



Dossier

Les flammes

Des colères moins fréquentes, mais sans doute plus violentes. Voilà ce qui caractériserait le comportement du Soleil dans les décennies à venir. Pour les spécialistes en tout cas, l'astre du jour ne sort pas indemne de sa léthargie exceptionnelle de 2008 et 2009.

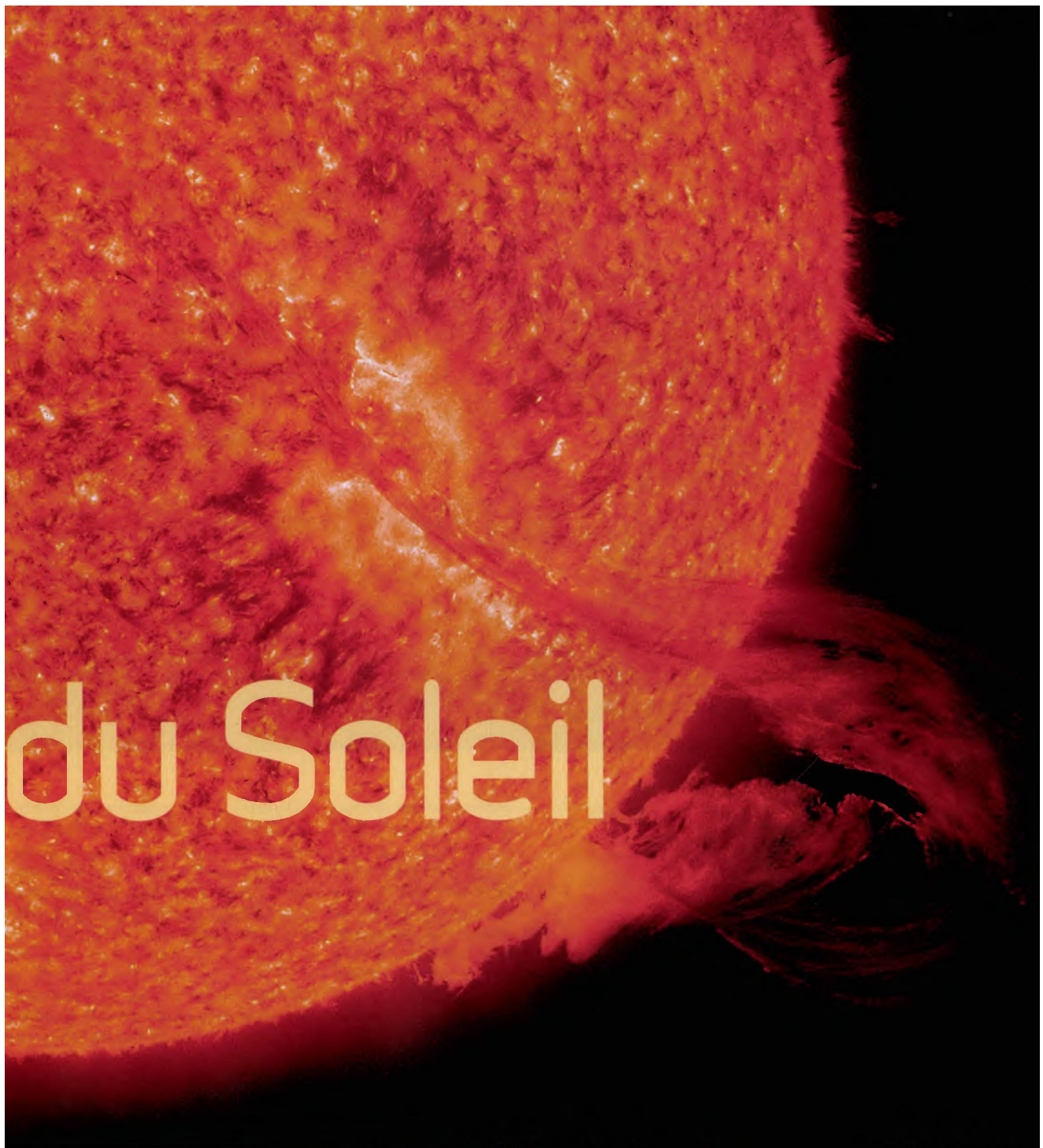
Dossier réalisé par Myriam Détruy

NASA/SOHO/EUVIS

DÉBUT 2011, le 15 février, a éclaté la plus puissante éruption solaire depuis cinq ans. Une débauche d'énergie au-dessus de la surface du Soleil a expulsé dans l'espace un énorme nuage de particules chargées. Cette spectaculaire éjection de masse coronale a atteint la Terre quelques heures après. Le 9 mars, l'astre du jour récidivait. L'éruption, à peine plus

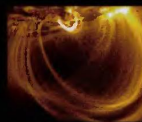
faible, s'est développée cette fois dans une direction qui a épargné notre planète. Après une période de calme particulièrement longue et déroutante, ces deux événements signifient-ils que le Soleil comble par l'excès son apathie récente ? En d'autres termes, ses colères vont-elles redoubler dans les mois qui viennent ? Pour mieux comprendre ce point, il

convient de rappeler que notre étoile possède un comportement cyclothymique. Elle alterne phases d'activité intense et périodes de grand calme, avec un intervalle moyen de 11 ans entre deux minima. Or, le dernier creux, prévu en 2006, s'est éternisé jusqu'à fin 2009. Les taches, dont l'abondance rend compte du degré d'activité du Soleil, ont été absentes de sa



du Soleil

surface les trois quarts du temps en 2008 et en 2009. Bref, notre étoile semblait "en panne", comme nous le titrions en juin 2009. Et les scientifiques de s'inquiéter : allait-on avoir affaire à un autre minimum de Maunder, pendant lequel le Soleil avait été quasiment inactif et certaines régions de la Terre plongées dans un froid sibérien (lire encadré p. 43) ?



L'imbroglio magnétique

p. 44



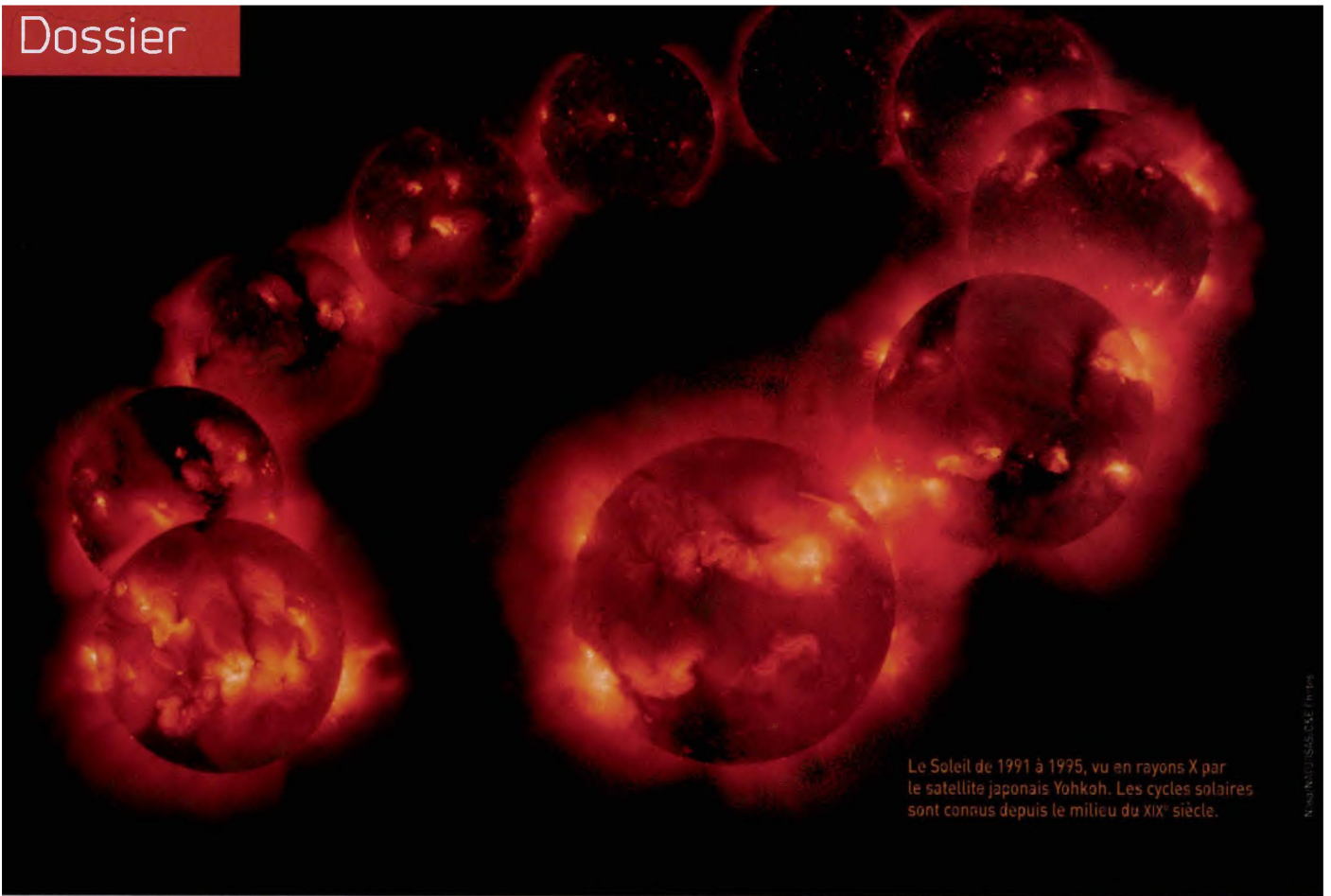
La Terre sous influence

p. 47

Après un minimum d'activité prolongé, notre étoile s'est réveillée, comme le montrent les images du satellite SDO (à gauche, le 7 mars 2011 ; à droite, le 6 décembre 2010).



Dossier



Le Soleil de 1991 à 1995, vu en rayons X par le satellite japonais Yohkoh. Les cycles solaires sont connus depuis le milieu du XIX^e siècle.

L'emballement éruptif du début 2011 éloigne une telle perspective. Pour autant, quel sera le comportement du Soleil au cours de ce nouveau cycle et faut-il s'en inquiéter ? "Le cycle 24 ⁽¹⁾ sera le plus faible qu'on ait vu depuis deux siècles, considère David Hathaway, spécialiste de physique solaire au Marshall Space Flight Center. Il a mis longtemps

Des éruptions, mais un cycle plus faible au global

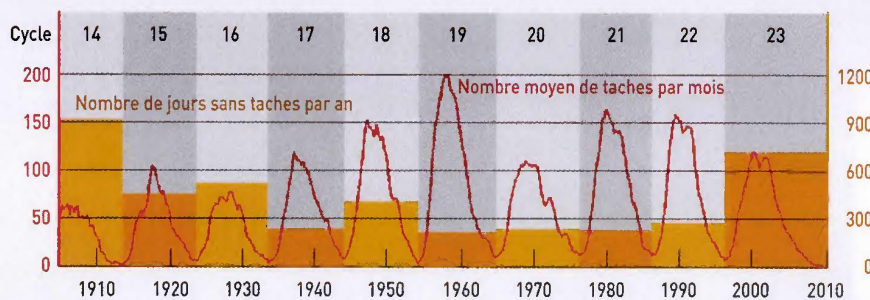
à démarrer et devrait atteindre son maximum mi-2013." D'après les prédictions d'un panel de scientifiques, le Soleil montrera alors une moyenne de 90 taches par mois, alors que celle du maximum précédent était de 121. "Nous pourrions même revoir cette valeur à la baisse, annonce Douglas Biesecker, de la NOAA ⁽²⁾. C'est en tout cas le nombre le plus

faible depuis 1928 : le maximum du cycle 16 fut alors de 78." D'autres prédictions voient encore plus bas : en avril, David Hathaway, qui met à jour chaque mois ses données sur le site <http://solarscience.msfc.nasa.gov>, annonçait un maximum de 62 pour juillet 2013.

Des colères rares mais violentes

Le chiffre exact ne peut être confirmé avec certitude, mais les astronomes savent d'ores et déjà qu'une valeur faible est associée à une baisse générale d'activité. Les phénomènes violents qui se produisent à la surface du Soleil, notamment les éruptions, seront moins fréquents. "Mais ces événements pourront être très intenses", ajoute Douglas Biesecker. En période de faible activité, le vent solaire, ce flux de particules qui s'échappe en continu de l'étoile, est également moins dense et moins rapide. "En fait, les trous coronaux, les lignes de champ magnétique ouvertes par lesquelles sont libérés les vents rapides, se font alors plus rares, indique Allan Sacha Brun, du CEA (Commissariat à l'énergie atomique). Les particules solaires ont ainsi plus de mal à s'échapper."

Les taches, un compteur pour l'activité du Soleil



Au début du XX^e siècle, le Soleil a déjà connu une phase d'apathie dans les années 1920, lors du cycle 16. Certains chercheurs pronostiquent un calme encore plus grand pour le cycle 24, que nous entamons.



L'art de reconstituer les cycles solaires

C'est un pharmacien allemand, observateur éclairé, Heinrich Schwabe, qui commença à inventorier les taches solaires. Ses observations réalisées entre 1826 et 1843 furent transmises au directeur de l'observatoire de Zurich, Rudolf Wolf. Celui-ci entreprit d'étudier l'activité solaire passée en complétant ces données par celles d'autres observatoires européens. Il mit en évidence un maximum de taches qui se produit tous les 11 ans environ, baptisé aujourd'hui cycle de Schwabe. Wolf, lui, a laissé son nom à un indice de l'activité mensuelle du Soleil, le nombre de Wolf⁽¹⁾. Les taches solaires n'ayant été recensées qu'à partir de 1610, d'autres méthodes ont vu le jour pour reconstituer les cycles antérieurs. Ainsi, la présence de carbone 14 dans les cernes des arbres, ou encore celle de béryllium 10 dans les carottages glaciaires sont de bons indices

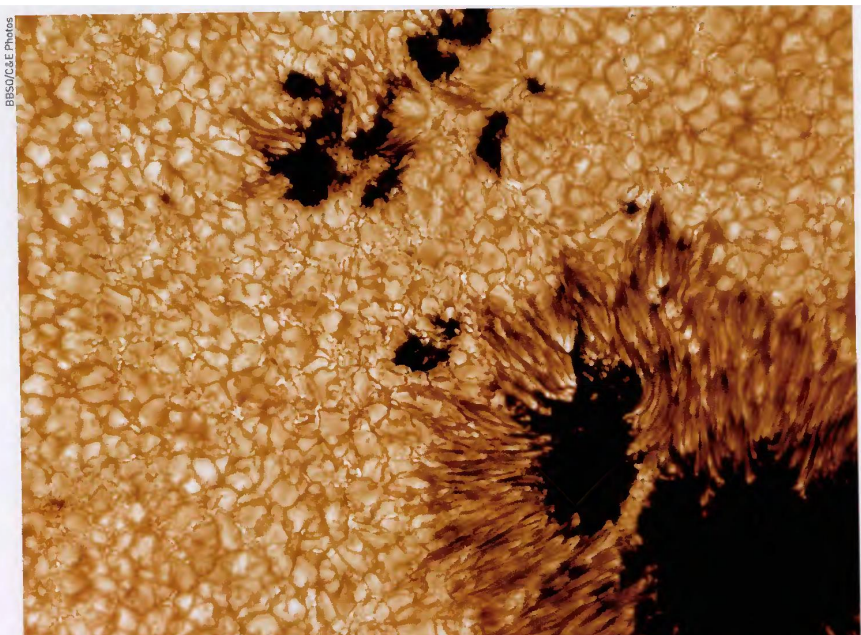
pour déterminer l'intensité du champ magnétique solaire sur plusieurs dizaines de milliers d'années. En effet, quand ce champ est faible, son effet de bouclier contre les rayons cosmiques diminue. Ces particules pénètrent alors dans le Système solaire et atteignent davantage l'atmosphère terrestre. Elles y forment des isotopes du béryllium et du carbone, qui se déposent ensuite à la surface de notre planète. Cependant, même avec une plus longue chronologie des cycles solaires, les prédictions ne sont pas évidentes. "Nous avons comparé huit méthodes inspirées par ces études pour faire des prédictions pour le cycle 24 actuel, indique Roman Brajša, de l'observatoire de Hvar, en Croatie. Nous avons conclu que son maximum serait inférieur de 15 à 50 % par rapport à celui du cycle 23."

(1) Indice qui prend en compte à la fois le nombre de taches et le nombre de groupes de taches.

Est-ce à dire que le Soleil entame une nouvelle période, plus calme, de sa vie ? L'histoire de l'activité solaire, reconstituée avec une bonne précision sur quelques siècles, montre qu'une basse d'activité n'a rien d'exceptionnel. Sur les 24 cycles répertoriés depuis 1745, cinq affichent un maximum inférieur à 90 taches solaires mensuelles. D'après les observations et les statistiques, les deux suivants, 25 et 26, devraient avoir une activité du même acabit. Toutefois, étant donné que le Soleil vient de montrer qu'il n'était pas réglé comme une horloge, un doute subsiste. "La longue période calme de 2008-2009 montre qu'il est complexe de prédire l'activité solaire, constate Allan Sacha Brun. C'est du même ordre de difficulté que prévoir la météo. Le Soleil est un ensemble de masses fluides, turbulentes, avec de nombreux processus physiques qui agissent entre eux. On ne peut en déduire des modèles simplistes." À commencer par les onze années que durerait un cycle solaire, comme l'a déterminé Rudolf Wolf au XIX^e siècle après avoir étudié les statistiques des taches solaires (voir encadré ci-dessus).

Cette vue d'une tache solaire est l'une des images impressionnantes obtenues à l'observatoire américain Big Bear, en Californie. Ce zoom rapproché révèle aussi les zones de convection qui agitent la surface bouillonnante de notre étoile.

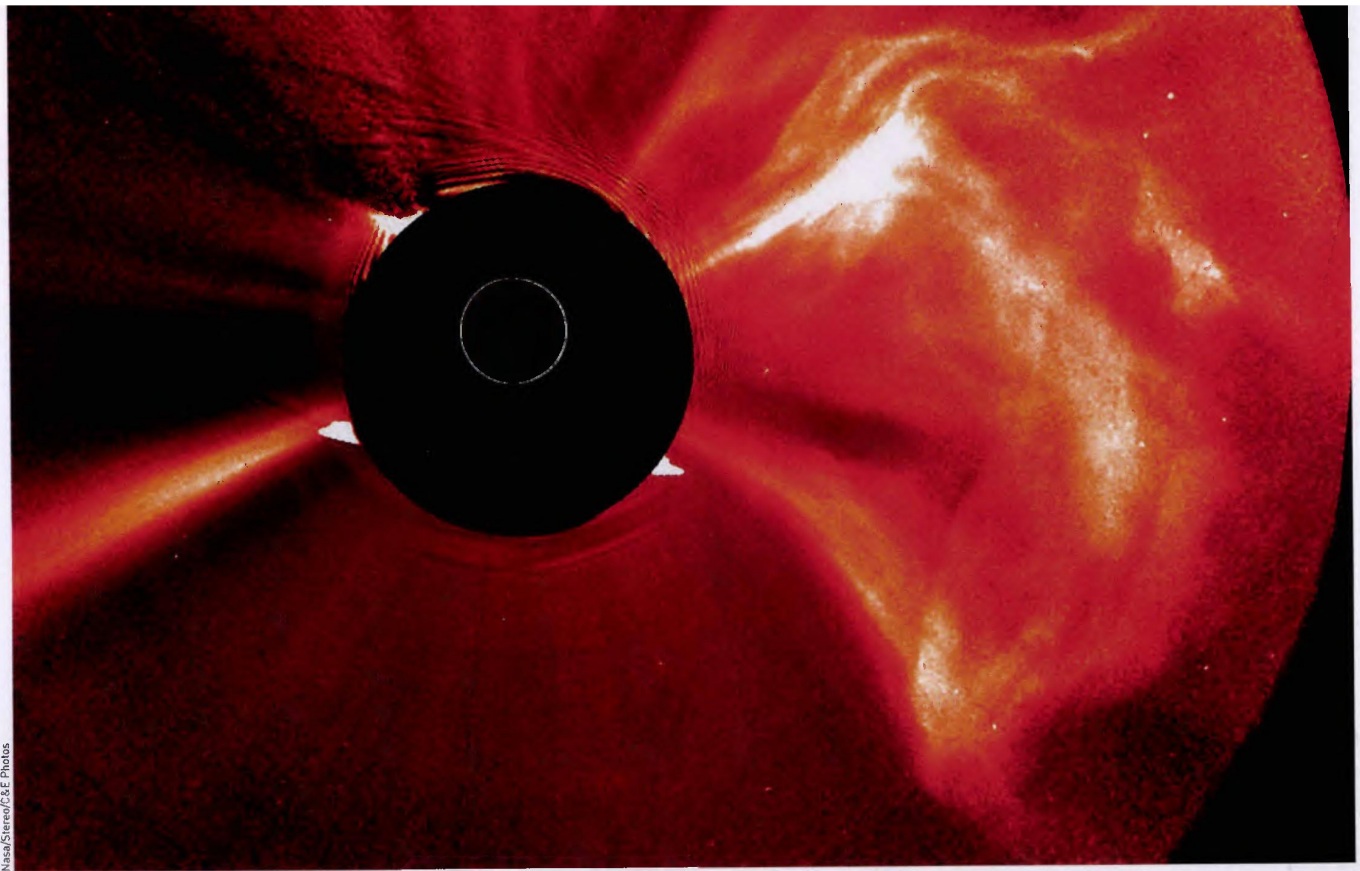
BBSO/CAE Photos



"L'activité solaire n'est pas aussi régulière que le terme cycle le laisse entendre, remarque Frédéric Baudin, de l'Institut d'astrophysique spatiale. Le nombre de taches est très variable au cours du temps. Pour certains cycles, on pourrait voir qu'il y a deux maxima. Souvent, aussi, la montée est plus rapide que la descente. En fonction de ces phénomènes, la durée d'un cycle varie entre 8 et 9 ans, au minimum, et 14 ans au maximum."

Comprendre l'intérieur du Soleil

Pour Keith Strong, du Goddard Space Flight Center, le nombre de taches est une donnée insuffisante afin de caractériser les cycles. "Les taches ne représentent que 20 % de l'activité solaire totale, et leur nombre ne reflète pas les disparités qui existent entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud de notre étoile. Depuis le début du cycle 24, on observe des taches principalement au nord, tandis que l'activité au sud a démarré bien plus tard." Au Marshall Space Flight Center, David Hathaway a choisi une technique différente afin d'établir des prédictions. Il note les changements du champ magnétique terrestre, qui se contracte ou se dilate sous l'effet des particules émises par le Soleil lors d'éruptions. En 2006, les résultats publiés annonçaient un cycle 24 de forte intensité. Depuis, David Hathaway a fait son *mea culpa*. [suite page 43]



Nasa/Sterner/C&E Photos

"J'ai supposé qu'en 2006, le Soleil avait presque atteint son minimum d'activité, ce qui est en réalité arrivé deux ans plus tard. J'ai alors refait des observations qui ont donné des résultats différents", précise le chercheur.

Plusieurs scientifiques pensent qu'une méthode de recherche plus en profondeur pourrait apporter des données plus fiables. Avec l'héliosismologie, ils peuvent remonter à la source de l'activité solaire, là où est généré le champ magnétique (voir article p. 44). "Les oscillations qui se propagent dans le Soleil portent la signature des milieux qu'elles ont traversé, explique Frédéric Baudin. Nous savons depuis 1985 que la fréquence de ces oscillations fluctue au cours des cycles. Lors du dernier minimum, ces fréquences ont varié de manière inhabituelle. Pour l'instant, nous avons du mal à décrire ce qui se passe à l'intérieur du Soleil, mais nous travaillons sur le sujet, notamment avec les données de Soho, ainsi que celles des réseaux Gong ou Bison." ●

(1) C'est le 24^e cycle depuis 1745, date où on a commencé à les répertorier.

(2) National Oceanic and Atmospheric Administration.

+ W À consulter sur Internet

Le site de l'observatoire royal de Belgique relate quotidiennement l'activité solaire : <http://sidc.oma.be>

Trois minima historiques

LE MINIMUM DE SPÖRER

Repéré grâce à l'abondance de carbone 14 dans les cernes des arbres (lire encadré p. 41), ainsi qu'au faible nombre d'aurores boréales, le minimum de Spörer a duré 150 ans, de 1420 à 1570. Sur Terre, cette période a coïncidé avec de grands froids.

LE MINIMUM DE MAUNDER

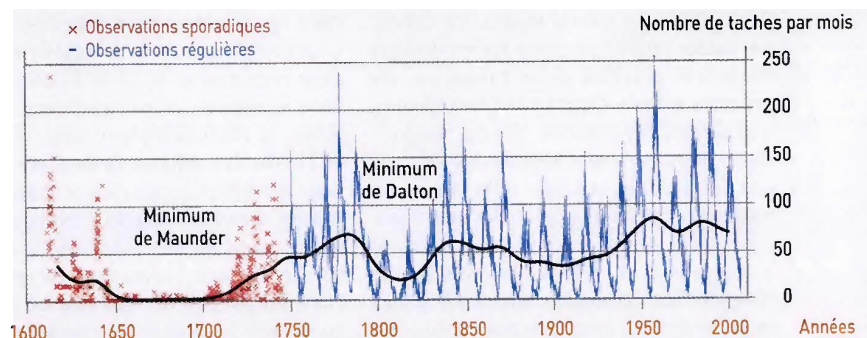
C'est l'irrégularité historique : entre 1645 et

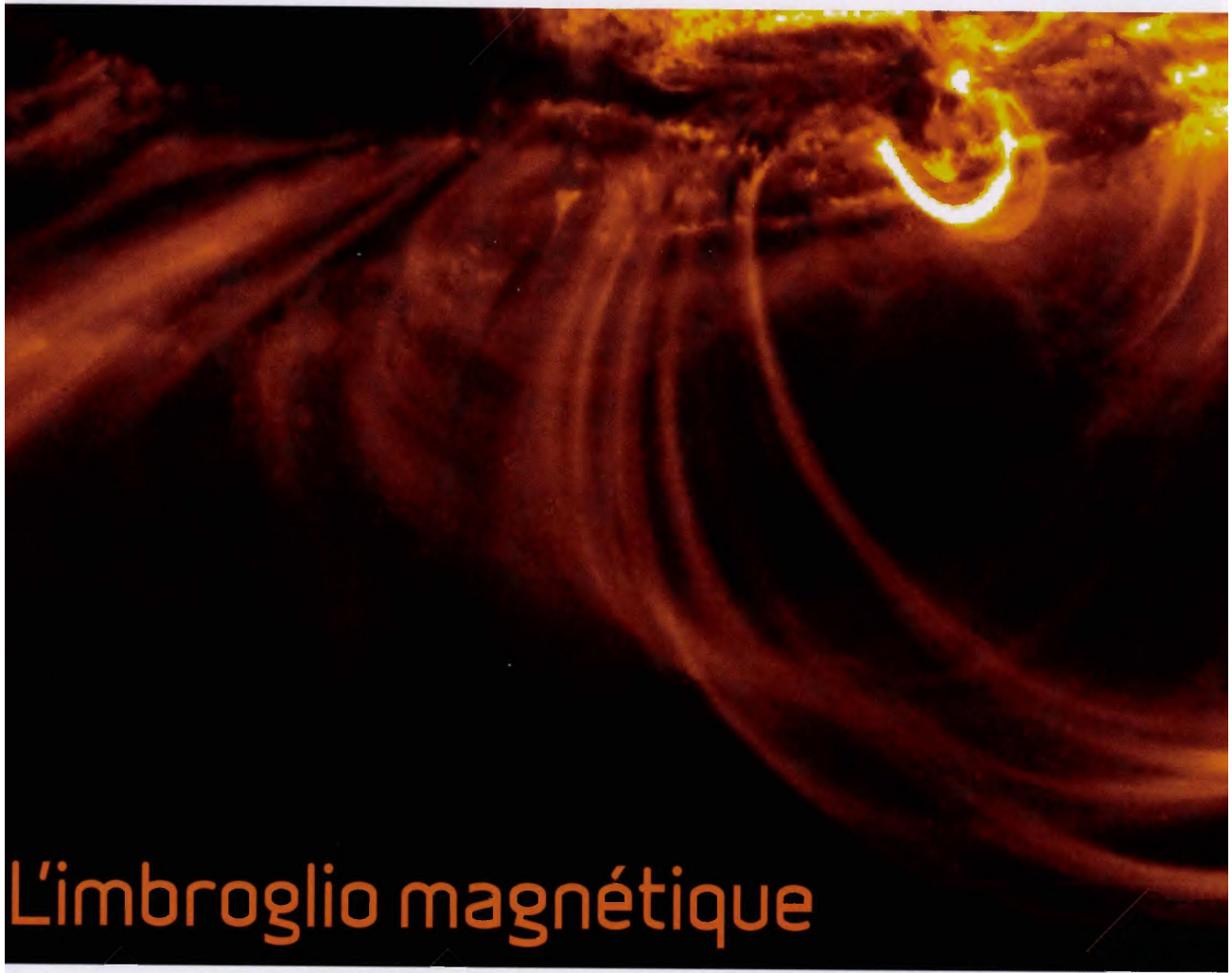
1715, le nombre de taches solaires observées est quasiment nul. Les aurores boréales sont également peu nombreuses (lire p. 48). Sur Terre, le minimum de Maunder s'inscrit dans une période, plus large, de grands froids : le "petit âge glaciaire", qui s'étend entre la fin du XVI^e siècle et celle du XVIII^e siècle. Des mesures ont estimé que pendant cette phase d'inactivité solaire, les températures annuelles

en Europe et en Amérique du Nord avaient diminué de 1°C — mais avaient augmenté en Alaska et dans l'Atlantique Nord.

LE MINIMUM DE DALTON

De 1790 à 1830, le nombre de taches solaires fut inhabituellement bas, mais plus élevé que lors du minimum de Maunder. Sur Terre, une baisse des températures a été observée à plusieurs endroits.





L'imbroglie magnétique

L'origine de l'activité solaire se cache en profondeur. À plusieurs dizaines de milliers de kilomètres sous la surface du Soleil naît le champ magnétique qui gouverne les colères de notre étoile. Une région inaccessible directement, que les scientifiques tentent de comprendre.

EN 2008 et 2009, après un cycle 23 en fanfare, le Soleil a montré une surface parfaitement lisse durant 527 jours. Pendant cette période, son champ magnétique s'est affaibli et les éruptions solaires ont été plus rares et plus faibles. Autour de la Terre, la météo spatiale a connu un calme relatif et, pour les chasseurs d'aurores polaires, ce ne furent pas de grandes années. Quant aux scientifiques, qui savent bien que le champ magnétique de notre étoile est imprévisible, ils ont été étonnés par une telle baisse de régime, ce qui les a conduits à s'interroger à nouveau sur les mécanismes régissant le cycle solaire. *"Toutes les manifestations de l'activité solaire, comme les taches et les éruptions, sont directement liées au*

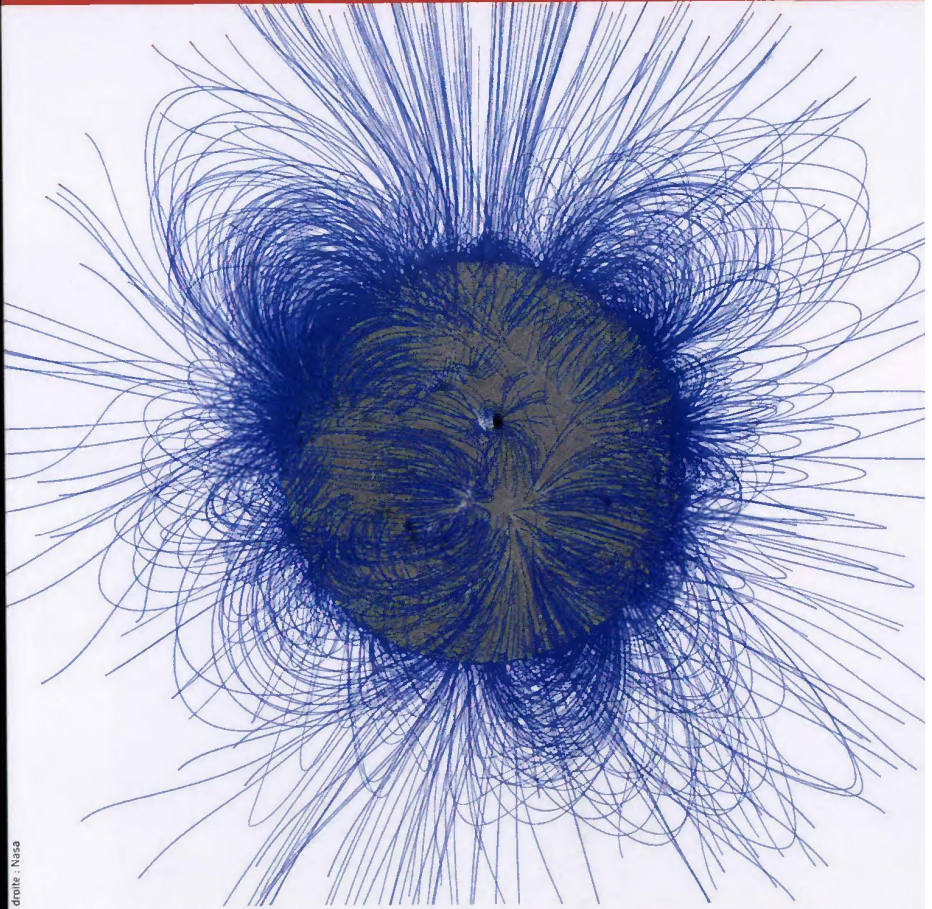
magnétisme de l'étoile, résume Guillaume Aulanier, chercheur au Lesia⁽¹⁾. *Celui-ci a aussi pour effet de moduler le flux de rayons cosmiques, même si ces derniers ne proviennent pas du Soleil."*

Ce champ magnétique prend naissance dans les couches profondes de l'étoile — probablement à la frontière entre la zone radiative et la zone de convection (voir schéma ci-contre). Dans la première, la chaleur intense issue du cœur de l'étoile (15 millions de degrés) se propage par diffusion vers les couches supérieures. Dans la seconde, c'est la matière qui, en se déplaçant, achemine la chaleur vers la surface. La matière en question étant un plasma (un gaz chargé électriquement), les lignes de champ magné-

tique du Soleil naissent au contact de ces deux zones. Ce que les astronomes voient, c'est uniquement la surface de la zone de convection. Leurs observations indiquent que le plasma est non seulement animé par des mouvements de convection (comme ceux de l'eau qui bout dans une casserole), mais aussi par des mouvements de circulation à grande échelle, semblables à des tapis roulants. C'est à ces courants méridionaux que se sont intéressés les scientifiques pendant l'inhabituel minimum solaire, pensant y trouver l'origine des irrégularités du cycle. Le plasma qui circule sous la surface plongerait à l'intérieur lorsqu'il arrive vers les pôles et ressortirait au niveau de l'équateur. L'équipe de Dibyendu Nandy



Nasa/OSFC, Adroffe - Nasa



Ci-dessus : une modélisation du champ magnétique solaire, réalisée à partir des données du satellite Soho. Lors d'une éruption, la matière éjectée tend à suivre les lignes de ce champ magnétique, ce qui nous permet de les visualiser (photo de gauche, prise dans l'ultraviolet).

(Institut indien des sciences de l'éducation et de la recherche) a publié en mars un modèle relatif aux courants méridionaux. Selon elle, leur vitesse a varié au cours du cycle : rapides pendant la première moitié, ils ont ralenti pendant la seconde, ce qui a eu pour conséquence une diminution de l'activité solaire. "Mais

ce modèle n'est pas corrélé par nos observations avec le satellite Soho, publiées en mars 2010, rétorque David Hathaway, du Marshall Space Flight Center. La vitesse des courants méridionaux lors du cycle précédent était bien plus rapide au minimum qu'au maximum." Pour lui, un courant rapide engendre un faible champ magnétique et, par conséquent, un petit nombre de taches solaires.

La controverse fait rage dans la communauté scientifique. "Le problème, pour l'étude de ces courants méridionaux, est que nous n'avons observé aucune trace du courant de retour, souligne Frédéric Baudin, de l'IAS. Alors que le courant aller se situe sous la surface, il se peut que ce retour soit bien plus

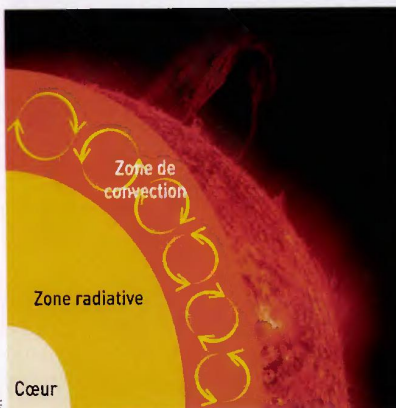
profond, vers la base de la zone de convection." Pour Allan Sacha Brun, du CEA, les paramètres choisis par Dibyendu Nandy afin de construire le modèle informatique sont trop restrictifs. "Même si ces résultats sont à prendre en compte, l'explication qui en résulte est peut-être un peu trop simpliste. Il n'y a pas que la circulation

méridionale qui entre en jeu, mais plusieurs processus qui interagissent les uns avec les autres. Il faudrait appliquer ces paramètres à d'autres étoiles, similaires au Soleil, pour tester le modèle."

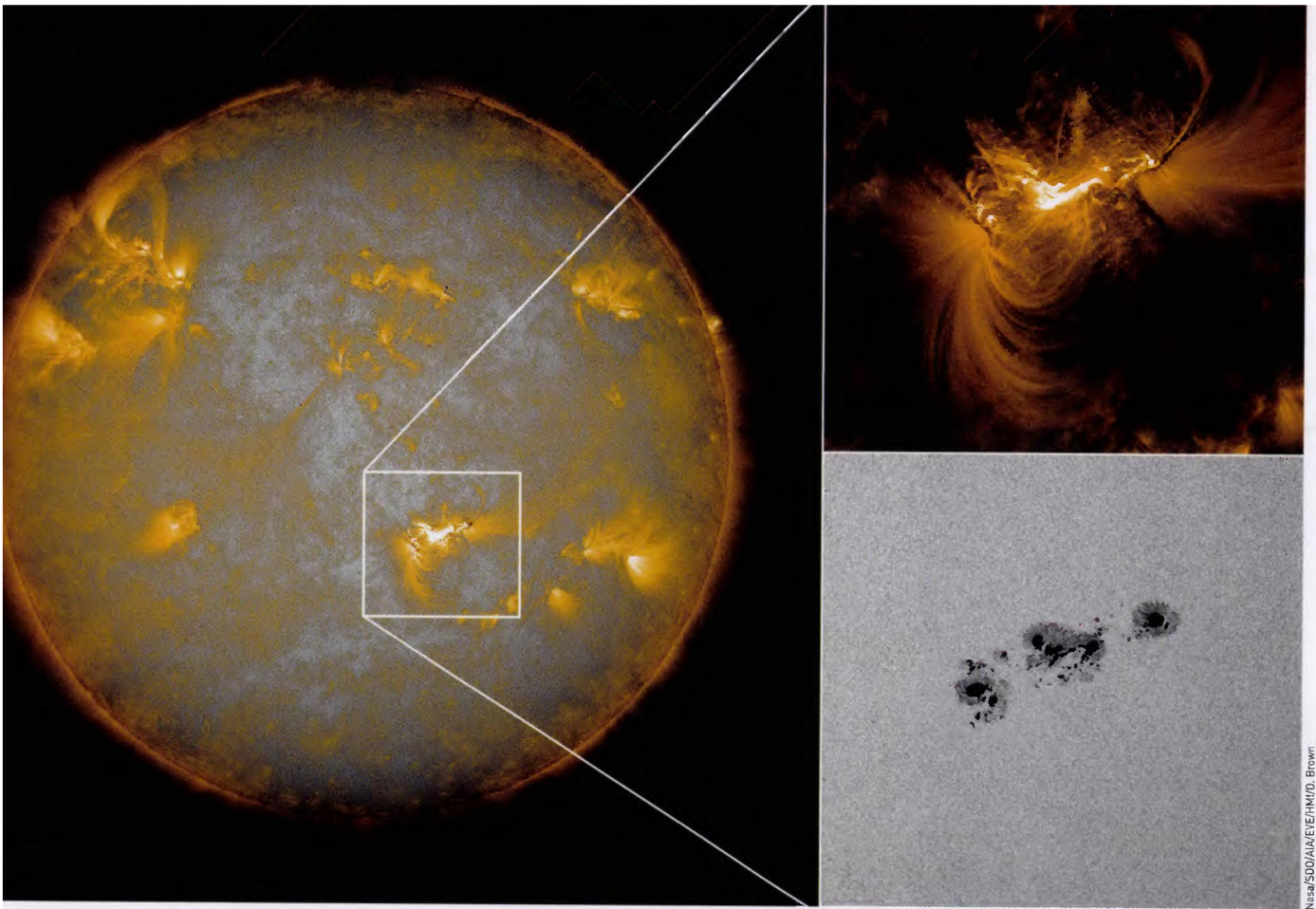
L'idée d'observer d'autres étoiles afin de voir si elles étaient aussi cycliques que la nôtre remonte à plusieurs décennies. L'Américain Olin Wilson commença en 1966 l'étude de 91 étoiles de type solaire. Vu leur éloignement, il n'était pas possible de compter les taches à leur surface (s'il y en avait). En revanche, l'étude

D'immenses courants de plasma mis en cause

Seule la zone de convection nous est accessible directement, une région où la matière est brassée par de grands mouvements de circulation.



DR



Nasa/SDO/AIA/EVE/HMI/VD. Brown

Ce portrait du Soleil, le 15 février 2011, a été dressé à partir des différentes données recueillies par SDO. En haut, à droite : la région active AR 11158 (en bas) est vue en rayons X.

de leur lumière fournissait des indications fiables sur leur activité. Après onze ans d'observation, Olin Wilson distinguait trois groupes d'étoiles, à peu près équivalents en nombre. Le premier présentait des cycles analogues à ceux de 11 ans du Soleil, le deuxième semblait très calme ou connaissait une faible période d'activité, semblable au minimum de Maunder, et le troisième apparaissait complètement chaotique. "Cette étude a montré qu'il y avait de nombreuses étoiles présentant des cycles semblables à ceux du Soleil, explique Frédéric Baudin. Les recherches suivantes ont confirmé ce qui était pressenti : plus une étoile est jeune, plus sa rotation est rapide, ce qui crée un champ magnétique intense et une forte activité." En milieu de vie, le

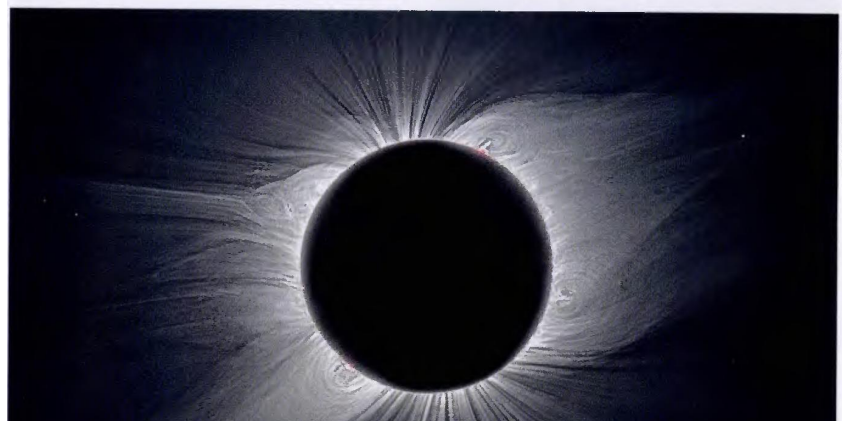
Soleil semble faire partie de la norme. "Mais ce n'est pas toujours aussi simple, poursuit Frédéric Baudin. Le satellite Corot a observé plusieurs étoiles un peu plus massives ou plus âgées que le Soleil, qui étaient en rotation rapide. Il y a donc d'autres paramètres à prendre en compte pour expliquer l'activité stellaire."

Le satellite français Picard, lancé en juin 2010, doit nous aider à mieux comprendre la variabilité de notre étoile. Sa mission

durera deux ans. Ses mesures de l'éclairement total du Soleil et de son diamètre devraient, entre autres, nous renseigner sur le fonctionnement de la zone de convection. "Il y a une succession de phénomènes que l'on explique de manière indépendante les uns des autres, souligne Guillaume Aulanier. L'enjeu est aujourd'hui de saisir de quelle façon ils s'articulent entre eux." ●

(1) Lesia : Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique.

Une éclipse totale de Soleil (ici, le 1^{er} août 2008) nous permet de voir la couronne, qui s'étend sur des millions de kilomètres.



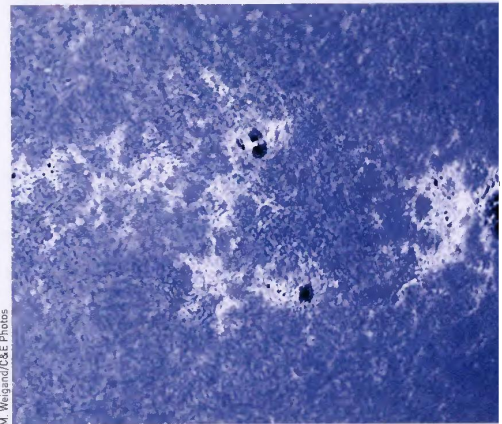
M. Dracmuller/ESA Photos



La Terre sous influence



J.-L. Dauvergne/C&E Photos



M. Weigand/C&E Photos

Les facules claires entourant les taches brillent davantage que la surface solaire en général, et compensent ainsi le déficit de lumière dû à ces zones sombres. Cela explique qu'en période de forte activité solaire, la quantité de rayonnements reçus par notre planète augmente, et ce même si la surface de notre étoile est constellée de taches.

le climat : les gaz à effet de serre, les éruptions volcaniques et l'activité solaire." Pour cette dernière, il est généralement admis qu'elle fait varier la température globale de 0,1°C. "L'impact de l'activité solaire n'a l'air de rien du tout, commente Gérard Thuillier, mais il faut tenir compte des variations régionales, comme nous l'avons observé pendant le minimum de Maunder. Elles sont notamment liées au relief et aux courants océaniques."

Le minimum de Maunder, cette anomalie dans l'historique des cycles solaires, est donc revenu au premier plan comme sujet d'étude. À l'Institut de recherche de Potsdam (Allemagne) sur les effets du changement climatique, Georg Feulner et Stefan Rahmstorf ont estimé qu'un épisode similaire aujourd'hui diminuerait tout au plus la température globale de 0,3°C, alors que les modèles actuels prévoient une augmentation de plusieurs degrés à l'horizon 2100.

Par ailleurs, l'inactivité du Soleil pendant le minimum de Maunder ne semble plus aussi évidente. "Nous avons bien retrouvé le cycle de onze ans dans les concentrations de béryllium 10 mesurées sur les carottages glaciaires [et liées à l'activité magnétique, NDLR ; lire encadré p. 40]. Même si, avec peu de taches visibles, l'activité de surface ne semble pas évidente, la dynamo

→ Zoom

Théorie de Milankovitch : Selon Milutin Milankovitch, l'ensoleillement terrestre varie sur des dizaines de milliers d'années en fonction de la variation de paramètres orbitaux de la Terre. Il en résulte une alternance de périodes de refroidissement et de réchauffement (grandes glaciations et périodes interglaciaires).

Que signifie une baisse de l'activité solaire pour notre planète ? Peut-être, un refroidissement sur toute l'atmosphère. Mais la démonstration est loin d'être évidente à la surface de la Terre, marquée aussi par les activités humaines.

SUR le banc des prévenus, le Soleil attend le verdict. Joue-t-il ou non un rôle dans le réchauffement climatique ? D'après le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), il est moindre que celui de l'effet de serre, d'origine humaine. Mais le consensus ne règne pas au sein de la communauté scientifique à ce sujet. Si les grands cycles prédits par la théorie de Milankovitch (**Zoom**) sont reconnus, il n'est pas de même pour les variations de l'activité solaire observées sur l'échelle de quelques siècles. Certes, les minima de Spörer, de Maunder et de Dalton (lire

p. 43) ont coïncidé avec des périodes de grands froids. Cependant, s'il existait une relation directe entre activité solaire et température globale (moyenne à l'échelle de la Terre), on observerait des phases de refroidissement tous les 11 ans, à chaque minimum, ce qui n'est pas le cas ! En réalité, la variation de l'éclairement reçu n'est comparable ni en durée, ni en amplitude avec celle des minima historiques.

"Attention, il faut bien distinguer le réchauffement actuel des événements climatiques passés, prévient Gérard Thuillier, du Service d'aéronomie du CNRS. À l'échelle historique, trois agents majeurs modifient

L'activité solaire n'est qu'un facteur parmi d'autres



Un Soleil actif, c'est...

... du grand spectacle

Les aurores polaires sont le plus bel indice de l'activité solaire. Quand le flux de protons et d'électrons émis par notre étoile rencontre le champ magnétique terrestre, ces particules filent le long des lignes du champ magnétique pour pénétrer aux hautes latitudes dans l'atmosphère de la planète. Elles entrent alors en collision avec les atomes de celle-ci, créant dans le ciel de magnifiques draperies lumineuses, visibles à l'œil nu. "La fréquence des aurores est un bon indicateur pour la reconstitution des cycles solaires, y compris avant que les taches ne soient recensées, indique l'astronome Gérard Thuillier. Pendant le minimum de Maunder, par exemple, peu d'aurores ont été observées."

... du grand ménage

Ce qu'il y a de bien quand le Soleil s'énerve, c'est qu'il active le nettoyage de l'orbite terrestre... La chute des débris spatiaux s'accélère car les particules solaires qui nous atteignent en quantité augmentent la densité de l'atmosphère. Du coup, les objets sur orbite sont soumis à davantage de frottements et perdent plus vite de l'altitude. Mais c'est

aussi le cas pour les équipements en service, satellites ou station spatiale : "En moyenne, un satellite situé à 700 km d'altitude met 70 ans à retomber naturellement, rappelle

Gérard Thuillier. À haute altitude, le temps de résidence est encore plus long." Des manœuvres permettent de remonter ces équipements, si nécessaire.

solaire peut cependant fonctionner et produire un champ magnétique qui varie", remarque Allan Sacha Brun, du CEA. Une équipe menée par Karel Schrijver (Lockheed Martin Advanced Technology Center, Californie) a montré que l'irradiance totale du Soleil, c'est-à-dire son rayonnement émis vers la Terre dans toutes les longueurs d'onde, avait peu varié au cours du minimum de 2008-2009 car l'étoile conserve une activité magné-

tique interne. Par extension, les chercheurs supposent que d'autres facteurs, en dehors de l'irradiance, ont joué un rôle dans le refroidissement de certaines régions lors du minimum de Maunder.

À l'université de Reading, en Grande-Bretagne, Mike Lockwood a regardé du côté du jet-stream, un courant atmosphérique présent dans chaque hémisphère terrestre, et sous lequel, au nord, se trouve l'Europe. Le déplacement du jet-stream dépend de la structure de la stratosphère. Le Soleil agit directement sur cette région située à 20-50 km d'altitude, via son rayonnement ultraviolet, lui-même fonction de l'activité de l'étoile. Mike Lockwood a démontré qu'en période de faible activité, le jet-stream formait des méandres qui bloquaient les vents d'ouest

et laissaient passer les vents froids venus de l'Arctique. Les températures sibériennes ont ainsi plongé l'Europe dans un petit âge glaciaire, mais des conditions bien plus clémentes ont été observées ailleurs dans le monde.

Le Soleil aurait agi alors sur la circulation des vents en Europe

Le rôle des ultraviolets solaires a également été examiné de plus près. En effet, ce rayonnement influe sur la composition chimique de l'atmosphère terrestre. Quand il diminue, la quantité d'ozone (composant qui participe à l'effet de serre) baisse en conséquence. S'il y a moins d'ozone, la température en altitude et au sol diminue elle aussi. Or, ce n'est pas ce qui a été observé en 2008 et 2009. Judith Lean, du Naval Research Laboratory, en fournit une explication : le rayonnement ultraviolet émis par le Soleil a certes diminué,

Des vidéos à voir sur Internet

Découvrez la surface du Soleil en mouvement grâce aux films du satellite SDO : <http://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/youtube.php>

À écouter sur www.cieletespaceradio.fr/juin.735

Au cœur du Soleil et des étoiles, turbulences, vibrations et musique avec Sacha Brun
Soleil : les derniers secrets de notre étoile avec Jean-Paul Zahn

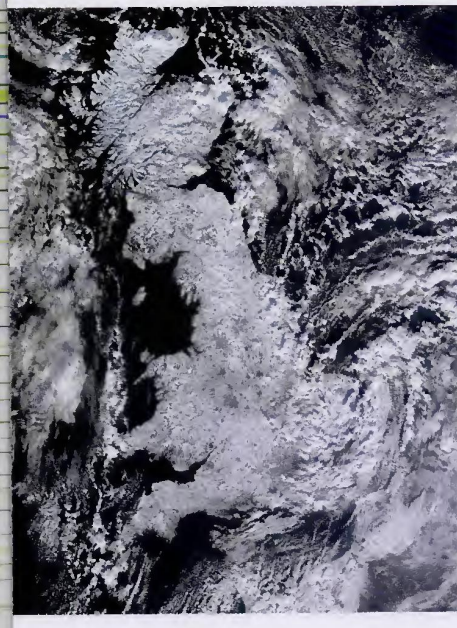


Les aurores naissent de l'interaction des particules solaires avec l'atmosphère de notre planète, au niveau des pôles.

En revanche, lors d'une faible période d'activité solaire, ils courent des risques supplémentaires : comme les millions de débris spatiaux se maintiennent en orbite, leur densité s'accroît, et avec elle le danger d'une collision.

... de la grande pagaille électromagnétique

Un Soleil actif peut aussi provoquer d'importantes coupures de courant et perturber les télécommunications. Le 1^{er} septembre 1859, lors de la plus violente éruption solaire jamais enregistrée, les systèmes télégraphiques ont été perturbés dans le monde entier. Des témoignages rapportent que des poteaux se sont mis à faire des étincelles, que des télégraphistes ont reçu des décharges électriques et que des feuilles de papier ont pris feu. La veille, l'astronome anglais Richard Carrington avait observé l'apparition d'un grand groupe de taches solaires, d'où s'était échappé un immense bulbe de lumière blanche, visible moins d'une minute. Le Soleil était alors au maximum d'un cycle qui n'avait rien de virulent : le nombre moyen de taches solaires atteignait alors 90 par mois — soit du même ordre que les prédictions pour le cycle actuel. Une faible activité ne garantit donc pas l'absence d'événements violents. Ils sont simplement plus rares.



Nasa/ArcticOAE Photos

Un Soleil assagi ne signifie pas pour autant un retour des grands froids, comme le "petit âge glaciaire" qu'a vécu le XVII^e siècle (ci-contre : la Grande-Bretagne sous la neige, le 7 janvier 2010).

Mais, dans le même temps, le rayonnement visible augmentait. La Terre a donc quand même reçu de bonnes doses de chaleur. Mais pour l'instant, aucune autre observation n'est venue corroborer ses résultats.

Ces études confirment, s'il en était besoin, que les relations Terre-Soleil n'ont rien de simple. "Tous ces modèles, ces chiffres doivent être pris avec précaution, souligne David Hathaway, du Marshall Space Flight Center. Et, en ce qui concerne réchauffement actuel, il faut bien sur les grandes origines terrestres du, parmi lesquelles figurent aujourd'hui les éruptions volcaniques et l'augmentation de la quantité de gaz carbonique dans l'atmosphère." ●