

# Comment ça marche ?

## L'activité solaire

Par le radio-club F6KRK

*L'activité solaire est responsable de l'ionisation de la partie haute de notre atmosphère, rendant ainsi possible des DX HF "mondiaux". Nous allons analyser ici cette activité en attendant d'en voir ses effets sur la Terre dans un prochain "Comment ça marche".*

### Le soleil.

C'est une boule de gaz en fusion thermonucléaire : transformation de l'hydrogène en hélium avec un formidable dégagement d'énergie. Son diamètre est de **1 390 000 km** (photosphère), et sa masse est de  $2 \times 10^{27}$  tonnes (330 000 fois celle de la Terre). Il tourne sur lui-même en **27,3 jours** à l'équateur (32 jours aux pôles) autour d'un axe incliné de **7°5** sur l'écliptique (plan de rotation des planètes). Depuis la Terre, il présente un balancement apparent (au printemps, il nous montre son pôle sud et à l'automne, son pôle nord).

L'atmosphère solaire est composée de trois parties principales :

- La **photosphère** : L'opacité des gaz très chauds constituant le soleil diminue très rapidement dans une couche superficielle de quelques centaines de km appelée "Photosphère" avec une température moyenne de **5900K**. C'est elle que nous voyons quand nous observons le soleil <sup>(1)</sup>.
- La **chromosphère** : C'est un anneau rougeâtre (hydrogène) qui surplombe la photosphère sur une épaisseur de 10 000 km environ. Sa température augmente rapidement pour atteindre un million de degrés à 6000 km de la photosphère. Elle est la source d'une émission radioélectrique en ondes décimétriques.
- La **couonne** : Elle occupe une région allant de la chromosphère jusqu'à un à deux millions de km. Rayonnement dans l'**X** et l'ultraviolet, mais aussi dans l'infrarouge et les ondes radio (principale source du rayonnement radio du soleil).

Nous avons sur la figure 1 une coupe du soleil avec son atmosphère en activité.

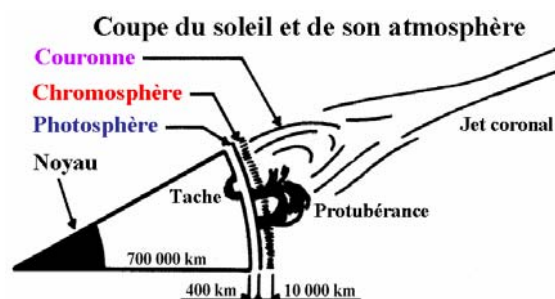


Figure 1.

### Activité solaire.

L'atmosphère solaire est affectée de perturbations qui se font sentir dans tout le milieu interplanétaire. Elles résultent de l'émergence à travers la photosphère et de la pénétration

dans la chromosphère et la couronne, de champs magnétiques provenant de l'intérieur du soleil.

Au niveau terrestre, les perturbations solaires peuvent être détectées par diverses mesures et par l'observation directe du soleil dans certaines longueurs d'onde (y compris le visible).

### ***Les taches solaires.***

Elles résultent de l'évolution de champs magnétiques forts bipolaires. Elles occupent des zones variables, pouvant atteindre le diamètre de la Terre. Leur température est de l'ordre de **3000K**, ainsi elles apparaissent comme des zones sombres dans la photosphère. Leur durée de vie est de quelques heures à quelques mois. L'ensemble est noyé dans une région brillante : la **Facule**. Les facules sont surmontées au niveau de la chromosphère par de grandes formations brillantes : les **plages faculaires**. L'ensemble tache-facule constitue la trace au niveau de la photosphère des champs magnétiques qui forment dans la chromosphère et la couronne un **centre actif**.

### ***Evolution d'un centre actif.***

Il y a apparition d'un mouvement de matière et d'un champ magnétique, formant une plage faculaire brillante. Ensuite une tache se forme dans la partie ouest, puis une autre dans la partie est pour constituer un centre bipolaire. Les surfaces s'agrandissent et les taches s'écartent. Enfin, l'évolution ralentit, les taches se fragmentent puis disparaissent, et la facule se désagrège.

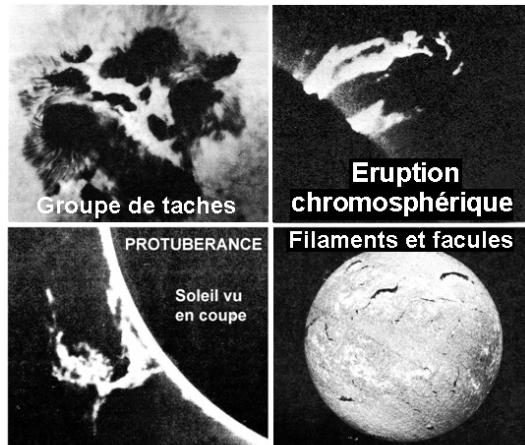
Les taches et les centres sont reliés par des boucles magnétiques traversant la couronne. Le développement de centres actifs s'accompagne de rayons **X** mous et d'émissions radio avec une intensité maximum sur 10 cm. La durée de vie d'un centre peut s'étaler sur plusieurs mois durant lesquels des **filaments** apparaissent, soit à l'intérieur du centre, soit entre deux centres.

### ***Filaments et protubérances.***

Les filaments sont des formes allongées et sombres atteignant 200 000 km avec une durée de vie de parfois plusieurs rotations solaires. Ce sont de grandes nappes de gaz dense, froides (20000K), dressées dans la couronne, à hauteur de 30 à 100 000 km, avec une épaisseur inférieure à 5000 km. Les filaments sont en fait des protubérances vues en absorption sur le disque. On distingue les "quiescentes" et les "éruptives".

### ***Eruption chromosphérique (flare).***

C'est une brusque augmentation de la brillance d'une petite région dans une plage faculaire, comportant ou non des taches. Les flares se produisent dans des centres actifs ayant un champ magnétique complexe (20% des centres produisent 50% des éruptions). La libération d'énergie décuple l'émission en ultraviolet et multiplie par un million l'émission radioélectrique (**sursauts** de I à IV). Accroissement également du flux de rayons **X** solaires. Nous avons sur la figure 2 des photos du soleil montrant les phénomènes décrits.



Clichés : Observatoire de Meudon

Figure 2.

Après les effets liés aux champs magnétiques forts, venons en à ceux liés aux champs magnétiques faibles :

### *Trous coronaux.*

Ce sont des régions sombres pouvant s'étendre du pôle à l'équateur, observées dans le domaine des rayons **X** mous. Ils correspondent à des structures coronales à évolution lente, de faible densité et faible température. Le champ magnétique associé est faible et unipolaire avec des lignes de force qui s'ouvrent sur le milieu interplanétaire. Ils sont à l'origine du **vent solaire** (plasma électriquement neutre). Ils sont bordés souvent par des filaments quiescents et des **jets coronaux** surmontant la ligne d'inversion du champ magnétique.

### *Jets coronaux.*

Ce sont des sortes d'aigrettes brillantes s'élevant à grande distance dans la couronne. Ils sont associés à des lignes de force magnétiques partant des centres actifs et se terminant à plusieurs rayons solaires en structure ouverte sur le milieu interplanétaire. Leur forme globale et leur étendue sont corrélées avec le niveau d'activité solaire.

### **Cycles d'activité solaire.**

L'activité solaire est cyclique et vue depuis la terre, nous observons :

- Un cycle journalier (dû à la rotation de la terre)
- Un cycle de 27,3 jours (rotation du soleil sur lui-même)
- Un cycle annuel (inclinaison de  $7^{\circ}5$  sur l'écliptique)
- Un cycle **undécennal des taches et trous polaires**
- un cycle séculaire ?

### **Cycle undécennal des taches.**

La densité des centres actifs et des taches varie dans le temps selon une périodicité **moyenne** de **11,1** ans. Cette densité a été codifiée en 1849 par R. Wolf selon la formule :

$$\mathbf{R} = \mathbf{k}(10\mathbf{g} + \mathbf{f}) \text{ avec :}$$

**R** = nombre relatif de taches ou **nombre de Wolf** (SunSpot Number)

**g** = nombre de groupes de taches

**f** = nombre de taches

$k$  = facteur dépendant de l'observateur et de l'instrument.

Les taches se répartissent sur une zone de latitudes  $0$  à  $\pm 45^\circ$ . Au cours du cycle, elles apparaissent à des latitudes élevées puis "descendent" vers l'équateur.

### **Particularités des cycles undécennaux :**

- Durée variable entre 9 et 14 ans
- Amplitude variable, avec une périodicité apparente de 90 ans
- Le maximum se situe généralement avant le milieu du cycle
- Les premiers groupes de taches sont fugaces
- L'augmentation du nombre de taches est rapide et la décroissance lente
- L'activité des deux hémisphères du soleil n'est pas corrélée
- Inversion des polarités du champ magnétique solaire
- Les premières taches apparaissent avant la disparition de celles du cycle précédent (constaté grâce à leur inversion de polarité).

Nous avons sur la figure 3 les nombres de Wolf pour les cycles de 1850 à 1975.

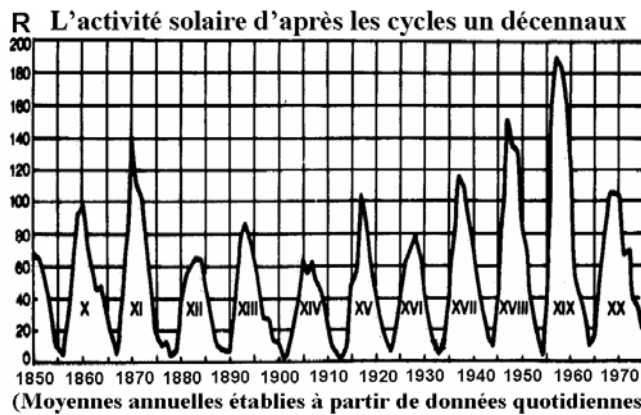


Figure 3.

Nous sommes actuellement (fin 2011) dans la montée du cycle 24. Battons nous un record d'amplitude ? Pour l'instant, rien ne le laisse présager, après avoir eu un minimum prolongé particulièrement bas.

**La Rubrique "Comment ça marche" est une activité collective du radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@ref-union.org".**

### **Notes.**

- 1) *Si nous le voyons "jaune", c'est que le ciel diffuse la lumière bleue, et notre œil est plus sensible dans le jaune.*