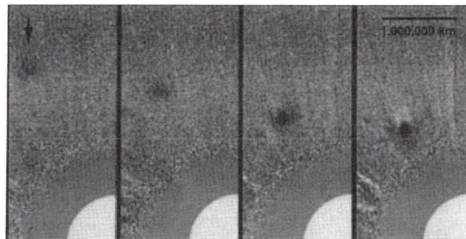

L'astronomie dans le monde

A contre-courant vers le Soleil

Il arrive qu'une fraction de la matière éjectée lors d'éruptions solaires importantes (les « éjections coronales de masse ») retombe au lieu de s'égailler dans l'espace interplanétaire. Mais, depuis le lancement de la sonde Soho, un projet commun à l'ESA et à la NASA¹, on peut assister fréquemment à la chute spontanée de globules de gaz ionisé, comme dans le cas de l'image ci-jointe. Il semble que ces curieux phénomènes soient associés à l'évolution du champ magnétique local.



Un « blob » de plasma tombe vers le Soleil. Les images ont été prises par Soho d'heure en heure.
(© Soho/NASA)

Soho révèle comment les taches solaires étranglent le Soleil

Selon note d'information ESA

C'est aussi la sonde Soho qui nous a révélé que les taches solaires sont de gigantesques tourbillons dans lesquels plongent les gaz chauds situés à la surface du Soleil, atteignant des vitesses jusqu'à 4000 kilomètres/heure.

Les spécialistes du Soleil savent depuis longtemps que les champs magnétiques intenses localisés dans les taches solaires étranglent le flux qui monte normalement de l'intérieur, ce qui laisse la tache solaire plus froide et donc plus foncée que ce qui l'entoure. La convergence des flux de gaz autour d'une tache, découverte par Soho, explique la concentration des champs magnétiques et la durée d'existence des taches, qui peut être de plusieurs jours ou semaines.

Selon Bernhard Fleck, responsable scientifique de Soho, « L'origine et la stabilité des taches solaires est depuis longtemps l'un des mystères de la physique solaire. Je suis ravi de constater que nous commençons, grâce à Soho, à le percer. »

Les flux de gaz qui se trouvent autour et en dessous d'une tache solaire ont été détectés par une équipe de chercheurs travaillant aux Etats-Unis à l'aide de l'instrument à imagerie Doppler Michelson (MDI) de Soho. Cet instrument explore l'intérieur du Soleil en mesurant les ondes sonores enregistrées au niveau d'un million de points répartis sur la surface du Soleil.

« Cela fait des années que des théories contradictoires s'opposent au sujet des taches solaires. Le MDI de Soho nous indique enfin ce qui se produit réellement » déclare Junwei Zhao, de l'Université de Stanford en Californie, auteur principal d'un rapport publié dans l'*Astrophysical Journal*. L'hypothèse de l'existence de flux entrants et de flux descendants similaires à ceux qui sont aujourd'hui observés par Soho avait déjà été envisagée en 1974 par Friedrich Meyer, de l'Institut Max Planck de physique et d'astrophysique (Allemagne), et ses collègues. De même, une théorie similaire a été avancée en 1979 par Eugene Parker, qui travaille à Chicago (Etats-Unis).

¹La NASA a lancé Soho en décembre 1995. Devant le succès de la mission, l'ESA et la NASA ont décidé en 1998 de prolonger l'exploitation de Soho jusqu'en 2003.

« Nos observations semblent apporter une preuve solide à l'appui de ces deux théories », commente Junwei Zhao.

Les taches solaires fascinent les scientifiques depuis l'époque de Galilée, il y a 400 ans, leur découverte ayant anéanti la conviction selon laquelle le Soleil était d'une pureté divine. Signe de leur intense activité magnétique, les taches solaires sont souvent associées aux éruptions solaires et aux éjections de matière que l'on observe en météorologie spatiale et qui affectent la Terre. L'activité du Soleil culmine tous les 11 ans environ et c'est en 2000 que l'on a observé pour la dernière fois un nombre particulièrement élevé de taches solaires.

Malgré les avancées considérables de l'héliosismologie, qui consiste à détecter les ondes sonores qui se propagent à l'intérieur du Soleil et agitent sa surface pour en déduire sa structure interne, à savoir ses couches et les mouvements des gaz qui y circulent, chacun savait qu'il ne serait pas facile d'observer ce qui se passe à l'intérieur des taches solaires. L'équipe MDI a affiné la méthode de mesure du temps de propagation des ondes sonores mise au point en 1993 par Thomas Duvall, du centre Goddard de la NASA, appelée la tomographie solaire. C'est un peu comme déduire de l'ordre d'arrivée des participants à une course d'obstacles quels obstacles ils ont dû passer. Ici, les participants sont les ondes sonores tandis que les obstacles sont les variations locales de température, les champs magnétiques et les flux de gaz sous la surface du Soleil.

« Il fallait améliorer les astuces mathématiques » raconte Thomas Duvall. « Nous avons donc mis en commun des idées provenant de la physique classique et de la physique quantique et utilisé une avancée récente de la sismologie terrestre. »

L'équipe a commencé par utiliser la tomographie solaire pour étudier en détail les phénomènes précédant la naissance d'un important groupe de taches solaires apparues le 12 janvier 1998. Ils ont constaté une accélération croissante de la vitesse des ondes sonores à travers la région où les taches solaires s'apprêtaient à se former. Moins d'une demi-journée s'écoula entre la mesure de signes d'activité magnétique inhabituelle à l'intérieur du Soleil et l'apparition de taches sombres.

« Des taches solaires se forment lorsque des champs magnétiques intenses font une percée à travers la surface visible du Soleil. » explique Alexander Kosovichev, de Stanford. « Nous avons vu un champ magnétique surgir à la verticale, comme une fontaine, à une vitesse supérieure à nos prévisions. »

A la fin du jour précédent, rien à la surface ou à l'intérieur du Soleil ne laissait supposer ce qui allait se produire. A minuit (temps universel), une zone très magnétisée provenant d'une profondeur de 18.000 kilomètres était déjà à mi-chemin de la surface et se déplaçait à 4.500 km/h. La vitesse des ondes sonores allait croissant au-dessus de la zone perturbée. A 8h du matin, un champ magnétique intense, en forme de corde, entourait une colonne de gaz de 20.000 kilomètres de large se rapprochant du niveau de la surface visible du Soleil. Dans la couche la plus élevée située sous la surface, cette corde magnétique se divisait en mèches correspondant à chacune des taches solaires du groupe.

En juin 1998, sous une vaste tache solaire bien identifiée, les ondes sonores ont révélé une colonne de gaz chaud magnétisé provenant des couches sous-jacentes. A une profondeur de 4.000 kilomètres, elle s'étendait vers les zones adjacentes de la surface, où l'on observait de petites taches solaires. Cette colonne magnétique n'était pas connectée à une autre tache située à proximité, associée à un champ magnétique opposé. Juste en dessous de la grande tache solaire se trouvait un coussin de gaz plus froid et moins magnétisé.

Une étude hydrodynamique plus approfondie, conduite parallèlement à l'évolution de cette tache solaire en juin 1998, a débouché sur les résultats révélés aujourd'hui. Les flux entrants et descendants que l'on observe à proximité de la tache solaire ne s'enfoncent qu'à quelques milliers de kilomètres de profondeur de la surface, ne parcourant qu'un pour cent de la distance entre la surface et le centre du Soleil. Il fallait avoir recours aux caractéristiques exceptionnelles du MDI pour explorer la zone se situant juste en dessous de la surface.

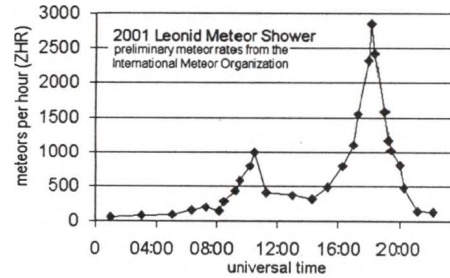
C'est le tourbillon de gaz qui est à l'origine de la persistance d'une tache solaire. Le refroidissement imputable au champ magnétique de la tache provoque un flux descendant et le gaz qui disparaît vers le bas est remplacé par le gaz se dirigeant vers la tache. Ce gaz entrant véhicule son propre champ magnétique, empêchant le champ magnétique intense de la tache solaire de se dissiper. Le refroidissement et l'écoulement vers la base se poursuivent et le processus s'auto-alimente.

L'écoulement du gaz vers le bas pourrait également contribuer à expliquer un autre mystère, à savoir pourquoi le Soleil est plus brillant lorsqu'il est parsemé de taches sombres. L'instrument VIRGO de Soho, exploité par une équipe dirigée par un chercheur suisse, a confirmé les observations déjà réalisées par d'autres satellites d'étude du Soleil, montrant que le Soleil brille de façon un peu plus intense lorsque le nombre de taches solaires est maximal. Douglas Gough, de l'Université de Cambridge, un spécialiste du Soleil, remarque que l'écoulement descendant de gaz observé par l'instrument MDI de Soho peut redistribuer une énergie emprisonnée par une tache solaire.

« Ce qui est intéressant du point de vue de la physique, déclare Gough, c'est que le flux descendant, qui est froid, est en mesure d'évacuer la chaleur qui s'accumule sous la tache. Il éloigne ensuite cette chaleur de la tache et la ramène à la surface du Soleil, loin de la tache, et son rayonnement se répand dans l'espace. »

Léonides

Les pics des Léonides ont eu lieu pratiquement aux heures prévues, ce qui est assez malheureux pour nous puisque nous étions dans l'hémisphère défavorisé. Malgré des taux horaires nettement moindres que ce que l'on espérait, le spectacle a été grandiose pour les observateurs américains et australiens.



Taux horaires des Léonides en 2001

Du sodium dans l'atmosphère d'une planète extrasolaire

On compte maintenant environ 80 planètes extrasolaires qui, toutes, sont de type jovien² — simple conséquence des techniques observationnelles actuelles qui ne permettent pas de détecter des astres moins massifs. L'une d'elle, par un heureux hasard, a son plan orbital perpendiculaire au plan du ciel de sorte que, régulièrement, deux fois par semaine, la planète « transite » devant son étoile, HD 209458. Cette caractéristique fortuite se vérifie par un affaiblissement périodique non négligeable de l'éclat de l'étoile — affaiblissement qui peut d'ailleurs se mesurer avec un équipement d'amateur. Il était tentant de vérifier si le spectre de l'atmosphère de la planète pouvait s'apercevoir lors de ces transits. C'est maintenant chose faite. Grâce au télescope spatial Hubble on a pu déceler l'absorption du sodium présent dans l'atmosphère de la planète.

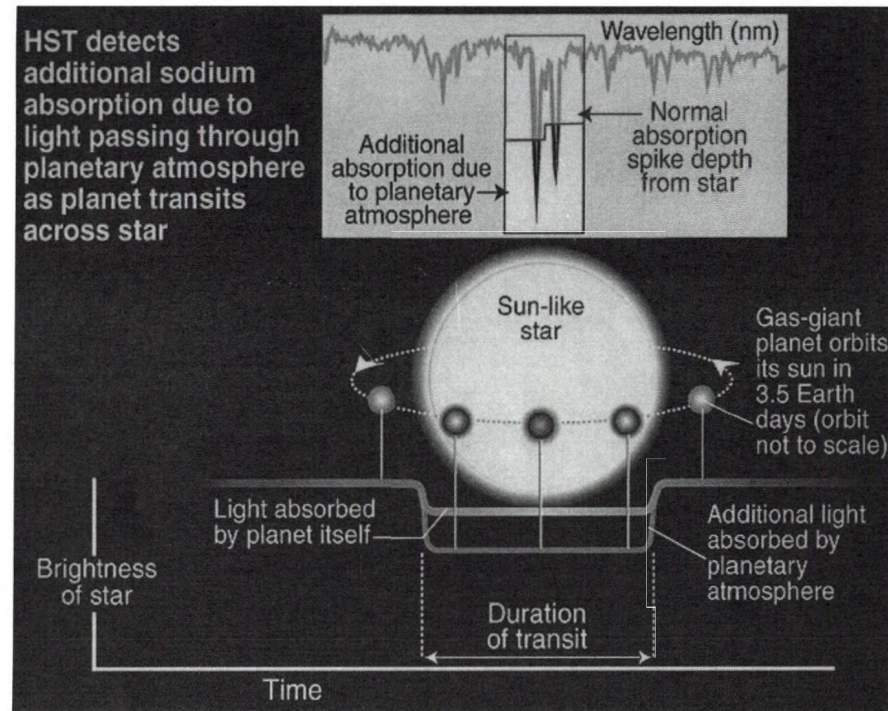
C'est surtout le fait qu'il s'agisse d'une « première » qui est intéressant, car du point de vue astrophysique les astronomes n'ont pas appris grand chose (même s'il semble que cette planète contienne moins de sodium que nos

² Du latin jovis, « de Jupiter ». Une planète jovienne est une planète gazeuse, géante, du même type que Jupiter. Dans notre système solaire, Saturne, Uranus et Neptune sont aussi de cette nature.

planètes joviennes). Avec un nombre sans cesse croissant de planètes extrasolaires, d'autres cas de transits apparaîtront. Des techniques plus fines seront mises en œuvre et l'on pourra commencer à comparer les atmo-

sphères des unes et des autres.

Le communiqué de la NASA, sous le titre « alien atmosphères », a désarçonné quelques journalistes francophones qui ont annoncé la découverte d'une vie extraterrestre!

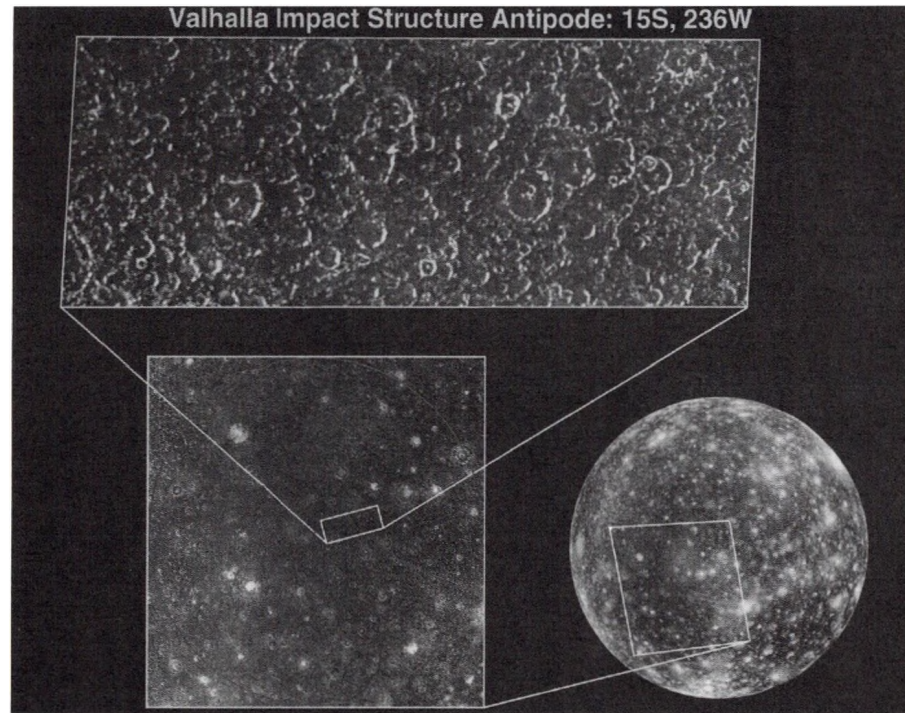


Ce schéma montre comment les raies spectrales d'absorption du sodium peuvent être intensifiées lors d'un transit planétaire.
(© HST/NASA)

Océan de Callisto

On soupçonne trois des satellites galiléens de Jupiter d'abriter un océan d'eau sous une carapace glacée. Seul Io, lune volcanique aux caractéristiques étranges, n'en aurait pas. De nouvelles analyses semblent confirmer cette structure pour Callisto. L'étude des antipodes

du bassin d'impact de Valhalla montre une curieuse absence des formations tectoniques que l'on s'attendrait à y trouver par suite de la focalisation des ondes sismiques. La Lune et Mercure possèdent ce genre de structures. On pense qu'un océan sous-jacent a pu jouer le rôle d'amortisseur et atténuer les effets de l'impact.



Les antipodes de Valhalla ne présentent aucune anomalie tectonique. (© Galileo/NASA)