

PROPAGATION, CYCLES SOLAIRES ...

Les **ondes radioélectriques** ou ondes hertziennes sont des ondes électromagnétiques qui se propagent de deux façons :

dans l'espace libre (propagation rayonnée, autour de la **Terre** par exemple)

dans des lignes (propagation guidée, dans un câble coaxial ou un guide d'onde)

Le domaine des fréquences des **ondes radio** s'étend de 9 kHz à 300 GHz.

Intérêt de l'étude de la propagation des ondes radio

Il est essentiel de comprendre les principes de la propagation des ondes pour pouvoir prédire les chances et les conditions d'établissement d'une liaison radio entre deux points de la surface de la Terre ou entre la Terre et un satellite.

Ionosphère

L'ionosphère est une région de la haute atmosphère (de 60 à 800 km d'altitude) où l'air neutre est ionisé par les rayons cosmiques et les photons solaires.

C'est cette partie de l'atmosphère qui est responsable de la propagation ionosphérique

Propagation ionosphérique

On appelle **propagation ionosphérique** (ou **liaison lointaine par réflexion ionosphérique**) la propriété des ondes électromagnétiques de parcourir des distances plus grandes que la simple ligne de vue (**en**) par réflexion sur l'ionosphère. Les conditions de la propagation ionosphérique dépendent de plusieurs facteurs tels le cycle solaire, l'heure et les saisons.

Cela permet par exemple :

Le calcul de la puissance minimale d'un émetteur de radiodiffusion afin d'assurer une réception confortable sur une zone déterminée ;

la détermination de la position d'un relais pour la radiotéléphonie mobile ;

l'estimation des chances d'établissement d'une liaison transcontinentale sur ondes courtes ;

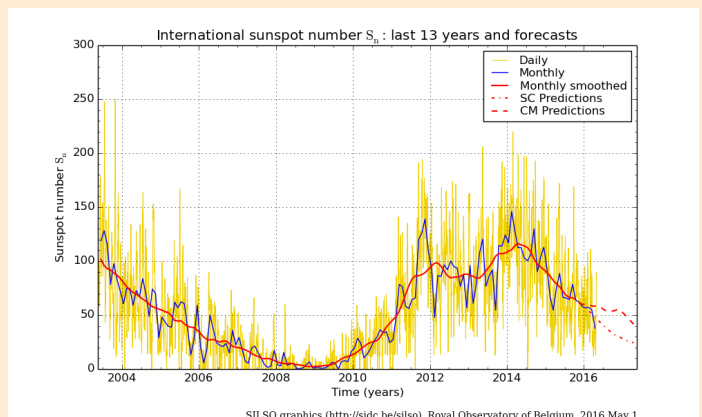
l'étude des phénomènes d'interférence entre émetteurs ;

le calcul du champ électromagnétique à proximité d'un équipement d'émission (radar, relais, émetteur de télévision...) pour déterminer les risques encourus par la population se trouvant à proximité.

l'anticipation de la transmission par calcul de la couverture de l'émetteur, des phénomènes de propagation qui ont lieu à travers le canal (guidage d'onde, réflexions, diffractions, etc.).

Le niveau du signal reçu à l'extrémité du parcours sera plus ou moins élevé donc plus ou moins exploitable en fonction de la fréquence d'émission, l'époque par rapport au cycle solaire, la saison, l'heure du jour, la direction et la distance entre l'émetteur et la station réceptrice, etc.

TECHNIQUE



L'étude des lignes de transmission et des phénomènes de propagation d'un signal dans une ligne peut aider à optimiser les câbles utilisés dans l'établissement d'un réseau de transmission ou pour l'alimentation d'une antenne.

Ondes décamétriques

La propagation par onde réfléchie entre ciel et terre.

Les ondes courtes, bien connues des radioamateurs, permettent des liaisons intercontinentales avec des puissances de quelques milliwatts si la propagation ionosphérique le permet car l'onde de sol au-dessus de 2 ou 3 MHz ne porte guère au-delà de quelques dizaines de kilomètres.

Entre 1 et 30 MHz, la réflexion des ondes sur les couches de l'ionosphère permet de s'affranchir du problème de l'horizon optique et d'obtenir en un seul bond une portée de plusieurs milliers de kilomètres, avec plusieurs bond parfois jusqu'aux antipodes.

Mais ces résultats sont très variables et dépendent des modes de propagation, du cycle solaire, de l'heure de la journée ou de la saison.

Liaison utilisant une réflexion sur la couche E

Propagation sporadique E, Les informations nécessaires sont :

La puissance de l'émetteur ;

le diagramme de rayonnement de l'antenne ;

la position géographique de chacune des deux stations mais aussi ;

la capacité de la couche E à réfléchir les ondes radio.

C'est le nombre de Wolf (ou Sun Spot Number, en abrégé : « SSN »), mais aussi la date et l'heure du jour de la tentative de liaison qui permettra au logiciel de calculer les possibilités de propagation ionosphérique.

On connaîtra la probabilité d'établissement de la liaison en fonction de la fréquence pour un rapport *signal sur bruit* donné.

Cycle solaire

Un **cycle solaire** est une période pendant laquelle l'activité du Soleil varie en reproduisant les mêmes phénomènes que pendant la période de même durée précédente.

Vue de la Terre, l'influence du Soleil varie principalement selon une période journalière et annuelle.

Dans l'absolu, l'activité est réglée par un cycle solaire d'une période moyenne de 11,2 ans - d'un maximum au suivant - mais la durée peut varier entre 8 et 15 ans.

L'amplitude des maxima peut varier du simple au triple.

Le cycle de 11 ans a été déterminé pour la première fois par l'astronome amateur allemand Heinrich Schwabe vers 1843.

En 1849, l'astronome suisse Johann Rudolf Wolf (1816-1893) établit une méthode de calcul de l'activité solaire basée sur le nombre de taches. Les cycles de Schwabe sont numérotés à partir du maximum de 1761 (voir tableau).

Le cycle 23 a commencé en mai 1996

Le début du cycle 24 a été détecté par les scientifiques en janvier 2008.

Les taches solaires

Il y a deux mille ans, les astronomes grecs et chinois parlaient dans leurs écrits de taches sombres sur le Soleil dont la forme et l'emplacement changeaient.

En avril 1612, Galilée fut le premier à les observer en détail à l'aide d'une lunette astronomique.

Par la suite, l'observatoire de Zurich en poursuivit l'observation.

Elles apparaissent dans la photosphère comme une zone sombre (l'ombre) entourée d'une région plus claire (la pénombre), sont plus froides que la photosphère ambiante (4 500 K contre environ 5 800 K pour la photosphère), et sont dues au refroidissement consécutif à l'inhibition de la convection de surface par l'augmentation locale du champ magnétique.

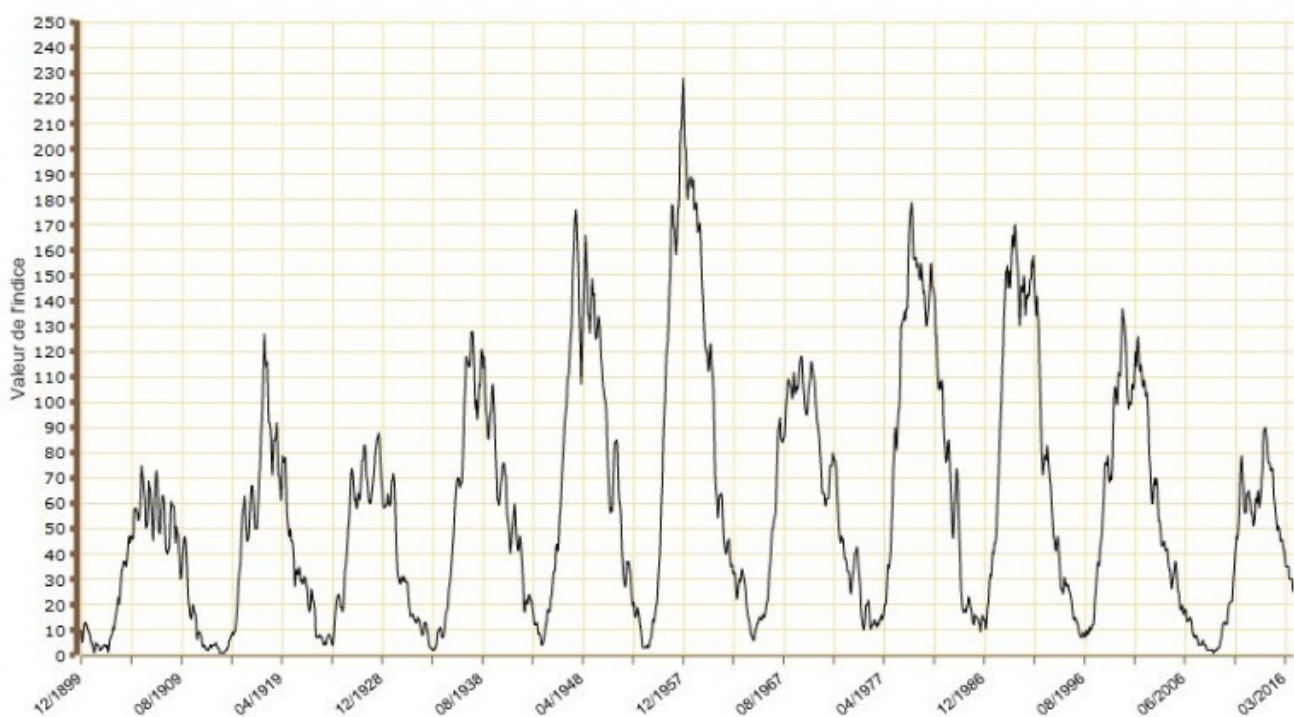
Leur plus grande dimension peut atteindre plusieurs dizaines de milliers de km.

Les taches apparaissent souvent en groupe, et sont souvent accompagnées d'autres taches de polarité magnétique opposée (groupe de taches bipolaire).

Au début du cycle solaire, les taches apparaissent de préférence à haute latitude dans les deux hémisphères (vers 40 °) ; de plus, les premières taches d'un groupe sont en général de même polarité. Tout au long du cycle, les taches vont se rapprocher de l'équateur jusqu'au début du cycle suivant ; à ce moment-là, la polarité des taches devant changer.

Dec 1899 au Mars 2016

Evolution de l'indice



En étudiant les mouvements de ces taches solaires, les astronomes ont pu conclure que les régions équatoriales du Soleil tournaient plus vite que ses zones polaires, avant de l'être par d'autres moyens plus modernes, comme l'effet Doppler-Fizeau.

L'observation des taches solaires est facile et permet de constater la rotation du Soleil sur lui-même en 27 jours. Les astronomes recommandent de ne jamais regarder directement le Soleil sans lunettes adaptées, en raison des risques élevés de brûlure de la rétine. Un système simple d'observation indirect consiste par exemple à projeter l'image du Soleil sur une feuille de papier à l'aide de jumelles.

Le nombre de Wolf ou *Sunspot Number*

La formule suivante permet d'estimer l'activité solaire notée R

en fonction :

du nombre (t) de taches,

du nombre (g) de groupes de taches

et d'un coefficient k corrigeant le résultat en fonction des moyens d'observation (observateur, instrument...).

$$R = k(t + 10g)$$

Le nombre de Wolf maximum du cycle 19 a atteint 190 tandis que le cycle 14 n'a pas dépassé 70.

Malgré son imprécision le nombre de Wolf a l'intérêt d'exister depuis 250 ans tandis que l'observation scientifique avec des moyens modernes n'a que quelques cycles dans ses bases de données.

La mesure du flux radioélectrique solaire

La radioastronomie est née avec le radar, en 1942 pendant la Seconde Guerre mondiale. Les ondes radioélectriques émises par le Soleil proviennent de la chromosphère, là où la matière est entièrement ionisée (plasma) et de la couronne. La fréquence de l'onde émise dépend de n_e , le nombre d'ions par mètre cube.

Les perturbations solaires (éruption, sursauts) font varier le spectre des émissions radio.

La mesure de l'amplitude du rayonnement solaire sur 2 800 MHz (en $W/Hz m^2$) donne un indice d'activité solaire plus fiable que le nombre de Wolf. Des mesures sont aussi effectuées sur d'autres fréquences (245 MHz, 410 MHz... 15,4 GHz).

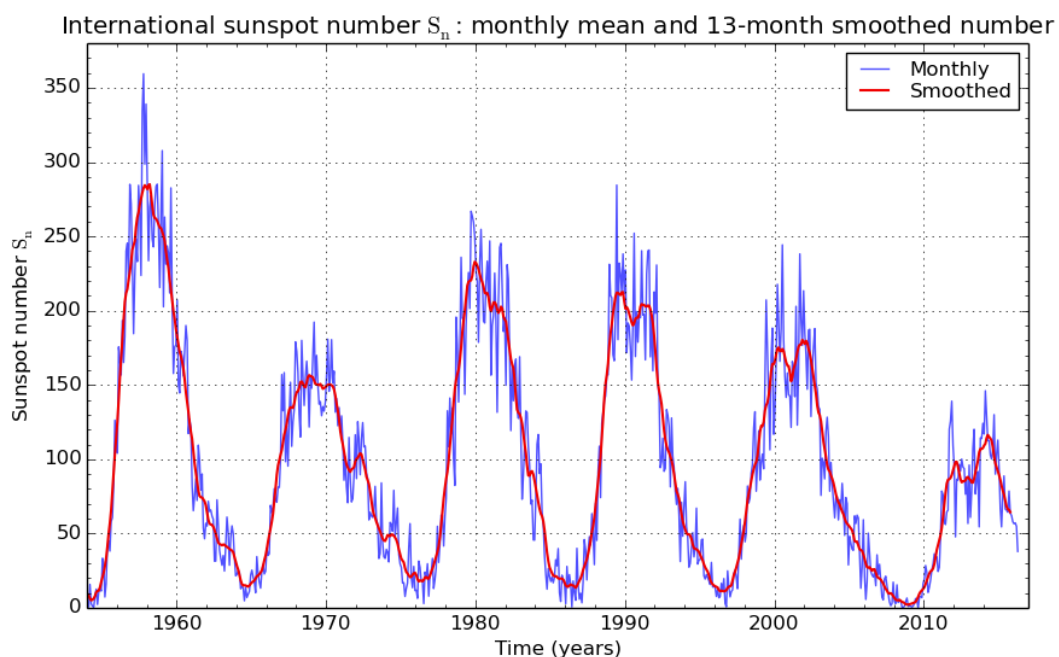
L'étude de l'activité solaire permet de comprendre les phénomènes de propagation des ondes et de prévoir d'éventuelles perturbations des communications radioélectriques sur Terre.

Conséquences

Les variations de l'activité solaire se traduisent par des fluctuations de la propagation des ondes radio.

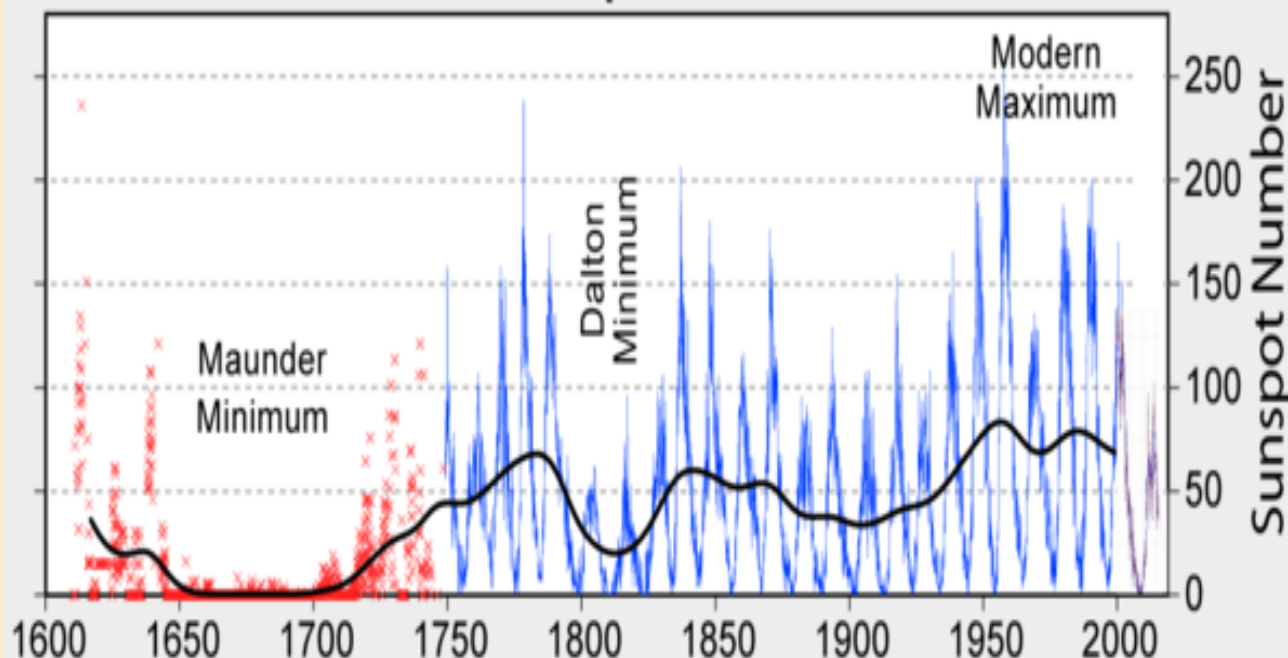
La gamme de fréquences la plus touchée couvre les ondes dites *décamétriques* ou ondes courtes qui se propagent à longue distance grâce à l'ionosphère.

Pendant les orages magnétiques, la très forte ionisation des couches hautes de l'atmosphère peut perturber voire interrompre les communications avec les satellites avec les conséquences graves que l'on peut imaginer pour les télécommunications,



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2016 May 1

400 Years of Sunspot Observations



N° Cycle	Année Début	Année Fin	Nombre Taches	
14	1902	1913	64,2	Cycle de faible activité.
15	1913	1923		Début du maximum moderne.
16	1923	1933		
17	1933	1944		
18	1944	1954		
19	1954	1964	~190	Maximum du maximum moderne.
20	1964	1976		
21	1976	1986		
22	1986	mai 1996		
23	mai 1996	janvier 2008	120,8	Possible dernier cycle du maximum moderne.
24	janvier 2008	vers 2019		

La NASA admet que le cycle solaire actuel est le plus faible depuis 200 ans

David Hathaway, directeur de recherche en physique solaire au centre Marshall Space Flight de la NASA à Huntsville en Alabama, a parlé dans le Wall Street Journal de la faiblesse du cycle solaire 24 : "Je dirais qu'il sera le plus faible en 200 ans."

Hathaway est l'un des nombreux scientifiques qui se demandent pourquoi ce cycle est aussi faible et pourquoi la polarité des champs magnétiques solaires est désynchronisée.

Normalement les champs magnétiques solaires s'inversent au maximum du cycle. Dans le cycle 24 cela n'est pas arrivé.

Hathaway et son équipe prédisent que le nombre de taches solaires pendant le maximum du cycle 24 sera d'environ 65 ce qui en fait le cycle le plus faible depuis 1906. S'il tombe juste un petit peu en dessous du niveau prédit, il pourrait alors être le plus faible en 200 ans.

Le cycle solaire 25, qui atteindra son pic entre 2022 et 2025 pourrait être selon Hathaway "le plus faible depuis des siècles".

Ce qui ne promet rien de bon. La NASA a publié cette information en 2006 ...

Les trois derniers cycles de 11 ans d'activité du Soleil, mesurés par le nombre de taches à la surface, montrent très nettement la diminution apparente de l'activité solaire lors des derniers cycles.

L'origine de ces variations qui pourraient avoir un impact éventuel sur le climat terrestre ne sont pas encore totalement comprises.

Une équipe de chercheurs du Service d'Astrophysique-Laboratoire AIM du CEA-IRFU, vient d'apporter de nouvelles informations sur le cycle d'activité de 11 ans du Soleil.

En effet, l'activité solaire, marquée notamment par le nombre de taches à sa surface, a changé de façon significative au cours des deux derniers cycles.

Après un long et faible minimum à la fin du cycle 23, le cycle 24 contraste avec les cycles précédents par son activité réduite

L'anomalie du dernier cycle solaire

L'observation du nombre de taches à la surface du Soleil montre que son activité magnétique varie avec un cycle de durée approximative de 11 ans.

Bien que l'intensité de l'activité diffère légèrement d'un cycle à un autre, l'activité magnétique du Soleil a fortement diminué à partir du minimum du dernier cycle en 2007.

Après une longue période sans tache, l'activité solaire a repris sa variation cyclique mais avec une intensité 30% plus faible que pour les cycles précédents.

Le cycle actuel, dont le maximum a été atteint en avril 2014, est l'un des plus faibles au cours des 100 dernières années.

L'origine de cette forte diminution de l'activité de surface du Soleil intrigue les chercheurs qui tentent de comprendre son lien avec les variations du champ magnétique générées à différentes profondeurs sous la surface du Soleil par les forts mouvements de convection.

Sources :

<https://fr.wikipedia.org>
www.futura-sciences.com
la.climatologie.free.fr
system.solaire.free.fr
www.slate.fr
solaire.obspm.fr
<http://irfu.cea.fr/>
<http://irfu.cea.fr/>
<http://www.solarham.net/>
<http://sidc.oma.be/>
<http://spaceweather.sansa.org.za/>
<http://www.sidc.be/>

