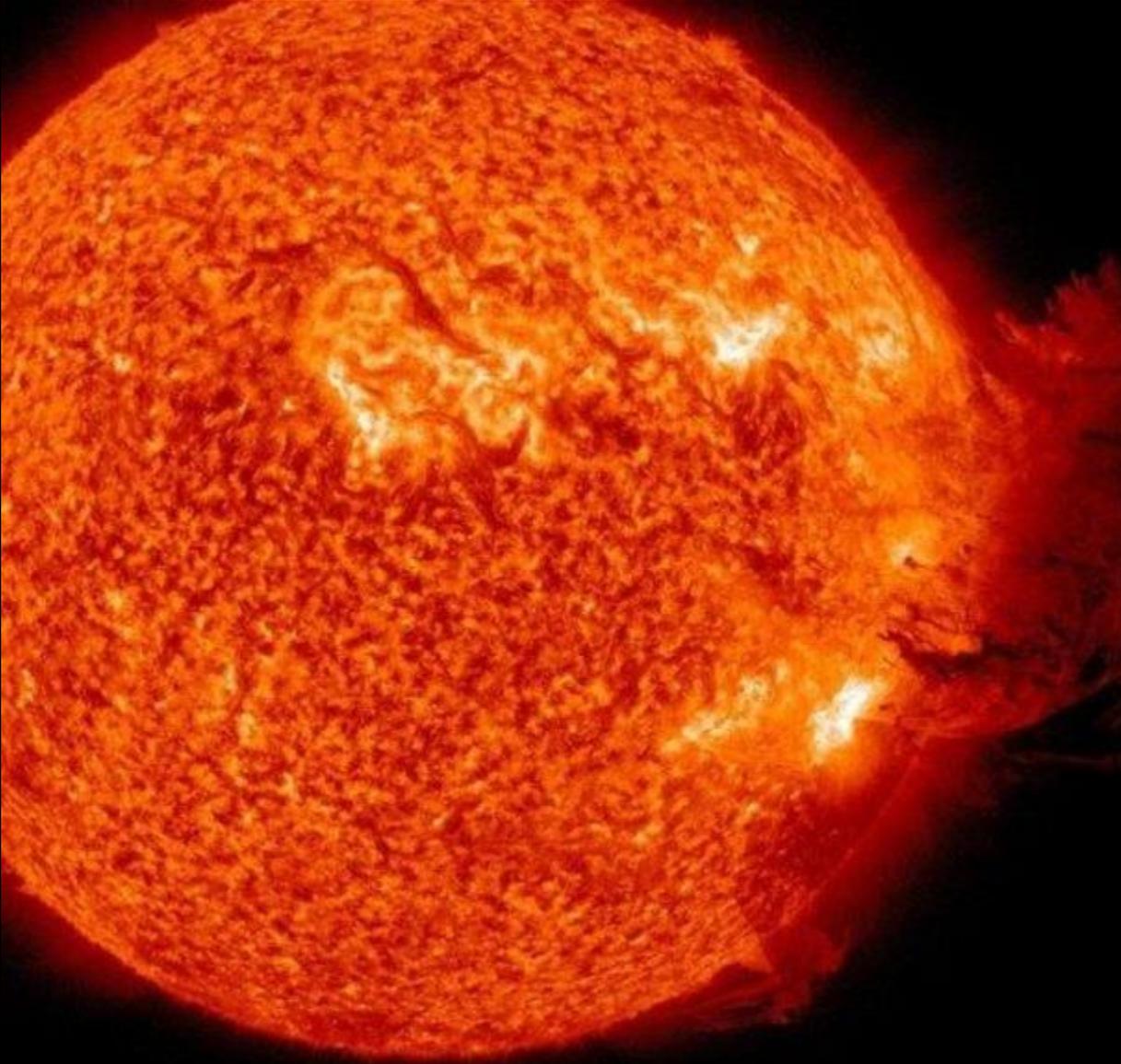


1, 2, 3...Soleil !!!

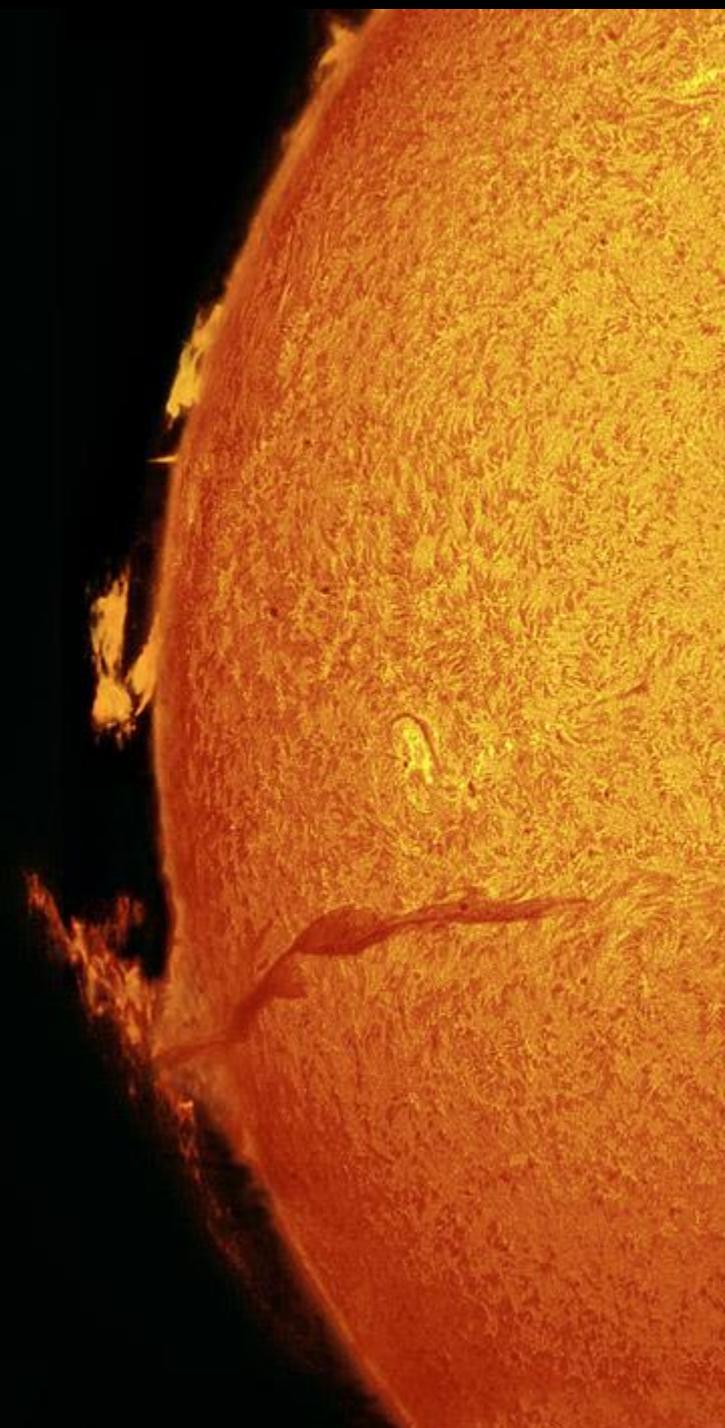


2012/05/02 13:05

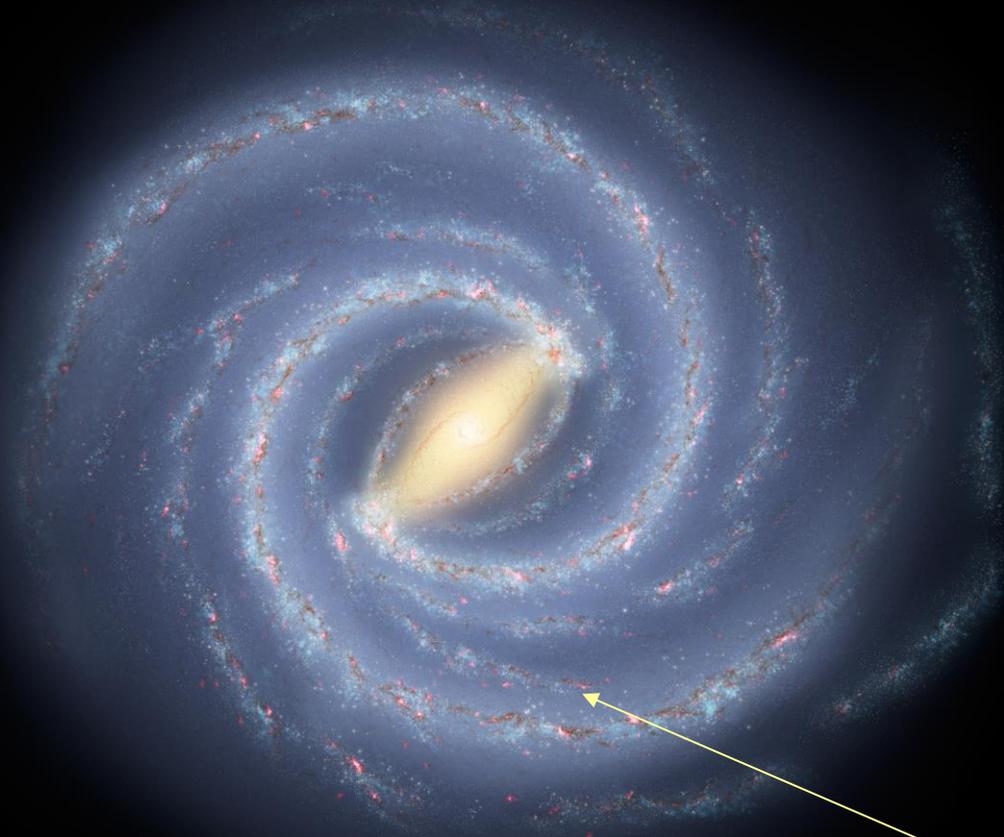


# Rappels historiques

- 1644 : Descartes imagine que le Soleil est une étoile comme les autres
- Vers 1850, certains imaginent que le Soleil est constitué de charbon, mais sa durée de vie serait alors de 6000 ans !!!
- 1861 : Angström, découvre par spectroscopie, qu'il y a de l'hydrogène dans le Soleil.
- 1868 : Young met évidence un nouvel élément dans le spectre du Soleil, l'hélium.
- En 1926, Eddington, comprend que le Soleil est une gigantesque boule d'hydrogène, qui transforme ce dernier en hélium. Mais on ignore par quel processus.
- A partir de 1938, découverte de la nucléosynthèse stellaire.

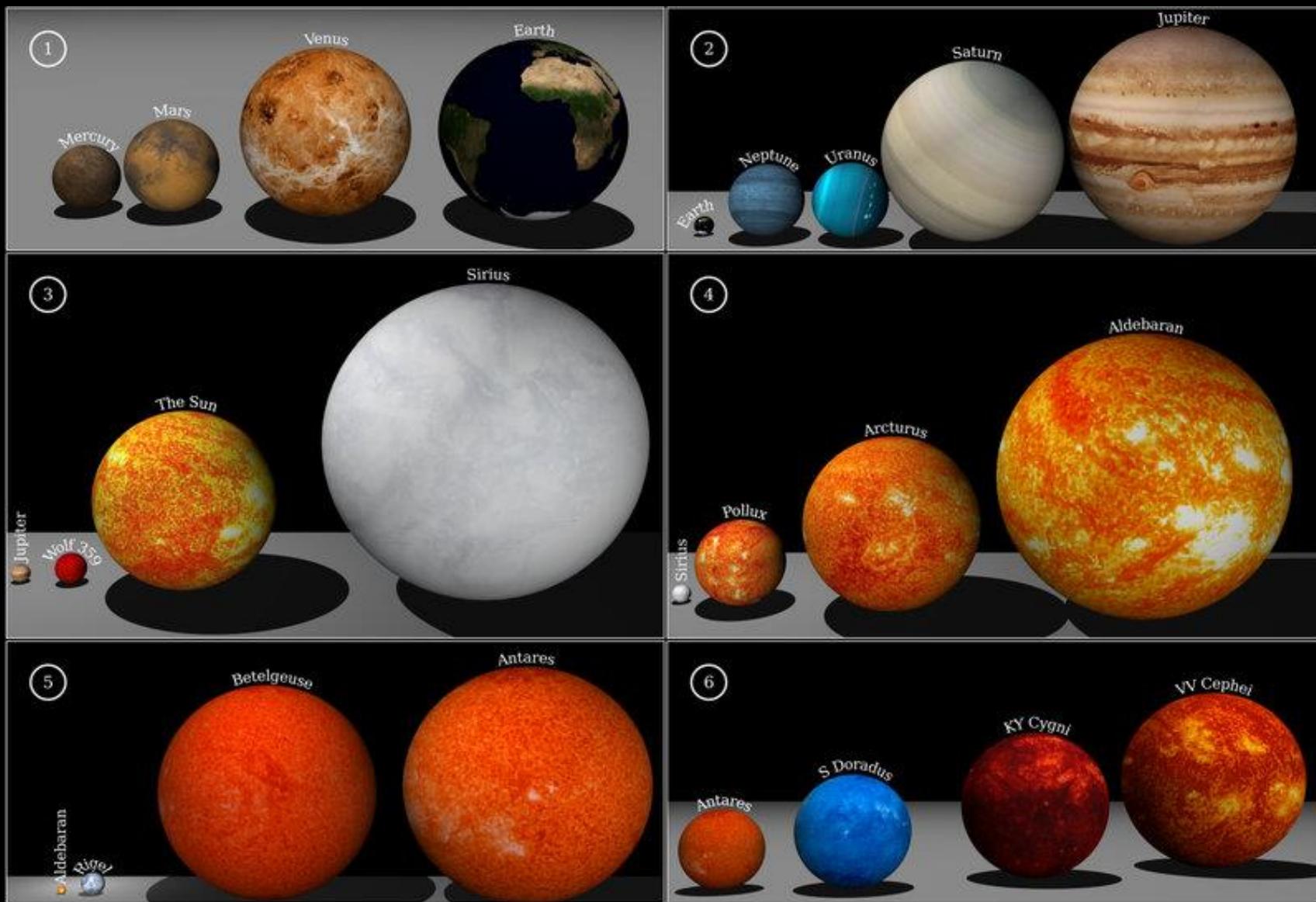


Où sommes-nous ?



Position du  
système solaire

# Le Soleil, une étoile banale ?

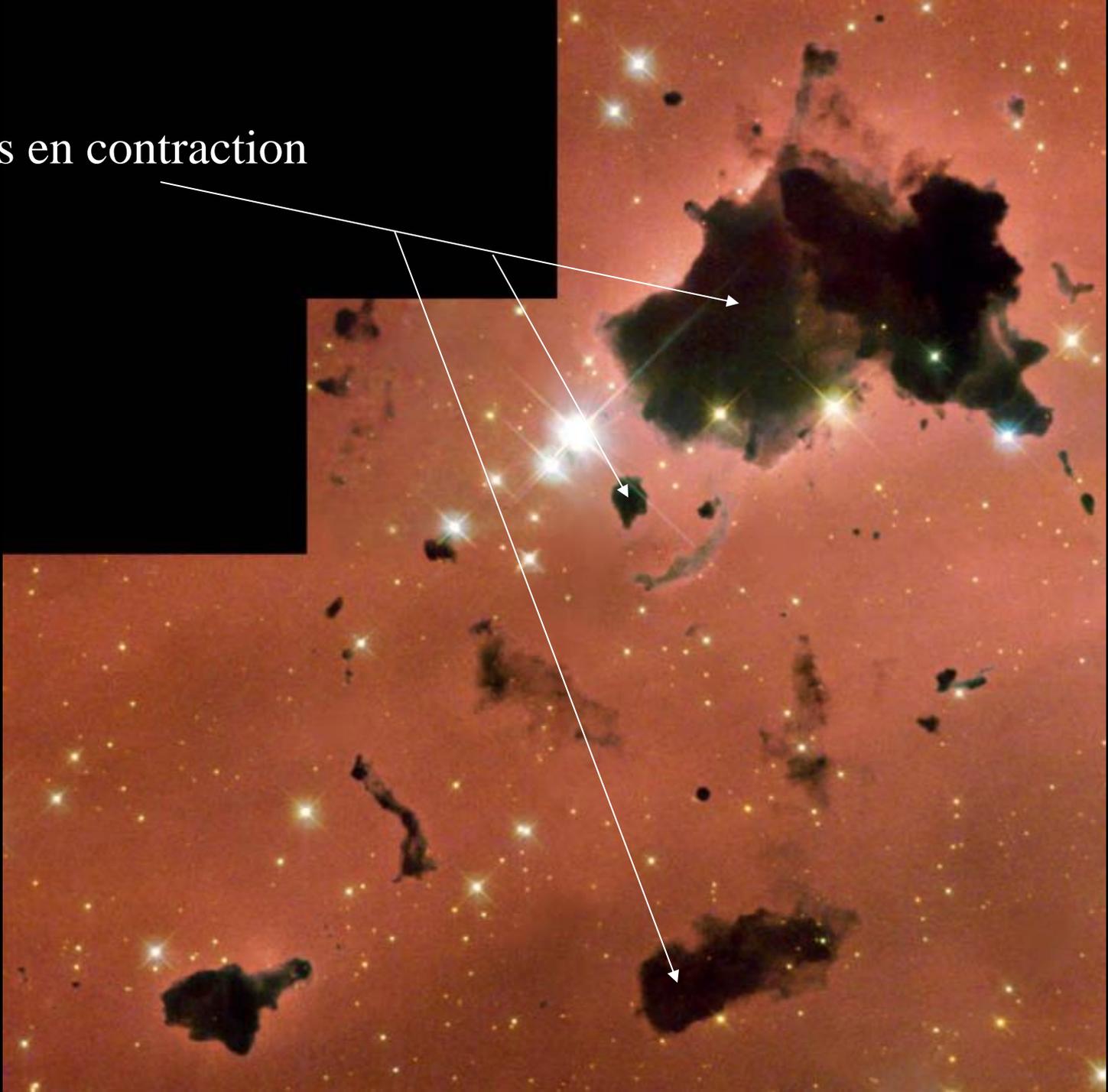


# LA FORMATION DU SOLEIL... *ET DU SYSTEME SOLAIRE*

TOUT COMMENCE IL Y A 4,6 MILLIARDS D'ANNEES

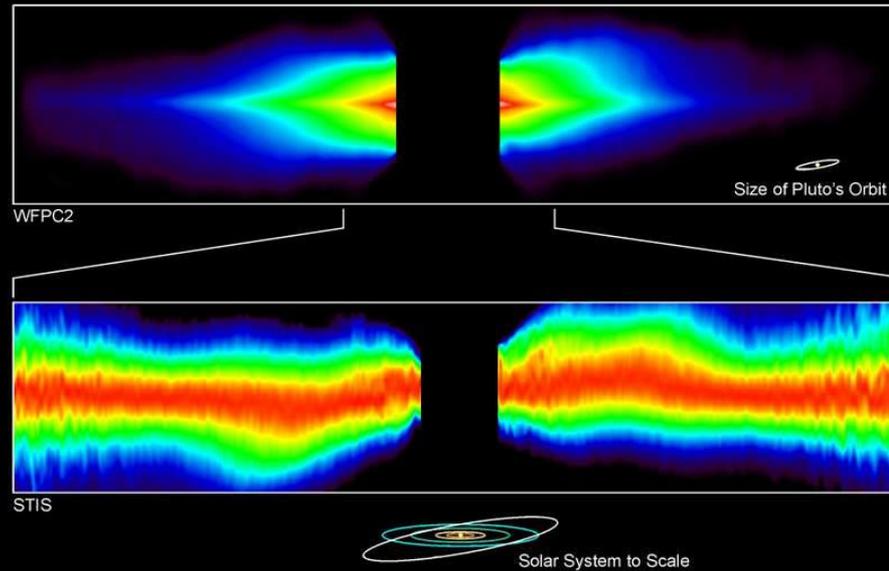
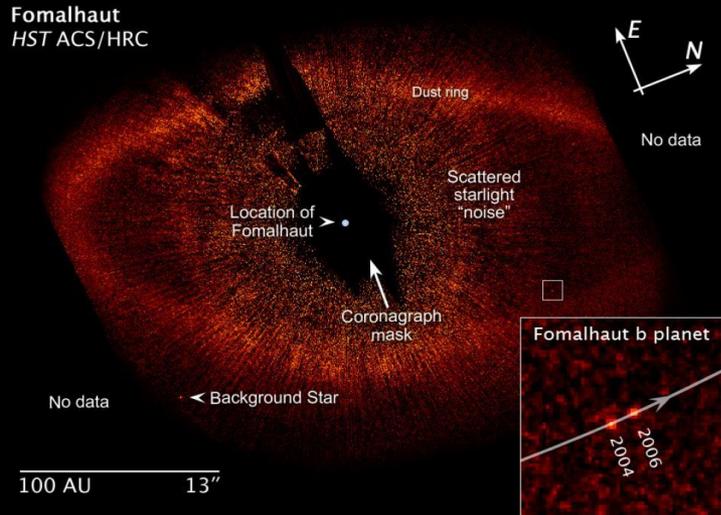


Nuages en contraction

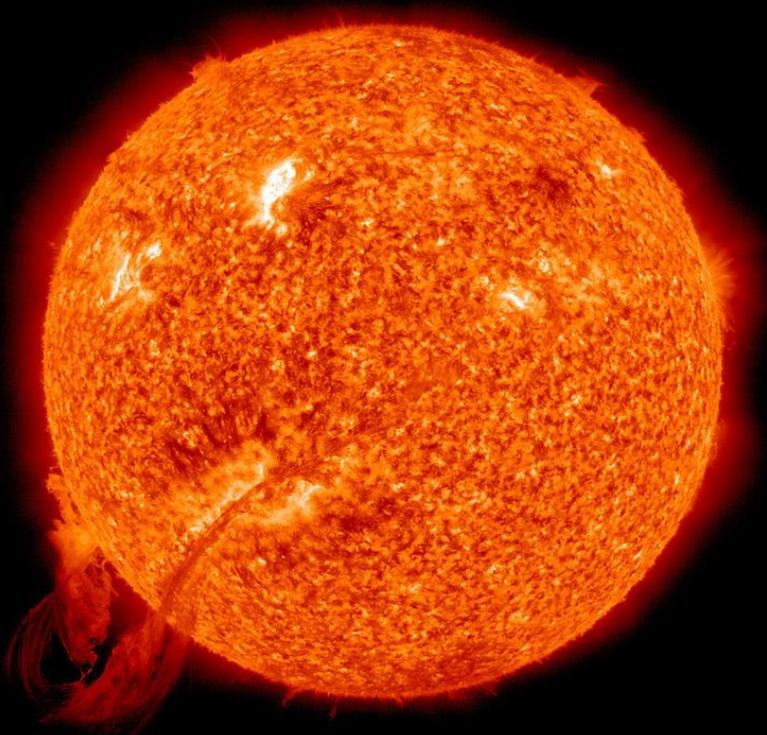




Notre système n'est pas unique !



# Une étoile de proximité !



150 millions de km (1 U.A)



SDO/AIA 304 2010-12-06 18:06:33 UT

L'étoile la plus proche après le Soleil est Proxima du Centaure. A 4.26 années-lumière (266 mille fois plus loin).

Une étoile que l'on peut donc « facilement » étudier de par sa proximité.

### Carte d'identité

- Diamètre 1 392 000 km

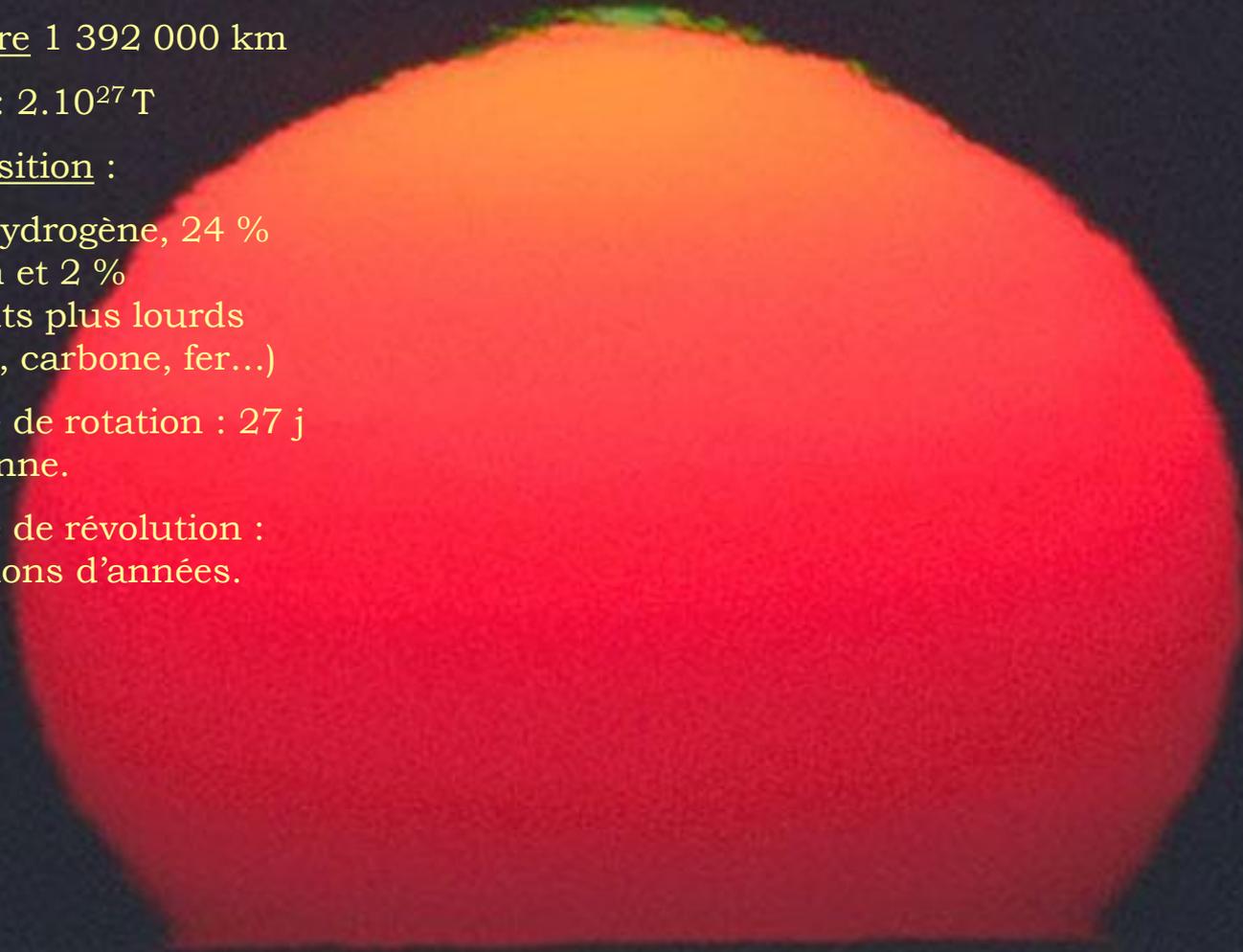
- Masse :  $2 \cdot 10^{27}$  T

- Composition :

74 % d'hydrogène, 24 %  
d'Hélium et 2 %  
d'éléments plus lourds  
(oxygène, carbone, fer...)

- Période de rotation : 27 j  
en moyenne.

- Période de révolution :  
220 millions d'années.



# Coupe du Soleil

## Photosphère

400 km d'épaisseur

$T^\circ = 5800 \text{ }^\circ\text{C}$

## Zone radiative

S'étend de 350 000 à 975 000 km

$T^\circ =$  de 10 millions à 500 000  $^\circ\text{C}$

## Chromosphère

2000 km d'épaisseur

$T^\circ = 4200$  à  $10000 \text{ }^\circ\text{C}$

## Noyau

Diamètre 350 000 km

$T^\circ = 15$  millions de  $^\circ\text{C}$

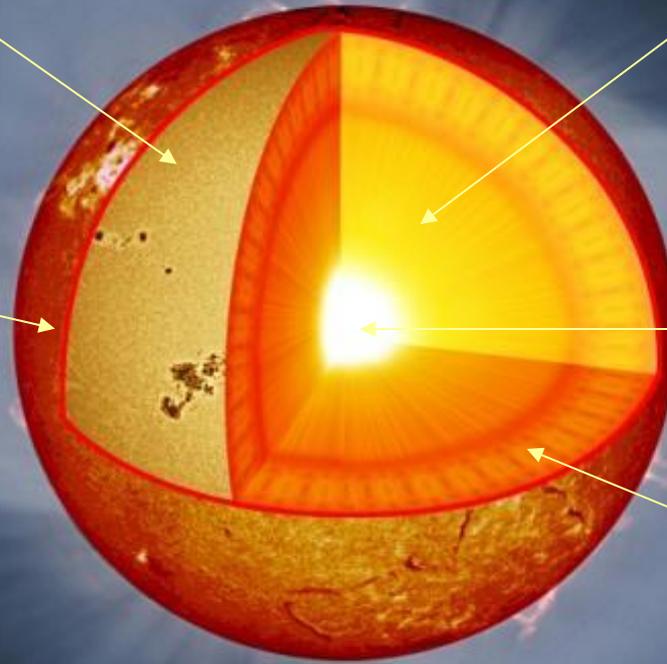
## Couronne solaire

$T^\circ = 1$  à  $2$  millions  $^\circ\text{C}$

## Zone de convection

S'étend de 975 000 à 1 392 000 km

$T^\circ =$  de 500 000 à 6500  $^\circ\text{C}$

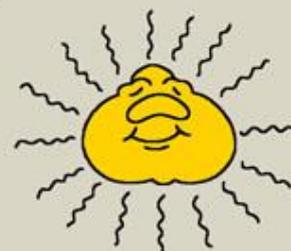
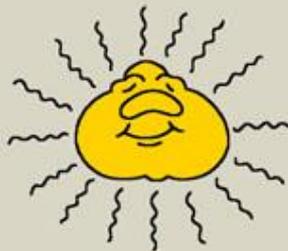


# QUE SE PASSE-T-IL A L'INTERIEUR ?

Dans notre Soleil, chaque seconde  
**600,000,000 de tonnes**  
d'hydrogène fusionnent



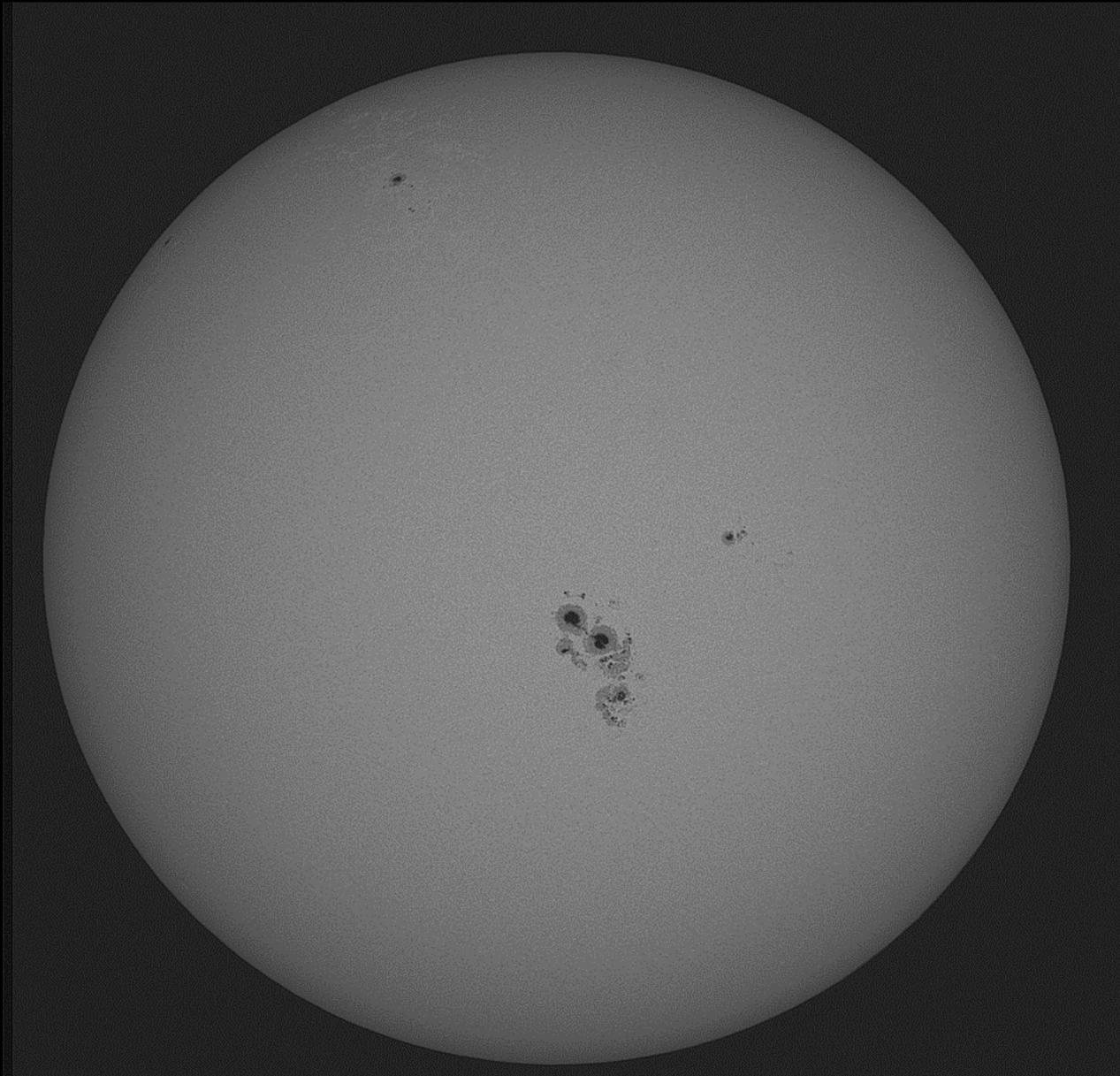
**4,200,000 de tonnes**  
d'hydrogène sont  
transformées en énergie



Soit l'équivalent de 160 000 camions citernes/seconde !!!!

# LA SURFACE SOLAIRE

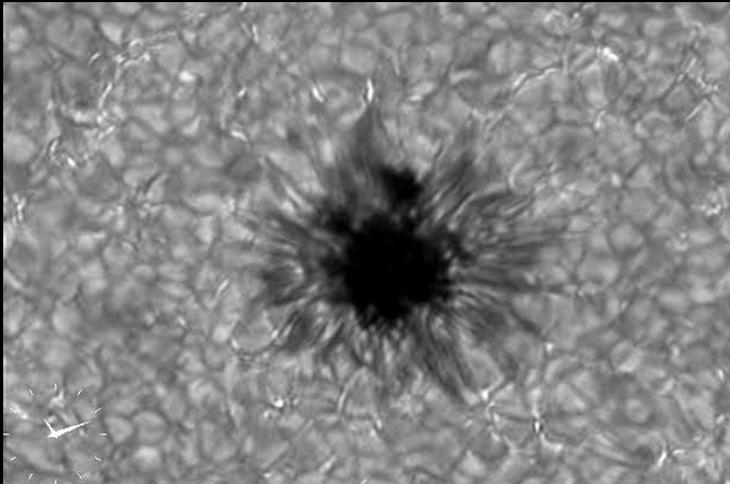
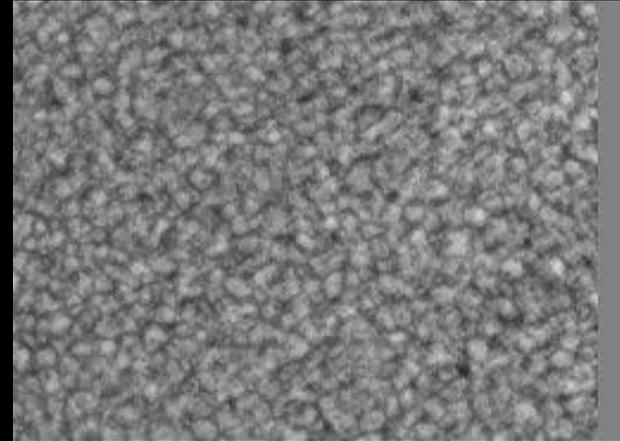
(PHOTOSPHERE)



# LA CONVECTION PHOTOSPHERIQUE

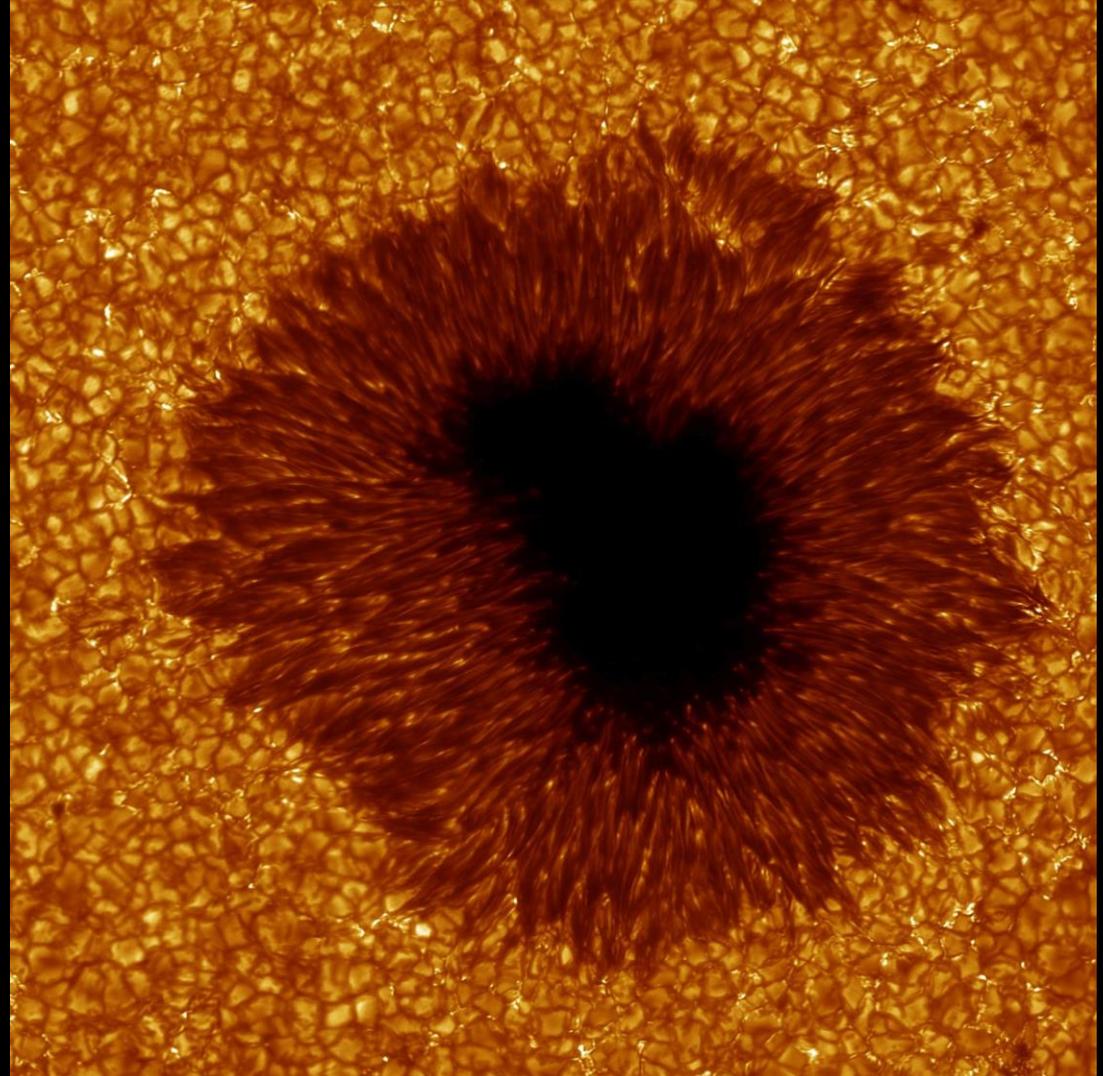
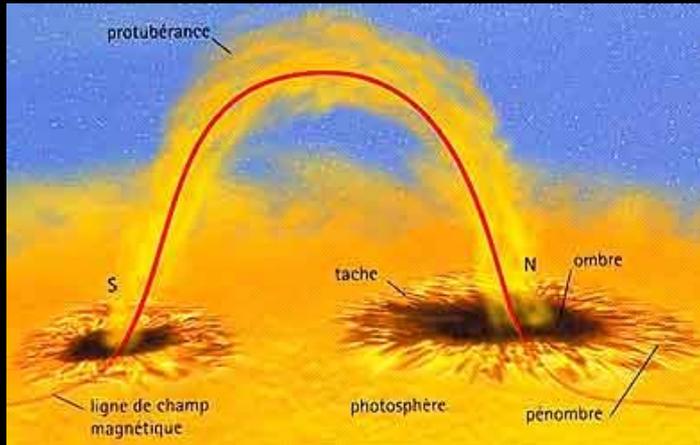
Chaque bulle de gaz mesure environ 1000 km,  
c'est à dire la taille de la France !

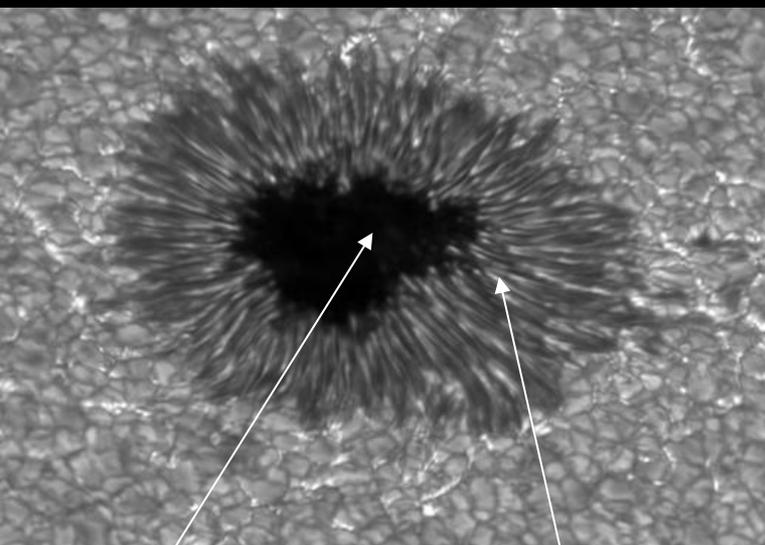
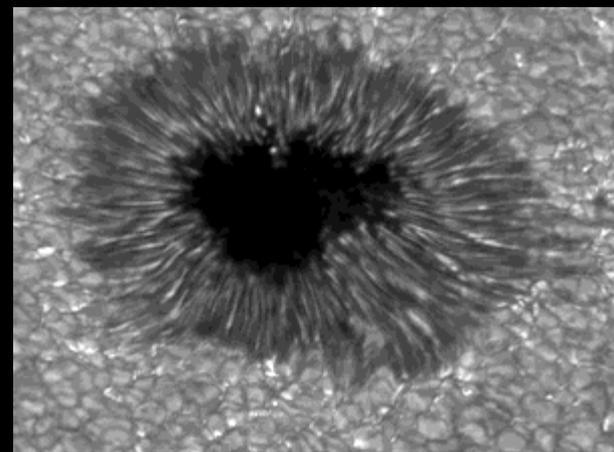
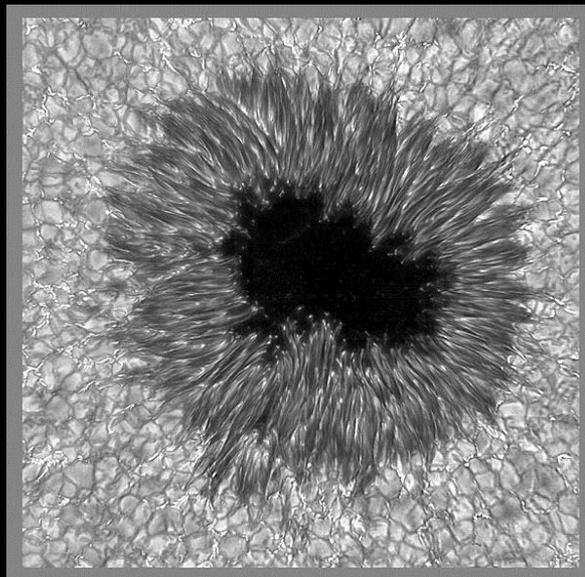
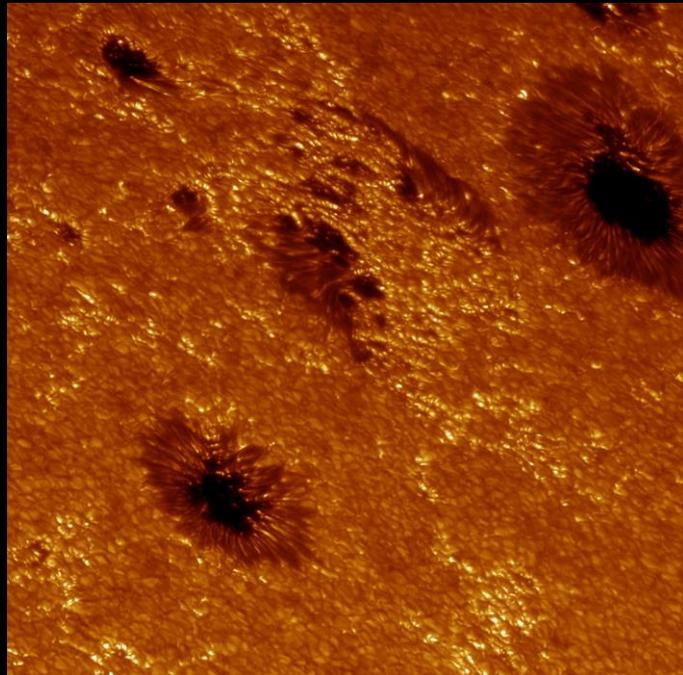
Durée de vie : entre 5 et 10 minutes



# Les taches solaires

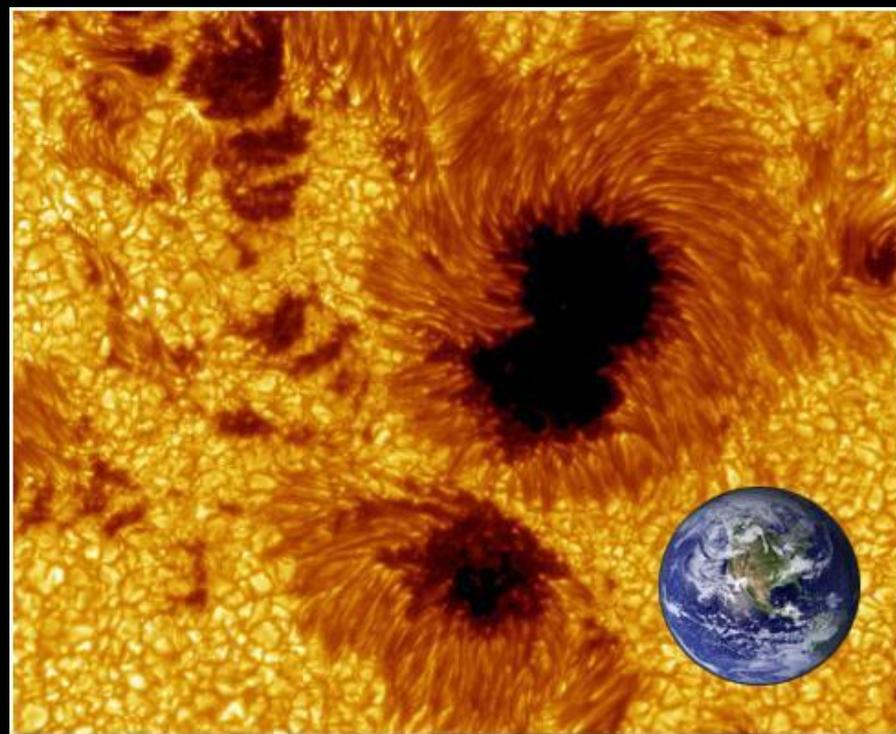
- Leur taille peut aller jusqu'à 320000 km.
- Durée de vie : environ 2 semaines
- Environ 10 fois moins brillantes que la surface solaire.
- Au cœur des taches, 1500 à 2000 °C de moins que la photosphère.
- Elles apparaissent entre +35 et -35° de latitude.

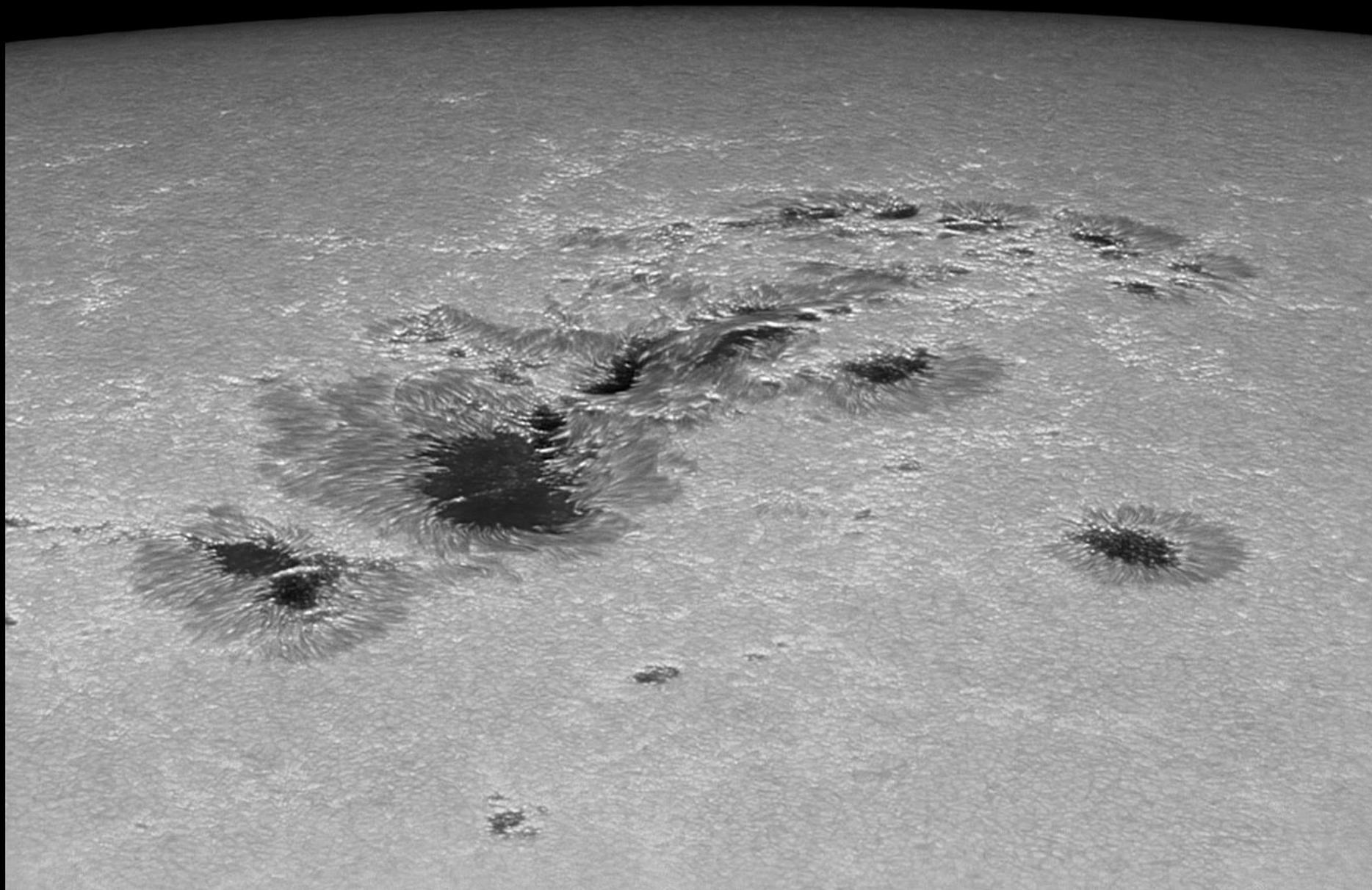




ombre

pénombre

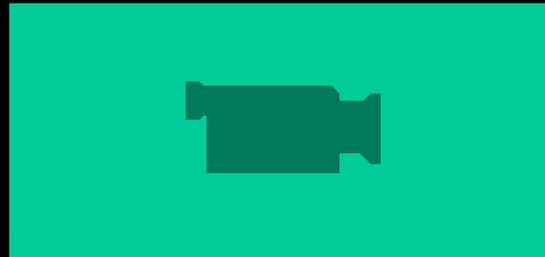




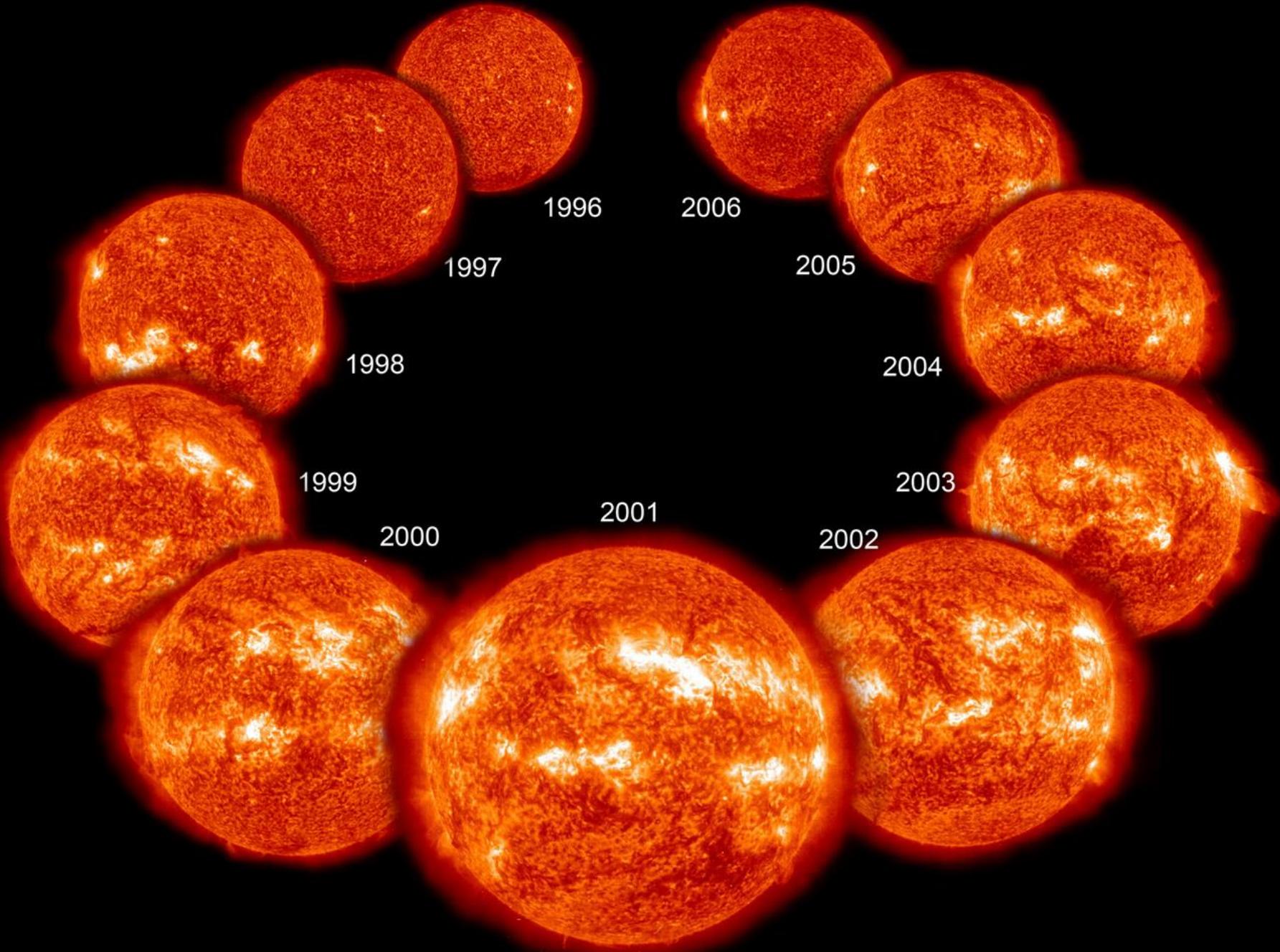
E  
S N  
W

AR1520 - 7 July 2012 - Celestron 14 F/20.6 - Baader d 3.8 Astrosolar - X2 Astrophysics Barlow lens  
0.13 arcsec/pixel - Skynyx 2.1M camera - Gain = 1 - Exposure = 20 x 3.4 ms - 12 bits acquisition  
Christian Viladrich

Evolution d'une tache solaire, sur 7 jours,  
photographiée par le satellite Hinode, dans l'UV



# Le cycle solaire



# CYCLES DE 11 ANS

1979

1982

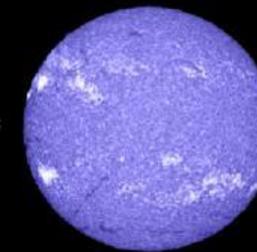
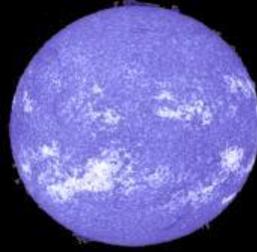
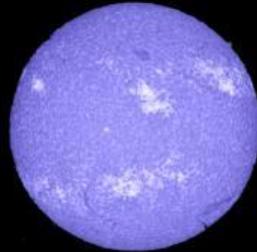
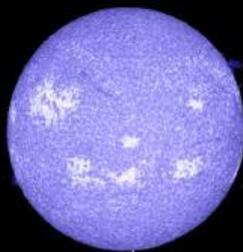
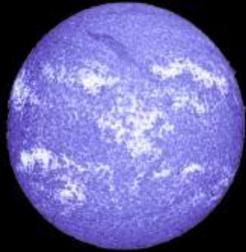
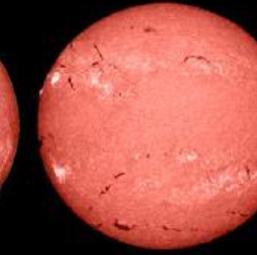
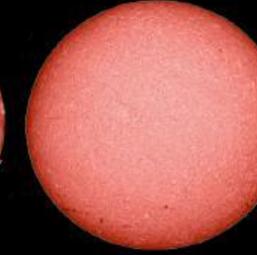
1986

1988

1990

1996

1999



Maximum

Phase  
décroissante

minimum

Phase  
croissante

Maximum

minimum

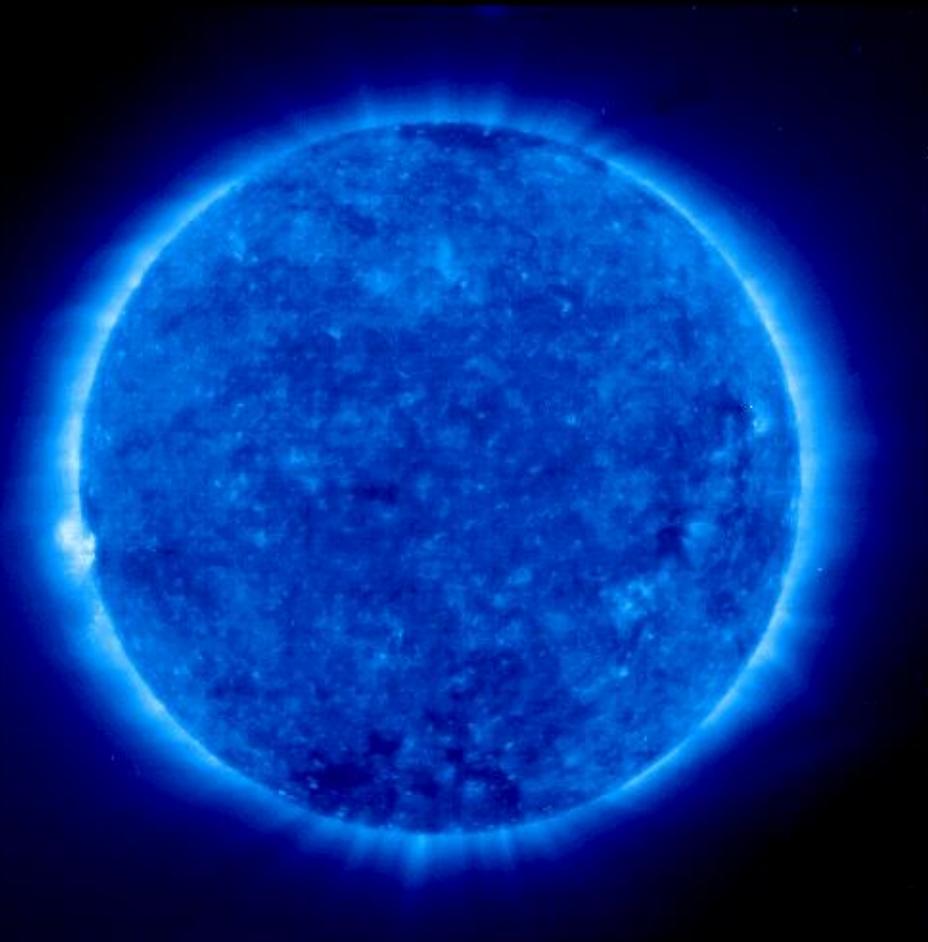
Phase  
croissante

CYCLE 21

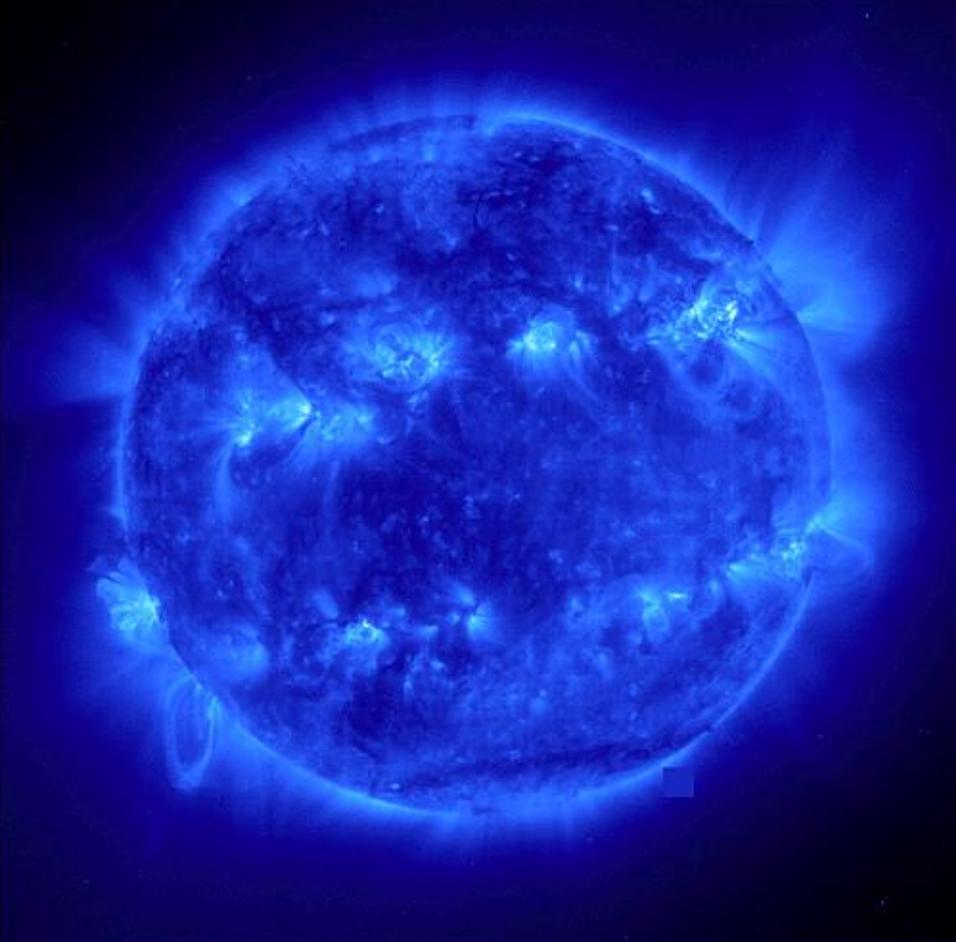
CYCLE 22

CYCLE 23

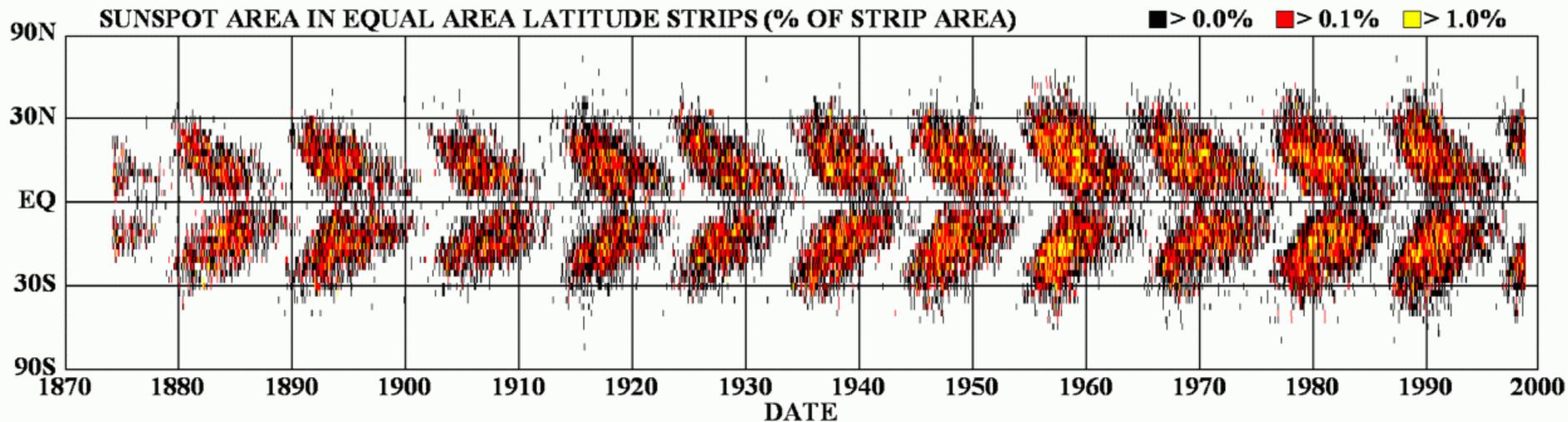
minimum



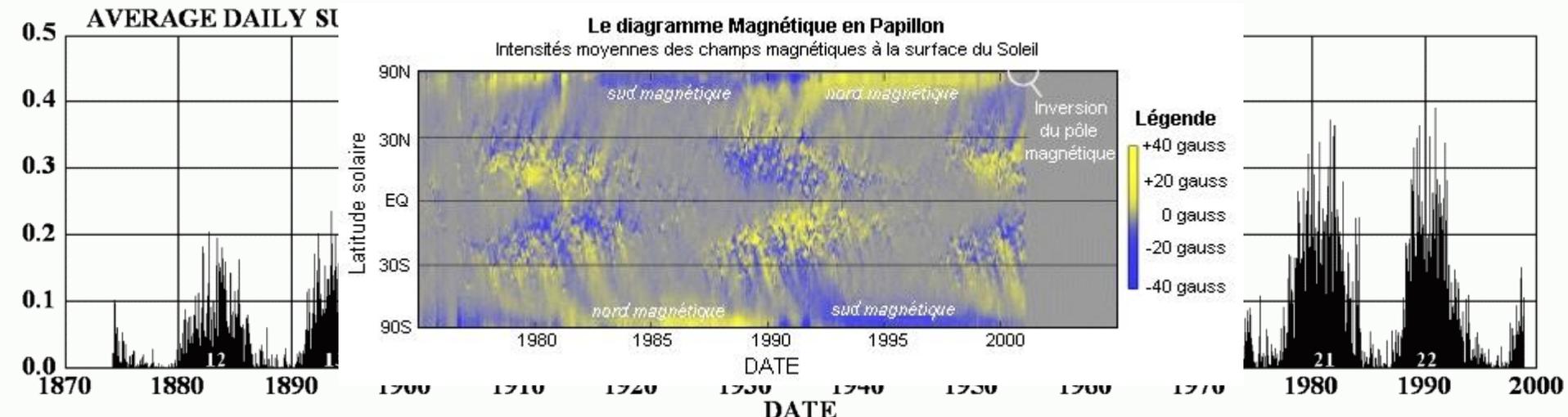
maximum



# LES ZONES D'APPARITIONS DES TACHES

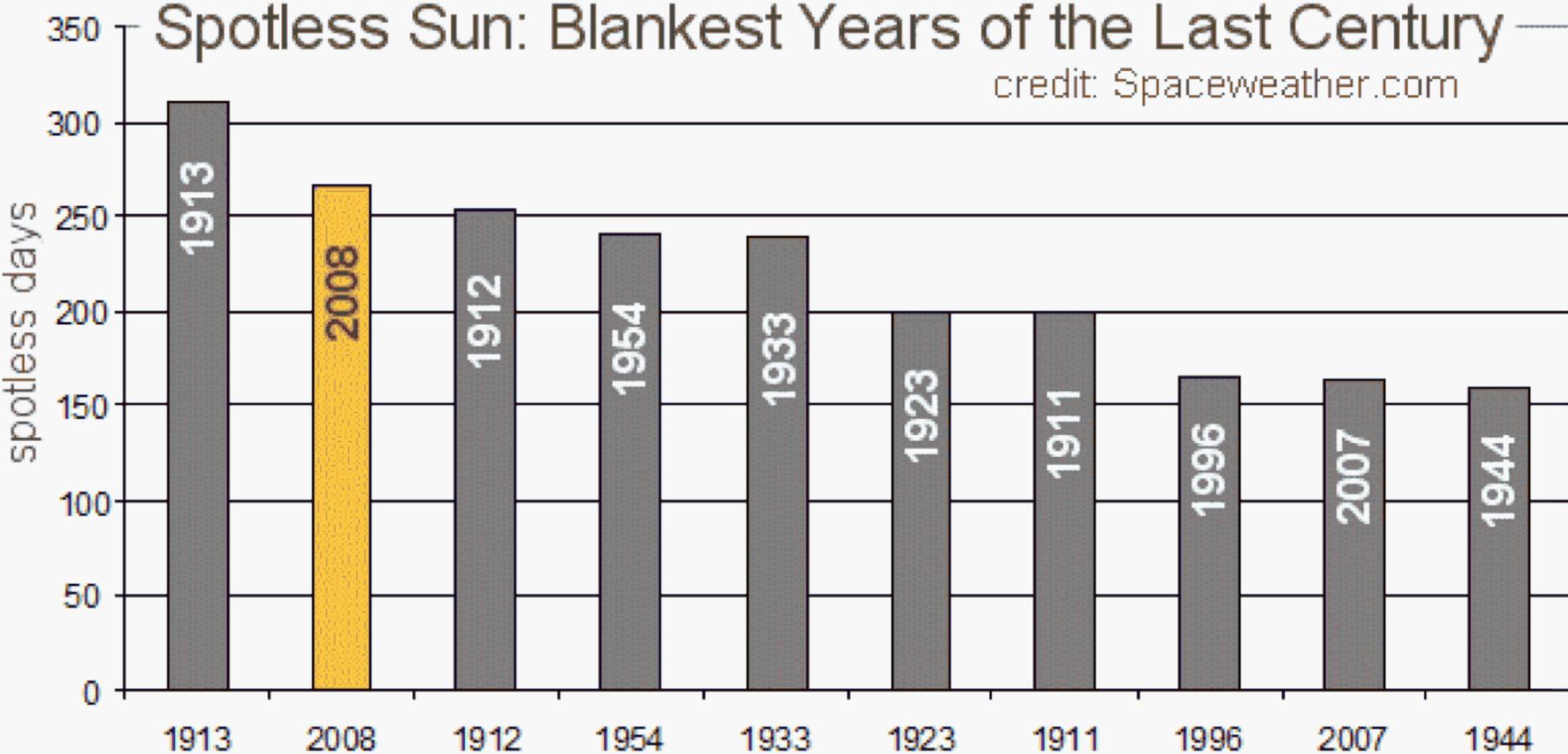


## L'ACTIVITE SOLAIRE AU COURS DU TEMPS : LE CYCLE DE 11 ANS



# Spotless Sun: Blankest Years of the Last Century

credit: Spaceweather.com

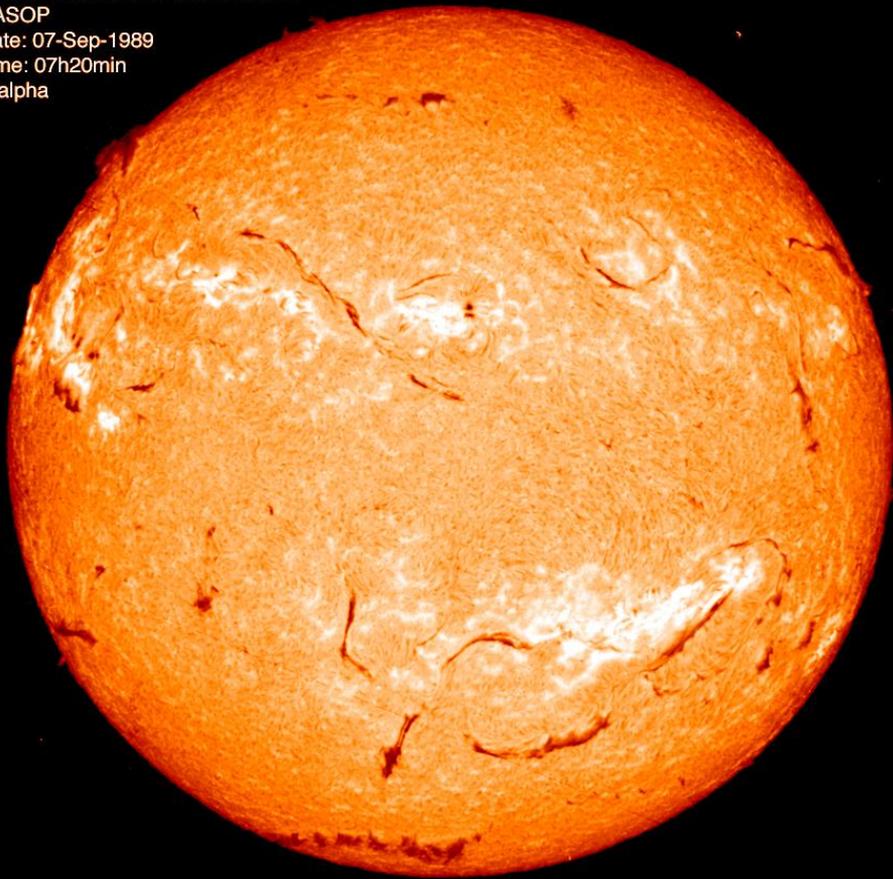


# Chromosphère et protubérances

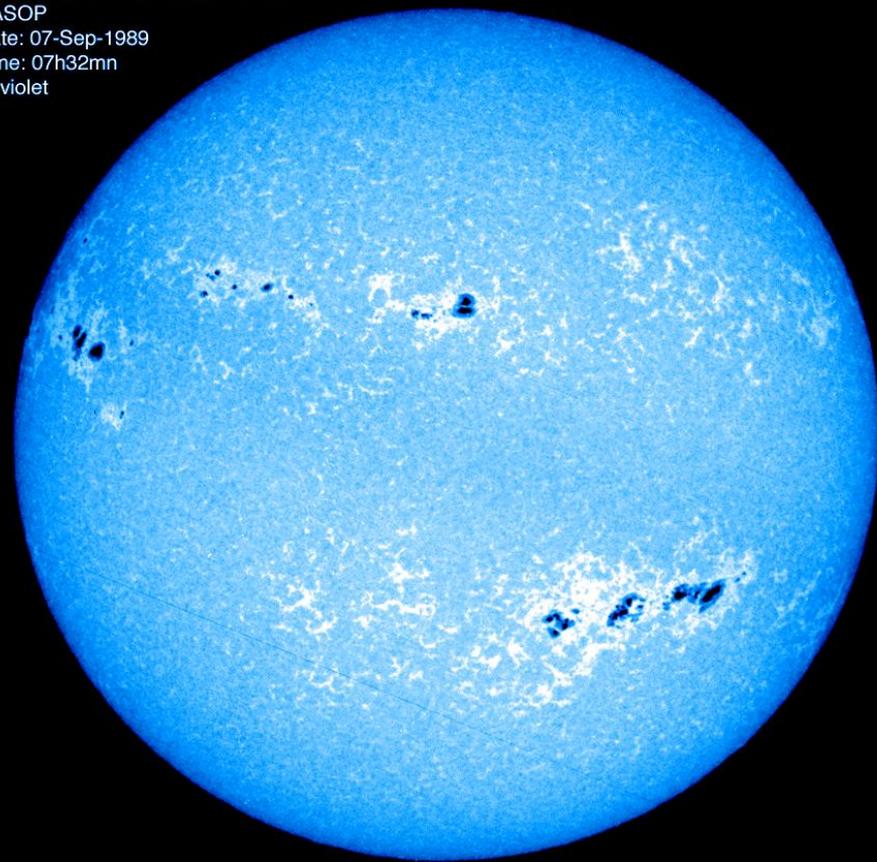


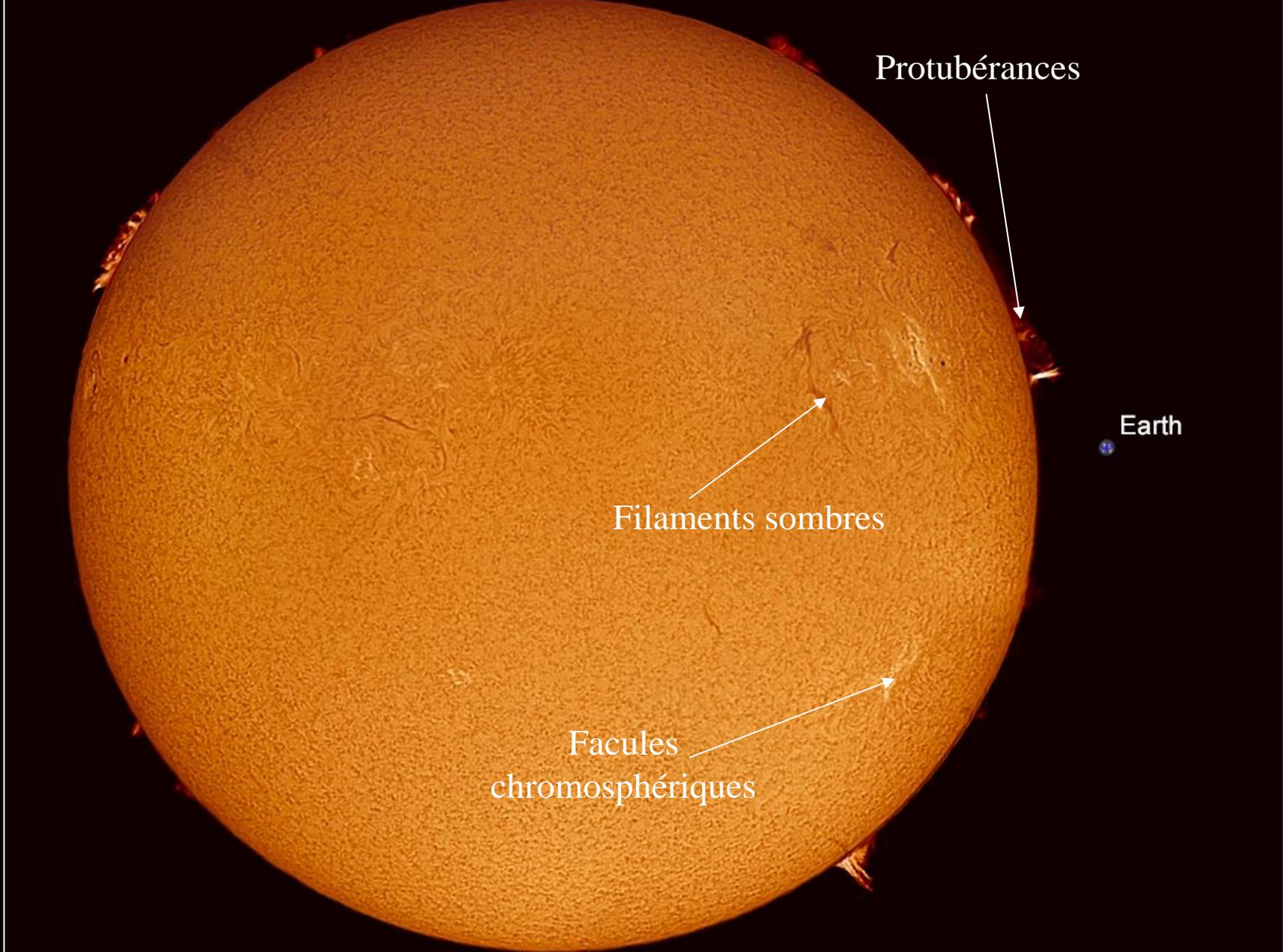
# La chromosphère, dans deux longueurs d'onde : H $\alpha$ et CaK

PARIS-MEUDON-OBSERVATORY  
DASOP  
Date: 07-Sep-1989  
Time: 07h20min  
H alpha



PARIS-MEUDON OBSERVATORY  
DASOP  
Date: 07-Sep-1989  
Time: 07h32mn  
K1violet





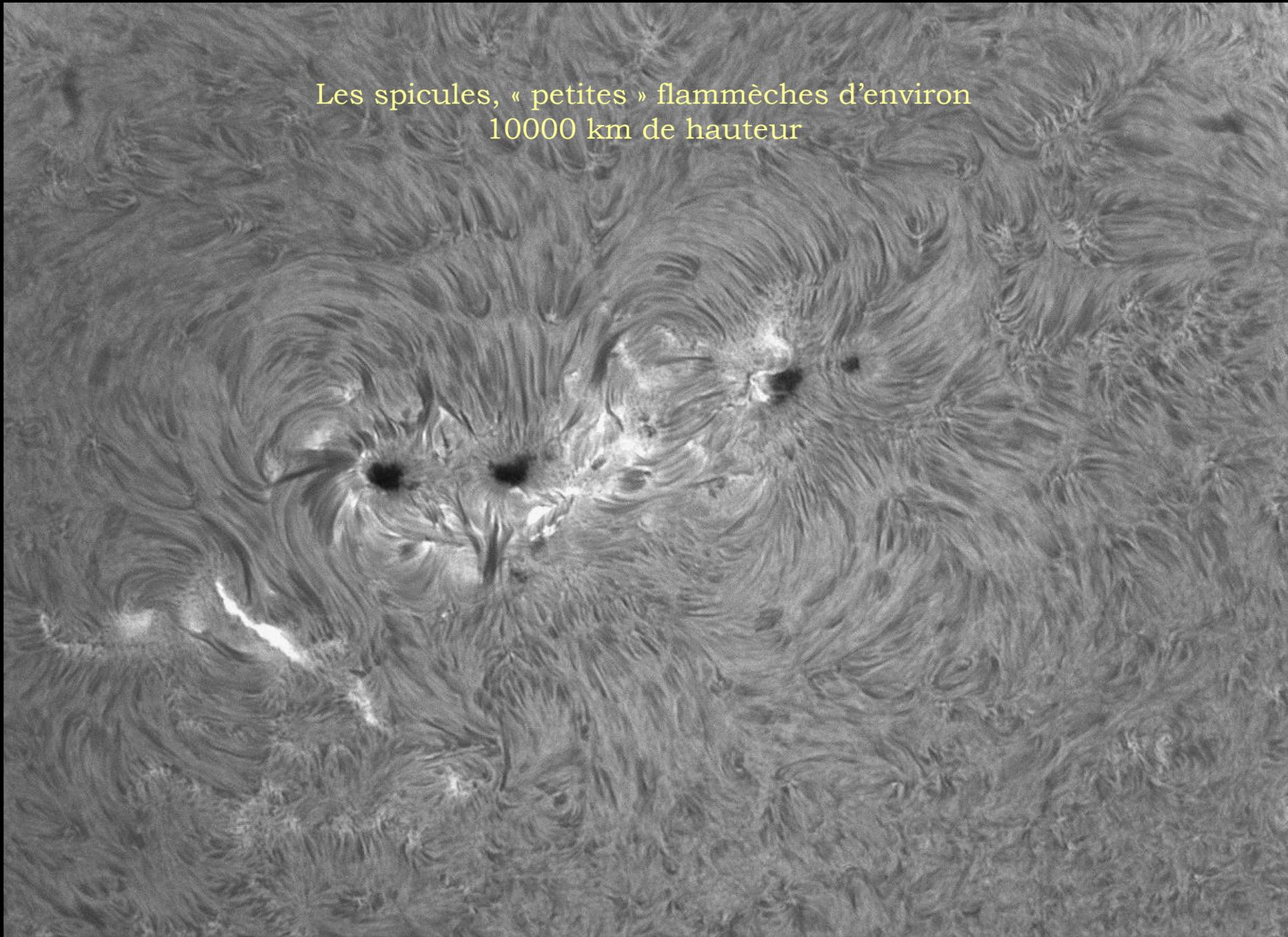
Protubérances

Earth

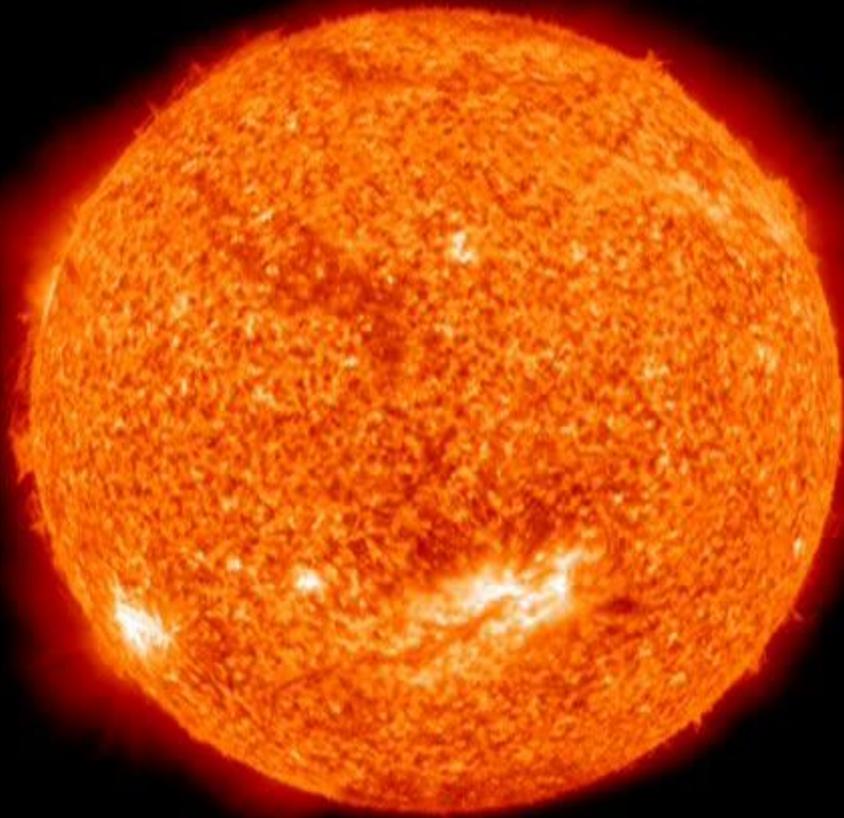
Filaments sombres

Facules  
chromosphériques

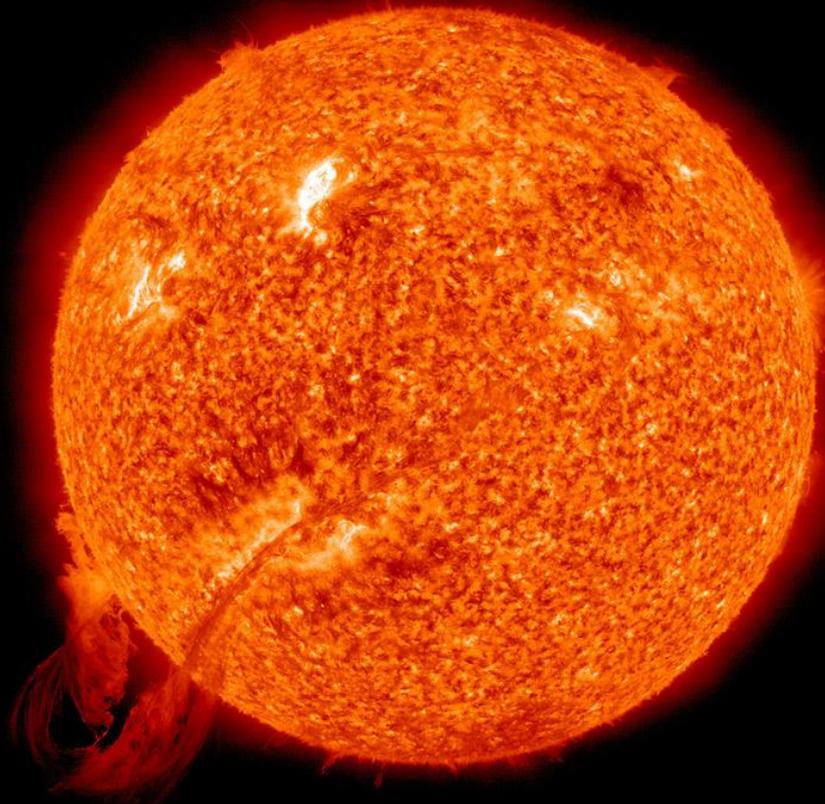
Les spicules, « petites » flammèches d'environ  
10000 km de hauteur



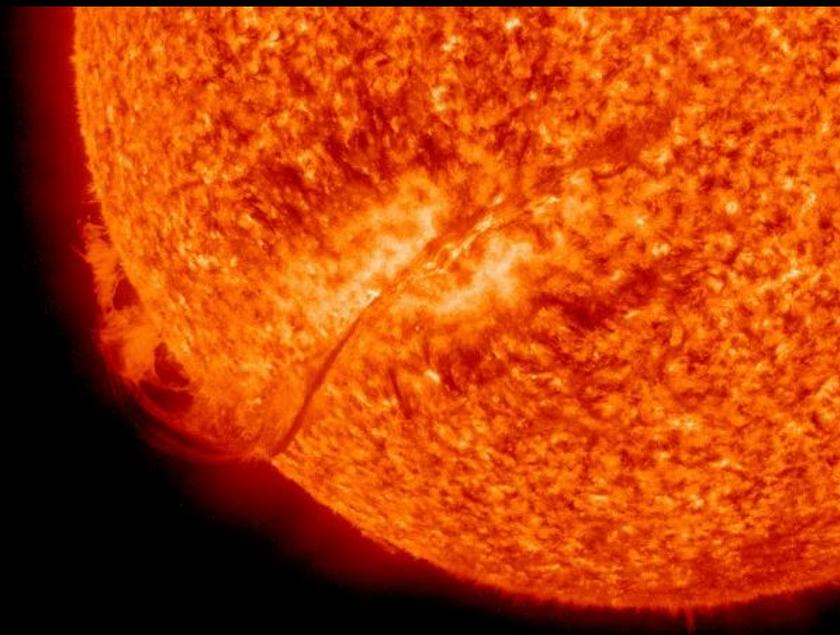
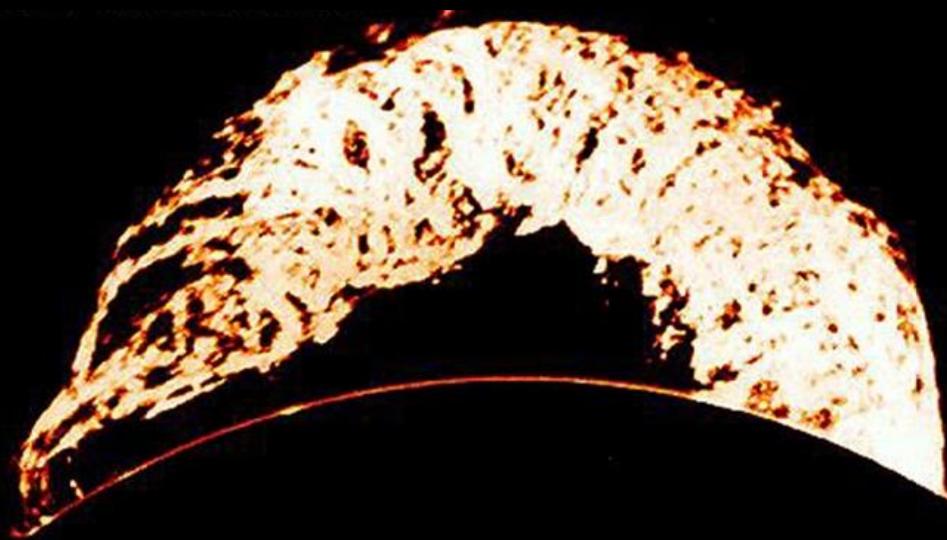




SDO/AIA 304 2010-09-18 09:51:09 UT

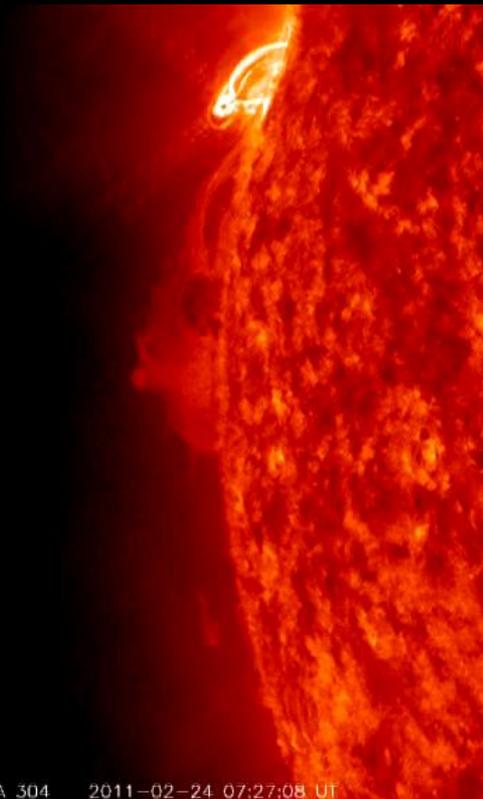


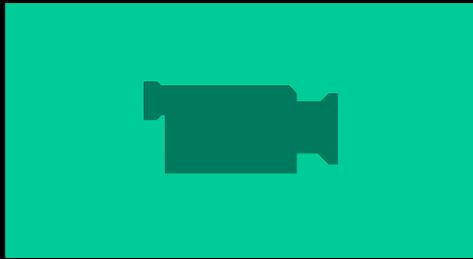
SDO/AIA 304 2010-12-06 18:06:33 UT



SDO/AIA 304 2010-12-06 14:35:33 UT

SDO/AIA 304 2011-02-24 07:27:08 UT







# LA COURONNE

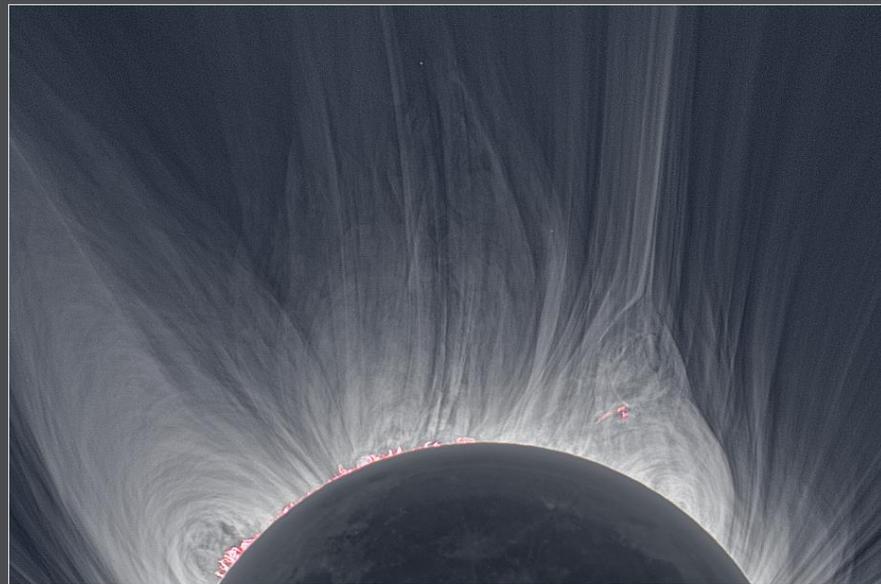


Total Solar Eclipse 2008

© 2008 Miloslav Druckmüller, Peter Aniol, Vojtech Rušín



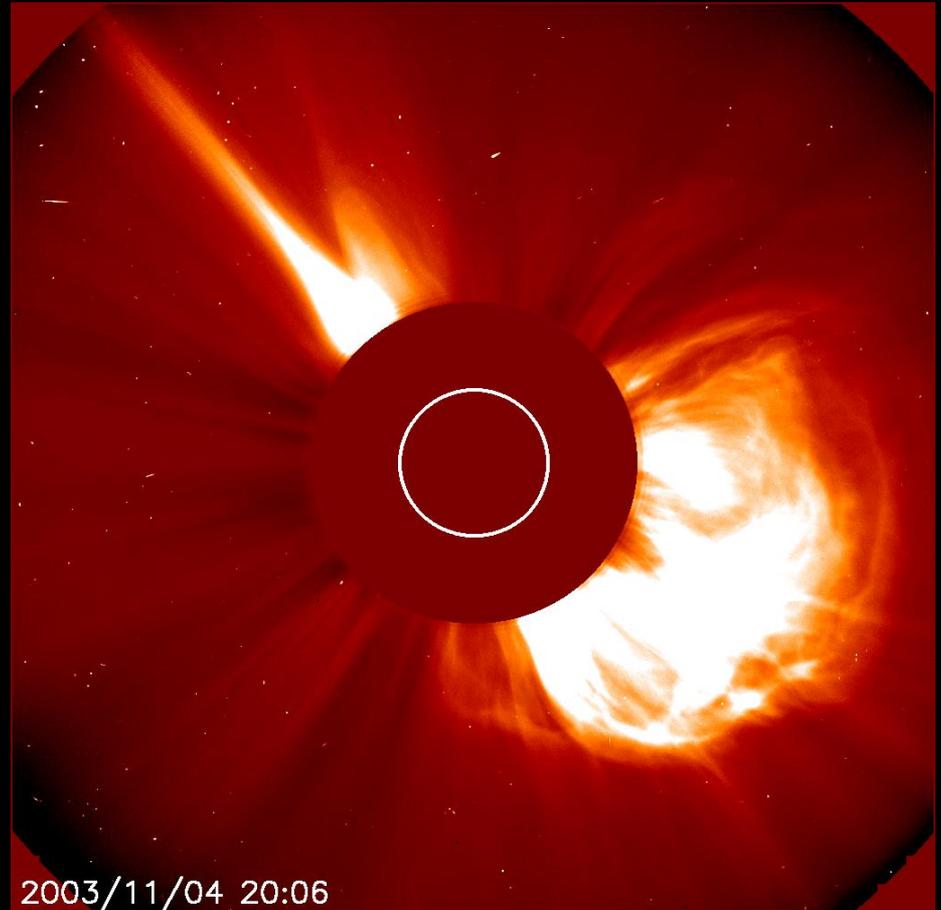
Total Solar Eclipse 2009 © 2009 Miloslav Druckmüller, Peter Aniol, Vojtech Rušin, Ľubomír Klocok, Karel Martišek, Martin Dietzel

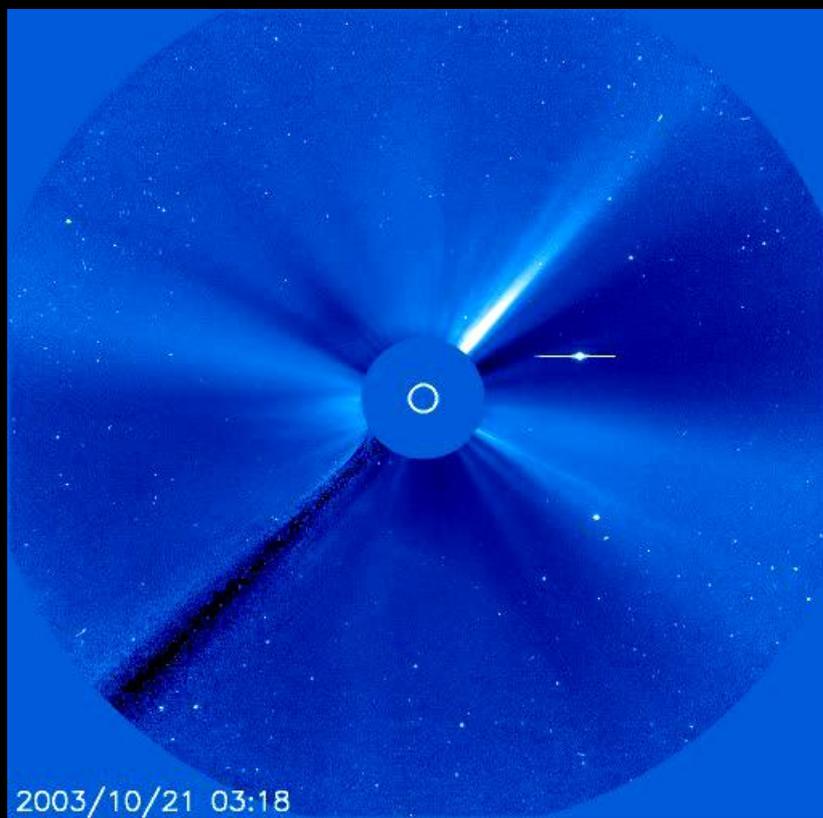


Total Solar Eclipse 2008 © 2008 Miloslav Druckmüller, Peter Aniol, Martin Dietzel, Vojtech Rušin

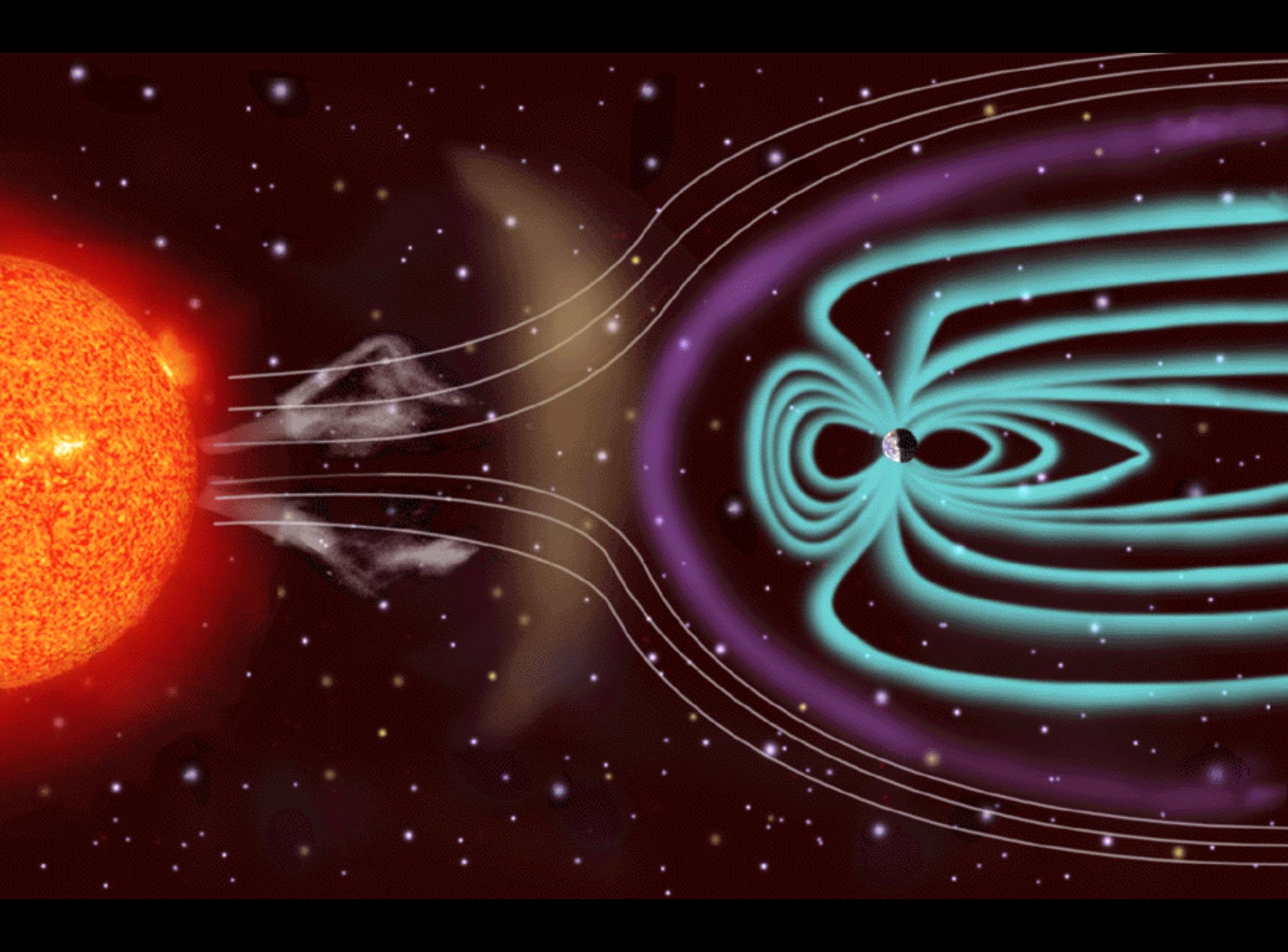
# Vent solaire et éjection de matière coronale

- Composé de d'ions et d'électrons
- Le Soleil perd environ 1 million de T/s de matière, sous forme de vent solaire.
- Vitesse moyenne : 450 km/s
- Densité au niveau de l'orbite terrestre : 6 particules/cm<sup>3</sup>

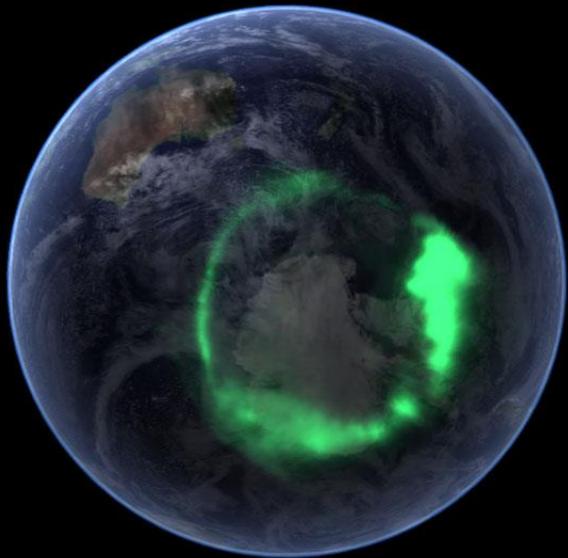












# Conséquence des éruptions solaires pour l'activité humaine:

- Perturbations dans les transmissions radio
- Aurores polaires
- Perturbations électriques
- Dommages possibles aux satellites
- Destruction de l'ozone de haute altitude (grosse éruption)



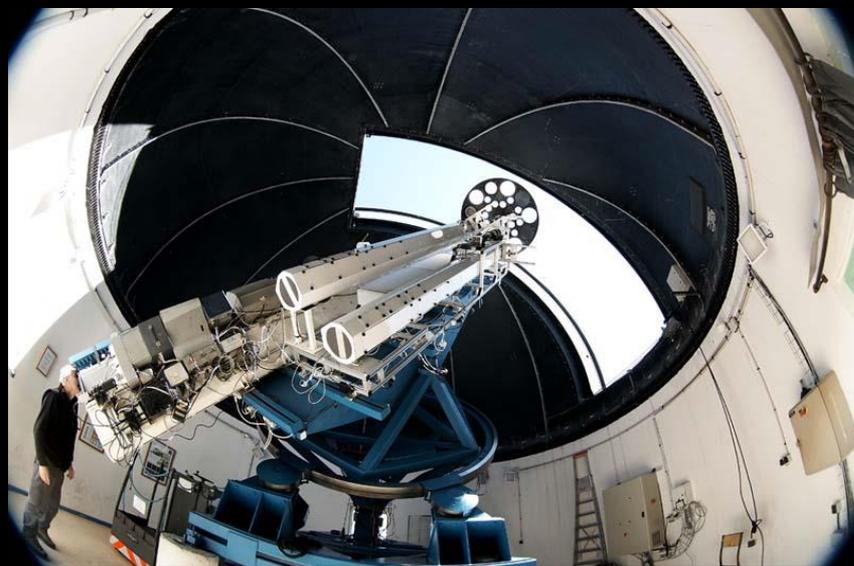
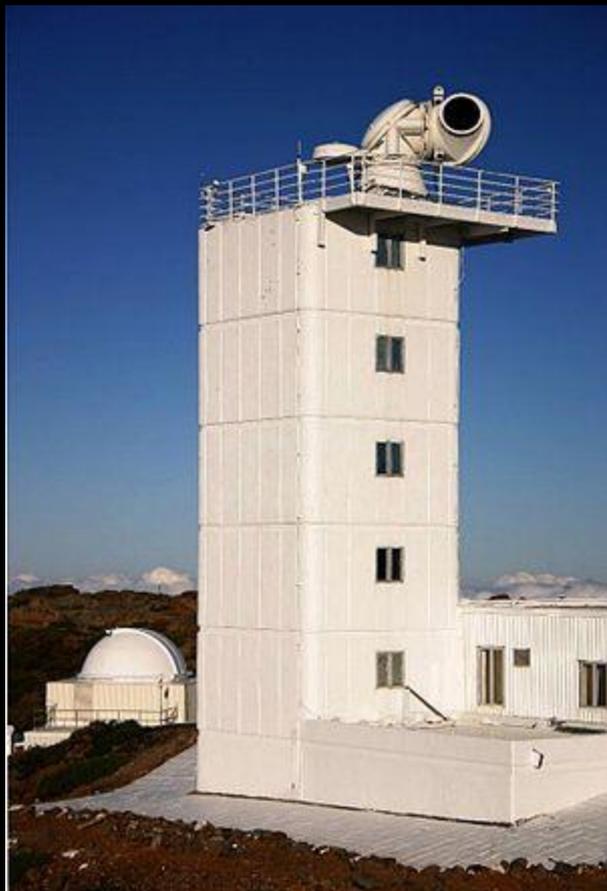
## L'éruption solaire du 27 août 1859

A ce jour, la plus puissante éruption solaire observée. Le 1<sup>er</sup> septembre, une gigantesque éruption a lieu à la surface de notre étoile et atteint la Terre en 17h ! Des aurores polaires sont observées quasiment partout sur Terre et très près de l'équateur.

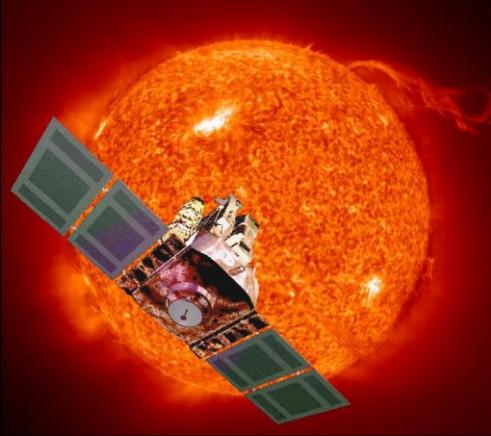
La magnétosphère terrestre passe de 60000 km à quelques centaines de km d'épaisseur. De très nombreux courants électriques se propagent sur Terre, électrocutant des télégraphistes et déclenchant des incendies dans des stations de télégraphie.

Si une telle éruption avait lieu aujourd'hui, tous les satellites, tous les systèmes électriques et électroniques seraient gravement endommagés ou définitivement hors service !!!!

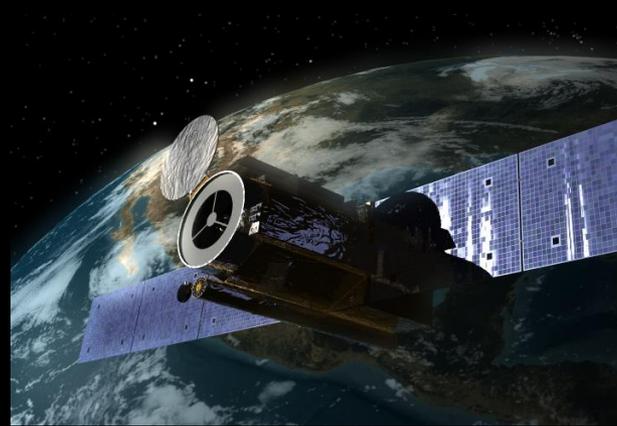
# Les observatoires solaires



# Les observatoires solaires spatiaux



SOHO, depuis 1995

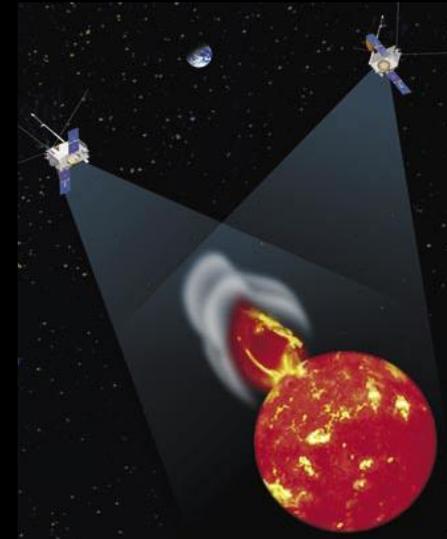


Hinode, depuis 2006

Stéréo, depuis 2006

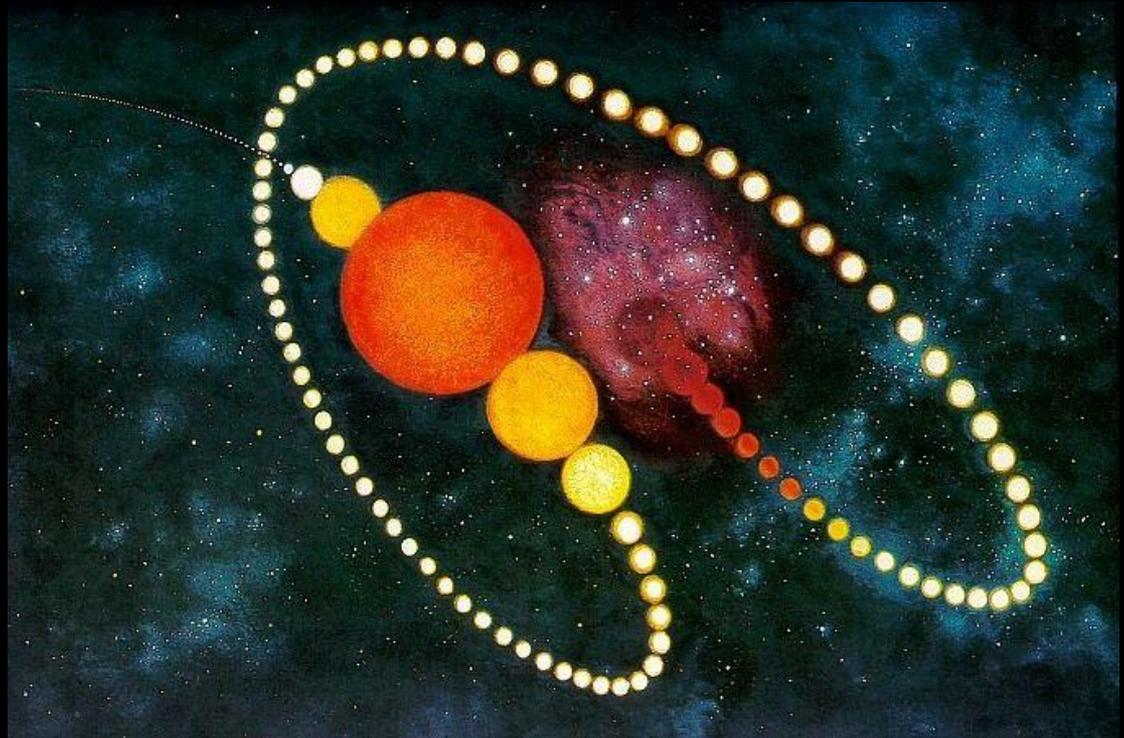


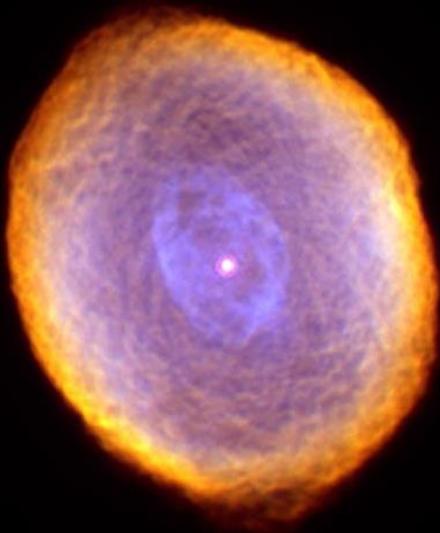
SDO, depuis 2010



# L'EVOLUTION DU SOLEIL...

- Dans 600 millions d'années, sa luminosité aura augmentée de 10 % et d'ici 3 milliards d'années, d'environ 30 %.
- Dans 1.5 milliard d'années, disparition des océans sur Terre.
- Dans 5 milliards d'années, fin de la fusion de l'hydrogène en hélium au cœur du Soleil. Début de la fusion de l'hélium.
- Le soleil devient petit à petit une géante rouge.
- Dans 6.5 milliards d'années, stade de la nébuleuse planétaire.





LA FIN DU SOLEIL...

