

magnétosphériques sont fréquents : il s'en produit plusieurs par jour, qui durent deux ou trois heures. En revanche, les orages géomagnétiques aussi importants que celui du 14 juillet 2000 sont très rares. Bien qu'ils surviennent à n'importe quel moment du cycle solaire de 11 ans, ils sont plus fréquents lorsque l'activité solaire est maximale.

Jusqu'au début des années 1990, les astrophysiciens pensaient que les orages géomagnétiques étaient déclenchés par les éruptions solaires, mais, en 1993, John Goslin, du Laboratoire de Los Alamos, mit en doute ce «mythe

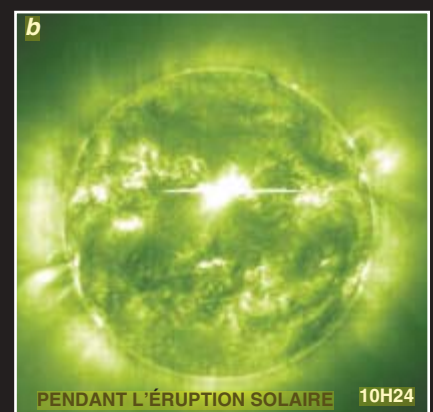
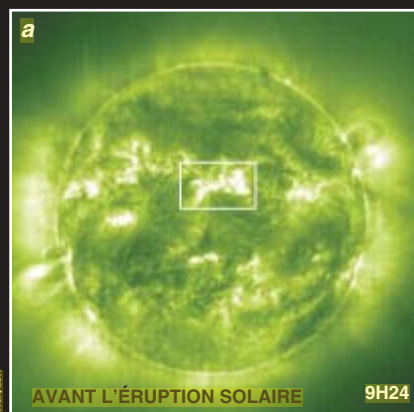
des éruptions solaires». Il montra que les éjections coronales jouent un rôle essentiel dans le déclenchement des orages géomagnétiques les plus violents. On ignore encore la cause de ces violentes éruptions de la couronne solaire, mais elles sont vraisemblablement liées à une reconfiguration des lignes du champ magnétique solaire. Les éjections coronales sont souvent (mais pas toujours) associées à des éruptions solaires.

Toutes les éjections coronales ne déclenchent pas d'orage géomagnétique. La plupart d'entre elles ne se produisent pas en direction de la Terre

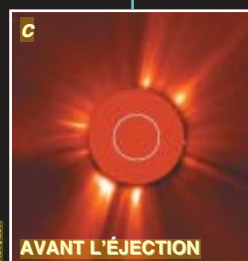
et, parmi celles qui le sont, une sur six seulement est assez puissante pour déclencher un orage. Le principal facteur limitant est la vitesse de l'éjection coronale par rapport à celle du vent solaire. Seules les éjections coronales rapides sont susceptibles de déclencher un orage géomagnétique. Quand des éjections coronales rapides se fraient un chemin à travers le vent solaire plus lent, elles créent des ondes de choc interplanétaires. Ces ondes de choc sont responsables de pluies de particules de haute énergie, et des déformations du champ magnétique terrestre. En outre, une éjection

Le film d'un orage spatial

Une éruption solaire fut l'un des signes avant-coureur de l'orage du 14 juillet 2000. Des images du Soleil, prises par SOHO (*a et b*) montrent la région active (*le cartouche blanc*) avant et pendant l'éruption. À peu près au même moment, le coronographe de SOHO enregistrerait une éjection coronale qui allait bombarder le satellite d'un déluge de protons très rapides, rendant ses instruments momentanément «aveugles» (*c, d et e*). L'onde de choc et l'éjection coronale heurtèrent de plein fouet le champ magnétique terrestre le lendemain, déclenchant les aurores observées par la caméra à large bande spectrale du satellite IMAGE (*en bas*), ainsi qu'une chute brutale de l'intensité du champ géomagnétique à la surface de notre planète. Sur la courbe de l'intensité du champ géomagnétique à la surface de la Terre, la valeur normale est égale à zéro. Pendant tout l'orage, IMAGE enregistra la croissance et la décroissance des courants enregistrés autour de l'équateur (*f*).



14 JUILLET 2000 9:00:00 10:00:00 11:00:00 12:00:00



coronale rapide comprime le vent solaire situé devant elle, et accroît ainsi l'intensité du champ magnétique dans la région comprimée et dans le front de l'éjection coronale. Le champ magnétique enveloppe l'éjection coronale, de sorte que la direction du champ magnétique interplanétaire se rapproche de l'axe Nord-Sud et que la reconnexion est plus importante puisque le champ magnétique interplanétaire se combine au champ magnétique terrestre.

Des orages magnétiques moins violents se produisent durant la phase décroissante de l'activité solaire et à

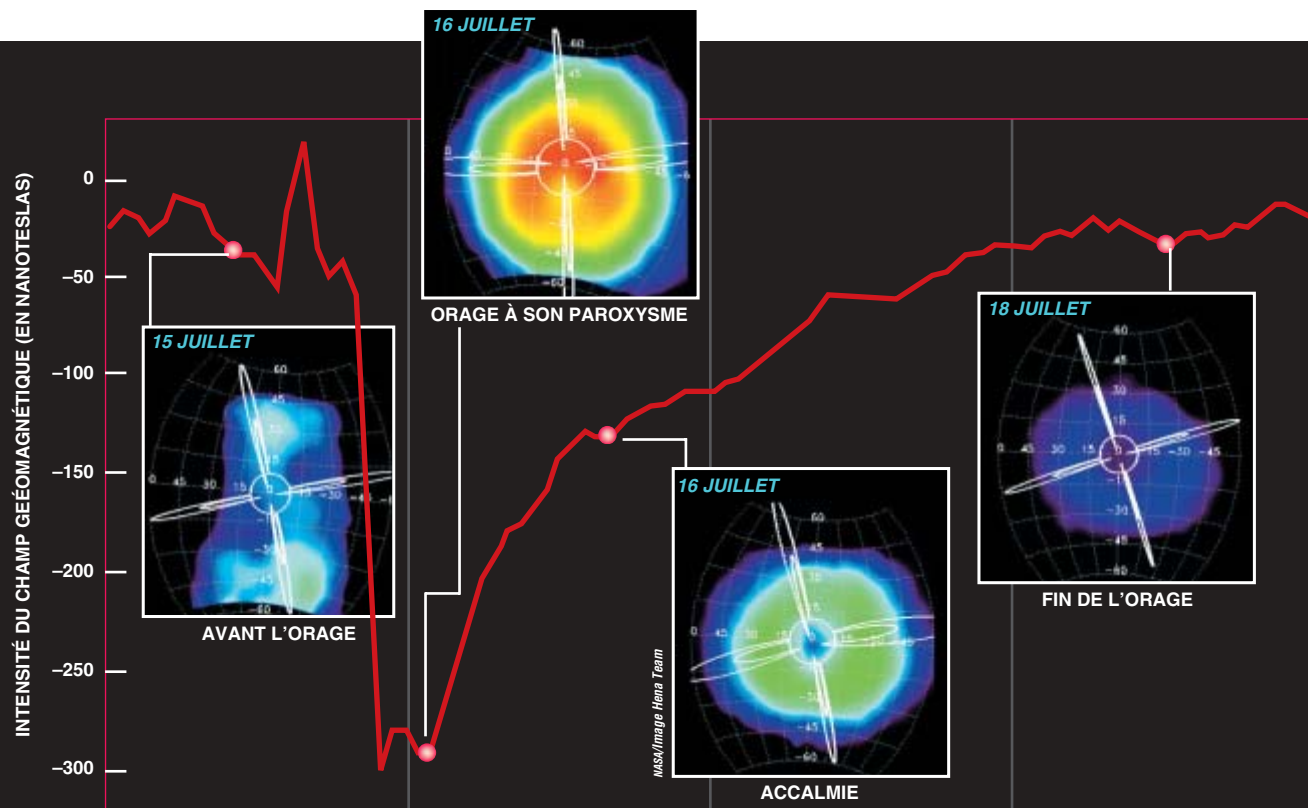
l'approche de son minimum. Bien que les éjections coronales ne soient pas la cause de ces orages récurrents, elles contribuent sans doute à en renforcer l'intensité.

Avec le satellite IMAGE, les astrophysiciens ont obtenu des images globales du déroulement d'un important orage géomagnétique, minute par minute. Le satellite décrit une orbite elliptique polaire, dont l'altitude varie de 1 000 à 46 000 kilomètres, de sorte qu'il observe une bonne partie de la magnétosphère, notamment la magnétopause du côté exposé au Soleil, la partie interne de la queue magnétique et

les régions polaires, les principales «portes d'entrée» dans la magnétosphère des particules du vent solaire.

En pleine tempête (spatiale)

Le satellite IMAGE observe les plasmas de la magnétosphère de plusieurs façons. Il est équipé de trois caméras qui enregistrent les atomes neutres énergétiques et mesurent, indirectement, les flux d'ions. Quand un ion rapide (un ion oxygène chargé positivement, par exemple) entre en collision avec un atome neutre d'hydrogène de la magnétosphère, il arrache parfois l'électron



15 JUILLET 2000

