



## *Le Soleil, notre étoile*



- Que savez vous du Soleil ?
- Le Soleil vu depuis la terre.
- L'intérieur du Soleil.
- Le Soleil est-il calme?
- Les relations Terre – Soleil.

NASA, space shuttle

23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

1

This picture of a sunset over the Sahara Desert was taken by the space shuttle crew when the shuttle was at a position over the Sudan near the Red Sea coast. Space shuttle crews see a sunrise or sunset every 45 minutes as they circle the Earth at 27,300 kilometers (17,000 miles) per hour, crossing the surface at 6.4 kilometers (4 miles) per second. This picture illustrates the clearly defined bands of color as the sun rises and shines through the atmosphere.



Soleil=98% de la Masse du système solaire

Distance de la terre=150 Millions de kilomètres=8mn lumiere

This image shows the Sun and nine planets approximately to scale. The order of these bodies

are: [Sun](#), [Mercury](#), [Venus](#), [Earth](#), [Mars](#), [Jupiter](#), [Saturn](#), [Uranus](#), [Neptune](#), and [Pluto](#).

The image [ssc.tif](#) has labels next to each planet.

This image is Copyrighted © by *Calvin J. Hamilton*. Any commercial/for-profit use of this image needs to be addressed to [Calvin J. Hamilton](#).



## Qu'est ce que le Soleil?

- Une étoile moyenne parmi des milliards dans notre galaxie



100 milliards d'étoiles dans la galaxie

Au moins le même nombre ( $10^{11}$ ) de galaxies dans l'univers

Etoile la plus proche: 4 année lumière

Le Soleil est a 30 000 al du centre galactique.

Période de révolution autour du centre galactique: 200 Millions années => 22 révolutions en 4.5 milliard d'années

This image of our galaxy, the Milky Way, was taken with NASA's Cosmic Background Explorer (COBE)'s Diffuse Infrared Background Experiment (DIRBE), one of three COBE scientific instruments. This never-before-seen view is a combination of data gathered with DIRBE at intervals within the first six months in orbit and released in April 1990. It shows the Milky Way from an edge-on perspective with the galactic north pole at the top, south pole at the bottom and galactic center at the center. The picture combines images obtained at several near-infrared wavelengths. The dominant source of light at these wavelengths is stars within our galaxy. Even though our solar system is part of the Milky Way, the view looks distant because most of the light comes from the population of stars that are closer to the galactic center than our own Sun.

The COBE spacecraft was launched on November 18, 1989, on board the last NASA-owned Delta rocket from Vandenberg Air Force Station, CA. COBE was specifically designed to study the radiation from the Big Bang, believed to be a remnant of the primeval explosion that started the expansion of the universe, and to measure the diffuse infrared and microwave background radiation, which includes the primary remnant of the explosion.



## *Le Soleil en chiffres*

- Diamètre: 1.4 million de km ( $109 \times D_{\text{Terre}}$ )
- Masse: 2 milliards de milliards de milliards de tonnes ( $330\,000 \times M_{\text{Terre}}$ )
- Distance moyenne à la terre: 150 Millions de km
- Age: 5 milliards d'années



## *Qu'est ce que le Soleil?*

- Une boule de gaz chaud: Hydrogène (92%)+ Hélium (7%)+

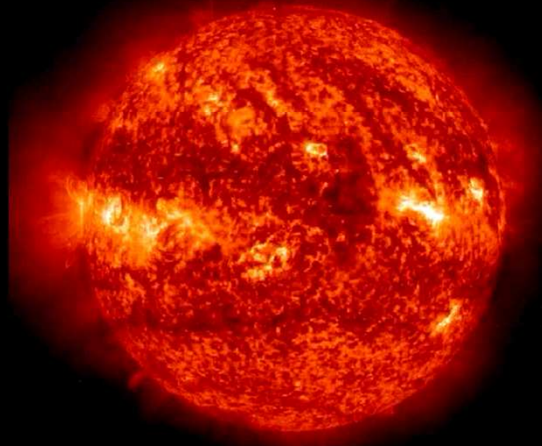
Question:

Le Soleil tourne-t'il sur  
lui-même ?

Ouï!

Période de rotation:

25 jours à l'équateur



2000/01/08 02:40:36

100)

23/01/2004

Stage : pain en entreprise 4eme

**Solar activity and erupting prominences. EIT 304A (Jan. 8-10, 2000)**



# *Le Soleil vu depuis la terre*

- Au cours d'un jour:

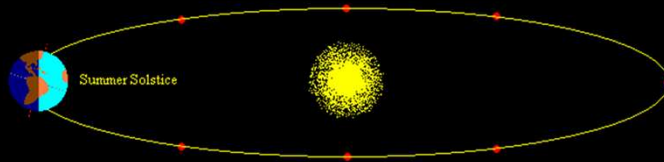
La terre tourne sur elle-même en ? **1 jour**

Le soleil se lève à ? **L'EST**  
se couche à ? **L'OUEST**



- Au cours de l'année:

la terre tourne autour du Soleil en ? **365.25 jours**





Les saisons résultent de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de son orbite. L'angle que fait l'axe de rotation de la Terre et la normale au plan de l'orbite est fixe et égal à  $23^{\circ}27'$ . En conséquence, au fur et à mesure de la progression de la Terre sur son orbite autour du Soleil, l'orientation des rayons solaires varie au cours de l'année selon la latitude.

Plus l'incidence des rayons solaires est grande, plus l'énergie interceptée par unité de surface est faible. Les apports énergétiques varient donc en un même lieu au cours des saisons et bien sûr au cours de la journée.

L'été est la saison chaude de l'hémisphère boréal et la saison froide de l'hémisphère austral. Le début de chaque saison est défini respectivement par les solstices (été et hiver) et les équinoxes (printemps et automne).

Aux **solstices**, la droite qui passe par la Terre et le soleil se trouve dans le plan P qui est perpendiculaire à l'écliptique et qui contient l'axe de la Terre.

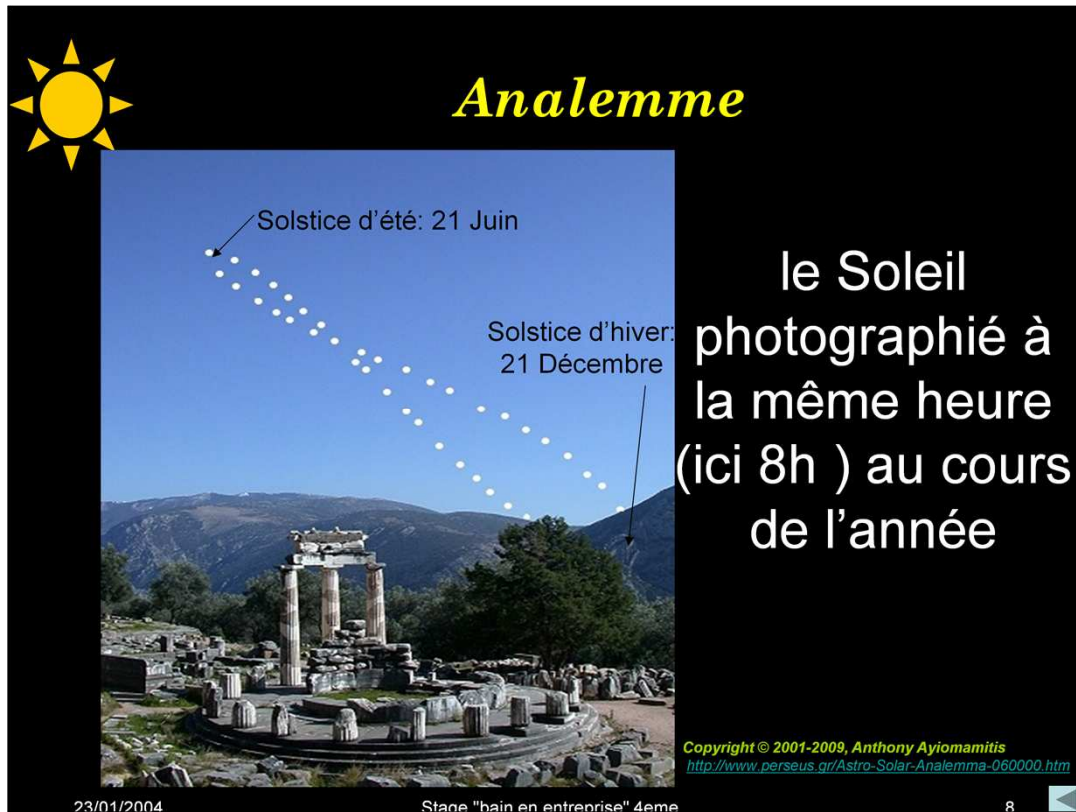
Au **solstice d'été** : le 21 juin, le pôle nord est incliné vers le soleil. Les hautes latitudes polaires australes ne reçoivent pas d'énergie solaire. L'éclairement est maximal au tropique du Cancer où le soleil est au zénith à midi. Le plan contenant le cercle d'illumination séparant le jour de la nuit fait l'angle maximum de  $23^{\circ}27'$  avec l'axe des pôles .

Au **solstice d'hiver** : le 21 décembre, la situation est inversée.

**Aux équinoxes** : le 21 mars et le 21 septembre, la droite qui passe par la Terre et le soleil est perpendiculaire au plan P défini précédemment. Le soleil se trouve à midi au zénith à l'équateur. Le plan contenant le cercle d'illumination passe par l'axe des pôles et l'énergie est également répartie sur les deux hémisphères.

( Les dates des solstices et équinoxes subissent selon les années des fluctuations pouvant aller jusqu'à trois jours.)

<http://www.meteo.education.fr/rayonn/saisons/html/saison1.html>



### Analemma with the Tholos (360-350 BC) at Ancient Delphi

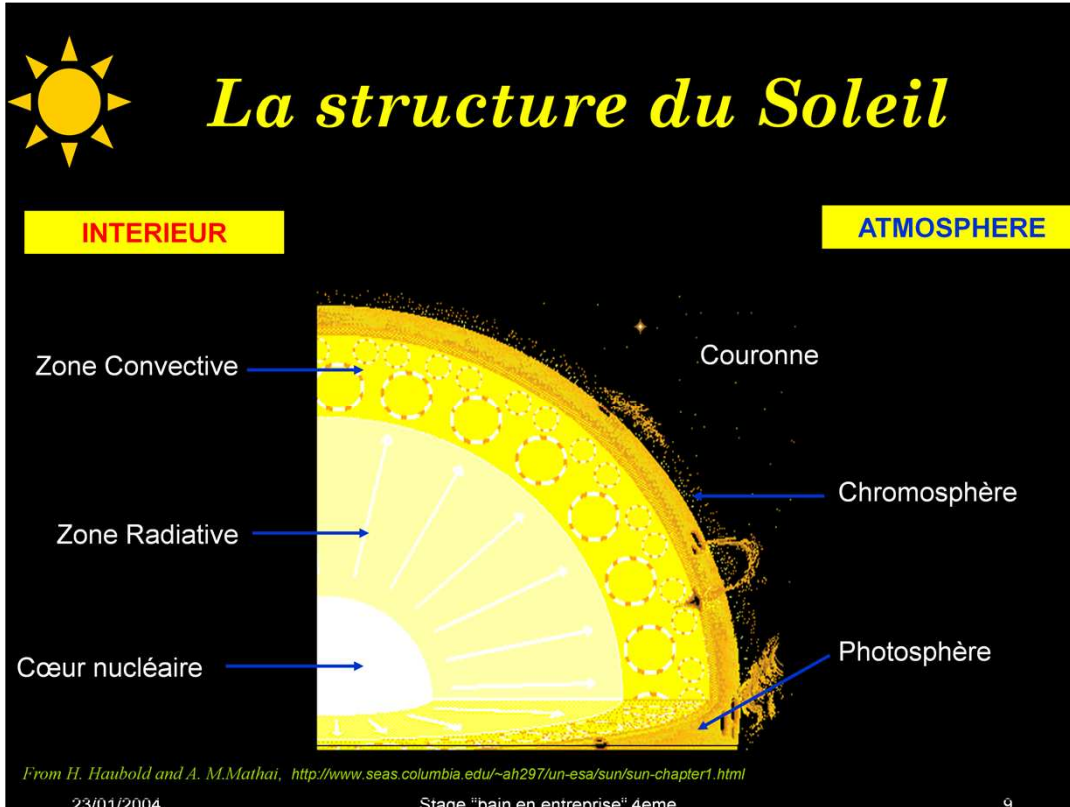
An analemma is basically the figure "8" loop that results when one observes the position of the sun at the same time during the day over the course of a year. As a result of the earth's tilt about its axis (23.5°) and its elliptical orbit about the sun, the location of the sun is not constant from day to day when observed at the same time on each day over a period of twelve months. Furthermore, this loop will be inclined at different angles depending on one's geographical latitude.

(<http://www.perseus.gr/Astro-Solar-Analemma-060000.htm>) more analemmas at: <http://www.perseus.gr/Astro-Solar-Analemma.htm>

**Astronomiquement parlant**, à l'équinoxe du 21 mars, à 01h00 TU nous changeons de saison. Pour cet équinoxe, le **Soleil se lève** juste à l'est puisqu'il traverse l'équateur céleste en allant vers le nord. Pour fêter cela, voici un spectaculaire analemma au lever du Soleil ! **Un analemma est** la figure en forme de 8 que vous obtenez quand vous marquez la position du Soleil à la même heure tous les jours tout au long d'une année. **Dans ce cas remarquable**, 38 poses séparées (et 1 pose pour le premier plan) ont été prises sur une seule et même image entre le 12 janvier et le 21 décembre 2002 à 06:00 TU. L'inclinaison de l'axe de la planète Terre et la variation de vitesse au cours de son déplacement sur son **orbite elliptique** se combinent pour produire cette courbe prévisible en analemma. Le sommet et le bas de la figure en 8 correspondent aux **solstices** (les limites nord et sud du déplacement du Soleil dans le ciel). Aux deux équinoxes, **le Soleil se trouve** sur la courbe, exactement à mi-chemin entre les solstices. Ici, la portion sud de l'analemma est partiellement cachée par les montagnes. Au premier-plan se trouvent les ruines de **Tholos** dans le site antique de Delphi, en Grèce.

traduction réalisée par : **Laurent Laveder**





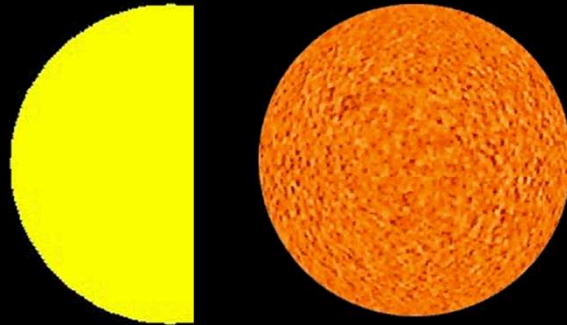
Well inside the sun, the gas is so hot it is fully ionized (electrons are all stripped from the atom nuclei), so the atoms are poorly absorbing and the energy is carried by gamma rays that bounce their way off the free electrons. This region is called the radiative zone; within it, there are no large-scale gas motions. About 85% of the way out, the temperature drops to where electrons are retained in atoms and the gas atoms absorb the energy efficiently. The gas gets so hot it expands and rises convectively toward the surface in large-scale blobs. The energy is carried across this "convective zone" by this "boiling" of gas.

*From H. Haubold and A. M. Mathai, Encyclopedia of Planetary Sciences, (Page 786 - 794), 1997 Chapman & Hall,*

<http://www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/sun/sun-chapter1.html>



# *Comment observer l'intérieur? L'héliosismologie* MDI/SOHO



L'analyse de « la musique » du Soleil nous permet de connaître les propriétés de ses couches internes de la même manière que l'on peut connaître la taille d'un instrument juste en l'écouter.

23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

10





## *Le cœur nucléaire*

- Température: ~15 millions de degrés
- **FUSION NUCLEAIRE:**
  - Le Soleil transforme 700 millions de tonnes d'hydrogène en 695 millions de tonnes d'hélium chaque seconde.
  - Il perd 5 millions de tonnes toutes les secondes
  - =>  **$E=mc^2$**  => Il produit de l'énergie
  - Le Soleil a du carburant pour encore environ 5 milliards d'années, ensuite il deviendra une géante rouge et détruira l'ensemble des planètes, y compris la terre!

23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

11



Le Soleil, a cause de sa masse relativement faible n'ira pas au delà de la deuxième phase ie fusion de l'He en Carbone. D'autres étoiles produisent jusqu'au 26eme élément, le Fer.



## *La zone radiative*

- S'étend jusqu'à 0.7 Rayon solaire
- Ce sont les photons qui transmettent l'énergie
- L'énergie produite dans le cœur peut prendre jusqu'à 50 millions d'années pour traverser la zone radiative

23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

12

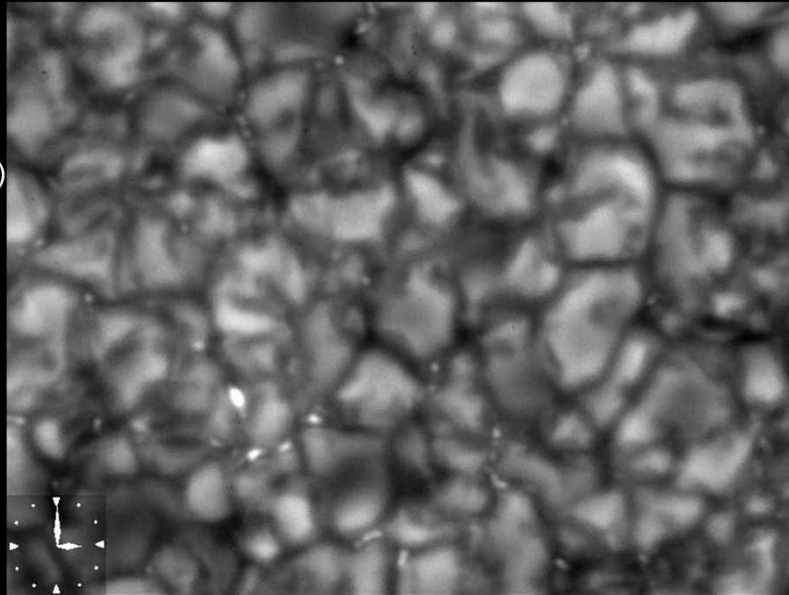


~on passe de 15 a 2 millions de degrés



## *La zone convective*

Des bulles de gaz chaud (**granules de la taille de la France**) montent et se refroidissent et la matière plus froide redescend entraînant un **mouvement de convection comparable à celui d'une casserole d'eau en ébullition.**



23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

13

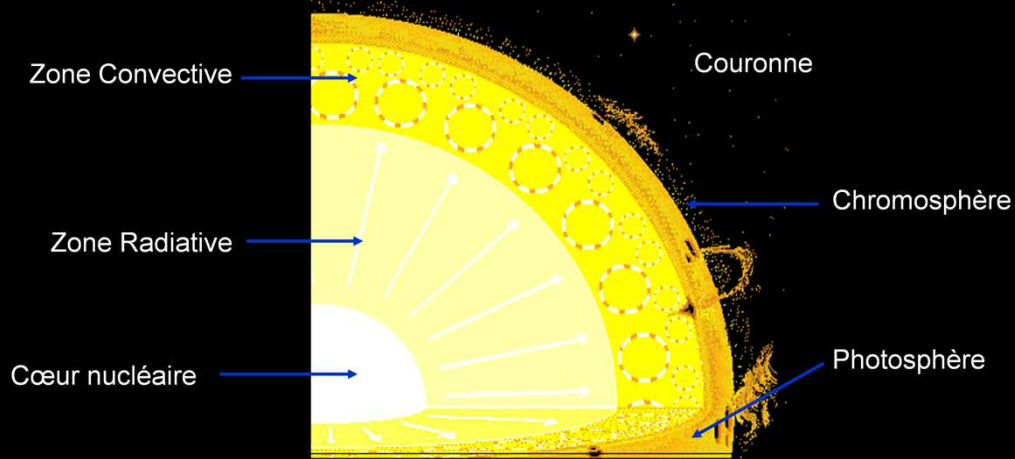
Zc: ~ 2 Millions à 6000 degrés



# La structure du Soleil

INTERIEUR

ATMOSPHERE



From H. Haubold and A. M. Mathai, <http://www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/sun/sun-chapter1.html>

23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

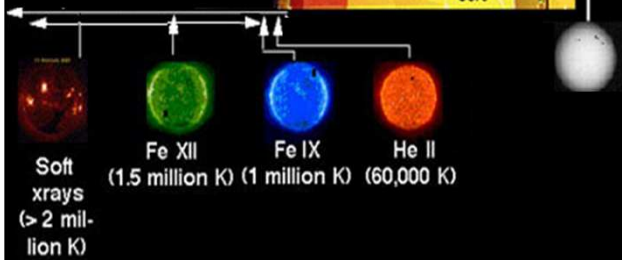
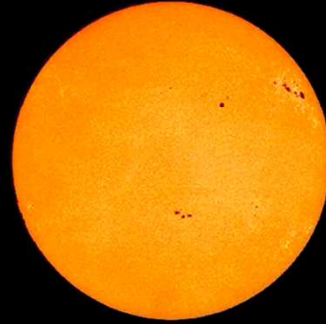
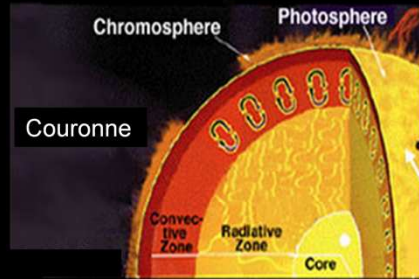
14

*From H. Haubold and A. M. Mathai, Encyclopedia of Planetary Sciences, (Page 786 - 794), 1997 Chapman & Hall,*

*<http://www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/sun/sun-chapter1.html>*



# Comment observer les différentes couches de l'atmosphère ?



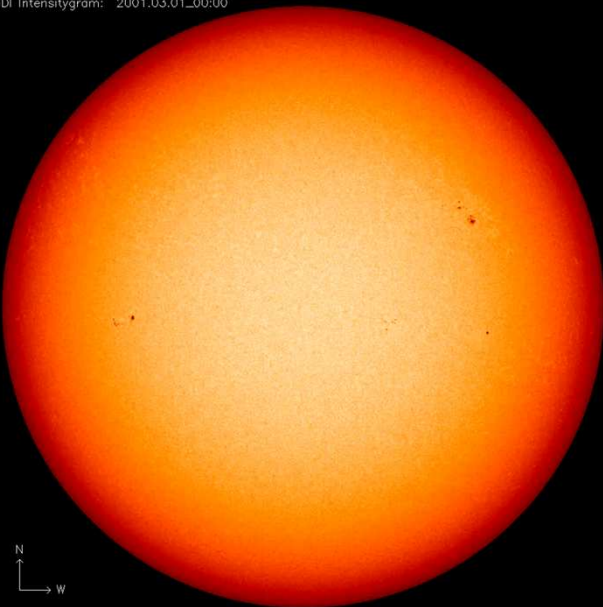
23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

15

## La photosphère, surface visible du soleil

MDI Intensitygram: 2001.03.01\_00:00



- 300 km d'épaisseur
- Température 5800°
- On y voit les “**taches solaires**”, région plus froide (donc plus sombres) siège d'importants champs magnétiques

N  
W

SOHO / MDI

23/01/2004 Stage "bain en entreprise" 4eme 16

Température des taches ~ 4000 deg



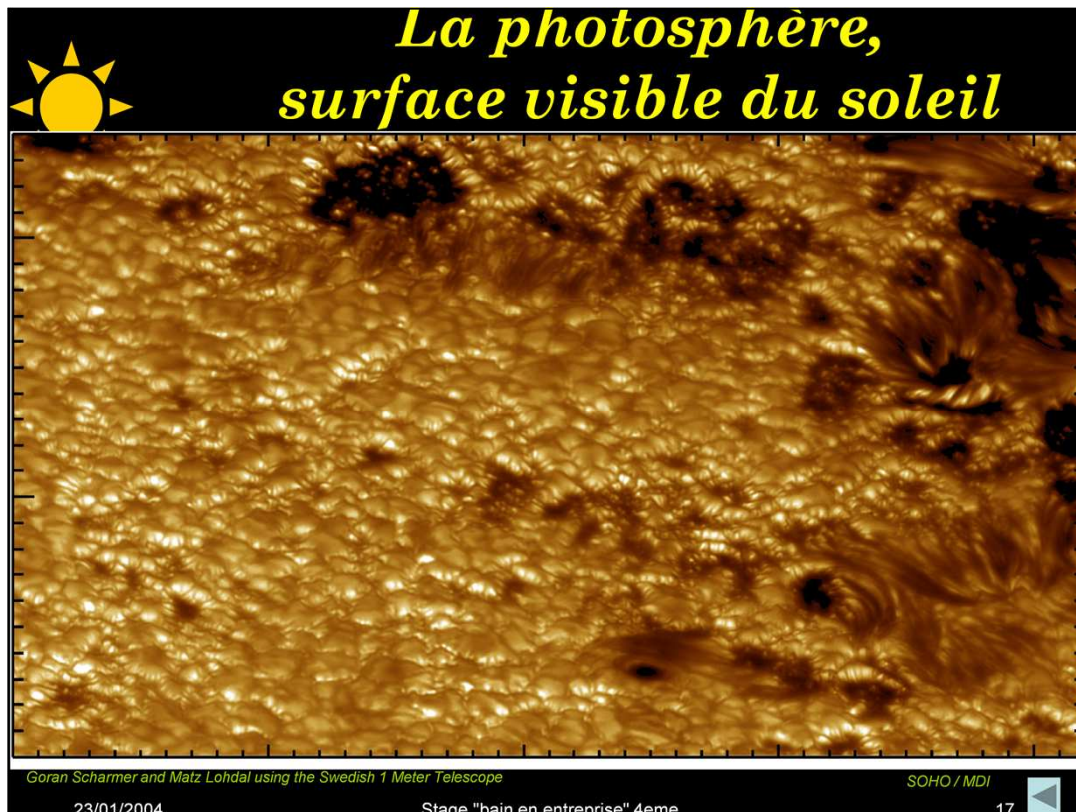
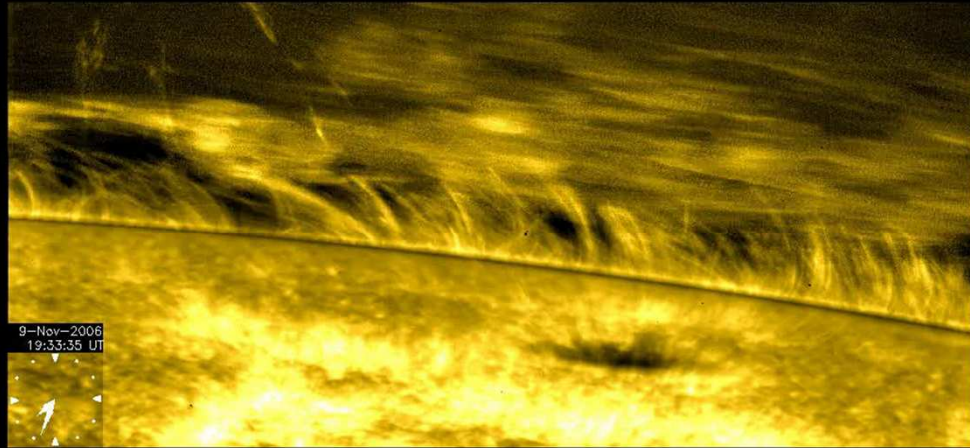


Image of a solar active region taken on 24-July-2002 near the eastern limb of the Sun at heliographic coordinates S15 E53 degrees. The limb is towards the top of the image. The tick marks are 1000 km apart. The smallest resolvable features in the image are about 70 km in size. The image is a filtergram taken in 488 nm light at the Swedish 1-meter Solar Telescope on the island of La Palma, Spain. The image highlights the three-dimensional nature of the photosphere when seen at these large angles. The structures in the dark sunspots in the upper central area of the image show distinct elevation above the dark "floor" of the sunspot. The height of the structures has been estimated by Dr. Bruce Lites of the High Altitude Observatory to be between 200 and 450 km. There are also numerous bright "faculae" visible on the edges of granules that face towards the observer. The image was taken by Prof. Goran Scharmer and processed by Dr. Mats G. Löfdahl, both of the Institute for Solar Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences. It is included in a paper submitted for peer review to the journal 'Solar Physics'.

<http://www.lmsal.com/Press>



## La chromosphère



9-Nov-2006  
19:35:35 UT

- ☐ Couleur rouge due à la présence de certaines raies du spectre de l'hydrogène (raie H $\alpha$ ). Épaisseur  $\sim 5000$  km Température  $4500 \rightarrow 50\,000$  K.
- ☐ Traversée par les spicules formées dans la photosphère.

Hinode JAXA, NAOJ, PPARC and NASA.  
23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

18

Made from SOT images, this movie shows prominences above an active region at the limb. Detailed analysis of high-resolution images attributes the waving motion of a prominence to Alfvén waves in the corona. From *Coronal Transverse Magnetohydrodynamic Waves in a Solar Prominence*, T. Okamoto, S. Tsuneta, T. E. Berger, K. Ichimoto, Y. Katsukawa, B. W. Lites, S. Nagata, K. Shibata, T. Shimizu, R. A. Shine, Y. Suematsu, T. D. Tarbell, and A. M. Title.



# La couronne



Total Solar Eclipse  
of  
1994 November 3  
taped at  
La Lava, Bolivia  
by  
Fred Espenak

- Devient visible lors des éclipses totales (La lune est 400 fois plus petite que le Soleil mais 400 fois plus proche)
- Très chaude: des millions de degrés.

Fred Espenak, NASA Goddard Space Flight Center Laboratory for Extraterrestrial Physics

23/01/2004 Stage "bain en entreprise" 4eme 19

This movie is of the 1994 solar eclipse. It was taken by Fred Espenak of the NASA Goddard Space Flight Center Laboratory for Extraterrestrial Physics



Cette image de l'éclipse solaire de 1994 a été prise le 3 Novembre 1994, comme l'a relevé la High Altitude Observatory White Light Coronal appareil en provenance du Chili.

*Courtoisie, High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research (NCAR) de Boulder, Colorado, USA. NCAR est sponsorisé par la National Science Foundation*

 **LE SOLEIL EST IL CALME ?**  
*le cycle solaire*

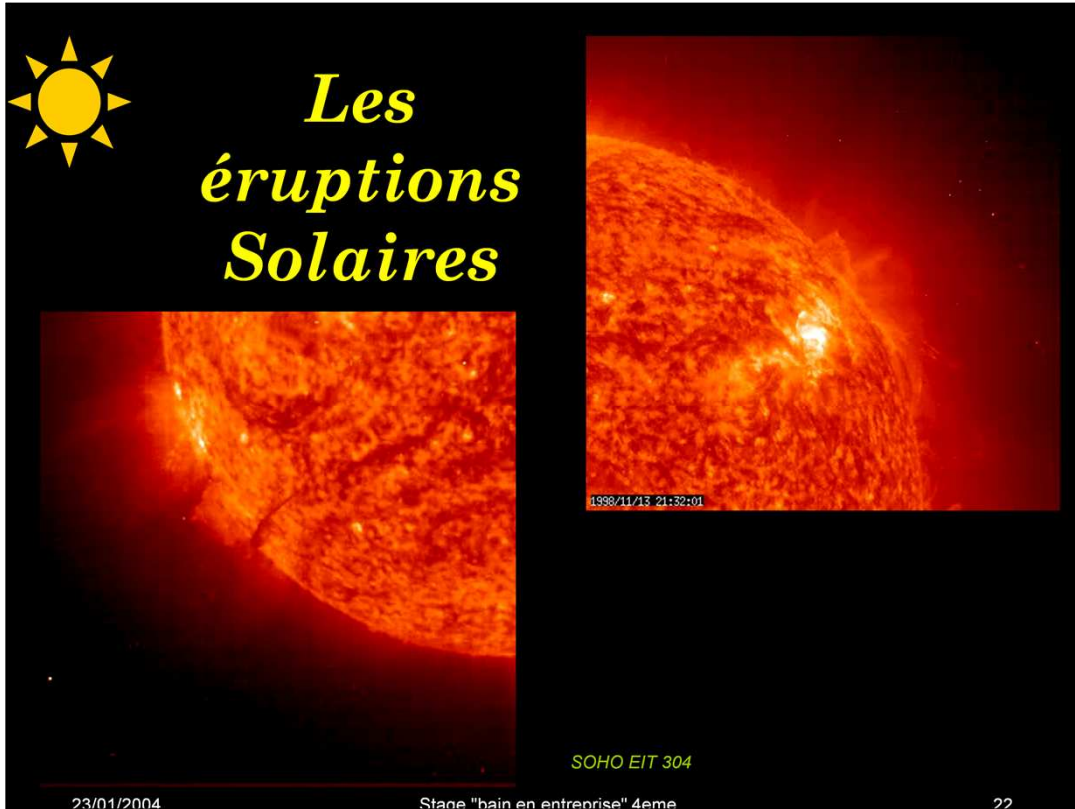


SOHO / EIT 195A

**Tous les 11 ans le Soleil devient très actif**

23/01/2004      Stage "bain en entreprise" 4eme      21

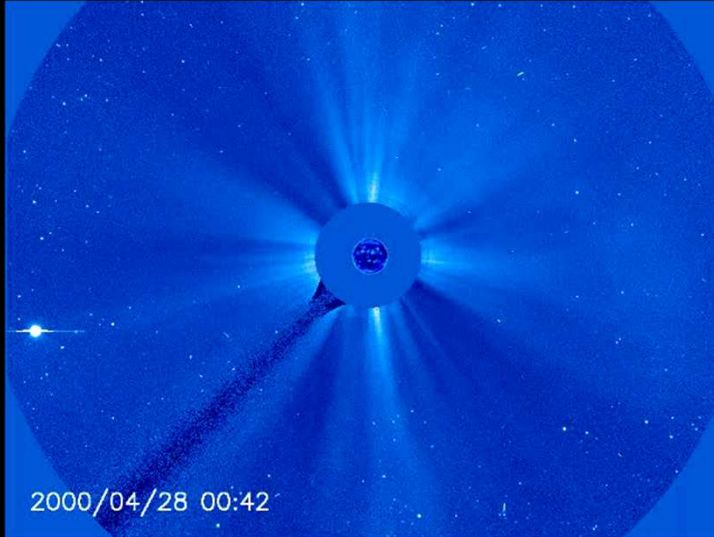
**Comparison of solar activity in 1996 vs 1999. EIT 195**



**Close-up of a fast erupting prominence - EIT 304 (Nov. 14, 1998)**  
**Large twisting prominence, EIT 304A. (Oct. 25, 2002)**



## *Les éjection de masses coronales*



- Des jets de particules sont émis dans toutes les directions.

- Ces jets peuvent atteindre les planètes!

SOHO / LASCO C3

23/01/2004

Stage "bain en entreprise" 4eme

23



**Animation of a CME leaving the Sun, slamming into our magnetosphere.**





This image was taken during the Space Shuttle Discovery, mission STS039, from an altitude of 188 miles. The picture caught the glow of the engines that were ignited for a short moment as Discovery maneuvered itself along the side of a satellite that had been released earlier.

Scenes from the video THE AURORA EXPLAINED Copyright Neil Brown, Tom Hallinan and Daniel Osborne Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks for copies: 907-474-7562. caption : Auroral movies taken in Alaska.  
[http://earth.rice.edu/Space\\_update/updates/spaceweather/data/aurora/movies/](http://earth.rice.edu/Space_update/updates/spaceweather/data/aurora/movies/)