

Orages magnétiques

Origines et conséquences

Un scénario: New-York, 29.8.2015, 21h00



Ejection de masse coronale du soleil (coronal mass ejection, cme)

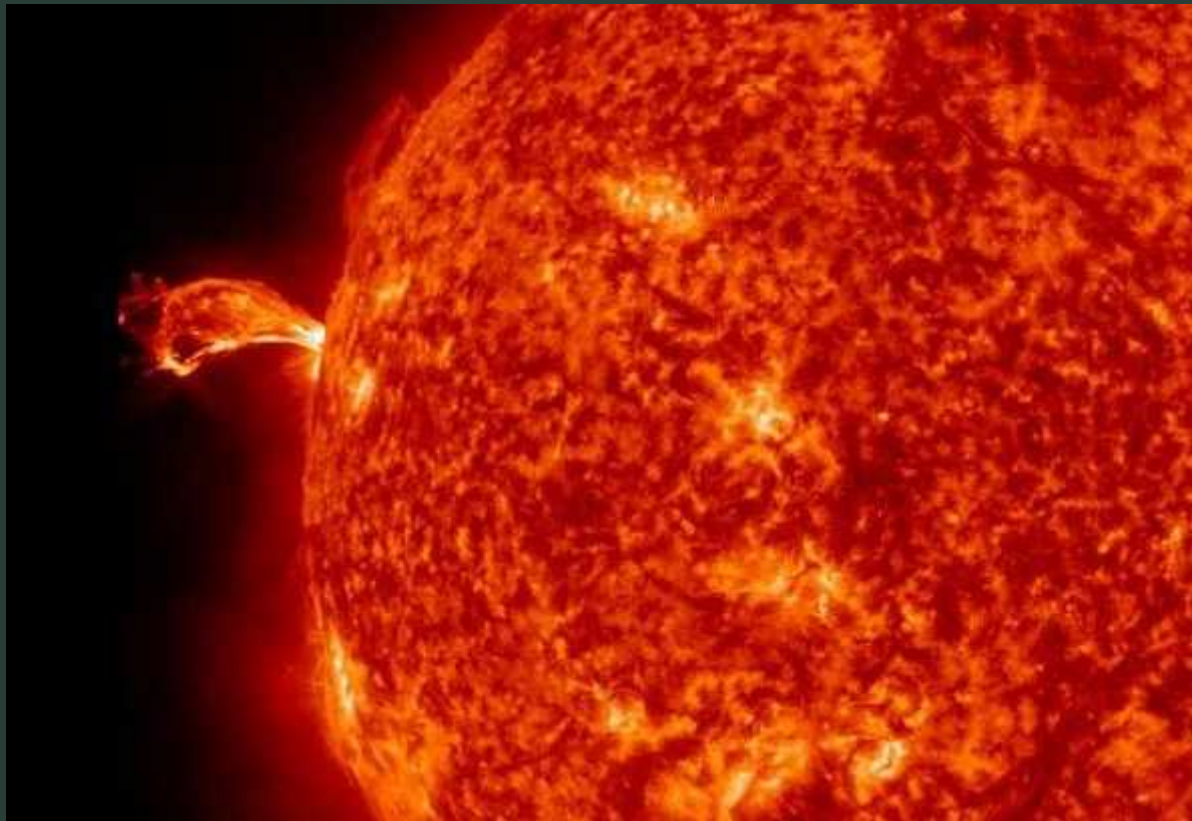


Bild: Solar Dynamics Observatory

New-York, 1.9.2015, 21h00



New-York, quelques semaines ou mois plus tard



Un peu de physique – en version abrégée

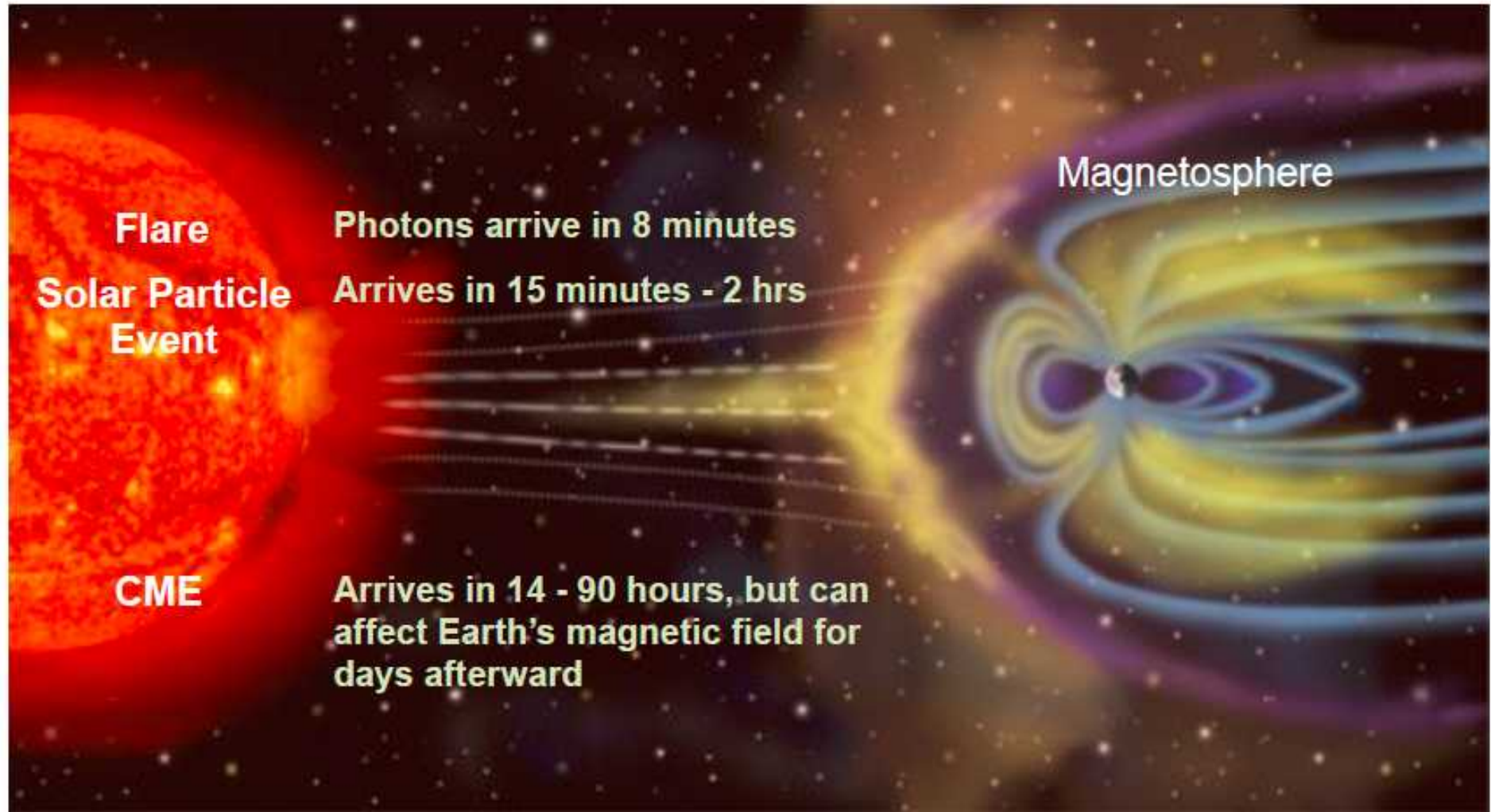
Soleil



1. **Ejection de masse coronale**
(Plasma & champ magnétique intégré).

Astro - Physics

Trois types de tempêtes solaires



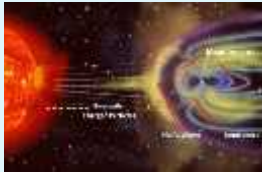
SOURCE: <http://sec.gsfc.nasa.gov/popscise.jpg>

Un peu de physique – en version abrégée

Soleil



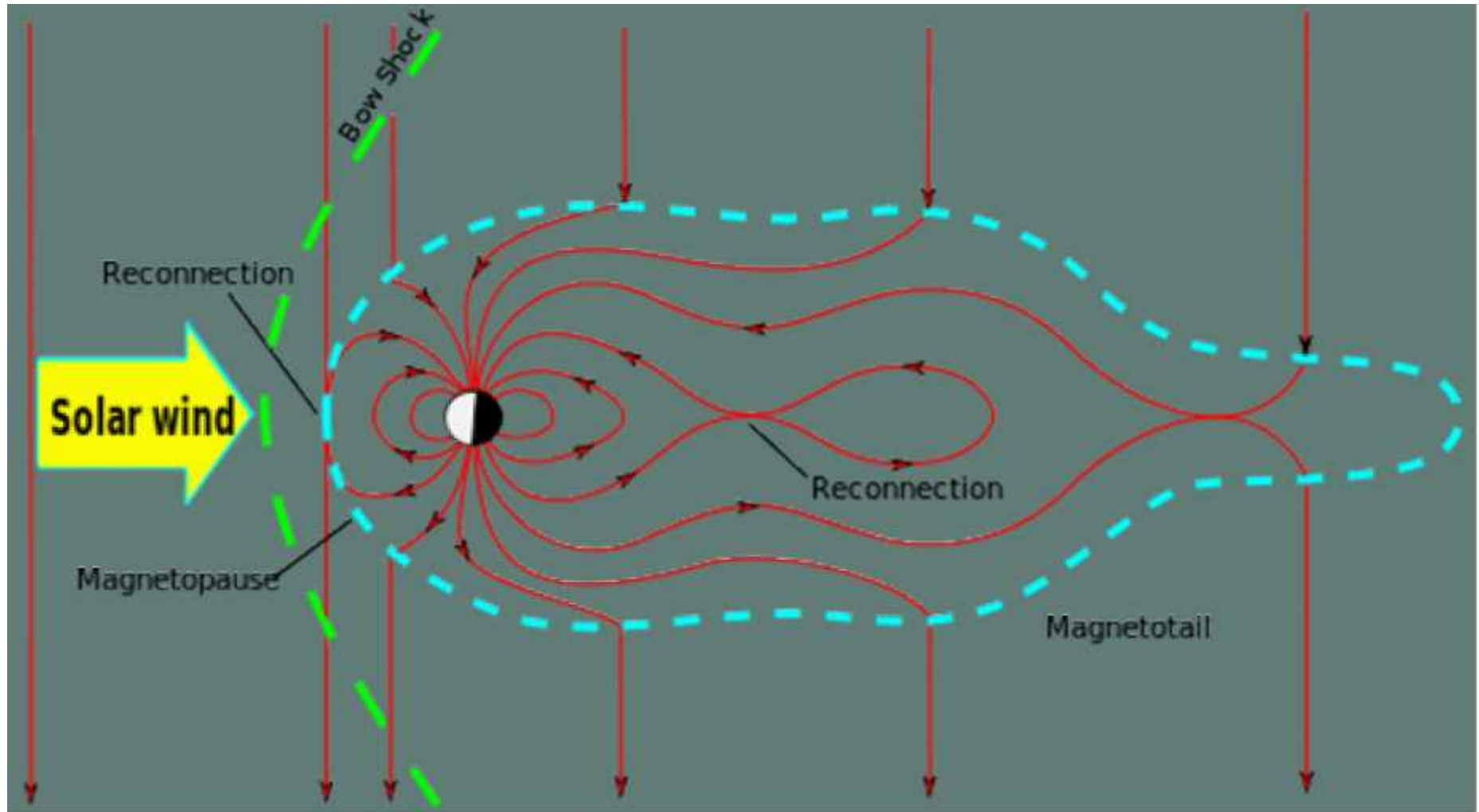
Espace



1. **Ejection de masse coronale**
(Plasma & champ magnétique intégré).
2. **Perturbation géomagnétique (engl: GMD)**
(Fluctuation du champ magnétique terrestre)

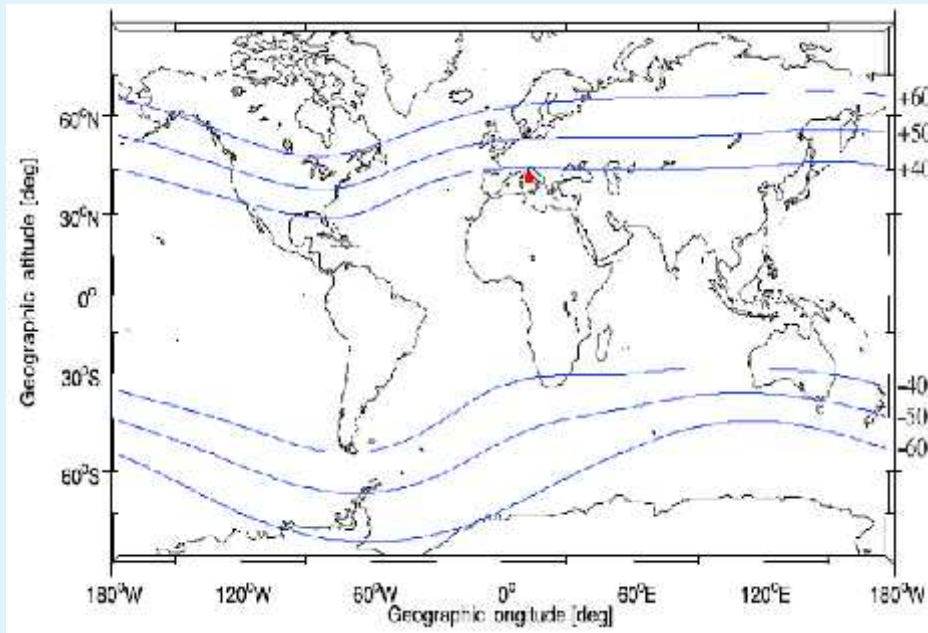
Astro - Physics

Quelques détails



Wikipedia, Wikimedia Commons, RicHard-59.

Facteurs de risques



- Latitude (géomagnétique)

<http://www.aer.com/news-events/videos/geomagnetic-disturbance-scenario>

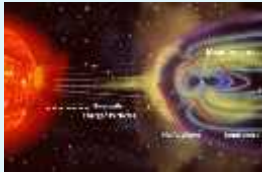
Un peu de physique – en version abrégée

Soleil



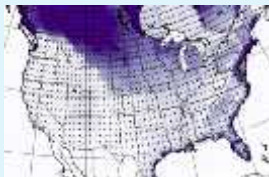
1. **Ejection de masse coronale**
(Plasma & champ magnétique intégré).

Espace



2. **Perturbation géomagnétique (engl: GMD)**
(Fluctuation du champ magnétique terrestre)

Terre



3. **Champ géo-électrique**
(de surface et intérieur)

Astro - Physics

Geo - Physics

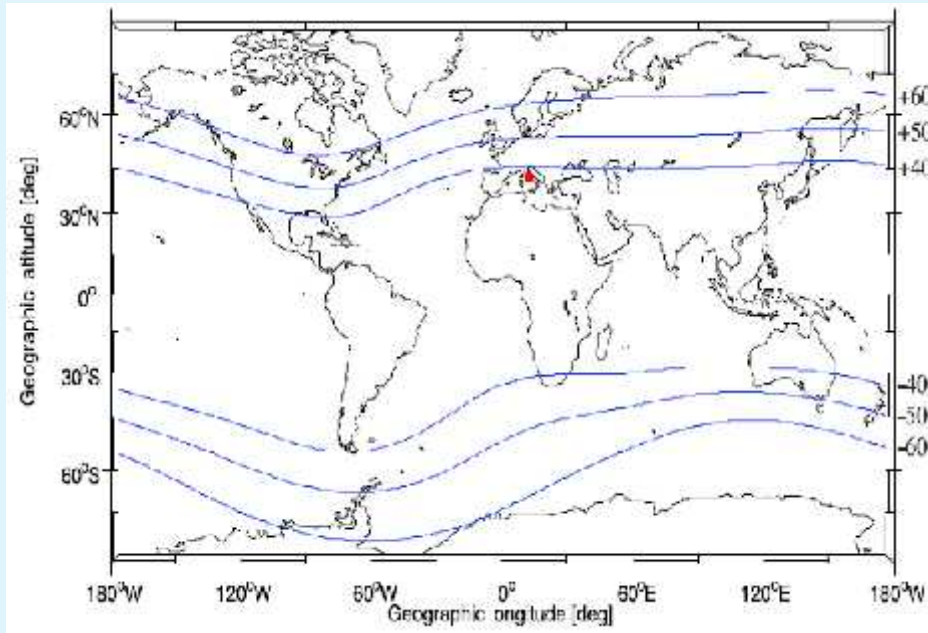
Maxwell's Equations

Point Form	Integral Form
$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_c + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \int_S \left(\mathbf{J}_c + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S}$ (Ampère's law)
$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \int_S \left(-\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S}$ (Faraday's law; S fixed)
$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$	$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \int_v \rho dv$ (Gauss' law)
$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$ (nonexistence of monopole)

Maxwell's Equations

Point Form	Integral Form
$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \int_S \left(-\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S} \quad (\text{Faraday's law; } S \text{ fixed})$

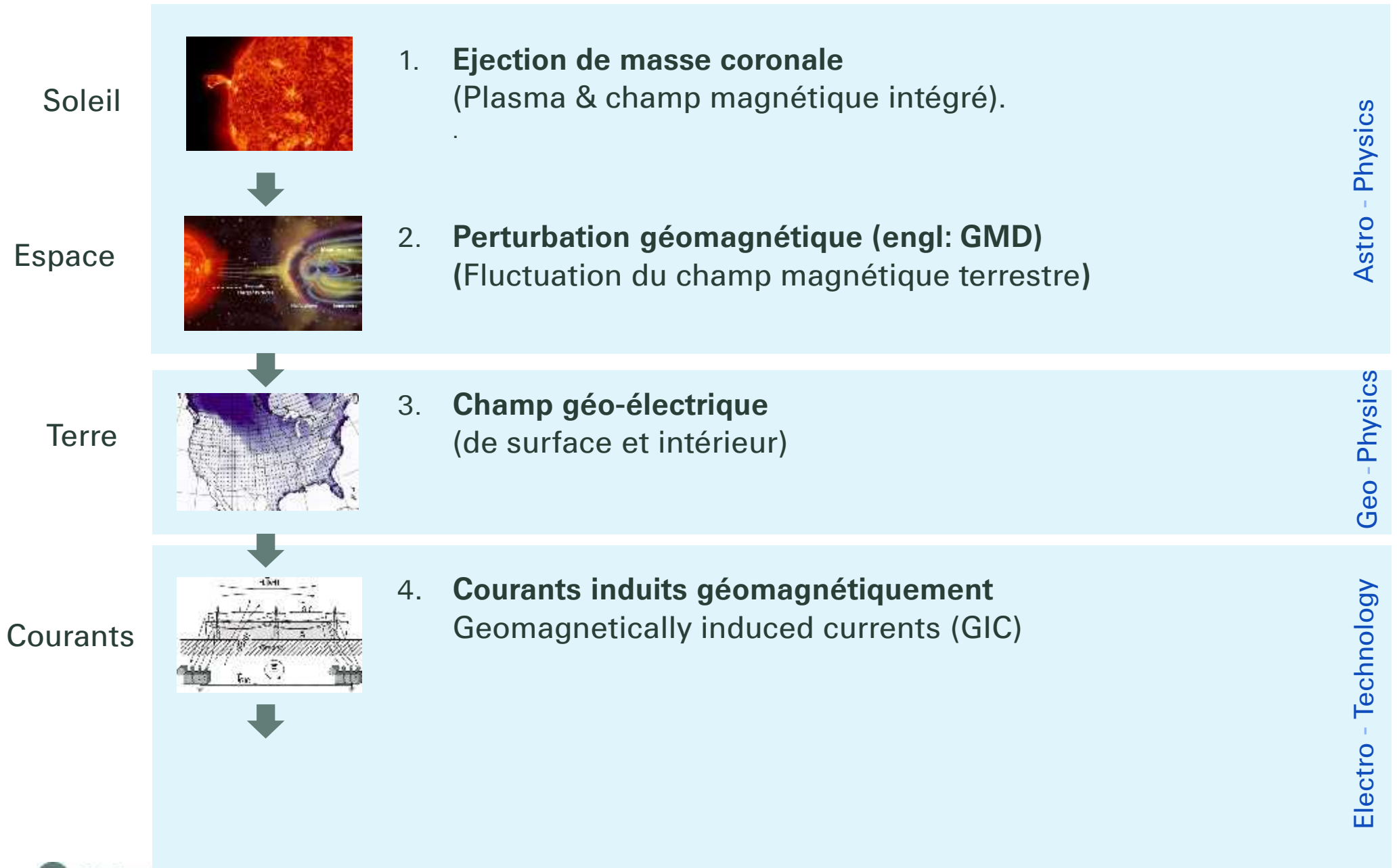
Facteurs de risques



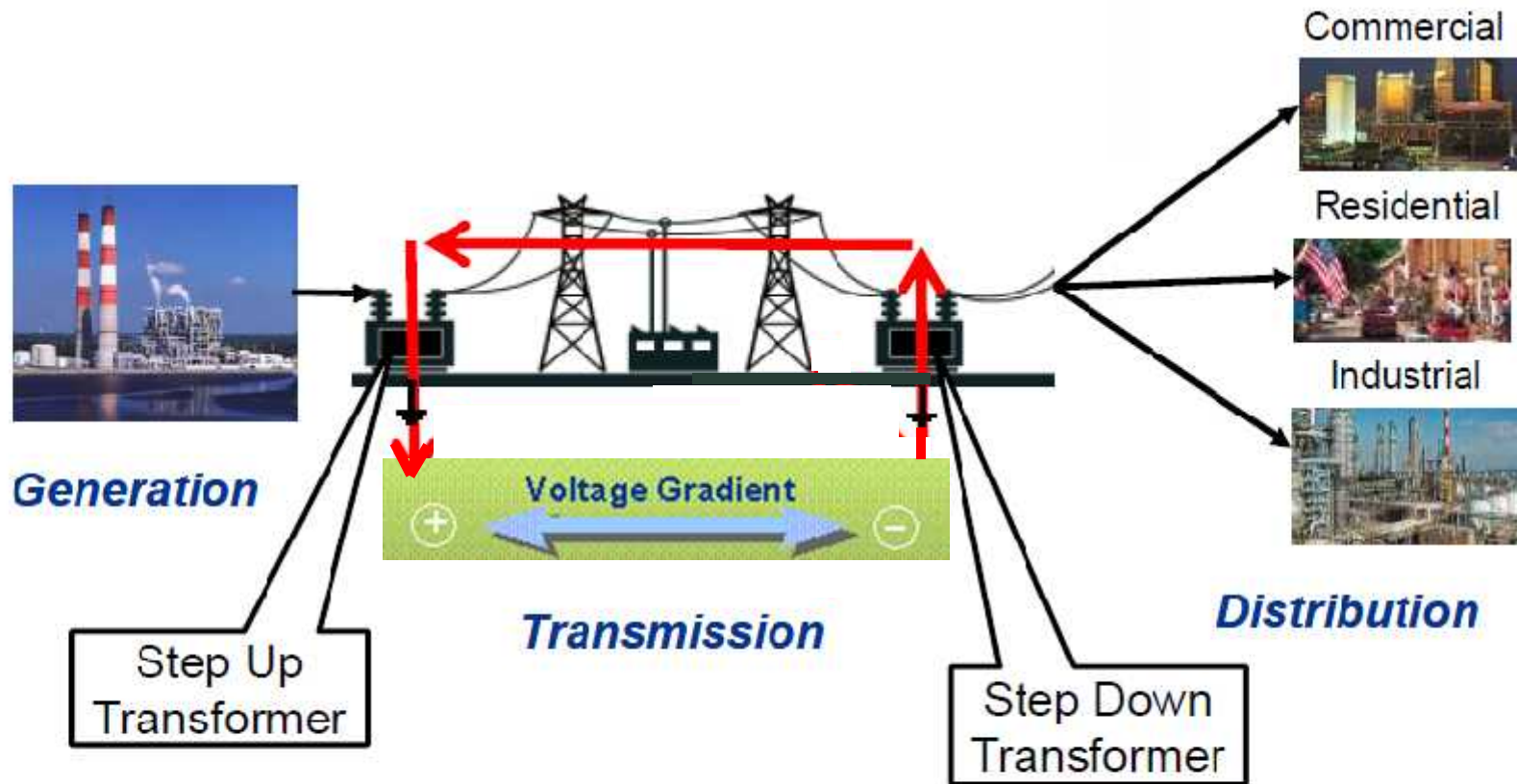
- Latitude (géomagnétique)
- Résistance électrique du sol
- Proximité des côtes

<http://www.aer.com/news-events/videos/geomagnetic-disturbance-scenario>

Un peu de physique – en version abrégée



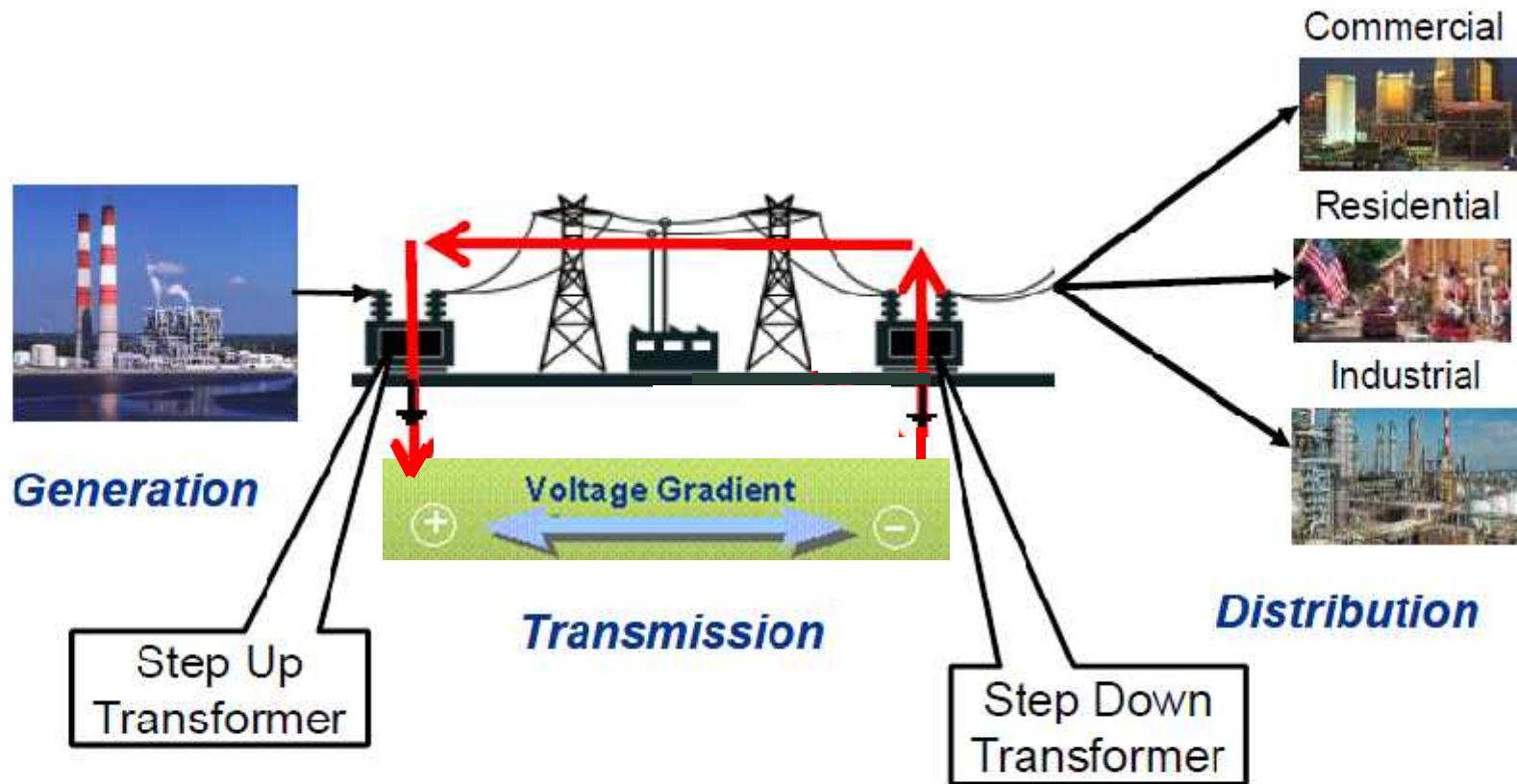
Geomagnetic Induced Current (GIC) Conditions



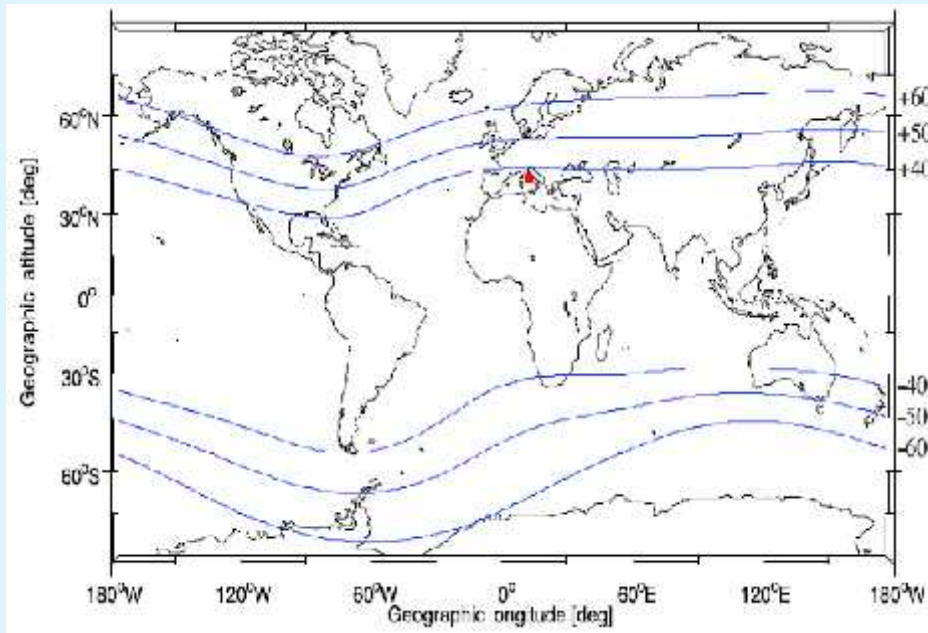
Geomagnetic Induced Current (GIC) Conditions



Geomagnetic Induced Current (GIC) Conditions



Facteurs de risques

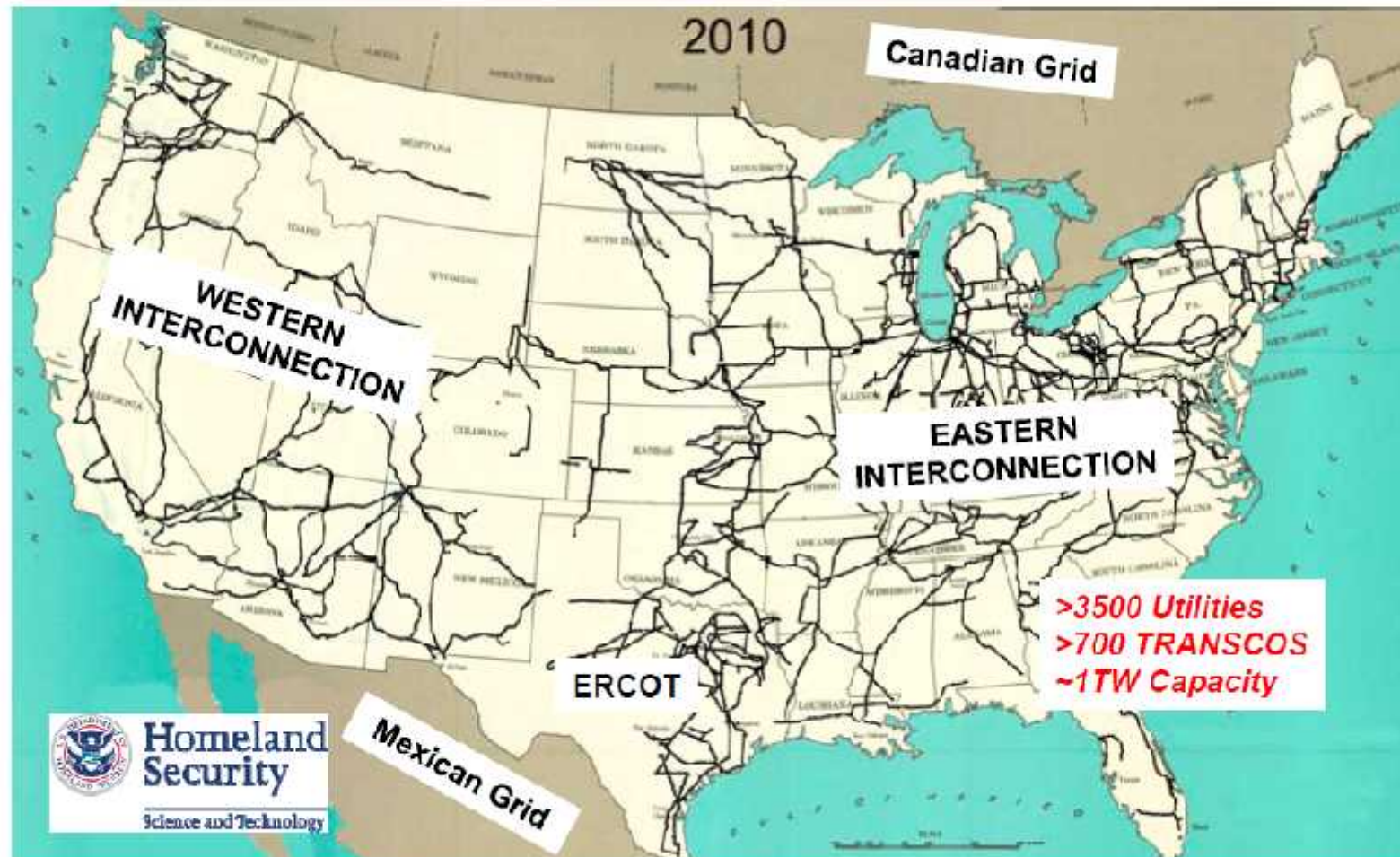


<http://www.aer.com/news-events/videos/geomagnetic-disturbance-scenario>

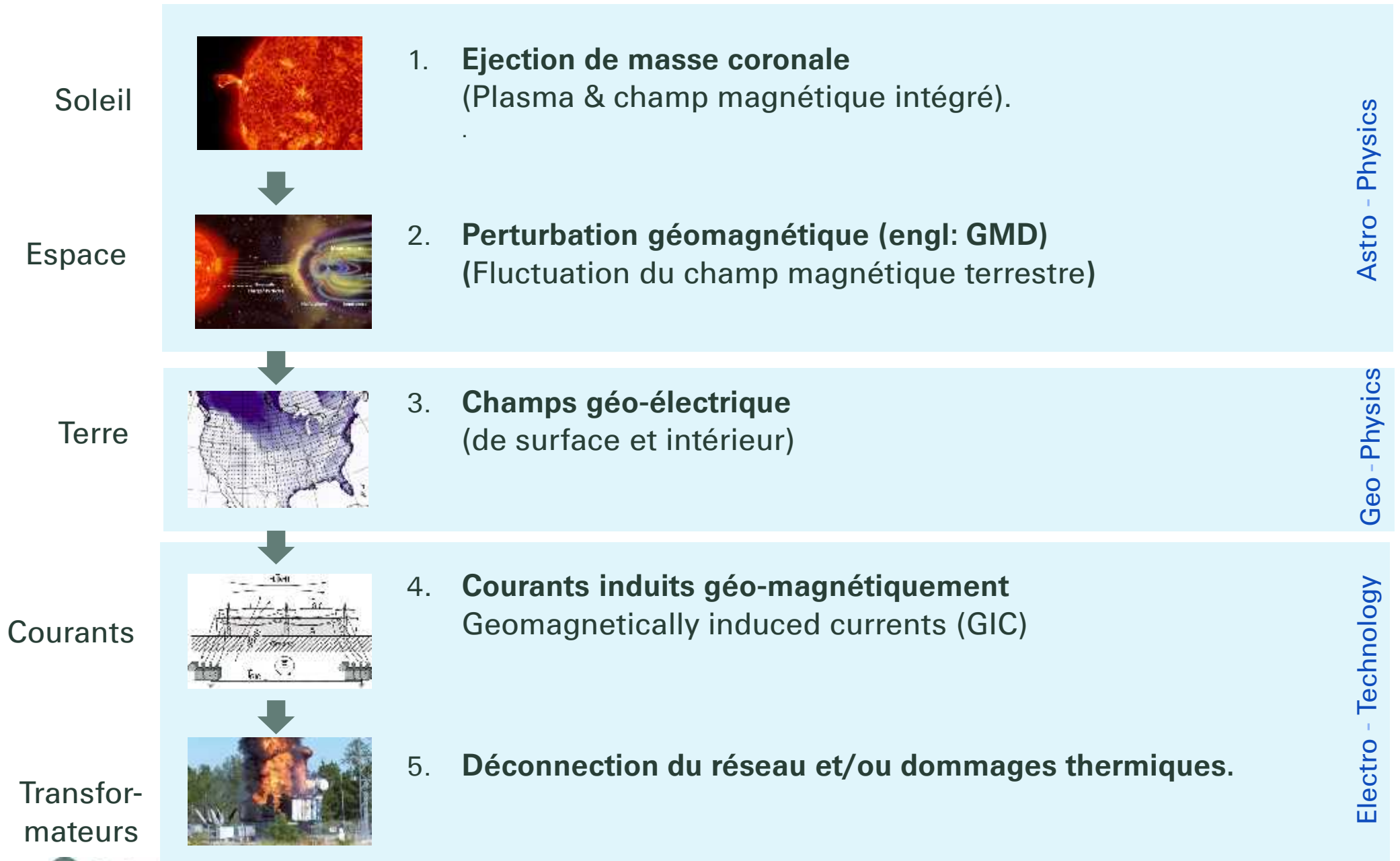
- Latitude (géomagnétique)
- Résistivité électrique du sol
- Proximité des côtes
- Résistivité des lignes (haute-tension)
- Longueur / orientation

La complexité des réseaux

345KV+ North American Grid



Un peu de physique – en version abrégée



Incendie de transformateurs



10 Largest Geomagnetic Storms on Record

Date	Estimated Strength	Notes	Storm Category
1. September 1859	-1100nT	Carrington Event	G5
2. February 1872	-1020nT?	No accurate measurement	G5
3. May 1921	-800nT	Telegraph lines melted	G5
4. October 1903	-800nT?	No accurate measurement	G5
5. September 1909	-600nT		G5
6. July 1928	-700nT?		G5
7. March 1989	-590nT	Hydro-Quebec power outage	G5
8. April 1938	-530nT		G5
9. July 1941	-453nT		G5
10. November 2003	-422nT		G5

DST (disturbance – storm time) index

Aurores polaires (boréales et australes)



Colorful Aurora Borealis in Finland. Photo #7 by Visit Finland

Credit : NASA

<http://www.youtube.com/watch?v=N5utOxtma2U>

Transformateurs de puissance

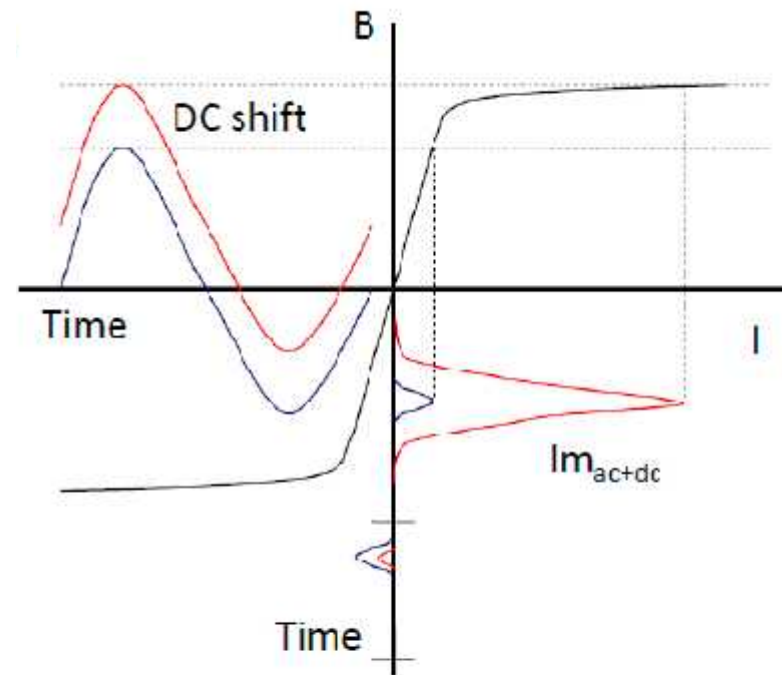
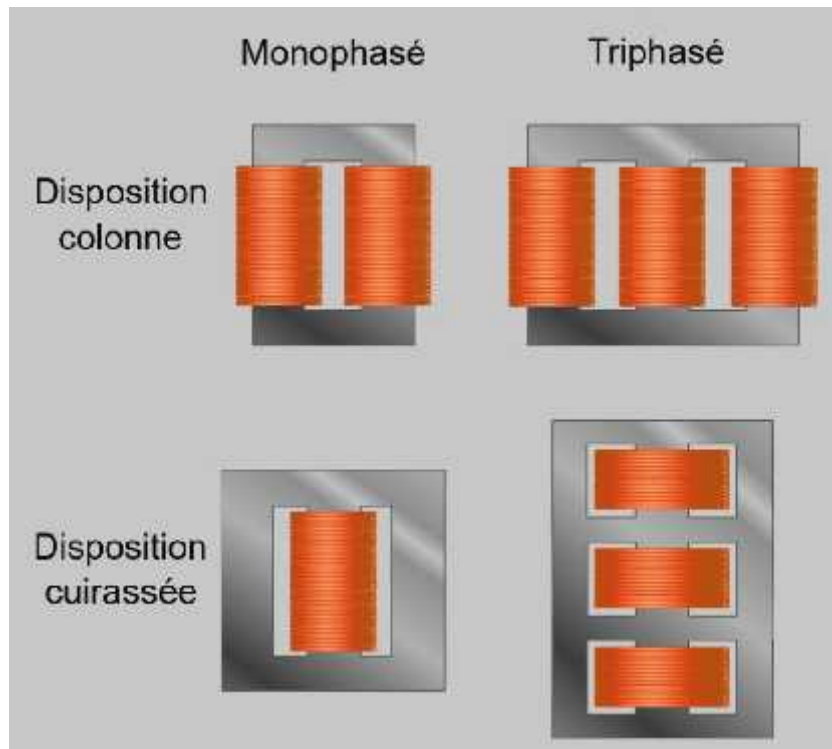


Transformateur très haute tension

- Remplaçable en 12-18 mois
- Coût de ~ 10-20m USD
- Poids: tri-phasé → 200 – 400 tonnes.

Introduction: Transformer ½ Cycle Saturation

- Geomagnetically Induced Current (GIC): Quasi-DC: <math><0.1\text{Hz}</math>.
- Transformer ½ cycle saturation:



Transformateur de puissance



Transformateur très haute tension

- Remplaçable en 12-18 mois
- Coût de ~ 10-20m USD
- Poids: tri-phasé → 200 – 400 tonnes.

Disjonction dû à:

- Effet de saturation
 - harmoniques
 - puissance réactive
 - baisse de tension
- Flux de fuite
 - échauffement

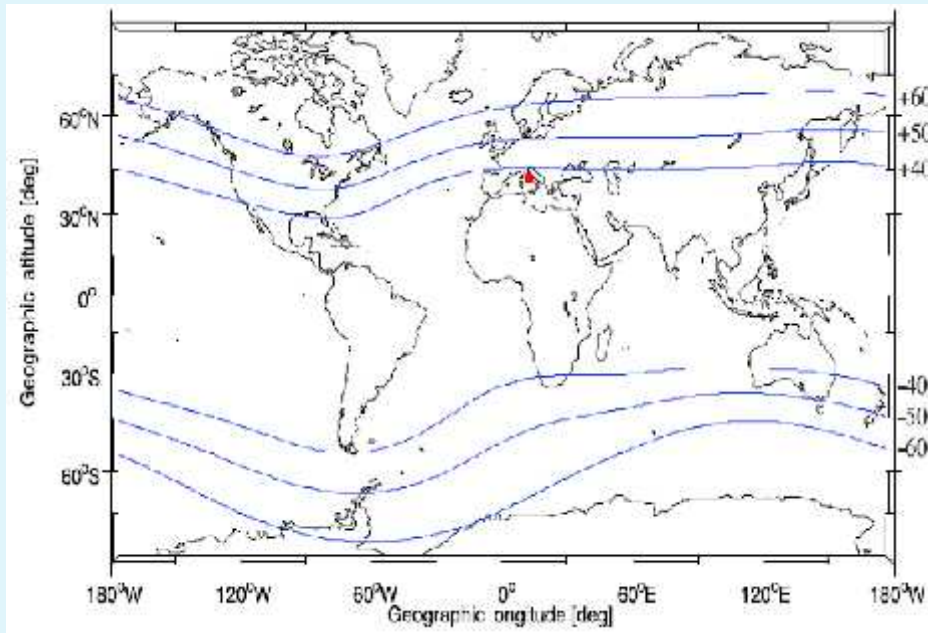
Dommmages aux transformateurs



Dégâts dus aux GIC

- Vieillessement précoce
- Production de gaz dans l'huile d'isolation
- Dommages thermiques
- Incendie, explosion

Facteurs de risques

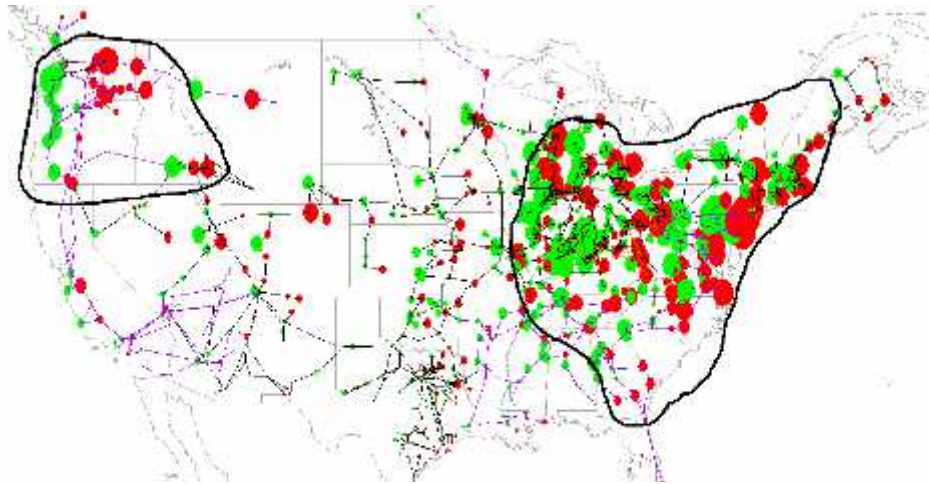


<http://www.aer.com/news-events/videos/geomagnetic-disturbance-scenario>

- Latitude (géomagnétique)
- Résistivité électrique du sol
- Proximité des côtes
- Résistivité des lignes (haute-tension)
- Longueur / orientation
- **Type de transformateurs**
- **Mécanismes de protection**

L'impact des orages magnétiques ?

Orages magnétiques: Blackouts en Amérique du Nord



Metatech Corp, John Kappenman.

> 130 millions de personnes affectées

Hypothèse: Répétition de l'événement de mai 1921

200-300 transformateurs endommagés,
construction par appareil ~ 12 mois

Pertes économiques > USD 1000 milliard

Blackouts chroniques : 4 - 10 ans
jusqu'au rétablissement total.

Lloyds study (aer): Répétition de l'événement de Carrington (1859):

20-40 millions de personnes touchées.

Blackouts pendant 16 jours à 1-2 années

Pertes économiques USD **600 - 2600 milliards**

2012, NERC (North-American Electricity Reliance Corporation) "Effects of Geomagnetic Disturbances on Bulk Power System"

- "Deux risques, que les GIC créent dans les réseaux de distribution:
 - 1) Dommages physiques à l'infrastructure
 - 2) Puissance réactive, variations de tension, pertes de puissance
- **Le plus probable sont les variations de tension**
- **NERC ne peut pas confirmer les résultats d'autres études, qui prévoient la défaillance d'un nombre important de transformateurs de puissance.**

2011, Jason-Mitre for the Dept. Homeland Security "Impacts of Severe Space Weather on the Electric Grid"

"Vu que les mesures de mitigation n'ont pas été largement appliquées au réseau de distribution électrique Américain, des dommages graves sont une possibilité, mais une étude rigoureuse du risque n'a pas été entreprise. Nous ne sommes pas convaincus que le scénario le plus défavorable (worst-case scenario) de M. Kappenman soit plausible. "

Effets sur la société

Sans blackout

- Satellites
 - Satellites eux-mêmes
 - Communication
 - Le monde bancaire
 - Système GNSS* (GPS)
 - moyens de transport
 - activités off-shore
- Aviation et installations de radar

*GNSS = Global Navigation Satellite System

Avec blackouts de longues durées: comme à gauche, et de plus:

- Industrie
- Transport
- Internet, ordinateurs
- Eau
 - potable
 - usagée
- Autres services
- Commerce → Nourriture
- Chauffage / Climatisation
- Service d'urgence
- etc

Incidence probable sur l'assurance

Sans blackouts:

Branches Aviation/Espace. Couvertures type "supply chain" (→ sorte de Pertes d'exploitation (PE) indépendamment de leurs causes) (encore très rare).

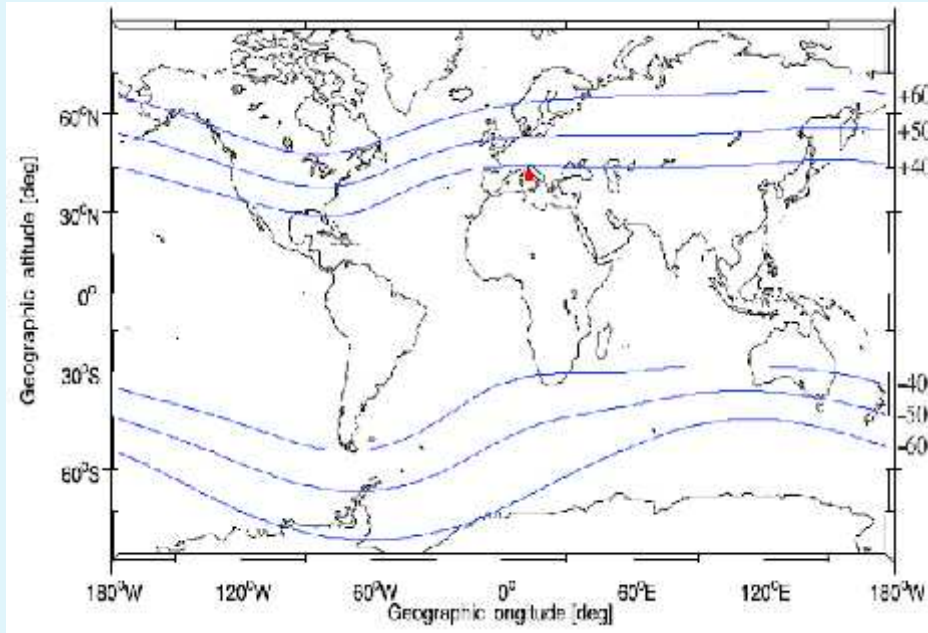
Avec blackouts, mais sans dommages matériels aux transformateurs:

Comme ci-dessus, et de plus: annexes aux polices carence de fournisseurs (pour fournisseurs de services, selon certaines législations) (rares)
(→ La garantie carence de fournisseurs (CBI), ici de services, exige normalement un dommage matériel survenant dans les installations du fournisseur)

Avec blackouts avec dommages matériels aux transformateurs

Comme ci-dessus, et de plus: carence de fournisseur de service, les transformateurs eux-mêmes et la PE des distributeurs.
(→ PE = Perte d'exploitation = exige un dommage matériel dans les installations de l'assuré).

Facteurs de risques



<http://www.aer.com/news-events/videos/geomagnetic-disturbance-scenario>

- Latitude (géomagnétique)
- Résistivité électrique du sol
- Proximité des côtes
- Résistivité des lignes (haute-tension)
- Longueur / orientation
- Type de transformateurs
- Mécanismes de protection
- **Distribution des valeurs**
- **Monde interconnecté → effet domino des blackouts**
- **Conséquences non-linéaires des blackouts**

Que pouvons-nous, que devons-nous entreprendre ?

→ activités nécessaires

Préparation et mitigation

- Plan et exercices de déclenchement et ré-enclenchement du réseau
- BCP des utilisateurs
- Système d'alerte (satellites)
- Nouvelle technologies (transformateurs)
- Retro-fit (transformateurs)
- Transformateurs et pièces de rechange répartis stratégiquement
- Transformateurs transportables

Améliorer les connaissances

- Etudes supplémentaires (quantitatives)

Augmenter la prise de conscience

- Publications
- Associations

Améliorer la connaissance, augmenter la prise de conscience

USA:

- FERC* a émis en 2013 le "Order Nr. 779": "Reliability Standards for Geomagnetic Disturbances":

*FERC = Federal Energy Regulatory Commission

Europe:

- EURISGIC; Project pour un système d'analyse et de prédiction en temps réel des courants induits géo-magnétiquement (GIC).
- JRC (Joint Research Center au sein de l'EU). "Reports and awareness dialogues."
- ESA – Space Situational Awareness

OECD:

- Geomagnetic Storms, Project on Future Global Shocks

SIBUS (Solar storm Impact on Blackouts in the US)

Phase 1:

Recherche en profondeur d'articles et d'études publiées ou non (des tempêtes solaires aux champs électriques induits aux GICs aux blackouts). Accord avec un institut de technologie réputé aux USA.

Phase 2:

Si la phase 1 n'apporte pas de certitude, Swiss Re pourrait engager cet institut pour entreprendre une étude de fonds.

Phase 3:

Des blackouts aux scénarios de pertes économiques.

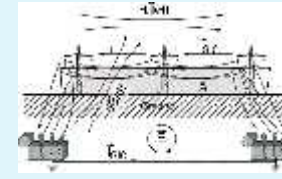
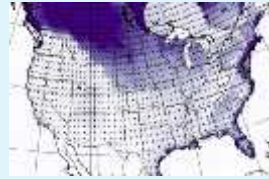
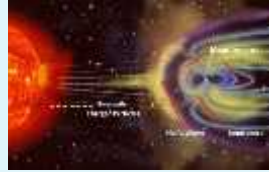
Phase 4:

(avec ou sans dommages matériels aux transformateurs)
- sinistres assurés
- sinistres réassurés

Phase 5:

Swiss Re publie les résultats. Engagement avec tous les intervenants

Résumé



Scénarios de blackouts prolongés aux USA

Impact sur la société (sans/avec blackout)

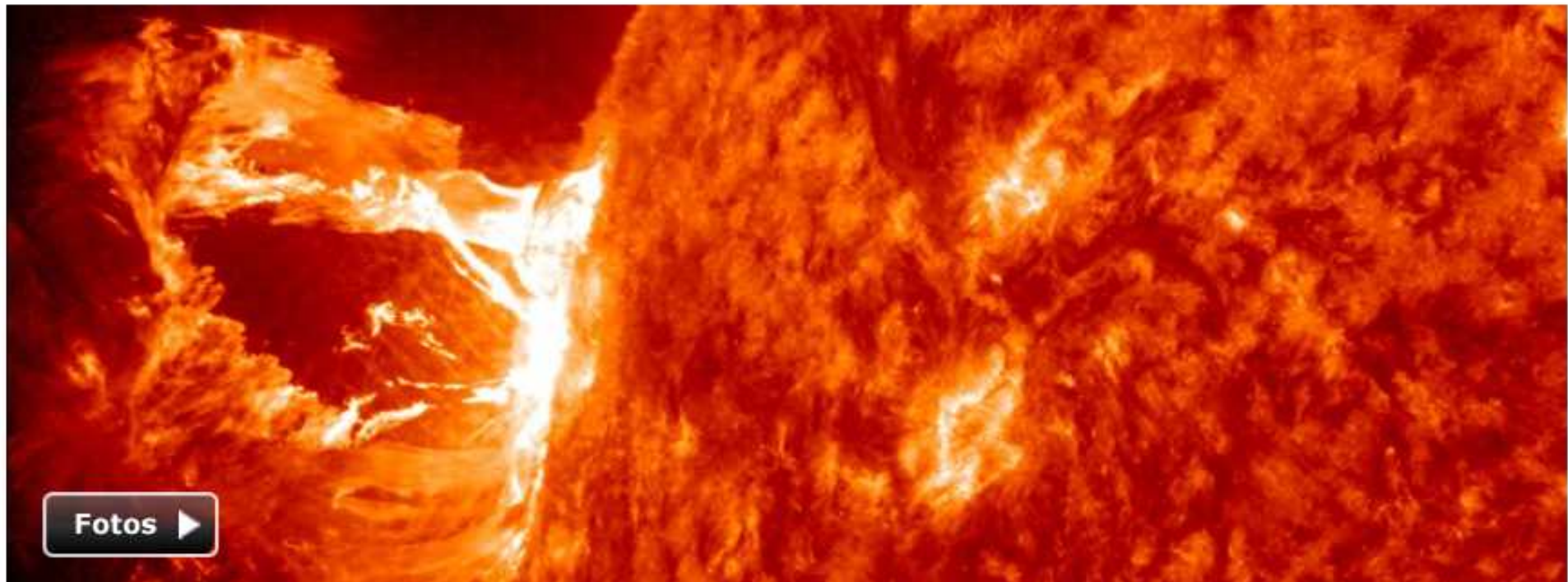
Impact sur l'assurance (sans/avec dommages mat.)

Activités nécessaires

Augmenter la prise de conscience

Questions ?

Neue Satellitendaten: Extremer Sonnensturm verfehlte die Erde



NASA

Die Analyse von Satellitendaten belegt: Ein heftiger Sonnensturm hat die Erde im Juli 2012 knapp verfehlt. Er hätte wohl Schäden von mehr als einer Billion Euro verursacht - und könnte sich schon bald wiederholen.



Legal notice

©2015 Swiss Re. All rights reserved. You are not permitted to create any modifications or derivative works of this presentation or to use it for commercial or other public purposes without the prior written permission of Swiss Re.

The information and opinions contained in the presentation are provided as at the date of the presentation and are subject to change without notice. Although the information used was taken from reliable sources, Swiss Re does not accept any responsibility for the accuracy or comprehensiveness of the details given. All liability for the accuracy and completeness thereof or for any damage or loss resulting from the use of the information contained in this presentation is expressly excluded. Under no circumstances shall Swiss Re or its Group companies be liable for any financial or consequential loss relating to this presentation.