un oculaire avec un réticule, qui pourrait fondre dans l'intense image focalisée du soleil.

Quelle ouverture ?

Vous n'avez pas besoin d'une grande ouverture. Des ouvertures de l'ordre de 50 à 80 mm sont suffisantes. Il peut être intéressant de noter que le télescope utilisé pour les pointages quotidiens des taches solaires à Zurich pendant de nombreuses années par Rudolf Wolf et ses successeurs était un réfracteur de 80 mm. Les ouvertures plus grandes que 100 à 125 mm sont généralement limitées par les effets de turbulence atmosphérique. Si vous rencontrez des conditions de turbulence de l'ordre d'une seconde d'arc (ou mieux) à votre emplacement d'observation durant la journée, alors une ouverture de 125 mm ou plus peut être justifiée pour voir le soleil avec une résolution d'une seconde d'arc. Les ouvertures plus petites que 125 mm ont une résolution limitée par les limitations théoriques plus grandes qu'une seconde d'arc, mais la plupart des observateurs rencontrent probablement des conditions de turbulence diurnes plus grandes qu'une seconde d'arc. Quel que soit le télescope qu'un astronome amateur possède, celui-ci fonctionnera probablement bien. Les observateurs de la Section Solaire de l'AAVSO qui contribuent au pointage des taches solaires utilisent des ouvertures comprises entre 40 et 200 mm.

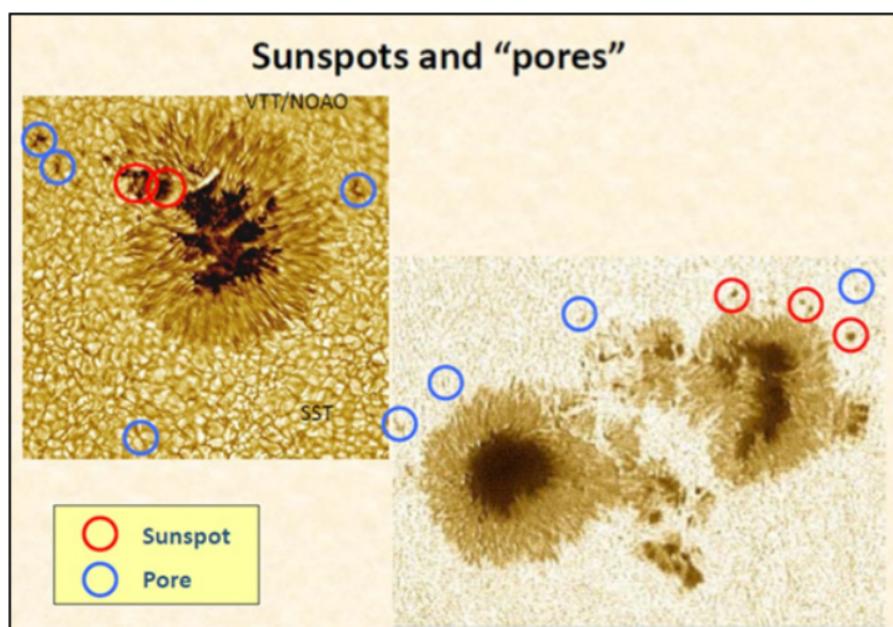
Si vous achetez un réfracteur pour observer par projection ou à travers un coin d'Herschel, l'utilisateur doit s'assurer que l'instrument n'a pas de pièces en plastique proches du foyer

objectif, comme cela est courant dans de nombreux réfracteurs bon marché vendus dans les grands magasins. Généralement, les réfracteurs achromatiques de 100 mm ont une optique décente et aucune pièce en plastique, tandis que les réfracteurs apochromatiques dans les plus petites tailles sont encore de meilleure qualité et seront également bons pour l'observation solaire. Pour la projection solaire, une ouverture supérieure à 80 ou 100 mm peut permettre à une quantité excessive de chaleur de passer à travers le plan de l'image du télescope et peut rendre floue l'image.

Quel grossissement ?

Le grossissement utilisé pour le comptage des taches solaires est important mais les conditions de visibilité peuvent limiter le grossissement maximum utilisable, alors que des conditions très stables permettent d'utiliser un fort grossissement. Un grossissement trop élevé peut entraîner l'observateur à comptabiliser des pores de courte durée (qui ne doivent pas être pris en compte) à la place de taches plus grandes. Les pores sont des taches intergranulaires aléatoires qui apparaissent sous la forme de très petites taches sans pénombre qui évoluent rapidement (avec des durées de vie typiquement inférieures à une heure et dictées par la dynamique de granulation) et peuvent marquer la position de taches solaires nouvellement formées. L'observateur de taches solaires doit se familiariser avec les pores pour éviter de les confondre avec des taches solaires.

Les pores ont une apparence floue, un faible contraste, une forme non clairement définie, et ne sont pas vraiment noirs, à la différence d'une vraie tache solaire qui possède un contour net, un contraste élevé, et un cœur obscur. Si le grossissement est trop faible, il peut être difficile de percevoir ces caractéristiques. L'illustration ci-dessous montre un exemple de taches solaires et de pores. Plus le grossissement est élevé, et plus les taches solaires et les pores sont résolus dans de bonnes conditions de visibilité, mais il y a le risque de comptabiliser un pore comme une tache solaire. D'un autre côté, les grossissements moyens à forts sont nécessaires pour établir clairement la discrimination entre eux.



*Illustration des taches solaires et des pores.
(Image reproduite avec l'aimable autorisation de Frédéric Clette.)*

Une bonne directive consiste à scanner le disque sous plusieurs grossissements différents. Utilisez un grossissement faible (40x – 50x) et un grossissement moyen (60x – 70x) pour voir le disque en entier et pour identifier les groupes principaux et leurs structures. Si les conditions de visibilité le permettent, utilisez un fort grossissement (80x – 90x) pour aider à identifier les petits groupes et obtenir un comptage précis des taches en identifiant et en excluant les pores.

A titre indicatif, le grossissement résolvant qui permet de voir tous les détails de l'image télescopique est égal à la moitié de l'ouverture en mm, mais en pratique, quelque chose de plus est nécessaire, par exemple 1,5 fois cette valeur ou 60x pour une ouverture de 80 mm, qui est une valeur typique pour le comptage des taches solaires. Si nous supposons que le plus petit point résoluble a une taille apparente de 3 secondes d'arc, le comptage n'est pas significativement influencé par l'ouverture car un réfracteur de 80 mm est déjà capable de résoudre 1,5 secondes d'arc, ce qui est inférieur à la turbulence moyenne (généralement autour de 2 secondes d'arc).

Comment calculer le grossissement ?

Le grossissement se calcule en divisant la distance focale de l'objectif par la distance focale de l'oculaire,

$$\text{Grossissement} = \text{focale de l'objectif} / \text{focale de l'oculaire}$$

Par exemple, en utilisant un télescope avec une distance focale de 1000 mm et un oculaire de 20 mm, le grossissement sera de 50.

Ou, en utilisant l'ouverture de l'objectif et son rapport F/D, le grossissement se calcule ainsi

$$\text{Grossissement} = [(\text{ouverture}) \times (\text{rapport F/D})] / (\text{focale de l'oculaire})$$

Par exemple, en utilisant un télescope de 80 mm d'ouverture, un rapport F/D de 8, et un oculaire de 10 mm, le grossissement sera $[(80 \text{ mm}) \times 8] / (10 \text{ mm}) = 64$.

Un calculateur en ligne utile est disponible à : <http://www.skyandtelescope.com/observing/skyandtelescope-coms-scope-calculator/>

Quel filtre ?

Les filtres solaires sont vendus sous forme de revêtement métalliques sur verre ou substrat de mylar. Les filtres les plus utilisés sont généralement vendus par Baader Planetarium (AstroSolar Safety Film) ou par Thousand Oaks Optical. Plus anciennement, les filtres solaires fiables étaient également fournis par Roger Tuthill Co., baptisés Solar Skreen, et certains d'entre eux sont encore en usage. La priorité lorsqu'on utilise un filtre consiste à s'assurer de son ajustage et de sa fixation sécurisée sur l'ouverture du télescope avant chaque utilisation.

Des informations utiles sur le choix d'un filtre solaire peuvent être trouvées sur le site web <http://oneminuteastronomer.com/999/choose-solar-filter/>.

Attention : N'utilisez jamais de filtre solaire qui se visse dans l'oculaire ! Ils étaient distribués avec les télescopes bon marché autrefois et certains existent encore. Ils sont dangereux car ils peuvent éclater sous l'effet de la chaleur intense focalisée. Ils doivent être détruits afin d'éviter leur utilisation ultérieure par un observateur non averti.

Attention : Assurez-vous de dépointer le télescope du soleil avant de retirer la couverture de protection et d'attacher le filtre solaire. Ce dernier doit être examiné pour détecter d'éventuels défauts avant de l'attacher au télescope. Cela doit être fait avant chaque séance d'observation. Une procédure à trois étapes est recommandée :

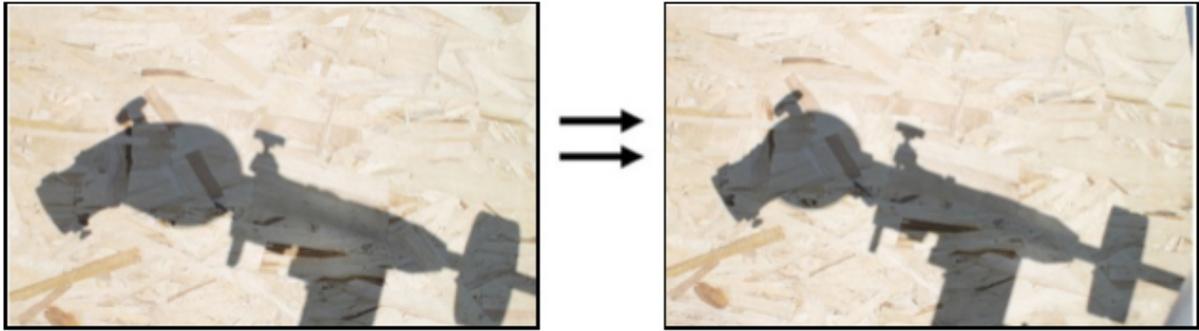
1. Inspectez visuellement le filtre pour détecter des craquelures ou des défauts dans le revêtement réflecteur.
2. Positionnez le filtre en l'air en direction du soleil et regardez à travers. Assurez-vous que le filtre est tenu entre vos yeux et le soleil. Si de la lumière non filtrée peut être perçue à travers le filtre par un trou plus grand qu'une tête d'épingle, le filtre doit être écarté. Des trous de la taille d'une tête d'épingle peuvent être réparés. Quelques conseils de maintenance peuvent être trouvés sur le site web de Thousand Oaks (<http://www.thousandoaksoptical.com/tech.html>).
3. Une fois le filtre attaché et le télescope pointé vers le soleil (voir dessous), regardez à travers le diagonal avant d'insérer l'oculaire. Les défauts éventuels dans le filtre apparaîtront comme des taches brillantes dans cette image non focalisée.

Attention : Couvrez ou déposez le chercheur quand le télescope est pointé vers le soleil, que ce soit en vision directe ou en projection.

Comment puis-je aligner le télescope avec le soleil ?

Aligner le télescope sur le soleil peut être effectué facilement en minimisant l'ombre portée du télescope sur le sol ou sur une surface plate comme un mur ou simplement votre main. Commencez en pointant le télescope grossièrement vers le soleil (avec le filtre placé sur l'ouverture si vous en utilisez un) et déplacez le télescope par de petits mouvements jusqu'à ce que l'ombre soit minimisée ; si vous utilisez la méthode par projection, une image doit apparaître sur l'écran une fois que l'alignement correct a été effectué. Si un filtre solaire est utilisé, regardez à travers le tube de l'oculaire (avec le filtre solaire attaché sur l'ouverture du télescope) sans l'oculaire en place et affinez la position jusqu'à ce que l'image filtrée non focalisée du soleil soit près du milieu du tube de l'oculaire. L'image du soleil doit se trouver alors quelque part dans le champ de vision d'un oculaire à faible grossissement.

Certains observateurs trouvent également un chercheur à sténopé très utile (par exemple, le Sol-Searcher de Tele Vue).



Alignement du télescope sur le soleil en minimisant l'ombre portée.

Quel type de monture de télescope est nécessaire ?

Toute monture qui maintient le télescope stable pendant un moment est utilisable. Les montures peuvent être alt-azimutales, équatoriales motorisées ou pas ou de simples trépieds d'appareil photo. Les montures sans suivi peuvent être ajustées afin que le soleil défile dans le champ de vision, puis recalées ensuite. Cela peut s'avérer plus difficile quand le grossissement augmente, mais avec de l'entraînement, cela devient facile. Les montures sans suivi sont bien pour les débutants, mais les montures avec suivi rendent la tâche plus facile, surtout avec un fort grossissement et facilitent l'attribution des groupes et taches avec les hémisphères N et S. Les vitesses de suivi solaire disponibles sur certains entraînements assistés par ordinateur sont facultatives mais non requises durant les quelques minutes de l'observation quotidienne.

Le Sunspotter

Commercialisé par Learning Technologies, Inc., ce télescope Képlérien repliable fournit un moyen pratique et sûr pour observer le Soleil. En utilisant une série de miroirs, le dispositif projette une image brillante de 85 mm de diamètre sur un écran à travers un objectif de 62 mm de diamètre (diaphragmé à 57 mm). Le grossissement est de 56 x. Le Sunspotter est relativement facile et rapide à utiliser pour pointer le soleil et consiste en deux parties. Un assemblage triangulaire contenant les composants optiques pivote pour donner l'ajustement azimutal à l'intérieur d'un berceau en forme d'arc qui fournit l'ajustement en altitude (tout en reposant sur une surface plate horizontale). Après avoir positionné le berceau en direction de l'azimut du soleil, l'assemblage triangulaire peut être ajusté vers le haut ou vers le bas à l'intérieur du berceau jusqu'à ce que l'axe optique pointe vers le soleil. Un gnomon situé sur le devant fournit un alignement approximatif et l'alignement fin est obtenu en ajustant le télescope afin que la lumière du soleil passant à



Sunspotter telescope

(Image credit: <https://www.scientificsonline.com/product/sunspotter>)

travers deux petits trous (sur chaque face de l'objectif) s'aligne sous forme de points à l'intérieur de deux cercles situés de chaque côté du premier miroir. Pour plus de détails sur l'utilisation du Sunspotter, voir la référence par Larsen (2013). Le Sunspotter est un bon instrument d'initiation pour observer les taches solaires, mais les télescopes offrent davantage d'options pour les différents grossissements et des observations plus détaillées peuvent être obtenues avec un télescope.

5 - Conseils d'observations et d'enregistrements et remarques

Le processus consiste à compter les nombres de taches et de groupes de taches. Enregistrez-les avec l'heure, la date et les conditions de visibilité.

Tout d'abord, il faut insister sur la signification des groupes ou amas de taches solaires pour l'observateur se préparant à compter les taches solaires. Les nombres de groupes ont une importance plus grande que les nombres de taches solaires, et sont pondérés avec un facteur de 10 dans le nombre de Wolf (W) utilisé dans le calcul des Nombres Relatifs de Taches Américains. Les groupes sont plus précisément reliés à la surface du soleil couverte par les régions actives. Par contraste à l'importance des groupes, les petites taches solaires ou pores qui sont uniquement visibles avec un fort grossissement ne doivent pas être pris en compte. Le nombre de Wolf pour chaque observation quotidienne est calculé à partir du nombre de taches individuelles (s) et les nombres de groupes (g), de la façon suivante :

$$W = 10g + s$$

En conséquence, l'estimation correcte du nombre de groupes est beaucoup plus importante que le comptage de chaque petite tache.

L'orientation de l'équateur solaire doit être déterminée avant une observation de tache solaire, afin que l'observateur puisse assigner correctement les groupes aux hémisphères Nord et Sud. Cela n'est pas essentiel, et le rapport mensuel de taches solaires peut être soumis sans indication d'hémisphère des taches observées, mais les observateurs plus expérimentés doivent être avertis de l'orientation préférentielle Est-Ouest des groupes de taches solaires, et qu'il existe des taches précédentes et suivantes. Par ailleurs, les observateurs débutants peuvent faire des erreurs dans le comptage des taches. Des détails sur la façon de trouver l'orientation du Soleil sont décrits dans l'annexe D.

Commencez l'observation en scannant le disque à différents grossissements. Utilisez un grossissement faible (40 x – 50 x) et moyen (60 x – 70 x) pour voir le disque en entier et identifier les principaux groupes et leurs structures. Si la turbulence le permet, utilisez un fort grossissement (80 x – 90 x) pour aider à l'identification des petits groupes et à la détermination d'un comptage précis. Examinez les deux limbes soigneusement. Ils contiennent des taches qui sont souvent difficiles à détecter. Assurez-vous de compter tous les groupes et toutes les taches que vous voyez. Effectuez plusieurs passages en comptant les groupes et les taches pour profiter des améliorations soudaines de la turbulence. Vérifiez soigneusement les faculæ pour les petites taches.

Faites votre meilleure estimation du nombre de groupes, bien que la décision des taches à inclure dans un groupe puisse être quelque peu arbitraire certains jours. Certaines stratégies pour aider à la détermination du nombre de groupes consistent à utiliser les ressources d'Internet pour suivre la progression des groupes, et d'observer quotidiennement pour garder la familiarité avec les groupes. Quand vous commencez, vous pouvez consulter de telles

images pour voir si vous prenez suffisamment soin pour voir les petites taches. Les ressources sur Internet constituent un excellent moyen de suivre l'évolution des taches et des groupes de taches du fait que les principaux satellites et observatoires solaires suivent le soleil en permanence dans de nombreuses longueurs d'onde, mais elles ne doivent pas être utilisées pour préjuger de vos observations ou "mesurer" vos estimations visuelles, du fait que le but du programme consiste à maintenir une série à long terme des comptages de taches solaires par des observateurs visuels entraînés. Parmi les quelques sites offrant des images à jour de la photosphère, on peut noter :

<https://sohowww.nascom.nasa.gov/sunspots/> et <https://sdo.gsfc.nasa.gov/>,
et <http://solarham.net>.

Il est intéressant pour l'observateur de comprendre et d'appréhender la rotation du soleil et le mouvement apparent des taches solaires. En première approximation, les taches solaires se déplaçant le long du disque solaire matérialisent la rotation du soleil et vous pouvez voir des groupes actifs de taches solaires réapparaître à la même position après une rotation solaire d'environ 27 jours. Pour être plus précis, la vitesse de rotation du soleil se trouve être plus rapide à l'équateur (environ 24.5 jours) et plus lente aux latitudes élevées (plus de 30 jours dans les régions polaires). La rotation différentielle est notable mais une période de rotation approximative de 27 jours est communément mentionnée et correspond à la période à une latitude de 26 degrés au nord ou au sud de l'équateur solaire, qui est une latitude typique pour les taches solaires et une activité solaire significative. La vitesse de rotation varie avec la latitude car le soleil est un plasma gazeux. Après avoir observé un cycle solaire, vous pourrez noter que les taches solaires tendent à se développer à des latitudes moyennes dans les premières années d'un cycle solaire puis apparaissent dans une bande de latitude s'élargissant qui se déplace progressivement vers l'équateur quand le cycle progresse. Cela donne le diagramme dit de Butterfly <https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>. Les observateurs solaires peuvent découvrir que l'astronomie et la physique solaire sont fascinantes et que le soleil constitue une étoile variable très excitante ! Le site de la NASA (voir la section Ressources) est une parmi les nombreuses bonnes sources d'information sur la rotation solaire et d'autres facteurs qui peuvent concerner l'observateur solaire.

La compréhension des systèmes de classification des groupes de taches solaires de Zurich et de McIntosh (voir les annexes) peut aider à mieux comprendre et reconnaître l'évolution des groupes de taches solaires.

Estimation de la turbulence

La "turbulence" est un terme qui décrit le degré d'agitation dans l'image, causé par les variations de la densité de l'air dans l'atmosphère terrestre. De bonnes conditions de turbulence donnent des images relativement stables alors que de mauvaises conditions donnent des images solaires turbulentes ou floues. Les conditions de turbulence doivent être enregistrées et rapportées avec chaque observation, et ainsi, vous devez estimer ces conditions comme excellentes, bonnes, moyennes ou médiocres. Bien sûr, vous devez vous efforcer d'observer

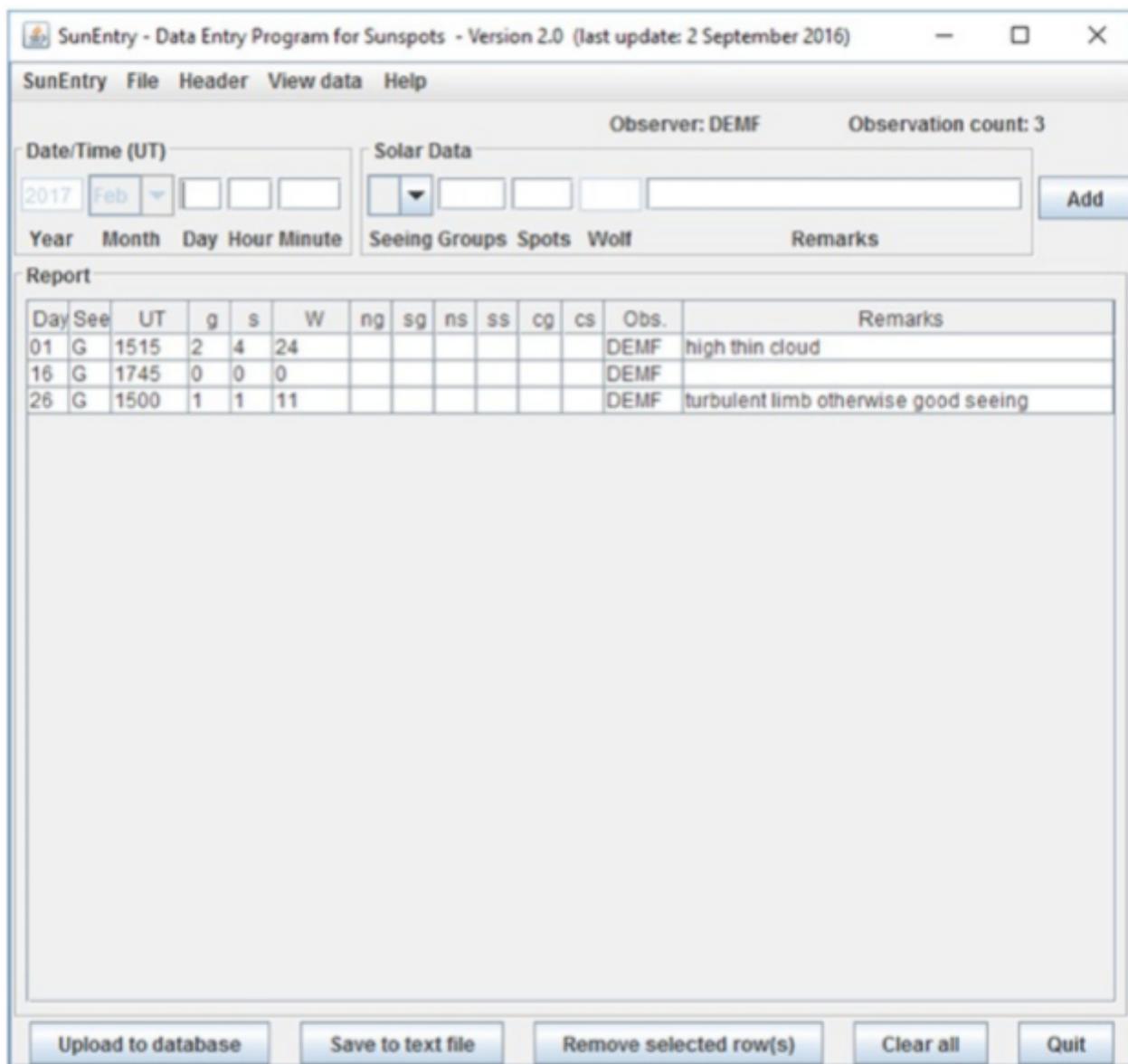
sous d'excellentes conditions, mais celles-ci peuvent ne pas arriver souvent. Comme l'observation solaire sera plus précise sous d'excellentes conditions de turbulence, les facteurs l'affectant peuvent être intéressants à connaître. Cela est décrit dans l'annexe A de ce guide.

Quand faut-il observer ?

Observer tous les jours à la même heure est idéal, en particulier quand les conditions de turbulence sont bonnes ou excellentes. Observer le soleil quand il est haut dans le ciel minimise l'absorption et la distorsion par l'atmosphère terrestre, mais le chauffage du sol et des bâtiments avoisinants peut provoquer des conditions dégradées. Pour plus de détails, voir la discussion des conditions de turbulence dans l'annexe A.

6 - Compte rendus d'observations

Utilisez le logiciel de l'AAVSO SunEntry pour télécharger vos observations à l'AAVSO. Après avoir entré votre code observateur et votre mot de passe (ou vous être enregistré comme observateur solaire la première fois), le logiciel de rapport demande la date, l'heure, la condition de turbulence, et les nombres de groupes et de taches. La capture d'écran ci-dessous illustre la section d'entrée. Eventuellement, comptez et rappez les nombres des groupes dans les hémisphères nord et sud. Cela nécessite de trouver l'orientation du soleil et son équateur. Plus de détails sont disponibles dans l'annexe D. (Note : pour vous enregistrer comme observateur solaire de l'AAVSO, suivez les instructions sur le site web <https://www.aavso.org/sun-entry>.)



The screenshot shows the SunEntry software interface. At the top, the title bar reads "SunEntry - Data Entry Program for Sunspots - Version 2.0 (last update: 2 September 2016)". The menu bar includes "SunEntry", "File", "Header", "View data", and "Help".

The main interface is divided into several sections:

- Observer:** DEMF
- Observation count:** 3
- Date/Time (UT):** Fields for Year (2017), Month (Feb), Day, Hour, and Minute.
- Solar Data:** Fields for Seeing, Groups, Spots, and Wolf, along with a Remarks field and an "Add" button.
- Report:** A table with columns: Day, See, UT, g, s, W, ng, sg, ns, ss, cg, cs, Obs., and Remarks.

The Report table contains the following data:

Day	See	UT	g	s	W	ng	sg	ns	ss	cg	cs	Obs.	Remarks
01	G	1515	2	4	24							DEMF	high thin cloud
16	G	1745	0	0	0							DEMF	
26	G	1500	1	1	11							DEMF	turbulent limb otherwise good seeing

At the bottom of the window, there are five buttons: "Upload to database", "Save to text file", "Remove selected row(s)", "Clear all", and "Quit".

Lors de la préparation d'un rapport de taches solaires à soumettre à l'AAVSO, assurez-vous que vous avez calculé le nombre de Wolf (10 g + s) correctement. Votre nombre calculé doit

être en accord avec la valeur calculée par le logiciel SunEntry, qui vérifie automatiquement l'arithmétique, et cette vérification est un gage d'assurance de qualité. Comme d'habitude, vérifiez soigneusement vos observations avant de les soumettre et ne rapportez pas d'observations douteuses. La colonne Remarques peut inclure des commentaires comme "observé à travers des nuages élevés", "brumeux", "brumeux et turbulent", ou "turbulence au niveau limbe".

Soumettez vos rapports de façon régulière. Souvenez-vous que pour que vos résultats soient inclus dans le Bulletin Solaire pour un mois donné, votre rapport doit être reçu par la chaire de la Section Solaire au plus tard le 10 du mois suivant le mois des observations. Si vous le souhaitez, vous pouvez envoyer vos observations quotidiennement plutôt qu'en un seul rapport à la fin du mois.

7 - Classification des taches solaires

Différents schémas de classification des taches solaires et des groupes ont été développés afin de classer les stades de développement et d'évolution des taches solaires. Le système de classification des taches solaires de Zurich a été utilisé pour des observations visuelles pendant de nombreuses années jusqu'à ce que les opérations de communication et d'astronomie conduisent à des exigences pour une meilleure capacité à prédire les éruptions solaires. Une révision du système de Zurich a été conçue par Patrick McIntosh qui incluait la pénombre de la plus grande tache d'un groupe et la distribution des taches dans les groupes. Ce système plus détaillé fournit l'information utile pour prédire les éruptions. D'autres schémas de classification sont décrits dans Solar Astronomy Handbook, de Beck et. Al. (voir Resources) et quelques informations supplémentaires sont disponibles sur le site <https://www.aavso.org/sites/default/files/SemSunspotsClassV3>. Bien que cela ne soit pas nécessaire pour les observateurs de taches solaires de l'AAVSO, les schémas de classification de Zurich et de McIntosh peuvent aider l'observateur à comprendre la position d'une tache solaire dans son cycle de vie, et les deux sont décrits dans les annexes B et C.

L'AAVSO utilise le système de classification de Zurich depuis 1924 et puisque l'objectif principal du nombre de taches solaires de la section solaire de l'AAVSO est de maintenir la cohérence du registre à long terme des taches solaires, les observateurs débutants doivent commencer avec le système de Zurich, avant d'étudier d'autres systèmes de classification. Alors que certains groupes d'astronomes amateurs utilisent les classifications McIntosh, les observateurs de l'AAVSO doivent suivre les classifications de Zurich pour une continuité à long terme. Plus d'informations sur la valeur historique à long terme des observations de taches solaires AAVSO peuvent être trouvées sur le lien <https://www.aavso.org/dances-wolfs-short-history-sunspot-indices> et dans les références à la fin de cet article.

8 - Ressources

Livres et Articles:

Guidelines for the Observation of White Light Solar Phenomena (A Handbook of the Association of Lunar and Planetary Observers Solar Section), edited by Jenkins, J., 2010. (also available online at:

http://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl_2010.pdf

Observing the Solar System: the modern astronomer's guide, North, G., Cambridge University Press, 2012

How to Observe the Sun Safely (2nd edition), Macdonald, L., Springer-Verlag New York, 2012, ISBN: 978-1-4614-3824-3.

Monitoring Solar Activity Trends With a Simple Sunspotter, Larsen, K., 2013 JAAVSO Vol. 41

Observer's Handbook of the RASC 2017, Royal Astronomical Society of Canada, Webcom Inc., 2016.

Observing the Sun, Taylor, P., Cambridge University Press, 1991. ISBN: 978-0-52105-636-6.

Solar Astronomy Handbook, Beck, Hilbrecht, Reinsch and Volker, Willmann-Bell Inc., 1995. ISBN: 978-0-94339-647-7.

Solar Sketching: A Comprehensive Guide to Drawing the Sun, Rix, E., Hay, K., Russell, S. and Handy, R., Springer Publishing, 2015. ISBN: 978-1-49392-900-9

The Sun and How to Observe It, Jenkins, J., Springer Publishing, 2009. ISBN: 978-0-38709-497-7.

Sites Web :

NASA solar science website : <https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>

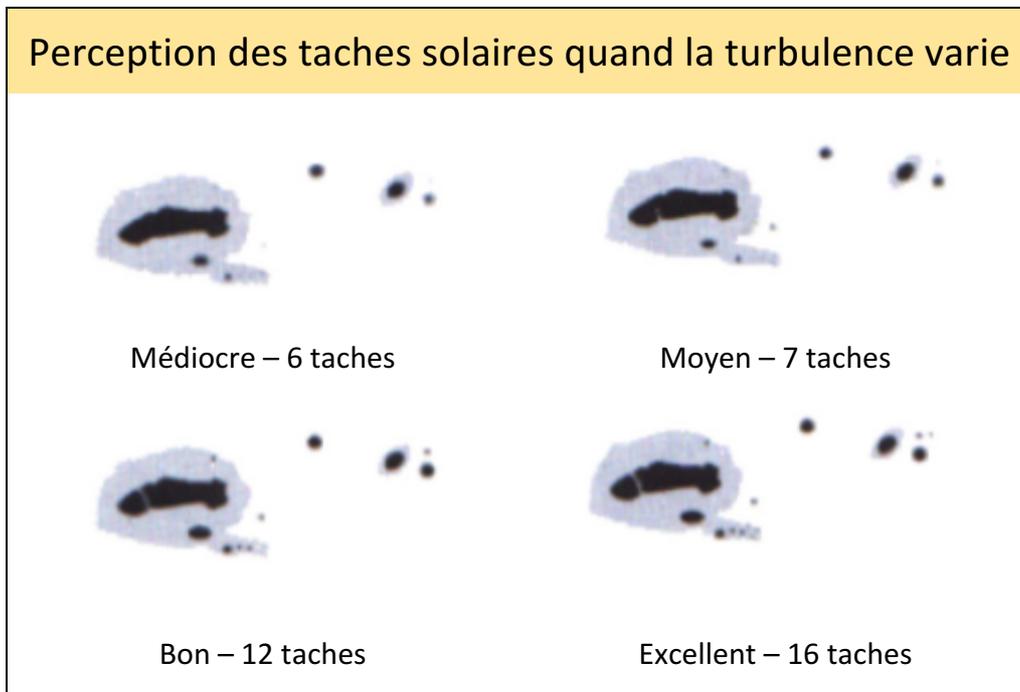
Annexe A – Conditions de turbulence

(Note : issu de <https://www.aavso.org/atmospheric-seeing-conditions-solar-observing>)

Conditions de visibilité atmosphériques – Contribution de Tom Fleming (FLET)

Les rapports et observations soumis à l'AAVSO utilisent le classement suivant pour la turbulence atmosphérique : Médiocre, Moyen, Bon, Excellent

L'illustration ci-dessous montre le même groupe de taches tel qu'il apparaîtrait sous ces quatre conditions. Bien sûr, une image sur une page imprimée ne peut représenter précisément la turbulence ondulante de l'atmosphère quand les conditions méritent un classement "Médiocre". Ainsi, les images "Moyenne" et "Médiocre" représentent une image moyenne sur plusieurs secondes.



L'image "Médiocre" montre trois taches à l'intérieur de la grande zone de pénombre. Trois taches supplémentaires sont visibles à droite. Il existe des soupçons sur quelques autres mais la turbulence empêche leur vérification. Quand les conditions s'améliorent ("Moyen"), une autre tache juste à droite de la grande zone de pénombre apparaît. Sous des conditions "Bon", plusieurs taches plus petites apparaissent – quatre dans la grande zone de pénombre (la tache la plus grande se scinde en deux – mais elle est comptée comme une seule tache et non deux) et une autre près de la plus petite tache avec la pénombre. Enfin, sous d'excellentes conditions, tout apparaît.

En général, les conditions "Médiocre" et "Excellent" sont moins fréquentes que les conditions "Bon" et "Moyen" qui constitueront la majorité de votre expérience d'observation. L'observation de l'agitation du limbe constitue un indicateur courant pour juger de la qualité de la turbulence. Si vous n'avez pas d'expérience, vous pouvez vous demander comment reconnaître une condition "Excellent". L'expérience est identique à regarder une pièce de monnaie à travers un mètre d'eau de piscine. Vous la voyez mais les rides vous empêchent de voir les détails. Une condition "Excellent" est semblable à mettre un masque et mettre la tête sous l'eau. Non seulement vous verrez le visage sur la pièce, mais vous pouvez lire sa date et voir les reflets des rayures. Le détail des régions dans la pénombre des grandes taches solaires, seront époustouflants. Une tache solaire étendue sous des conditions moyennes peut se résoudre en trois ou davantage de taches sous d'excellentes conditions.

Dans la section suivante, vous trouverez une discussion détaillée des conditions qui influencent la turbulence et la façon de les optimiser.

Discussion détaillée des conditions de visibilité

La turbulence est le résultat du mélange de volumes d'atmosphère de températures inégales. Les conditions qui causent ces inégalités de température sont nombreuses et variées. Certaines sont sous votre contrôle et d'autres totalement hors d'atteinte.

Conditions locales : La turbulence peut se produire à l'intérieur du chemin de lumière de votre télescope. Avant d'observer, laissez à votre télescope le temps de s'adapter à la température locale. Choisissez votre emplacement d'observation avec les facteurs suivants à l'esprit : Attention aux murs et clôtures, leurs faces verticales reçoivent le maximum de chaleur quand le soleil est près de l'horizon (qui est généralement le moment favorable pour observer). Évitez d'observer au-dessus des toits ou des zones pavées quand cela est possible. En général, les zones avec des arbres ou des pelouses aident à stabiliser l'air dans votre chemin lumineux. Observer au-dessus d'un plan d'eau fournit en général l'air le plus stable (notez l'observatoire Big Bear). Si votre emplacement est à une altitude supérieure à 5000 pieds (1500 m), cela est aussi favorable. Les passages frontaux amènent régulièrement de la turbulence quand l'air chaud existant est remplacé par de l'air froid. Il y a cependant une période brève après que le front soit passé. Quand les derniers nuages n'interfèrent plus avec votre vue du soleil, vous pouvez espérer de bonnes conditions avant que les conditions ne se dégradent. La fenêtre d'opportunité est d'environ 10 à 15 minutes.

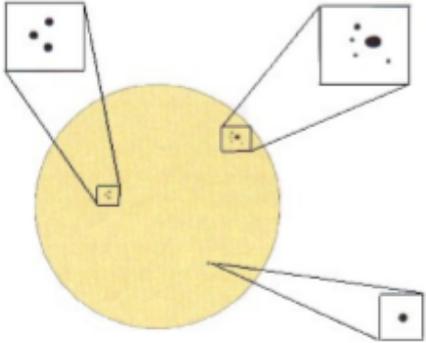
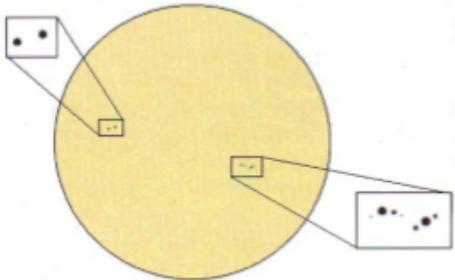
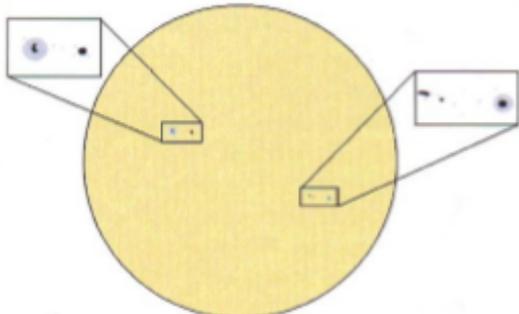
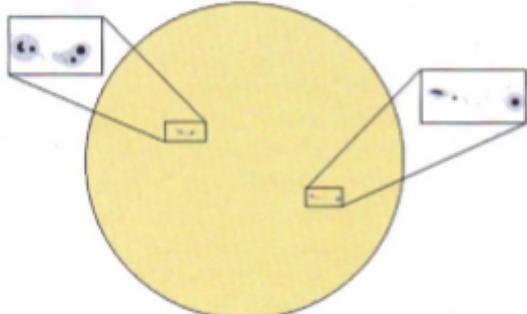
L'observation du limbe solaire vous donnera des indices sur la turbulence que vous rencontrerez pendant votre session d'observation. Des rides à large échelle qui traversent le soleil en quelques fractions de seconde peuvent être attribuées à des conditions locales – celles-ci indiquent des conditions non favorables sur votre site que vous pouvez améliorer. Si vous observez le soleil sous un angle bas, ce type de turbulence s'améliore occasionnellement quand le soleil se lève au-dessus d'une couche d'air perturbée. Cependant, le chauffage diurne de la surface terrestre et l'air avoisinant sont vos pires ennemis. C'est pour cette raison que l'observation du soleil à faible altitude plutôt qu'au voisinage du méridien est recommandée. Pour la même raison, il est important d'observer quand les nuages se dissipent au-dessus de votre région avant que le chauffage de la surface commence à affecter l'air.

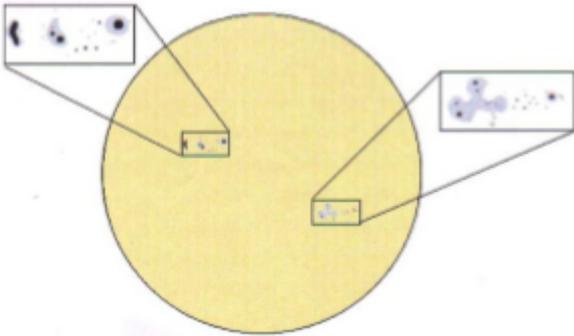
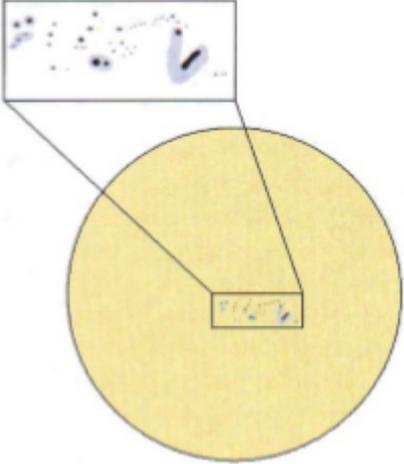
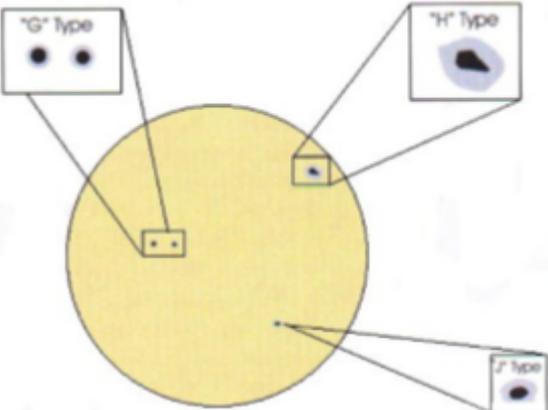
Une fois de plus dans ce manuel, vous trouverez des références aux méthodes recommandées pour observer le soleil et enregistrer vos données. Des scans multiples, à de différents grossissements, sont recommandés. Les observateurs expérimentés ont noté des variations remarquables des conditions de turbulence sur des durées s'étalant de quelques secondes jusqu'à plusieurs minutes. Un observateur patient qui est prêt à exploiter ces conditions de turbulence améliorées sera récompensé par des données de meilleure qualité.

Annexe B – Système de classification de Zurich

Le système de classification de Zurich des groupes de taches – Contribution de Tom Fleming

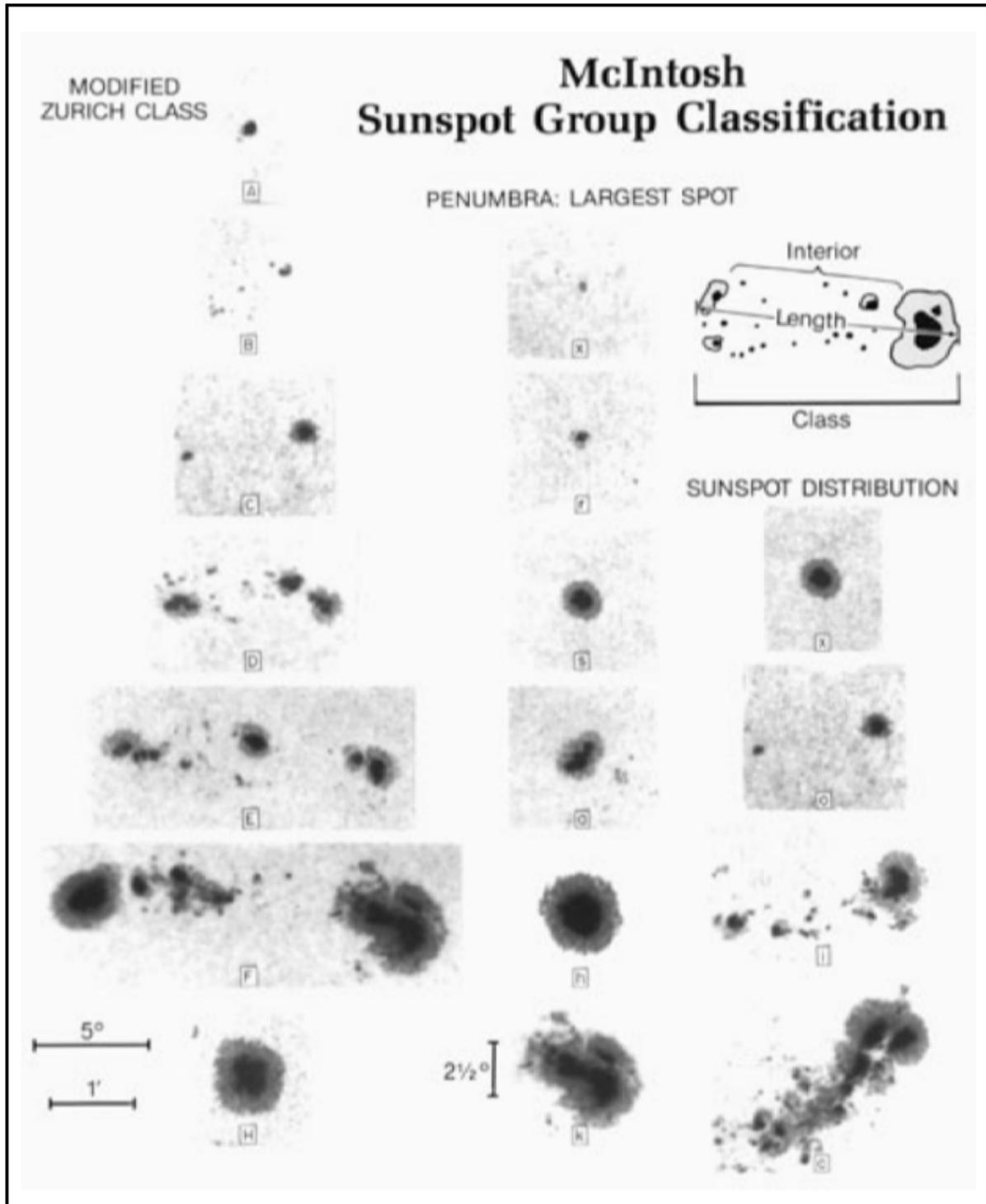
(Note: ce qui suit est issu de <https://www.aavso.org/zurich-classification-system-sunspot-groups>)

<p>Type "A" : Une ou plusieurs petites taches qui ne montrent pas de bipolarité ou qui n'affichent pas de pénombre.</p>	<p>Type B : Deux ou plusieurs taches qui montrent une bipolarité mais qui n'affichent pas de pénombre.</p>
	
<p>Type C : Deux ou plusieurs taches qui montrent une bipolarité et soit la tache précédente ou suivante affiche une pénombre.</p>	<p>Type D : Deux ou plusieurs taches qui montrent une bipolarité et la tache précédente et la tache suivante affiche une pénombre. Le type "D" occupera 10° ou moins de longitude solaire.</p>
	

<p>Type E : Ce type de groupe est identique au type D mais il s'étale entre 10 et 15° de longitude solaire.</p>	<p>Type F : Groupe le plus large identique au type E mais s'étendant sur plus de 15° de longitude solaire.</p>
	
<p>Type G : Le reste en décomposition des groupes "D", "E" et "F". Affiche un groupe bipolaire avec des pénombres.</p>	<p>Type H : Le reste en décomposition des groupes "C", "D", "E" et "F". Un simple groupe de taches avec pénombre. Doit être plus grand que 2,5° en diamètre. Le type "H" est occasionnellement accompagné par quelques petites taches.</p>
<p>Type J : Identique au type "H" mais avec un diamètre inférieur à 2,5°.</p>	
	

Annexe C – Système de classification de McIntosh

(Note: ce qui suit est issu de la présentation liée à:
(From *The Classification of Sunspot Groups* by Patrick S. McIntosh,
Solar Physics, vol. 125, Feb 1990, p. 251-267.)



Annexe D - Orientation et détermination de l'équateur solaire

L'orientation de l'équateur solaire peut être trouvée en utilisant des moyens mathématiques ou graphiques ou à l'aide d'un logiciel. Une bonne référence pour les calculs mathématiques est *Solar Astronomy Handbook*, par Beck et al (voir ressources) et une bonne source pour les éphémérides du soleil est le site JPL de la NASA <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top> ou *l'Observer's Handbook de la RASC* (voir ressources). Les disques de Stoneyhurst, les disques de Porter et les diagrammes de grille solaire peuvent être téléchargés à partir de plusieurs sites web, incluant la Section Solaire de la BAA (<http://www.petermeadows.com/html/location.html>). Un excellent logiciel pour calculer l'orientation du soleil est *Tilting Sun* (écrit et développé par Les Cowley, disponible gratuitement sur <http://www.atoptics.co.uk/tiltsun.htm>).

Afin de déterminer l'orientation de l'équateur du soleil, la direction céleste E-W doit être établie en premier. En observant par projection on peut utiliser un gabarit dans lequel le disque solaire est traversé par deux droites perpendiculaires. Le gabarit peut ensuite être tourné jusqu'à ce qu'une tache quelconque soit vue dériver le long d'une des lignes en raison du mouvement E-W apparent du soleil dans le ciel, l'autre ligne marquant alors la direction N-S céleste. En observant directement à travers un filtre solaire, la direction E-W peut être déterminée de la même manière au moyen d'un oculaire réticulé du type couramment utilisé pour le guidage pendant la photographie en ciel profond. Les directions célestes E-W et N-S diffèrent des directions solaires réelles par la quantité P , l'angle de position du pôle nord du soleil, comme expliqué ci-dessous.

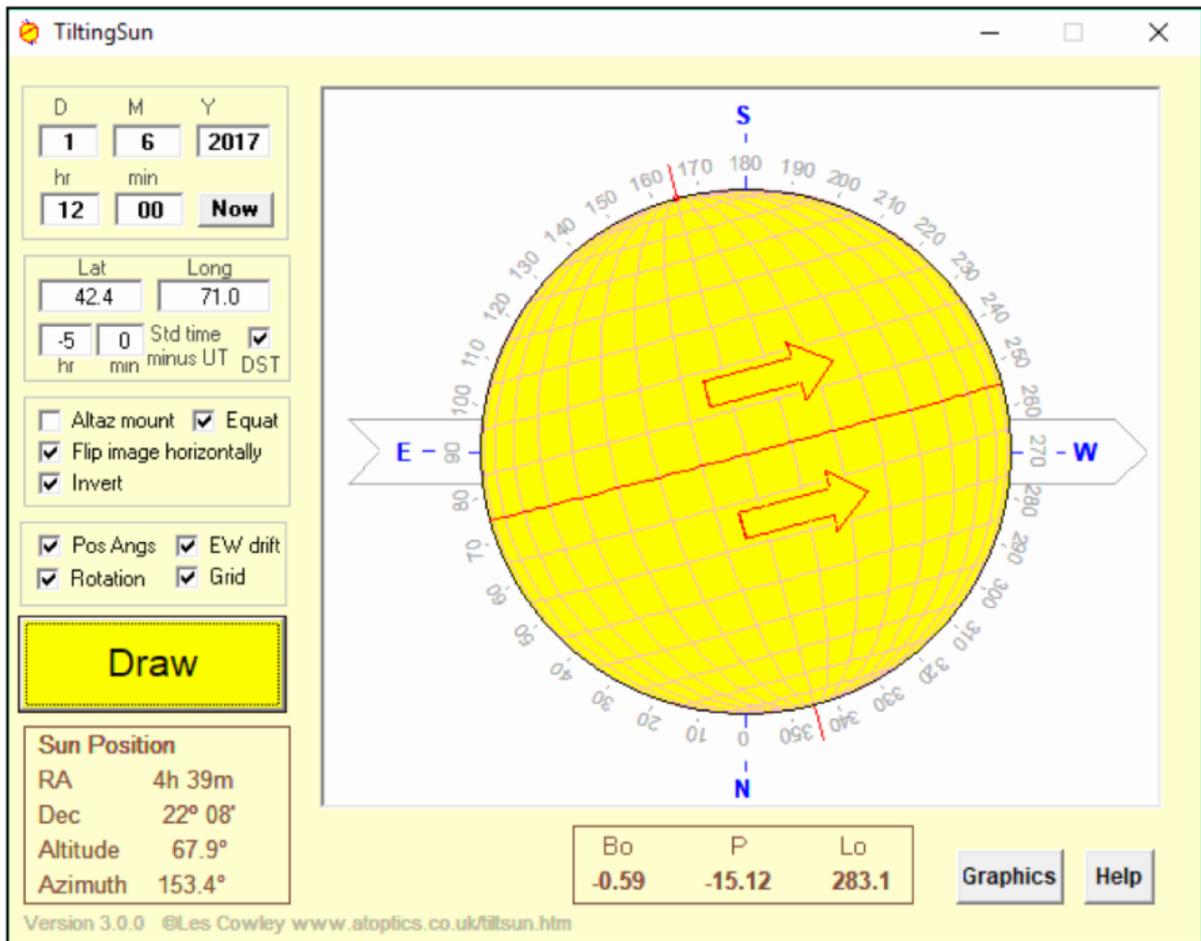
L'orientation du soleil possède trois éléments clés que l'observateur de taches solaires doit comprendre.

La latitude héliographique (B_0) du centre du disque résulte de l'inclinaison de l'équateur du soleil sur l'écliptique (qui est de 7,25 degrés). Lorsque B_0 est positif, l'équateur solaire est au sud du centre du disque solaire et le pôle nord du soleil est incliné vers l'observateur. Cette inclinaison de l'équateur du soleil se traduit par des taches solaires suivant des trajectoires semi-elliptiques à travers le disque solaire, plutôt que des lignes droites.

La longitude héliographique du centre du disque solaire (L_0) est mesurée par rapport à une longitude standard sur le soleil, connue sous le nom de méridien principal de Carrington et elle est utilisée pour identifier les emplacements des caractéristiques sur le disque.

L'angle de position (P) entre l'axe solaire et la direction nord-sud dans le ciel (ou lignes d'ascension droite) résulte d'une combinaison de l'inclinaison de l'écliptique dans le ciel (23,43 degrés) et de l'inclinaison du soleil (7,25 degrés) sur l'écliptique. Lorsque P est positif, le pôle nord de l'axe solaire est incliné vers l'Est.

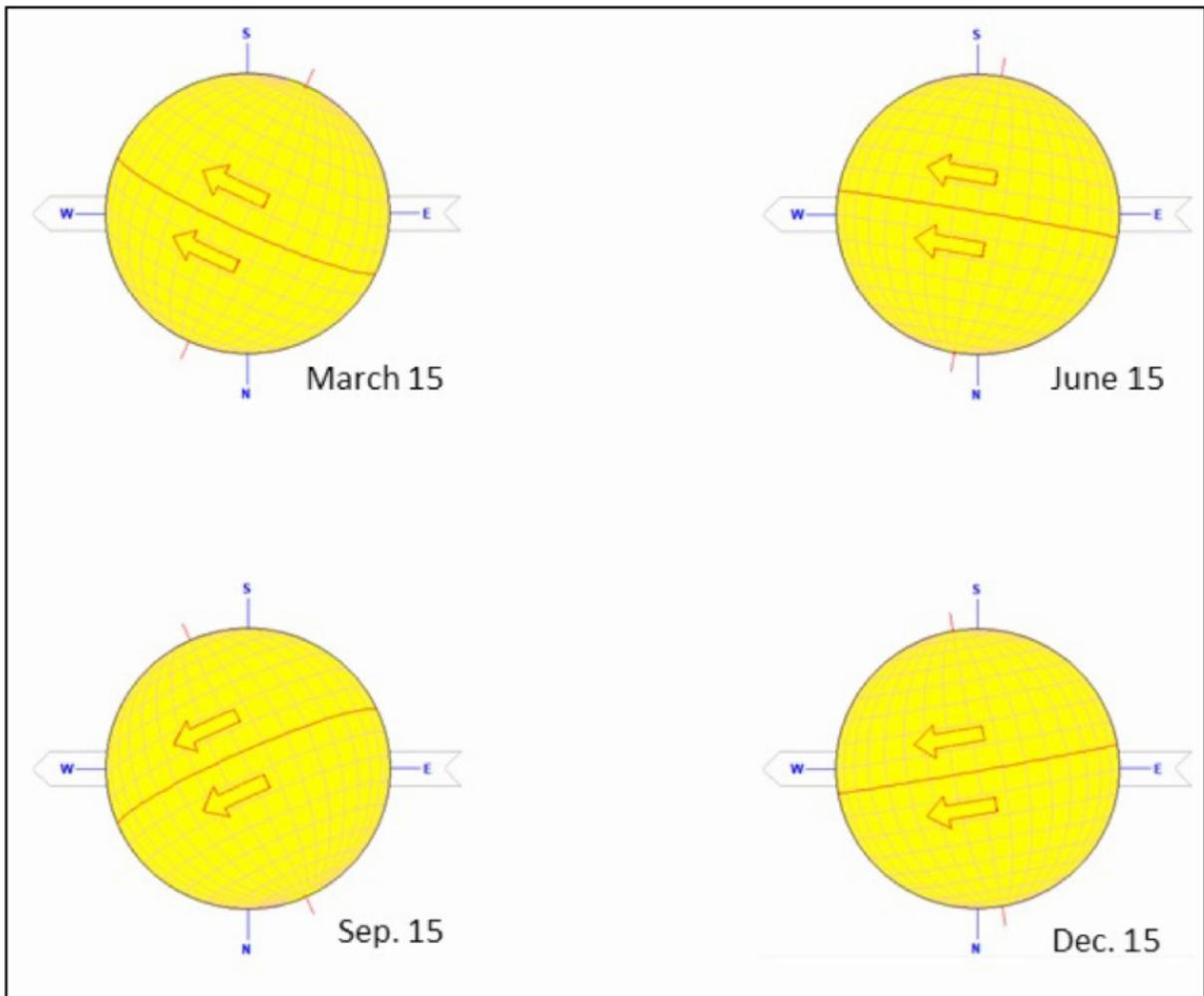
L'un des moyens les plus simples de calculer l'orientation solaire consiste à utiliser le logiciel *Tilting Sun*. Un exemple de *Tilting Sun* est montré ci-dessous pour le 1^{er} juin 2017 pour les coordonnées de Cambridge, MA et montre la position de l'équateur du soleil et la direction de la dérive est-ouest à travers le ciel.



Exemple de Tilting Sun (avec l'aimable autorisation de Les Cowley – www.atoptics.co.uk)

Un détail essentiel que l'observateur solaire doit comprendre est que l'orientation du soleil change tout au long de l'année à mesure que la position du soleil progresse le long de l'écliptique.

Les images sur la page suivante montrent des exemples de *Tilting Sun* tous les trois mois de l'année pour illustrer les changements significatifs dans l'orientation de l'équateur du soleil avec la direction de la dérive à travers l'oculaire de l'observateur.



*Différentes orientations solaires pendant l'année d'après Tilting Sun
(avec l'aimable autorisation de Les Cowley – www.atoptics.co.uk)*

Bien que *Tilting Sun* soit très facile à utiliser, les orientations peuvent aussi être trouvées en utilisant les valeurs d'éphémérides de B_0 , L_0 et P .

Par exemple, les paramètres d'orientation solaire pour la date du 1^{er} Janvier 2017 peuvent être trouvés à la page 184 de *RASC Observer's Handbook 2017*, et sont $P = 2.0$, $L_0 = 123.5$, et $B_0 = -3.0$