



Institut d'astrophysique de Paris - CNRS

9. LE CHAMP MAGNÉTIQUE SOLAIRE ÉVOLUE selon un cycle de 11 années. Sa forme est rendue visible par le plasma coronal. Elle est relativement régulière en période de faible activité, comme le montre l'image prise lors de l'éclipse totale de février 1998 (à gauche, image prise par Christian Viladrich, Institut d'astrophysique de Paris). On y distingue un pôle

magnétique Nord et un pôle magnétique Sud bien marqués. Lorsque le Soleil est proche de son maximum d'activité, comme c'était le cas en août 1999 (à droite), le champ magnétique solaire présente une structure beaucoup plus chaotique (image IAP-CNRS). Sur l'image de 1998, on distingue la surface de la Lune, éclairée par le clair de Terre.

Toutefois, les ondes magnétohydrodynamique ne peuvent être totalement négligeables. Des observations optiques à très haute résolution effectuées au télescope suédois de La Palma, aux Canaries, ont montré que les mouvements de matière s'effectuent sur une multitude d'échelles temporelles différentes. De même, les observations du champ magnétique photosphérique effectuées par les sondes *Yohkoh* et *SOHO* ont révélé que les lignes de champs forment une «moquette» dont les poils de différentes hauteurs oscilleraient rapidement.

Par ailleurs, il est peu vraisemblable que les nanoéruptions puissent chauffer le plasma contenu dans les trous coronaux. Dans ces régions, les lignes de champ s'ouvrent dans l'espace plutôt que de se refermer en boucle sur le Soleil ; elles ne confinent pas le plasma coronal et une reconnexion à la base d'un trou aurait pour effet d'éjecter la matière dans l'espace interplanétaire plutôt que de la chauffer. Les astronomes ont cherché, dans la lumière émise par ces régions, la signature de mouvements ondulatoires, par exemple des fluctuations périodiques de leur éclat ou des décalages des raies spectrales dus à l'effet Doppler. Cette recherche est difficile parce que les ondes magnétohydrodynamiques incriminées ont probablement des périodes très courtes, de l'ordre de quelques secondes seulement. Or, à l'heure actuelle, les instruments embarqués sur les satellites sont trop lents pour pouvoir les mettre en évidence. C'est pour cette raison que les instruments au sol restent incontournables.

Depuis les années 1980, on utilise des détecteurs ultrarapides au sol pour repérer d'éventuelles modulations de la lumière coronale durant les éclipses. Les

analyses des meilleures observations font apparaître des oscillations ayant des périodes de une à deux secondes. Serge Koutchmy, de l'Institut d'astrophysique de Paris, a mis en évidence des oscillations dont les périodes sont de 43, 80 et 300 secondes. C'est cette même recherche des oscillations rapides de la lumière coronale qui nous a conduits à Chabla, une petite ville bulgare des bords de la mer Noire, pour suivre l'éclipse d'août 1999. Notre instrument est constitué d'une paire de caméras CCD à lecture rapide, sensibles à la fois à la lumière blanche et aux raies spectrales vertes produites par le fer fortement ionisé. Pendant les 2 minutes et 23 secondes d'éclipse totale, l'instrument a réalisé 44 clichés par seconde, qui ont révélé des oscillations localisées en règle générale le long des structures en boucles. Leurs périodes vont de deux à dix secondes. Ailleurs, cependant, notre instrument n'a détecté aucune oscillation. Nous en concluons que des ondes magnétohydrodynamiques sont vrai-

semblablement présentes, mais qu'elles ne sont ni suffisamment fréquentes ni assez intenses pour jouer le rôle principal dans l'échauffement de la couronne.

Ainsi, grâce aux récentes observations par satellites et à la mise en œuvre de systèmes d'imagerie rapide au sol pendant les éclipses, un des plus anciens paradoxes de l'astrophysique semble être levé. Après avoir intrigué les astronomes pendant plus d'un demi-siècle, le mystère de la température anormalement élevée de la couronne solaire semble élucidé, même si les contributions respectives des ondes magnétohydrodynamiques et des nanoéruptions restent à préciser. Toutefois, un mystère en cache souvent un autre. Alors que l'astrophysique semble entrée dans l'ère des objets exotiques, tels que les trous noirs et la matière sombre, le plus ancien des objets célestes connus, avec la complexité de son système de couches, de son champ magnétique et de son dynamisme bouillonnant, n'a pas livré tous ses secrets.

Bhola DWIVEDI, professeur de physique à l'Université Banaras de Varanasi, en Inde, travaille sur le télescope à ultraviolets SUMER, embarqué sur le satellite *SOHO*. Kenneth PHILLIPS dirige le groupe de recherche solaire du Laboratoire Rutherford Appleton de Didcot, en Angleterre.

Kenneth PHILLIPS, *Guide to the Sun*, Cambridge University Press, 1992.

Klaus WILHELM et al., *The Solar Corona above Polar Coronal Holes as Seen by SUMER on SOHO*, in *Astrophysical Journal*, vol. 500, n° 2, pp. 1023-1038, juin 1998.

Serge KOUTCHMY et Pierre GUILLERMIER, *Éclipses totales*, Masson, 1998.

Serge BRUNIER et Jean-Pierre LUMINET, *Éclipses, les rendez-vous célestes*, Bordas, 1999.

Serge KOUTCHMY et Pierre GUILLERMIER, *Les éclipses de Soleil*, in *Pour la Science*, n° 259, p. 70, mai 1999.

Carolus SCHIJVERB et Alan TITLE, *Today's Science of Sun, Parts 1 and 2*, vol. 101, n° 2, pp. 34-39, février 2001 ; n° 3, pp. 34-40, mars 2001.

Leon GOLUB et Jay PASACHOFF, *Nearest Star : The Exciting Science of Our Sun*, Harvard University Press, 2001.

James BURCH, Pierre LANTOS et Tahar AMARI, *Les fureurs du Soleil*, in *Pour la Science*, n° 284, juin 2001.