

Programme d'Observation H-alpha

Sommaire

- Introduction
 - Qualité de l'image
 - Orientation de l'image solaire
 - Programmes d'observations
 - Foyers de protubérances
 - Nombres de protubérances Rp
 - Par hémisphère solaire
 - Par zone
 - Par grandeur
 - Hauteur
 - Superficie
 - Filaments
 - Classification
 - Détermination des latitudes
 - Eruptions solaires
 - Caractéristiques primaires des flares
 - Caractéristiques secondaires des flares
 - Rapport d'observation
 - Références

 - Annexe 1 : Oculaire réticulé
 - Annexe 2 : Directives spéciales du groupe de travail belge sur le Soleil (5 novembre 2005)
-

Introduction

Depuis que [Coronado](#) a mis sur le marché des filtres H-alpha et des télescopes relativement bon marché, de plus en plus d'observateurs solaires amateurs disposent de leur propre instrument en H-alpha. Cette tendance se remarque également à l'intérieur du [groupe de travail belge sur le Soleil](#) membre de [l'Association belge d'Astronomie](#) (VVS).

La nécessité d'un programme d'observation s'imposait. D'une part il était souhaitable que tout observateur disposant d'un instrument H-alpha puisse facilement participer à ce programme. D'autre part, il fallait que le programme soit suffisamment flexible pour permettre des adaptations et des développements. Puisque ces observations devront être comparables à celles d'autres groupes de travaux internationaux, il est souhaitable d'employer les mêmes critères d'observations. Il nous serait agréable d'apporter notre contribution à l'astronomie solaire professionnelle.

Il semble alors évident de développer un programme d'observation similaire à celui de l'observation en lumière blanche. La base dans ce programme est la détermination du nombre de Wolf et il existe un programme avancé pour déterminer les nombres de Wolf hémisphériques, les nombres de Beck, la "Classification value" (la valeur de classification), la position des groupes de taches solaires et les nombres de facules polaires.

Dans la transposition du programme cité précédemment vers le H-alpha, nous pourrions admettre comme base le comptage des foyers de protubérances. Un programme plus approfondi pourrait subdiviser le nombre de protubérances hémisphériques et/ou par zones (polaire ou principale),

déterminer le nombre de protubérances, classer les protubérances par grandeur, les classer d'après Zirin, et déterminer les latitudes. Une éventuelle contribution à la communauté professionnelle pourrait se créer par la détermination de la classification visuelle et d'autres caractéristiques des éruptions solaires, en complément des observations dans le domaine des rayons X.

Il est évident que, comme pour les observations en lumière blanche, certains observateurs pourraient se spécialiser. Ici on pense plus particulièrement à la photographie à très haute résolution et même à la vidéo des divers *phénomènes* solaires et l'étude des facules et filaments chromosphériques. Provisoirement ces sujets ne sont pas pris en considération.

Les paragraphes suivants traitent de façon détaillée l'observation et les différents critères qui accompagnent l'observation des divers phénomènes chromosphériques.

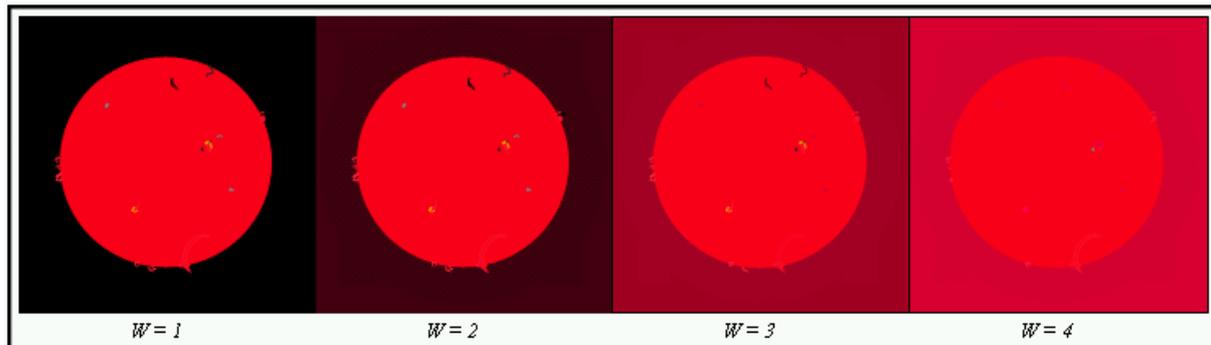
Qualité d'image

Avant de commencer l'observation il est indispensable d'avoir une idée précise de la situation atmosphérique. D'une part il y a le paramètre Q du seeing. Celui-ci est la mesure d'agitation atmosphérique utilisée durant les observations visuelles de la photosphère. Elle est aussi employée par le [SIDC](#) avec une échelle au pas de 0,5. Dans la pratique la valeur Q déduite des observations visuelles en lumière blanche est aussi appliquée aux observations en H-alpha. Même lorsqu'il n'y pas d'observations de la photosphère, on peut faire usage des même données, par lesquelles on pourra comparer la netteté de la trame chromosphérique et les spicules (bords chromosphériques). Voir le tableau suivant :

Q	Description lumière blanche	Description H-alpha
5	Image pratiquement parfaite. La granulation est bien visible sur tout le disque solaire. Il n'y a pas de vibrations sur le limbe. La structure fine dans la pénombre est facilement observable.	Image pratiquement parfaite. Les détails de la trame chromosphérique sont bien visibles sur tout le disque solaire. Pas de vibrations sur le limbe. Même les spicules les plus fins sont visibles sur le limbe. La structure fine des filaments est facilement observable.
4	Les petits groupes et les facules sont visibles. La granulation est très bien visible.	Les très petits détails dans les filaments et les facules chromosphériques sont visibles sur tout le globe solaire. La trame chromosphérique est très visible. Le limbe bouge légèrement.
3	Les petites taches sont visibles La forme de la pénombre est visible. Les grandes facules sont bien visibles.	La trame chromosphérique est visible sur tout le globe solaire. Les spicules et les plus petits filaments sont visibles. La forme des facules chromosphériques est visible. Le limbe vibre, mais ceci est à peine perceptible dans l'ombre.
2	Seules les grandes taches sont observables. L'ombre ainsi que la pénombre sont visibles.	Seuls les grands filaments sont observables. La trame chromosphérique est invisible. Les facules chromosphériques se fondent dans l'arrière-plan chromosphérique. Le limbe bouge beaucoup et ce mouvement est perceptible dans l'ombre des taches solaires.
1	Seules les grandes taches sont observables. La pénombre n'est pas visible, uniquement l'ombre.	Seuls les filaments les plus grands et les plus sombres sont observables. L'ombre des taches solaires n'est pas visible. L'image est entièrement parcourue par des ondulations.

Lors de l'observation des protubérances la transparence de l'air joue un rôle. En cas de mauvaise transparence (ex. légère brume) l'image dans l'oculaire se colore en rouge, ce qui rend l'observation de petites protubérances et les détails dans les protubérances très difficile.

Une échelle de transparence W a été introduite en 1968 par B. WEDEL [1] dont il faut faire usage lorsqu'on fait ce genre d'observations. Voir la figure et le tableau suivants :

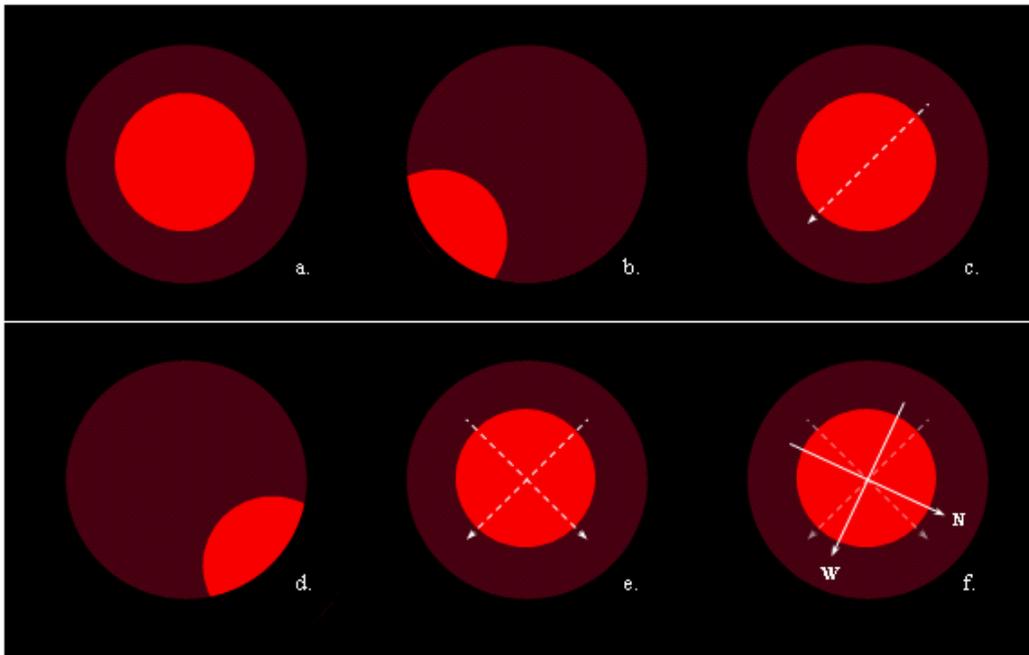


W	Description
1	Le fond du ciel est très sombre, les protubérances peuvent être très clairement distinguées.
2	Le fond du ciel est sombre, les protubérances peuvent être clairement distinguées.
3	Le fond du ciel est assez clair, mais les protubérances sont encore bien visibles.
4	Le fond du ciel est lumineux, les protubérances sont à peine perceptibles

Dans la pratique Q oscille autour de 3 et W autour de 2,5. Les observations avec Q inférieur à 2 et W égal à 4 sont à éliminer. Les observations avec Q égal à 5 et W égal à 1 sont exceptionnelles, à moins que l'on observe à de très hautes altitudes. Les moments avec le meilleur seeing/transparence varient en fonction de la localisation, des saisons et naturellement des conditions atmosphériques.

Orientation de l'image solaire

L'orientation de l'image solaire s'effectue de la même façon que pour les observations de la photosphère [2]. Voir la figure jointe.



a. Centrer le Soleil dans le champ de l'image. Choisir un oculaire qui permet de visualiser le Soleil en entier dans le champ de l'image.

b. Ne pas bouger le télescope (couper les moteurs). Puisque le Soleil semble se mouvoir de l'est vers l'ouest, il ne restera pas longtemps au centre de l'image, mais se déplacera lentement à travers le champ de l'image.

c. La ligne selon laquelle le Soleil se déplace peut être mémorisée et tracée sur le centre du globe solaire. Si la position d'éventuelles taches solaires est connue avec précision, on peut s'en servir comme références supplémentaires. Le limbe de référence (celui qui disparaît le premier de l'image) est le limbe Ouest. Par suite de la rotation de la Terre et du Soleil, ainsi que le mouvement de la Terre autour du Soleil, les nouveaux filaments et les nouvelles protubérances apparaîtront d'abord sur le limbe Est.

Après deux semaines (une demi-rotation solaire) ils disparaîtront sur le limbe Ouest.

d. La ligne est/ouest partage la moitié solaire visible en deux parties : les hémisphères nord et sud. Pour savoir quel est l'hémisphère sud, on place à nouveau le Soleil au centre de l'image. Déplacer l'avant du télescope lentement vers le bas. La partie du Soleil qui reste le plus longtemps dans l'image est l'hémisphère sud et l'hémisphère nord disparaît de l'image en premier.

e. En traçant une perpendiculaire sur la ligne est/ouest à travers le centre du globe solaire on définit l'axe nord/sud du Soleil. Les lignes est/ouest et l'axe nord/sud sont perpendiculaires. Il s'agit de lignes imaginaires, puisque...

f. L'axe de rotation du Soleil, comme celui de la Terre, est oblique par rapport au plan décrit par le mouvement de la Terre autour du Soleil. De ce fait, l'axe réel du Soleil forme un angle avec l'axe apparent nord/sud, qui en outre change au cours de l'année. Cet angle se nomme l'angle P et varie de -27° à $+27^\circ$. L'angle est compté positif partant du nord vers l'est. La valeur journalière peut être trouvée dans le calendrier du Soleil de VVS, sur le site web BASS2000, ou être calculé (voir « calculs des paramètres solaires » pour les formules nécessaires). Pour l'orientation de l'image solaire une précision de l'ordre de 1° suffit amplement. Dans l'exemple on a exécuté une correction de $+20^\circ$.

Par suite de la rotation de la Terre, les positions des lignes est/ouest et nord/sud changent durant la journée. De ce fait il faudra déterminer ces 2 lignes à chaque nouvelle observation. L'usage d'un oculaire réticulé augmente considérablement la précision. Il faut toujours faire attention à ne pas intervertir fortuitement le nord avec le sud, surtout si on utilise un autre télescope (pour l'observation des taches solaires par exemple) où le nord et le sud peuvent être inversés selon la configuration optique.

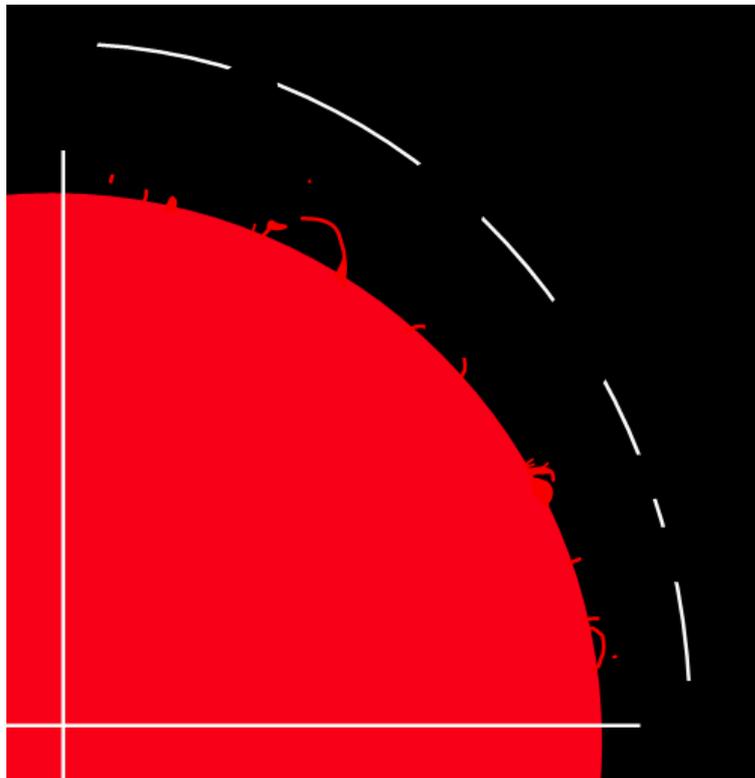
Programmes d'observations

Foyer de Protubérances					
Nombres de protubérances	Hémisphère solaire	Zone	Classification	Grandeur	Latitude
Hauteur		Superficie		Filaments	
Eruptions Solaires					

Foyer de protubérances

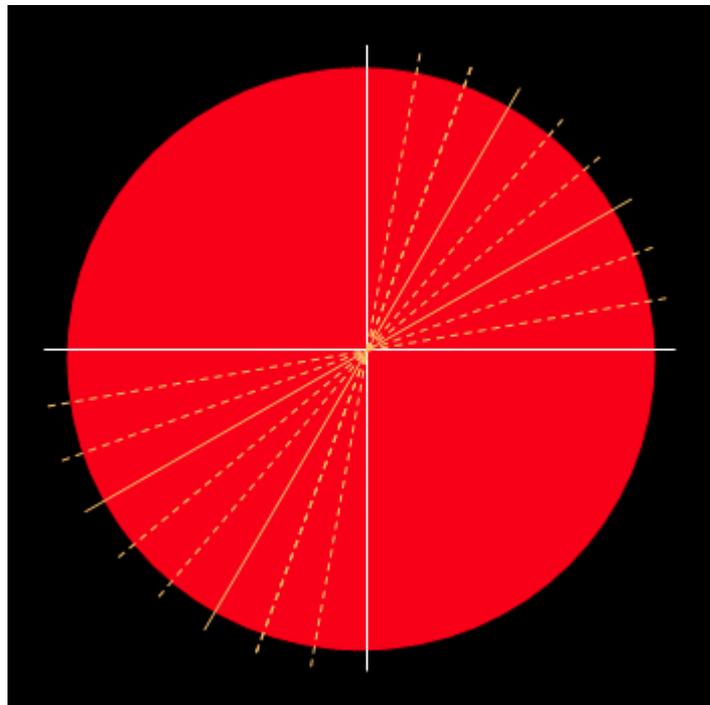
Les protubérances comme les taches solaires sont groupées. Le programme d'observation le plus simple se contente de compter le nombre de groupes de protubérances. Ces groupes sont aussi appelés foyer (d'après l'allemand "herde").

Les protubérances forment un groupe lorsqu'elles se trouvent à 5° ou moins de distance l'une de l'autre. Si les protubérances sont plus éloignées les unes des autres, elles peuvent être groupées si elles semblent avoir un lien physique entre elles. Ces "règles" sont déduites de 2 figures en provenance du groupe de travail allemand "SONNE"[3] et [4]. Voir la figure ci dessous pour les exemples. Le "[British Astronomical Association](#)" semble se servir de ces paramètres pour déterminer l'activité des protubérances (PMDF = Prominence Mean Daily Frequency) tandis que les Allemands de "[Sonne](#)" les utilisent comme base pour ses " *nombres de protubérances*" Rp.

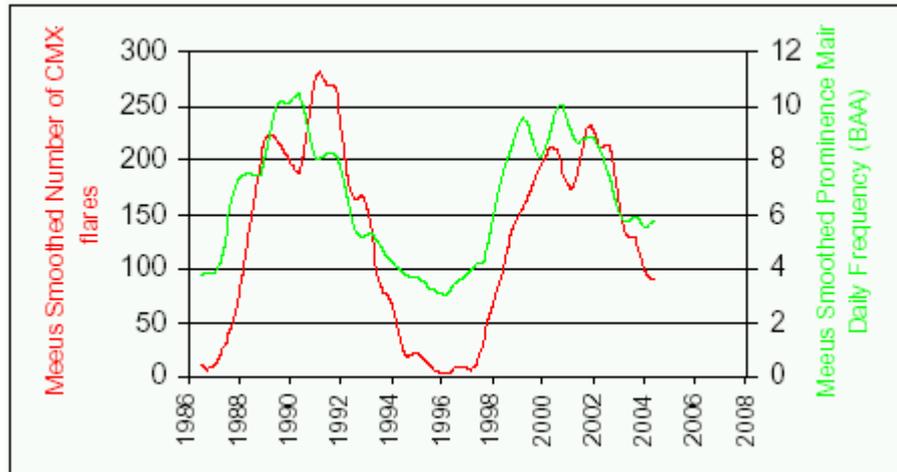


Dans la figure ci-dessus, 6 foyers de protubérances sont visibles. La deuxième protubérance de droite se trouve à 6° de la première et à 7° de la troisième. Comme elle ne semble pas avoir de lien physique avec ses voisines, elle est considérée comme une protubérance à part. Pour la protubérance N°4 ce lien semble exister. Bien que les deux extrémités se trouvent séparées de 8° , elles sont considérées comme une protubérance. Un exemple plus précis est la protubérance N°5, où les extrémités sont encore plus éloignées, mais le lien physique est plus frappant (les deux parties de la protubérance se touchent presque). Dans le foyer N°6 les protubérances se situent respectivement à 3° et 4° l'une de l'autre, donc elles forment un seul groupe. Une protubérance qui est détachée du limbe est considérée comme une protubérance à part entière.

La figure ci-dessous donne une idée de ce qu'est le partage du limbe solaire en secteurs de 10° . 5° est une petite distance (un quart de la circonférence divisé par 18). On suppose qu'établir visuellement une telle subdivision est possible avec un peu d'exercice. Pour cela, un oculaire réticulé sera d'une grande utilité.



Compter les groupes de protubérances conduit à des conclusions fortes intéressantes. Selon les observations de la «[British Astronomical Association](#)» (PMDF) il ressort que le maximum PMDF et l'évolution durant ce maximum précède de 1 à 2 ans l'évolution de l'activité flare. Aussi il s'avère que pendant le minimum du cycle il y a toujours quelques protubérances visibles. Grosso modo le rapport cycle minimum/cycle maximum s'élève, en ce qui concerne les éruptions solaires, de 1 à 30, pour le nombre de Wolf R de 1 à 15 et pour le PMDF de 1 à 3.



Nombre de Protubérances

Une extension possible du programme de base consiste à déterminer le nombre de protubérances R_p . Il a été créé par analogie avec le nombre de Wolf R . Pour la détermination de R on compte le nombre de groupes de taches solaires "g" et le nombre de taches solaires individuelles "f". Pour le R_p on compte les foyers de protubérances "H" et les structures individuelles "e" (de l'allemand «*einzel*»). Les formules sont identiques. Pour le nombre de Wolf c'est $R = 10 \cdot g + f$ et pour le nombre de protubérances c'est $R_p = 10 \cdot H + e$.

Bien que dans la littérature nous n'ayons pas trouvé de restrictions pour les protubérances en ce qui concerne leur grandeur et leur durée, nous ne pouvons pas confondre protubérances et spicules. Ces derniers sont des structures en mouvement montantes et descendantes, filiformes, d'une largeur de 500 km, qui ont une existence d'une dizaine de minutes et peuvent atteindre [5] [6] [7] des hauteurs entre 3 000 et 9 000 km.

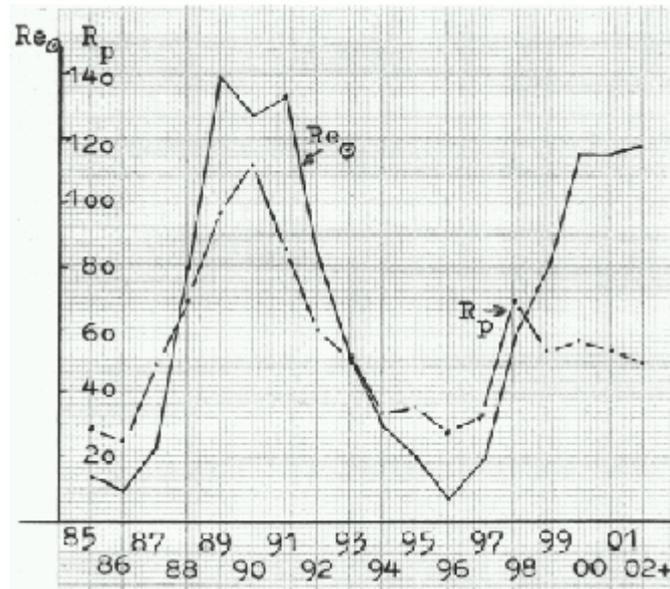
Ils sont causés par des vibrations à la surface solaire ([Bart De Pontieu](#) [28]). Vu leur hauteur (1 % du rayon solaire) il nous semble indiqué de ne pas compter des protubérances qui sont plus petites que 1 % du rayon solaire. Dans la pratique cela signifie qu'une petite structure est considérée comme une protubérance si elle se trouve clairement et au minimum durant 15 minutes au-dessus du limbe solaire.

Il n'y pas de limite en ce qui concerne le type de protubérances. Les protubérances qui sont détachées du limbe solaire entrent aussi en ligne de compte. On ne tient pas compte dans les protubérances des excroissances, des volutes, des parties plus brillantes.

Dans l'exemple ci-dessus, il y avait 6 foyers de protubérances avec respectivement 3,1,4,2,4 et 3 (= 17 au total) structures individuelles. Le nombre de protubérances est dans ce cas

$$R_p = 6 \cdot 10 + 17 = 77.$$

Le calcul du nombre de protubérances est développé par Völker en 1970. Mais curieusement ce système est uniquement utilisé en Allemagne par le groupe de travail "Sonne". La figure ci-dessous donne une idée de l'évolution de R_p durant les deux derniers cycles solaires [8].



© Stetter H., Sonne 105

Par Hémisphère Solaire

Puisque l'activité solaire (nombre de Wolf, éruptions solaires) évolue différemment par hémisphère solaire, il est tout indiqué de faire la même subdivision pour les foyers de protubérances et le Rp.

La méthode pour diviser le Soleil en hémisphère nord et sud a déjà été exposée dans l'orientation de l'image solaire. La détermination du nombre de foyers et du nombre de protubérances se passe comme décrit plus haut. Les nombres sont pourvus d'un indice "N" et "S" pour indiquer à quel hémisphère ils sont appliqués. En principe, il s'agit de H_N , H_S , R_{pN} , R_{pS} , ainsi il va de soi que

$$H = H_N + H_S \text{ et } R_p = R_{pN} + R_{pS}$$

Par zone

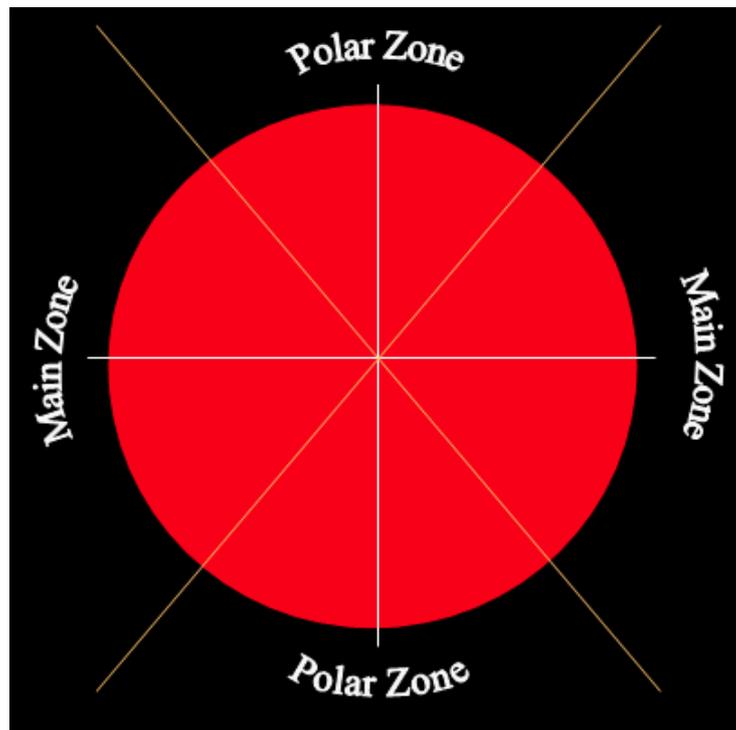
A l'opposé des groupes de taches solaires, qui dépassent rarement la latitude de 40° , les protubérances peuvent apparaître à des latitudes supérieures. Suivant "Sonne" l'évolution des protubérances polaires est sérieusement différente de celles de la zone principale [9] [10].

- Les protubérances de la zone principale suivent très bien la progression de l'activité du nombre de Wolf, mais elles apparaissent une dizaine de degrés plus éloignées de l'équateur solaire et leur minimum retombe environ un an avant celui du nombre de Wolf.

- Les protubérances de la zone polaire apparaissent deux ans avant le minimum des taches solaires, ensuite leur activité augmente et elles se déplacent en direction du pôle [11]. Les protubérances polaires atteignent leur maximum environ deux ans avant R_{max} , pour ensuite disparaître. La fin de cette période va de pair avec le changement de la polarité magnétique aux pôles solaires pendant le maximum solaire [12].

- Il peut y avoir des différences importantes (asymétries) entre les zones hémisphériques Nord et Sud

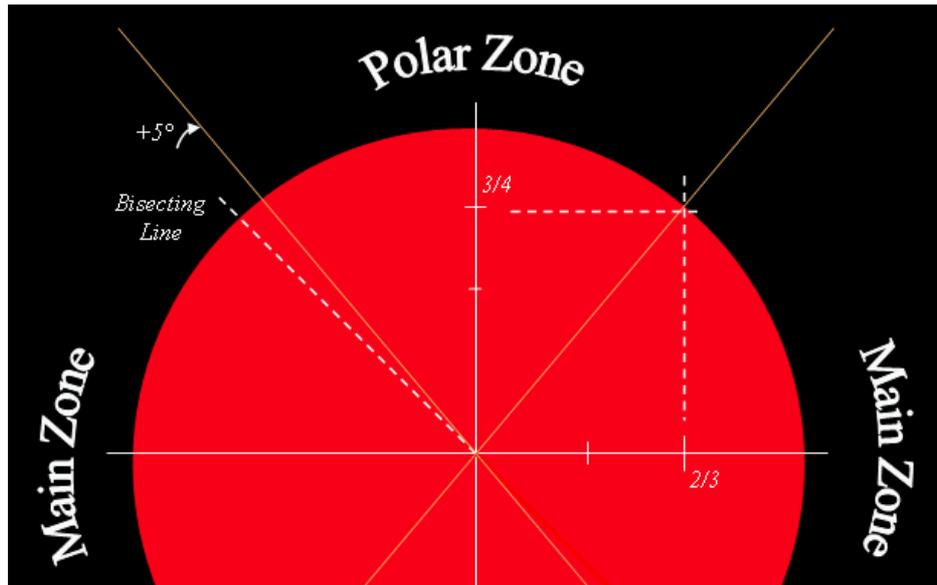
Il y a donc une subdivision entre zone polaire et zone principale. Malheureusement, cela devient un peu plus compliqué parce qu'il n'existe aucune unanimité en ce qui concerne la frontière entre les deux zones. "Sonne" utilise comme frontière une latitude de 50° , tandis que "[The Astronomer](#)" et [BAA](#) utilisent 40° . La différence se situe probablement dans l'interprétation de "zone principale". Lorsqu'il s'agit uniquement de taches solaires, la zone entre $+40^\circ$ et -40° peut être considérée comme zone principale, puisque dans les trois derniers cycles solaires uniquement une trentaine de groupes (sur presque 11 000 !) sont apparus dans des latitudes supérieures. D'autre part, il y a certainement des taches qui apparaissent au delà de 40° et les champs de facules viennent, en précurseurs de groupes de taches solaires, jusqu'à la latitude de 55° (au-dessus apparaissent les facules polaires) [13]. Vu les liens physiques déjà cités, une subdivision à 50° est acceptable. En cas d'hésitation (une protubérance qui se situe entre $+45^\circ$ et $+55^\circ$) peut être considérée comme appartenant à la zone polaire.



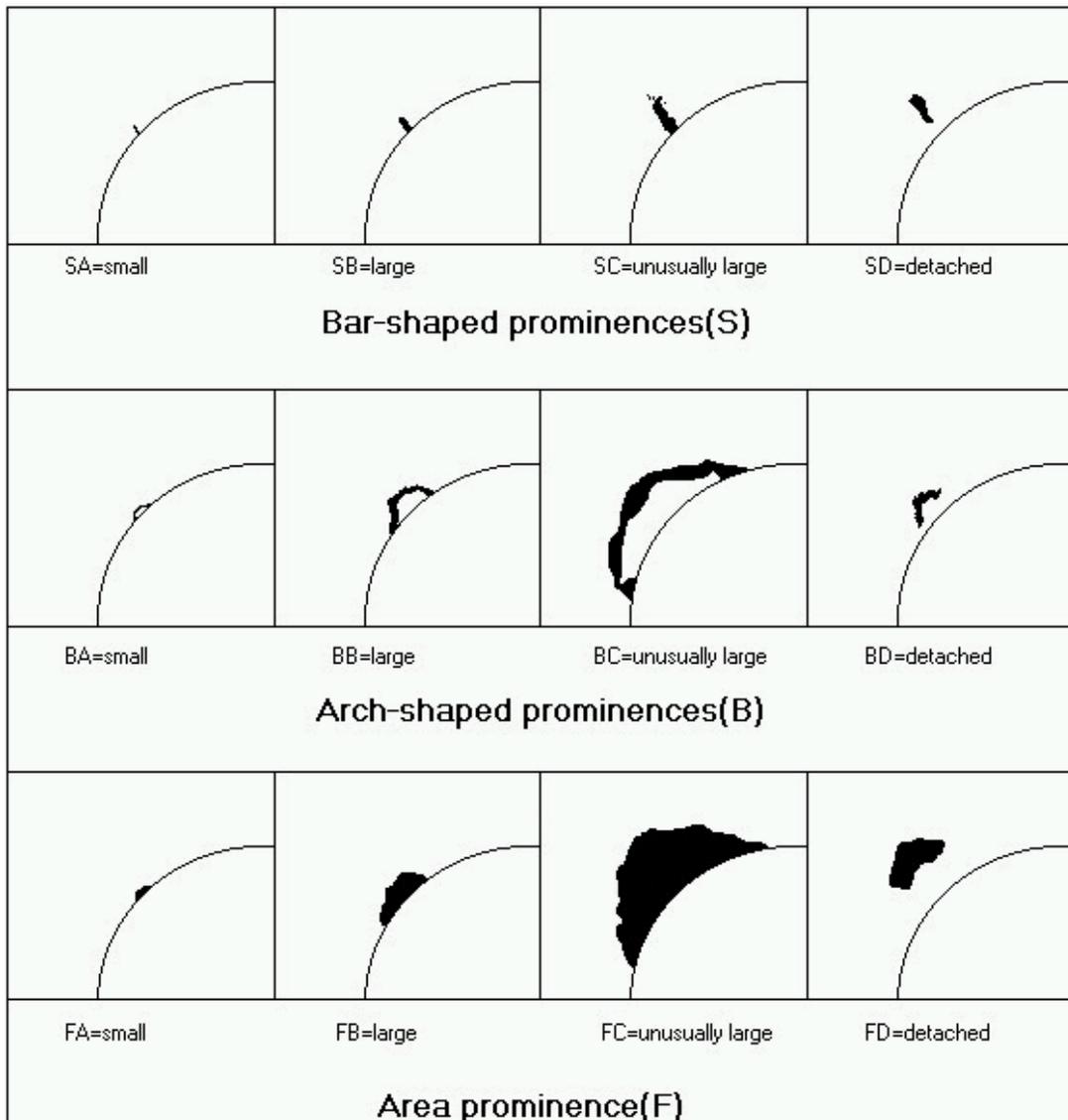
Pour la détermination visuelle de ces zones on procède d'abord à la subdivision par hémisphère comme décrit plus haut. Pour délimiter les deux zones, on peut raisonner de la façon suivante :

- On détermine la ligne entre la ligne réelle est/ouest et l'axe nord/sud qui coupe le quadrant en deux. La soit disant "bissectrice" fait un angle de 45° par rapport à la ligne est/ouest. Il suffit d'ajouter 5° (vers les pôles) pour délimiter les deux zones.
- 50° correspond à environ trois quarts du rayon solaire sur l'axe nord/sud et deux tiers sur le rayon solaire sur la ligne est/ouest. Le point d'intersection sur le limbe du Soleil donne la latitude de 50° .

Les figures ci dessous montrent la subdivision par zone et illustrent en même temps la méthode pour délimiter visuellement les zones.



Classification

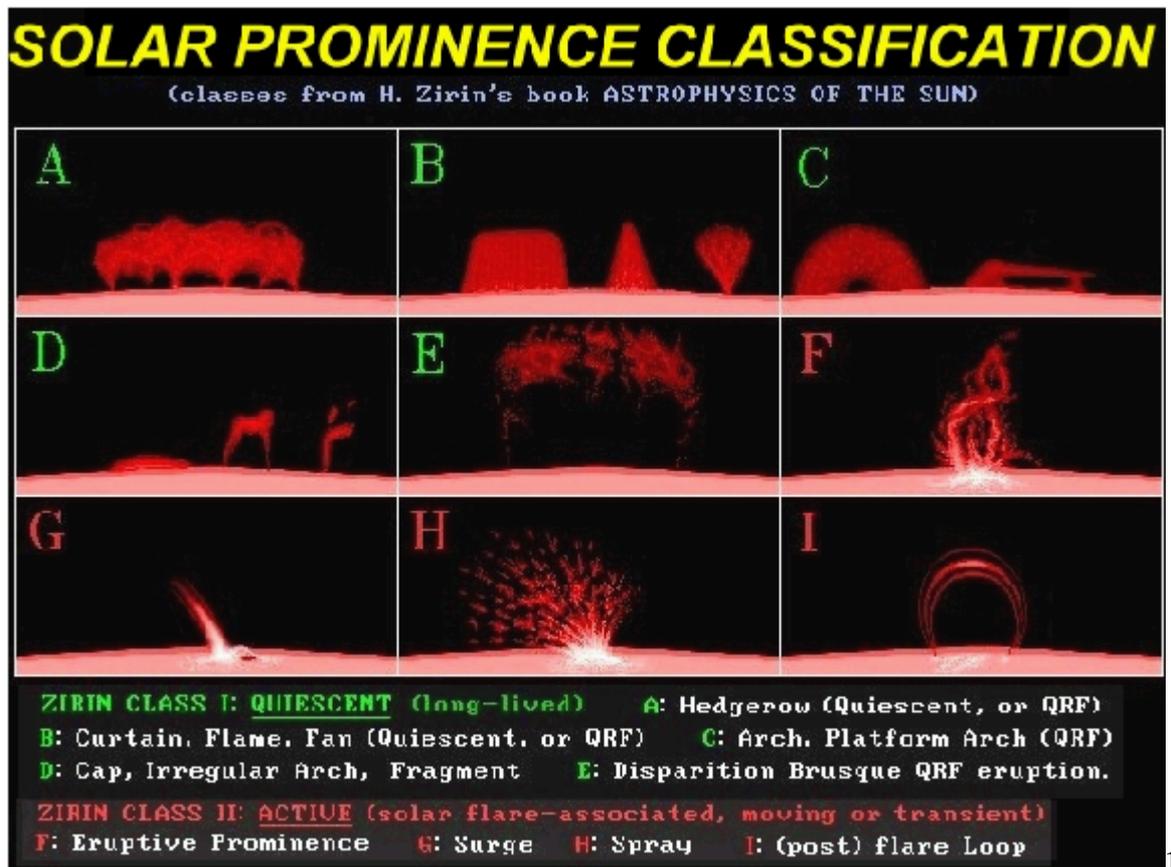


Il existe deux grands schémas de classification.

Le premier est introduit par Völker en 1969. Il fait la différence entre les protubérances individuelles sur la base de la hauteur (petite, grande et anormalement grande), l'aspect : barre (bar-shaped prominence), arche (arch-shaped prominence) ou forme massive (area prominence) et si la structure est détachée ou non du limbe solaire [14]. Une vue générale est donnée par la figure ci-dessous qui provient du site d'[Anthony & Christopher Seal](#).

Le problème de cette classification est qu'elle doit être adaptée à chaque structure individuelle à l'intérieur d'un groupe de protubérances. Cela prend beaucoup de temps et l'utilité peut être mise en doute sauf pour la hauteur. Il est frappant qu'il n'existe aucun rapport concernant cette classification, même pas chez "Sonne".

Le deuxième schéma est basé sur la classification de Zirin [15]. Ici on fait la différence entre des protubérances tranquilles ("quiescent") et actives, nommées respectivement QRF et ARF. Les QRF sont subdivisées en 5 types (A à E) et les ARF en 4 types (F à I). Ce sont surtout les ARF et les QRF type E qui sont importants puisque de la matière peut être éjectée dans l'espace. En particulier si ces nuages de particules sont éjectés du côté ouest du Soleil, ils pourraient avoir un effet géomagnétique important. La figure ci-dessous provient du site de [David Knisely](#).



© [David Knisely](#)

Cette classification a l'avantage de pouvoir être appliquée uniquement au groupe complet des protubérances. En outre elle a un lien physique réel avec l'activité chromosphérique. Il est regrettable que pour cette classification il n'y ait pas de rapports disponibles.

D'après la Grandeur

Les protubérances peuvent aussi être subdivisées en fonction de leur grandeur. Cela peut se faire de trois façons différentes, en fonction de la hauteur qu'elles peuvent atteindre, de leur superficie et de la longueur des filaments correspondants.

a. Hauteur

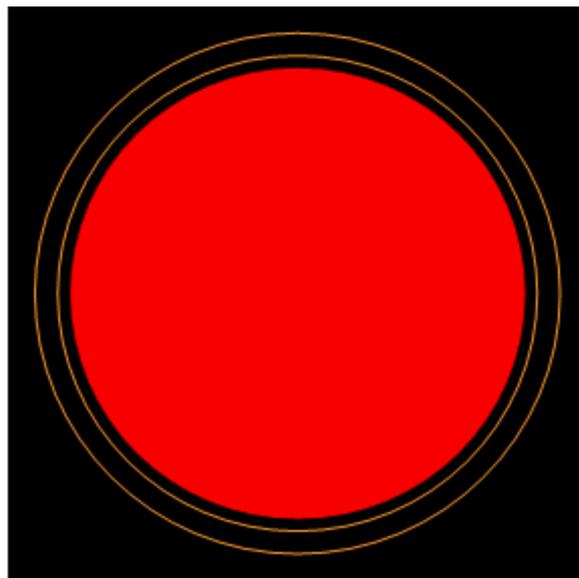
En fait, il s'agit ici d'une détermination de grandeur suivant le système de Völker. Sans tenir compte du type, le foyer des protubérances est réparti en "petit" ("s" small), grand ("l" large) et anormalement grand ("xl" extra-large). Ceci correspond avec les hauteurs dépassant le limbe solaire respectivement (exprimé en rayon du Soleil R_{sun}) :

$$- h_s \leq 1,05 \cdot R_{\text{sun}}$$

$$- 1,05 \cdot R_{\text{sun}} < h_l \leq 1,15 \cdot R_{\text{sun}}$$

$$- h_{xl} > 1,15 \cdot R_{\text{sun}}$$

La figure-ci dessous donne une idée de la hauteur que les protubérances doivent avoir pour appartenir à l'une des trois classes citées ci dessus.



D'après Zirin [16] il y a une éruption de chaque type de protubérance (dans un laps de temps de 48 heures) si sa hauteur dépasse 50 000 km, correspondant à $1,07 \cdot R_{\text{sun}}$

b. Superficie

Les astronomes professionnels ([Catania](#)) utilisent le " Profil Protubérance Superficie " (prominence Profile Area : PPA) pour suivre l'activité des protubérances [17]. Sur une photo H-alpha, le limbe du Soleil est partagé en 360 petits secteurs de 1° . On compte le nombre de secondes d'arc au-dessus de chaque région de 1° où se trouve une protubérance. Puis, toutes les régions sont additionnées. Ceci est évidemment une opération qui prend du temps.

Völker a développé une alternative [18]. La méthode est analogue à la détermination des facules ou des groupes de taches solaires. Un papier millimétré transparent est placé au-dessus de la photo et on compte le nombre de mm^2 complètement remplis par les protubérances. L'addition donne

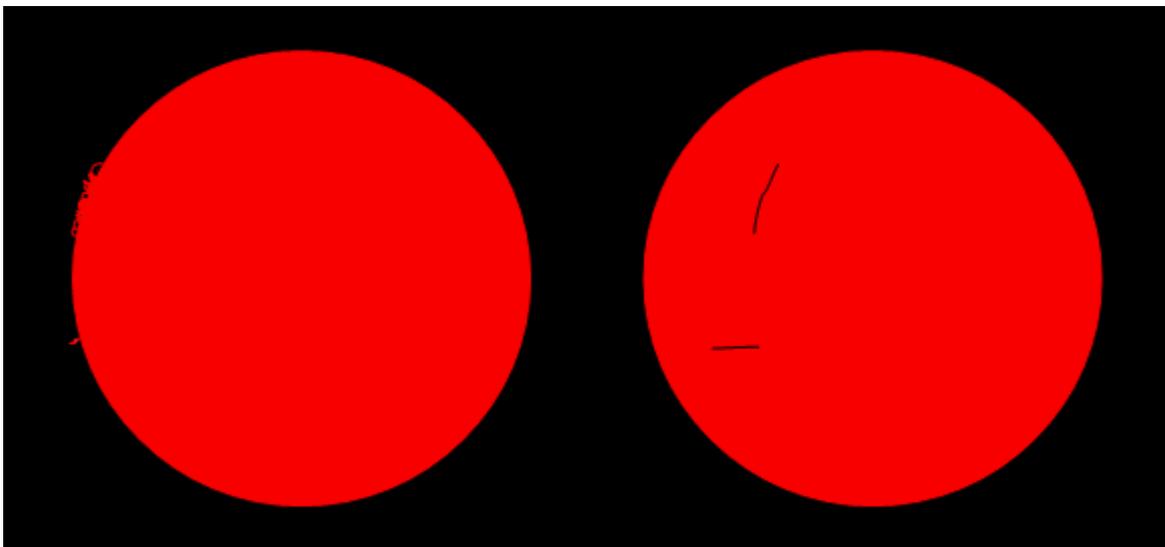
la superficie A. On doit, bien sûr, faire attention que ce calcul soit toujours fait avec le même diamètre solaire. Puisque ce dernier change au cours de l'année (mouvement de la Terre autour du Soleil) il sera nécessaire d'appliquer un facteur de correction. La précision de la méthode (et aussi l'ampleur de la tâche) augmente avec la grandeur de l'image solaire qui devra avoir un diamètre minimum de 15 cm.

Une dernière méthode est appliquée par "[The Astronomer](#)"[19] et consiste en un partage du limbe solaire en région de 5° . Chaque région dans laquelle se trouve une protubérance, reçoit la valeur "1". A la fin toutes les régions sont additionnées. Toutes les protubérances ne sont pas comptées. Par exemple, si une région (de 5°) est couverte par une grande protubérance en forme d'arc, cette région n'est pas prise en compte. Les protubérances doivent être "attachées" au limbe. Elles ne peuvent pas appartenir au type Völker "détaché". Les protubérances provenant d'éruptions brèves ne sont pas comptées. D'un point de vue purement visuel, cette méthode ne semble pas être d'une très grande précision. A l'aide d'une photo (ou éventuellement d'un oculaire réticulé), on pourrait effectuer le comptage plus rapidement.

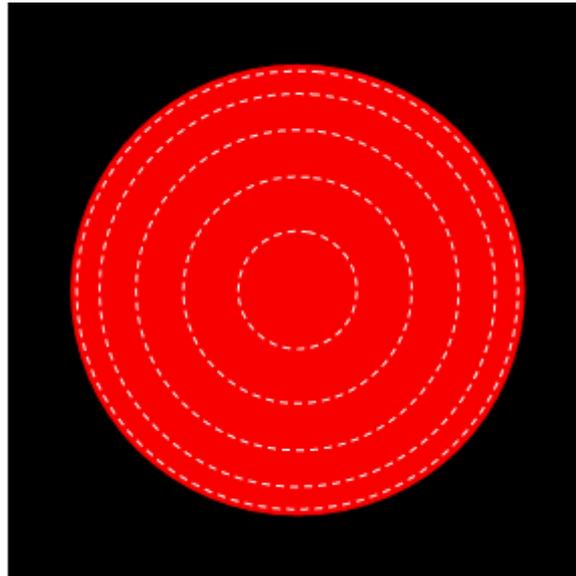
Une étude [20] de protubérances tranquilles (QRF) a démontré qu'il existe une bonne corrélation (96 %) entre le nombre de protubérances R_p déterminé par "Sonne" et le "Protubérances Profil Superficie" (Prominence Profile Area : PPA) déterminé par Catania : 96% !

c. Longueur des filaments

Selon [21] les filaments dont la longueur dépasse 15° , ont une plus grande chance d'avoir un effet géomagnétique (lorsqu'ils explosent) que de plus petits filaments. L'observation des protubérances ne peut donner une réponse définitive en ce qui concerne leur longueur réelle, comme démontré dans le schéma ci dessous.

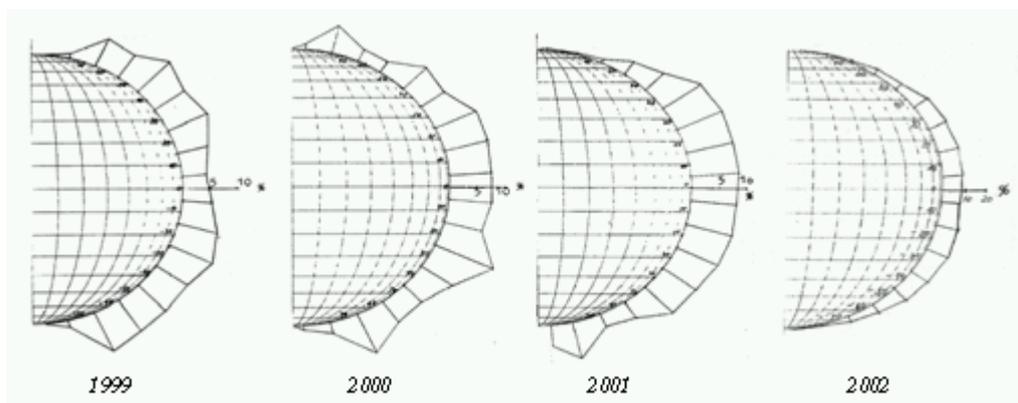


Il existe des programmes qui mesurent la longueur des protubérances tranquilles (QF non reliées à des taches solaires) mais ils prennent beaucoup de temps et nécessitent l'usage de photos. [22] Une alternative pourrait consister à estimer la longueur de chaque QF et les subdiviser en plus petits ou plus grands que la longueur de 15° . Lors de l'estimation de la longueur on doit tenir compte de la perspective. Les filaments le long du limbe solaire sont en réalité plus longs que leur apparence (exactement comme par exemple la longueur des groupes de taches solaires). La figure ci dessous peut être utile : elle montre des cercles avec des rayons respectivement de 15° , 30° , 45° , 60° et 75° .



Détermination de la latitude

La latitude de chaque foyer de protubérances peut être déterminée à l'aide d'un oculaire réticulé ou plus précisément à l'aide d'une photo. Quelques possibilités sont expliquées dans le "Solar Astronomy Handbook" [23]. Bien que toutes les déterminations demandent beaucoup de temps, les résultats donnent une image détaillée de l'évolution en nombre et en latitude des protubérances. La figure ci-dessous donne le nombre exprimé en pourcentage du nombre de protubérances en fonction de la position de la latitude pour les années 1999 à 2002. Les événements physiques au niveau des pôles (voir par zone) ressortent nettement mieux ici.



Eruptions solaires (flares)

Le programme d'observation des éruptions/flares solaires est en grande partie une traduction du programme créé par l'"Australian Space Weather Bureau ([IPS](#)) ; [24]) complété par des commentaires personnels. Un programme similaire est décrit dans [25]

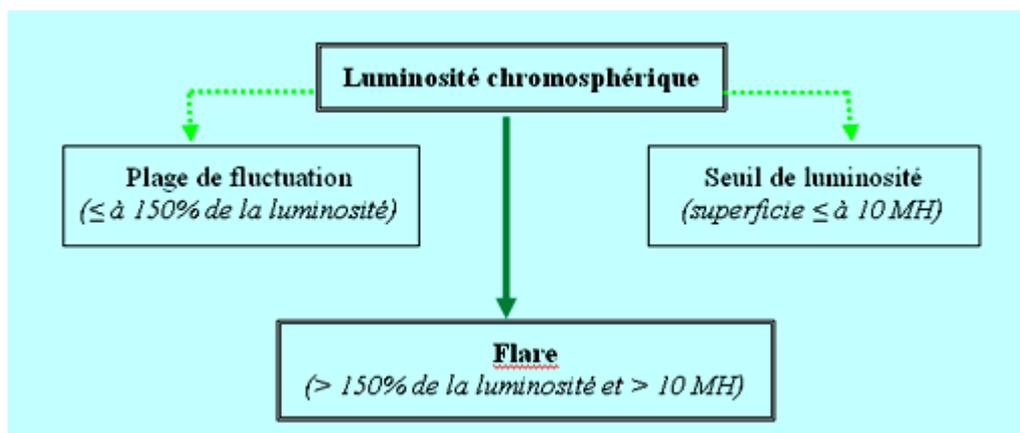
Les éruptions / flares solaires sont provoquées par l'éjection transitoire de matière dans la chromosphère. Leur durée varie entre quelques minutes et quelques heures. L'énergie libérée par un flare solaire peut s'élever jusqu'à 10^{25} joules (environ 10 milliards de bombes atomiques de 250 kilotonnes chacune). La plupart des flares sont uniquement visibles à l'aide de filtres ayant des bandes passantes très étroites et dans des raies spectrales bien déterminées. Néanmoins, les flares les plus brillants et les plus riches en énergie sont visibles en lumière blanche.

Ces *flares "de lumière blanche" (WLF)* sont très rares : une moyenne de 5 par cycle solaire. Un filtre à large bande dans la partie bleue du spectre (comme le Kodak Wratten # 47) augmente sérieusement la chance d'apercevoir ce type d'éruption. Au moment du maximum d'activité solaire un tel filtre peut permettre l'observation d'une douzaine de flares ou plus par an.

Normalement la raie spectrale de l'hydrogène-alpha, sur la longueur d'onde de 656,3 nm, est utilisée pour observer les protubérances éruptives. Pour cela on utilise couramment un filtre ayant une bande passante d'un quart à un demi-Angstrom (0,025 à 0,050 nm). Un filtre réglable est une aide précieuse pour suivre les mouvements chromosphériques qui vont de pair avec les éruptions solaires. La largeur spectrale du flare peut être employée pour déterminer la luminosité du flare, s'il n'y pas de photométrie exacte disponible.

Habituellement, ces éruptions se produisent dans le voisinage de zones *actives (groupes de taches solaires)* mais peuvent survenir loin des régions actives. Elles sont alors associées avec un grand filament sombre. Elles sont appelées "flares de Hyder".

Il y a deux aspects à une observation de flare, d'abord la détection du flare lui-même, suivi par la paramétrisation du flare. Bien que le flare soit défini comme une augmentation de luminosité transitoire dans la chromosphère, il existe des formes de luminosité chromosphériques qui ne sont pas classées comme flare. Ils sont liés à l'augmentation de la luminosité et à la superficie de la luminosité. Ce sont ces deux caractéristiques qui déterminent le flare.



Pour pouvoir être classé comme flare, il faut que la luminosité chromosphérique dépasse un seuil de superficie et un seuil de clarté/ luminosité.

Pour les observations en H-alpha le seuil de luminosité est de 150 % de la valeur du fond chromosphérique et le seuil de superficie/surface est de 10 millièmes de l'hémisphère visible.

Une luminosité de moins de 150% du fond chromosphérique (même avec une surface supérieure à 10 millièmes de la superficie) est appelée plage de fluctuation (*une plage est un champ de facules chromosphériques*).

Une petite luminosité qui dépasse 150 % du fond chromosphérique, mais qui est plus petit que 10 MH est appelée un point de brillance.

Lorsque le flare est détecté, il faut déterminer ses caractéristiques.

Il y a six paramètres essentiels pour décrire un flare. A ceux-ci s'ajoute un nombre important de caractéristiques. Ces propriétés secondaires peuvent contenir des informations sur des événements potentiellement géo-effectives liés à ces flares. Certains prouvent des éjections de masse coronales (CME), d'autres montrent l'existence de hautes températures dans ces flares qui sont liées à des émissions de particules à haute énergie (*protons...*).

Observation	Luminosité chromosphérique	
Limites de détection	<i>Superficie > 10 MH</i>	<i>Luminosité > 150%</i>
Caractéristiques Primaires	Début	Superficie
	Maximum	Luminosité
	Fin	Localisation
Caractéristiques secondaires	Région active ou Hyder flare?	Eruption sombre ?
	Dimensions de l'ombre ?	Filament qui se dissipe?
	Parallèle ou convergent ?	Effet Doppler ?
	Système en boucle ?	Flare simultanés ?
	Centres d'éruptions simples ou multiples ?	Onde Moreton ?
	Nombre de points brillants ?	Visible en lumière blanche ?

Les Caractéristiques Primaires des Flares

- **La durée des flares.** Le comportement d'un flare dans le temps est déterminé par l'instant de début, le temps mis pour atteindre sa luminosité maximale (peak time) et en spécifiant l'instant de fin. Le début du flare est défini par l'instant où le flare dépasse les deux seuils de surface et de luminosité. L'instant de peak time est celui de luminosité maximale d'une région du flare qui est plus grande que 10 MH. Ce n'est pas l'instant où le flare atteint sa plus grande superficie (luminosité plus grande que 150 % du fond). Pour la plupart des flares ce moment se présente après le peak time. L'instant de la fin du flare est chronométré au moment où la région du flare, qui est plus lumineuse que 150 % du fond chromosphérique, devient plus petite que 10 MH.

S'assurer que l'horloge donne le temps précis. La synchronisation de l'horloge peut se faire au moment des journaux parlés à la radio ou sur l'Internet en se connectant à un site donnant l'heure à partir d'une horloge atomique.

- **Localisation du flare** Pour la localisation des flares, on note généralement les coordonnées héliographiques du centre géométrique de la région de l'explosion. Les coordonnées héliographiques sont la latitude et la distance du méridien central au centre du flare. Celles-ci sont définies à l'aide du [disque Stonyhurst](#), (sur la photo) ou bien avec l'ordinateur en cas d'image numérique. *En opposition avec les protubérances, où on tient uniquement compte de l'angle P du Soleil (angle du méridien central du Soleil avec l'axe nord/sud comme on le voit de la Terre), il faut calculer aussi le B0 lors de la définition des coordonnées.* La localisation du flare peut aussi être décrite en relation avec un point marquant sur le disque solaire (par exemple une tache solaire, un grand filament, ...). *Puisqu'une majorité de flare se présente dans les groupes de taches solaires, nous pouvons lors des observations purement visuelles, donner comme références le nombre NOAA qui est utilisé pour le groupe en question. (voir [ARM](#), [SOHO](#), [MEES](#) ou [SIDC](#)).* *En cas de grand flare ou de flare avec des centres d'éruptions multiples on peut déduire une localisation approximative en dessinant la position du flare avec la ligne apparente est/ouest et l'axe nord/sud et traiter le dessin comme une photographie. Un oculaire réticulé peut être très utile. Une précision de l'ordre de 5° est largement suffisante.*

Dans la pratique l'observateur ne doit pas se faire de grands soucis concernant la définition du centre géométrique du flare. Généralement il suffit de tracer mentalement un rectangle autour de la région de l'explosion et ensuite de définir les coordonnées du centre du rectangle.

- **Superficie du flare** La superficie du flare est généralement exprimée en unités de millionnièmes de l'hémisphère visible du Soleil (MH). Dans ce cas 1 MH = 3,0437 millions de kilomètres carrés. Dans le passé, on se servait du degré héliocentrique carré. C'est le carré qui au centre du disque solaire représente un angle de 1° dans les deux directions. 1 degré carré correspond de cette façon à 48,5 MH. Auparavant, une méthode encore plus obscure était en usage. C'était l'angle solide sous-tendu sur la Terre par un degré carré au centre du disque solaire. Cet angle correspond à 16,73 secondes d'arc carré.

La superficie du flare est normalement définie par le comptage des carrés d'une feuille transparente en papier millimétré qui est déposée sur l'image (photo ou photo numérique). La valeur obtenue doit être corrigée selon la perspective lorsque la zone éruptive se trouve près du limbe. Pour le Soleil cela représente un problème car les flares peuvent atteindre une hauteur assez importante. Par ce fait on peut surestimer considérablement la surface du flare au bord du disque lorsqu'on emploie la méthode standard de calcul.

Pour éviter ce problème, Smith et Smith ont analysé 4700 flares observés au niveau du Peak Observatory de Sacramento (New Mexico, USA). En faisant usage des techniques des statistiques ils ont obtenu la formule de correction suivante :

$$A_c = (A_m / 2) / (0,2 \cdot R_v + \sqrt{(1 - R_v \cdot R_v)})$$

Où : A_c représente la surface corrigée en millionième(s) de l'hémisphère visible

A_m la surface mesurée présentée en millionième(s) du disque solaire

$R_v = r / R$ est le rayon fractionnel du centre du flare.

Ceci peut être mesuré sur le disque, dans la même unité que le rayon du disque solaire, puisque r est la distance entre le centre du disque solaire et le centre de l'éruption et R est le rayon du disque.

Noter que le facteur 2 convertit la surface du disque en surface hémisphérique, puisque la surface du disque est πR^2 et la surface hémisphérique est $2 \pi R^2$. Le terme sous la racine carrée est la correction standard pour compenser la perspective du bord. Le terme $0,2 \cdot R_v$ est la correction pour les différentes hauteurs du flare.

L'expression ci dessus peut aussi s'écrire de la façon suivante :

$$A_c = A_h / (0,2 \cdot \sin(\theta) + \cos(\theta))$$

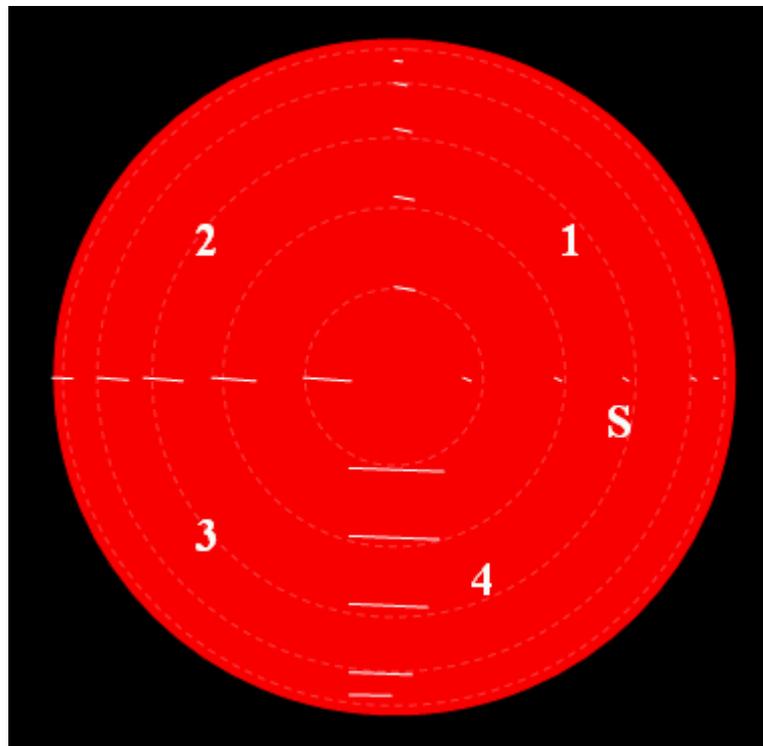
Cette expression est en fait identique à la première, parce que l'angle θ est l'angle sous-tendu au centre du Soleil par le cercle joignant le centre du disque et le point mesuré de l'éruption. Le sinus de l'angle θ est, en effet, égal à r / R .

Lorsqu'un flare est défini par seulement la mesure de sa surface, c'est cette surface dont la luminosité dépasse 150 % du fond chromosphérique que l'on prend en compte **au moment où la luminosité est maximale**, et NON au moment où la surface est maximale (cela se produit plus tard dans l'évolution du flare). Lorsque les mesures sont prises et corrigées, le flare est classé suivant sa catégorie et son importance.

Voir le tableau ci-dessous :

Importance	A_c (MH)	A_c ($^{\circ 2}$)	A_c (10^6 km 2)
S	$10 \leq A_c < 100$	$0,2 \leq A_c < 2,1$	$30 \leq A_c < 304$
1	$100 \leq A_c < 250$	$2,1 \leq A_c < 5,2$	$304 \leq A_c < 761$
2	$250 \leq A_c < 600$	$5,2 \leq A_c < 12,4$	$761 \leq A_c < 1826$
3	$600 \leq A_c < 1200$	$12,4 \leq A_c < 24,7$	$1826 \leq A_c < 3653$
4	$1200 \leq A_c$	$24,7 \leq A_c$	$3653 \leq A_c$

Pour des observations visuelles, on peut estimer la longueur et la largeur du flare à condition d'y appliquer la correction de perspective (voir plus haut), elle est classée suivant A_c ($^{\circ 2}$). On peut aussi utiliser la figure ci-dessous pour pouvoir faire une estimation de la catégorie. La largeur du flare est l° , la longueur est le minimum pour pouvoir appartenir à l'une des catégories 1, 2, 3 ou 4. Si le flare est plus petit que le flare de droite, il s'agit d'un subflare ("S"). Aussi bien la largeur que la longueur sont corrigées en tenant compte de la perspective (calculée pour 15° , 30° , 45° , 60° , et 75°) L'observateur doit simplement tenir compte du fait que la grandeur de la figure utilisée correspond à la grandeur du disque solaire dans le champ de l'oculaire, de façon à ce qu'une comparaison équivalente soit possible.



- Luminosité du flare : La luminosité du flare est probablement le paramètre le moins utile et le moins reproductible et qui dépend en outre fortement du filtre H-alpha employé. Pour cette raison la corrélation entre la luminosité du flare et la quantité d'énergie libérée durant le flare, est très limitée. C'est pourquoi ce paramètre est peu utile pour définir les effets résultants du flare.

Lorsqu'on dispose de mesures photométriques (argentique ou numérique) le flare peut être classé dans l'une des trois catégories suivantes : faible (F), normale (N) ou brillante (B), suivant la luminosité maximale de n'importe quelle région plus grande que 10 MH (voir les tableaux plus haut) *et cela en % du fond chromosphérique*. Notons que l'intensité du fond chromosphérique doit être mesurée dans la même région que celle où se présente le flare pour compenser les effets d'assombrissement du bord (limbe).

Lorsque la photométrie n'est pas disponible, mais que le filtre H-alpha peut être réglé, on peut se servir de la largeur totale de bande des parties les plus claires du flare comme alternative pour déterminer la classe de luminosité. Cette méthode pourrait d'ailleurs aussi être utilisée comme seuil de détection. Un flare faible doit posséder une surface de 10 MH avec une largeur de bande passante de 0,8 Angstrom (0,08 nm). Cette largeur de bande passante peut se trouver asymétriquement par rapport à la raie H-alpha (par exemple de +0,2 à -0,6 Angstrom).

L'observateur doit aussi tenir compte que l'atmosphère de la Terre et les changements locaux (aussi bien optiques, photographiques qu'électroniques) dans l'équipement modifieront le niveau de luminosité du fond. La photométrie doit être standardisée sur le fond chromosphérique actuel et local.

Il faut remarquer qu'une image solaire, adaptée pour des observations optimales visuelles, aura généralement une intensité dynamique insuffisante pour effectuer des *mesures photométriques* de flares brillants non saturés. C'est pourquoi il sera nécessaire d'utiliser deux montages optiques : l'un très lumineux pour des observations visuelles et un autre avec peu d'intensité lumineuse pour déterminer la luminosité du flare. *Cela est comparable à l'usage de filtres photographiques et visuels pour l'observation des taches solaires.*

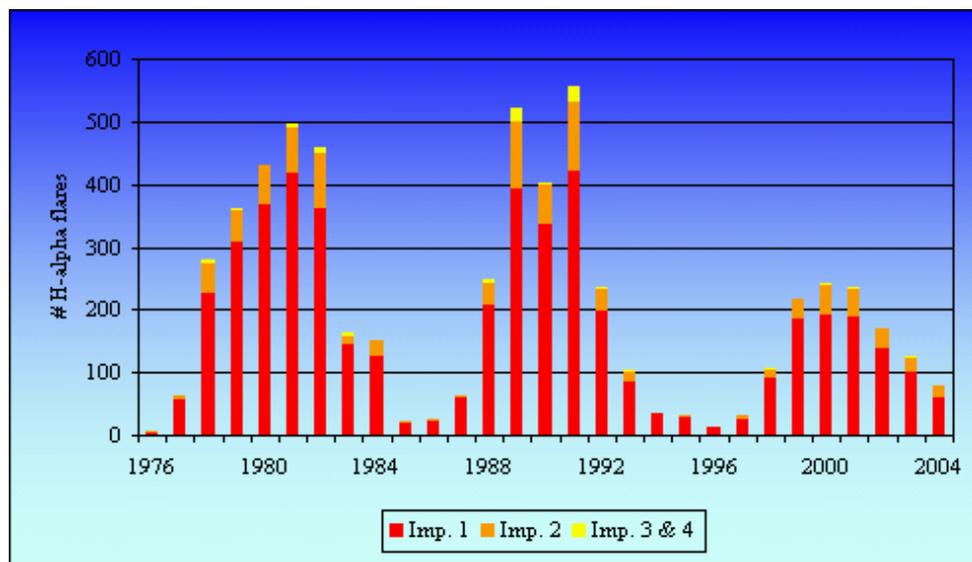
Catégorie	Luminosité (%)	Bande Passante	Aspect Visuel
F (faible)	$160 \leq h < 260$	$0,08 \text{ nm} \leq b < 0,12 \text{ nm}$	<i>Normal</i>
N (normale)	$260 \leq h < 360$	$0,12 \text{ nm} \leq b < 0,20 \text{ nm}$	<i>Brillant</i>
B (brillante)	$360 \leq h$	$0,20 \text{ nm} \leq b$	<i>Très brillant</i>

Les tableaux et les graphiques ci dessous donnent une idée du nombre de flares H-alpha par surface et par classe de luminosité. Les données sont basées sur environ 30 000 flares (source des données : NGDC/NOAA) pour lesquelles il y a une classification disponible en H-alpha et en rayons X. (de janvier 1976 à décembre 2004).

Le tableau ci dessous nous montre que le plus grand nombre d'éruptions sont des subflares. Ces subflares peuvent néanmoins être d'une grande luminosité (SB). Les classes 3F, 4F, et 4N ne se sont jamais produites durant ces 30 dernières années et il y a eu seulement 9 4B. Dans 60 % des cas il s'agit de flares faibles et seulement 15 % atteignent la clarté brillante.

Classe	F (faible)	N (normale)	B (brillante)
S	17368	5095	1970
1	1276	2015	1525
2	86	294	561
3	-	14	97
4	-	-	9

Le graphique ci-dessous nous montre l'évolution des diverses catégories (1, 2, 3 et 4 ensemble) pour la période de 1976 à 2004. Le nombre de flares de la catégorie 3 et 4 est très bas et le 23e cycle solaire a produit singulièrement moins de "grand" flares que SC21 et SC 22.



Le tableau ci dessous exprime la relation entre la classe en rayons X d'un flare et sa classification optique en H-alpha. Les nombres sont pour mille (par 1 000). C2 représente la moyenne des classes C1 jusqu'à C3, C5 pour C4 à C6, etc. X5 est la moyenne des tous les X-flares.. '0' veut dire que depuis 1976 il y a eu moins de 14 cas de ce genre. '-' indique qu'il ne s'est produit aucun cas. On constate à nouveau la grande part de flares faibles, aussi bien dans les rayons X que dans le H-alpha. Il est intéressant de constater que les flares en rayons X les plus puissants ne sont pas nécessairement plus clairs et plus grands en H-alpha.

Types	C2	C5	C8	M2	M5	M8	X5	Total
SF	384	88	31	26	2	0	1	532
SN	111	36	13	17	1	0	0	178
SB	27	18	10	15	1	0	0	72
1F	17	12	6	10	1	0	0	47
1N	17	17	11	26	3	1	1	75
1B	6	8	7	27	5	2	2	57
2F	0	0	0	2	0	0	0	3
2N	1	1	1	6	1	1	1	11
2B	0	1	1	7	4	2	6	21
3N	0	0	-	0	0	0	0	1
3B	0	-	0	0	0	0	3	4
4B	-	-	-	0	-	0	0	0
Total	564	181	81	135	18	7	14	1000

Caractéristiques secondaires des flares

Il existe un grand nombre de caractéristiques secondaires associées aux flares, pour lesquelles différentes organisations choisissent souvent de rapporter seulement une partie des variantes. Certains paramètres montrent la haute température, d'autres sont plutôt liés aux éjections de masse coronales (CME) et d'autres encore établissent des corrélations douteuses avec certains effets importants. Quelques-unes des plus utiles sont discutées ci après.

- **Région active ou Hyder flare ?** La plupart des flares peuvent être associés à une région active particulière ou à un groupe de taches solaires. Dans ce cas on attribue habituellement le nombre de la région active (comme attribué par le Space Environment Center à Boulder, Colorado, USA) à la localisation du flare. Un flare qui ne peut pas être lié à une région active de ce type, est probablement un Hyder flare. Un tel flare va de pair avec la disparition d'un grand filament sombre (fort éloigné d'une région active) et cela suppose donc que les Hyder flares sont liés à des éjections de masse coronales. Certains vont plus loin et supposent qu'ils produisent en outre des particules énergétiques. Bien que certains Hyder flare soient associés aux deux phénomènes, la preuve empirique indique que ce n'est pas le cas pour tous les flares.

- **Pourcentage de couverture de l'ombre ?** Lorsqu'un flare couvre plus de 20 % de l'ombre de la plus grande tache, on le considère comme l'indice d'un flare de haute énergie.

- **Flare parallèle (forme //) ou flare convergent (en forme de Y) :** Une fois de plus un flare de haute énergie montrera un ou plusieurs rubans de matière qui sont parallèles (et souvent de chaque côté) d'une ligne d'inversion magnétique (ligne neutre) de la région active. Ces régions de polarité magnétique opposée sont séparées suivant la ligne de vue. Cette ligne neutre est souvent indiquée par un filament sombre (*filament de groupe*) ou un filament canal reconnaissable.

- **Système de protubérances en boucle ?** Un système de protubérance en boucle (LPS) va de pair avec une éruption de haute température. Ce système semble être formé de matière qui est d'abord éjectée dans la couronne pour ensuite se condenser. Cela forme un nœud brillant au-dessus de la région d'éruption et retombe ensuite vers la chromosphère en formant des arcs magnétiques de part et d'autre du nœud. Une arche forme le système en boucle des protubérances. Un LPS se forme généralement plusieurs minutes après le 'peak time' du flare et peut durer plusieurs heures. En général ils sont facilement reconnaissables lorsqu'ils sont vus de profil sur le limbe (*film BBSO : avant dernier clip*) mais il est difficile de reconnaître ce genre d'images sombres sur le fond clair du disque solaire (*mon observation du X1-flare du 30 juillet 2005*). Des observateurs inexpérimentés confondent de la matière éjectée par un flare et retournant ensuite à la chromosphère avec un LPS. Néanmoins, la présence du nœud clair et la confirmation que la matière retombe des deux côtés indique qu'il s'agit d'un LPS.

Il y a une haute corrélation entre l'éjection de particules énergétiques et le LPS.

- **Nombre de Centres d'Eruptions ?** Un flare peut exploser à partir d'un ou plusieurs centres. Il est traditionnellement admis que plusieurs centres d'éruption peuvent être corrélés entre eux mais cela semble douteux.

- **Nombre de points brillants ?** Un flare d'intensité faible ou normale peut avoir éventuellement un ou plusieurs points clairs avec une superficie inférieure à 10 MH, mais dont la luminosité dépasse les 350 % du fond chromosphérique. La signification habituelle qu'on lui donne, est que cela peut être un flare d'une plus haute énergie que la classification d'intensité ne le laisse supposer.

- **Vague sombre ?** Régulièrement on peut voir des matières éjectées par un flare énergétique. Ces matières sont vues comme une vague ou un nuage par rapport au disque solaire clair, bien qu'elles puissent être vues en clair sur le fond noir du ciel si elles se situent sur le limbe (*même principe que pour les protubérances et les filaments*). Exceptionnellement des matières brillantes très chaudes peuvent être observées sur le disque solaire.

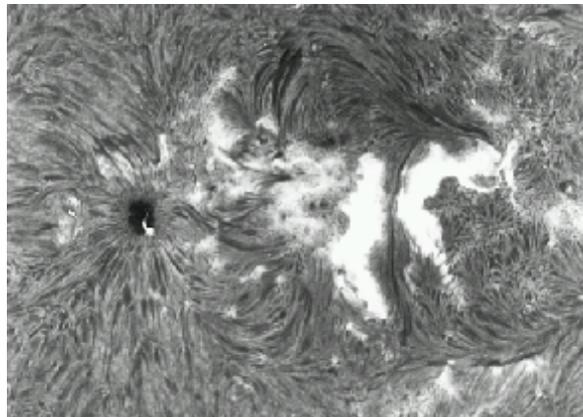
Lorsque la vitesse des matières éjectées peut être mesurée, il apparaît que cela dépasse parfois la vitesse de libération solaire (617 km/s). Elles disparaissent alors dans l'espace via la couronne externe.

- **Disparition d'un filament ?** Souvent on observe que des filaments sombres le long de la ligne neutre ou d'inversion d'une région disparaissent partiellement ou entièrement juste avant ou pendant la progression d'une éruption. Cela peut démontrer une éjection de masse coronale (CME).

- **Effet Doppler ?** Si on peut le mesurer, l'effet Doppler à travers lequel le flare est observé peut être enregistré. Les glissements vers le bleu ou le rouge doivent être notés séparément. Comme indiqué plus haut, l'effet Doppler peut être utilisé comme indicateur complémentaire de l'intensité du flare.

-**Flares liés ou simultanés ?** La plupart des flares surviennent de façon isolée. De temps en temps il arrive que 2 ou plusieurs flares explosent presque au même moment, bien qu'ils soient très éloignés sur le disque solaire. Dans ce cas on suppose qu'il existe une connexion magnétique entre les deux régions actives. A l'origine on croyait que cela se passait via un flux magnétique sous la photosphère, mais des travaux récents suggèrent une possibilité de connexion via des champs magnétiques coronaux. Parfois une vague se développe depuis la région du flare (voir Moreton wave) puis génère un autre flare lors de son passage dans une région contiguë.

-**Vague Moreton ?** Un flare, comme n'importe quelle éjection explosive et particulièrement aux très hautes énergies, est accompagné d'une onde de choc. Dans de bonnes conditions cette vague peut être observée se propageant de la région du flare (comme les vagues sur un étang après y avoir jeté une pierre) en créant des changements en intensité dans le fond chromosphérique. ([26]) ([Yohkoh science nugget](#)). La vague Moreton a l'aspect d'un anneau se dilatant que l'on peut voir furtivement sur des images. Bien souvent une partie seulement de l'anneau est visible. La vitesse d'expansion typique est de l'ordre de 1 000 km/s. *Le passage de l'onde de choc est reconnaissable aux filaments qui semblent cligner de l'oeil. L'onde de choc propage des vibrations dans le filament, et ces mouvements (effet Doppler) amènent le filament, temporairement, hors de la longueur d'onde de la raie H-alpha. La perturbation peut être parfois si violente que le filament devient instable et peut générer une éruption.*



Un grand flare parallèle en ruban - Learmonth Solar Observatory
Document de base par John Kennewell - © IPS - Radio and Space Services.

Rapport d'Observation

Les Rapports d'observations H-alpha doivent répondre aux mêmes exigences que ceux utilisés pour l'observation visuelle. Le rapport (mensuel) doit être envoyé le plus rapidement possible après la fin du mois au chef du groupe de travail ([Franky Dubois](#)). Il doit comprendre les éléments essentiels, comme les instruments d'observation, l'adresse de l'observateur et une explication succincte concernant l'emploi des symboles (par exemple : gN est le nombre de groupes de taches sur l'hémisphère solaire nord). Il est préférable de l'établir directement en anglais, de cette façon les formulaires peuvent être adressés directement à des groupes de travaux internationaux.

Pour les observations en H-alpha, le but est de transmettre les données autant que faire se peut électroniquement (par e-mail) sous la forme de tableau (fichier Excel). Cela simplifie considérablement le travail. Les remarques éventuelles peuvent se trouver dans une cellule "commentaires" ou être ajoutées en dessous du tableau.

Bien qu'il soit souhaitable que tout le monde emploie le même format, ce ne sera probablement pas possible puisque chacun a son propre programme. Ce dernier se compose bien souvent d'un programme de base auquel on a ajouté des programmes personnels.

Les exemples ci dessous donnent une idée de la manière dont un rapport d'observation peut se présenter. Comme on peut le voir, l'observation en H-alpha constitue une discipline d'observation complètement à part, qui demande logiquement un rapport d'observation H-alpha personnalisé. C'est à l'observateur lui-même de faire cette distinction.

Exemple 1 : Programme de base H-alpha annexé à des observations photosphériques

Solar indices for the month of August 2005													
Jan Janssens, Freesiadreef 3 B43, 1030 Schaarbeek BELGIUM e-mail: j.janssens@chello.be													
http://members.chello.be/j.janssens/Engwelcome.html													
Equipment		Celestron8, 203.2 mm, f/10, 68*, 1000 Oaks Obj. filter, Blue Ocf							Naked Eye	Coronado PST, < 1 Å, 40 mm, f/10, 33*			
Day	Time	Q	gn	gs	CVn	CVs	PFn	PFs	A	W	Prom N	Prom S	Remarks
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	06:30	4	4	1	64	7	1	1	1	2	4	3	X
...	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	<u>10</u>	<u>3,35</u>	<u>3,4</u>	<u>1,5</u>	<u>35,8</u>	<u>21,4</u>	<u>3,80</u>	<u>2,30</u>	<u>0,10</u>	<u>2,15</u>	<u>7,2</u>	<u>5,4</u>	–

Exemple 2 : Programme H-alpha détaillé

Solar indices for the month of August 2005												
Jan Janssens, Freesiadreef 3 B43, 1030 Schaarbeek BELGIUM e-mail: j.janssens@chello.be												
http://members.chello.be/j.janssens/Engwelcome.html												
Equipment		Coronado PST, < 1 Å, 40 mm, f/10, 33*										
Day	Time	W	North				South				Flares	
			Polar		Main		Polar		Main			
			H	e	H	e	H	e	H	e		
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	06:30	2	1	4	4	14	0	0	6	16	X	
...	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	<u>10</u>	<u>2,15</u>	<u>1,4</u>	<u>3,0</u>	<u>5,8</u>	<u>21,4</u>	<u>1,8</u>	<u>2,3</u>	<u>3,6</u>	<u>8,7</u>	–	

Exemple 3 : Programme H-alpha détaillé

Solar indices for the month of August 2005															
Jan Janssens, Freesiadreef 3 B43, 1030 Schaarbeek BELGIUM e-mail: j.janssens@chello.be															
http://members.chello.be/j.janssens/Engwelcome.html															
Equipment		Coronado PST, < 1 Å, 40 mm, f/10, 33*													
Day	Time	W	North						South						Flares
			Polar			Main			Polar			Main			
			s	l	xl										
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	06:30	2	1	0	0	2	2	0	0	0	0	4	2	0	X
...	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	<u>10</u>	<u>2,15</u>	<u>1,1</u>	<u>0,3</u>	<u>0,0</u>	<u>4,1</u>	<u>1,7</u>	<u>0,0</u>	<u>1,1</u>	<u>0,7</u>	<u>0,0</u>	<u>2,6</u>	<u>1,0</u>	<u>0,0</u>	-

Références

1. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.9.4.1*, Willmann-Bell Inc., 1995
2. Taylor P.O., *Observing the Sun pp. 73-74*, Cambridge University Press, 1991
3. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook Fig. B.9.17-18 pp. 344-345*, Willmann-Bell Inc., 1995
4. Roth G.D., *Compendium of Practical Astronomy Vol. 2, Fig. 13.23-24 pp. 36-38*, Springer Verlag, 1993
5. Zirin H., *Astrophysics of the Sun, pp. 161, 169, 187*, Cambridge University Press, 1988
6. Solar Terrestrial Dispatch, *Internet Spaceweather Forecasting Course §2.3*, 1996-1999
7. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook pp. 323-324*, Willmann-Bell Inc., 1995
8. Stetter H., *Sonne 105, pp. 8*, VdS, Maart 2003
9. Roth G.D., *Compendium of Practical Astronomy Vol. 2, pp. 39*, Springer Verlag, 1993
10. Stetter H., *Sonne 101, pp. 10-11*, VdS, Maart 2002
11. Altrock D., *"Rush-to-the-Poles"*, NOAO, Maart 1999
12. Phillips T., *The sun does a flip, Science@NASA*, février 2001
13. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.6.3.3*, Willmann-Bell Inc., 1995
14. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.9.4.3*, Willmann-Bell Inc., 1995
15. Zirin H., *Astrophysics of the Sun, Table 9.1 pp. 266*, Cambridge University Press, 1988
16. Zirin H., *Astrophysics of the Sun, pp. 267*, Cambridge University Press, 1988
17. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.9.4.5.1*, Willmann-Bell Inc., 1995
18. Roth G.D., *Compendium of Practical Astronomy Vol. 2, §13.6.5*, Springer Verlag, 1993
19. Meadows P., *Persoonlijke e-mail berichten*, 28 juillet 2005
20. Stetter H., *Sonne 72, pp. 236-238*, VdS, décembre 1994
21. Solar Terrestrial Dispatch, *Internet Spaceweather Forecasting Course §12.5*, 1996-1999
22. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.9.4.6.1*, Willmann-Bell Inc., 1995
23. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.9.4.7*, Willmann-Bell Inc., 1995
24. Kennewell J., *Solar Flare Patrol*, IPS Radio and Space Services, ©2001
25. Beck et al., *Solar Astronomy Handbook §B.9.5*, Willmann-Bell Inc., 1995
26. Nitta N., *Moreton waves and Coronal waves, Yohkoh Science Nuggets MSU*, février 2002
27. Zirin H., *Astrophysics of the Sun, Fig. 11.8, pp. 390-391*, Cambridge University Press, 1988
28. De Pontieu B. and Nelson B., *Scientists explain mysterious plasma jets on the sun*, Lockheed Martin Solar and Astrophysics Lab, 29 juillet 2004

Annexe 1 : Oculaire Réticulé

La subdivision en hémisphères ou en zones n'est pas toujours évidente à faire visuellement. L'aide d'oculaires réticulés est très utile. La discussion qui suit concerne uniquement le PST de Coronado (Diamètre 40 mm, focale 400 mm, oculaire Kelner de 12 mm) sauf indications contraires.

- Acquisition d'un oculaire réticulé

[LichtenKnecker](#) vend deux types d'oculaires réticulés ; Un 20 mm Kelner pour 56 € et un 10 mm Plössl pour 193 €. Le premier est à un prix raisonnable, mais le grossissement est limité (seulement 20X) le dernier grossit 40X, mais il est cher. Comme nous le dirons plus loin, un 20 mm peut suffire pour une division en zones.

Une alternative est proposée par [Optiek Van Grootven](#). Pour 15 € on peut y acheter un TAL réticulé, qu'il faut visser dans le tube oculaire. Il y a néanmoins un problème, le réticule n'est vu avec netteté que dans des oculaires ayant une grande focale (à partir de 25 mm). Le TAL ne peut donc pas convenir pour le 12 mm Kelner. Même en raccourcissant le coulant de l'oculaire le problème n'est pas entièrement résolu. L'épaisseur du fil et le faible grossissement ne permettent pas d'orienter l'image solaire d'une façon vraiment valable. Le TAL fonctionne avec satisfaction pour l'oculaire Ganymedes Er. 25. L'oculaire de 25 mm de focale avec réticule peut rendre un service correct sur des télescopes avec de grandes focales, comme par exemple un C8 pour la définition hémisphérique en cas d'observation de facules polaires.

- Construction d'un oculaire réticulé

La solution ultime consiste à réaliser soi-même un oculaire réticulé. A cet effet nous utiliserons une plaquette réticulée gravée, en verre, que l'on peut trouver dans des chercheurs de télescopes ou de microscopes. A l'aide de deux joints de fixation, il y a moyen de positionner la plaquette près des lentilles de façon à obtenir une image nette. Eventuellement on peut être obligé de retourner la plaquette ou d'ajouter des joints supplémentaires pour obtenir une image nette. L'ensemble des joints de fixation et la plaquette sont maintenus en place par le tube oculaire qui doit être vissé le plus loin possible dans l'oculaire. Pour cette dernière raison la méthode n'est pas applicable sur l'oculaire Kelner fourni avec le PST. Le tube se visse à l'extérieur de l'oculaire et on ne peut rien y fixer. La méthode a été appliquée avec succès sur un oculaire Celestron Ultima 19 mm. Le fil gravé de la plaquette est plus fin que le TAL réticulé.

- Subdivision en Degrés

Peu importe la méthode décrite plus haut que vous allez employer. L'oculaire peut être utilisé efficacement seulement si la circonférence extérieure de l'oculaire est graduée. Différentes solutions sont possibles. La plus simple est de tracer tous les 10° un trait dans une couleur voyante sur la circonférence d'un composant restant à demeure dans le porte oculaire (Blocking filter par exemple) du PST. 10° correspond à la circonférence de l'oculaire divisée par 36. Dès que les traits sont tracés, on peut les recouvrir avec un film transparent. Cela évite l'effacement des traits durant l'utilisation.

- Usage de l'oculaire

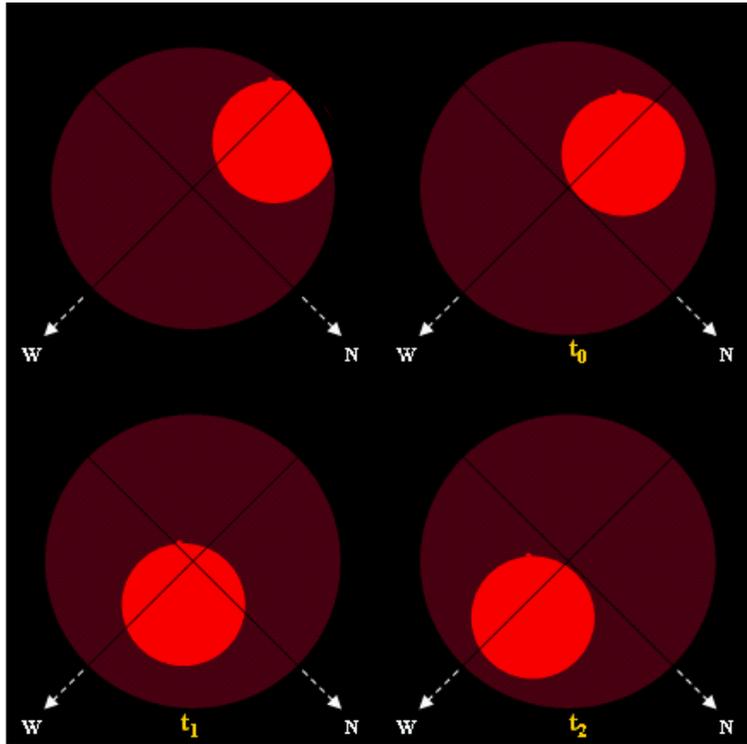
- a. - Faites un dessin du Soleil en H-alpha comme vous le voyez dans l'oculaire Kelner (ou l'oculaire que vous employez pour cette observation). Veillez à dessiner suffisamment de détails sur la superficie.
- b. Installez l'oculaire réticulé.
- c. Choisissez un point de référence sur le Soleil, ceci peut être le limbe, une tache solaire ou la fin d'un filament. Tenez compte du fait que le PST a un réglage pour les protubérances et qu'elle n'est pas toujours visible durant toute la procédure.
- d. Placez ce point de référence le long d'un des fils du réticule, et laissez le Soleil se déplacer dans le champ. Le point de référence va très rapidement s'éloigner ou se rapprocher du réticule.

- e. En tournant l'oculaire dans le porte oculaire, on peut ajuster la position du fil de telle façon que le point de référence soit parallèle au réticule. Cela demande un peu d'exercice, mais l'expérience vient rapidement. Le fil le long duquel le point de référence se déplace est la ligne apparente est/ouest et, perpendiculairement, se trouve l'axe nord/sud.
- f. Placez maintenant le centre du disque solaire dans la croix du réticule.
- g. Corriger à présent l'angle P à l'aide de l'échelle graduée, qui se trouve sur l'extérieur du porte-oculaire. Comme point de référence on prend par exemple la vis de fixation des oculaires. Veillez à orienter l'oculaire directement dans la bonne direction (les angles P positifs doivent être tournés du nord vers l'est) sinon on est obligé de recommencer la procédure.
- h. Les deux fils du réticule indiquent maintenant les lignes réelles est/ouest et nord/sud. Fixer alors l'oculaire à l'aide de la vis de fixation pour maintenir l'orientation du réticule.
- i. Placez à nouveau le centre du disque solaire dans la croix du réticule. Les subdivisions dans l'hémisphère nord et sud, et dans les zones polaire et principale, peuvent alors être faites directement à l'oculaire (éventuellement à l'aide d'un dessin), ou bien on peut reporter les axes principaux, en tenant compte de la position des détails déjà dessinés.
- j. A cause de la rotation de la Terre, et à chaque observation exécutée à un autre moment de la journée, il faudra répéter chaque fois la même procédure. Le mouvement du Soleil change en permanence la vue dans le champ de l'image de l'oculaire.

- Définition de la latitude des protubérances

Pour des protubérances qui se trouvent à des latitudes comprises entre 45° et 55° il n'est pas évident de les subdiviser dans des zones polaires ou principales uniquement sur une base visuelle. Pour déterminer la latitude des protubérances, il existe une méthode précise ($\pm 1^\circ$), mais prenant beaucoup de temps, basée sur l'utilisation du réticule.

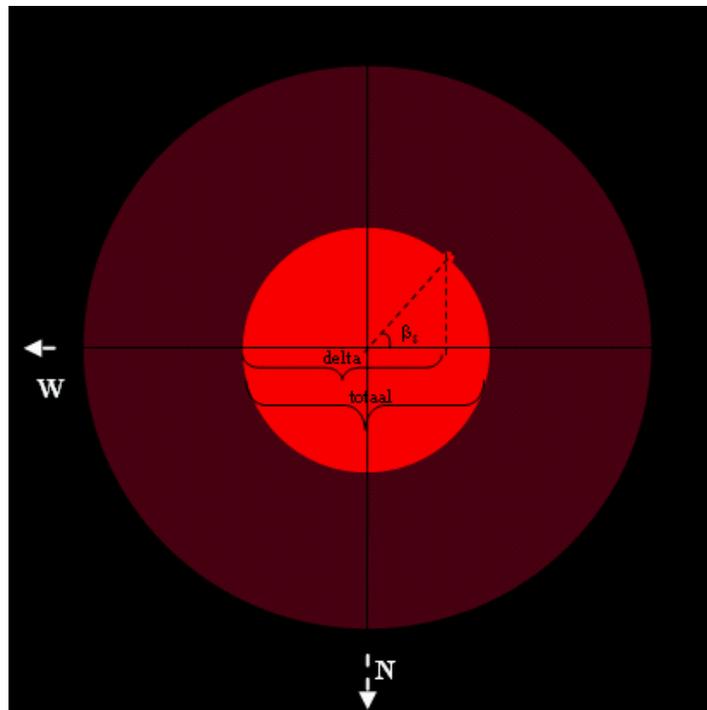
- a. Exécutez les points de b à h comme décrit plus haut "usage de l'oculaire". A la fin de la procédure il faut pouvoir localiser les hémisphères solaires nord et sud. Le point de référence choisi doit rester parallèle avec le réticule durant 2 minutes environ. Passez le temps nécessaire (10 minutes ou plus au besoin) pour obtenir la précision la plus haute possible. NE PAS corriger l'angle P, cela se fera plus tard.
- b. Assurez-vous que les protubérances dont vous voulez calculer la latitude, sont parfaitement au point. Placez le Soleil à l'est de l'axe apparent nord/sud. Le Soleil se déplacera perpendiculairement vers cet axe.
- c. A l'instant où le limbe du Soleil touche le réticule, vous notez le temps (la précision de 1 seconde est suffisante). Nommez cet instant t_0 .
- d. A l'instant où la protubérance passe l'axe apparent nord/sud (le réticule), vous notez à nouveau le temps. Nommez cet instant t_1 .
- e. A l'instant où le limbe solaire touche l'axe apparent nord/sud à la fin du passage, notez-le temps à nouveau. C'est l'instant t_2 .



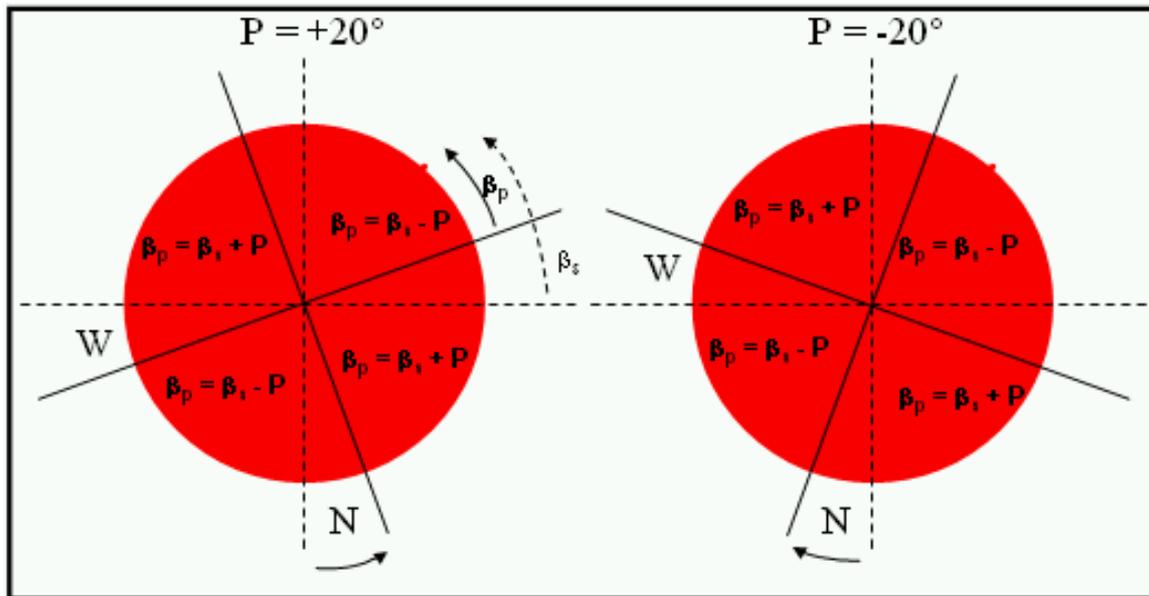
- f. Maintenant, posez : $\delta = t_1 - t_0$ et $\text{total} = t_2 - t_0$. La latitude apparente β_s de la protubérance est égale à :

$$\beta_s = \text{Arc cos} \left[\frac{(\delta - \text{total} / 2)}{(\text{total} / 2)} \right]$$

- Pour des protubérances qui se situent à l'ouest, la formule donne des angles plus grands que 90° . Prenez alors la valeur négative de l'angle et ajoutez 180° .



- g. Faites maintenant la correction de l'angle P. Attention : lorsque la ligne est/ouest bouge en direction de la protubérance, la latitude de la protubérance devient plus petite. Voir la figure ci-dessous pour les corrections nécessaires. La latitude réelle β_p de la protubérance est donc $\beta_s \pm P$, avec $\beta_p \leq 90^\circ$.



Exemple

Le 18 août 2005 une protubérance se trouve sur le limbe sud/est. Après correction de l'angle P elle semble se situer aux alentours de la latitude 50° . Les mesures de temps sont nécessaires pour donner une réponse définitive.

Après avoir orienté le réticule correctement, on mesure le temps des instants suivants :

- $t_0 = 09h27m50s$ TU
- $t_1 = 09h29m20s$ TU
- $t_2 = 09h30m02s$ TU

Il s'ensuit que $\Delta t = 90$ secondes et total = 132 secondes, donc

$$\beta_s = \text{Arc cos} [(90 - 66) / (66)] = \text{Arc cos} (0,3636) = 69^\circ$$

Correction de l'angle P ($+17^\circ$; voir calendrier du ciel) pour le quadrant sud/est, le résultat de la latitude réelle pour ces protubérances est $\beta_p = \beta_s - P$

$$\beta_p = 69^\circ - 17^\circ$$

$$\beta_p = 52^\circ$$

La protubérance appartient à la zone polaire.

Il est intéressant de comparer les images au "[Solar Monitor](#)", il démontre que la latitude de la protubérance est seulement de 45° , mais après une vérification avec une photo en H-alpha de l'observatoire solaire de Meudon (via le [global H-alpha network](#)) la latitude est bien de 52° . La grille telle qu'elle est appliquée par le Solar Monitor n'est pas assez précise et, par suite, seulement indicative.

Annexe 2 : Directives spéciales pour le groupe de travail Soleil

Durant la réunion de travail du 5 novembre 2005 le groupe de travail Soleil décidait de démarrer le programme d'Observation en H-alpha mais avec les remarques suivantes :

- A côté du seeing Q on notera pour chaque observation également le paramètre de transparence W (Wedel)
- Le programme de base consiste dans la définition de la somme des groupes de protubérances (H) et le nombre de protubérances R_p . Le but principal est l'évolution à long terme qui permettra de

faire des moyennes à partir des différents observateurs. Une seule observation par jour et par observateur est admise (en principe celle avec le meilleur seeing/transparence).

- Afin d'éviter de confondre avec des spicules, une protubérance doit au moins dépasser 1% au-dessus du bord du Soleil et être visible au moins durant 15 minutes. Les protubérances individuelles qui se situent à plus de 5° l'une de l'autre, seront considérées comme à part, à moins qu'un lien physique soit présent (par exemple lorsque les protubérances se sont courbées l'une vers l'autre.)
- Le programme avancé consiste dans la définition des paramètres précités H et Rp, mais avec la subdivision en hémisphères (nord et sud) et/ou par zone (polaire ou principale). L'éventuelle définition de la hauteur des protubérances, ainsi que l'observation des flares appartient également à cette partie de l'observation.
- Le passage de la zone principale vers la zone polaire est fixée à 50° (à l'exemple du groupe de travail allemand «Sonne»). Les groupes de protubérances qui s'étendent de la zone principale à la zone polaire seront considérés comme polaires (ex. de 45° à 51°).
- Le programme de spécialistes comprend la photographie, la définition de superficie, la définition de latitude et la classification (Sonne, Zirin) des protubérances.

Les observations seront envoyées mensuellement avant le 10 en format Excel au chef du groupe de travail. Pour toutes questions, remarques, alertes H-alpha (ex : en cas de flare) nous ferons usage du forum-VVS (s'inscrire via e-mail à majordome@vvs.be en indiquant dans l'objet du message : subscribe wgzon.).