

MANUEL
D'OBSERVATION
DES PHENOMENES
SOLAIRES
EN LUMIERE BLANCHE

Groupement Français
pour l'Observation et l'Etude
du SOLEIL.

TABLE DES MATIERES

Introduction

1. MORPHOLOGIE.

- 1.1. Les principales formations.
- 1.2. La granulation.
- 1.3. Les pores.
- 1.4. L'ombre des taches.
- 1.5. La pénombre des taches.
- 1.6. Les taches en général.
- 1.7. Les groupes de taches solaires (GTS).
- 1.8. Le cycle solaire.
- 1.9. La rotation solaire.
- 1.10. Les facules.
- 1.11. Les ponts lumineux.
- 1.12. Les éruptions en lumière blanche.

2. LE DESSIN ET LA PHOTOGRAPHIE DU SOLEIL.

- 2.1. Les instruments.
- 2.2. La turbulence.
- 2.3. Dessiner le Soleil.
- 2.4. Notes générales sur la photographie du Soleil.
- 2.5. Photographier le disque entier.
- 2.6. La photographie à haute résolution.
- 2.7. L'observation de l'activité faculaire.
- 2.8. L'observation des ponts de lumière blanche.
- 2.9. L'observation des éruptions en lumière blanche.

3. NOTICES DES FICHES D'OBSERVATION ET DE PHOTOGRAPHIE

- 3.1. Les fiches d'observation.
- 3.2. Les fiches de photographie.
- 3.3. Le nombre de Wolf.
- 3.4. L'activité faculaire.
- 3.5. Les ponts de lumière blanche.
- 3.6. Le système de coordonnées héliographiques.

4. ANNEXES

- 4.1. La classification des phénomènes visibles en lumière blanche (GTS, facules, ponts).
- 4.2. Les fiches d'observation et de photographie.
- 4.3. Les tableaux récapitulatifs mensuels.
- 4.4. Gabarits de coordonnées héliographiques.
- 4.5. Une fiche technique : la rotation du Soleil.

INTRODUCTION

Observer le Soleil est avant tout un plaisir. Il n'est pas nécessaire de posséder un instrument coûteux et puissant, ni un ciel d'une pureté exceptionnelle comme c'est le cas dans l'astronomie en général. Au contraire, l'observateur doit réduire la lumière qui nous parvient de notre étoile et en tous cas **ne jamais observer le Soleil sans utiliser de système de filtrage sûr**. Le spectacle que nous offre alors le Soleil évolue avec le temps et se renouvelle sans cesse.

Lorsqu'on se contraint à suivre une méthode pour mieux observer, non seulement le plaisir ne diminue pas, mais au contraire, il augmente. Un observateur régulier éprouve donc naturellement le besoin d'en savoir plus et de se documenter.

On peut classer la documentation en trois niveaux:

1. Celle qui s'adresse au débutant et qui présente le sujet. Elle aide à l'acquisition des connaissances et des observations. C'est le rôle des ouvrages généraux sur le Soleil et des manuels d'observation.

2. Celle qu'utilise l'amateur ayant besoin de méthodes pour exploiter ses observations et pour mener à bien ses recherches. Elle se présente en général sous la forme de fiches techniques.

3. Celle qui sert à communiquer le résultat de ses études et, de manière plus générale, à assurer la liaison entre les observateurs. Il existe des revues spécialisées dans l'astronomie solaire, par exemple SONNE en Allemand, SOLAR PHYSICS en Anglais et HELIOS en Français.

Le but du présent manuel est donc de fournir une documentation de niveau 1, destinée à :

- décrire les phénomènes solaires visibles en lumière blanche,
- présenter les programmes d'observations qui leur sont associés,
- fournir les fiches d'observation correspondantes et leurs notices.

On trouvera facilement des ouvrages qui décrivent le Soleil, ce qui rend inutile une présentation générale.

Les méthodes d'exploitation des résultats et éventuellement des notions de physique solaire seront disponibles sous forme de fiches techniques, par exemple pour calculer les coordonnées héliocentriques, etc... Une seule fiche est proposée en annexe pour déterminer la période de rotation du Soleil. Mais les mathématiques et les notions complexes ne sont pas forcément nécessaires à l'amateur qui observe le Soleil pour le plaisir et cherche simplement une méthode. C'est pourquoi cet ouvrage ne les développe pas.

Ce manuel constitue une adaptation de celui rédigé à l'origine par Richard Hill pour l'ALPO et modifié pour les besoins du GFOES. Sans rivaliser avec son aîné, le « Solar Astronomy Handbook », nous espérons qu'il sera utile à tous les observateurs du Soleil.

1. MORPHOLOGIE

Tache solaire photographiée le 3 juillet 1970.
Le disque noir représente environ 2400 km (5 secondes d'arc).
Photographie R Muller.

1.1. LES PRINCIPALES FORMATIONS

Lorsqu'on regarde pour la première fois avec un petit instrument et à faible grossissement la surface du Soleil, et si on a la chance que celui-ci ne soit pas au plus bas d'un cycle d'activité, on peut parfois apercevoir des points noirs. Ce sont des **taches** ou le plus souvent des **groupes de taches**.

Un grossissement plus important montre que les taches se composent en général de deux parties : l'**ombre**, d'un noir d'encre; entourée par une auréole grise, la **pénombre** qui, si la qualité de l'observation est très bonne paraît composée de filaments fibreux rayonnants vers l'extérieur de l'ombre.

De même, si les conditions d'observations sont bonnes, on peut apercevoir l'aspect granuleux de la **photosphère**, c'est-à-dire de la couche du Soleil observable dans le domaine des longueurs d'ondes visibles. Cet aspect est appelé **granulation**. Quelques granules sembleront être pleins, mais sans être aussi sombres que les taches. Ce sont les **pores**.

Autour des grands groupes de taches et surtout près des bords, on verra des plages claires, plus lumineuses : les **facules**. Lorsque les facules divisent une tache en deux ou plusieurs parties, on les appelle des **ponts lumineux**. Les facules peuvent apparaître et se développer sans taches.

Voici donc les principales formations visibles au premier coup d'oeil.

1.2. LA GRANULATION

Toute la photosphère, surface visible du Soleil, est couverte de petites cellules convectives (environ 2 à 3 millions) formant ce qu'on appelle **granulation**. Chaque cellule ou granule a une taille de l'ordre de 2" à 3" soit en moyenne 2,5".

Elles sont séparées les unes des autres par une fine structure de matière plus sombre : la **matière intergranuleuse**. La granulation et la matière intergranuleuse qui entoure les cellules sont dus à la convection qui permet le transfert d'énergie à la surface du Soleil.

La durée de vie des granules est courte, en général de 5 à 10 minutes et il est rare qu'elle atteigne 20 à 30 min. La taille et la longévité des grains semblent affectées par les cycles de l'activité solaire. Mais cette relation est un sujet de recherche.

Avec un télescope de 120 à 150 mm, un observateur peut commencer à étudier la granulation. Le site doit être cependant d'une excellente qualité. L'observateur doit être attentif aux changements de taille, de forme et de luminosité sur une échelle de temps de l'ordre de quelques minutes.

1.3. LES PORES

On trouve souvent des petites régions éparses dans la granulation photosphérique. La matière qui les constitue est plus sombre que la matière intergranuleuse, sans toutefois être aussi noire que l'ombre des taches : ce sont les **pores**. Ils peuvent se former et se dissoudre en l'espace de quelques minutes à moins d'une heure. Leur taille est de l'ordre de 1" à 5".

Comme pour la granulation, il existe une corrélation entre la longévité des pores et leur taille. Les pores les plus grands ont de bonnes chances de devenir de véritables taches. Ils ont alors tendance à vivre plus longtemps et à montrer moins de changements que les granules. En général, ces pores possèdent une taille de 2" à 3" et une durée de vie d'au moins quelques heures.

On peut fréquemment observer des perturbations entre les pores en formation. Souvent on peut voir des tracés sombres entre les pores et des changements dans la granulation..

1.4. L'OMBRE DES TACHES

Lorsque la taille des pores les plus importants augmente, ils deviennent plus stables et peuvent survivre sur la photosphère. En grossissant, leurs dimensions dépassent celles de simples pores (5"), ils s'assombrissent. Sur les poses photographiques les plus longues, ils montrent une apparence granuleuse avec des cellules d'une taille analogue à celle de la photosphère normale.

A ce stade, ils sont seulement des **ombres de taches ponctuelles**. Bon nombre de ces taches développent une pénombre qui ne dure généralement pas longtemps.

La principale différence entre un pore et une tache est l'apparence plus sombre de cette dernière. Les ombres des taches ponctuelles présentent une forme irrégulière surtout en bordure de leur pénombre lorsque celle-ci se développe. De véritables filaments s'étendent à partir de l'ombre.

L'intérieur des ombres de ces taches n'est pas d'un noir aussi uni qu'il semble l'être à première vue. Il se compose de cellules granuleuses sombres et de **points** brillants. Les cellules sont des irrégularités dans l'obscurité, et les points ne sont pas d'égale luminosité.

L'observation des fins détails dans les ombres nécessite un instrument d'au moins 120 mm de diamètre. En photographie, il faut des temps d'exposition de 2 à 5 fois plus longs que pour la photosphère dans son ensemble.

1.5. LA PENOMBRE DES TACHES

Les **pénombres** ressemblent souvent au début à de la matière intergranuleuse qui serait anormalement sombre et allongée en bordure d'ombres de taches ponctuelles. Certaines pénombres n'évoluent jamais au-delà de ce stade rudimentaire, surtout si la matière qui la forme est particulièrement désorganisée. Par exemple, une collection de petites taches sur une grande surface.

On classe ces pénombres rudimentaires en deux groupes : celles qui évoluent et celles qui se dissolvent.

Si l'ombre est large et bien développée, la pénombre formera une structure de **fibres** sombres orientées vers le centre de la tache. Ces fibres possèdent la même nature convective que les granules, mais elles sont déformées par de forts champs magnétiques horizontaux (de l'ordre de 10^3 Gauss).

Entre les fibres sombres composées de matière sombre, plus froide et de flux descendant, on trouve les **grains de pénombre brillants** composés de matière plus chaude, plus lumineuse et de flux ascendant. Il ne faut pas confondre ces grains de pénombre brillants avec les granules photosphériques.

En superposition sur les fibres et sur les grains, on trouve des **fibrilles**, ombres sombres semi-transparentes. Lorsque la résolution est inférieure à 1", on ne peut faire de distinction entre les fibrilles et les fibres sombres. Sur les vieilles taches les pénombres sont fréquemment symétriques.

Lorsque le champ magnétique est complexe, on voit des fibres de différentes largeurs submerger en plusieurs endroits un groupe entier de taches. Ces dernières présentent alors une apparence chaotique. Parfois, des morceaux de pénombre peuvent se détacher de toute ombre. Ces formations sont rares et les observateurs doivent y prêter attention. Elles durent moins d'une journée et demandent un grand nombre d'observations précises pendant une courte période.

A l'intérieur de pénombres bien développées, on peut trouver des zones d'ombre à peine plus étendues que des pores. Parfois, l'ombre s'allonge sur la pénombre et touche directement la photosphère.

On peut également trouver dans les pénombres des régions autant ou plus brillantes que la photosphère voisine. Ces régions sombres et brillantes varient rapidement et méritent des observations attentives. Les régions brillantes peuvent s'effacer lentement et laisser la place aux fibres, ou bien augmenter et devenir de véritables ponts lumineux qui divisent les taches annoncent leur démembrement final. Ces manifestations lumineuses peuvent précéder un phénomène très rare : une éruption visible en lumière blanche.

De même, les points sombres peuvent devenir des langues d'ombre qui traversent la pénombre jusqu'à la photosphère. Cela prélude à la disparition de la pénombre.

La limite entre l'ombre et la pénombre est souvent déchiquetée par les fibres de la pénombre. Cette région est difficile à photographier. La luminosité des fibres semble augmenter du côté de l'ombre et diminuer vers le bord, ce qui donne à la pénombre un contour extérieur bien défini.

A l'extérieur de cette pénombre où les fibres et les fibrilles se projettent sur la photosphère, on peut observer différents types de phénomènes :

- Les granules de la photosphère qui entourent la tache semblent former un *anneau* dont l'éclat est supérieur d'environ 10 % à celui de la photosphère.
- Les granules paraissent former des *chaînes* en forme d'anneaux concentriques à proximité de la de la frontière extérieure de la pénombre. Souvent, les granules de ces chaînes empiètent sur la pénombre et la

dissolvent lentement. Inversement, les pénombres sont souvent créées par la formation de telles chaînes à côté de taches ponctuelles. La matière intergranuleuse devient plus sombre et s'élargit jusqu'à ce que les granules eux-mêmes soient absorbés.

Les observateurs doivent faire attention aux termes employés: fibrille, fibre, granule, grain:

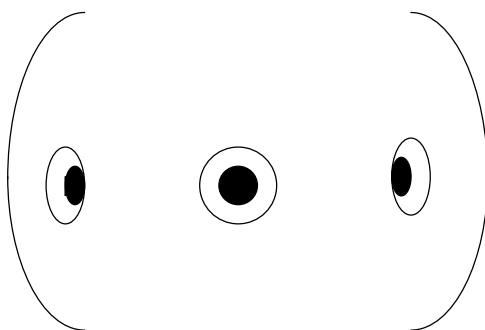
Une **fibrille** est une structure d'apparence tissée, sombre, semi transparente qui recouvre la pénombre proprement dite. La pénombre elle-même est composée de **fibres sombres** et de **grains brillants**, tandis que la granulation de la photosphère se compose de **granules**.

Ces termes et plusieurs autres qui seront définis sont souvent mal employés et font l'objet de confusions fréquentes.

1.6. LES TACHES EN GENERAL

Lorsque les taches traversent le disque visible du Soleil, on peut voir les nombreux changements de forme qui ont été bien observés mais mal compris. Lorsqu'elles sont proches du bord, on peut voir plusieurs effets évidents.

D'abord, le plus largement connu est l'**effet Wilson**. Lorsqu'une tache symétrique approche du bord Ouest du Soleil, la largeur de la pénombre la plus éloignée du bord décroît plus vite que celle qui en est la plus proche. L'inverse se produit sur le bord Est. C'est-à-dire que la largeur de la pénombre côté centre du disque augmente plus rapidement que celle côté bord.



Les étapes du développement de l'effet Wilson.

Tous les astronomes solaires ne pensent pas que cet effet soit réel. Certains ont même suggéré que cet effet est plus psychologique qu'astronomique. Des mesures récentes ont montré qu'il n'est pas aussi prononcé que ne l'avaient rapporté les premiers observateurs. Il semble que leurs observations aient été influencées par de mauvaises conditions d'observation, par des effets photographiques dus à l'assombrissement des bords, par les asymétries photométriques de la pénombre raccourcie par la perspective et par le fait que toute tache observée est plus évoluée sur le côté ouest que sur le côté est.

Ainsi qu'il y a déjà été fait allusion, plusieurs changements internes se produisent dans les taches proches du bord. La bordure entre l'ombre et la pénombre devient apparemment asymétrique. Il existe aussi une asymétrie photométrique. Le côté tourné vers le bord garde sa netteté et sa luminosité, tandis que la partie plus proche du centre du disque devient diffuse et plus sombre. Des études photométriques ont montré que cet effet est bien réel.

En résumé, l'évolution des taches individuelles est la suivante:

⇒ Un **granule** s'assombrit jusqu'à ce que son centre devienne aussi sombre que la matière intergranuleuse : il devient un **pore**. La plupart des pores n'évoluent pas davantage.

⇒ Quelques uns cependant continuent à s'assombri et s'étendent sur 3" et plus; devenant aussi noirs qu'une ombre. Ce sont des **ombres** de taches ponctuelles. De nombreuses taches n'évoluent au-delà de cette étape.

⇒ L'étape suivante dans leur évolution consiste en la formation d'une **pénombre** rudimentaire de forme irrégulière tout d'abord. La pénombre devient ensuite plutôt symétrique et a tendance à s'étendre lorsque la tache continue à évoluer.

⇒ La pénombre peut ensuite augmenter et devenir plus complexe, des petits trous d'ombre et des petits points brillants apparaissent alors à l'intérieur de sa frontière. On peut considérer que cette tache a atteint son état de pleine maturité.

Il n'est pas possible de montrer le scénario au-delà de cette étape sans définir d'autres formations.

1.7. LES GROUPES DE TACHES

Ce sont des amas de taches qui sont associées magnétiquement, dans lesquelles les taches peuvent avoir des âges différents et qui sont souvent entourées par des pores si le groupe est bien développé.

Un groupe évolue plus ou moins de la manière suivante :

Quelques **pores** forment de petits amas elliptiques dans une surface inférieure à dix degrés carrés. Au bout d'une journée ou plus, ils s'assombrissent et deviennent des **taches**, souvent groupés en **deux concentrations**. Dans chacune de ces concentrations, un pore se développe plus rapidement (en l'espace de quelques heures) en formant une petite tache. La principale tache du **groupe de tête** se forme plus rapidement que celle du suivant. La plupart des groupes n'évoluent jamais au-delà de cette étape où ils restent pendant quelques jours puis finissent par disparaître.

Si le groupe continue à évoluer, la tache de tête forme d'habitude une pénombre suivie peu de temps après par la formation d'une pénombre autour de la tache suivante. Ces deux taches sont séparées par des pores isolés, de petites taches et éventuellement des pénombres isolées. Les taches les plus grandes se séparent rapidement en longitude tandis que l'axe du groupe mesuré depuis le centre de la tache de tête jusqu'au centre de celle de queue effectue une rotation qui diminue son inclinaison avec l'équateur solaire.

Ces groupes de taches sont **magnétiquement bipolaires** dans 70 % des cas. Les taches se répartissent en deux sous groupes de pôles magnétiques opposés (nord et sud). Les 30 % de groupes restants sont magnétiquement unipolaires.

Après ces étapes initiales, le groupe continue à augmenter en surface et en nombre jusqu'à atteindre un maximum vers le milieu de la deuxième semaine. Vers la fin de la deuxième semaine et parfois même la fin d'un mois, le groupe commence à s'affaiblir. D'abord les taches les plus petites et les pores se dissolvent et ensuite la tache de queue se subdivise et se réduit jusqu'à disparaître. Pendant ce temps, la forme de la tache de tête s'arrondit et devient symétrique. Bientôt, la tache de tête reste seule, ronde, et devient de plus en plus petite jusqu'à totale disparition.

Les régions faculaires qui précédaient le groupe de quelques jours resteront les dernières traces de son activité et persistent pendant plusieurs semaines dans de nombreux cas.

On peut trouver en annexe la classification schématique des groupes de taches de Zurich. Elle représente l'évolution des groupes.

1.8. LE CYCLE SOLAIRE

Le cycle solaire a été découvert par Heinrich Schwabe, pharmacien à Dassau en Allemagne. Il avait poursuivi des études scientifiques à l'université de Berlin. Après avoir obtenu son diplôme, il trouva un peu de temps pour s'intéresser à la science et commença à travailler. En 1826, Schwabe acquit un petit télescope et commença à observer le Soleil. Son intention originale était de chercher une planète à l'intérieur de l'orbite de Mercure en observant le transit d'un corps à la surface du Soleil. Pour y parvenir, il avait besoin de suivre tout ce qui pourrait manifester ce corps devant le Soleil. Par conséquent, en 1826, il pointa son nouveau télescope sur le Soleil et commença à compter les taches et les groupes de taches. En 1843, après de nombreuses années d'observation, il publia dans un article son hypothèse d'un cycle de 10 ans dans le nombre de taches. En 1851 il publia des observations qui montraient l'existence de ce cycle. En 1857, il reçut la médaille d'or de la Société Astronomique Royale.

De nos jours, le cycle solaire est bien établi par 150 ans d'observations précises et au-delà par des recherches historiques. Le nombre de taches varie suivant une période de 11 ans. En fait celle-ci peut varier de 7,3 à 17,9 ans d'un maximum à l'autre, avec une moyenne de 10,9 ans. La période entre les minima peut aller de

9 à 13,6 ans avec une moyenne de 11,1 ans. La forme de la courbe entre la montée et la descente n'est pas symétrique. En général la montée au maximum est plus rapide que la descente. De plus, le degré d'activité d'un maximum à l'autre peut varier sensiblement. Il est courant que la montée d'un maximum connaisse des variations de 50 %.

Au début d'un cycle, au plus bas de la courbe, les groupes du nouveau cycle se forment à de hautes latitudes. Lorsque le cycle progresse, la latitude des groupes de taches diminue de plus en plus. A la fin du cycle, les taches de l'ancien cycle paraissent se serrer sur l'équateur tandis que celles du nouveau cycle apparaissent à de plus hautes latitudes. Cette migration des groupes de taches a été découverte et annoncée en 1863 par Richard Christopher Carrington et a été étudiée plus tard par Gustav Spörer. L'activité en latitude était connue depuis longtemps. Cependant, une controverse s'est produite concernant la possibilité de longitudes actives et même d'hémisphères actifs. Ces théories doivent encore être confirmées par les observations.

1.9. LA ROTATION SOLAIRE

Le Soleil n'étant pas un corps solide, la vitesse de rotation au niveau de la photosphère diffère selon la latitude. Pour déterminer la longitude héliographique, on trouvera dans les éphémérides astronomiques le nombre de Carrington, c'est-à-dire le nombre de rotations effectuées depuis le premier passage de la longitude 0° au centre du disque solaire. La période de chaque rotation acceptée sur le plan international est de 27,2753 jours.

1.10. LES FACULES

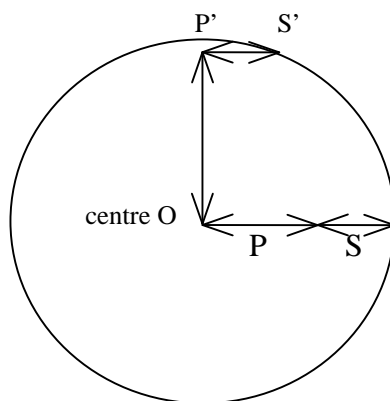
Les facules sont des taches étendues, brillantes, qui ressemblent à des veines, ou des régions qui sont souvent proches des groupes des taches ou qui les contournent.

Elles s'étendent couramment sur plus de 15°. Leur contraste par rapport à la photosphère est faible. On les voit mieux dans l'assombrissement apparent des bords qui est dû à la luminosité décroissante des couches extérieures de la photosphère vues de profil, ainsi que le montre le schéma donné en fin de paragraphe. Il est rare qu'une plage faculaire soit assez brillante pour être vue sur le centre du disque.

Tous les groupes de taches sont associés à des facules, mais l'inverse n'est pas vrai. Des facules peuvent exister en l'absence de groupes de taches, comme dans le cas de facules polaires : les groupes n'ont jamais été observés à une latitude héliographique supérieure à 50°.

Les facules apparaissent d'habitude en un endroit donné avant les groupes et leur survivent souvent pendant plusieurs rotations. Les veines faculaires montrent une granulation cellulaire ayant une taille de 1" à 2". Durant la dissolution d'un groupe de taches, les facules forment un pont lumineux qui divise souvent l'une ou l'autre des plus grandes taches et paraît juste s'étendre et envahir la tache lorsque le groupe se dissout. Des facules importantes, brillantes et compactes marquent souvent l'endroit où un groupe vient juste de disparaître ou se trouve sur le point d'apparaître. Si le matériau faculaire est très brillant, cela peut vouloir dire qu'un groupe est sur le point de naître.

Les observateurs doivent prêter attention à ces facules et concentrer leur effort sur toute nouvelle facule brillante ou proche du bord, surtout s'il n'existait aucun groupe à cet endroit au cours de la rotation précédente. Ces phénomènes nous donnent l'occasion d'avoir un petit aperçu sur l'activité de la face cachée du Soleil. Une grande quantité de facules nouvelles peut prélude un sursaut d'activité.



Assombrissement centre-bord.

La photosphère étant translucide, à profondeur optique égale ($SP=S'P'$), on aperçoit des couches plus profondes, donc plus chaudes et plus brillantes au centre du disque en S que vers le bord en S' ($OP < OP'$). Le schéma n'est pas à l'échelle : alors que le rayon

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

du Soleil est de 700000 km, on évalue l'épaisseur de la photosphère à 400 km environ. On a aussi négligé l'augmentation de l'opacité et de la densité sur cette profondeur.

1.11. LES PONTS LUMINEUX

On les définit sommairement comme étant tout matériau plus lumineux que l'ombre et qui la divise en s'étendant souvent sur la pénombre.

Il semble qu'il existe une relation grossière entre l'âge d'une tache et la largeur des ponts lumineux qui la traversent. Les groupes les plus âgés et les plus évolués possèdent souvent des ponts de lumière qui ne sont ni plus ni moins que des incursions de la photosphère. Mais les taches plus jeunes présentent souvent des coulées fines et brillantes qui subdivisent les groupes.

Les facules et les ponts lumineux possèdent tous deux une apparence granuleuse. A première vue, il peut paraître contradictoire que les facules et les ponts soient à la fois des courants et des grains. Mais ces veines faculaires sont mieux vues et décrites dans le livre de Bray et Loughhead sur la granulation solaire. Même les courants étroits sont résolus dans les meilleures observations en de petits granules.

La durée de vie de ces ponts lumineux peut être inférieure à une journée pour les courants étroits et aller jusqu'à une semaine ou plus pour les formes massives plus âgées.

Les ponts les plus massifs annoncent en général le début du déclin d'un groupe de taches. Le pont lumineux divise les taches les plus étendues en taches plus petites et irrégulières et, ainsi qu'il a déjà été dit auparavant, elles sont peu à peu envahies par le pont. Durant ce processus, le pont lumineux qui peut commencer comme un courant quasi faculaire brillant, ressemble de plus en plus à la photosphère normale. Le processus rappelle un peu celui du bateau qui fait naufrage lorsqu'il s'enfonce dans l'océan. Un signe révélateur que le processus est en cours est une tache en forme d'éventail coupée par un pont lumineux et qui laisse une partie de l'ombre en contact direct avec la photosphère pendant que la pénombre s'étale du côté opposé comme un éventail japonais.

1.12. LES ERUPTIONS EN LUMIERE BLANCHE

On peut les voir dans des groupes de taches très évolués et elles sont rares, toutefois moins qu'on ne le supposait il y a quelques années. Elles apparaissent soudainement dans un groupe de taches ou à proximité. On les signale souvent lorsqu'on les voit en projection sur une tache, c'est-à-dire lorsque le contraste est le plus important. L'éruption atteint son maximum en quelques minutes.

Sa luminosité diminue ensuite de manière exponentielle jusqu'à ce qu'elle revienne au niveau normal de la photosphère. L'éruption la plus longue observée en lumière blanche a duré 50 minutes alors que de telles éruptions durent normalement de 5 à 10 minutes.

Au cours de l'éruption, la granulation disparaît et le courant brillant semble former de petits nœuds qui rappellent les craquelures d'une fissure à la surface du Soleil.

Ces phénomènes sont très importants et tous les observateurs doivent y être attentifs. Ils ont été la plupart du temps observés au télescope par projection.

Ces éruptions sont très évidentes lorsqu'elles se produisent. Elles paraissent souvent colorées. En nombre égal, elles paraissent bleues (émission H et K du calcium) ou rouges (émission H α).

Leur observation est très importante et doit inclure :

- * toute couleur observée
- * leur durée en minutes
- * leur étendue en secondes d'arc
- * autant de photographies que possible.

En résumé, il existe une large gamme de luminosités parmi les formations visibles à la surface du Soleil. Les plus brillantes sont les éruptions en lumière blanche, suivies par les facules, la photosphère normale à l'intérieur des granules. On trouve ensuite la matière intergranuleuse et les pores, suivis par la pénombre. Enfin, il y a le matériau sombre de l'ombre et, plus sombres encore, les granules de l'ombre.

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

Cette section du manuel est seulement un index sommaire pour non initié et ne traite pas du sujet de manière exhaustive. Les données statistiques de base ont été omises car on peut les trouver dans n'importe quel bon ouvrage astronomique publié ces vingt ou trente dernières années.

Pour une meilleure compréhension du sujet et du Soleil en général, on peut se reporter à la bibliographie sommaire suivante :

- Débutant :

- Acker, LE SOLEIL NOTRE ETOILE, collection planétarium de Strasbourg, 1984.
- AFA, L'ETOILE SOLEIL, Ciel et Espace 7-8/1990, numéro spécial.
- CNDP, LE SOLEIL : LE GRAND HORLOGER DE LA TERRE, Textes et documents pour la classe 1-15/3/95.
- Gamow, UNE ETOILE NOMMEE SOLEIL, Dunod, 1964.
- Herrmann, ATLAS DE L'ASTRONOMIE, La Pochothèque, 1995.
- Kippenhahn, DISCOVERING THE SECRETS OF THE SUN, Wiley, 1994.
- Lantos, LE SOLEIL, Que sais-je, PUF, 1994.
- Noyes, THE SUN, OUR STAR, Harvard University Press, 1982.
- Taylor, OBSERVING THE SUN, Cambridge University Press, 1991.

- Intermédiaire :

- Bray et Loughhead, SUNSPOTS, Dover Pub., 1964.
- Dagev, ASTRONOMIE, Mir Moscou, 1986.
- Gougenheim, METHODES DE L'ASTROPHYSIQUE, Hachette, 1981.
- Pecker, SOUS L'ETOILE SOLEIL, Fayard, 1984.
- Phillips, GUIDE TO THE SUN, Cambridge University Press, 1992.
- Rösch, LA GRANULATION PHOTOSPHÉRIQUE VUE DU PIC DU MIDI (1943, 1989), Astronomie 3/90, 10/90.
- Seguin et Villeneuve, ASTRONOMIE ET ASTROPHYSIQUE, Masson, 1995.
- SAF, L'ACTIVITE SOLAIRE, l'Astronomie 11-12/1990, numéro spécial.
- S.A.P., LE GUIDE DE L'OBSERVATEUR, vol 1, 1987.

- Supérieur :

- Acker, INITIATION A L'ASTRONOMIE, Masson, 1979.
- Beck et autres, SOLAR ASTRONOMY HANDBOOK, Willmann-Bell, 1995.
- Bureau des Longitudes, LES ETOILES, LE SYSTEME SOLAIRE, Gauthiers-Villars, 1986.
- Dupré, ASTROPHYSIQUE SOLAIRE, Université de Paris Sud et CLEA.
- Foukal, SOLAR ASTROPHYSICS, Wiley Interscience
- Sobolev, COURS D'ASTROPHYSIQUE THEORIQUE, Mir Moscou, 1991.
- Zirin, ASTROPHYSICS OF THE SUN, Cambridge University Press, 1988.

2.

LE DESSIN

ET LA

PHOTOGRAPHIE

DU

SOLEIL

2.1. LES INSTRUMENTS

Presque tous les télescopes sont capables de produire une image correcte du Soleil. Mais pour réussir à obtenir le meilleur travail, il faut que l'observateur respecte quelques règles de base. Le meilleur instrument doit posséder les caractéristiques suivantes :

- * une faible ouverture ($F/D > 12$)
- * absence d'obstruction centrale
- * une résolution supérieure à 1 " d'arc ($D > 120$ mm)
- * une qualité d'optique supérieure à $\lambda/4$
- * une image stable.

Peu d'observateurs peuvent disposer de telles conditions, et il faut bien y réfléchir avant de choisir ou de modifier un appareil pour l'observation solaire.

2.1.1. LE CHEMIN OPTIQUE

Il doit y avoir aussi peu d'éléments optiques que possible. En observation solaire, les aberrations de l'image et la dispersion de la lumière sont extrêmement néfastes pour la qualité des images et par conséquent pour l'utilité de l'instrument. Les formations solaires présentent souvent un contraste relativement faible et les éclats parasites peuvent littéralement effacer ces détails. Or plus un détail est faible, et plus il est intéressant sur le plan scientifique. Le meilleur système optique est donc celui qui reflète et réfléchit le moins tout en effectuant quand même le travail. Il faut également se rappeler que tous les éléments d'un système optique doivent être de la meilleure qualité pour obtenir un résultat correct. Plus ils sont nombreux, et plus il faut de temps et d'argent pour l'obtenir. Préférons donc simplifier.

2.1.2. LE DIAMETRE

Des diamètres de 40 mm peuvent être utiles pour des travaux de moyenne résolution, par exemple pour photographier le disque entier.

Si l'on veut effectuer des travaux en haute résolution, il faut utiliser un diamètre permettant une résolution inférieure à 1" d'arc.

Avec des diamètres supérieurs à 75 mm, les performances diurnes sont souvent limitées par l'atmosphère. Les conditions d'observations sont presque toujours meilleures la nuit que pendant la journée.

Le problème est souvent lié à l'échauffement de l'instrument et de son environnement. Une résolution supérieure à 1" n'est atteinte que pendant 1 % du temps d'observation diurne, même sur les meilleurs sites. Par conséquent, un instrument d'un diamètre supérieur à 120 mm sera limité pendant 99 % du temps par le ciel. Ainsi la plupart du temps, ce sont des instruments d'un diamètre inférieur à 150 mm qui accomplissent, au sol, l'essentiel du travail.

2.1.3. LA LONGUEUR FOCALE

Elle doit être aussi grande que possible.

Les chances d'obtenir des images nettes au foyer augmentent si on travaille avec des rapports d'ouverture plus importants. Une nouvelle mise au point n'est pas nécessaire pour la photographie, ce qui permet d'augmenter le nombre d'images réussies. De plus, le champ est mieux représenté si on utilise des oculaires de longue focale pour projeter l'image du Soleil. Ces oculaires possèdent souvent des lentilles de meilleure qualité que ceux de courte focale. Il faut éviter de projeter l'image du Soleil avec des oculaires à lentilles collées ou ayant subi des traitements anti-reflets coûteux, car un échauffement excessif les endommage très rapidement.

2.1.4. LES FILTRES.

Si on utilise un filtre, il est souhaitable que l'observateur connaisse et enregistre la longueur d'onde de meilleure transmission et la bande passante de ce filtre. Si ces paramètres ne sont pas connus, l'observateur doit noter la couleur apparente du Soleil vu à l'oeil nu à travers ce filtre. Si cette observation n'est pas confortable, c'est que ce filtre est dangereux pour les observations.

Certains filtres peuvent transmettre du rayonnement UV ou IR invisible pour l'œil mais pouvant provoquer selon son intensité des dégâts physiologiques importants. Par exemple le mylar est dangereux car il se dégrade rapidement et certains mylars laissent passer trop de rayonnement UV.

Le meilleur système de filtrage est celui qui travaille avant que la lumière n'entre dans le tube, tant pour le visuel que pour la photographie. En effet il empêche un échauffement excessif du système optique.

Il vaut mieux éviter d'observer le Soleil avec un filtre sur l'oculaire. De tels filtres sont souvent fournis d'origine avec le télescope et sont dangereux. Ils ne peuvent être utilisés que si la lumière a déjà été atténuée avant l'oculaire, sur une portion du chemin optique où l'image est encore très défocalisée. Ils ne résistent pas à la lumière concentrée du Soleil.

Il ne faut jamais regarder le Soleil à l'œil nu, que ce soit directement ou au travers d'un instrument.

Il faut $1/10^{\text{ième}}$ de seconde pour que l'œil réagisse à un stimulus, et seulement $1/100^{\text{ième}}$ de seconde suffit pour détruire définitivement la rétine. Même sans instrument, les dégâts sont plus lents, mais tout aussi irréversibles. Des expériences effectuées pendant la seconde guerre mondiale ont montré que le seul fait de rester au Soleil sans se protéger les yeux empêchait la vision nocturne pendant plusieurs jours. Si des filtres en apparence normaux laissent passer trop d'infrarouges ou d'UV, ces derniers peuvent à la longue détruire les cellules des appareils ou rendre aveugle. On peut remplacer une cellule, mais pas les yeux ! Il faut donc être sûr de son filtre.

2.1.5. L'OBSTRUCTION

Il convient d'éviter d'obstruer le télescope, à cause de la dispersion. En effet tout ce qui se trouve sur le chemin optique étale et diffracte la lumière, diminue la résolution et le contraste des images. S'il est vrai que des travaux de grande qualité peuvent être réalisés avec des télescopes de différents types, il vaut mieux éviter de les obstruer.

2.1.6. LA MONTURE

La partie mécanique du télescope doit être robuste. Mais en ce domaine, les astrophotographes solaires ont un avantage par rapport aux autres. La lumière est si intense qu'on peut réduire le temps de pose à moins d' $1/30$ de seconde, selon le filtre et le film employés. Avec des temps d'exposition aussi courts, on peut atteindre la meilleure résolution sans utiliser de monture équatoriale ou motorisée, même si le Soleil se trouve sur l'équateur céleste (pour un angle de déplacement donné, la longueur de l'arc correspondant est plus grande à l'équateur que vers les pôles). Pour un même système photographique, la résolution dépend de la qualité de la monture.

Les vibrations sont vraiment les principaux défauts des montures de télescopes. Des vibrations de haute fréquence peuvent détruire la résolution, même pour un temps de pose de $1/1000^{\text{ième}}$ de seconde. Il est donc essentiel d'empêcher toute vibration sur un appareil destiné à la photo. Un bon système doit permettre aux observateurs d'obtenir de photos du disque entier en $1/1000^{\text{ième}}$ pour un film donné. Il doit en outre permettre de faire rapidement des travaux de haute résolution, des projections, et des photos.

Si la monture utilisée n'est pas équatoriale ou motorisée, il faut pouvoir employer deux systèmes de filtres différents pour le disque entier et la haute résolution, permettant d'obtenir des temps de pose allant de $1/100^{\text{ième}}$ à $1/1000^{\text{ième}}$ de seconde. Mais si un système permet des temps de pose aussi court, il ne permet pas de faire des observations visuelles.

Il faut faire également attention à ne pas endommager la cellule de l'appareil photo en ne filtrant pas suffisamment. Si le filtre est faible, il faut toujours protéger les yeux pendant la mise au point.

Si le système permet d'obtenir de bons clichés en $1/1000^{\text{ième}}$ de seconde, la monture est un problème secondaire.

2.1.7. METHODES DECONSEILLEES

Une autre méthode pour réduire l'intensité de la lumière sans utiliser de filtre est d'employer un miroir non aluminé. Avec toutefois les inconvénients de construire un appareil spécial et de nécessiter des matériaux ayant un faible coefficient de dilatation thermique (quartz ou au moins pyrex), car la lumière et la chaleur qui n'ont pas été réfléchies sont absorbées par les optiques.

De tels télescopes peuvent posséder des miroirs primaires et secondaires non traités, ce qui permet de réduire suffisamment la lumière au foyer pour la photo (courts temps de pose), mais pas pour l'observation sans filtre. Il suffit alors d'un filtre neutre, noir, de densité moyenne, pour pouvoir observer en toute sécurité.

On peut réaliser de nombreux systèmes de filtrage pour des télescopes ordinaires, par une suite de réflexions et de polarisateurs, qui réduisent la lumière juste avant le foyer primaire. Mais ils donnent tous des problèmes thermiques, et ne font qu'ajouter des éléments optiques (en général deux ou trois), qui réduisent la qualité finale de l'image.

Les systèmes à polarisation sont à proscrire car ils laissent passer trop d'infrarouges. De plus, ils laissent rentrer trop de lumière dans le télescope, dont les performances diminuent au fur et à mesure qu'il se réchauffe. Ces systèmes sont néfastes aux miroirs secondaires des réflecteurs.

2.2. LA TURBULENCE

L'atmosphère est le plus mauvais instrument de l'observateur terrestre. D'une manière générale, tout ce qui se situe entre l'instrument et l'objet astronomique, le Soleil dans notre cas, peut déformer l'image.

Bien que l'atmosphère supérieure puisse également être une source de perturbations, les plus importantes se produisent à proximité de l'observateur. Selon certains auteurs, ce sont les 100 premiers mètres au dessus du sol qui sont responsables de 90 % des perturbations.

Dans les zones montagneuses, il est préférable d'observer sur un sommet assez isolé afin de ne plus se trouver dans une zone d'atmosphère perturbée par la topographie du terrain. En particulier, l'observation sur une pente peut être de très mauvaise qualité à cause de la possibilité d'existence de rouleaux atmosphériques.

En observation solaire, il est nécessaire d'atteindre une résolution de 1" pour réaliser des travaux précis. Or ces conditions ne se produisent que pendant 1 % du temps d'observation. Cela signifie que les observateurs doivent adopter des programmes qui tirent parti de ces bonnes conditions. Les méthodes les plus employées sont les suivantes:

- * utiliser une caméra automatique qui photographie à intervalles réguliers, une fois par minute ou plus, puis retirer les mauvais clichés.
- * employer une sorte de déclencheur automatique qui détecte les moments favorables.

Ces méthodes sont plutôt coûteuses et complexes. Les amateurs peuvent ici faire œuvre utile pour faire une surveillance visuelle et travailler pendant les meilleurs moments.

Depuis ces dernières années, on considère que la turbulence est un phénomène local, horizontal aussi bien que vertical. Verticalement, les perturbations se produisent dans les cent premiers mètres. Horizontalement, la turbulence est conditionnée par la nature de l'environnement, y compris les structures artificielles. Même dans les plus grands observatoires choisis pour leur site, la qualité du ciel au cours de n'importe qu'elle nuit peut varier et être excellente pour un télescope, et en rendre un autre inutilisable. De jour, la variation est encore plus accentuée.

Les observateurs doivent donc essayer d'améliorer leur chance d'obtenir de bonnes images. Par exemple, il faut éviter d'observer à proximité ou au-dessus d'un bâtiment. En particulier lorsqu'un abri de jardin est utilisé comme coupole. Les coupoles elles-mêmes posent des problèmes insolubles à cause de l'échauffement de l'air sur le métal. Il faut également faire attention à ce qu'aucun obstacle (colline, bâtiment, arbre ...) n'augmente la turbulence en s'opposant aux vents.

Dans les zones montagneuses, il est préférable d'observer sur un sommet assez isolé afin de ne pas se trouver dans une zone d'atmosphère perturbée par la topographie du terrain. En particulier, l'observation sur une pente peut être de très mauvaise qualité à cause de la possibilité d'existence de rouleaux atmosphériques due à la descente de l'air turbulent.

La **granulation** du Soleil est un indicateur de turbulence.

- ⇒ Lorsque la granulation est **nettement visible**, la définition est meilleure qu'**une seconde d'arc**, c'est-à-dire excellente.
- ⇒ Lorsque la granulation paraît **troublée**, la définition est de **1-2 "**, c'est à dire bonne.
- ⇒ Si on aperçoit la granulation seulement de temps en temps et brouillée, et si les pores ne sont visibles que **par intermittence**, la définition varie de **2 " et 5 "**, c'est-à-dire médiocre.
- ⇒ Au delà, les conditions sont mauvaises.

On pourra se reporter au tableau figurant dans la notice des fiches d'observation pour plus de détails.

En suivant ces conseils et les techniques qui sont décrites, un observateur solaire pourra augmenter le pourcentage du temps utile d'observation diurne.

2.3. DESSINER LE SOLEIL

Comme dans toutes les formes de dessins lunaires et planétaires, la meilleure méthode consiste à enregistrer les données dans l'intervalle de **temps le plus court possible**.

2.3.1. LA POSITION DES GTS SUR LE DISQUE COMPLET

C'est la méthode par projection qui permet le maximum de précision pour le positionnement des groupes de taches. Le diamètre de projection du Soleil peut être de 114 mm, 139 mm ou 180 mm. Ces diamètres correspondent à des normes en usage. L'informatique permet de s'affranchir de la nécessité d'un dessin sur des disques de diamètre précis. Il est facile maintenant de calculer les coordonnées héliographiques d'une tache quel que soit le diamètre utilisé. Il est préférable de choisir un agrandissement de l'image correspondant à un contraste optimum.

Pour le dessin du disque complet, il faut d'abord noter les **positions** des formations de manière sommaire et rapide, en utilisant des points ou des petits traits courts. Le but est de noter la position en perdant le minimum de temps.

Ultérieurement, l'observateur affine ses notes pour chaque groupe individuellement. Le mieux est de réaliser d'abord un croquis de l'**ombre** des taches, en respectant la forme et la taille par rapport au disque entier. Ensuite, on délimite d'un trait le **contour des pénombres**. Pour ce genre de travail, les crayons à pointe fine et à mine douce s'avèrent les meilleurs. Les pénombres ne doivent pas être noircies, mais seulement **délimitées par un trait noir**.

Enfin, on complète les **autres informations** de la feuille.

2.3.2. LE CROQUIS DES GTS

Avec les dessins de taches individuelles et de groupes, la procédure est un peu différente.

- On dessine d'abord les **ombres** avec précision.
- On représente ensuite les **pénombres** avec rapidité et précision.
- Puis on **assombrit** les zones de pénombre et faisant particulièrement attention aux différences d'intensité.

Les filaments les plus apparents ainsi que tous les morceaux d'ombres isolés ou les inclusions brillantes dans la pénombre sont précisément représentés.

Il faut particulièrement soigner le croquis des taches qui possèdent des ombres en bordure de la photosphère car des pénombres rudimentaires peuvent se former et se dissoudre en l'espace de quelques minutes. Il en est de même pour des pores plus importants que l'on peut confondre avec de l'ombre.

Ces dessins doivent être accomplis le plus rapidement possible et leur exécution ne doit en aucun cas dépasser 30 minutes. Il est très important que les tailles et les positions relatives des taches entre elles et par rapport au disque entier soient bien représentées. L'erreur la plus commune est de dessiner des taches trop importantes.

Lorsqu'on utilise la méthode de projection, les détails (pores, granulation, etc.) peuvent être mieux visibles en bougeant une feuille de papier blanc sous le disque. Certains observateurs vont jusqu'à construire une table d'observation avec un disque tournant pour voir ces détails. Les deux méthodes donnent d'aussi bons résultats.

2.3.3. LES FACULES

Si l'observateur décide d'inclure dans ses dessins celui des **plages faculaires**, il convient d'estimer leur luminosité selon une échelle standardisée et trois niveaux, suffisante pour les besoins du groupe.

- * « Faible » pour les régions qui sont seulement un peu plus brillantes que la photosphère normale.
- * « Brillant » pour les facules qui se détachent bien à proximité du bord du disque.

* « Intense » pour celles qui sont encore bien visibles au centre du disque, aussi brillantes que les éruptions et aussi évidentes que les taches.

Tous les observateurs doivent surveiller les **éruptions en lumière blanche**. Si elles se produisent, il faut réaliser à la fois des dessins par rapport au disque entier et des croquis détaillés. Il convient de noter l'heure (TU), la durée, les intensités relatives, les endroits, les couleurs. Les compte-rendus doivent alors être envoyés immédiatement au responsable.

2.3.4. L'ORIENTATION

Il est nécessaire d'orienter les dessins ou les photographies et de pouvoir évaluer la latitude des GTS pour déterminer l'activité de chaque hémisphère du Soleil.

On peut projeter l'image du disque ou du groupe sur un gabarit. L'équateur terrestre se trouve facilement en arrêtant l'entraînement du télescope et en laissant « défiler » l'image d'une tache le long de l'axe Est-Ouest. C'est le bord ouest du Soleil disparaît alors en premier. Il faut rendre le déplacement naturel de l'image parallèle à l'axe du gabarit. Il suffit de lever le télescope vers le Nord pour trouver ensuite l'axe perpendiculaire et c'est le bord sud qui disparaît le premier.

Certains observateurs préféreront éviter de laisser rentrer la lumière du Soleil non filtrée dans le tube du télescope pour éviter l'échauffement. On peut alors réticuler un oculaire de faible grossissement, qui permette de voir à la fois le disque entier et les petites taches.

Le réticule peut se composer de trois fils très fins tendus en forme de croix au foyer de l'oculaire. le premier figurant l'équateur terrestre, les deux autres tendus pour former un angle de 30 ° de part et d'autre du précédent. Cet angle correspond en effet aux positions extrêmes que peut prendre l'équateur solaire par rapport celui de la terre. Le défilement s'effectue alors parallèlement au fil central, puis le centre de la croix est amenée au centre du disque solaire.

Si le télescope est en station, l'axe d'ascension droite est parallèle à l'axe des pôles. Dans ce cas, on peut réaliser rapidement l'orientation en manœuvrant cet axe : on vise une tache, puis en déplaçant le télescope sur l'axe d'ascension droite, on oriente l'oculaire jusqu'à ce que le défilement de la tache soit aligné sur l'axe équatorial du réticule. L'axe de déclinaison sert alors à trouver le Nord.


Si on travaille sur des photographies, l'orientation peut s'effectuer par surimpression. On prend deux clichés successifs sur le même négatif après avoir débrayé l'entraînement de la monture de manière à ce que l'image du Soleil se soit décalée vers l'ouest lors de la seconde prise de vue. On obtient alors un négatif contenant les deux disques, l'un décalé à l'est, et l'autre à l'ouest. Il suffit alors de tracer la droite qui rejoint la même tache, ou simplement le bord du Soleil sur les deux disques pour trouver l'axe Est-Ouest (voir schéma à la fin du chapitre).

Si cette orientation est précise, on détermine alors l'orientation héliographique conformément à ce qui a été indiqué aux § 3.3 et 3.1.6.1. Mais pour éviter de commettre des erreurs dans la détermination des coordonnées héliographiques, il est bon que l'observateur fournisse alors ses deux déterminations. On peut alors situer les GTS par hémisphère.

2.3.5. L'ECHELLE DU CROQUIS

Pour les dessins des taches seules, il faut donner une échelle. Elle peut être obtenue de manière approximative par la méthode du chronométrage. En prenant le bord ou le réticule d'un oculaire comme repère, on laisse dériver la tache, en débrayant éventuellement l'entraînement du télescope. On note la durée de passage derrière le repère. Le temps trouvé en secondes est multiplié par la formule:

$$15 \times \cos (\delta)$$

- *  représente la **déclinaison** de la formation ou celle du centre du Soleil.
- * 15 est le rapport 360°/24 heures.

On trouve ainsi la dimension de l'objet en secondes d'arc. Il est souhaitable d'effectuer plusieurs fois ce chronométrage et de retenir la moyenne. Ces mesures doivent être indiquées sur le dessin, montrant les points extrêmes de la mesure, et les résultats en secondes d'arc. Elles seront d'une grande aide à l'utilisateur des données, et rendront les observations plus fiables.

2.3.6. LE NOMBRE DE WOLF

Il s'agit de déterminer le nombre relatif de taches. La définition des taches et des groupes figure au § I du présent manuel. Il est donc utile de déterminer le nombre de Wolf pour évaluer l'importance de l'activité du Soleil au moment de l'observation.

On compte:

⇒ le nombre de groupes « G » par hémisphère (G comme Gruppe en Allemand). Une tache isolée compte pour un groupe.

⇒ le nombre de taches « F » (F comme Fleck).

Le nombre de Wolf se détermine en appliquant la formule ci-dessous.

$$W = K (10 G + F)$$

On peut remarquer que le nombre passe directement de 0 (absence de tache) à 11 (1 groupe de 1 tache). Il ne faut lui appliquer aucune correction (par exemple, coefficient K de l'observateur par rapport à la moyenne des autres observateurs). Le coefficient est calculé par rapport à une référence. Ceci permet d'obtenir des séries d'observations homogènes dans le temps, quels que soient l'observateur, le lieu d'observation et l'instrument.

2.3.7. LE TYPE DE GROUPES

L'ancienne classification de Waldmeier, dite de Zurich est fournie en annexe. Elle consiste à attribuer un code au groupe en fonction de son aspect général. Dix types de groupes peuvent être ainsi classés. En effet, la séquence se compose de neuf lettres. Si le groupe ne correspond à aucun groupe représenté, on lui attribue la valeur « U ».

Cette classification a été supplanté par celle de Mac Intosh, qui décrit mieux les caractéristiques de certains GTS. Cette classification consiste à attribuer trois codes à chaque GTS selon le tableau fourni en annexe. Le premier concerne l'aspect général du groupe, le second classe la tache principale et le dernier la région intermédiaire du groupe.

Cette classification permet de situer ainsi soixante types de groupes.

Un groupe particulier peut changer de catégorie dans son évolution : AXX-BXO-AXX par exemple.

Les observations ont montré que les groupes AXX-BXO sont les plus nombreux (15 % à 20 %). On a ainsi pu établir que les GTS de type Fkc manifestent une importante activité magnétique se traduisant par de nombreuses éruptions.

2.4. NOTES GENERALES SUR LA PHOTOGRAPHIE DU SOLEIL

L'étude du Soleil nécessite de nombreuses observations en lumière blanche, avec un complément en lumière monochromatique. Les dessins et les photographies sont complémentaires.

Un programme d'observation à long terme inclut l'enregistrement de l'activité solaire sur le disque entier. Le but de l'étude est double. D'abord ces photos seront utiles tant à l'amateur qu'au professionnel pour déterminer avec précision les latitudes et longitudes héliographiques. Avec ces informations, il est possible d'analyser les mouvements propres, les dérives et l'activité des centres actifs¹. Ensuite, les chercheurs peuvent effectuer des comparaisons avec des photos similaires en lumière monochromatique et avec des magnétogrammes. Ce genre de travail nécessite des observations du Soleil les plus fréquentes possibles.

Les observateurs occasionnels ne pourront certainement pas collecter suffisamment de données. Une telle discipline se révèle éprouvante à la longue, contrairement à l'observation isolée. Après avoir établi une procédure, il est possible de prendre un cliché du disque entier en quelques minutes seulement.

Les observateurs qui disposent d'un peu de temps devraient considérer la photographie à haute résolution comme le principal domaine de leur activité. Le but est alors d'obtenir une surveillance continue. La meilleure définition ($<1''$) ne dure que pendant une courte période dans la journée, et celle de $2''$ ne dure guère plus longtemps. La Commission a besoin de photos à haute résolution prises aux meilleurs moments. Ce travail peut être effectué quotidiennement ou seulement le week-end, à l'initiative de chacun.

Tous les observateurs qui effectuent une surveillance photographique devraient fournir un croquis sommaire sur un relevé type indiquant toutes les régions actives et les principales facules visibles dans leur instrument.

Il faut si possible prendre également un cliché du disque entier qu'il est préférable d'agrandir au maximum, le traitement informatique permet en effet de s'affranchir du problème du diamètre.

Ces photographies du disque entier sont nécessaires pour servir de référence aux observations détaillées. Une photo du disque entier doit indiquer précisément les lignes Est-Ouest et Nord-Sud à un degré héliographique près au moins. (Voir le chapitre du manuel consacré au système de coordonnées héliographiques).

En photographie solaire, il faut respecter quelques règles importantes :

* **Des temps de pose courts.**

Il faut essayer d'utiliser un système de filtrage qui permette de parvenir à des temps d'exposition aussi courts que possible, ce qui diminuera les problèmes soulevés par la monture et la turbulence. Cela peut impliquer deux systèmes de filtrage distincts pour le disque entier et pour la haute résolution.

* **Des films à grain fin.**

Les films noir et blanc sont les seuls qui sont utilisés dans les travaux sur le Soleil car ils présentent une définition très nettement supérieure aux films couleurs de sensibilité égale. De plus, la couleur n'apporte rien à la photographie solaire. Le TP 2415 est fortement recommandé, à condition de *ne pas le pousser à un contraste trop élevé* au développement, afin de garder les bords du disque solaire nets.

La plupart des films noir et blanc à faible sensibilité et donc à haute résolution conviennent pour la photographie solaire, avec les produits à développer appropriés. Les commerçants n'utilisent pas le meilleur produit adapté à chaque film, mais plutôt des produits standards. Pour éviter les déceptions, il vaut mieux effectuer le développement soi-même, ou donner les travaux avec des indications ou des exemples sur le résultat à obtenir. Sinon, le commerçant pourrait se méprendre en attribuant ces clichés inhabituels à des défauts de

¹ Le mouvement propre d'une tache ou d'un groupe est de l'ordre de 3600 km (soit environ $4,5''$) par jour dans le sens rétrograde. Il faut donc soustraire au mouvement total la rotation du Soleil à la latitude considérée qu'il faut donc connaître précisément. D'autre part, les modifications de la morphologie du groupe posent problème. De telles études ne sont donc pas faciles, car l'importance des mouvements propres est souvent de l'ordre ou inférieure aux erreurs expérimentales.

l'appareil, et essayer de les corriger. On a vu se perdre ainsi de nombreux clichés réussis. Une épreuve de test peut être utile pour montrer le résultat souhaité.

Les photos du disque entier doivent présenter un contraste suffisamment uniforme pour montrer nettement les détails (ombre et pénombre) jusqu'au bord du disque. En tout cas, il faut réduire le plus possible la déformation de l'image par rapport aux conditions initiales ainsi que les problèmes postérieurs à la prise de vue. L'idéal serait de travailler directement sur le négatif avec un microscope équipé d'un micromètre. Cela supprime ainsi des sources d'erreur.

* Une monture stable.

Pour photographier des détails isolés sur le Soleil, il est nécessaire de parvenir à une résolution supérieure à 1", ce qui est difficile car il faut s'affranchir au maximum de la turbulence. La rotation de la sphère céleste est de 15" par seconde à l'équateur et de 13,8" à une déclinaison de $\pm 23^\circ$. On pourrait donc en déduire qu'une pose inférieure à 1/15 s permettrait d'obtenir la résolution recherchée, si tout va bien par ailleurs. Mais les conditions sont rarement aussi bonnes. Alors on réduit les problèmes en diminuant les temps d'exposition bien en-dessous de ces limites, en utilisant des films à grain fin et une monture stable.

Avec ces temps d'exposition, il n'est pas nécessaire de disposer d'une monture équatoriale ou motorisée. Mais elle doit alors être stable comme un rocher. Si on peut obtenir des vitesses inférieures à 1/100 s, une solide monture azimutale peut convenir. Les observateurs qui veulent construire un télescope solaire doivent considérer avec intérêt les montures à fourche courte qui empêchent de regarder vers le nord, zone inutile pour l'observateur solaire. Ce type de monture est encore plus stable.

Voici donc les principales règles pour se lancer. Il ne faut pas s'enliser dans les préparatifs ou le bricolage. Un peu de préparation et de bricolage peuvent être nécessaires, mais nombre d'observateurs potentiels y passent tout leur temps. On peut par la suite tenir compte d'autres facteurs. Par exemple, il est bon que l'observateur en lumière blanche élimine de la fenêtre spectrale les radiations extrêmes UV et IR.

Les filtres bleus ou rouges peuvent souvent améliorer la prise de vue de détails différents que ceux que l'on obtient sans eux. Les filtres bleus permettent de mieux accentuer les plages faculaires, les ponts lumineux, et les sursauts de luminosité autour des taches. Les filtres rouges atténuent ces formations mais peuvent montrer d'autres détails.

On peut réduire le flux lumineux par plusieurs réflexions sur des optiques non traitées. Selon certains auteurs, trois réflexions suffisent pour permettre l'observation visuelle. Mais il semble que les UV et les IR ne soient pas filtrés suffisamment et ce système n'est donc pas conseillé, à moins d'ajouter les filtres nécessaires. Pour la photographie solaire il serait le plus neutre, mais l'échauffement des optiques est la principale source de problèmes.

Lorsqu'on utilise un système de filtrage peu énergétique et valable seulement pour la photographie, il ne faut pas oublier de se protéger les yeux lors de la mise au point, par exemple des filtres pour souder à l'arc. La densité dépend de chaque système particulier.

Une autre condition à prendre en compte est le type d'appareil photo utilisé. L'idéal est d'utiliser un appareil réflex dont le miroir est amovible. Un tel système permet d'éliminer les vibrations dues à la remontée du miroir lors de la prise de vue, tout en permettant de voir l'image avant. Toutefois, la mise au point peut s'avérer délicate en l'absence de verre de visée adapté à l'astronomie. D'autres appareils photo permettent d'obtenir des négatifs de format plus grand. Mais avec le risque de vibrations lors du chargement des plaques, et le coût important de tels formats.

Il est donc conseillé d'utiliser un appareil réflex motorisé et du film au format 35 mm. Le moteur permet de libérer les mains de l'observateur. Pour éviter les vibrations dues au miroir, il faut employer des temps d'exposition les plus proches possible du 1000^{ième} de seconde et remonter le miroir juste avant de déclencher.

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

La température peut agir sur la sensibilité du film. Pour éviter ces difficultés, trouver un système pour garder l'appareil photo à température constante, ou bien exposer de petites portions de films, découpés au préalable en chambre noire. On peut alors adapter l'exposition ou le tirage en fonction de la température. Eventuellement, une procédure sera mise au point pour déterminer systématiquement la correction à effectuer par rapport au standard.

Répetons une remarque qui a déjà été formulée dans d'autres chapitres: les observateurs doivent être attentifs aux éruptions en lumière blanche. Si une telle éruption se produit, il faut prendre autant de clichés que possible, quelle que soit la turbulence, avec un éventail de temps de pose autour de la normale. Conserver les bons clichés et noter les temps de pose; envoyer les comptes rendus immédiatement au responsable.

Ne jamais sous-estimer les dangers de l'observation solaire. Les histoires de filtres qui tombent du télescope ou éclatent au cours d'observations sont trop courantes. Ne relâchez pas un instant votre vigilance. En cas de doute sur un système de filtrage, ne pas l'employer ! Il est plus facile d'augmenter le filtrage que de remplacer des yeux.

2.5. LA PHOTOGRAPHIE DU DISQUE ENTIER

Pour bien faire, il conviendrait de prendre un cliché du disque entier tous les jours d'observation. La résolution serait alors de plusieurs secondes d'arc et on pourrait utiliser un filtre spécial bon marché pour ce genre de travail. Si possible, ce filtre devrait permettre des temps d'exposition aussi proche du $1/1000^{\text{ième}}$ seconde. De tels filtres ne sont pas propres à l'observation visuelle sans filtrage supplémentaire.

Le but de ce genre de photo est de servir de document de référence, pour montrer par exemple l'état du Soleil entier juste avant et après un travail de haute résolution.

Il faut mentionner précisément l'orientation Nord-Sud et Est-Ouest sur tous les clichés. Il est possible de le faire en alignant les bords de l'appareil photo sur ces axes. Il faut alors laisser dériver le Soleil en prenant une tâche ou son bord comme repère.

Une autre méthode consisterait à mettre une marque un peu avant le foyer (en cas de méthode par projection), ou sur le film si la photo est prise au foyer. Si l'orientation géographique est correcte, il serait utile d'indiquer le Nord/Sud héliographique avec une précision supérieure à un degré sur le disque.

Il faut prendre au moins un cliché dans l'éventail de temps de pose entourant le temps normal. Par exemple, si le meilleur temps de pose avec un système donné est le $1/250^{\text{ième}}$ de seconde, il faut aussi prendre des clichés au $1/125^{\text{ième}}$ et au $1/500^{\text{ième}}$ car de tels clichés peuvent mieux montrer que le cliché intermédiaire certains détails : plages faculaires, luminosités autour des taches, etc... En cas d'activité inhabituelle du Soleil, ces photos prennent toute leur importance.

Les photos doivent être envoyées au responsable dès que possible. Les photos seront agrandies au maximum. Le contraste des épreuves doit être suffisant pour discerner des détails sur les taches du bord aussi bien que du centre (ombre et pénombre), ainsi qu'un bord net pour les mesures précises de position.

Il faut donc prendre soin au développement. Il est préférable d'orienter les photos avec le **Nord en haut** et l'**Est à gauche**.

2.6. LA PHOTOGRAPHIE A HAUTE RESOLUTION

En photographie solaire à haute résolution, le plus important est de garder à l'esprit les trois conseils déjà donnés auparavant :

- * des temps d'exposition courts.
- * des émulsions à grain fin.
- * une monture stable.

Pour ce genre de travail il vaut mieux utiliser un système de filtrage peu énergétique, trop faible pour l'observation, pour conserver des temps de pose courts. Il faut donc ajouter **un filtre supplémentaire pour la mise au point et le centrage**.

Le temps de réaction de l'œil au stimulus est de $1/10^{\text{ième}}$ de seconde, alors qu'il suffit d' $1/1000^{\text{ième}}$ de seconde pour endommager définitivement la rétine par la lumière solaire concentrée au foyer. La rétine ne possède pas de nerf pour transmettre la douleur, et les brûlures peuvent se produire sans que l'observateur n'y prête attention. La vision directe est détruite et la vision périphérique peut rester intacte...

Le but principal de la photographie à haute résolution est d'enregistrer l'activité des centres actifs avec une définition supérieure à 1". Les conditions qui permettent une telle résolution ne se produisent que rarement au cours d'une journée, et parfois jamais.

La granulation est un bon indicateur de turbulence. Si elle est bien visible, la résolution est de 1". Si la granulation est moins nettement visible, la résolution est de 2" à 3".

Si les conditions d'observation sont moins bonnes, on ne doit continuer à travailler que si on observe des changements rapides à la surface du Soleil. Ces observations, même de mauvaise qualité, peuvent être les seules disponibles et feront l'objet d'un rapport qu'il ne faut pas bâcler. Toutes les rubriques des fiches d'observation seront complétées pour fournir aux chercheurs autant de données que possible.

Un autre type de photographie à haute résolution est celle de la structure interne des ombres des taches. Il est possible de le faire en surexposant par un facteur 5 avec un diaphragme qui occulte l'extérieur de l'ombre. Ce diaphragme est le mieux placé entre le télescope et le système de projection (au foyer de l'oculaire dans un système par projection, par exemple).

Ainsi que nous l'avons déjà expliqué, les ombres sont composées de points brillants et de grains sombres. On connaît peu de choses dans ce domaine et on a besoin d'observations. Cependant, il faut être un astrophotographe très expérimenté pour obtenir de bons résultats. Ce genre de photographie nécessite des optiques parfaites, exemptes de poussière et de saleté.

Une autre recherche pour le photographe solaire est l'étude du développement des petits groupes. On sait peu de choses sur les étapes précoces du développement des groupes. En surveillant les groupes de ces pores, surtout s'ils sont associés à des plages faculaires brillantes, il est possible d'observer le cycle entier de la vie d'un groupe, en l'espace d'un mois ou deux. Les chances de succès d'un tel projet sont faibles, mais les résultats seraient très intéressants.

De même, la simple surveillance des plages faculaires brillantes et sans pores serait encore plus significative, mais les risques de succès encore plus faibles. Le but serait de fixer les étapes de la naissance des pores.

Le tirage des épreuves de photos à haute résolution doit se faire au format 12,5/17,5 (ou mieux 20/25). Le champ entier doit être tiré au cas où une formation non incluse dans le groupe principal devrait être étudiée. On peut même laisser visibles les trous du négatif.

Comme pour la photographie du disque entier, il est nécessaire d'orienter les clichés.

2.7. L'OBSERVATION DE L'ACTIVITE FACULAIRE

Tous les instruments d'amateur conviennent pour ces observations. Toutefois une lunette ou un télescope d'au moins 100 à 120mm de diamètre semble le minimum pour observer convenablement ces phénomènes. Si l'on veut étudier la structure des facules, l'idéal est de disposer d'un instrument possédant un diamètre d'au moins 150 ou 200mm.

Pour la photographie, un filtre WRATTEN vert ou violet paraît convenir si l'on utilise bien sûr en plus un filtre en verre aluminé pleine ouverture de $1/1\ 000^{\text{ième}}$ de transmission. Précisons qu'aujourd'hui ce type de filtre existe pour tous les diamètres de lunette ou télescope.

Les facules photosphériques ne peuvent être observées qu'en bordure du limbe. La difficulté de leur l'observation est due à leur manque de contraste par rapport au reste de la photosphère et à la turbulence atmosphérique. En effet, le contraste d'un objet brillant sur un fond déjà clair est moins net que pour un objet sombre. Il est difficile de départager les groupes observés les uns par rapport aux autres et de comptabiliser la

totalité des facules présentes sur l'astre. Mais l'étendue des plages faculaires varie en fonction de l'activité solaire. Il est donc intéressant de suivre l'évolution des formes et du nombre de facules pourvu que l'on conserve toujours le même instrument d'observation.

Conformément au tableau donné en annexe, on classe les facules en cinq types:

- a) Le groupe de type a représente une plage étendue qui peut atteindre jusqu'à 15°. D'aspect très décousues elles sont avec les plages de type b les plus faciles à repérer. On peut au moyen d'un télescope ou d'une lunette d'amateur les dessiner ou les photographier sur les limbes est et ouest de l'astre. Ce type représente en moyenne 25% de l'ensemble des facules observables au cours d'un cycle d'activité undécénal. Ce sont elles que l'on observe principalement lors des périodes d'activité solaire proches du maximum.
- b) Le groupe de type b recouvre la plus grande superficie. Il ressemble à une énorme masse atteignant jusqu'à 30°. Son aspect général est compact. Ce type de plage faculaire constitue environ 12% du total des facules.
- c) Le groupe de type c rassemble des facules ayant des diamètres allant de 1° jusqu'à 5°. Cette plage est également facile à repérer. Avec les plages faculaires de type a et b ces facules sont observables entre 30° et 5° de latitude. Elles représentent pratiquement la moitié de toutes celles que l'on peut observer au cours d'un cycle d'activité complet.
- d) Les groupes de type d et e forment les facules ponctuelles. Elles sont très difficiles à voir. C'est dans les périodes de faible activité qu'elles sont les plus abondantes. Elles sont visibles à des latitudes assez élevées; de l'ordre de 45°. Les facules de type d ne peuvent être que 2 au maximum; c'est ce qui permet de les différencier d'avec les facules de type e qui peuvent très bien exister le même jour aux alentours.

Les observations ont montré que les facules de type c sont les plus nombreuses (environ 50%), suivies par celles de type a (25%) puis par celles de type b (12%). Les types d et e sont moins fréquentes et ces dernières apparaissent pratiquement toujours en dehors de taches.

Nous distinguons d'une part les plages faculaires étendues des facules en forme de point qui, sur la classification, se trouvent dans les types d et e. Pour ces dernières ce seront, par exemple, les facules polaires dont la latitude est d'au moins 50° et qui sont sans aucun doute les plus difficiles à repérer. D'autre part, nous séparons les facules associées à un groupe de taches (F_A) et celles qui ne le sont pas (F_S). Ces distinctions qui peuvent paraître quelque peu complexes s'avèrent en réalité très commodes car elles gommant certaines erreurs dues aux facules plus ou moins bien vues.

Lorsque l'on veut étudier les facules, plusieurs possibilités s'offrent aux amateurs. On peut, tout d'abord, effectuer un calcul basé sur le même principe que l'indice du nombre de Wolf pour tenter de déterminer l'importance de la mesure de l'activité faculaire.

Ensuite, on peut tout comme pour les groupes de taches mesurer les positions héliographiques des plages faculaires. Toutefois, ce « travail » paraît très difficile pour des amateurs lorsqu'il s'agit de mesurer des plages de type d ou e (voir tableau annexe).

Enfin, certains amateurs tentent de calculer la surface occupée par les facules selon les mêmes méthodes que celles utilisées pour les taches.

A) L'indice de l'activité faculaire :

Cet indice se calcule en deux étapes

⇒ On calcule d'abord le nombre de plages faculaires par la formule suivante :

$$F_T = F_S + F_A$$

avec F_T pour le total du nombre de plages faculaires, F_S pour le total de celles qui ne sont pas associées à des taches et F_A pour celles qui le sont.

⇒ On trouve ensuite le nombre relatif de facules :

$$R_{FA} = 10 F_T + F_I$$

F_T pour le total du nombre de plages faculaires et F_I le nombre de facules individuelles.

B) La mesure de la surface des plages faculaires :

On peut effectuer la mesure de la taille d'une plage faculaire à l'aide de la photographie de celle-ci puis de la totalité du disque solaire. De cette façon, on pourra recueillir les mesures de la plage étudiée par extrapolation mathématique.

Il est possible d'obtenir ces mesures par l'utilisation de la méthode dite de projection (Cf. supra). Pour ce faire on se fabriquera cercle d'un diamètre de 114 mm tracé dans une feuille de papier millimétré. Une simple lecture suffit à donner les mesures souhaitées.

Enfin, il faut signaler que l'on peut plus loin dans cette étude. Mais déjà ces mesures de surface des plages faculaires sont d'une certaine utilité pour examiner l'évolution des facules et donc mieux les comprendre.

C) La mesure de la clarté ou de la luminosité des facules :

L'idéal est bien sûr de pouvoir effectuer des mesures photométriques, ce qui n'est pas à la portée des astronomes débutants. Toutefois, avec de l'expérience, un amateur observateur régulier peut très bien tenter de déterminer la luminosité des facules, surtout à partir d'observations par projection. A cet effet, on emploiera l'échelle suivante:

- * F. = Faible ou à peine observable.
- * N. = Normale ou observable sans nécessiter d'effort particulier de perception.
- * B. = Très grande luminosité.

Cette échelle est identique à celle utilisée pour la mesure des éruptions en lumière blanche. Toutefois, il faut néanmoins préciser que ce travail est très subjectif et variera suivant l'habitude, les conditions atmosphériques, le site d'observation ou encore l'acuité visuelle de l'observateur.

2.8. L'OBSERVATION DES PONTS LUMINEUX

Une petite lunette de 60 mm suffit pour commencer à apercevoir les pont lumineux qui traversent habituellement les taches. Toutefois, un bon instrument est nécessaire pour bien en distinguer les détails. La netteté et la turbulence restent les principaux obstacles pour ce genre d'observation à haute résolution.

Observer les ponts de lumière que l'on appelle aussi ponts lumineux revient à étudier les changements morphologiques des groupes de taches solaires. Il ne faut pas confondre ces phénomènes avec les éruptions solaires qui peuvent se produire en lumière blanche ou encore avec les facules. La distinction n'est pas très difficile à opérer. Les éruptions changent fortement d'aspect et de luminosité en l'espace d'une poignée de minutes, alors que les modifications affectant l'apparence des ponts de lumière varient de quelques heures à plusieurs jours.

Les ponts lumineux sont fréquemment associés à l'amorce du déclin d'un groupe de taches et semblent parfois se manifester avec des facules en dehors de tout groupe de taches. Les ponts de lumière se trouvent au sein des groupes de taches. Lorsqu'un pont divise l'ombre d'une tache, on compte alors deux taches. L'étude de ces ponts offre donc un intérêt immédiat pour le calcul du nombre de Wolf.

Pour les définir brièvement on peut dire qu'il s'agit de lignes de torsion présentant différentes configurations que l'on peut classer en trois catégories distinctes :

- I. Les ponts lumineux « classiques » possèdent une structure semblable à celle de la photosphère, une granulation normale et une luminosité semblable à celle des facules. Leur durée de vie varie d'une journée à plusieurs semaines.
- II. Les « îles » apparaissent sous la forme de régions brillantes dans les fibres sombres de la pénombre, sans lien direct avec le reste de la photosphère. A proximité de ces régions, la pénombre semble

irrégulière et son orientation par rapport au centre de la tache est affectée. Le phénomène dure de quelques heures à plusieurs jours.

- III. Les « courants » sont les plus difficiles à observer (d'une largeur de 1'' à 5'') tout en étant les plus fréquents. Ils présentent la forme d'une banderole et traversent souvent l'ombre des taches en connectant des côtés opposés de la pénombre en l'espace de quelques heures à plusieurs jours.

Ces ponts peuvent passer d'un type à un autre. Ils possèdent en commun le fait d'être composés de granules et d'affecter les formes de l'ombre (pour les « courants ») et de la pénombre des taches. La taille de leurs grains est plus petite de celle des autres granules de la photosphère normale. Elle est toutefois semblable à celle des grains qui entourent immédiatement les taches.

L'évolution des ponts de lumière est en principe étroitement liée avec celle des groupes de taches solaires. Les ponts commencent le plus souvent à se former dans la pénombre d'une tache plutôt de type C, c'est à dire de préférence au sein de taches circulaires, après le maximum d'activité du groupe et avant sa stabilisation en tant que type J avec un diamètre de l'ordre de 30000 km. Dans la poursuite de son développement, la tache de forme arrondie va s'ovaliser et s'allonger. De la photosphère émerge alors brusquement la poussée violente d'un pont isolé qui peut mettre de quelques heures à plusieurs jours pour finir, dans un grand nombre de cas, à diviser la tache dans laquelle il se situe en deux blocs.

Mais il arrive aussi, exceptionnellement, que la tache mette plusieurs semaines pour se fragmenter. C'est en particulier le cas dans les groupes de type E ou F. Quand les groupes de taches atteignent leur activité maximale, la luminosité des ponts de lumière se renforce progressivement. La dissociation finale des taches s'effectue de façon différente suivant le type de leur groupe.

Mais l'apparition de ponts de lumière dans une tache ne signifie pas forcément que celle-ci va se séparer en deux parties distinctes l'une de l'autre. En effet, d'après les observations on a pu constater que beaucoup de ponts lumineux accompagnent des groupes de taches sans qu'il existe un lien quelconque entre leur arrivée, l'âge et l'activité des groupes de taches. La plupart des ponts lumineux apparaissent lorsque les groupes de taches solaires entrent dans une phase de dissociation révélatrice d'une période d'instabilité.

Les types de ponts insulaires qui se constituent dans la pénombre vont se renforcer de plus en plus, bien souvent en l'espace d'une seule journée, pour occuper toute la surface de la tache. Après la dissociation les taches se transforment rapidement en groupe de type J pour finir par disparaître.

2.9. L'OBSERVATION DES ERUPTIONS EN LUMIERE BLANCHE

Les éruptions en lumière blanche se produisent à l'intérieur et autour des groupes de taches en dégageant d'importantes quantités d'énergie sur toute la bande du spectre électromagnétique. Elles sont souvent accompagnées par l'éjection de particules subatomiques à des vitesses diverses. L'entrée de ces particules dans l'atmosphère provoque des perturbations dans les émissions radio et des aurores. L'éruption peut durer de quelques minutes à quatre heures, mais en général elles durent entre dix et vingt minutes. Les éruptions les plus énergétiques ont tendance à durer plus longtemps, surtout dans le domaine des rayons X. Mais en lumière blanche et en H-alpha cette relation n'est pas aussi évidente.

On voit le mieux ces éruptions en lumière monochromatique, dans les raies H α ou H et K du calcium. Etant donné qu'on observe leurs raies d'émission tandis que le reste du Soleil est vu en absorption, le contraste est le meilleur. Dans certains cas, l'éruption est assez forte pour être vue en lumière blanche avec un petit télescope. Mais on pense que ce type de phénomène (ELB) est plutôt rare.

Dans la partie visible du spectre, on classe les éruptions en fonction de leur **taille**, en degrés héliographiques :

- * **s** = pré-éruption ou phénomène inférieur à 2 degrés ²
- * **1** = importance 1 et taille inférieure à 5,1 ²
- * **2** = importance 2 et taille inférieure à 12,4 ²
- * **3** = importance 3 et taille inférieure à 24,7 ²

et en fonction de leur **luminosité** :

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

- * **F** = faible ou à peine perceptible
- * **N** = normale ou perceptible
- * **B** = brillante ou évidente

Ainsi, une éruption 2B est brillante et s'étend sur une surface comprise entre 5,1 et 12,4² à la surface du Soleil. Une SF est donc une faible pré-éruption, de type très courant.

L'observation des ELB nécessite un **équipement** et des précautions spéciales. Les **optiques** doivent être en très **bon état** et **propres** pour que la dispersion ne réduise pas le contraste. **L'ouverture** du télescope doit être au moins égale à **20**, afin de réduire l'effet de la turbulence diurne. Selon les études de certains chercheurs, la résolution n'atteint la seconde d'arc que pendant 1% du temps d'observation diurne. Il vaut donc mieux obturer son télescope pour obtenir une ouverture de 20, même en réduisant le pouvoir séparateur pour améliorer la stabilité de l'image. Celle-ci est plus importante que la résolution pour détecter les éruptions. Le **filtre** ne doit laisser passer qu'une faible partie du spectre solaire, contenant de nombreuses raies d'absorption de 3933,9 Å et 3968,7 Å (H et K du calcium), 4340,6 Å (H γ), 4861,5 Å (ligne F ou H β de l'hydrogène), autour de 5180 Å (triplet du magnésium), ou la raie 6562,8 Å (C ou H α de l'hydrogène). Ces raies qui sont normalement vues en absorption sont en émission au cours des éruptions. En observant dans ces régions du spectre et en réduisant le plus possible la bande passante du filtre, le contraste est amélioré et on peut augmenter ses chances de voir une éruption. L'idéal serait de disposer d'un filtre interférentiel à bande passante étroite, inférieur à 1Å, comme le filtre H α , sauf que celui-ci ne permet pas de voir les ELB. Il faut donc conserver suffisamment du continuum de lumière blanche tout en améliorant le contraste.

Un télescope spécialement conçu pour la détection des éruptions solaires peut consister en un Newton ouvert à 6 dont aucun des miroirs n'est traité et muni d'un filtre possédant une bande passante de 160 Å centrée sur 4300 Å. Une demi douzaine de ces éruptions ont pu être détectées en 1988 avec ce système.

Le but du programme est la détection des ELB. Les astronomes tentent de comprendre la fréquence de ces phénomènes énergétiques et les relations entre ces éruptions et les autres parties du spectre électromagnétique. La méthode d'observation est simple:

⇒ Trouver d'abord une **région solaire bien développée**. Selon la classification de McIntosh (détaillée en annexe) les régions de la classe Eki, Ekc, Fki, ou Fkc sont les principales sources des grandes éruptions. Les groupes de la classe Dkc peuvent être observés en l'absence des quatre précédentes.

⇒ Pointer le télescope sur cette région et faire une première observation détaillée.

⇒ Etablir un **croquis** dans le cadre approprié de la fiche d'observation avec une **orientation** aussi précise que possible. Le croquis ne doit pas être trop petit, mais remplir le cadre. Noter la luminosité des ponts lumineux et des points brillants à l'intérieur et à l'extérieur des groupes, ainsi que celle de tout ce qui est plus brillant que la photosphère.

⇒ **Recommencer 10 minutes plus tard** et noter tout changement de position ou de luminosité. Faire attention de ne pas oublier un endroit du groupe en se polarisant sur un détail.

Dès le premier jour de ce type d'observation, vous constaterez la vitesse des changements qui interviennent dans ces groupes évolués. Les pénombres et même les taches se formeront, se morcèleront et disparaîtront sous vos yeux. Réalisez que le Soleil est l'astre le plus actif de notre système solaire, et que les éruptions de matière que nous observons en sont les phénomènes les plus énergétiques.

Tout d'abord, les ELB sembleront de discrets points brillants dans un pont lumineux, ou une zone d'ombre. Le pont lumineux peut être une craquelure fine comme un fil ou une large intrusion de photosphère. Les observations montrent qu'au cours des quelques minutes précédant une éruption, le pont lumineux devient plus brillant que la photosphère de presque une magnitude. Les points brillants discrets peuvent devenir beaucoup plus larges et alors être pris pour une région brillante importante, s'il s'agit d'une éruption importante. Toutes les conditions doivent être notées, spécialement en cas de variation de luminosité ou tout autre changement dans un groupe avant l'éruption.

Si vous pensez avoir observé une éruption, utiliser la classification du début de ce chapitre pour la décrire. Bien entendu, cela suppose que vous connaissiez suffisamment le champ apparent de votre télescope pour évaluer des tailles.

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

Il faut être sûr d'observer toutes les dix minutes étant donné que ces éruptions évoluent souvent pendant des périodes très courtes.

Amusez-vous bien, mais restez prudent en prenant toutes les précautions pour protéger vos yeux des radiations infrarouges et ultraviolettes néfastes. Et faites preuve de votre « flair » pour observer les éruptions !

3.

NOTICES
DES FICHES
D'OBSERVATION
ET DE
PHOTOGRAPHIE

3.1. NOTICE DES FICHES D'OBSERVATION

Un astronome amateur peut obtenir des résultats intéressants avec un minimum de méthode:

- ⇒ Observer régulièrement sur une longue période, même si la durée journalière de l'observation est courte.
- ⇒ Toujours utiliser le même système optique.
- ⇒ Bien noter les résultats de ses observations.
- ⇒ Appartenir à un réseau d'observateurs.

Afin de faciliter le travail et de mieux coordonner celui du groupe, les observateurs doivent compléter leur fiche d'observation sous peine d'enlever toute valeur à leurs relevés. Deux modèles de fiches sont proposés: le premier est destiné à des observations générales, l'autre au suivi de régions actives.

Les fiches d'observation journalière comportent deux cercles. Celui de droite, d'un diamètre de 114 mm, soit 1° par mm (au centre), est destiné à situer les GTS sur le disque en général. Celui de gauche est simplement destiné aux notes et au croquis détaillé des GTS intéressants.

Une fois le dessin réalisé conformément aux indications données au § 2.3 du manuel, les observateurs peuvent remplir les autres rubriques de la fiche.

3.1.1. L'OBSERVATEUR, LE LIEU

Noter le nom de l'observateur et lieu de l'observation.

3.1.2. LA DATE ET L'HEURE

Il s'agit du temps universel (TU) de l'observation exprimée en un seul nombre; année, mois, jour, heure, minutes, secondes. Par exemple : 1989 07 14 1235 56 soit le 14 juillet 1989 à 12h35 et 56 secondes. L'expression du temps dans ce format est excellente car elle n'est pas répétitive. Pour les dessins il conviendra d'y ajouter l'heure de début et de fin de l'observation. L'expression deviendrait alors 198907141236-1240 si le dessin est réalisé de 12h 36mn à 12h 40mn. Ce nombre sert de référence à l'observation en cas de recherche ultérieure.

3.1.3. LES CONDITIONS D'OBSERVATION

• **La netteté et la turbulence :**

On emploie l'échelle de cinq niveaux établie par Kiepenheuer pour rendre compte de la netteté S (« seeing ») de l'image et de la turbulence R (« resolution »): la limite de résolution en secondes d'arc, conformément au tableau suivant:

Valeur	LA NETTETE	LA TURBULENCE
1	La structure est fine dans les grandes ombres, très nette dans la pénombre.	Il n'y a aucun mouvement à la surface et sur le limbe.
1,5	Structure fine et nette dans la pénombre. Granulation très facile à reconnaître.	Le mouvement du limbe est inférieur à 0,5". Aucun mouvement visible dans les taches.
2	On voit un peu la structure fine à la limite ombre-pénombre. Granulation facile à reconnaître.	Mouvement du limbe entre 1" et 1,5", n'ondule que très faiblement.
2,5	Granulation visible. La limite entre l'ombre et la pénombre est nette, mais sans structure fine.	Mouvement du limbe entre 2" et 2,5". Facile à reconnaître sur le disque. Limbe ondulant.
3	Granulation difficile à reconnaître. Limite entre ombre et pénombre encore nette.	Mouvement du limbe entre 3" et 3,5", ondule beaucoup.
3,5	Granulation non visible. On peut encore distinguer l'ombre et la pénombre.	Mouvement du limbe entre 4" et 5".
4	On ne peut distinguer ombre et pénombre que sur les grandes taches. Granulation non visible.	Mouvement du limbe entre 6" et 7".
4,5	L'ombre se distingue de la pénombre seulement sur les taches très grandes.	Mouvement du limbe entre 8 et 10".
5	L'ombre ne se distingue pas de la pénombre.	Mouvement du limbe supérieur à 10".

- **Le vent :**

Utiliser une échelle en cinq niveaux :

- **TF** = Très fort.
- **F** = Fort
- **M** = Modéré
- **/** = Observation impossible
- **(** = nuages - grande turbulence.

La direction et la vitesse peuvent représenter des indications utiles pour l'observateur.

- **Les nuages :**

Estimer le pourcentage de couverture nuageuse.

3.1.4. L'INSTRUMENT

- **Le type :**

Préciser s'il s'agit d'un réflecteur ou d'un réfracteur, ainsi que son type (Newt. Cass. Etc.).

- **L'ouverture et la longueur focale :**

Indiquer le diamètre (D) et la longueur focale (F) du foyer primaire de l'instrument utilisé (dans la même unité) ou l'ouverture F/D.

- **L'oculaire :**

Indiquer le type générique (O = Ortho, K = Kellner, P = Plöss, etc...) et non le fabricant, la longueur focale et l'utilisation éventuelle d'une lentille de barlow.

Ex : « E20 » pour Erflé de 20 mm, « B.N12 » pour Nagler 12 mm avec barlow.

- **Le grossissement, la pupille de sortie :**

Le grossissement sera explicite par lui-même. On peut également indiquer la pupille de sortie: diamètre de l'instrument / grossissement.

3.1.5. LES COORDONNEES HELIOGRAPHIQUES

Voir la partie du manuel qui traite de la question. On indiquera:

- **B, Lo :**

Il faut situer la position du méridien central sur la surface du Soleil pour l'heure de l'observation à 12 ' près (0,1° de longitude héliographique). Les éphémérides astronomiques donnent L_o , la longitude du centre par rapport au méridien de Carrington à 0h TU tous les jours ou tous les cinq jours (il suffit alors d'interpoler).

- **C = le N° de la rotation :**

Il s'agit du nombre de Carrington. On trouve la date du début de chaque rotation et son numéro dans les éphémérides astronomiques.

3.1.6. L'ACTIVITE SOLAIRE

Le nombre de groupes de taches solaires (GTS) et leur type sont des indices de l'activité (magnétique) de notre étoile. On complète la rubrique correspondante de la fiche en suivant les étapes suivantes:

- **La position et l'orientation des groupes :**

On peut projeter de l'image du Soleil sur le gabarit de droite ou se repérer à partir de l'oculaire réticulé décrit au § 2.3.4 du manuel et situer sur le repère l'axe équatorial terrestre. Il faut ensuite calculer la position de l'équateur solaire conformément à ce qui a été dit au § 3.1.5 et le reporter sur le cercle de gauche. On peut alors situer les GTS par hémisphère.

- **Le nombre de Wolf :**

Il s'agit de déterminer le nombre relatif de taches. La définition des taches et des groupes figurent au § I du présent manuel et le calcul du nombre de Wolf se trouve au § 2.3.6.

On peut en rappeler le principe:

- ⇒ le nombre de groupes « G » par hémisphère. Une tache isolée compte pour un groupe.
- ⇒ le nombre de taches « F ».
- ⇒ K est pris égal à 1 pour un observateur isolé. Seul le service centralisateur peut attribuer un coefficient k à une personne par rapport à une référence.

Le nombre de Wolf se détermine en appliquant la formule ci-dessous.

$$W = k (10 G + F)$$

Les nombres ainsi déterminés sont reportés dans le cadre approprié de la fiche (à droite) et sur la fiche récapitulative mensuelle donnée en annexe.

- **Les groupes de taches par type :**

On notera ensuite le type de chaque groupe conformément à la classification de Waldmeier (ou de Mac Intosh) mentionnée au § 2.3.7 et en annexe. Ces renseignements doivent être reportés dans le cadre approprié et sur le cercle de gauche de la fiche pour chaque groupe, à côté du nombre de taches.

3.1.7. AUTRES COMMENTAIRES

On peut indiquer au verso toute précision utile, par exemple si la qualité de l'observation se trouve au dessous de la moyenne. On pourra aussi ajouter les renseignements suivants:

- **L'angle horaire :**

Il s'agit de l'angle entre le centre du disque solaire et le méridien local de l'observateur en heures d'ascension droite (est/ouest). Le méridien du lieu d'observation se définit comme étant la ligne de longitude céleste qui passe par le pôle céleste et le zénith de ce lieu. Par exemple, "1h 56mn Est" ou 3h 52mn Ouest" sont deux expressions de l'angle horaire. Pour déterminer avec précision cet angle, l'observateur doit connaître le temps sidéral et la position du Soleil sur la sphère céleste.

- **Le type de monture :**

Le type de monture veut dire non seulement équatoriale ou azimutale, mais aussi allemande, à fourche, etc... Préciser si elle est entraînée.

- **L'observatoire :**

Préciser éventuellement à toit ouvrant, abri roulant, coupole, aucun.

Pour gagner du temps, il peut être utile de remplir partiellement les questionnaires avant la reproduction dans la mesure où certaines données restent constantes : adresse, tel, observatoire etc.

Certaines rubriques des fiches peuvent paraître inutiles, or elles ne le sont pas. En effet, elles seront très utiles aux utilisateurs et pourront même permettre dans certains cas au responsable qui reçoit les rapports de déceler des causes d'erreur et de donner aux observateurs des indications pour améliorer leurs résultats ou résoudre leurs difficultés. De plus, s'il s'avère qu'un observateur se spécialise sur un certain type de travail, ses fiches peuvent servir de référence. Elles ont été mises au point après maintes études et discussions. Il faut donc les remplir correctement.

3.1.8. LA FICHE D'OBSERVATION DE REGION ACTIVE

Cette fiche permet de réaliser un croquis détaillé de tout phénomène particulier tout en le situant sur le disque.

- **L'observation :**

La date doit être notée sous la forme AAAAMMJJ (soit 19961012 pour le 12 oct 1996).

Lorsqu'il s'agit une éruption visible en lumière blanche noter si possible l'heure à la seconde près dans le corps du rapport. Certains astronomes sont convaincus que les éruptions peuvent se produire pendant de courtes périodes, d'où la précision requise pour pouvoir coordonner leurs observations avec celles des amateurs.

- **Les conditions de l'observation :**

Estimer la qualité du ciel, le pourcentage de nuages, ainsi que la force du vent comme pour la fiche précédente. En ce qui concerne la turbulence, noter le pouvoir séparateur obtenu. Si l'on peut voir facilement la

granulation sans turbulence (quelle chance!), on atteint une seconde d'arc. La granulation disparaît avec une turbulence de 3". On ne peut plus voir les détails dans la pénombre à partir d'une turbulence de 5".

- **L'instrument :**

Les remarques sont les mêmes que pour la fiche générale. Par type de l'oculaire, il faut comprendre son modèle (Kellner, Ortho...). Indiquer tous les filtres, qu'ils réduisent l'intensité de la lumière (sur le télescope) ou la largeur de la bande passante (à l'oculaire). Ne jamais réduire l'intensité avec un filtre d'oculaire, qui met en grand danger votre vue car ce filtre risque d'éclater.

- **L'orientation :**

Reporter selon les éphémérides pour la date voulue le numéro de la rotation, ainsi que l'angle des poles (P), de l'équateur (B), et la position du méridien central (L) solaires. Donner si possible les coordonnées héliographiques ou le quadrant dans lequel se trouve le groupe (SE, SW, etc) .

Indiquer ensuite l'orientation (voir § 2.3.4), puis noter les coordonnées de toute formation inhabituelle ou intéressante. Utiliser le dessin du cadre pour indiquer par des coordonnées x et y l'endroit où les changements se sont produits. Noter en abrégé les points cardinaux: N, S, E, W, NW, etc... Par exemple en abrégé on peut écrire: « pl (pont lumineux) au SE de la tache en D5 (coordonnées xy) plus brillant que la phot. (photosphère) ».

L'échelle sera indiquée par une graduation indiquant les secondes d'arc et une indication du champ apparent du dessin (voir § 2.3.5).

3.1.9. FICHE D'OBSERVATION DE LA POSITION DES TACHES

Le relevé exact de la position des taches s'effectue essentiellement par projection, avec un instrument installé sur une monture équatoriale mise en station, motorisée et stable. On peut orienter les relevés conformément aux indications fournies au § 2.3.4.

Outre les renseignements déjà commentés, il est nécessaire de préciser les données suivantes :

- **Le diamètre de l'image :**

La position des taches peut être déterminée sur des disques de diamètres différents. L'observateur pourra choisir le diamètre qui lui donne leur meilleur contraste.

- **Le numéro :**

La première zone observée reçoit le numéro 1, la seconde, le numéro 2 et ainsi de suite. Au cours des observations du lendemain, la séquence continue pour les nouvelles régions actives. Les anciennes régions conservent ainsi toujours le même numéro d'identification pendant la période de leur observation. Si une même région active apparaît au cours de deux rotations, on conserve le numéro qui lui avait été attribué lors de son premier passage, mais ce numéro est alors entouré.

- **L'angle de dérive Y_1 et Y_2 :**

Il n'est pas nécessaire d'orienter les disques. On laisse dériver une tache et on note les valeurs de dérive qui sont utilisées pour orienter l'écran dans les calculs.

- **L'abscisse X et l'ordonnée Y des taches :**

On reporte la mesure des coordonnées des taches par rapport aux coordonnées géographiques.

La latitude et la longitude des régions observées sont calculées par le service centralisateur qui complète les autres colonnes.

3.2. NOTICE DES FICHES DE PHOTOGRAPHIE

La pratique a montré que la photographie et l'observation constituaient des compléments indispensables: les clichés sont plus précis que les observations (par exemple forme et position de groupes des taches), mais beaucoup de petits détails n'apparaissent pas en général sur les photographies à cause de la turbulence. Une fiche « PHOTO - CROQUIS » figure donc en annexe

En dehors des renseignements figurant sur la fiche d'observation, il sera utile de mentionner les conditions propres à la photographie. La plupart des indications seront utiles au photographe qui souhaite étalonner son travail de manière à améliorer la qualité de ses clichés.

Il faut soigneusement ranger le négatif dans une pochette sur laquelle figurera le numéro du fichier de l'observateur. Le négatifs peuvent être numérotés sous la forme « AAMMJJHHMNSS » (année, mois, jour, heure, minute, seconde), nombre éventuellement complété par le temps d'exposition. Cette forme assure un numéro unique par négatif et facilite donc son archivage.

Ce numéro sera également reporté au verso de chaque épreuve et ajouter un nombre qui représente le « grade du papier - ouverture de l'objectif de l'agrandisseur - temps d'exposition du papier ». Ces numéros facilitent la reproduction en série des clichés.

3.2.1. LA PRISE DE VUE :

- **Le système photographique :**

Dans le cadre appelé « Prise de vue », préciser si la photographie a été prise au foyer du télescope, avec quel oculaire ou lentille de Barlow.

- **La focale résultante :**

Il existe de nombreux ouvrages qui expliquent comment trouver la longueur focale effective d'un système de projection. Cette donnée est nécessaire et il faut prendre le temps de la mesurer. Indiquer également le rapport F/D de la longueur focale résultante, le grandissement de l'image ou le diamètre du disque solaire quand il s'agit de l'image d'une partie du disque.

- **Le temps d'exposition :**

A remplir obligatoirement même en cas d'occultation manuelle. Il faut noter soigneusement l'heure du cliché à la seconde près, cette indication étant indispensable pour attribuer à chaque cliché un numéro de fichier.

3.2.2. LE DEVELOPPEMENT DU NEGATIF :

- **Le film et son format :**

Préciser son type : ex TP2415 (recommandé pour les travaux solaires) et son format : ex 35 mm.

- **Le révélateur :**

Indiquer le type et la marque du révélateur, la durée du développement ainsi que la température du bain.

3.2.3. LE TIRAGE SUR PAPIER :

- **L'agrandisseur :**

Préciser le type d'objectif, la focale et la marque, car ces données influencent la qualité de la reproduction.

- **L'épreuve :**

Il est utile de noter les conditions du développement si l'on travaille toujours avec le même agrandisseur et dans les mêmes conditions. En effet, il est plus facile de reproduire les clichés une fois que le tirage a été étalonné. On notera donc:

- * Le contraste ou le grade du papier.
- * L'ouverture de l'objectif de l'agrandisseur.
- * La durée de l'exposition du papier.

3.2.4. LA FICHE DE PHOTOGRAPHIE A HAUTE RESOLUTION :

Cette fiche reprend les mêmes renseignements que ceux qui sont fournis pour la fiche de photographie du disque entier. Elle n'appelle donc pas de commentaires particuliers.

3.3. NOTICE DES TABLEAUX DE SYNTHÈSE DU NOMBRE DE WOLF

3.3.1. LA FICHE DE SAISIE DU NOMBRE DE WOLF JOURNALIER :

La fiche de de saisie du nombre de Wolf journalier centralise les informations suivantes :

- Les références de l'observateur.
- Le système optique employé.
- La date et l'heure (temps universel).
- La description de la météo : netteté, turbulence et vent suivant la définition donnée sur la fiche de saisie.
- Le nombre de groupes de taches solaires (GTS) par hémisphère (Nord et Sud).
- Le nombre de taches par hémishère (Nord et Sud).
- Le nombre de Wolf (voir § 2.3.6).
- Le nombre de taches A visibles à l'œil nu (A signifie Auge, œil en Allemand).

La plupart des rubriques sont à reprendre de la fiche d'observation du disque entier, particulièrement utile lors d'une activité solaire importante.

3.3.2. LA FICHE DE SYNTHÈSE MENSUELLE :

La centralisation des données est assurée par le responsable de la Commission qui les compile sur une grille de saisie, chaque mois entre le 1er et le 10. La saisie et le traitement informatique permettent ensuite l'édition de la fiche de synthèse mensuelle devant être diffusée aux observateurs vers le 15 du mois. Cette fiche est aussi communiquée à d'autres groupements amateurs étrangers tels que l'allemand Sonne pour comparaison. Un exemple de fiche de synthèse est donnée en annexe.

Les tableaux récapitulatifs contiennent toujours deux chiffres : le nombre de Wolf avec $K = 1$ et le nombre de Wolf avec K . Le nombre de Wolf est multiplié par un coefficient K pour tenir compte du matériel de l'observateur et de sa manière de compter. Le coefficient K de chaque observateur est déterminé par rapport au chiffre journalier SIDC (Sunspot Index Data Center) de Bruxelles.

Une étude réalisée sur les observateurs réguliers du GFOES au cours de la période 1985 à 1991 (augmentation de l'activité solaire) montre que leur coefficient décroît. Ceci est peut-être dû au fait que leurs comptages sont surestimés en période de forte activité solaire (K inférieur à 1), et qu'ils sont sous-estimés en période de faible activité (K supérieur à 1), à cause par exemple de groupes non détectés. Pour cette raison, les coefficients K utilisés pour les calculs du nombre de Wolf de la Commission sont révisés chaque année.

Le nombre de Wolf ainsi déterminé sert à fournir différentes moyennes:

- *Moyennes mensuelles brutes* : elles correspondent à la moyenne des valeurs journalières du GFOES de chaque mois.
- *Moyennes lissées sur douze mois* : elles sont constituées par la somme des moyennes de 12 mois consécutifs, divisée par 12.²
- *Moyennes mensuelles mobiles* : pour un mois déterminé, on considère la période allant de cinq mois avant et cinq mois après. Par exemple, pour le mois d'août, on prendrait la moyennes à partir du mois de mars précédent jusqu'au mois de janvier avec un coefficient de 1. Les moyennes des mois de février qui encadrent la période sont comptés avec une coefficient de 0,5. Le total obtenu est divisé par 12. On obtient ainsi un moyenne de treize mois, les deux extrêmes étant comptés pour moitié.
- *Moyennes annuelles mobiles* : elles représentent la moyenne d'une année de moyennes journalières. Les courbes des graphiques sont lissées et permettent de déterminer le minimum et le maximum d'un cycle. Les

² La définition des *moyennes lissées sur douze mois* et des *moyennes mensuelles mobiles* est donnée pour information. En effet, leur usage au sein du GFOES pendant plusieurs années a montré qu'elles sont proches de la moyenne annuelle mobile, qui est la seule utilisée pour les études.

mois qui figurent en abscisse correspondent à la date médiane de la période de 365, 366 jours étudiée. Les moyennes annuelles mobiles peuvent être calculées par hémisphère.

- *Moyennes par rotation synodique* : elles sont établies en tenant compte du numéro de rotation selon Carrington (CRN), conformément aux éphémérides. Ce nombre change en moyenne tous les 27,27 jours (voir § 1.9). Si le changement du CRN intervient au cours d'une journée, l'ordinateur retient systématiquement le nouveau CRN pour tous les observateurs de la journée, ce qui simplifie le programme sans changer sensiblement les résultats.

Exemple : le changement du CRN 1911 intervient le 28 juin à 16 h 40 (28,7 juin). Tous les observations du 28 juin seront classées sur le CRN 1911. Même celles qui ont été réalisées avant 16 h 40. Les périodes sont donc calculées sur 26 ou 27 jours et même parfois sur 28 jours, au lieu de 27,27 jours.

Le nombre A est intéressant pour déterminer la périodicité et la taille des taches visibles à l'œil nu. Les calculs statistiques sont identiques à ceux qui sont obtenus à partir du nombre de Wolf et permettent de suivre le cycle d'activité solaire. Pour que la tache soit visible, sa pénombre doit présenter un diamètre apparent de 41 " (secondes d'arc), ou son ombre doit s'étendre sur 15 ", elle doit donc couvrir une surface apparente de 1 minute d'arc.

3.4. NOTICE DES TABLEAUX DE FACULES

On trouvera deux tableaux concernant l'activité faculaire et l'observation des facules. Les tableaux concernant les facules contiennent les mêmes rubriques que les autres fiches en ce qui concerne l'observateur, l'instrument utilisé et les conditions de l'observation (date, heure, netteté, turbulence).

3.4.1. LA FICHE RECAPITULATIVE MENSUELLE DE L'ACTIVITE FACULAIRE

Le but de cette fiche est de calculer l'indice R_{FA} de l'activité faculaire conformément à la formule du nombre relatif faculaire rappelée ci-dessous. Cet indice est analogue au nombre de Wolf en ce qui concerne les GTS. On notera donc dans cette fiche :

- **TU** = l'heure de l'observation en temps universel.
- **N et T** = la netteté et la turbulence suivant une échelle de 1 à 5.
- **W** = le nombre de Wolf.
- **Tgts** = le nombre total de groupes.
- **Fa** = le nombre de régions faculaires avec taches.
- **Fs** = le nombre total de régions faculaires sans taches.
- **Ft** = le nombre total de régions faculaires = FA + F S.
- **Fi** = le nombre de facules individuelles (total des facules individuelles dans les régions faculaires).
- **RFA** = le nombre relatif faculaire = 10 FT + FI.
- **D/P** = dessin ou photographie (entrer la lettre appropriée).
- **S** = la surface de la région faculaire (cocher si elle a été notée).
- **P** = la position (cocher si elle a été notée).

En bas de la fiche, ne pas omettre de calculer le nombre d'observations et la moyenne mensuelle des nombres F_T, F_S, F_A, R_{FA} .

3.4.2. FICHE RECAPITULATIVE DES OBSERVATIONS DE FACULES

La feuille d'observation des facules permet de connaître l'importance des plages faculaires observées à partir de la classification donnée ci-dessous.

Chaque région faculaire est enregistrée séparément. La date est notée par l'observateur. Ne remplir qu'une ligne sur deux et préciser les données suivantes:

- **N°** = chaque région faculaire reçoit un numéro d'identification suivant la même méthode que celle
- **Tfa** = le type de facules. Il suffit de cocher la case correspondante au type de la facule en utilisant la classification donnée ci-dessous.

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

- **Tgts** = le type de GTS associé à la facule et le total des GTS.
- **N et S, E et O** = quadrant dans lequel se trouve la facule.
- **L** = la luminosité de la facule. Cette impression subjective sera notée sous la forme 0 = « normale », + pour plus brillante et - pour moins lumineuse.

Conformément au tableau suivant, on classe les facules en cinq types:

1. a = en forme de veines, dont la structure ressemble à celle d'un filet.
2. b = étendues et continues.
3. c = étendues et fragmentées.
4. d = facules ponctuelles.
5. e = groupes de facules ponctuelles.

La classification des régions faculaires.

3.5. NOTICE DES TABLEAUX DE SYNTHESE DES PONTS DE LUMIERE

Les renseignements à noter concernant les ponts sont les suivants:

- **TU** = l'heure de l'observation en temps universel.
- **N et T** = la netteté et la turbulence notée de 1 à 5.
- **Type GTS** = le type du groupe taches d'après la classification de Waldmeier.
- **Tt** = le nombre de taches de tête, c'est à dire à l'ouest dans un groupe bipolaire.
- **Ts** = le nombre de taches de queue, à l'est.
- **N** = le nombre total de taches dans le groupe : $N_t + N_q = N$.
- **Plt** = le nombre de ponts lumineux dans les taches de tête.
- **Pls** = le nombre de ponts lumineux dans les taches de queue.
- **Type PL** = le type de pont lumineux conformément à la classification donnée en annexe.

3.6. LE SYSTEME DE COORDONNEES HELIOGRAPHIQUES

Lorsqu'on réalise des photos ou des dessins du disque entier, il convient de déterminer avec précision l'orientation Nord-Sud, Est-Ouest sur le Soleil, c'est-à-dire de déterminer les coordonnées héliographiques. Ces lignes doivent être indiquées avec une précision inférieure à un degré.

Il est facile, pour ceux qui observent le Soleil par projection, de réaliser une table qui donne non seulement l'orientation géographique, mais aussi les coordonnées héliographiques. Le problème est par contre beaucoup plus compliqué pour ceux qui n'utilisent pas un tel système.

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

Comme le savent la plupart des amateurs, l'équateur géographique forme un angle de $23^{\circ} 56'$ par rapport à l'écliptique (plan de l'orbite terrestre). Cet angle provoque une variation apparente de l'axe Est-Ouest de $23^{\circ} 56'$.

De même, l'équateur solaire est incliné de $7^{\circ} 15'$ par rapport à l'écliptique, ce qui provoque une précession apparente et annuelle des pôles dans un cercle de $7^{\circ} 15'$.

De ce fait, l'orientation apparente des pôles solaires change constamment tout au long de l'année. Les mouvements sont indiqués dans les éphémérides par les valeurs de :

- B_0 : la latitude héliographique du centre du disque solaire, positive vers le Nord, négative vers le Sud.
- P : l'angle d'inclinaison du pôle héliographique, mesuré positivement vers l'Est à partir du point Nord céleste du disque solaire.

Carrington, observateur solaire anglais du XIX^{ème} siècle, a défini conventionnellement une longitude zéro correspondant au passage du méridien central à 12h00 TU le 1er janvier 1854. Ce méridien d'origine sert de référence pour déterminer les longitudes des formations visibles sur le disque solaire. Il a ensuite numéroté les retours de ce méridien en considérant une durée de rotation de 27,2753 correspondant approximativement à celle des taches de latitude 18° , et en prenant comme n°1 commençant le 9 novembre 1853.

On trouve ainsi ces valeurs dans les éphémérides:

- L_0 : la longitude héliographique du centre du disque solaire.
- C : le numéro de rotation synodique depuis le 9 novembre 1853.

Les éphémérides (qui sont indispensables à tout astronome amateur sérieux) donnent pour chaque jour à 0h la longitude héliographique du méridien central (L_0).

Il est simple de déterminer les coordonnées sur le Soleil lorsque le point Nord est repéré sur le bord du disque. (Voir le chapitre consacré aux photos et dessins du disque entier). Il est ensuite possible de déterminer les coordonnées de n'importe quelle formation à la surface du Soleil. Il suffit dans la plupart des cas d'une précision de l'ordre de 1° .

Afin de faciliter ce travail, une série de gabarits est fournie en annexe. Leur diamètre est de 114 mm, soit 1° par mm au centre du disque, et ils sont gradués par tranches de 10° pour montrer l'aspect du système pour toute variation de B_0 de zéro à plus ou moins sept degrés (en retournant), c'est-à-dire pour toute l'année.

En plaçant la bonne grille (en fonction de la valeur calculée de B_0 pour la date) sur le dessin ou la photo au format de 114 mm, il est possible de lire directement les coordonnées héliographiques des formations étudiées. Si l'orientation N-S géographique et, dans le cas de dessins, la position des formations est reportée avec soin, il est possible de les situer avec une précision de l'ordre de 1° . Avec les grilles fournies, la longitude est lue par rapport au méridien central. On trouve ensuite l'écart entre ce dernier et la longitude solaire vraie.

Il est bien sûr possible de calculer les coordonnées héliographiques à partir de n'importe quel diamètre. Les gabarits ne sont donnés que pour permettre une évaluation rapide de la position des formations étudiées.

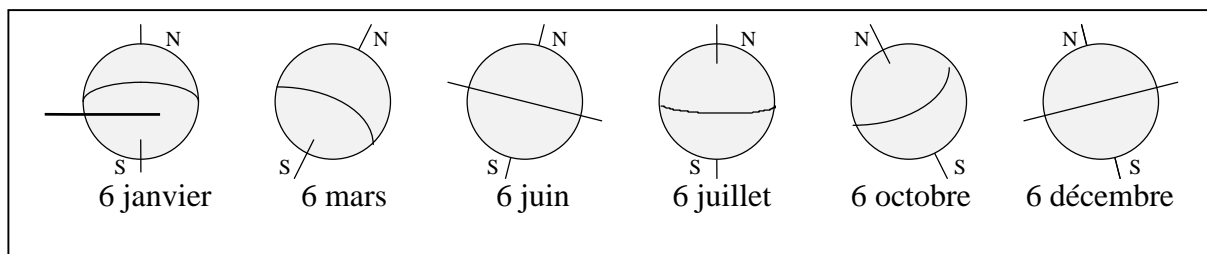
Dans les publications professionnelles, il est courant de ne mentionner que la date et l'heure. Mais l'analyse détaillée des centres actifs et de leurs mouvements propres nécessite la détermination mathématique rigoureuse des coordonnées héliographiques.

Pour plus de précisions, on pourra consulter la bibliographie suivante :

- * Audejean et Courdurié, PULSAR N° 674 de septembre-octobre 1989 et N° 676 de janvier et février 1990.
- * Duffet-Smith, PRACTICAL ASTRONOMY WITH YOUR CALCULATOR, Cambridge University Press, 1985.
- * EPHEMERIDES ASTRONOMIQUES, Ed Gauthier Villars, édition annuelle.
- * Meeus, ASTRONOMICAL FORMULAE FOR CALCULATORS, Willmann Bell, 1985.

MANUEL D'OBSERVATION DES PHENOMENES SOLAIRES EN LUMIERE BLANCHE

* SAP, LE GUIDE DE L'OBSERVATEUR, volume 1, 1987.



DATES	Inclinaison de l'axe des pôles	Latitude du centre	DATES	Inclinaison de l'axe des pôles	Latitude du centre	DATES	Inclinaison de l'axe des pôles	Latitude du centre
1/1	+ 2 °	- 3 °	11/5	- 22 °	- 3 °	18/9	+ 25 °	+ 7 °
11/1	- 3 °	- 4 °	21/5	- 19 °	- 2 °	28/9	+ 26 °	+ 7 °
21/1	- 8 °	- 5 °	31/5	- 16 °	- 1 °	8/10	+ 27 °	+ 6 °
31/1	- 12 °	- 6 °	10/6	- 12 °	+ 1 °	18/10	+ 26 °	+ 5 °
10/2	- 16 °	- 7 °	20/6	- 7 °	+ 2 °	28/10	+ 25 °	+ 5 °
20/2	- 19 °	- 7 °	30/6	- 3 °	+ 3 °	7/11	+ 23 °	+ 3 °
2/3	- 22 °	- 7 °	10/7	+ 2 °	+ 4 °	17/11	+ 21 °	+ 2 °
12/3	- 24 °	- 7 °	20/7	+ 6 °	+ 5 °	27/11	+ 17 °	+ 1 °
22/3	- 26 °	- 7 °	30/7	+ 10 °	+ 6 °	7/12	+ 13 °	0 °
1/4	- 26 °	- 6 °	9/8	+ 14 °	+ 6 °	17/12	+ 9 °	- 1 °
11/4	- 26 °	- 6 °	19/8	+ 18 °	+ 7 °	27/12	+ 4 °	- 3 °
21/4	- 26 °	- 5 °	29/8	+ 21 °	+ 7 °	31/12	+ 2 °	- 3 °
1/5	- 24 °	- 4 °	8/9	+ 23 °	+ 7 °			

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.