

DU PROCHAIN CYCLE SOLAIRE 25

ET DE SES POSSIBLES CONSÉQUENCES

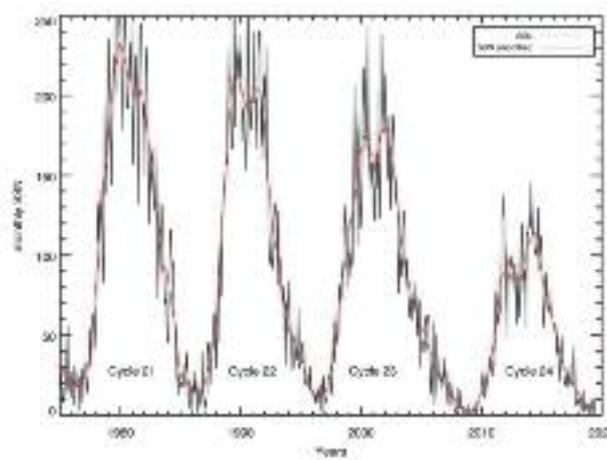
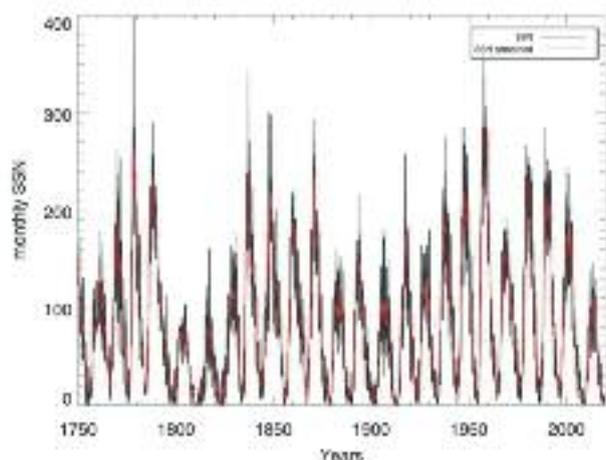
Nous approchons ou avons atteint le minimum d'activité du cycle solaire de 11 ans (dit numéro 24) ayant commencé en 2009. Comment ce cycle 24 se situe-t-il dans l'historique des cycles solaires ? Quelle sera l'intensité du cycle suivant (le numéro 25) et quand son maximum sera-t-il atteint ? Voici quelques-unes des questions que nous allons aborder dans cet état des lieux sur notre belle étoile, le Soleil, à la suite de la première prévision publiée en avril 2019 par le panel d'experts NASA/NOAA sur le cycle solaire 25.

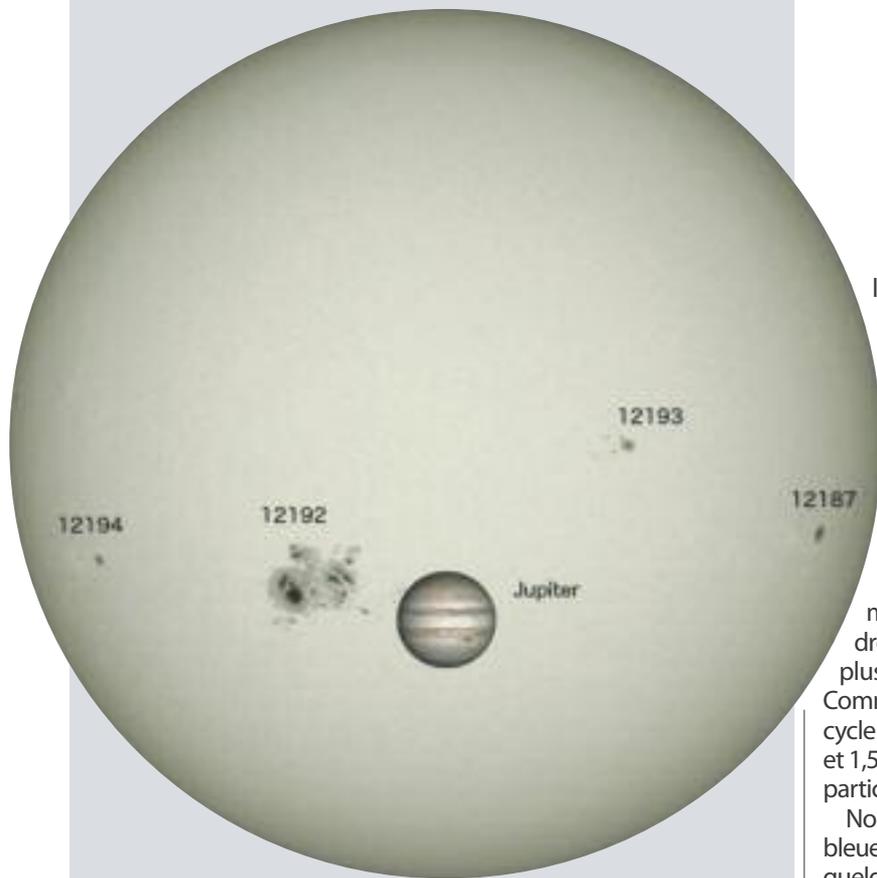
Notre étoile est l'archétype des étoiles actives et magnétiques. Elle possède une enveloppe turbulente qui brasse en permanence le gaz ionisé (c.-à-d. le plasma) et le champ magnétique amenant à une large variété de manifestations magnétiques à sa surface : des taches sombres à des protubérances et autres jets et éruptions. Il s'avère que toute cette activité éruptive et magnétique est modulée, passant par des minima et maxima d'activité (voir *figure 1* représentant le nombre de taches solaires depuis 1750). Il est d'usage de dire que cette modulation de l'intensité et de la complexité du cycle magnétique solaire a une période de 11 ans. En réalité, cette période n'est pas parfaitement stable et varie dans une fourchette de plus ou moins 2 à 3 ans, pouvant être aussi courte que 9 ans durant le cycle 2 vers 1769 et aussi longue que 13,6 ans durant le cycle 4 vers 1788. Ce que l'on

constate également sur la *figure 1*, c'est que la modulation d'intensité du cycle d'environ 11 ans est elle-même modulée par une période plus longue d'environ 90-100 ans dite cycle de Gleissberg. Dans le panneau droit de la *figure 1*, nous représentons les 4 derniers cycles, les mieux observés grâce notamment aux grandes tours solaires modernes et aux satellites solaires tel *Yohkko*, *SoHO* ou *SDO*. On remarque clairement que le cycle 24 est le plus faible des 4 cycles les plus récents, et que, un peu comme les « frères Dalton », c'est le cycle 21 le plus intense, de l'ordre de 2 fois plus que le cycle 24.

Cela veut-il dire pour autant que le cycle solaire 24 n'a pas été actif ? En fait « corrélation n'est pas raison », et bien qu'il soit en effet plus probable qu'un cycle intense ait des événements éruptifs fréquents et forts, car la surface du Soleil est plus souvent couverte de taches et de régions actives, il y a des

↓ 1. Évolution temporelle du nombre de taches solaires (selon la convention dite du nombre de Wolf). Panneau de gauche : on montre les enregistrements historiques depuis 1750. Panneau de droite : on zoome sur les 4 derniers cycles solaires à partir de 1975. On remarque la différence d'amplitude et de longueur des cycles. – Données SIDC (silso.eu)





↑ 2. Image du Soleil le 22 octobre 2014. On représente la surface solaire dans le continuum visible observé par l'instrument HMI à bord du satellite SDO. On indique aussi la numérotation (selon la norme NOAA) des différents complexes actifs. On remarque que le complexe de taches solaires 12192 est particulièrement large. Pour faciliter la comparaison, nous avons superposé la planète géante Jupiter à la bonne échelle.

contre-exemples bien documentés. Prenons par exemple le complexe de taches solaires numéroté 12192, d'octobre 2014 (fig. 2). On remarque que ce groupe de taches solaires est un des plus gigantesques jamais observés ayant produit plus de 6 éruptions classées X (les plus intenses) ; or, il est apparu lors du cycle 24, un cycle dont nous venons de voir qu'il est plutôt modéré et un des plus faibles du siècle qui vient de s'écouler. Un autre exemple bien connu durant le cycle 24 est celui de la double éjection de masse coronale (CME) du 23 juillet 2012. Si les deux nuages magnétiques expulsés juste à 10-15 minutes d'intervalle par le Soleil et s'étant rejoints dans l'espace, qui eux-mêmes faisaient suite à une CME ayant « ouvert la voie » 4 jours avant, avaient rencontré notre planète Terre, il est quasi certain que de fortes perturbations de nos systèmes de communications, voire de nos divers réseaux auraient été constatées au minimum (on parle de risque solaire). Heureusement, ils se sont dirigés dans la direction opposée, évitant ainsi à la Terre et à notre société technologique, à une semaine près, une période de dysfonctionnement probable.

On le voit donc, le Soleil est plein de surprises, et il est nécessaire de rentrer dans l'étude et la modélisation fines de sa dynamo et de son magnétisme de surface et de leurs impacts sur l'atmosphère solaire pour, d'une part en comprendre son fonctionnement et son état éruptif, d'autre part, idéalement, en minimiser les conséquences en l'anticipant. C'est le but de la météorologie de l'espace, une science en plein développement, qui cherche à prévoir et anticiper l'activité solaire et ses conséquences pour notre société technologique (cf. <http://www.meteo-espace.fr/fr> ; le site d'OFROME).

Dès lors, il est fondamental de comprendre quelle sera l'intensité du cycle solaire suivant (le numéro 25) car, selon son amplitude, la probabilité que le Soleil soit très actif augmente tout de même. Dans ce but, un panel d'experts s'est formé pour anticiper le cycle 25. Celui-ci sera-t-il plus ou moins fort que le cycle 24 ? Quand le maximum du prochain cycle solaire sera-t-il atteint ?

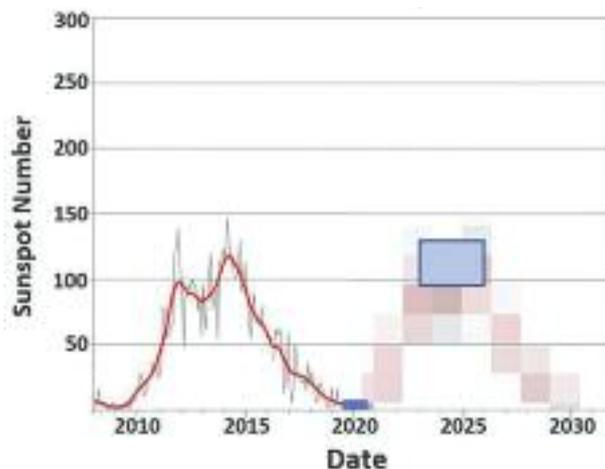
Ce panel vient de rendre une première prévision de l'activité solaire future. Avec plus de 60 prévisions compilées en utilisant toute une large gamme de modèles empiriques ou physiques et en assimilant les derniers jeux de données solaires, tel le nombre de taches solaires (voir figure 1), un consensus a été trouvé sur la prévision suivante.

Le maximum du prochain cycle 25 sera atteint entre 2023 et 2026, avec un nombre de taches compris entre 95 et 130 (en se basant sur la nouvelle échelle de taches solaires version 2 – cf. www.sidc.eu). Pour comparaison, le cycle 24 avait atteint un maximum de 116 en avril 2014 (fig. 1, panneau de droite). Il est prévu que le minimum actuel atteigne son plus bas niveau entre juillet 2019 et septembre 2020. Comme le minimum précédent était en décembre 2008, le cycle 24 aura duré entre 10,6 et 11,7 ans, soit entre 6 mois et 1,5 année de moins que le cycle 23, qui avait été particulièrement long (12,3 ans).

Nous représentons sur la figure 3 cette prévision, les zones bleues montrant l'incertitude actuelle sur la prévision. Dans quelques années, nous saurons si, par rapport au cycle 24 pour lequel la prévision avait été peu précise, plus de onze ans de travail dans le domaine de la prévision solaire auront permis d'améliorer notre capacité à anticiper l'activité future de notre étoile.

■ Dr Allan Sacha Brun

Directeur de recherche au département d'astrophysique du CEA Paris-Saclay/UMR AIM



↑ 3. Consensus des 60 prévisions collectées par le panel d'experts du cycle 25 à la suite de l'appel à contributions ouvert par la NASA/NOAA en janvier 2019. On remarque que le maximum du cycle 25 sera a priori d'amplitude proche de celui du cycle 24 (maximum atteint en avril 2014) et atteint entre 2023 et 2026. Les zones bleues représentent l'incertitude de la prévision pour le minimum et le maximum. Les zones roses indiquent les différentes trajectoires possibles. (SIDC (www.sidc.eu) voir aussi <https://www.weather.gov/news/190504-sun-activity-in-solar-cycle>)

■ CLETTE F., LEFÈVRE, L. 2012. Are the sunspots really vanishing?. Anomalies in solar cycle 23 and implications for long-term models and proxies. *Journal of Space Weather and Space Climate* 2, A06.

■ Prévision Cycle 25: www.weather.gov/news/190504-sun-activity-in-solar-cycle

■ Organisation française pour la recherche applicative en météorologie de l'espace (OFROME) <http://www.meteo-espace.fr/fr>