Vidéo d'introduction

Christian Mülhauser,
Janvier 2012, Norvège

https://vimeo.com/chrigu/aurora

Comprendre les aurores polaires

Robert Saint-Jean

Pierre Langlois

Congrès de la FAAQ

22 septembre 2012

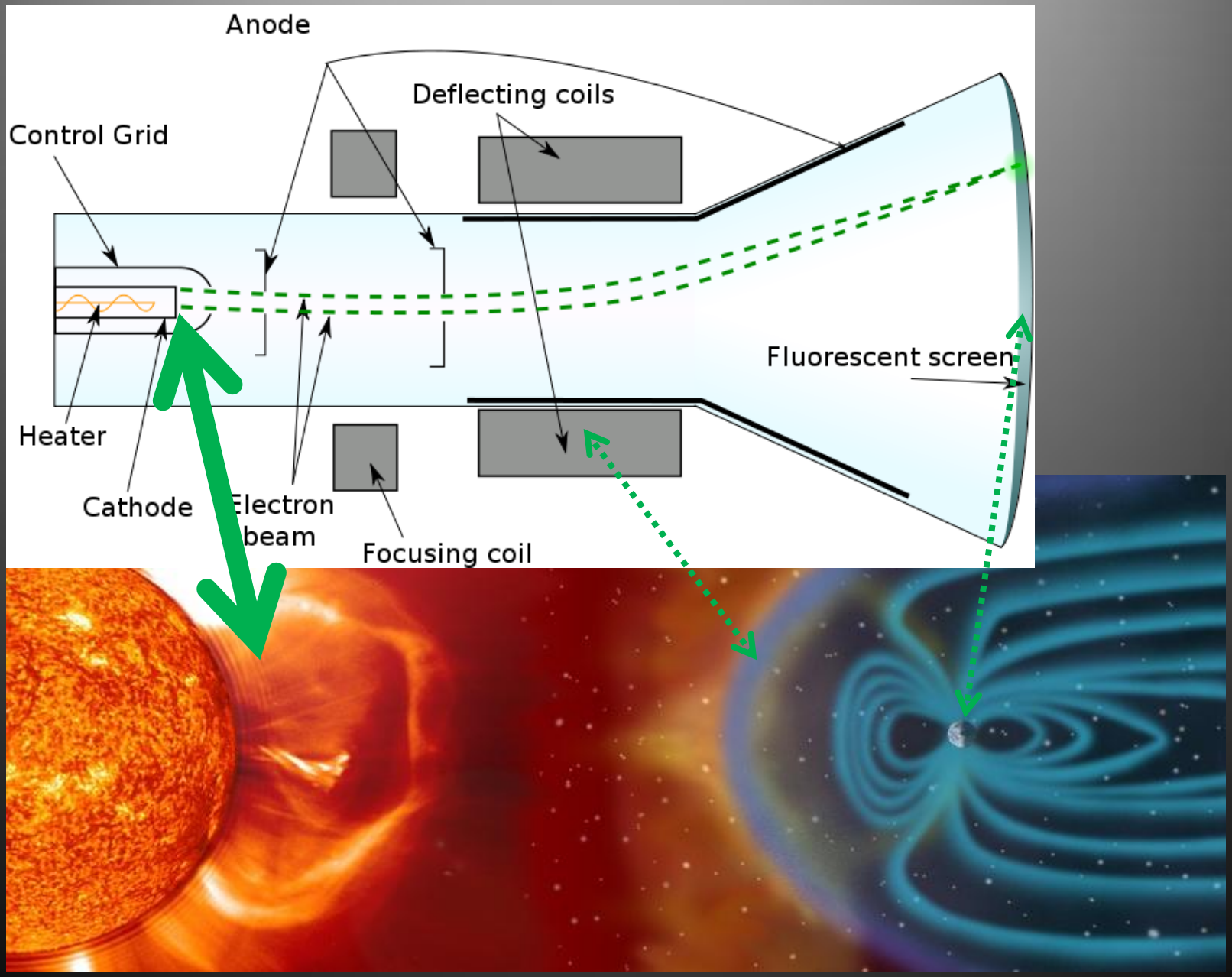
Une aurore, ça ressemble à quoi ?

TV LED

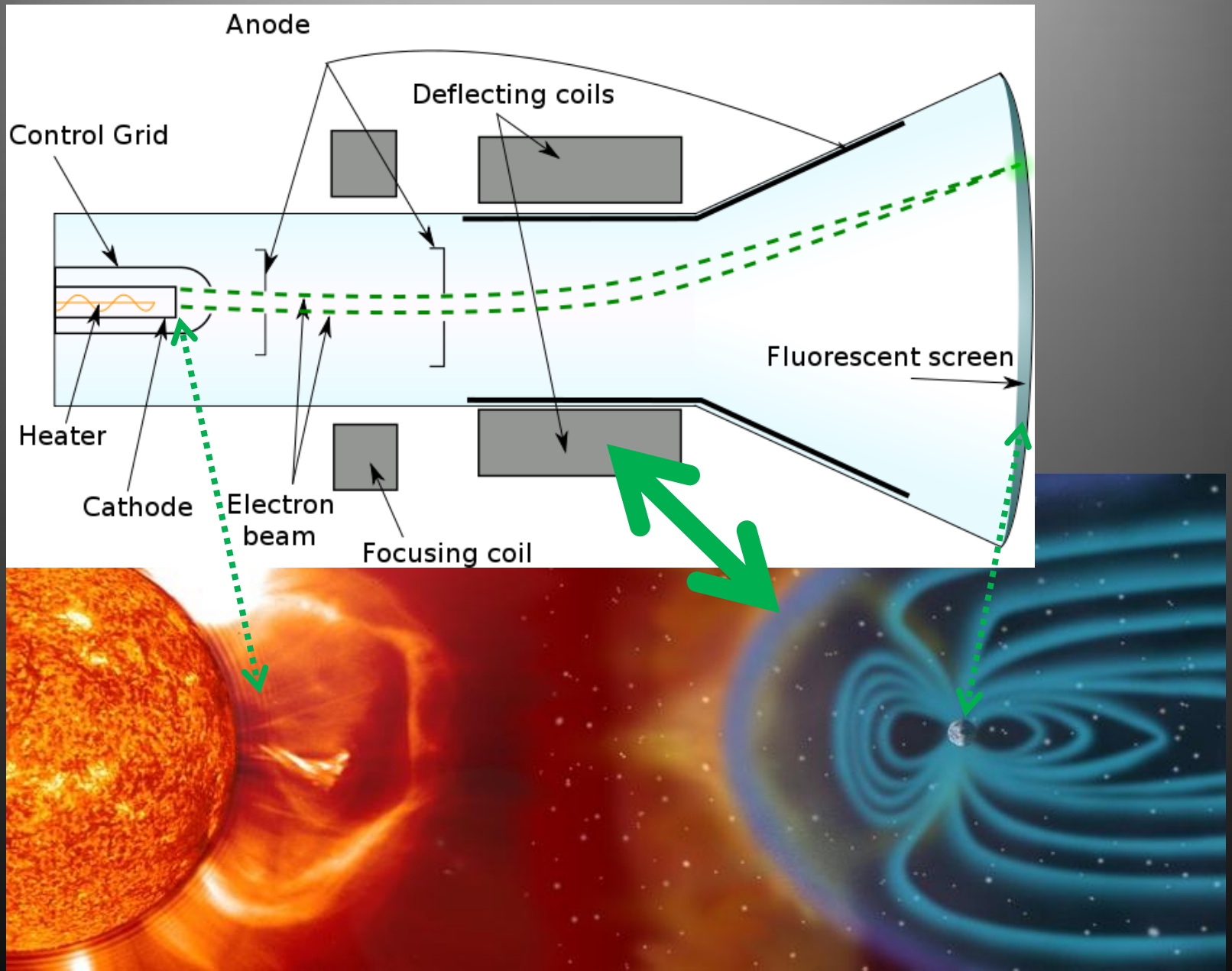
TV
Plasma

Analogie avec l'écran cathodique

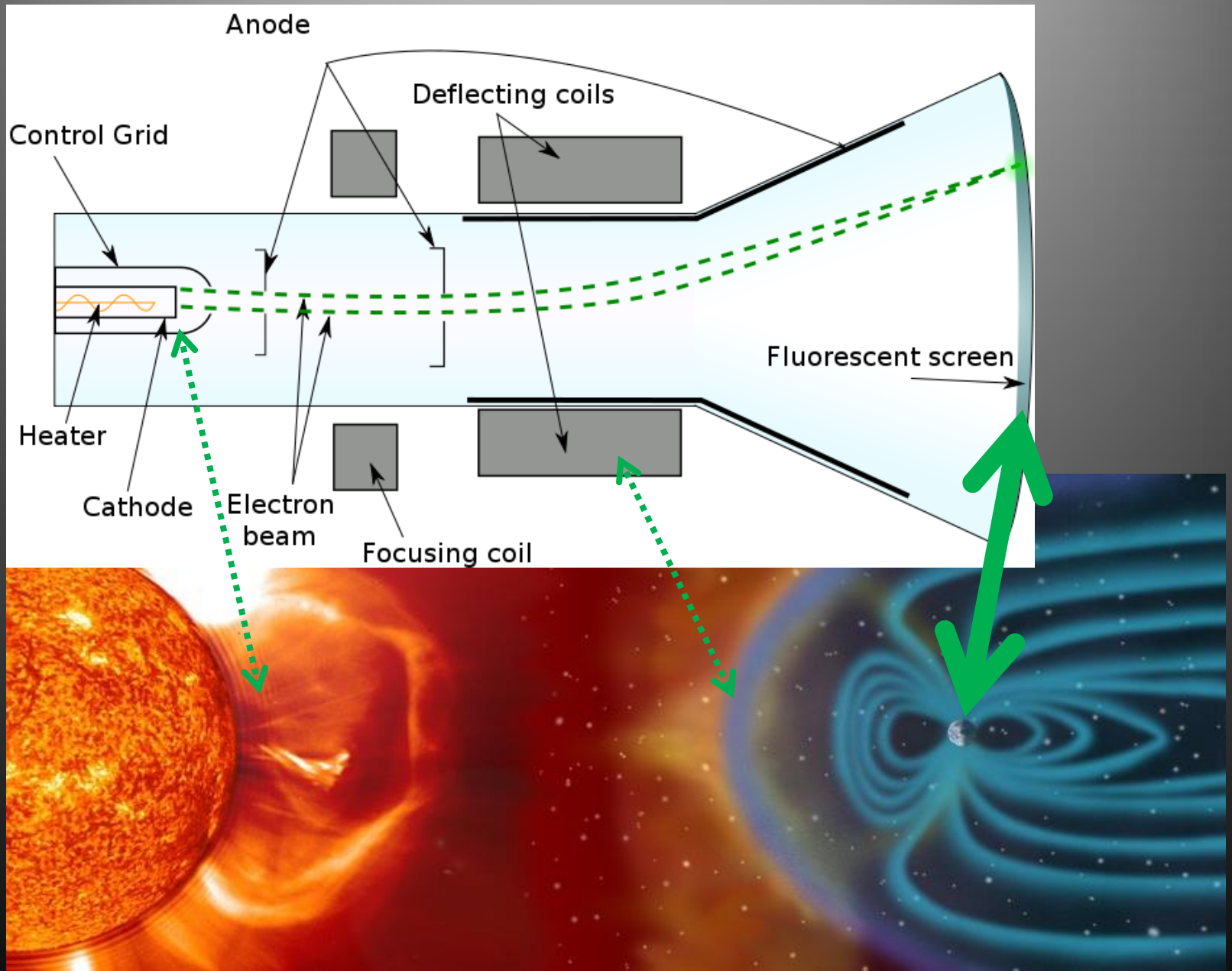
Canon à électrons…



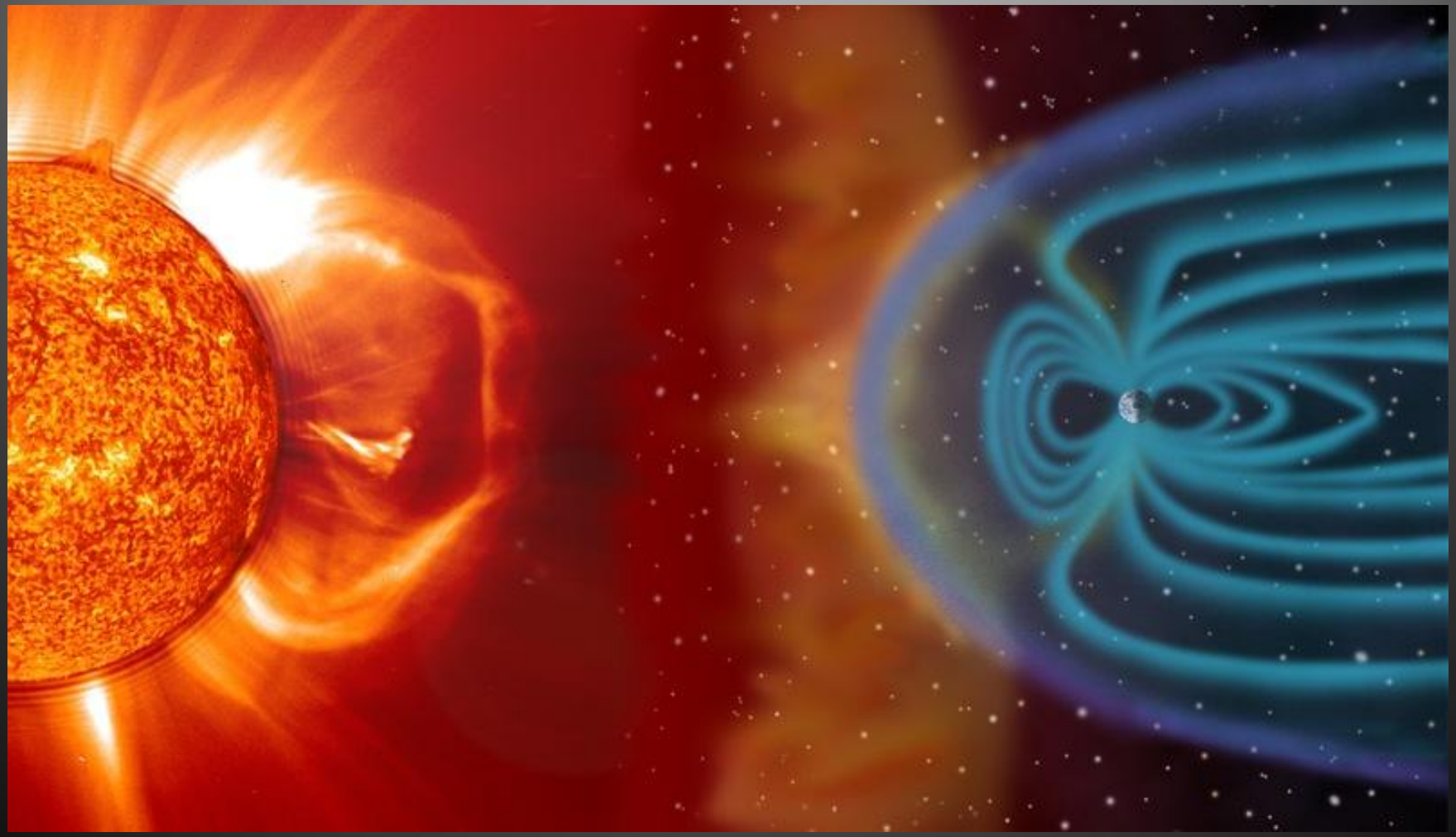
Balayage par déflection magnétique



Écran cathodique

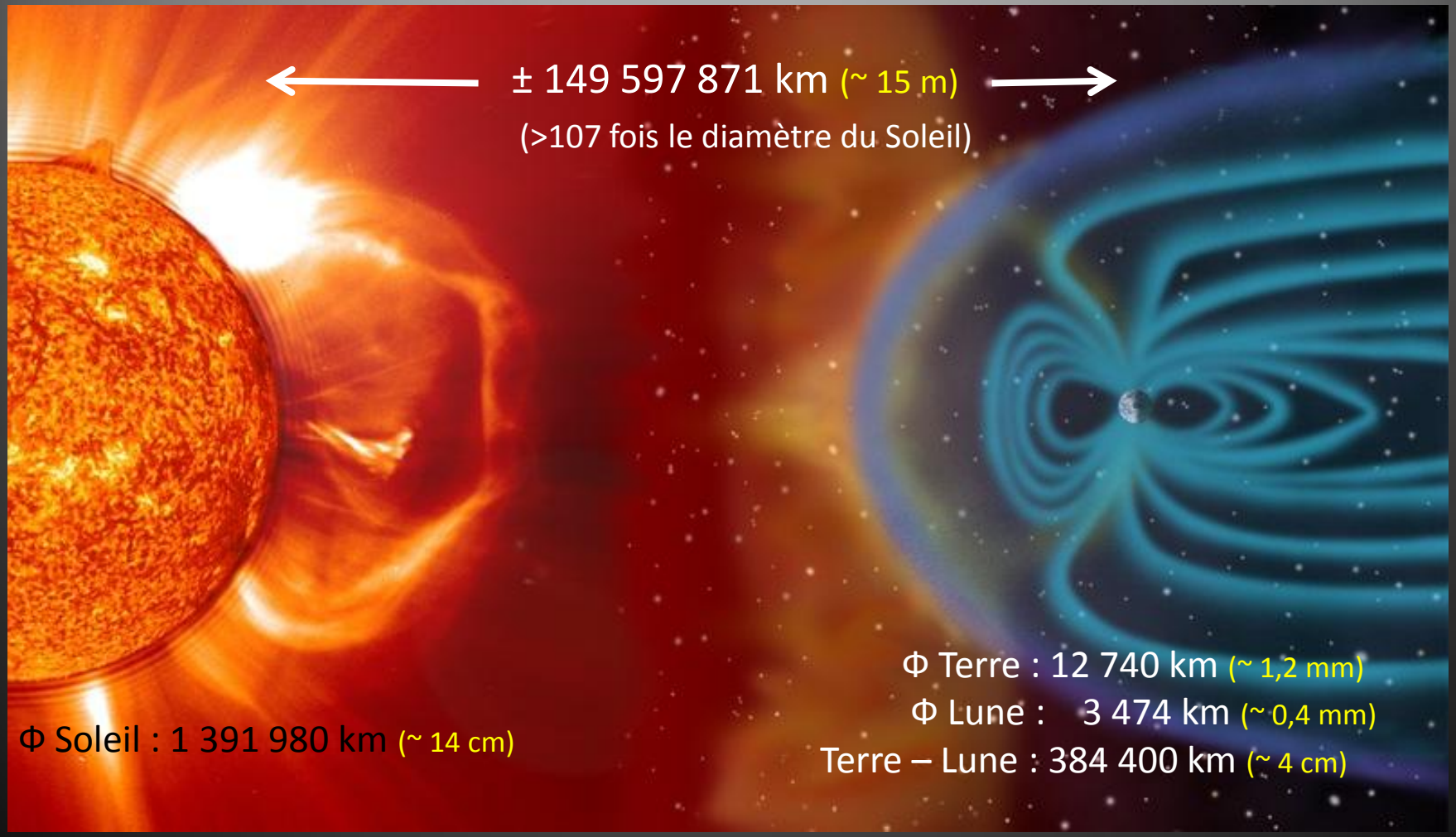


Le Soleil source des particules



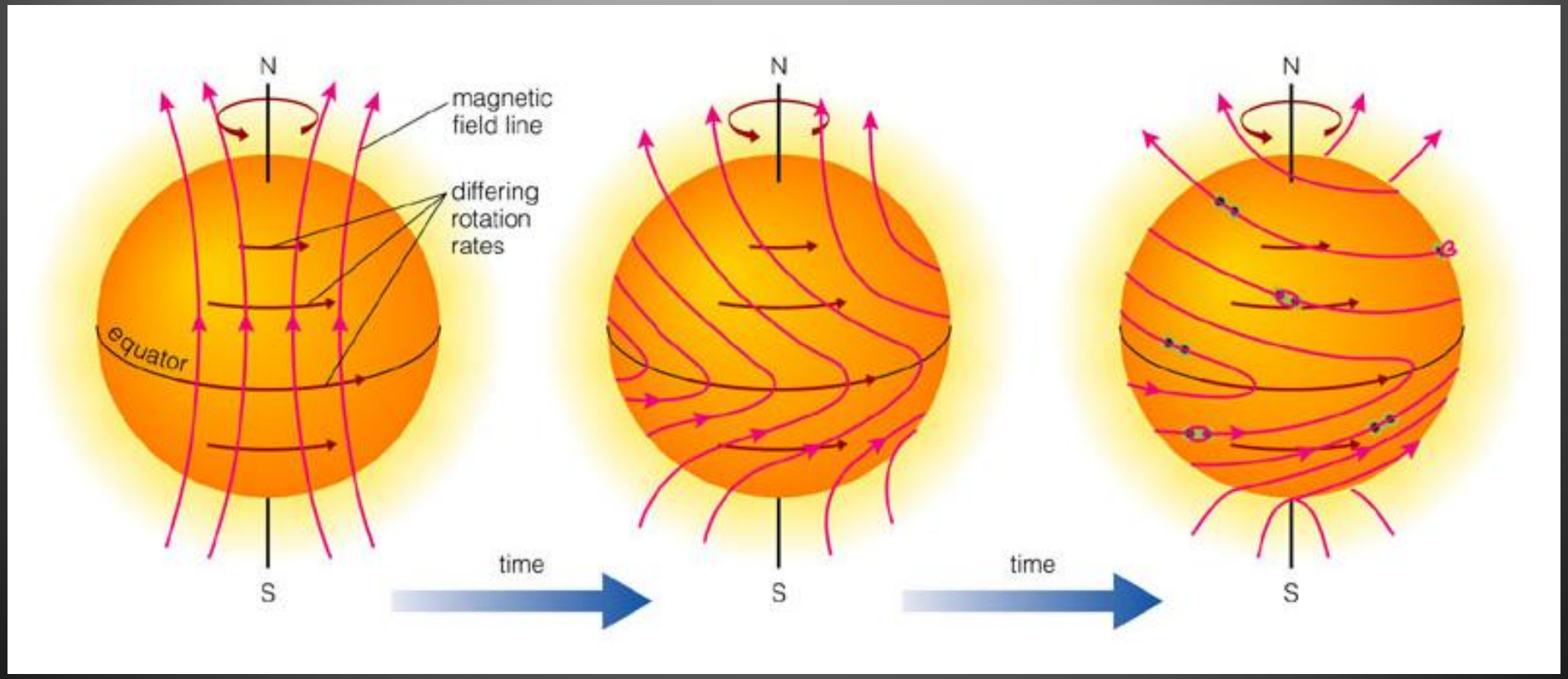
http://mix.msfc.nasa.gov/abstracts.php?p=2302

Attention à l'échelle !

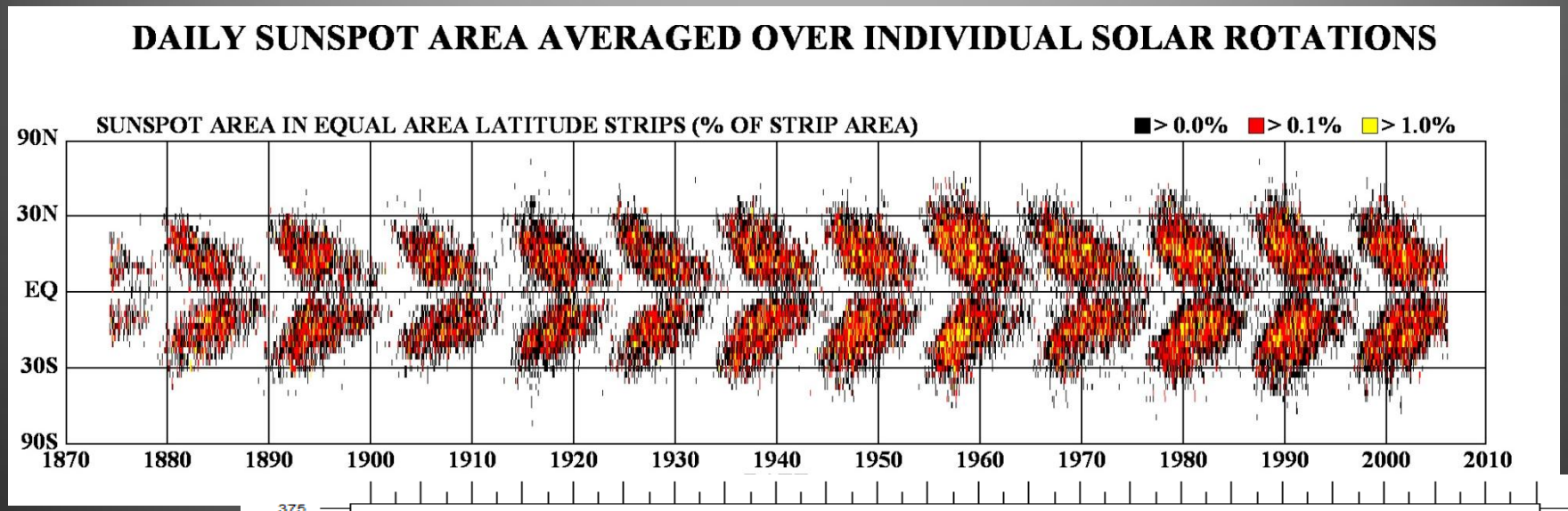


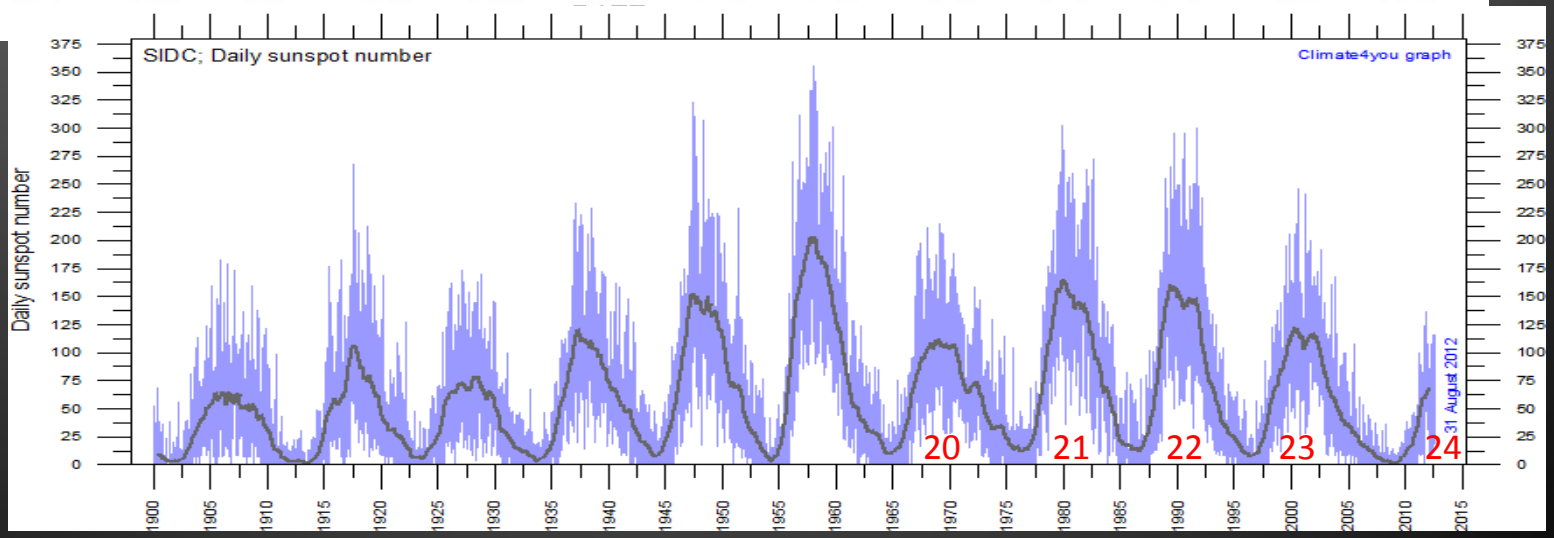
http://mix.msfc.nasa.gov/abstracts.php?p=2302

Le champ magnétique solaire

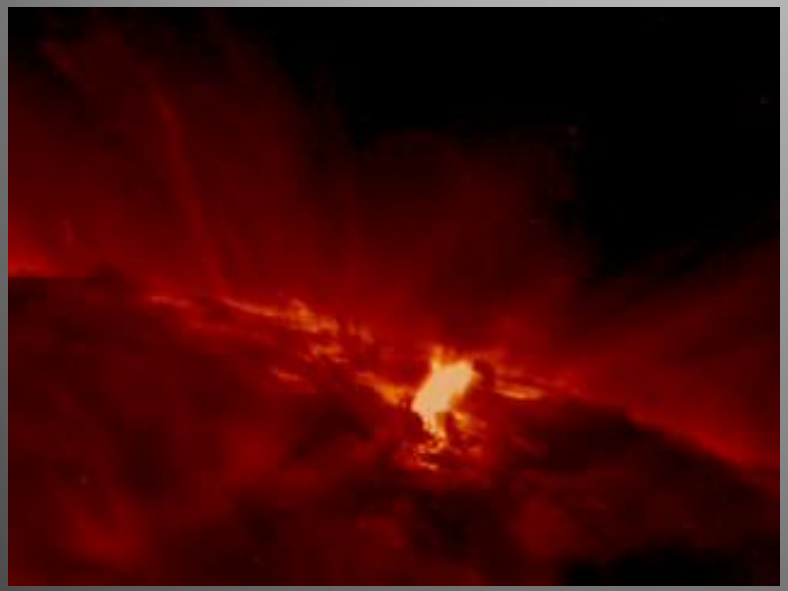


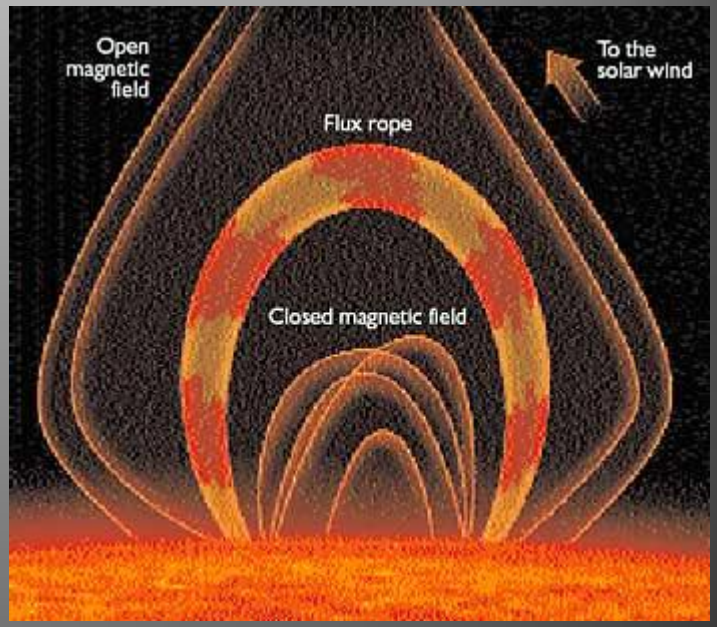
Le cycle solaire





Éruption solaire et Éjection de masse coronale





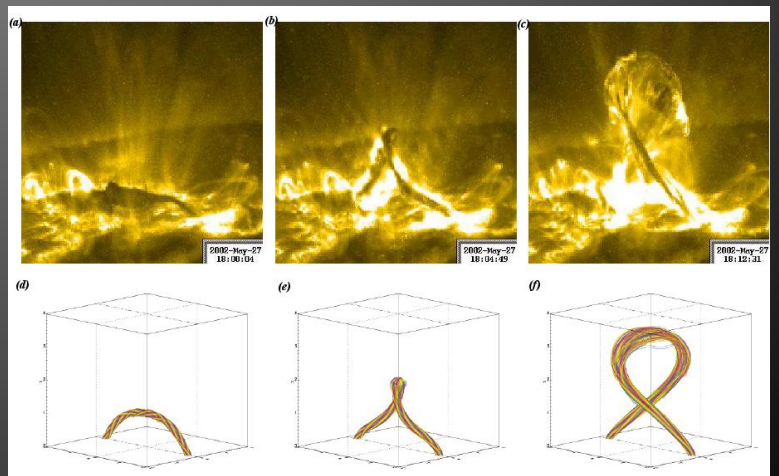


Figure 1: Panels (a)-(c) depict a coronal mass ejection (captured using UV imaging. Panels (d)-(f) are a numerical simulation performed by Torok and Kliem.

Vidéo de l'éruption de niveau X 6,9 du 9 août 2011

Éruption du 10 juillet 2012 - AR1520

Par Jacques Demers

http://tinyurl.com/AR1520

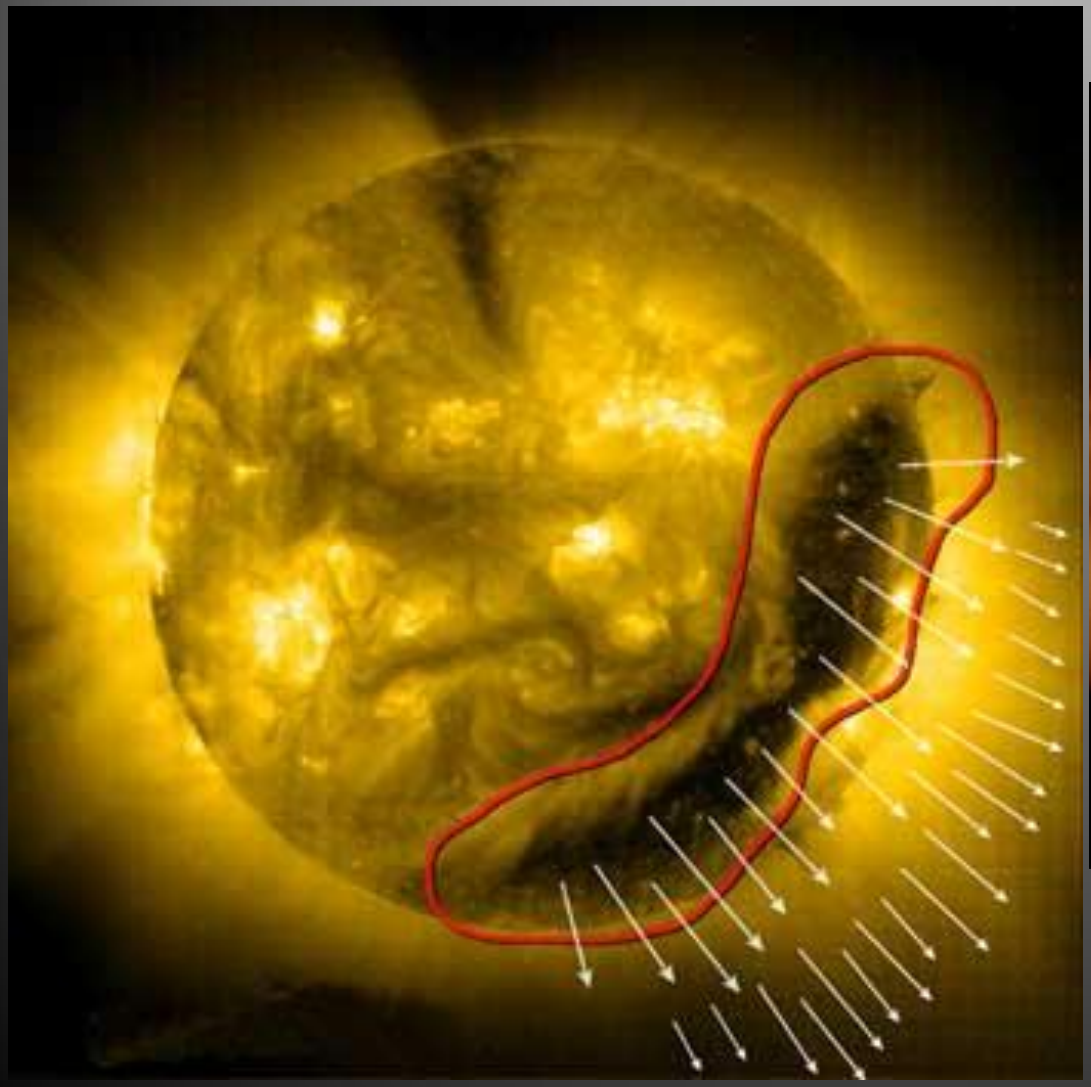
Éjection de masse coronale

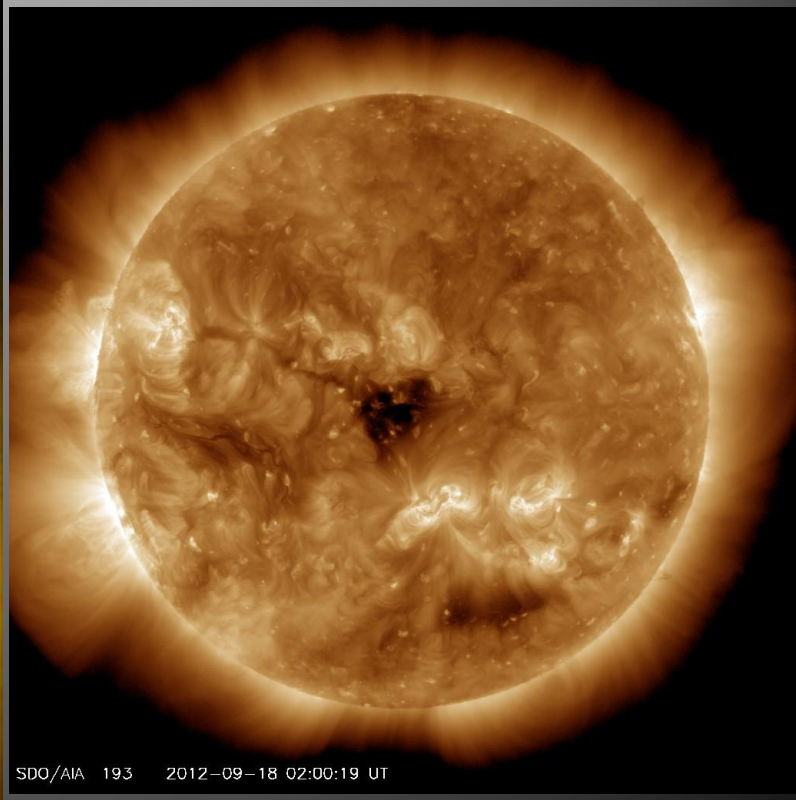
SDO, le 30 mars 2010

http://science.nasa.gov/media/medialibrary/2010/04/21/30mar10_prom_304_big.jpg

Trou coronal et vent solaire

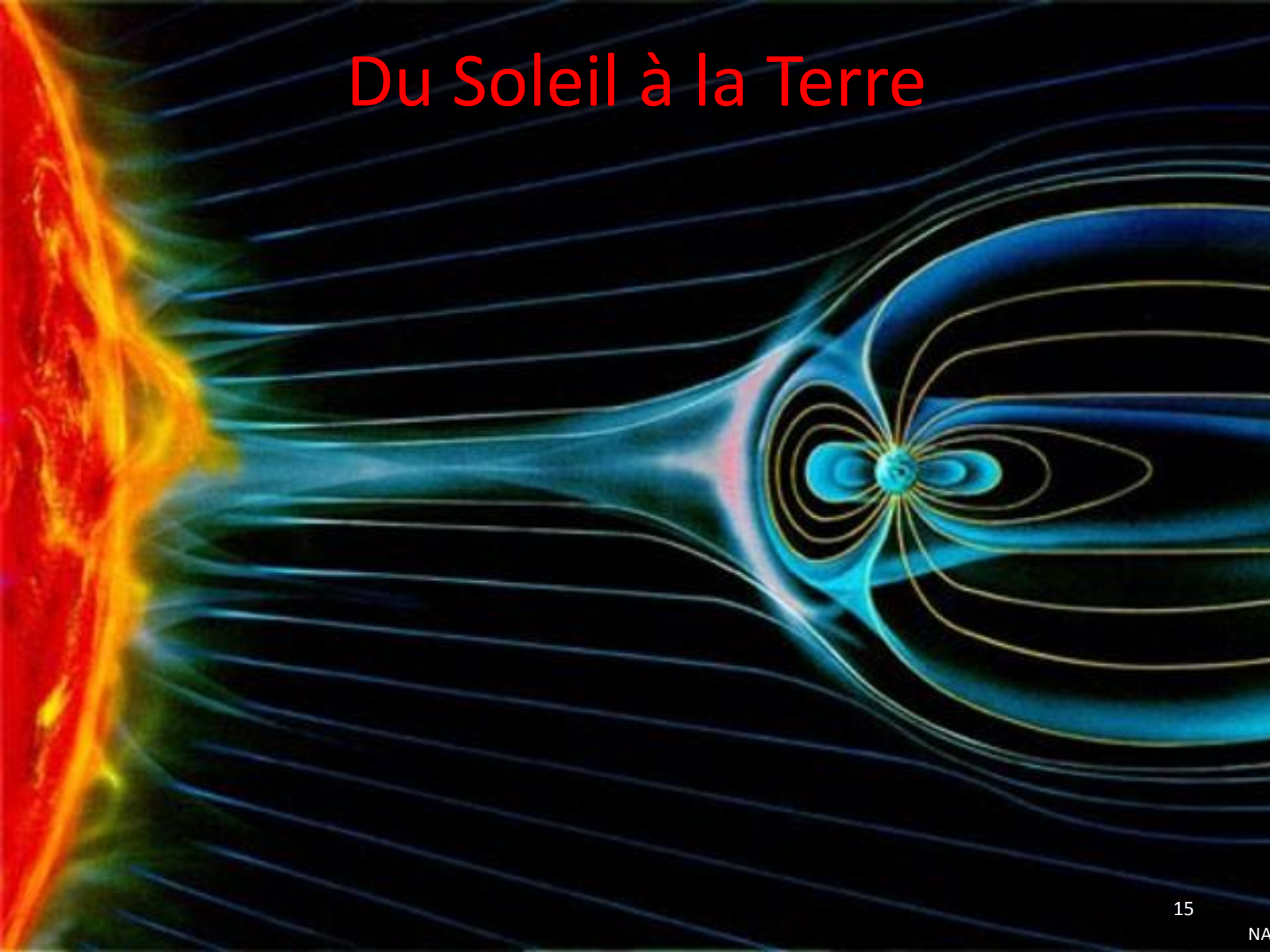
http://soho.nascom.nasa.gov/pickoftheweek/old/12sep2002/index.html





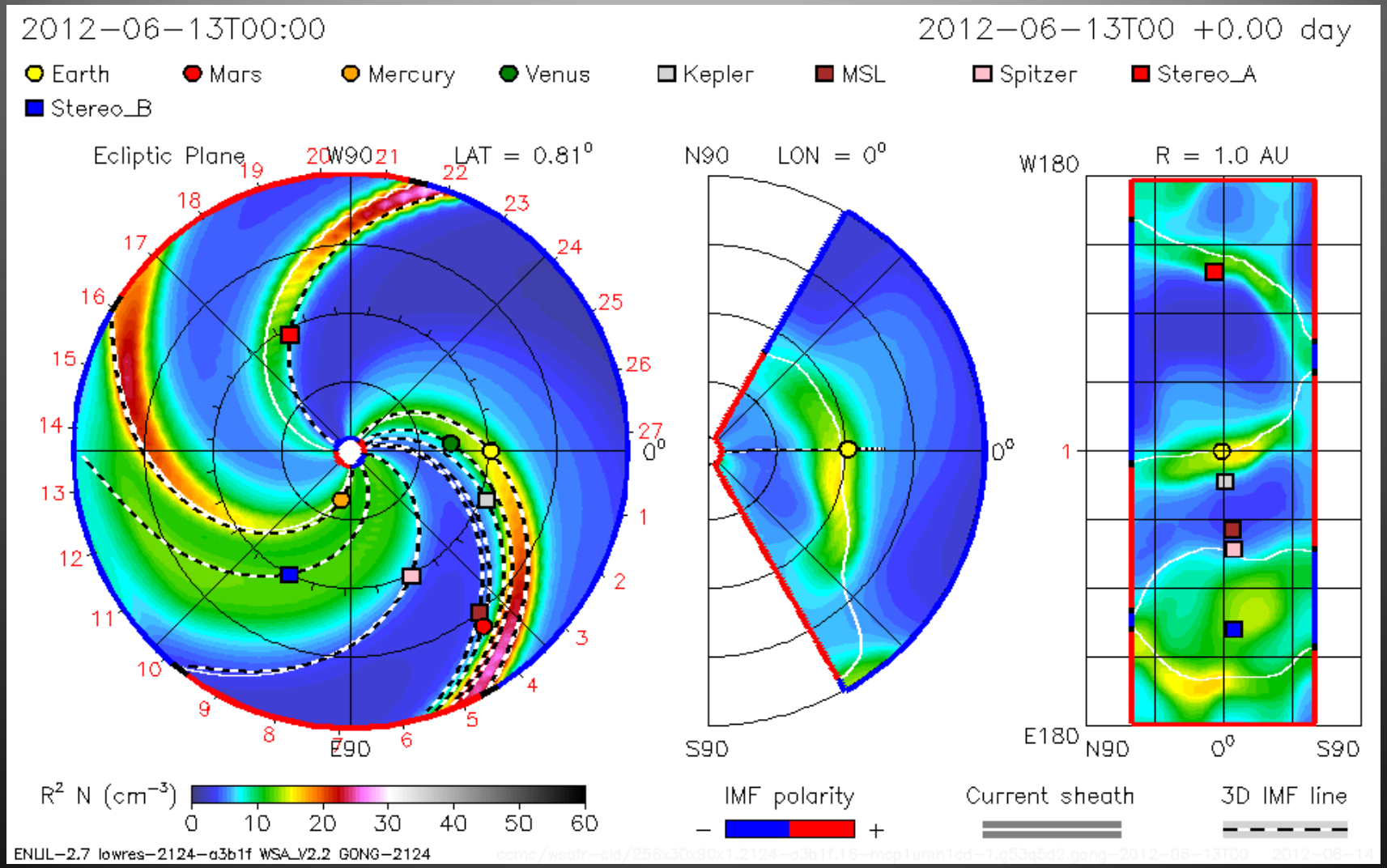
18 septembre 2012

Du Soleil à la Terre

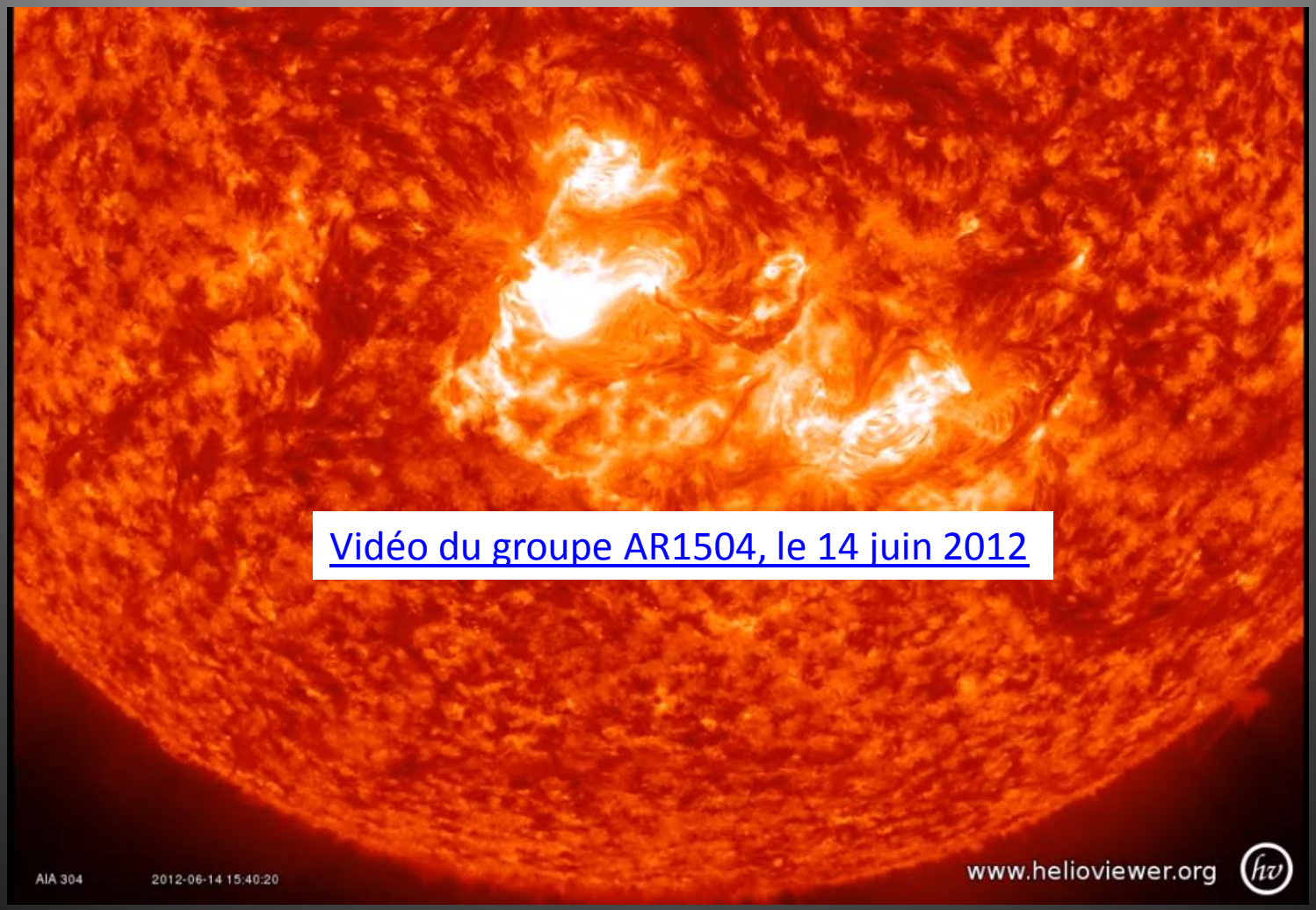


NA

La trajectoire des particules



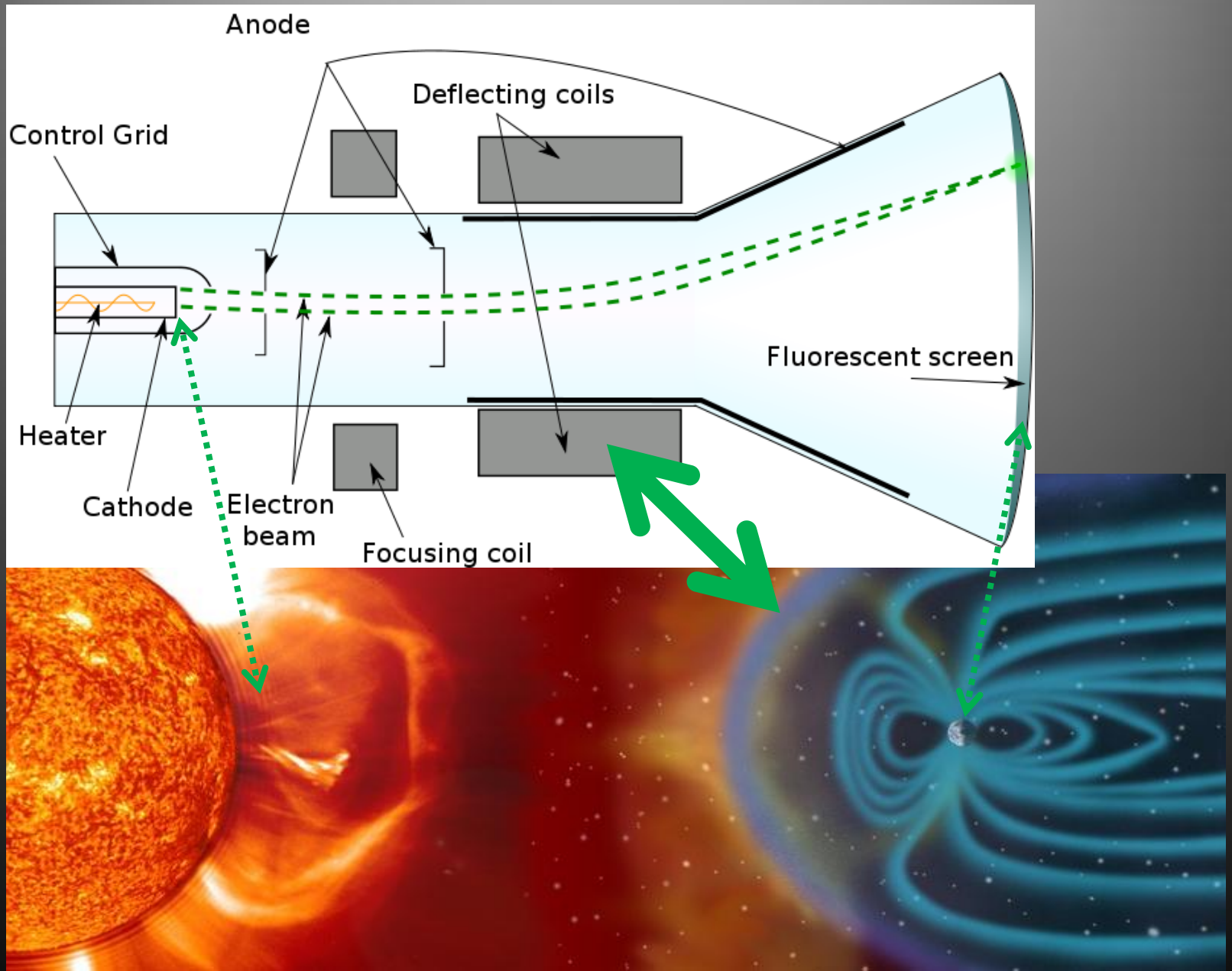
La trajectoire des particules



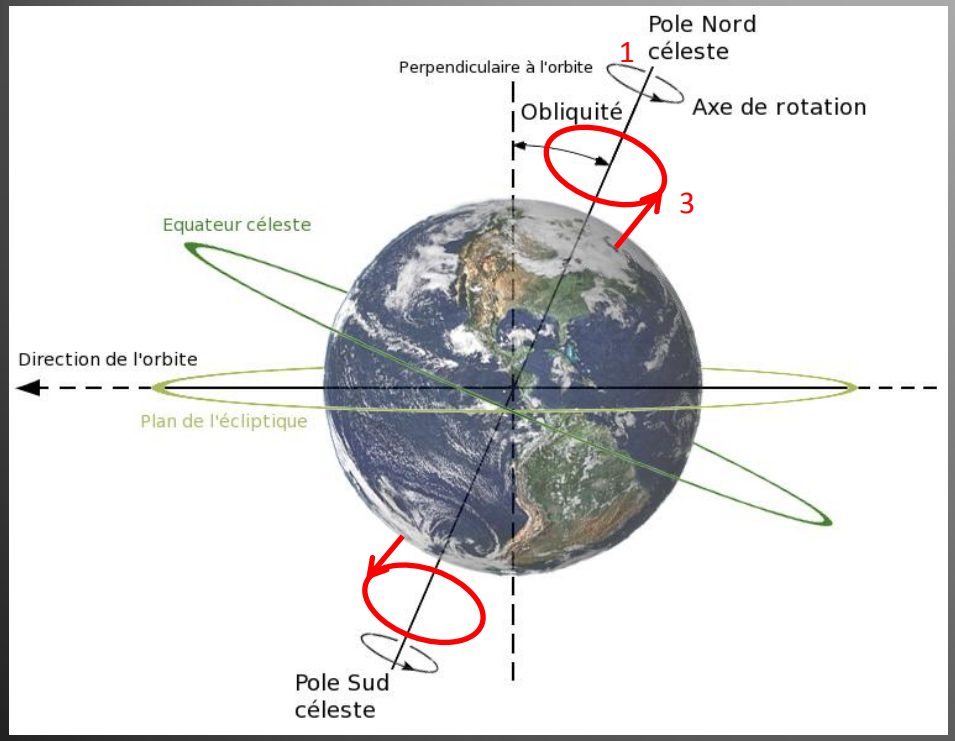
Vidéo du groupe AR1504, le 14 juin 2012

Vitesse de l'ÉMC évaluée entre 900 et 1100 km/s

L'environnement terrestre

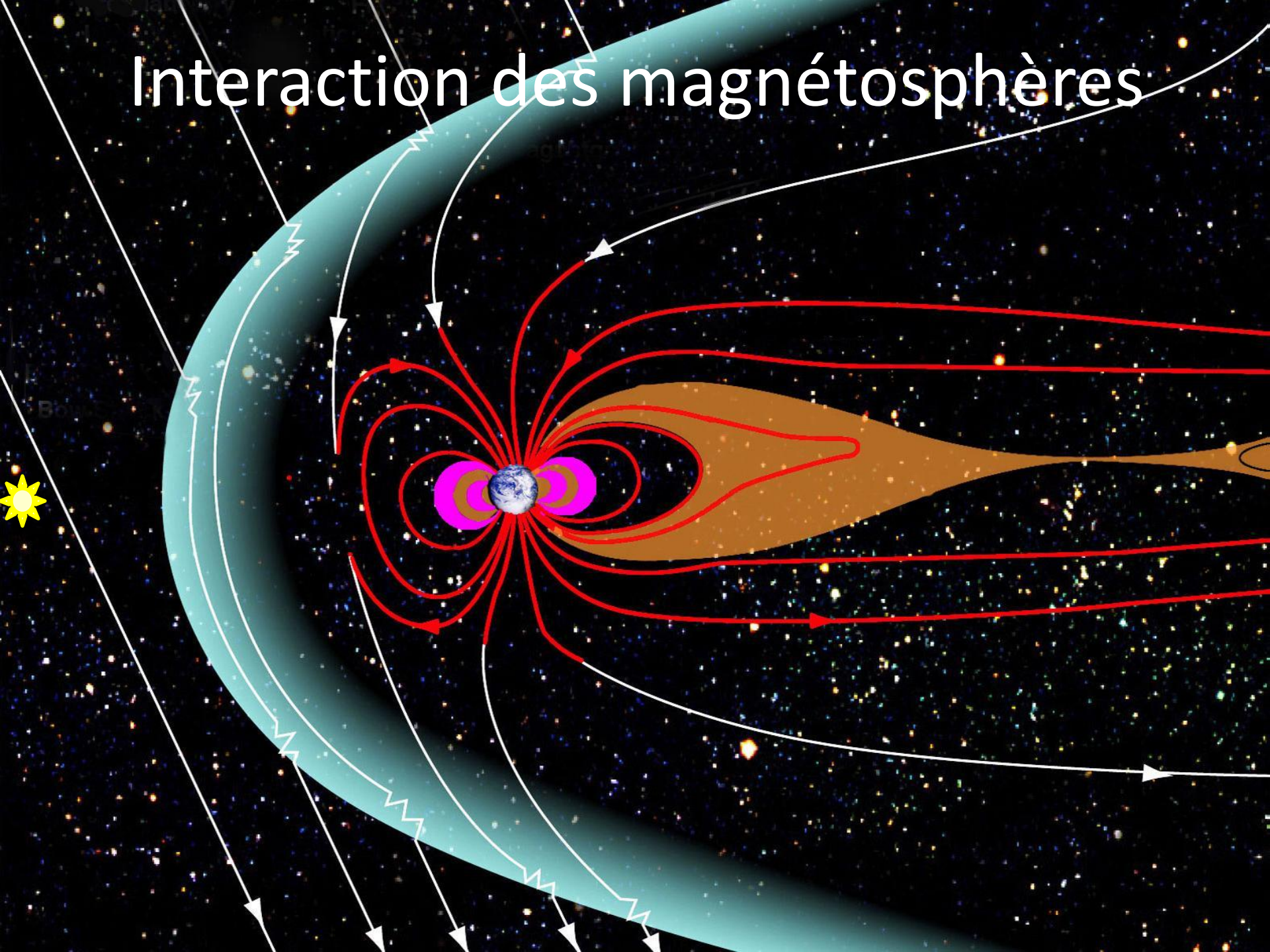


Un rappel sur les Pôles

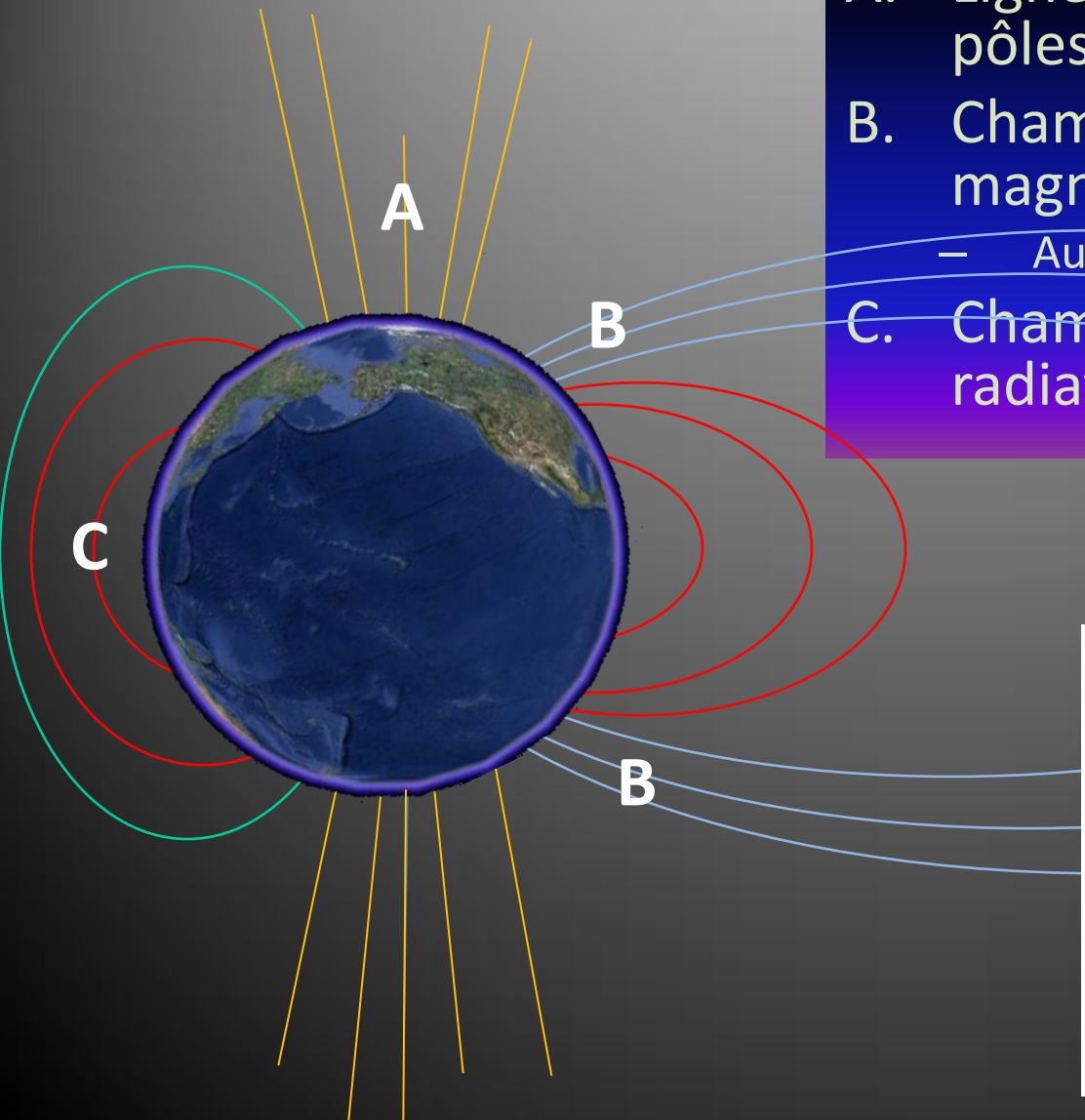


1 : Pôle nord géographique
2 : Pôle nord magnétique
3 : Pôle nord géomagnétique

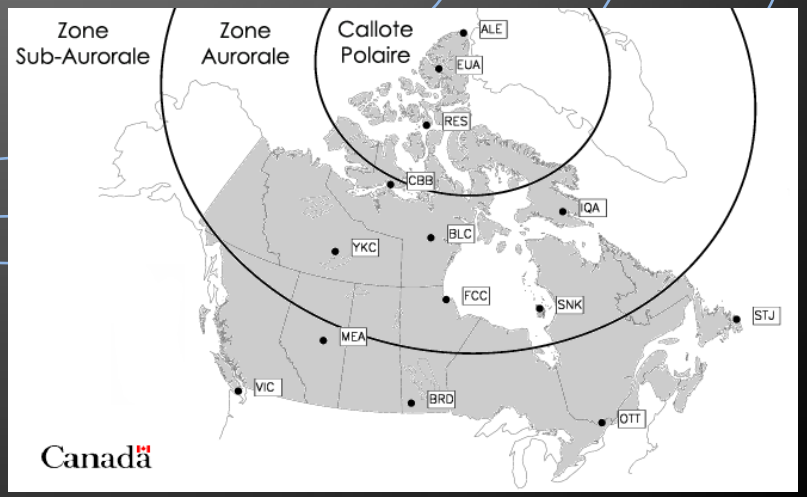
Interaction des magnétosphères



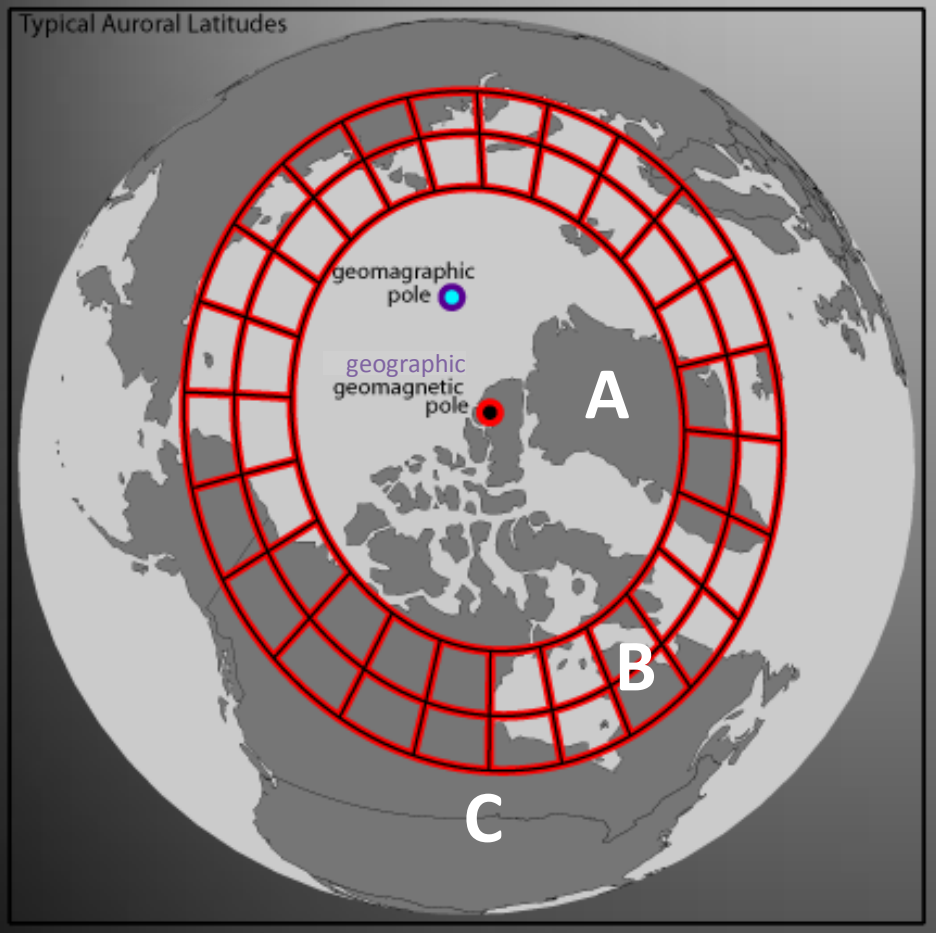
Les liens magnétiques

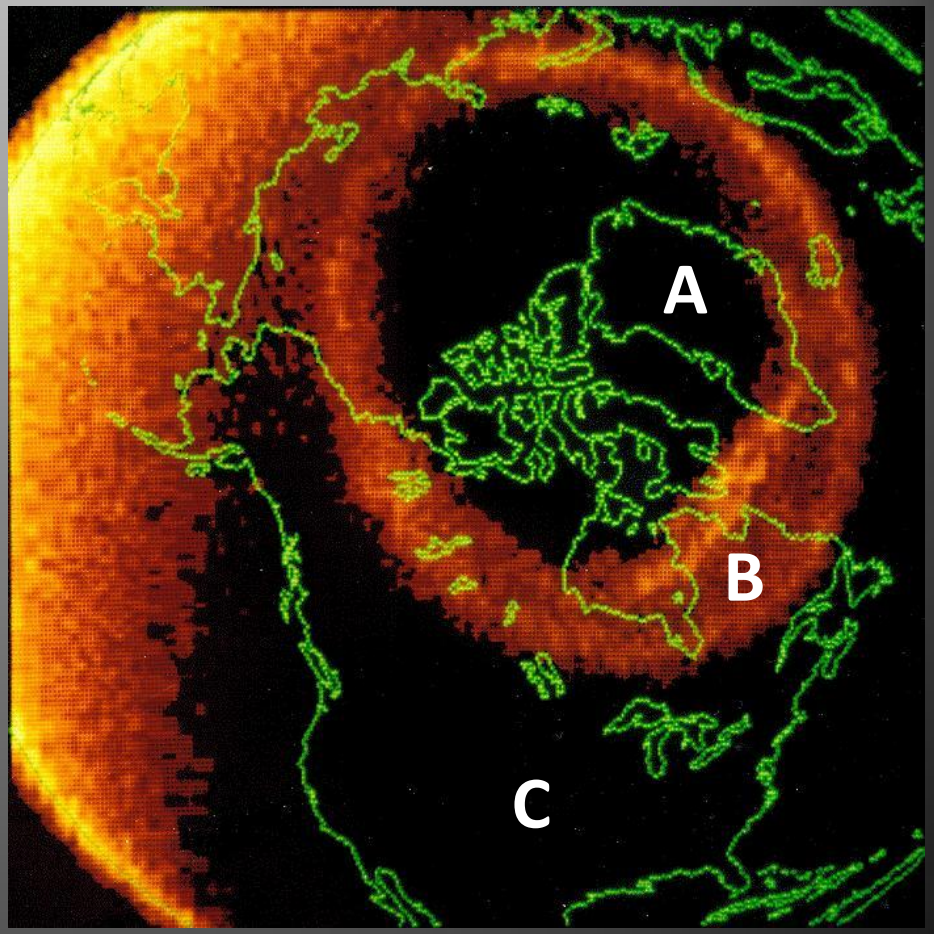


A. Lignes de champ “ouvertes” aux pôles
B. Champ relié à la queue de la magnétosphère
   – Aurores, reconnections, sous-orages
C. Champ relié aux ceintures de radiations



Un point de vue unique…



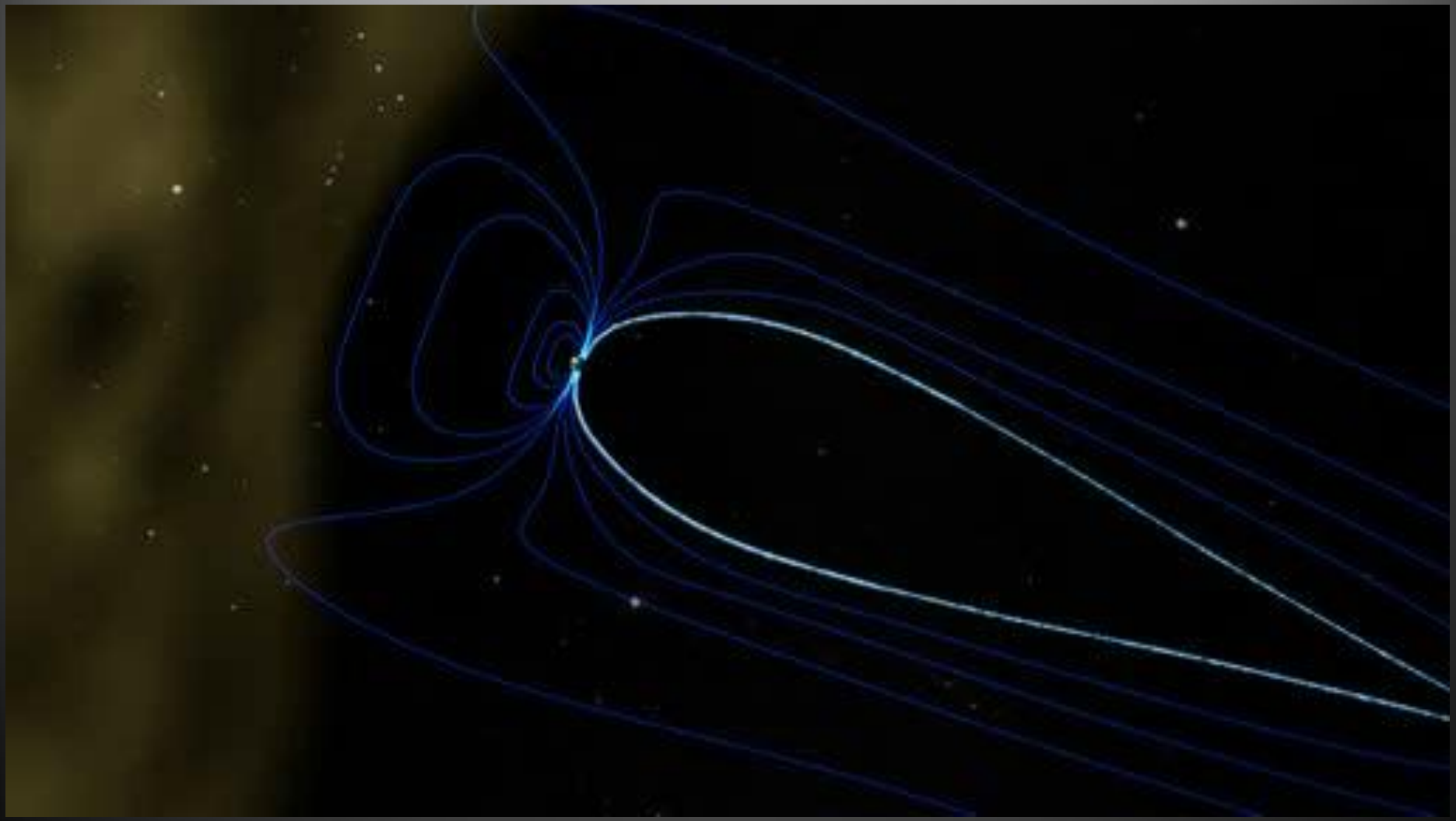


A : Zone polaire liée directement au champ solaire

B : Ovale auroral

C : Zone liée au ceintures de radiation (Van Allen)

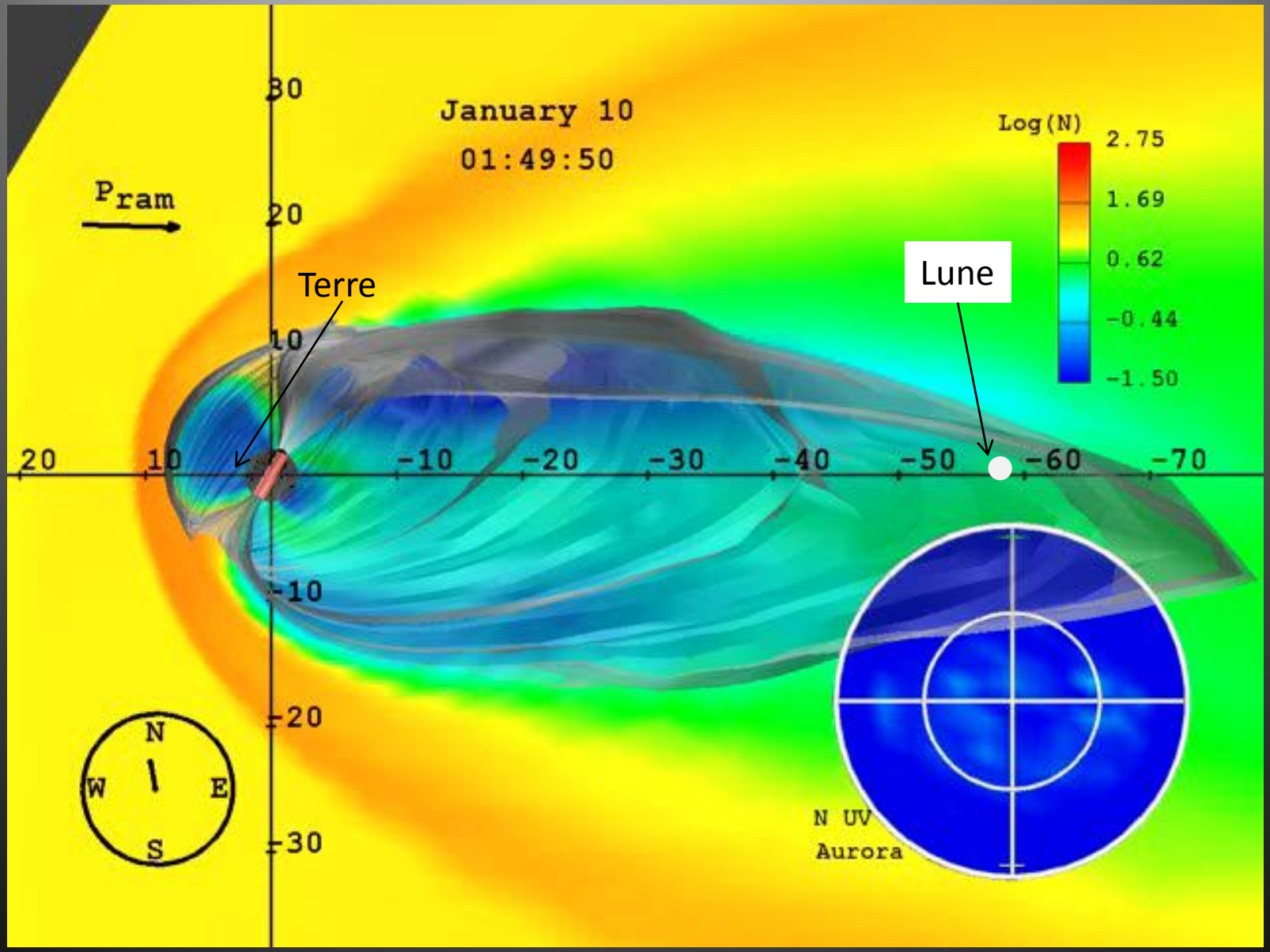
Le vent solaire



http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2010/27jul_spacequakes/

bounce_512x288.wmv

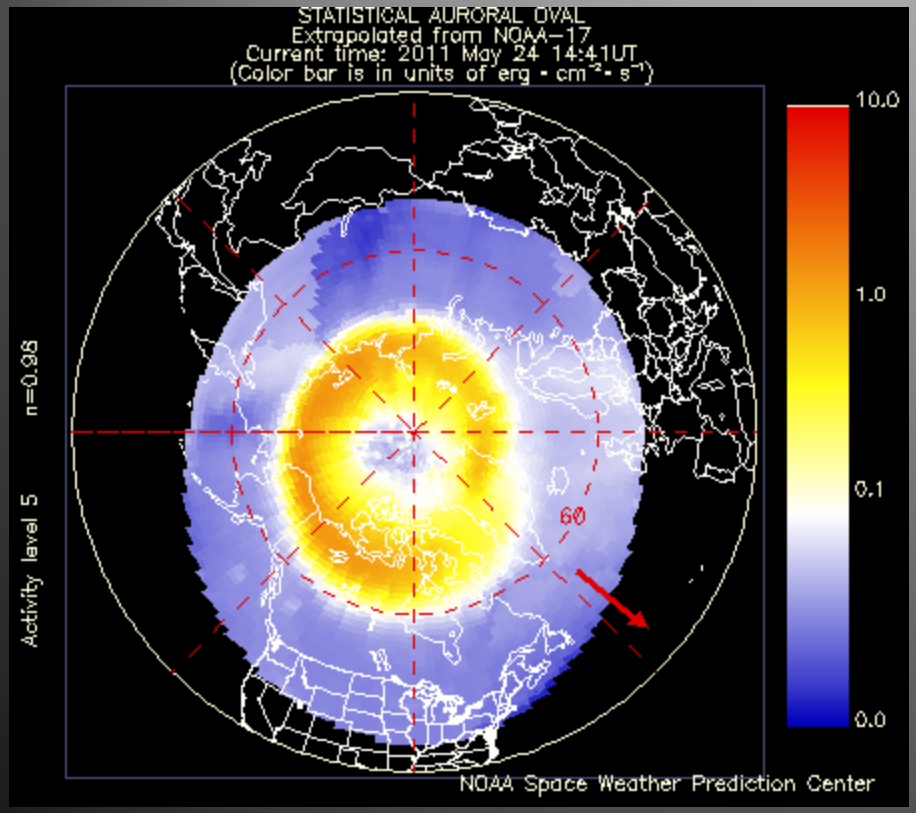
L'effet du vent solaire sur la magnétosphère

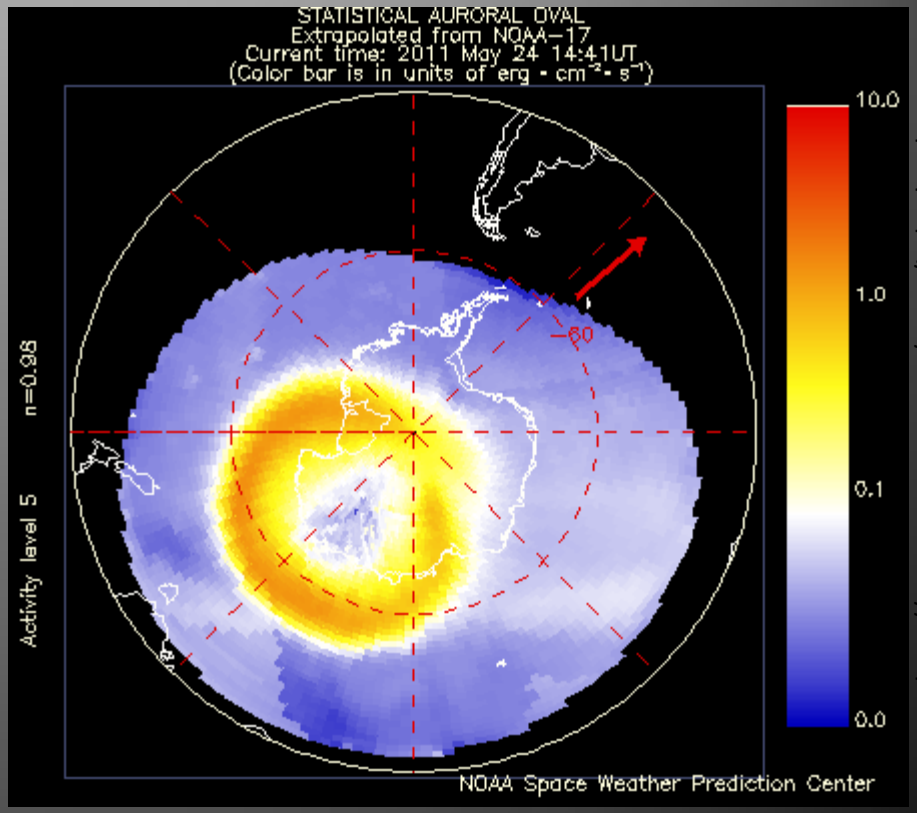


http://istp.gsfc.nasa.gov/istp/outreach/cmeposter/storm.html

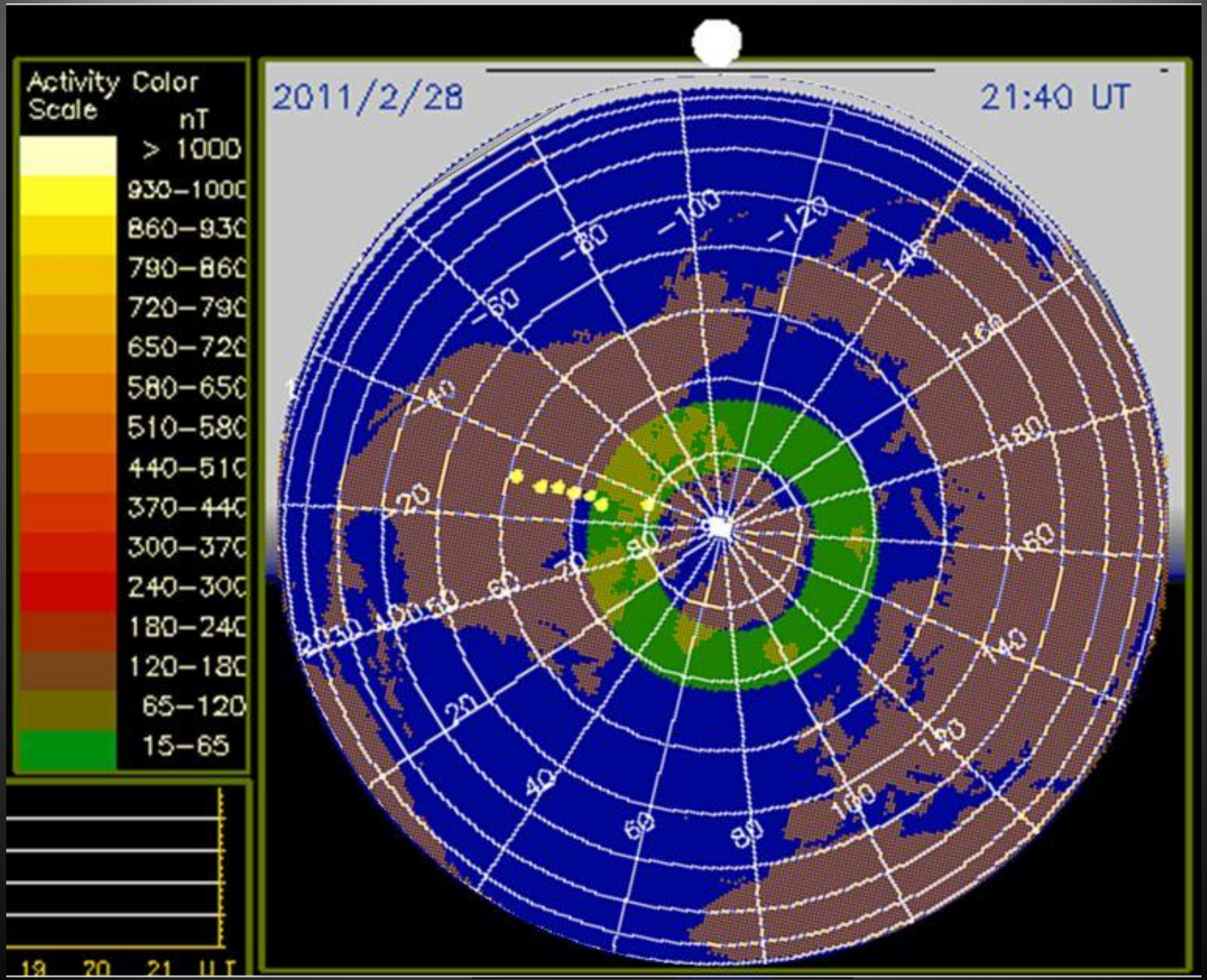
ion-ms-jan_1.mpeg

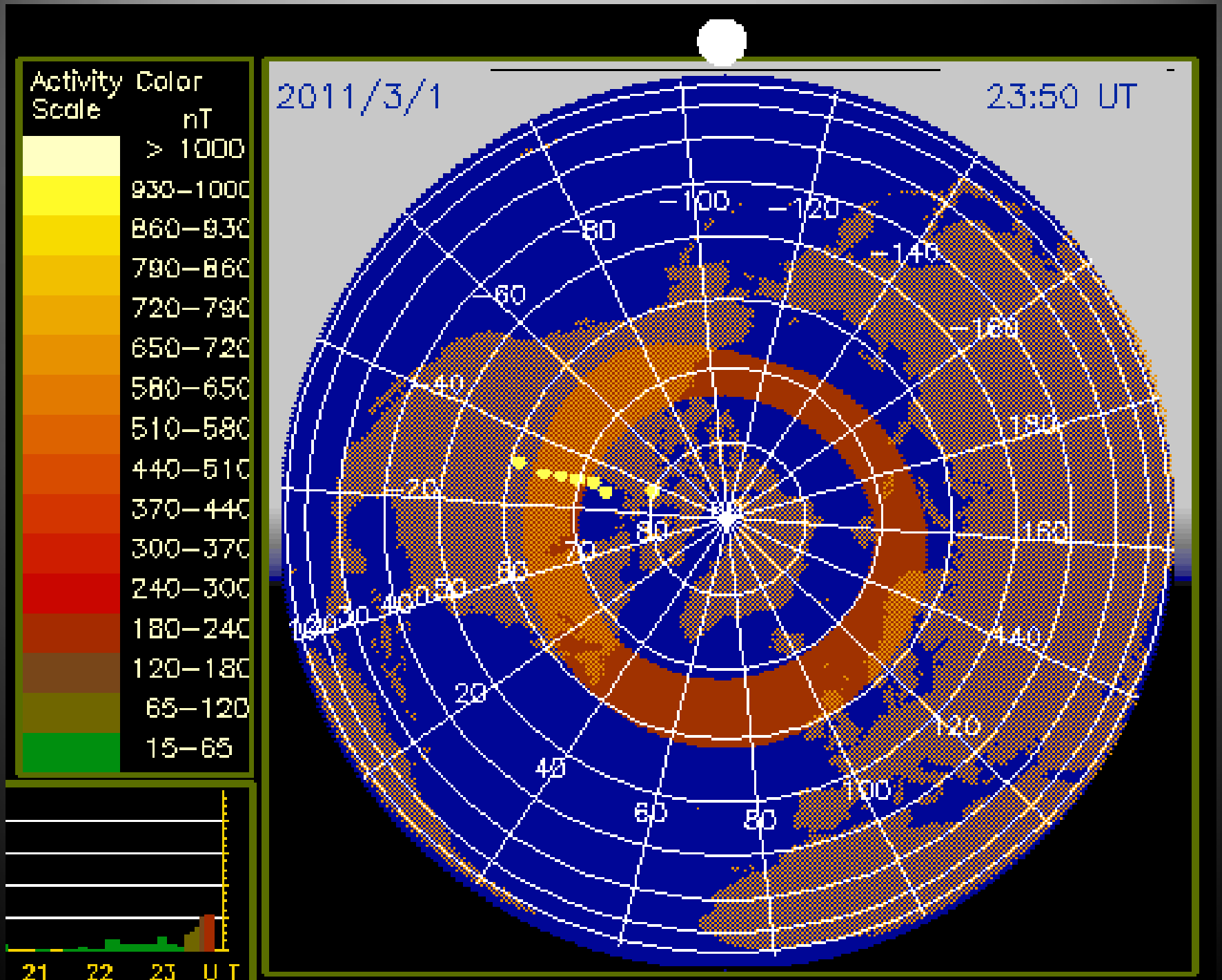
L'ovale auroral boréal et austral





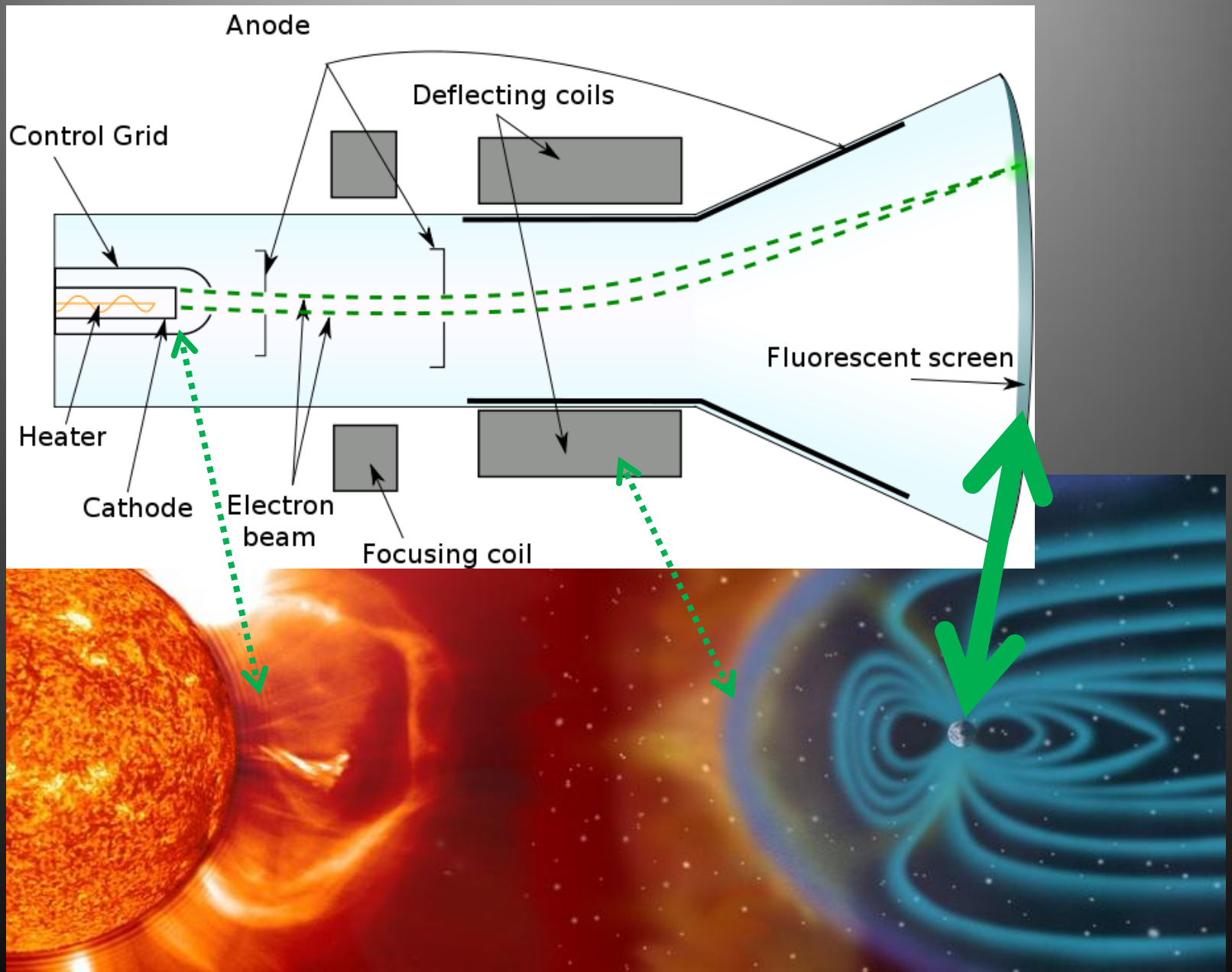
http://www.swpc.noaa.gov/pmap/index.html


Activity Color Scale
nT
> 1000
930–1000
860–930
790–860
720–790
650–720
580–650
510–580
440–510
370–440
300–370
240–300
180–240
120–180
65–120
15–65
2011/2/28
21:40 UT
19
20
21
UT

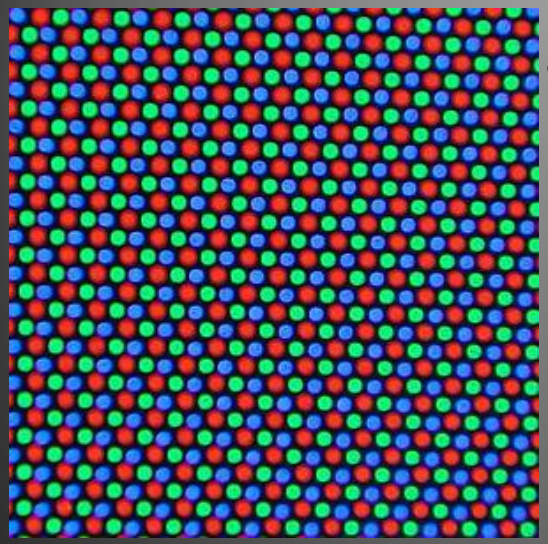

Activity Color Scale
nT
> 1000
930–1000
860–930
790–860
720–790
650–720
580–650
510–580
440–510
370–440
300–370
240–300
180–240
120–180
65–120
15–65
2011/3/1
23:50 UT
21
22
23
UT

L'effet des particules

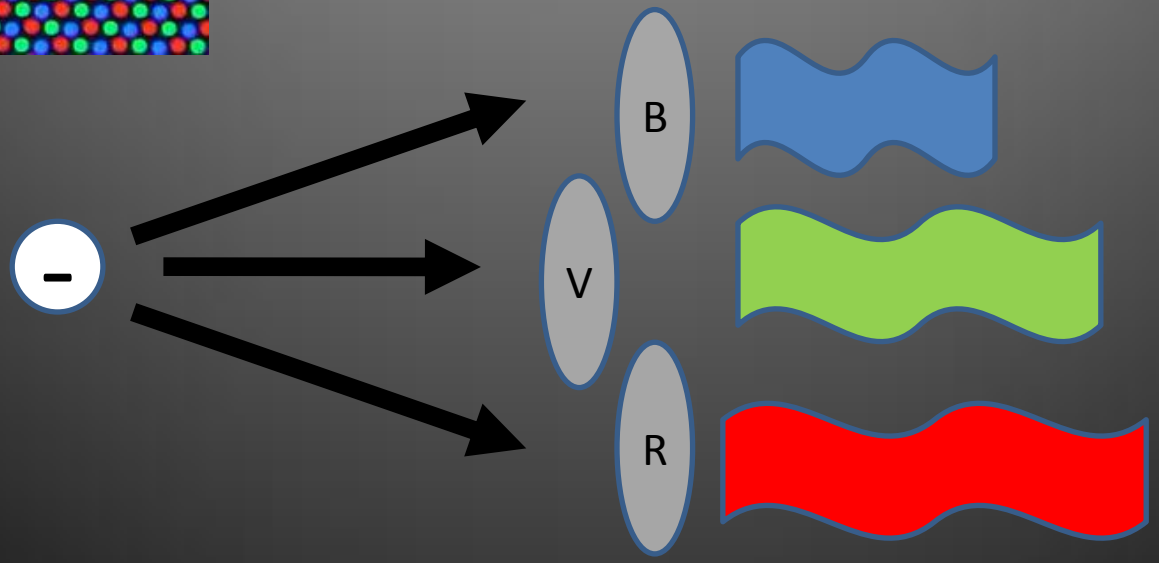
L'aurore polaire



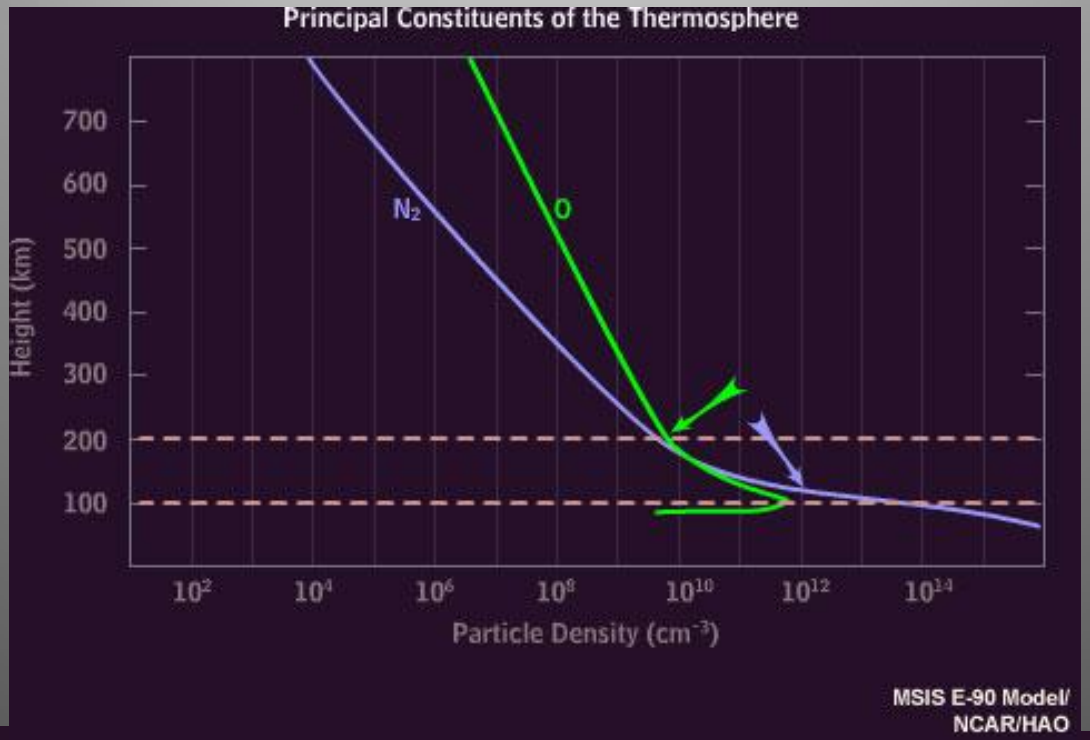
Pourquoi un écran cathodique?

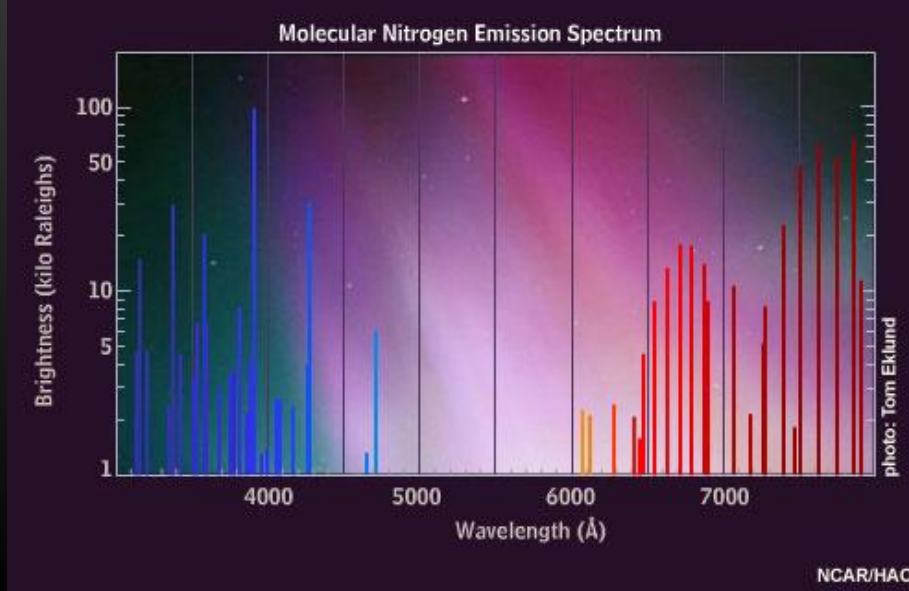


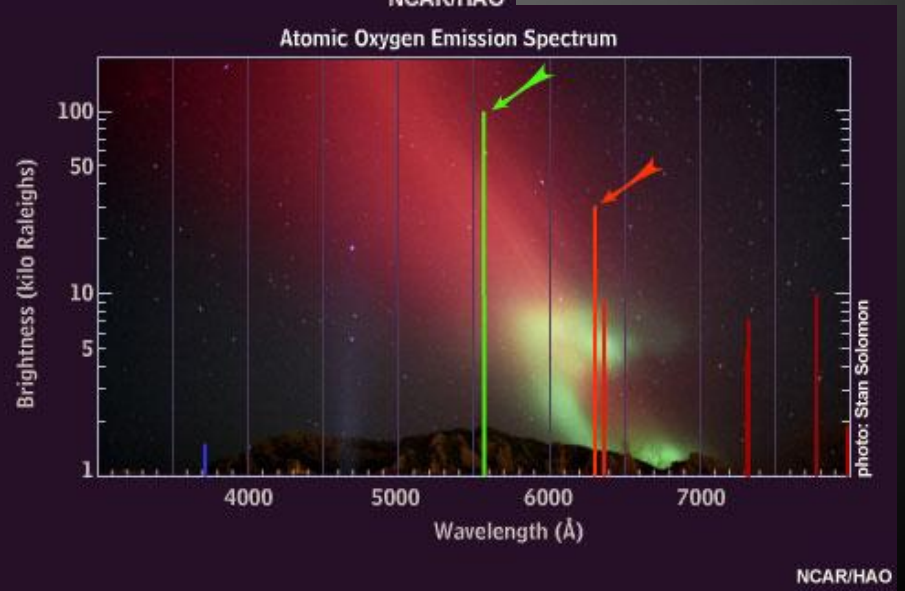
- Image composée de pixels de différentes composition chimique dont l'intensité dépend de l'intensité du faisceau d'électrons



La couleur des aurores





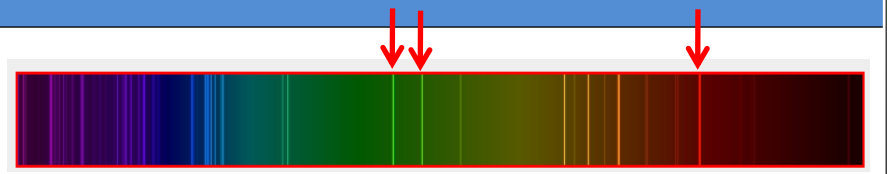


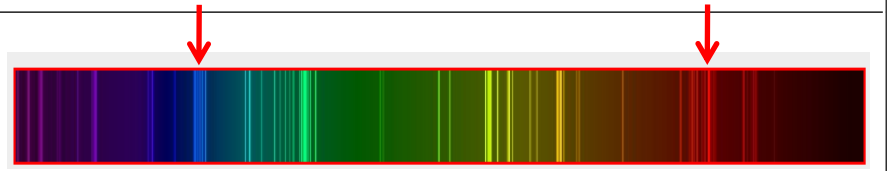
http://www.windows2universe.org/earth/Magnetosphere/tour/tour_earth_magnetosphere_09.html

Chaque atome ou molécule a un spectre unique (empreinte digitale)

Symbole	Atome	λ (nm)	Couleur
O	Oxygène	407	violet
		465	bleu
		558	vert
		630	rouge
N_2	Diazote	391	violet
		428	bleu-violet
		550	vert
		670	rouge

Spectre (visible)



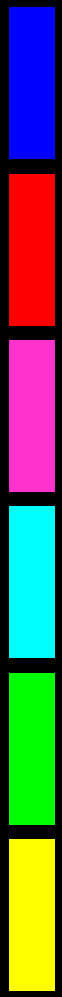


Spectres lumineux

La lumière peut être séparée en ses constituants par des mécanismes qui affectent différemment les différentes longueurs d'ondes qui la composent

- La réfraction par un prisme ou une goutte d'eau est bien connue
- La diffraction de la lumière par un réseau sépare aussi la lumière en ses constituants

Attention, ceci est une projection



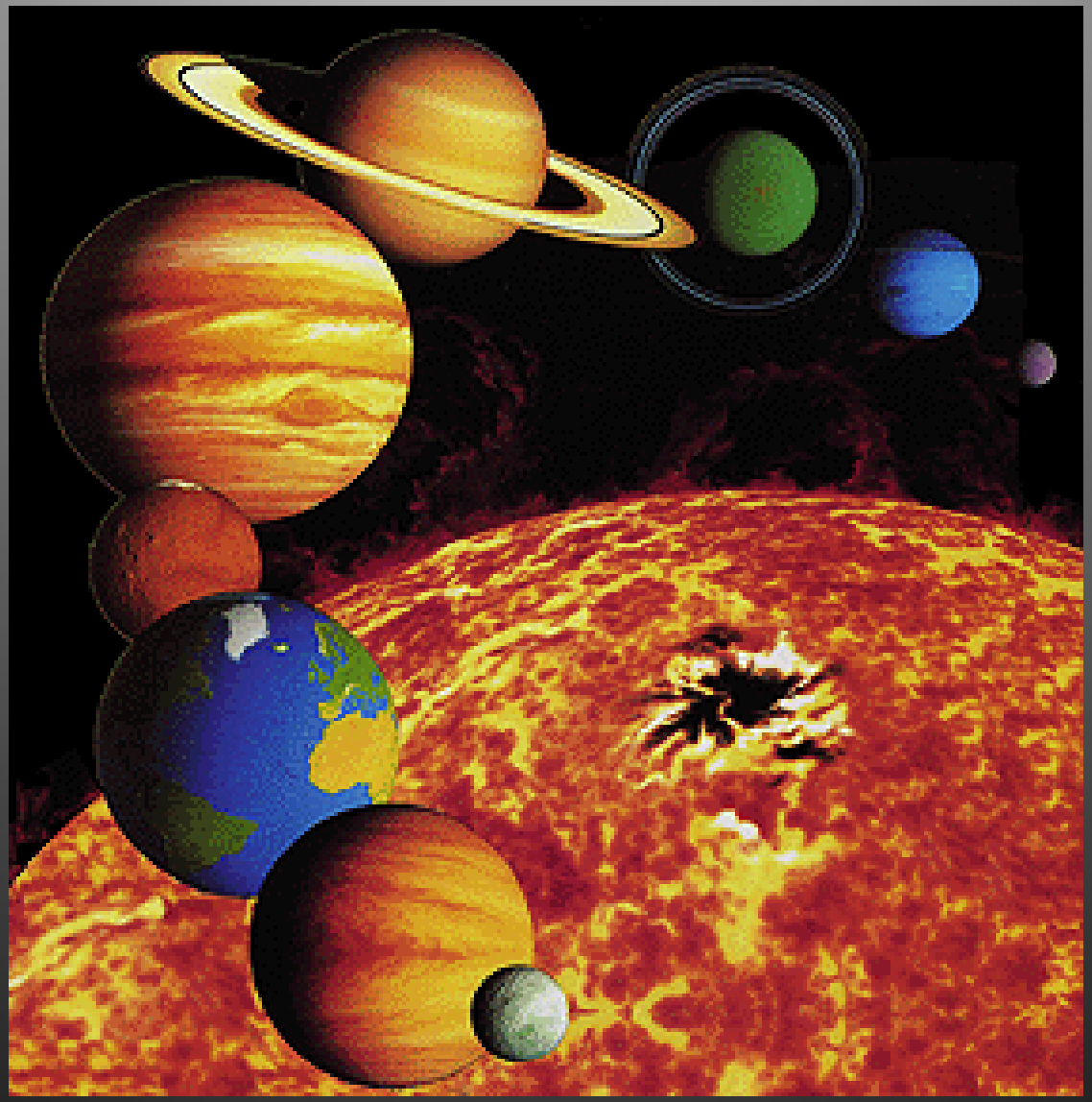
Spectre continu vs discret

- Une source thermique (corps noir)
  - Lampe incandescente
  - Feu
  - Soleil
- A un spectre plus ou moins continu
  - Contient quand même des raies peu visibles

- Un gaz raréfié excité électriquement
  - Tubes à vides
  - Fluorescents
  - Haute Atmosphère
- A un spectre discret
  - Montrera des raies distinctes qui sont uniques à la molécule

AuroraMAX

Et que se passe-t-il ailleurs ?

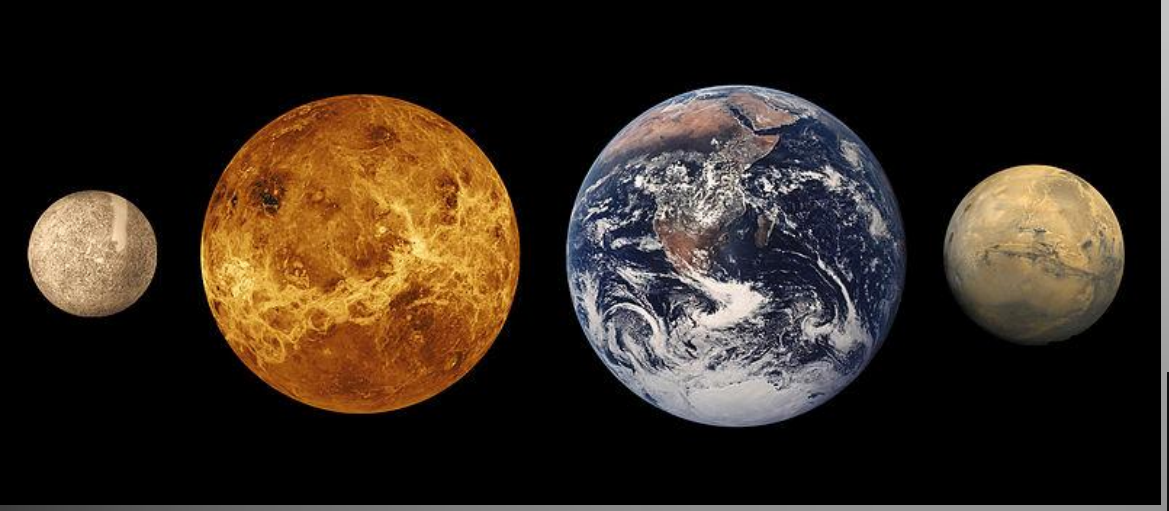


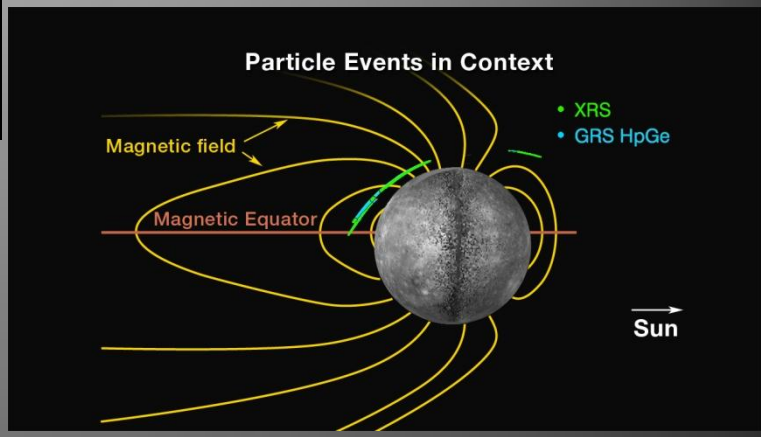
http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/solar_system_level1/solar_system.html

Les planètes

Planètes	Masse relative M/M_{Terre}	Surface relative S/S_{Terre}	Pression atmosphérique (kPa)	Température moyenne (°C)	Magnétosphère	Atmosphère	Composition
Mercure	0.055	0.147	-	169	faible	Très ténue	
Vénus	0.815	0.902	9300.0	462	absente	oui	CO_2: 96.5% ; N: 3.5%
Terre	1	1	101.3	14	puissante	oui	N_2: 78.1% ; O_2: 20.9%
Mars	0.107	0.284	0.40 - 0.87	-63	absente	oui	CO_2: 95.3% ; N: 2.7%
Jupiter	318	121	20 - 200	-135	très puissante	oui	H: 89.8% ; He: 10.2%
Saturne	95	84	n/d	-164	puissante	oui	H: 96% ; He: 3%
Uranus	15	16	n/d	-208	puissante	oui	H: 83% ; He: 15%
Neptune	17	15	n/d	-209	puissante	oui	H: 80% ; He: 19%
Planète naine							
Pluton	0.002	0.033	3*10^-4	-229	absente	oui	N_2: 90% ; CH_4: 10%
Satellites naturels							
lune (Terre)	0.012		-	-77	très faible	non	-
Europa (Jupiter)	0.008	0.061	n/d	-171	faible	négligeable	-
Titan (Saturne)	0.023	0.023	146.7	-179.5	absente	oui	N_2: 98.4% ; CH_4: 1.4%
Triton (Neptune)	0.003	0.045	0.0014 - 0.0019	-235	absente	négligeable	-
Charon (Puton)	0.00025	0.009	-	-220	absente	non	-

Mercure

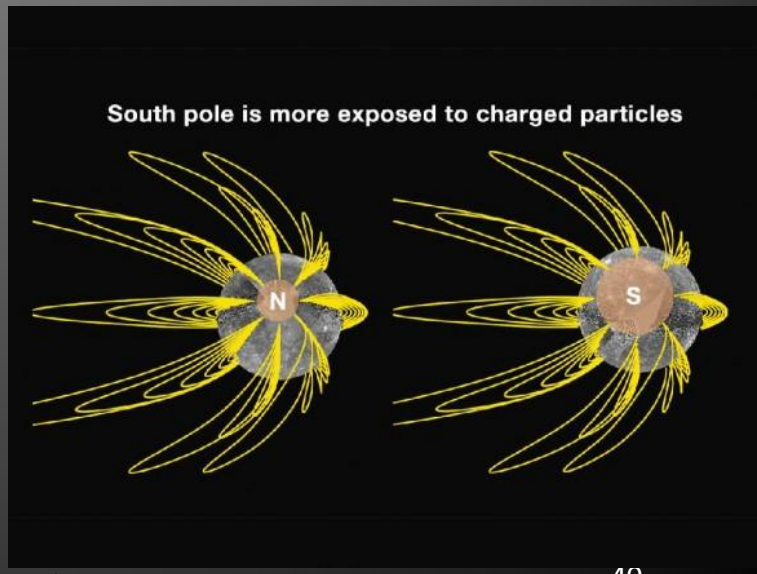




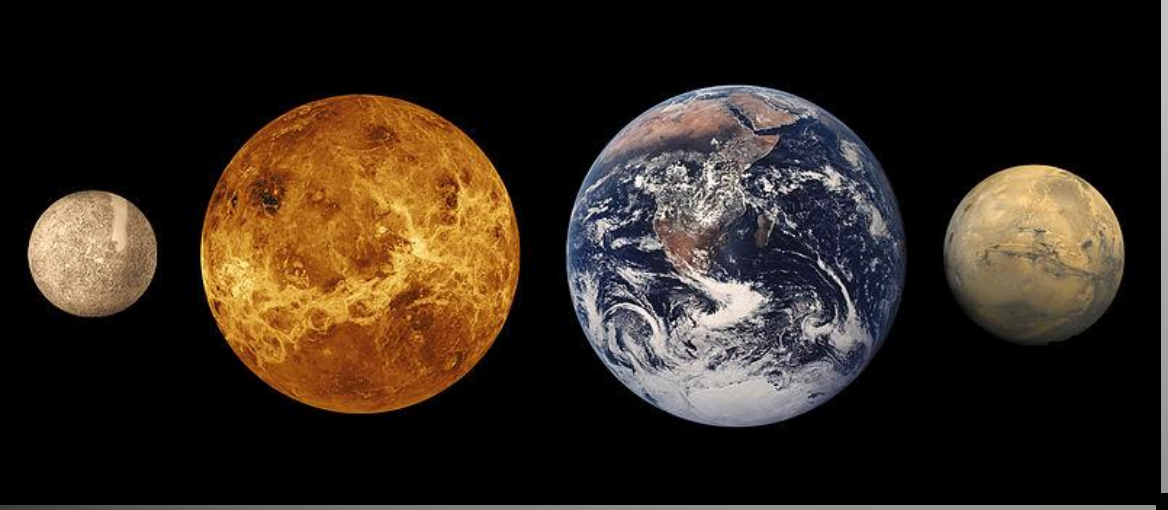
Magnétosphère : Faible

Atmosphère : Très mince

AURORES : **Peut-être !**



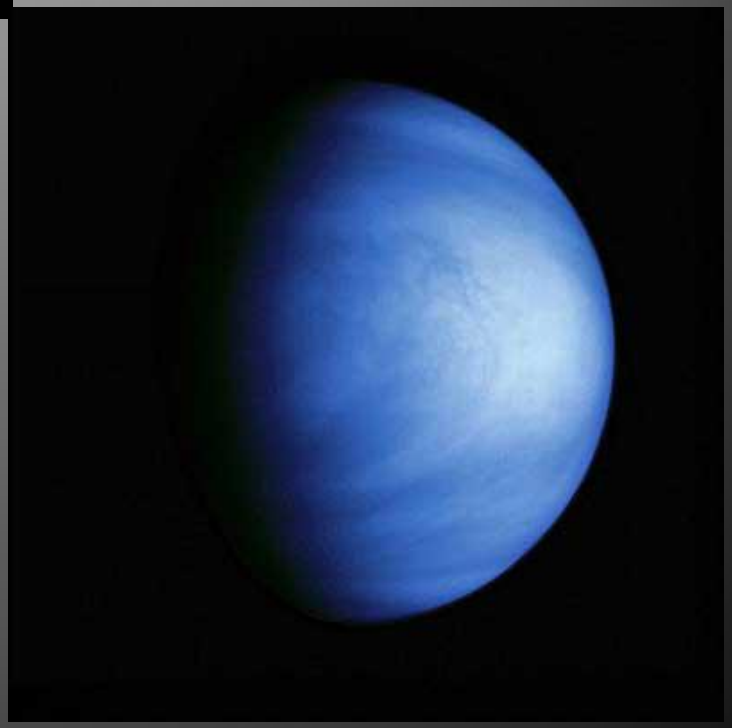
NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington
http://www.universetoday.com/86741/messenger-unveiling-mercurys-hidden-secrets/



Vénus

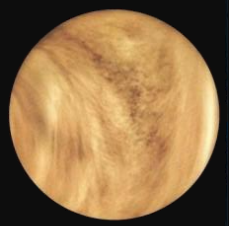
Magnétosphère : Non
Atmosphère : Oui

AURORES : **NON**

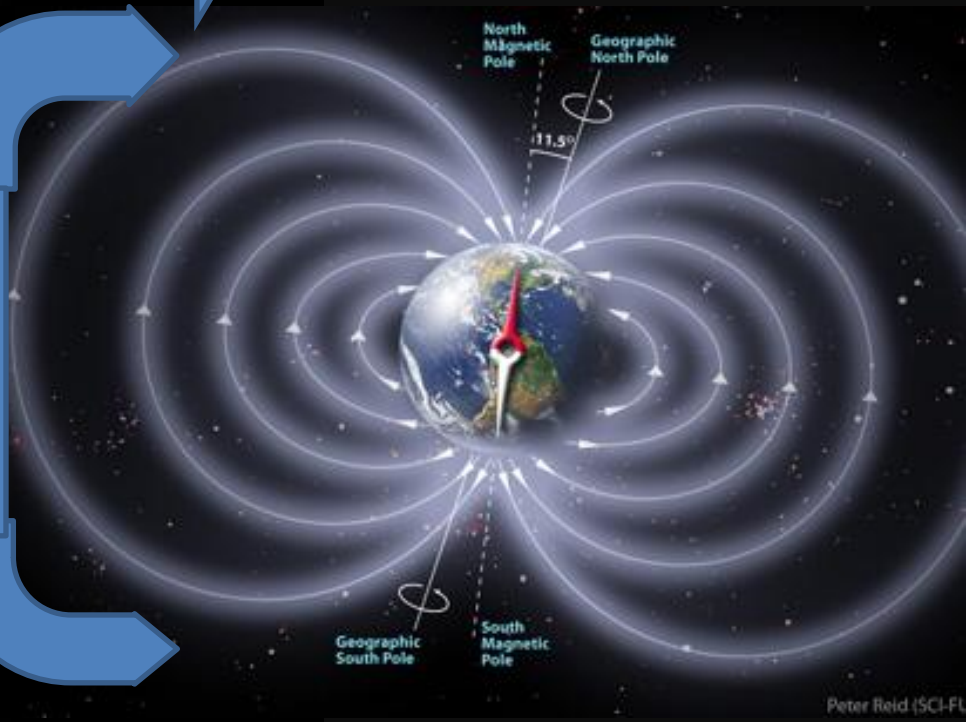


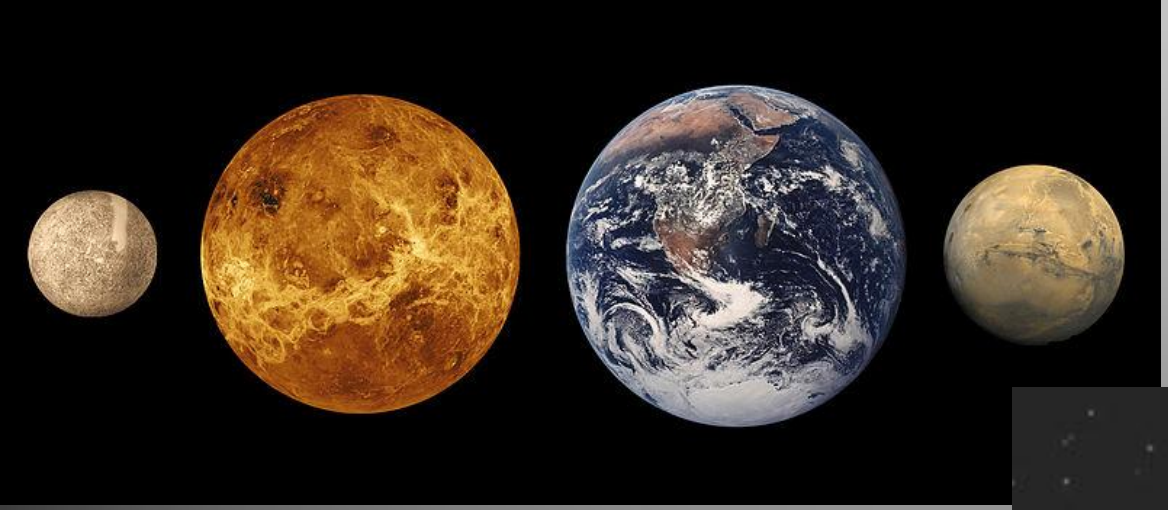
Vénus n’a pas de champ magnétique

Le vent solaire ionise l’atmosphère de Vénus



Le vent solaire est dévié par le champ magnétique de la Terre et le déforme





Mars

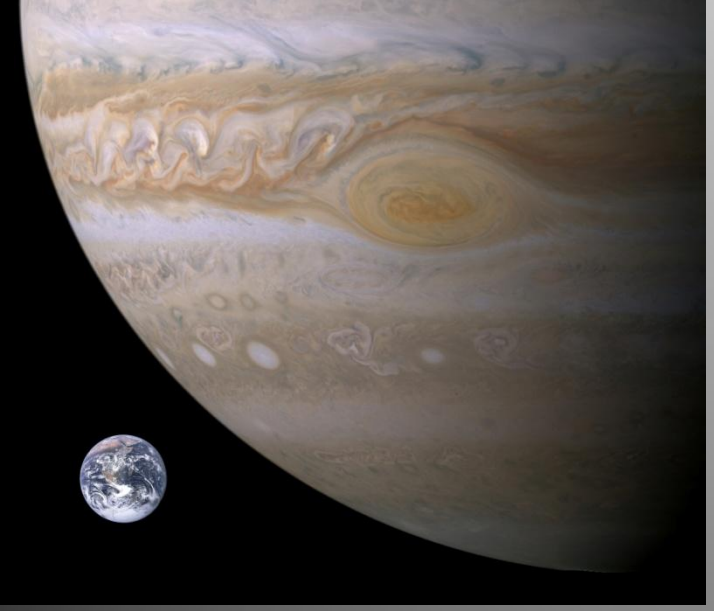
Magnétosphère : Non
Atmosphère : Oui

AURORES : **Ouais !**

M. Holmström (IRF)/ESA

http://www.sciencedaily.com/releases/2008/11/081121101001.htm

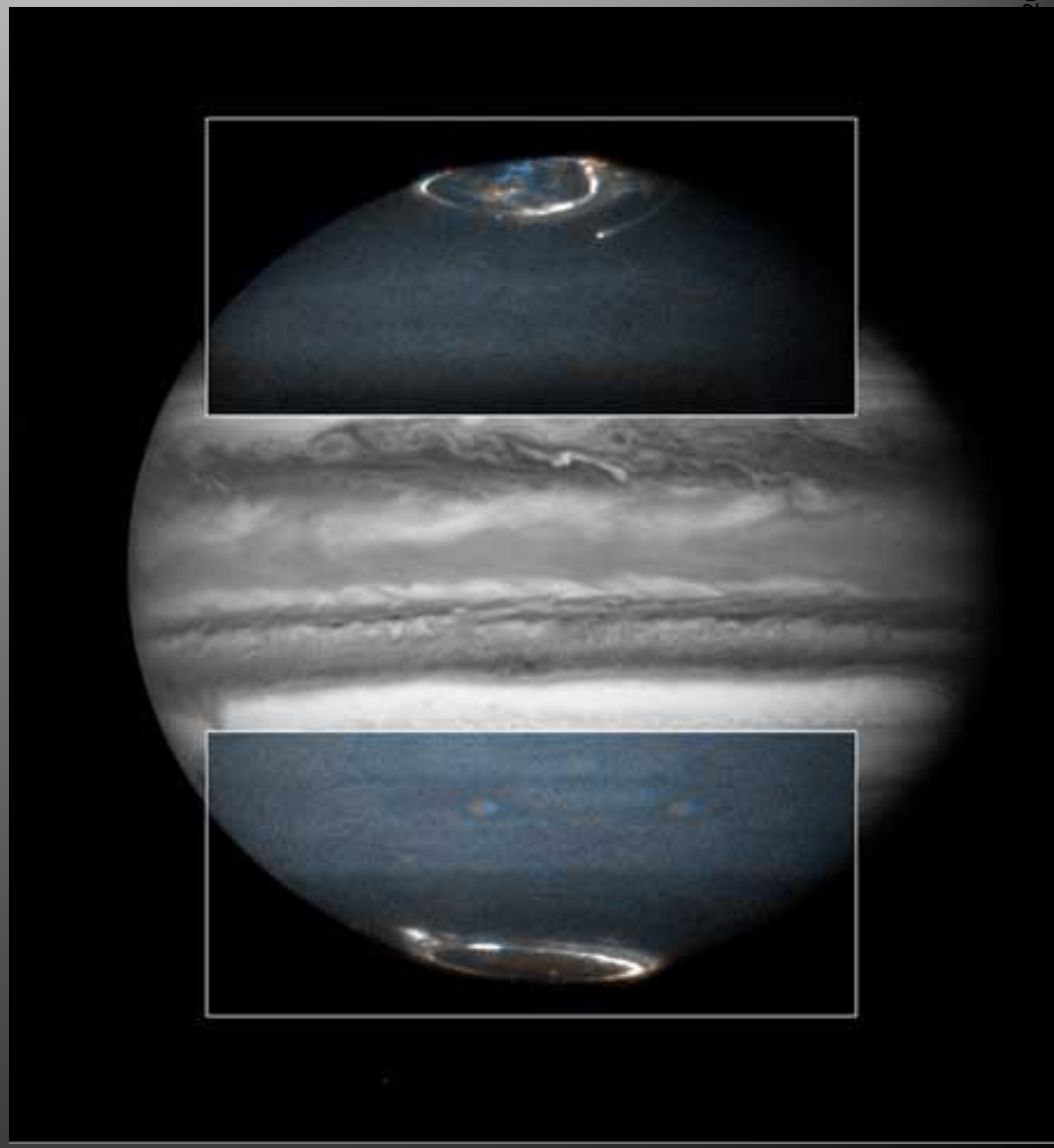
Jupiter



Magnétosphère : Oui

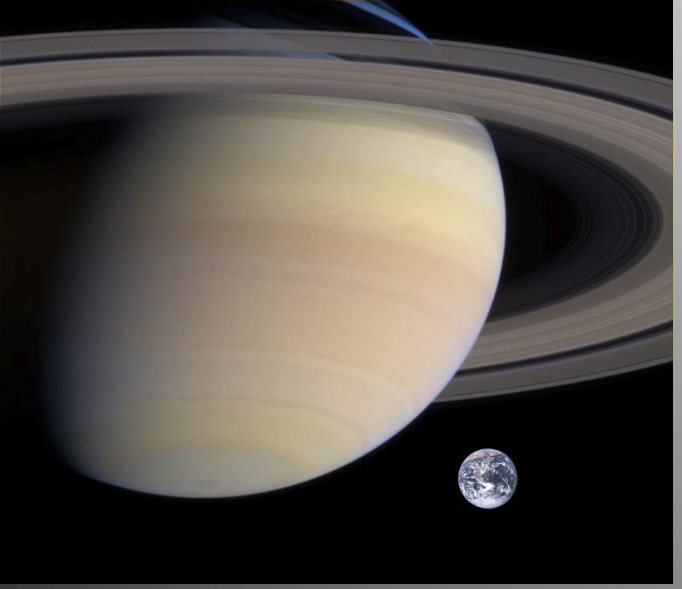
Atmosphère : Oui

AURORES : **Oui**



2007/lectures/7-1/

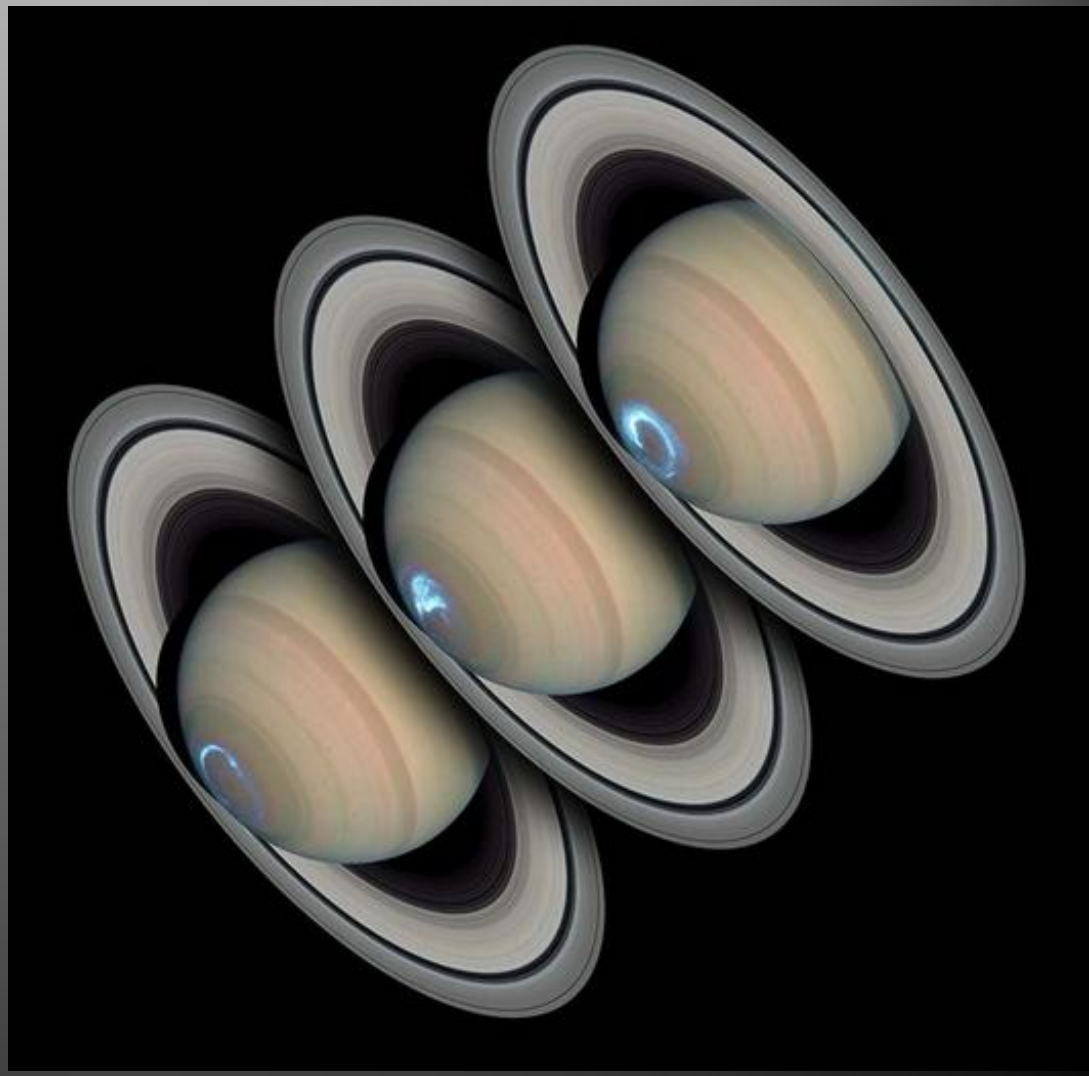
Saturne



Magnétosphère : Oui

Atmosphère : Oui

AURORES : Oui



http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=3723

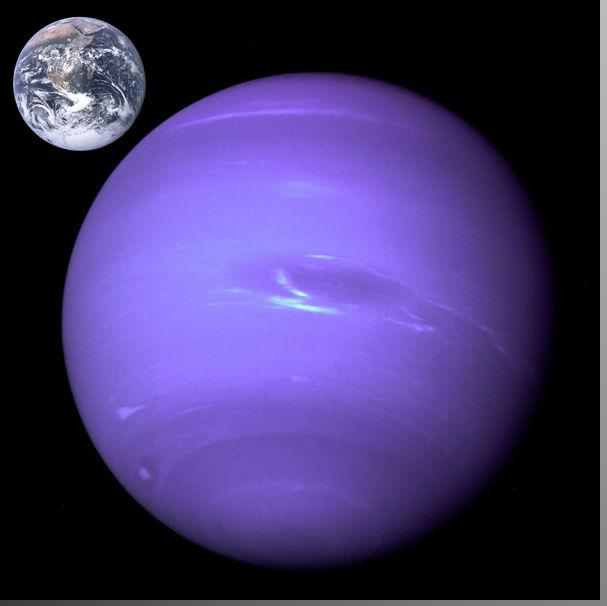
Uranus

Magnétosphère : Oui

Atmosphère : Oui

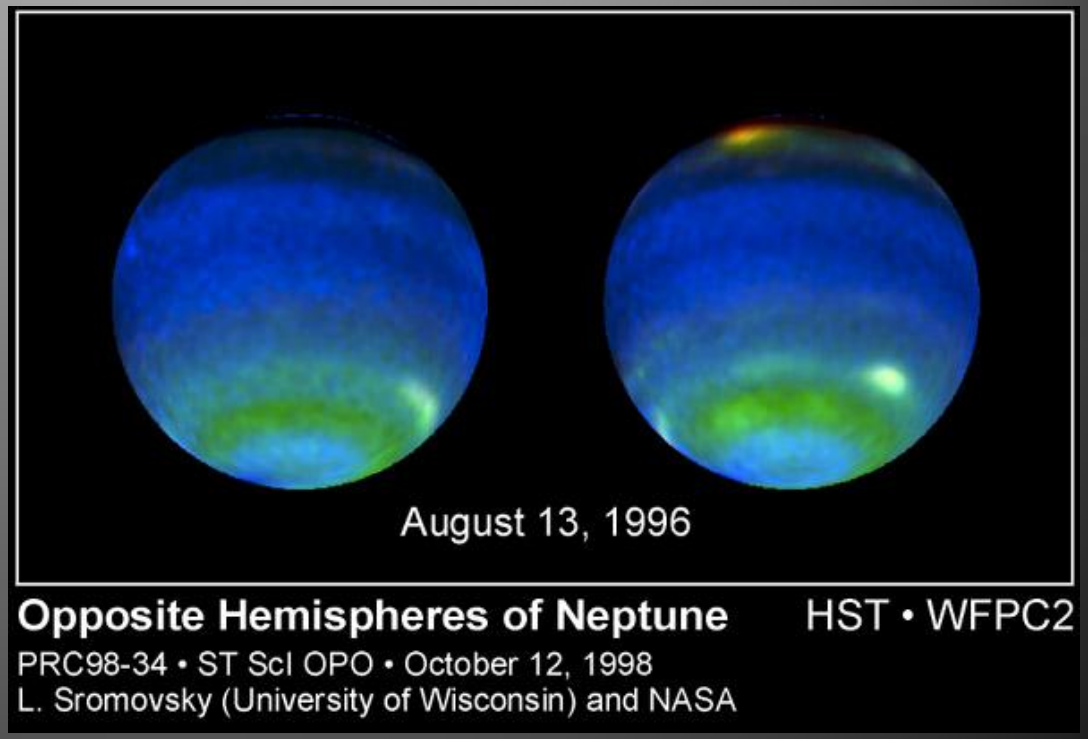
AURORES : **Oui**

Neptune



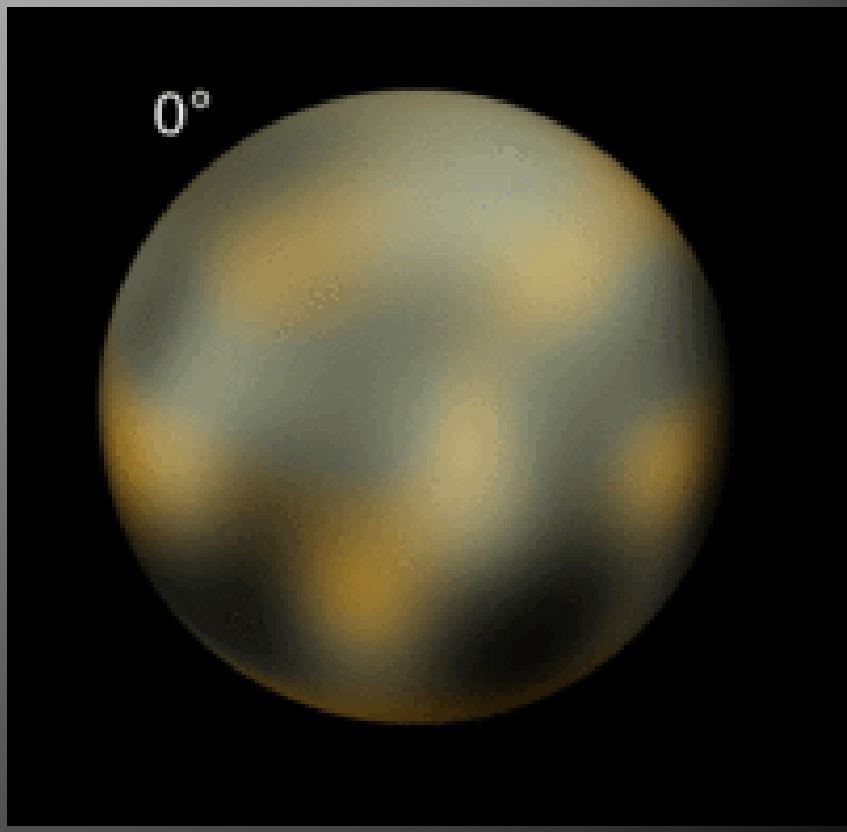
Magnétosphère : Oui
Atmosphère : Oui

AURORES : **Oui**



http://www.astro.psu.edu/users/niel/astro1/slideshows/class39/slides-39.html

Pluton



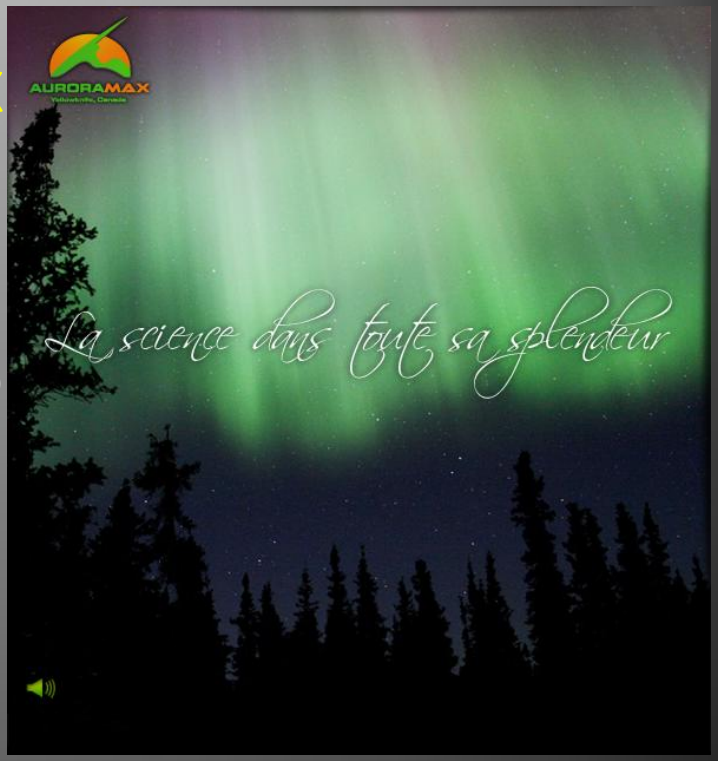
Magnétosphère : Non

Atmosphère : Très mince

AURORES : **Non**

Les aurores au Canada

AuroraMax



- Les aurores boréales en direct de Yellowknife (en saison)

http://www.asc-csa.gc.ca/fra/astronomie/auroramax/default.asp

Météo spatiale Canada

- État du champ magnétique terrestre en temps réel

http://www.spaceweather.gc.ca/index-fra.php

Les types d'aurores

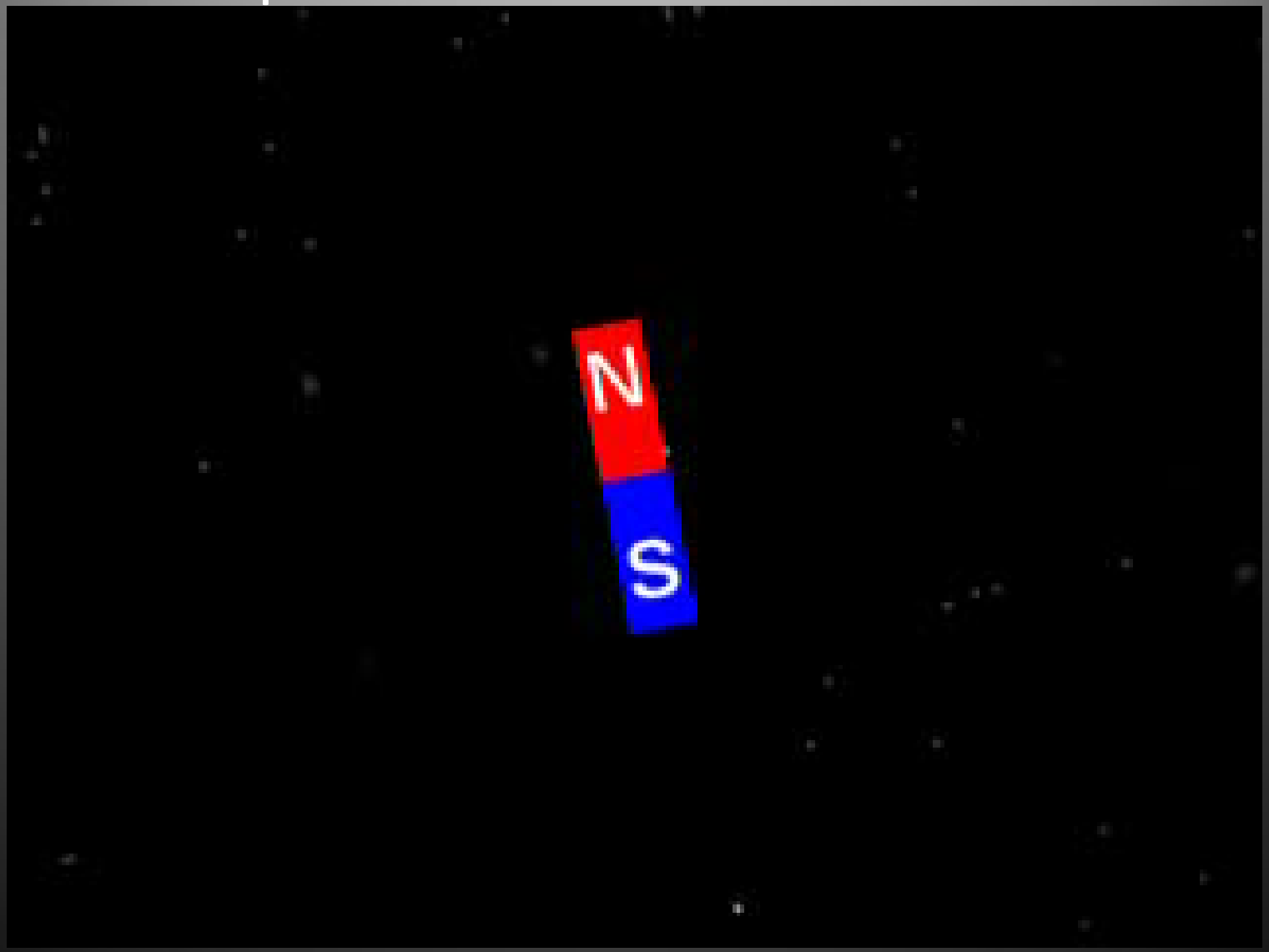
Plusieurs façons de générer une aurore:

- Par le vent solaire
  - L'aurore « permanente »
  - Produit l'ovale auroral
- Par un orage magnétique
  - Suite à une Éjection de Masse Coronale (ÉMC) dirigée vers la Terre
  - Pression soudaine et brusque sur la magnétosphère
  - Engendre des courants électriques au niveau du sol
  - Provoque un étalement de l'ovale auroral
  - Quelques minutes à quelques jours de « préavis »
- Par sous-orage magnétique
  - Suite à la reconnexion des lignes de champs magnétique
  - Très difficile à prévoir
  - Provoque un étalement de l'ovale auroral

Les trois types d’aurores

Les types d'aurores

1. L'aurore permanente

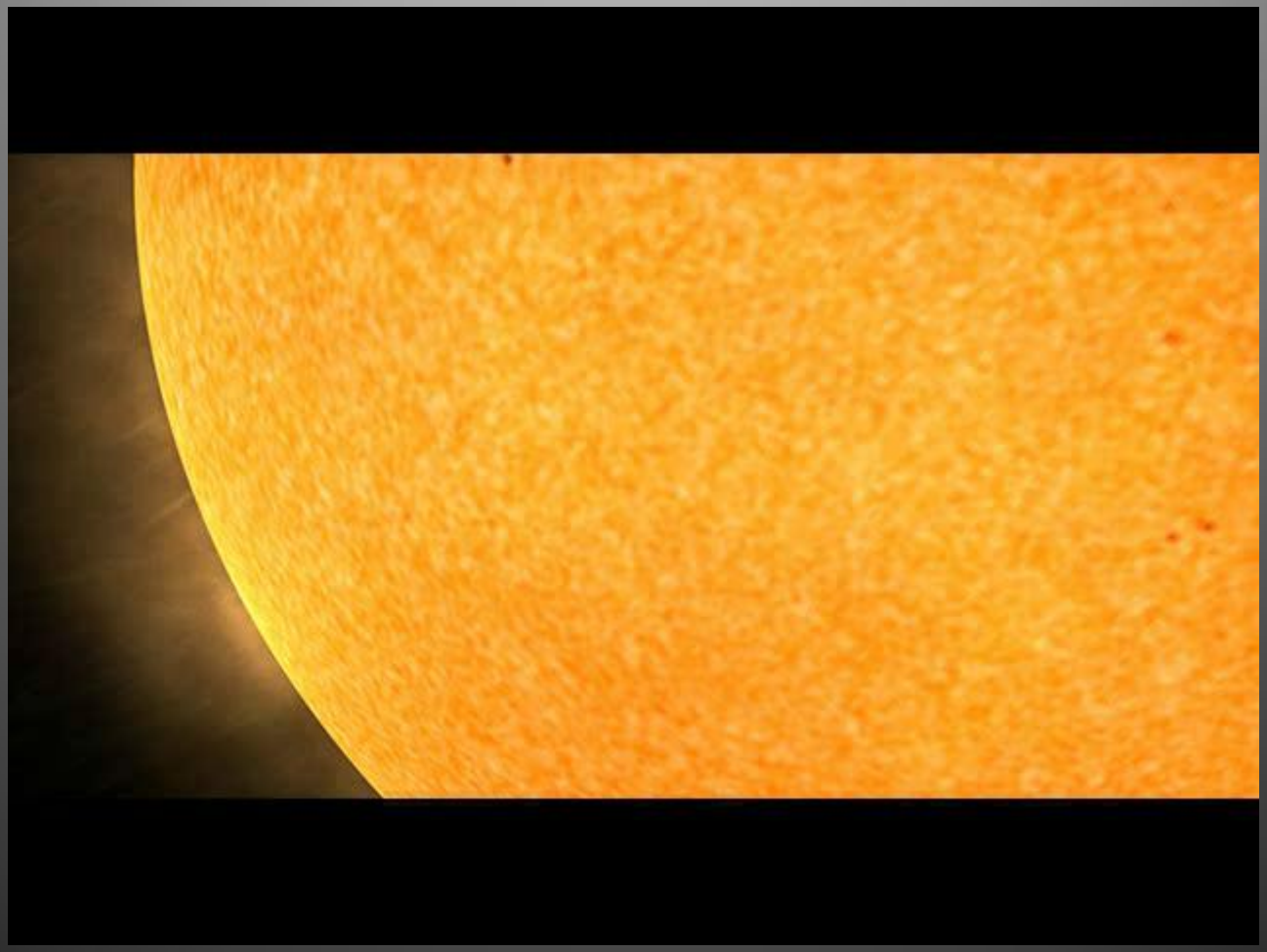


http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/dueling_auroras.html

111722main_mag4.wmv

Les types d'aurores

2. L'aurore de tempête solaire (orage magnétique)

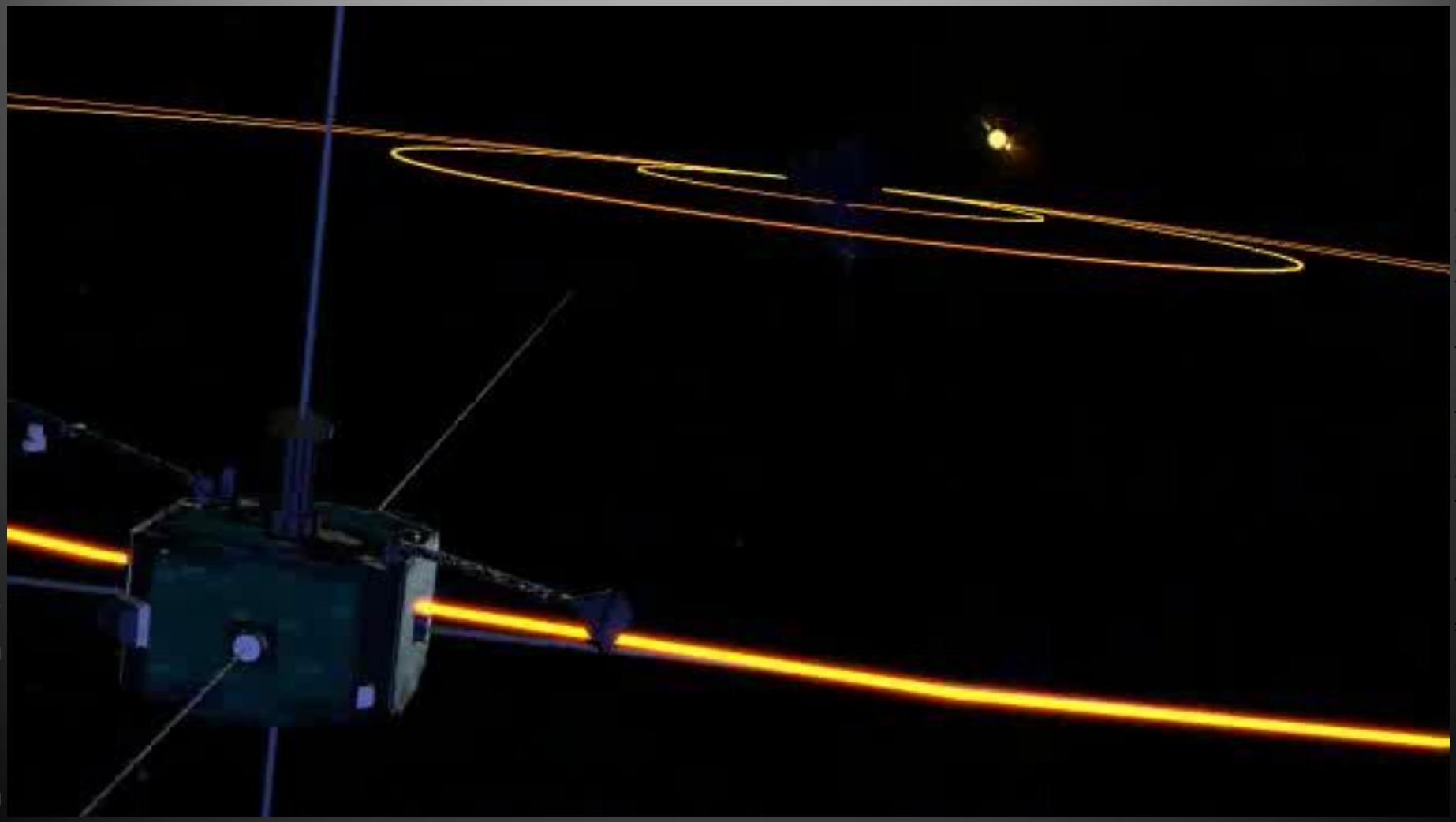


Substorms640.mpeg ou a010104_H264_1280x720.qt

http://svs.gsfc.nasa.gov/search/Keyword/CoronalMassEjection.html

Les types d'aurores

3. L'aurore de sous-tempête solaire (sous-orage magnétique)

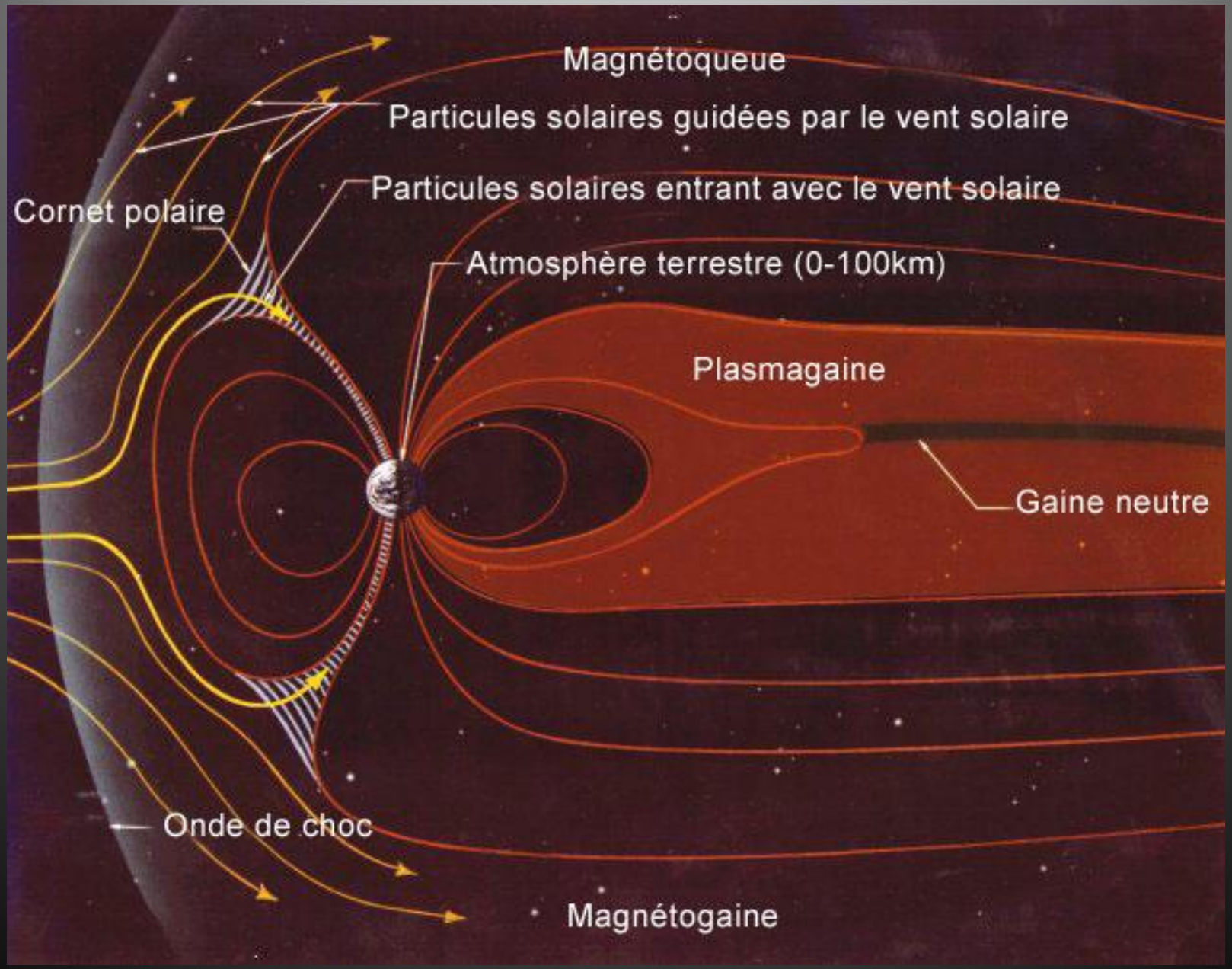


a010267_themisRecon_720p.wmv

http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a020000/a020100/a020141/index.html

Les aurores polaires au Canada

- Recherche dans les universités
  - http://www.phys.ucalgary.ca/ (en anglais seulement)
  - http://www.usask.ca/physics/isas/ (en anglais seulement)
  - http://chain.physics.unb.ca/chain/ (en anglais seulement)
  - http://aurora.phys.ucalgary.ca/themis/themis_main.html (en anglais seulement)
  - http://www.physics.ualberta.ca/en/Research/SpacePhysics.aspx (en anglais seulement)
  - http://corona-gw.phys.ualberta.ca/AuroraWatch/ (en anglais seulement)
  - http://cgsm.ca/ (en anglais seulement)

- Opérations au gouvernement
  - http://www.asc-csa.gc.ca/fra/sciences/relation.asp
  - http://www.spaceweather.gc.ca/index-fra.php
  - http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/installations/iha/radioastrophysique.html

La magnétosphère terrestre