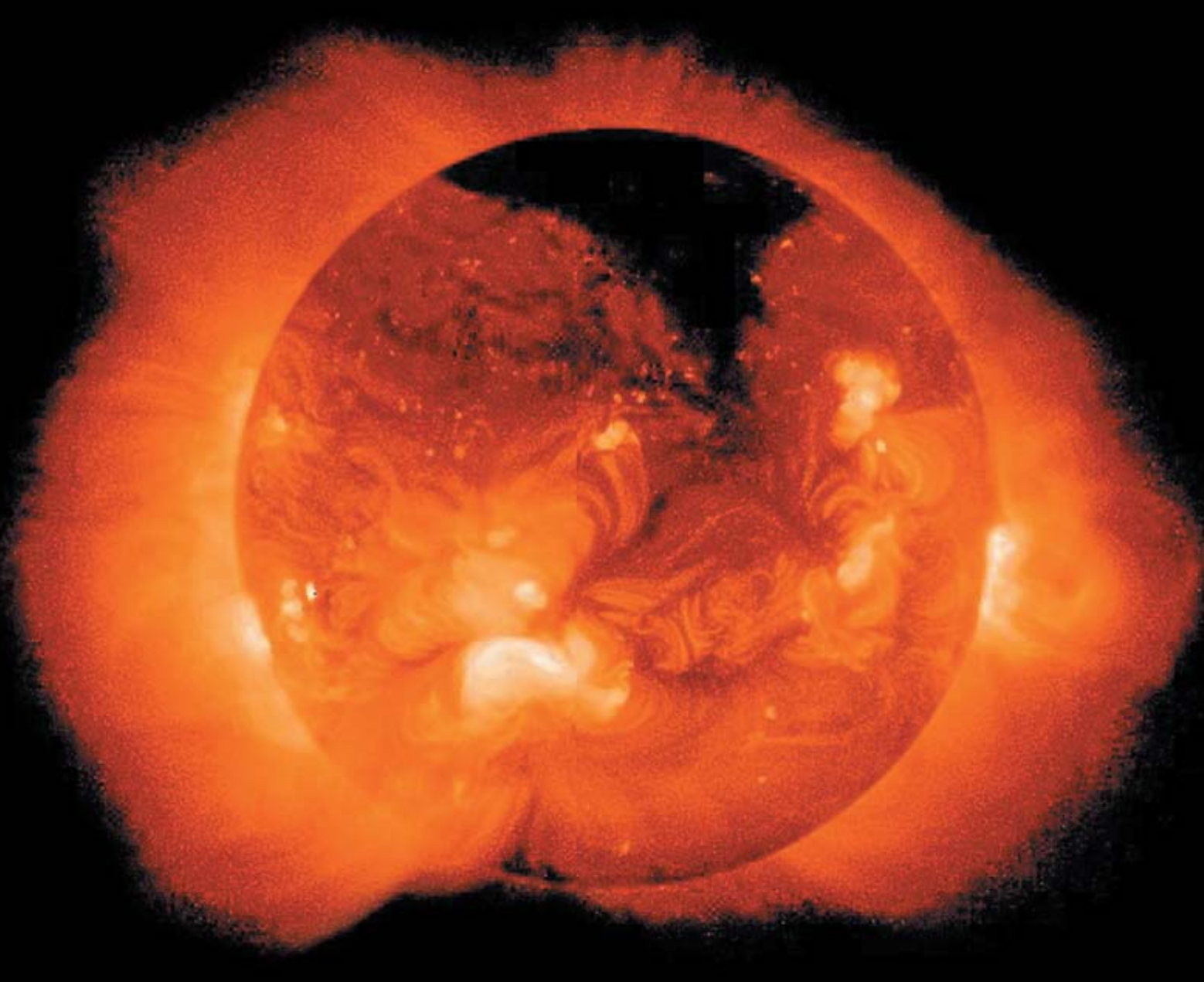


d'un plasma d'atomes ionisés peu dense, porté à quelques millions de degrés Kelvin.

Ainsi, une violente éruption s'est produite le 14 juillet 2000, pendant la phase de plus grande activité du Soleil (maximum solaire). L'environnement spatial varie aussi, mais dans une moindre mesure, en fonction de la période de rotation du Soleil, soit 27 jours en moyenne, et en fonction des vents solaires, plus ou moins denses et rapides.

Lors d'une éruption, divers types de rayonnements et de particules sont émis. Ainsi, le flux de rayons X émis peut atteindre des milliers de fois celui que le Soleil émet en l'absence d'éruption. Les ondes électromagnétiques parcourent les 150 millions de kilomètres qui

séparent le Soleil et la Terre en huit minutes. Leur effet ne se fait sentir que sur la face éclairée de la planète. L'absorption du flux des rayonnements X et ultraviolets par l'atmosphère (qui, de ce fait, rappelons-le, nous en protège) se traduit par un échauffement et par une dilatation (les couches basses de l'atmosphère s'échauffent et se dilatent, de sorte que les couches supérieures subissent une compression). Aux altitudes où ils sont en orbite, les satellites subissent un freinage accru, de sorte qu'ils peuvent parfois perdre plusieurs dizaines de mètres d'altitude par jour ; les opérateurs doivent corriger la trajectoire en utilisant, pour les propulser, un gaz embarqué qui est éjecté pour accélérer le satellite et lui faire regagner son orbite



1. LA COURONNE SOLAIRE a été photographiée en rayons X par le satellite japonais YOHKOH. Le Soleil est une source permanente de rayons X. Les boucles de champ magnétique les plus brillantes sont situées au-dessus des groupes de taches. Les vents solaires, c'est-à-dire les flux de particules chargées, notamment des protons et des noyaux, émis de ces régions de boucles, sont lents (350 kilomètres par seconde). En revanche, les vents solaires

issus de la région sombre sont rapides (700 kilomètres par seconde). Cette région émet très peu de rayons X : c'est un trou coronal qui déclenche des orages géomagnétiques récurrents plus facilement prévisibles que ceux que déclenchent les éjections coronales. Ces orages créent, comme les précédents, des pannes à bord des satellites. Les astrophysiciens les étudient pour en améliorer la prévision.

d'origine. Ainsi, l'activité solaire est un paramètre important de la durée de vie des satellites en orbite basse. Elle est aussi à prendre en compte lors de la rentrée dans l'atmosphère des satellites importants, même lorsque le retour du satellite est contrôlé, comme cela a été le cas récemment pour la station *Mir*. En effet, les débris non brûlés dans l'atmosphère peuvent être dangereux s'ils tombent sur des régions habitées, et une éruption importante peut modifier le point d'impact de débris qui redescendent sur la Terre.

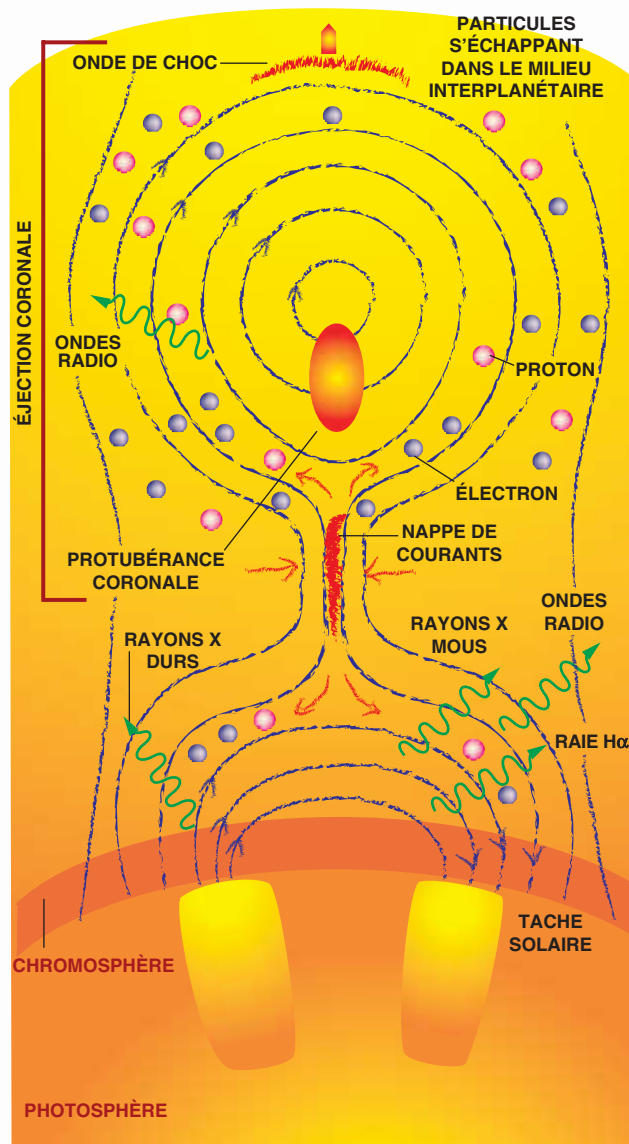
Les rayons ultraviolets ont aussi la propriété d'ioniser l'atmosphère terrestre dans la région située entre 80 et 1 000 kilomètres d'altitude, l'ionosphère. Des électrons sont libérés, changeant les conditions de propagation et de réflexion

des ondes radio émises du sol ou par les satellites. Les ondes décamétriques utilisées pour les liaisons ondes courtes ont besoin de se réfléchir sur l'ionosphère terrestre pour se propager à longue distance. Une forte éruption peut totalement empêcher leur propagation autour du Globe et couper durant plusieurs heures les liaisons radio à grande distance, utilisées notamment dans les communications entre les avions et les centres de contrôle ; les avions se trouvent isolés et ne peuvent avoir de contact avec les autres avions que s'ils sont en vue directe. À plus courtes longueurs d'onde, les liaisons provenant des satellites ne sont pas interrompues, mais elles peuvent être perturbées, faussant par exemple les positions mesurées par les systèmes de localisation, tel le GPS (*Global Positioning System*, système global de localisation).

bal Positionning System, système global de localisation).

Lors d'une éruption importante, outre les rayons X et les rayons ultraviolets, le Soleil éjecte des particules accélérées qui sont principalement des protons et des noyaux d'atomes ionisés. Se déplaçant à une vitesse de l'ordre du tiers de la vitesse de la lumière (100 000 kilomètres par seconde), la majorité d'entre elles arrivent sur la Terre quelques dizaines de minutes après les rayonnements ultraviolets et X. Comme ces particules sont électriquement chargées, elles suivent les lignes du champ magnétique interplanétaire et se heurtent au champ magnétique terrestre qui, comme l'atmosphère, nous protège en jouant le rôle d'un bouclier magnétique. Le bouclier étant moins

Les éruptions solaires



Ce sont les champs magnétiques coronaux dont on a schématisé ci-contre la structure qui sont responsables des éruptions. Le cœur de l'éruption, où l'énergie est libérée, est une nappe de courants électriques située dans la couronne. C'est là que les champs magnétiques se restructurent, que l'énergie est dissipée et que les particules sont accélérées. C'est dans cette nappe de courants que se fait la reconnexion des lignes de champ magnétique. Certaines particules partent vers le bas, entrent en collision avec les couches plus denses de l'atmosphère solaire, et émettent des rayonnements X et radio ; quand l'éruption est violente, l'émission a également lieu en lumière blanche et dans le domaine des rayonnements gamma ; c'est également dans cette région que la raie alpha de l'hydrogène, que l'on détecte dans le spectre de cet élément, est émise.

Dans les pieds des boucles, les électrons accélérés donnent lieu aux émissions des rayonnements X durs par interaction avec le plasma et le champ magnétique, tandis que les protons émettent des rayons gamma par collision avec les noyaux des atomes du milieu. La chromosphère est chauffée par les particules qui l'atteignent et par le flux de conduction venant de la couronne.

D'autres particules se dirigent vers le haut en suivant les lignes du champ magnétique. Quand celui-ci est ouvert sur le milieu interplanétaire, les particules emplissent rapidement le Système solaire interne, atteignent la Terre en quelques heures, et mettent plusieurs jours à se disperser.

Au-dessus de la nappe de courants électriques, se situe la partie haute de l'éruption accompagnée de la déstabilisation d'une protubérance solaire. Boucles magnétiques, protubérance et onde de choc montent de concert. La partie haute, lorsqu'elle est éjectée dans l'espace, est nommée éjection coronale. Quand les vitesses sont suffisantes, une onde de choc se forme en amont de l'éjection. Les électrons accélérés déclenchent des sursauts radio-électriques qui sont à des longueurs d'onde métriques.

Quand une protubérance coronale est éjectée loin des taches, la partie basse de l'éruption n'est pas nécessairement observée et l'éjection coronale qui s'accompagne d'une émission de rayons X et éventuellement de particules accélérées, est le seul signal que nous recevons de l'éruption.