

## Météo spatiale: risque naturel de l'ère technologique

---



Le champ géomagnétique est influencé par le champ magnétique interplanétaire et les particules chargées émises principalement par le Soleil. Pendant les périodes d'activité solaire (tempêtes solaires), un nombre beaucoup plus grand de particules est éjecté dans l'espace, ce qui change les conditions normales de l'environnement électromagnétique de la Terre. Ces changements altèrent à leur tour, le fonctionnement normal des dispositifs technologiques dans l'espace et sur le sol, par exemple les satellites de communication ou de navigation, les réseaux électriques et les pipelines.

---

Les variations des champs magnétiques interplanétaires et les salves de particules chargées émises par les éruptions solaires perturbent le champ géomagnétique et l'ionosphère, provoquant des tempêtes géomagnétiques et ionosphériques.

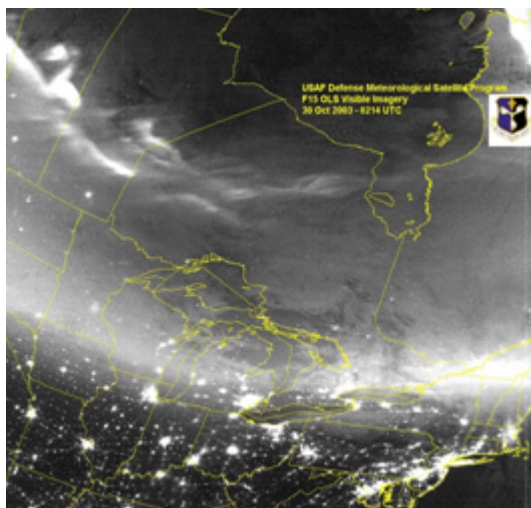
Les variations du champ géomagnétique créent des courants telluriques et modifient le champ géoélectrique naturel à la surface de la Terre. Ces perturbations sont particulièrement importantes lors des tempêtes géomagnétiques : elles créent des courants intenses dans les structures conductrices, notamment les lignes télégraphiques, les lignes de transport d'électricité et les pipelines qui s'allongent sur des centaines de kilomètres près du sol.

Pendant les tempêtes ionosphériques, les variations dans le flux de particules chargées émises par le Soleil modifient la conductivité de l'ionosphère. S'ensuit une baisse d'efficacité des communications radio et de la précision de la position déterminée à l'aide du système GPS (Global Positioning System).

Les particules de haute énergie détériorent les composantes électroniques des satellites et exposent les humains présents dans l'espace à une dose dangereuse de rayonnement. Les sections suivantes décrivent plus en détail les effets de la météo spatiale sur les technologies.

## Comment la météo spatiale affecte-t-elle le Canada?

Le champ magnétique terrestre comporte deux pôles : le premier au Nord, où le champ pénètre dans la surface terrestre et le second, au Sud, d'où il immerge de la surface. Le pôle nord magnétique est situé dans l'océan Arctique près des îles de l'Arctique canadien. L'effet des perturbations interplanétaires sur le champ électromagnétique terrestre est particulièrement intense dans les régions polaires et les zones aurorales qui les encerclent, régions où la plupart des aurores boréales (ou australes) sont observées. Puisque le Canada s'étend dans les latitudes nordiques, il fait partie des pays qui sont les plus sujets aux perturbations de la météo spatiale, ainsi il doit étroitement étudier et évaluer les conditions météorologiques spatiales et leurs effets sur les dispositifs technologiques (voir figure 1).



**Figure 1** : Aurore boréale observée depuis l'espace. Cette image captée par un satellite de l'aviation américaine montre que la zone aurorale s'est déplacée vers le sud des Grands Lacs, entraînant de fortes perturbations magnétiques menaçant les infrastructures.

**Source** : United States Air Force Weather Agency, Defence Meteorological Satellite Program F-15

## Comment la météo spatiale menace-t-elle les infrastructures vulnérables?

### 1. Comment les câbles des réseaux de communication sont-ils affectés?

Le champ géoélectrique, associé aux variations du champ magnétique terrestre, produit des courants électriques dans la Terre et le long des structures conductrices. Ces courants magnétiques induits sont particulièrement intenses lors de perturbations géomagnétiques et réduisent la qualité de la transmission des signaux.

Les câbles modernes transportent leurs signaux par fibres optiques, mais ils sont doublés d'un fil conducteur qui alimente les répéteurs qui périodiquement amplifient le signal. Ainsi, les réseaux de câbles restent vulnérables aux tensions électriques induites par les tempêtes géomagnétiques, mais l'appareillage moderne est conçu pour compenser automatiquement, donc réagir, aux tensions électriques créées par les tempêtes géomagnétiques.

## **2. Comment les réseaux électriques sont-ils touchés?**

Les réseaux modernes de transport d'électricité sont raccordés à la masse par les transformateurs ce qui crée un parcours de moindre résistance au courant induit par les tempêtes magnétiques. Les courants induits par le champ magnétique terrestre s'écoulent dans les enroulements des transformateurs des postes de conversion, ce qui produit un champ magnétique supplémentaire qui peut saturer le cœur des transformateurs. Cette saturation produit une surchauffe des transformateurs et une défaillance des relais et des autres appareils du réseau. Le système de protection du réseau perçoit cette situation anormale et désactive la transmission d'électricité ce qui entraîne différents problèmes allant de l'interruption de courant de certaines lignes (une ligne est isolée ou retirée du réseau afin d'éviter d'endommager les lignes toujours raccordées), à l'effondrement complet du réseau privant d'électricité des villes entières. L'exemple le plus grave est l'effondrement du réseau d'Hydro Québec causé par une tempête géomagnétique dans la nuit du 13 au 14 mars 1989, qui, en quelques minutes a provoqué une panne d'électricité touchant des centaines de milliers de gens.

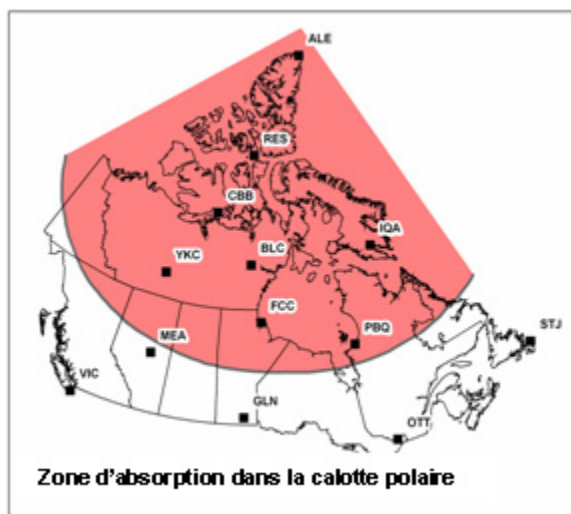
Pour éviter d'endommager leurs réseaux de transmission d'électricité, les compagnies d'électricité ont créé des procédures spéciales d'exploitation pour les fortes tempêtes géomagnétiques. Pour être prêtes à réagir et déclencher des actions pour protéger leur réseau, elles surveillent la météo spatiale pour connaître la gravité et l'intensité des courants induits par le champ géomagnétique.

## **3. Comment les pipelines sont-ils touchés?**

Pour prévenir leur corrosion, les constructeurs de pipelines d'acier les couvrent d'un revêtement isolant et les munissent de redresseurs anticorrosion qui assurent que les conduites sont exposées à un intervalle de tension électrique qui minimise l'apparition de rouille. Or, les hausses de tension électrique provoquées par les variations du champ géomagnétique soumettent le pipeline à des valeurs supérieures à la gamme « anticorrosion ». Lors de tempêtes géomagnétiques ces excursions peuvent être intenses au point que certaines sections du pipeline restent dans la gamme non protégée pendant une certaine période. Cet effet est cumulatif et peut provoquer l'augmentation de la corrosion et une réduction importante de la vie utile d'un pipeline. Une surveillance annuelle du comportement du système de protection contribue à réduire les risques de corrosion et des fuites qui pourraient polluer l'environnement.

#### 4. Comment les communications radio et la navigation sont-elles touchées?

Des faisceaux de particules très énergétiques produites par les éruptions solaires pénètrent dans l'ionosphère dans les régions proches des pôles magnétiques. Ainsi, l'ionosphère polaire devient très ionisée ce qui provoque une absorption forte et un affaiblissement des signaux radio près des pôles. Ces phénomènes, appelés événements d'absorption dans la calotte polaire, peuvent durer quelques jours voire des semaines (figure 2). Les transmissions radio hautes fréquences sont cruciales dans les régions polaires et constituent le seul moyen de communication avec des avions survolant le pôle Nord. Pendant les événements d'absorption dans la calotte polaire, ces communications sont très difficiles, voire impossibles.



**Figure 2** : Zone d'absorption dans la calotte polaire au-dessus du Canada

**Source** : Ressources naturelles Canada

Les irrégularités créées dans l'ionosphère sont particulièrement importantes pendant les tempêtes ionosphériques et peuvent provoquer la fluctuation des signaux radio (phénomène appelé scintillation) et perturber la trajectoire des zones radio. Ce phénomène affecte les aides à la navigation, notamment le système GPS. Afin de corriger les effets de la météo spatiale sur les communications et la navigation, on procède à une surveillance constante des conditions de la météo spatiale et de ses prédictions, notamment au-dessus de l'Arctique.

#### Soyez prêts

Tout comme les entreprises de pipelines, de transport d'électricité et de communications peuvent armer leurs réseaux contre les effets de la météo spatiale, chaque citoyen peut se préparer à affronter les ennuis créés par une panne de courant ou une rupture des communications, en élaborant des plans et une trousse d'urgence. Le site Web *Votre famille est-elle prête?* de Sécurité publique Canada (<http://www.preparez-vous.gc.ca/index-fra.aspx>) donne de précieux conseils sur la

préparation d'un plan et d'une trousse d'urgence et sur la façon de les utiliser correctement lors d'un désastre naturel ou d'une urgence.

---

## Définition des termes soulignés

**Aurore boréale:** Phénomène lumineux temporaire de la haute atmosphère, se produisant le plus souvent dans les régions polaires et causé par l'impact de particules ionisées résultant de l'activité solaire sur les particules neutres, en présence du champ magnétique terrestre.

**Champ géomagnétique:** Champ magnétique terrestre qui trouve son origine au centre de la Terre où les mouvements rapides du magma riche en fer et en nickel transforment la Terre en un immense aimant.

**Courants telluriques:** Courants électriques qui circulent en permanence dans le sol et dont les variations sont liées aux variations "externes" du magnétisme terrestre et à la conductivité du sous-sol. (Grand Larousse encyclopédique en dix volumes. Paris : Librairie Larousse, 1960-1964)

**Tempête géomagnétique:** Perturbation importante du champ magnétique terrestre, dont la durée est habituellement d'un ou de plusieurs jours, caractérisée par des écarts importants par rapport à la valeur normale d'au moins une des composantes du champ. Cette perturbation est causée par l'activité solaire.

**Tempête ionosphérique:** Turbulence dans l'ionosphère, habituellement due à une éruption solaire soudaine.

**Tempête solaire:** Activité explosive soudaine et violente du Soleil.

**Zone aurorale:** Région située à environ 10 à 15° de chaque pôle géomagnétique, dans laquelle les aurores se présentent avec la plus grande fréquence et la plus grande activité. (Vocabulaire météorologique international, World Meteorological Organization, Geneva: Secretariat of World Meteorological Organization, 1966)