



**3<sup>o</sup> partie : l'activité solaire**

***Premier septembre***

**entre 11 heures 18 et 11 heures 23**

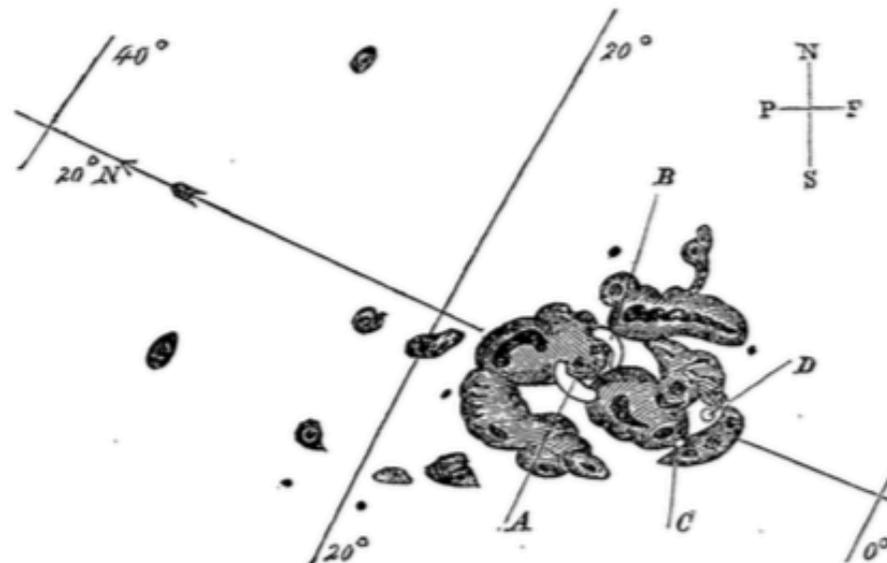
***17 heures plus tard***

***Dans la nuit du 2 au 3 septembre***



*Description of a Singular Appearance seen in the Sun on  
September 1, 1859. By R. C. Carrington, Esq.*

While engaged in the forenoon of Thursday, Sept. 1, in taking my customary observation of the forms and positions of the solar spots, an appearance was witnessed which I believe to be exceedingly rare. The image of the sun's disk was, as usual with me, projected on to a plate of glass coated with distemper of a pale straw colour, and at a distance and under a power which presented a picture of about 11 inches diameter. I had secured diagrams of all the groups and detached spots, and was engaged at the time in counting from a chronometer and recording the contacts of the spots with the cross-wires used in the observation, when within the area of the great north group (the size of which had previously excited general remark), two patches of intensely bright and white light broke out, in the positions indicated in the appended diagram by the letters A and B, and of the forms of the spaces left white.



The instant of the first outburst was not 15 seconds different from 11<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> Greenwich mean time, and 11<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> was taken for the time of disappearance. In this lapse of 5 minutes, the two patches of light traversed a space of about 35,000 miles, as may be seen by the diagram, which is given exactly on a scale of 12 inches to the sun's diameter. On this scale the section of the earth will be very nearly equal in area to that of the detached spot situated most to the north in the diagram, and the section of *Jupiter* would about cover the area of the larger group, without including the outlying portions.

# **1° septembre 1859**

## **une des plus violentes éruptions solaires**

*Les courants générés affectèrent les réseaux télégraphiques,  
plusieurs incendies de station de télégraphie survinrent,  
des télégraphistes furent victimes de décharges électriques,  
le champ magnétique terrestre s'inversa temporairement...  
on estime que 5 % de la couche d'ozone stratosphérique fut détruite*

*La NASA estime que si une telle éruption survenait de nos jours,  
nous reviendrions au 18° siècle !  
Le coût estimé à l'économie mondiale dépasserait 2000 milliards de \$  
(PIB France 2015 = 2423 \$)*

1. *l'activité solaire aujourd'hui : de quoi s'agit il ?*
2. *Qu'en est il du passé, qu'en sera t il de l'avenir ?*
3. *L'activité solaire : et nous et nous et nous ?*

## 1. de quoi s'agit il ?

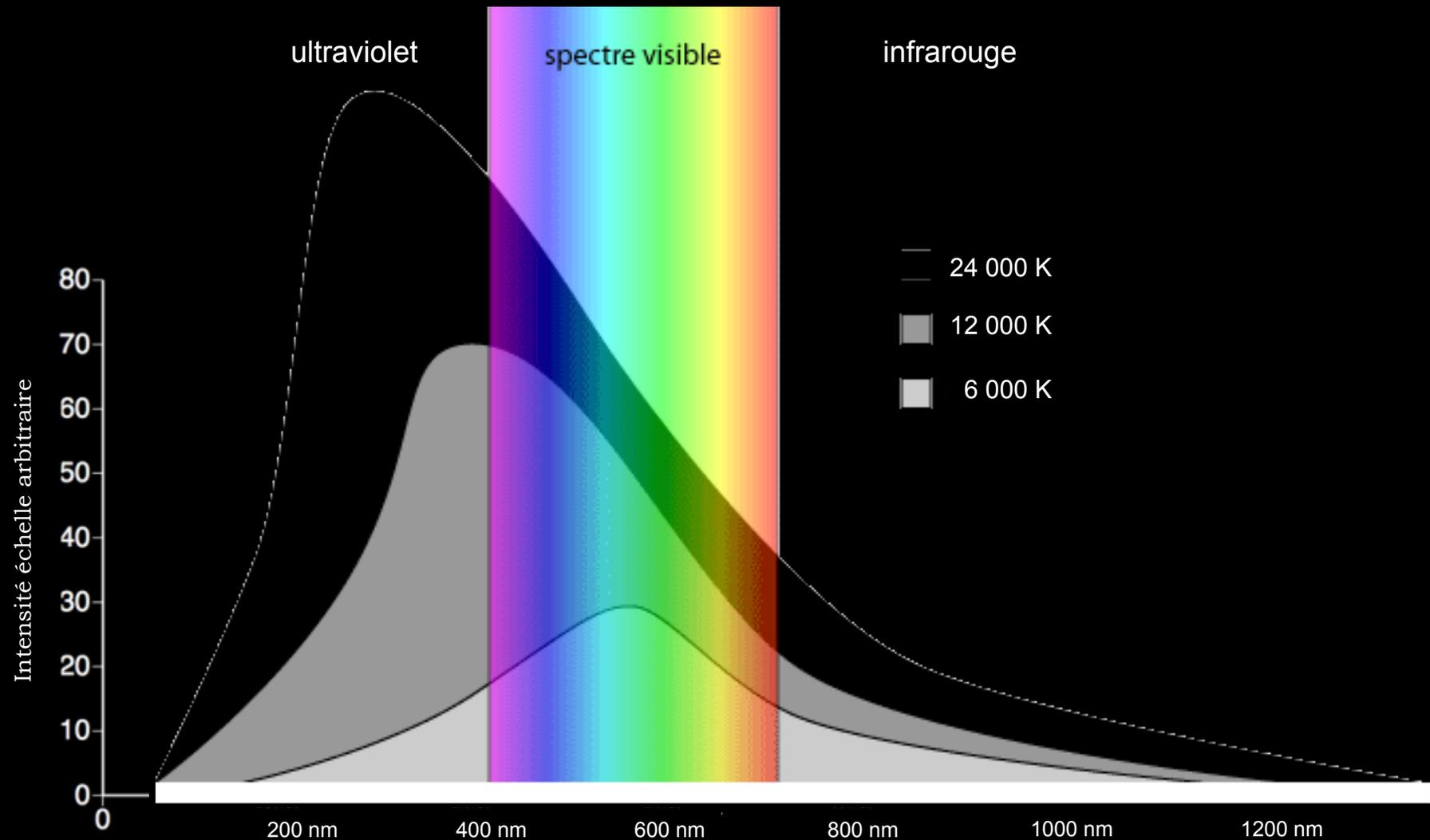
**Le soleil** est une sphère de gaz ionisé, un plasma, qui en son cœur enclenche des réactions de fusion thermonucléaire transmutant chaque seconde environ 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium au prix d'une perte de masse de plus de 4 millions de tonnes avec pour corollaire une production considérable d'énergie...

**L'énergie** : grandeur physique exprimant la capacité d'un système à : - effectuer des transformations - produire un travail entraînant un mouvement, du rayonnement électromagnétique, de la chaleur, de l'électricité ; c'est une grandeur qui se conserve...

**L'énergie thermonucléaire** : - produit du rayonnement - met en mouvement de la matière (du gaz ionisé) - or qui dit mouvement dit chaleur... et qui dit mouvement de gaz ionisé dit champs électromagnétiques.

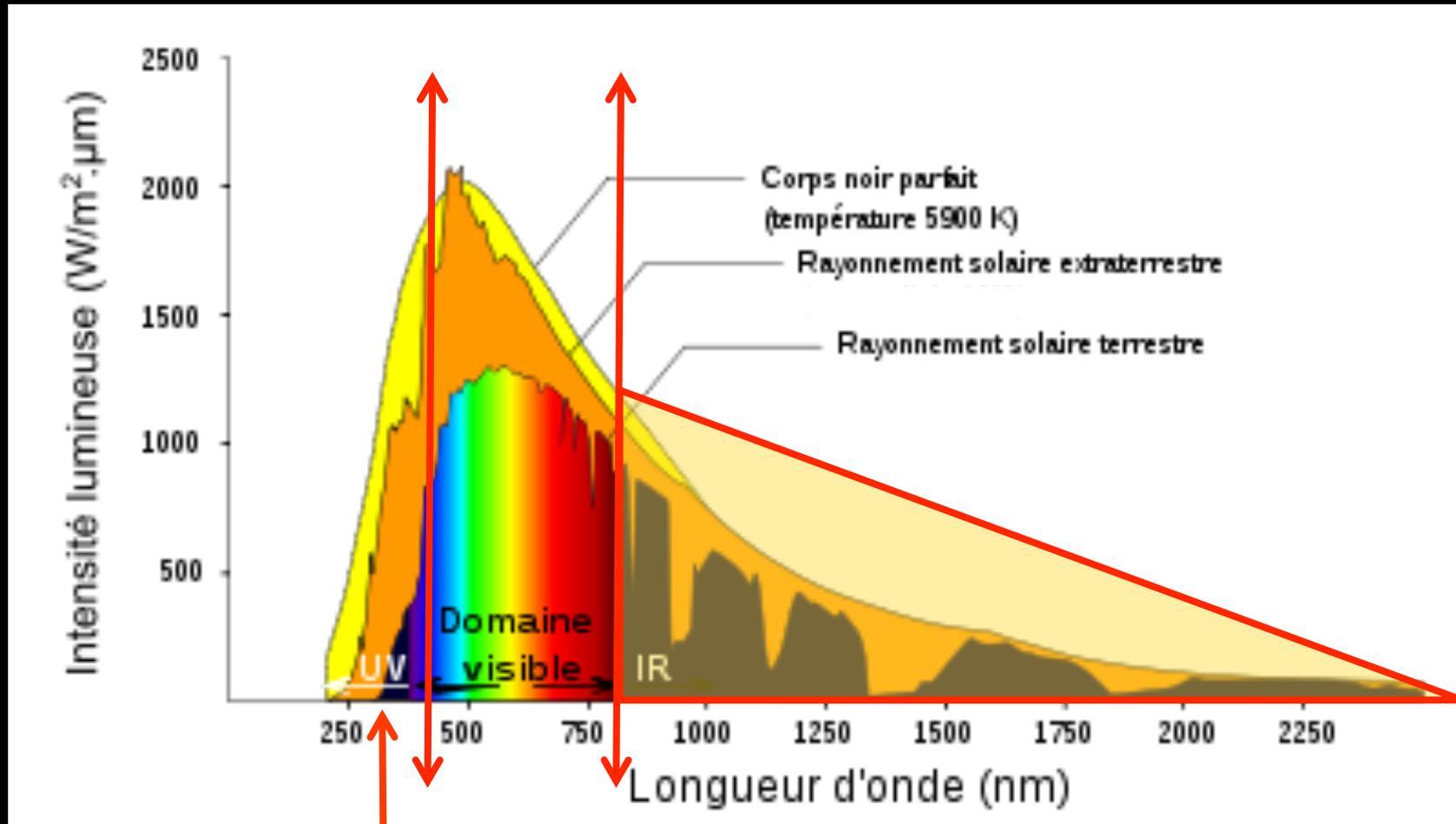
Ce qui témoigne de **l'activité solaire** c'est l'énergie qui, de la surface, va se répandre dans le système solaire sous forme de :  
- rayonnement - flux de matière – champ magnétique.

# rayonnement du corps noir



fonction de la température et de la longueur d'onde : - forme en cloche de la distribution de la luminance (loi de Planck)  
- déplacement du pic d'émission (loi de Wien) - énergie totale rayonnée : aire sous la courbe (loi de Stefan)

# Spectre du rayonnement solaire

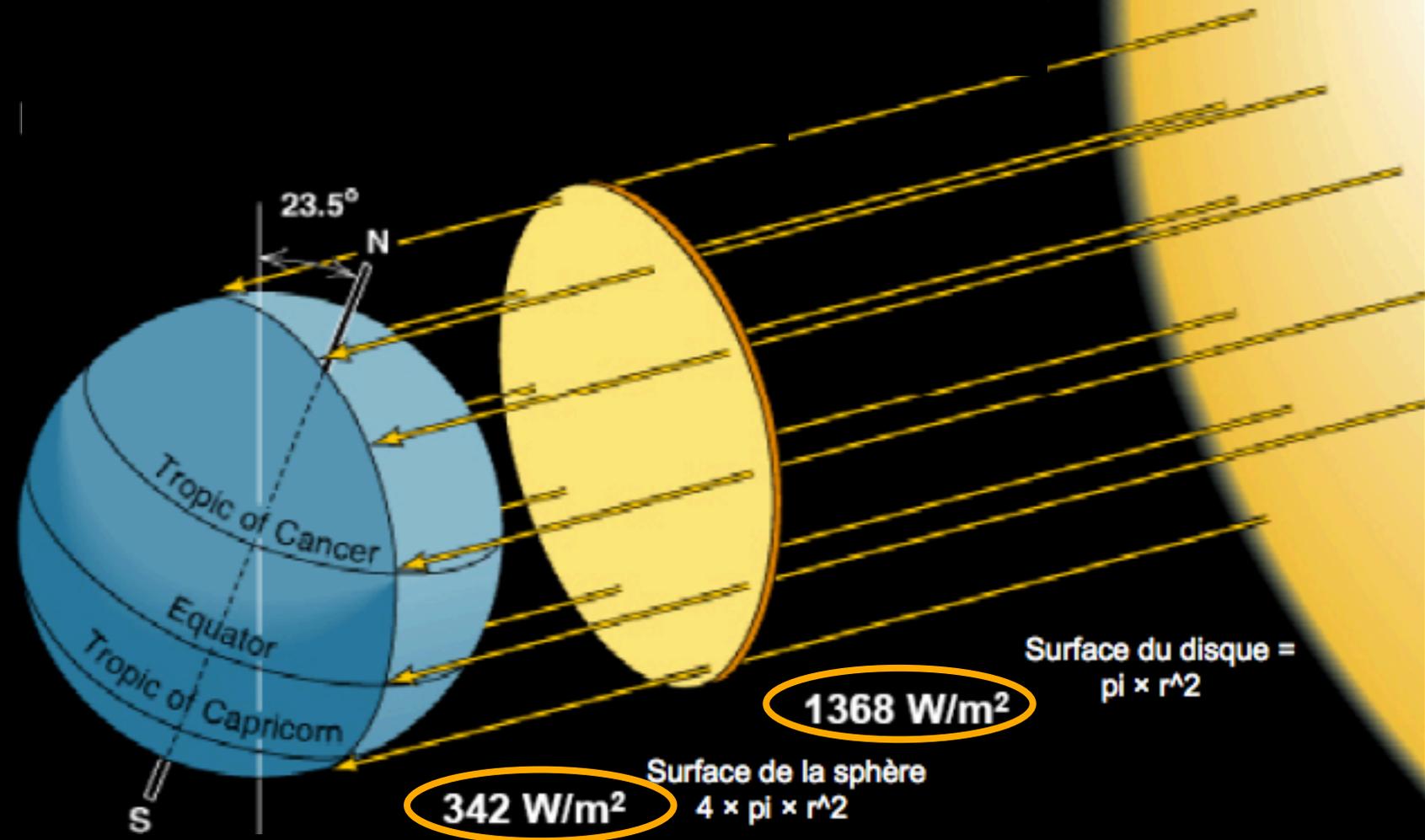


toutes les fréquences - 150 millions de kilomètres en 8 mn 19 s



$$E = 4 \pi r^2 \cdot \sigma \cdot T^4$$

Sun



Surface du disque =  
 $\pi \times r^2$

**1368 W/m<sup>2</sup>**

Surface de la sphère  
 $4 \times \pi \times r^2$

**342 W/m<sup>2</sup>**

Irradiance (puissance du rayonnement électromagnétique) arrivant / mètre carré à l'extérieur de l'atmosphère terrestre

## Irradiance : inverse du carré de la distance

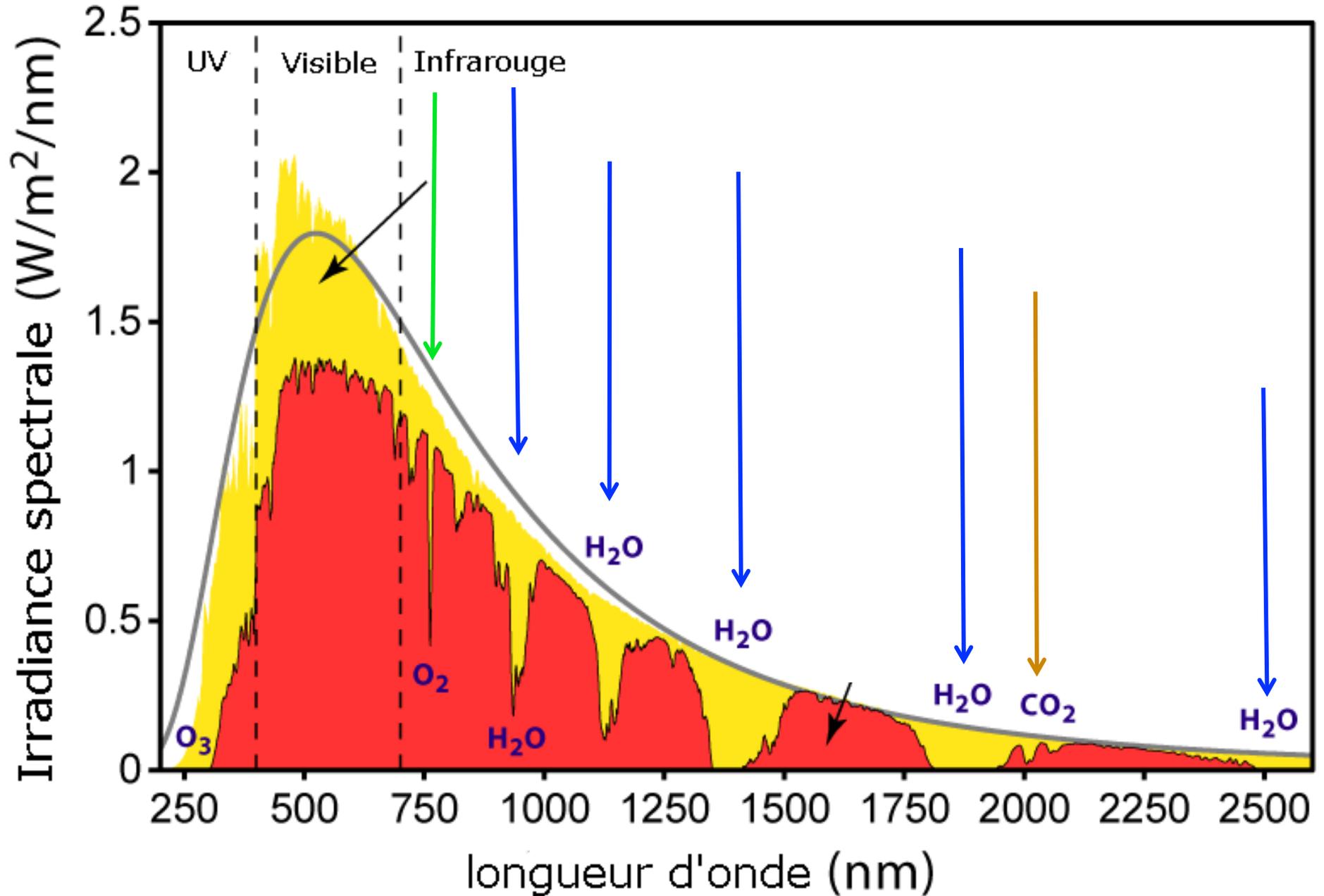


150 millions de km → 1367.6W/m<sup>2</sup>



228 millions de km → de 589.2 W/m<sup>2</sup>

## rayonnement solaire arrivant sur terre : bandes d'absorption





Les sursauts électromagnétiques : ultraviolets extrêmes rayons X et gammas

# Rayonnement

- *que l'on voit , qui nous éclaire : la lumière visible...  
que l'on ne voit pas : infrarouge, ultraviolet,*
- *partant de la photosphère, nous parvient à la vitesse de  
lumière en 8 minutes et 19 secondes,*
- *transporte de l'énergie qui avant d'arriver sur terre  
interagit avec notre atmosphère,*
- *sursauts électromagnétiques lors des orages, des  
éruptions solaires : peu visibles car concernant tout  
particulièrement les hautes fréquences (ultraviolets et X)  
et les ondes radios... interfèrent violemment avec  
l'ionosphère et l'ozone de la stratosphère*

***Le soleil** est une sphère de gaz ionisé, un plasma, qui en son cœur enclenche des réactions de fusion thermonucléaire transmutant chaque seconde environ 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium au prix d'une perte de masse de plus de 4 millions de tonnes avec pour corollaire une production considérable d'énergie...*

***L'énergie** : grandeur physique exprimant la capacité d'un système à : - effectuer des transformations - produire un travail entraînant un mouvement, du rayonnement électromagnétique, de la chaleur, de l'électricité ; c'est une grandeur qui se conserve...*

***La fusion thermonucléaire** : - produit du rayonnement - met en mouvement de la matière (du gaz ionisé) - or qui dit mouvement dit chaleur... et qui dit mouvement de gaz ionisé dit champs électromagnétiques.*

*Ce qui témoigne de **l'activité solaire** c'est l'énergie qui, de la surface, va se répandre dans le système solaire sous forme de :  
- **rayonnement** - flux de matière – champ magnétique.*

***Le soleil** est une sphère de gaz ionisé, un plasma, qui en son cœur enclenche des réactions de fusion thermonucléaire transmutant chaque seconde environ 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium au prix d'une perte de masse de plus de 4 millions de tonnes avec pour corollaire une production considérable d'énergie...*

***L'énergie** : grandeur physique exprimant la capacité d'un système à : - effectuer des transformations - produire un travail entraînant un mouvement, du rayonnement électromagnétique, de la chaleur, de l'électricité ; c'est une grandeur qui se conserve...*

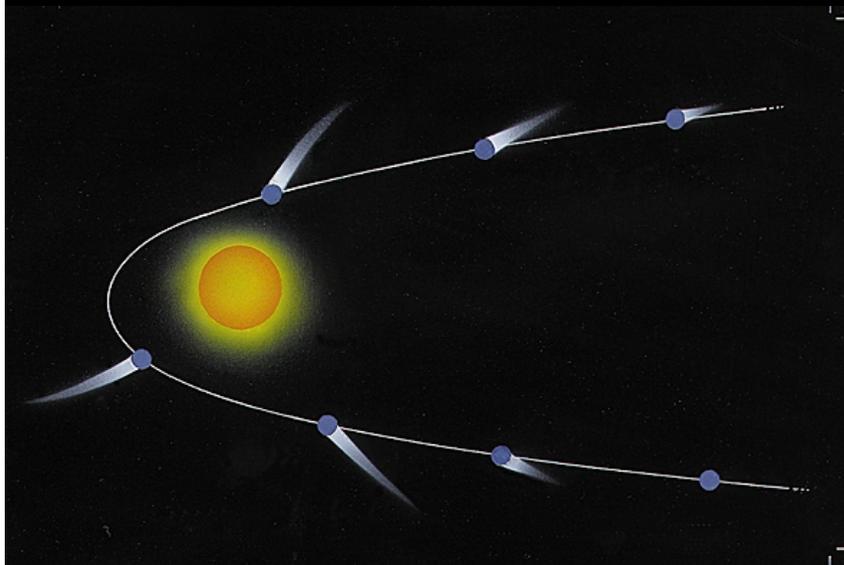
***La fusion thermonucléaire** : - produit du rayonnement - met en mouvement de la matière (du gaz ionisé) - or qui dit mouvement dit chaleur... et qui dit mouvement de gaz ionisé dit champs électromagnétiques.*

*Ce qui témoigne de **l'activité solaire** c'est l'énergie qui, de la surface, va se répandre dans le système solaire sous forme de :  
- rayonnement - **flux de matière** - champ magnétique.*

## The Observations of Halley's Comet in Chinese History\*

By WEN SHION TSU

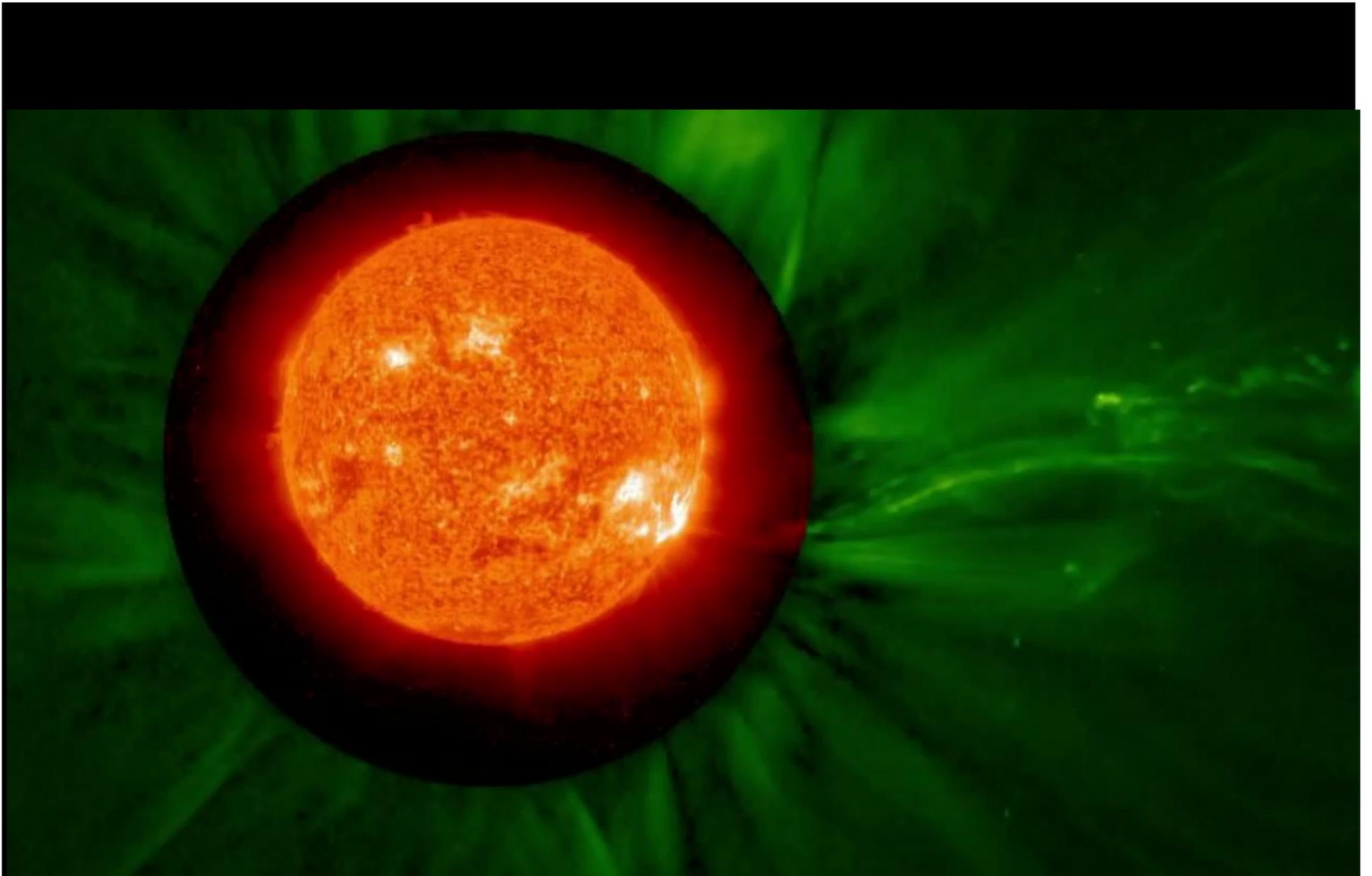
The earliest record of the world history which could give the position and the motion of a comet was the "Ch'un Ch'iu" or "Spring and Autumn," the Annals of Lu, from 722 B.C. to 481 B.C. This is the famous old history written by Confucius, whose native state is Lu. The chief events that took place in the state were briefly summarized according to the seasons in which they fell. In the Annals of Lu there were records of three comets being observed then. After Ch'un Ch'iu in the period of 274 years from 480 B.C. to 206 B.C., there were nine comets recorded in the history. In the Han Dynasty, 204 B.C. to A.D. 220, the records of the comets were mixed up with the new stars, known as "Kou Sing," the visiting star in Chinese. So in the Annals of Han there were records of 29 comets and 21 new stars. Wei and Tsin to the Six Dynasties, A.D. 220 to 589, there were 69 comets and 13 new stars recorded. After that time the numerous records of the detailed



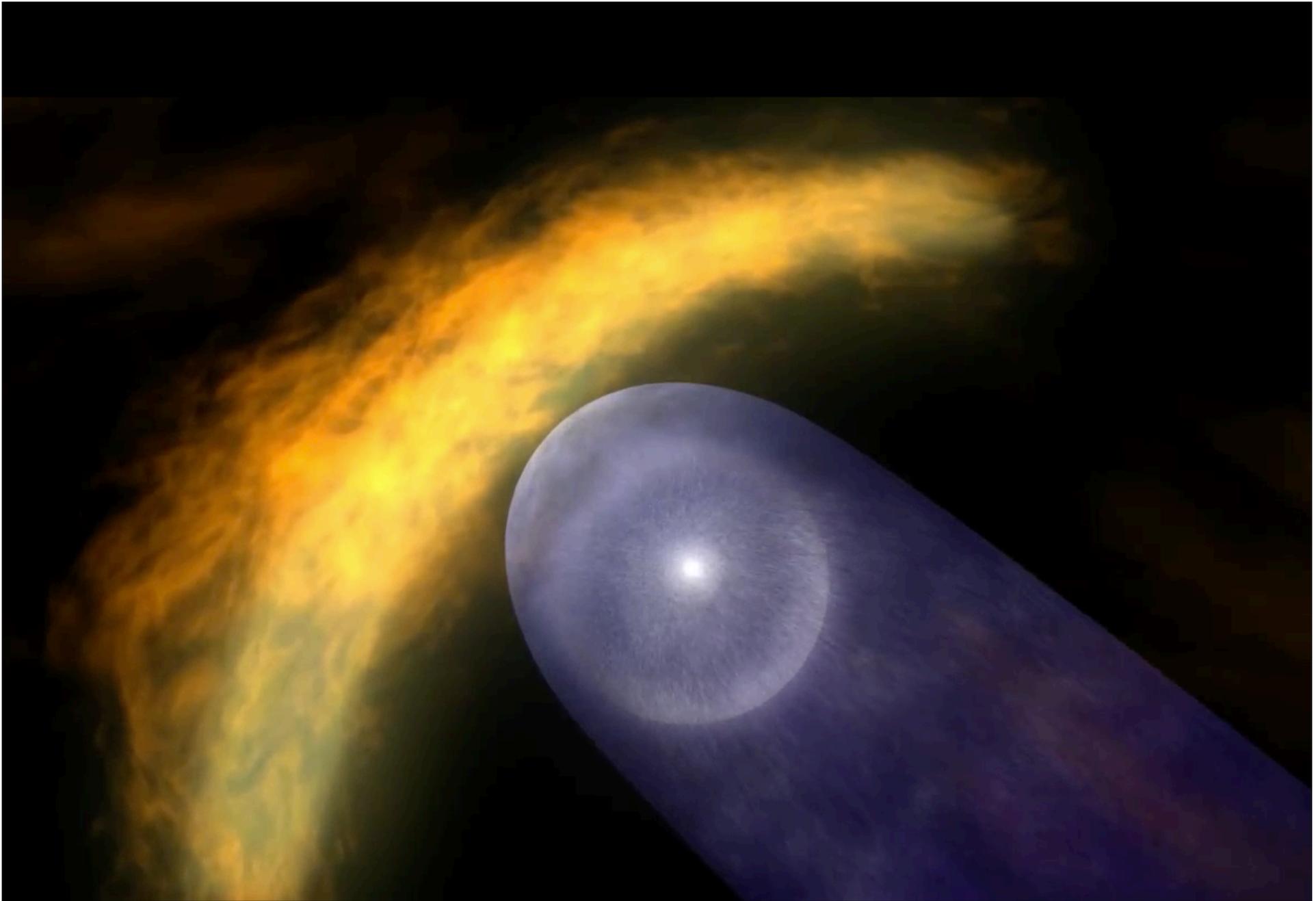
de « The observations of Halley's comet in Chinese history »  
Wen Shion Tsu in Popular Astronomy, Vol. 42



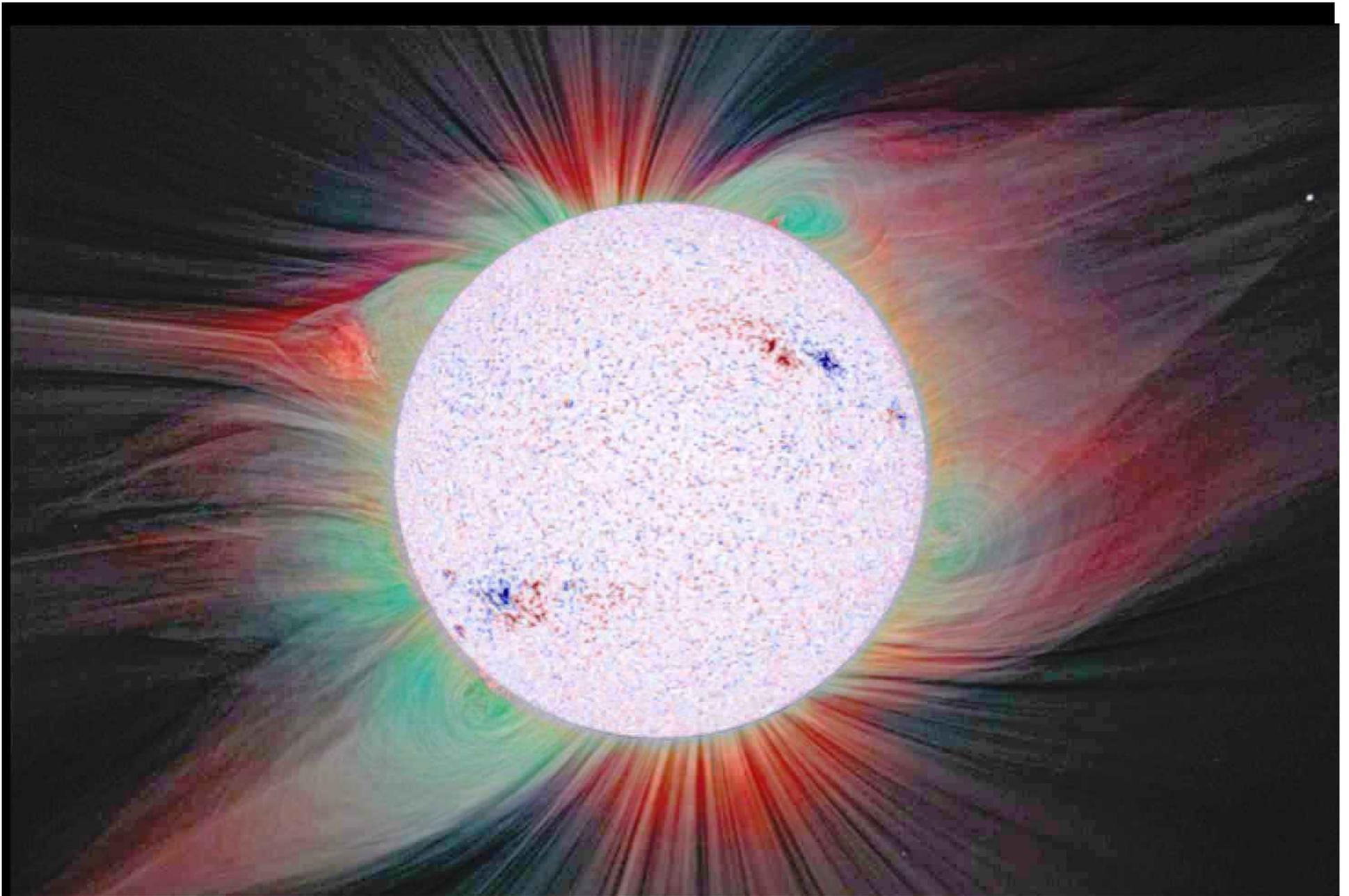
de NASA satellite STEREO



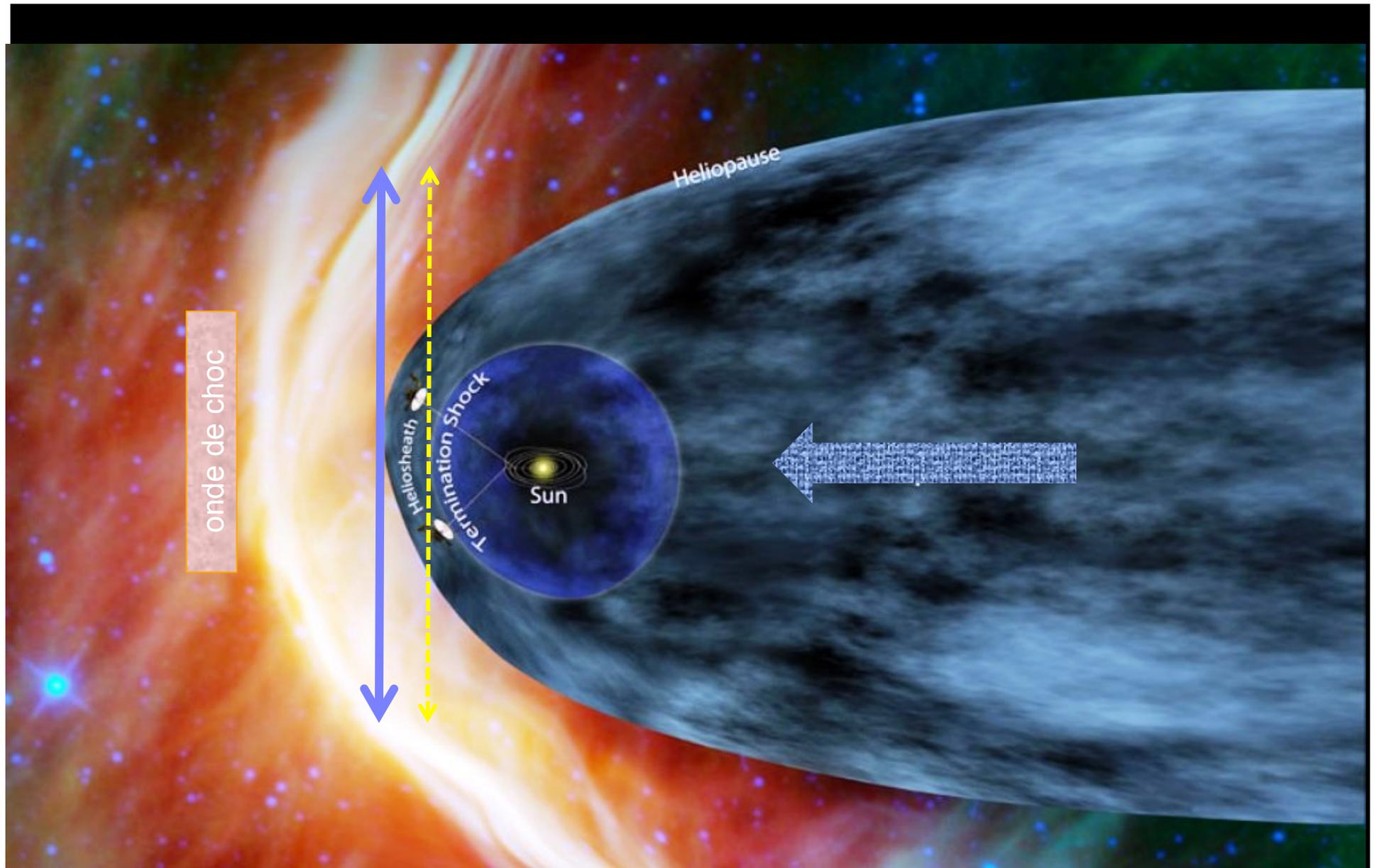
ions (73 % d'hydrogène, 24 % d'hélium) et électrons  
le soleil perd ainsi un million de tonnes de matière par seconde.



l'extension du vent solaire dans l'espace définit l'héliosphère ;  
vitesse moyenne au delà de la couronne : 450 km/s



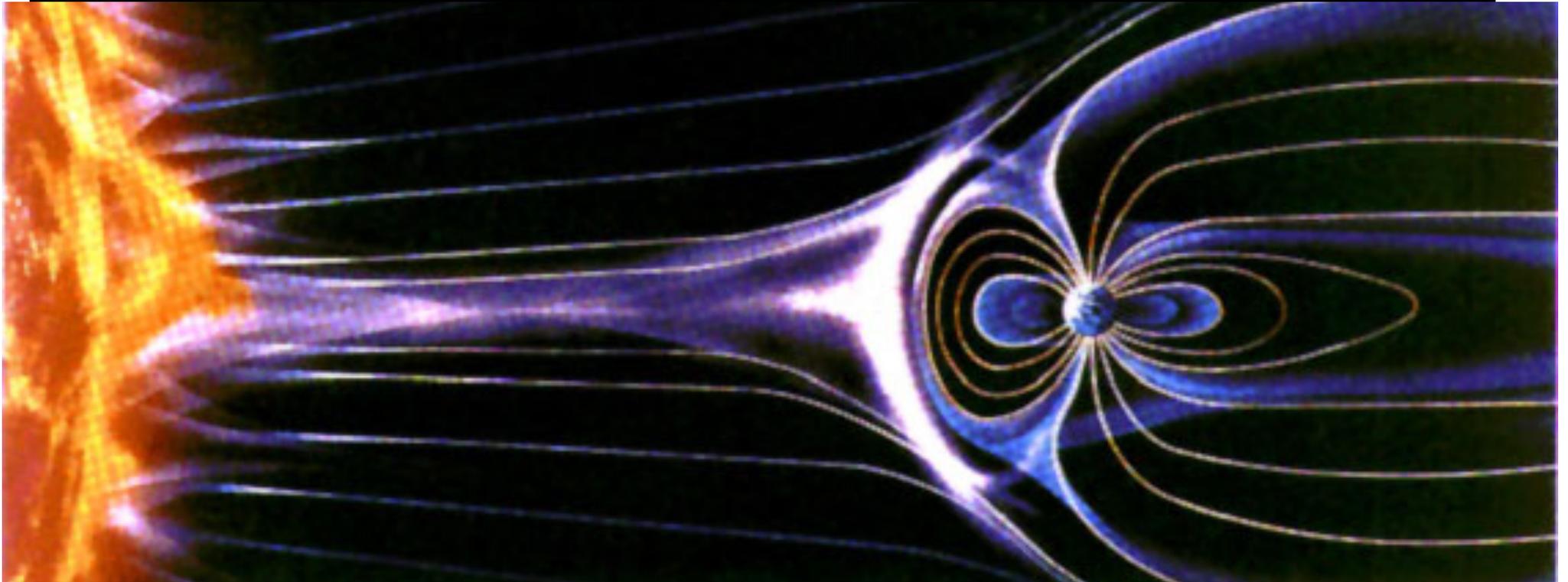
le vent solaire suit les lignes magnétiques en particulier là où elles sont ouvertes ;  
fonction de l'activité solaire sa vitesse peut dépasser 800 km/s

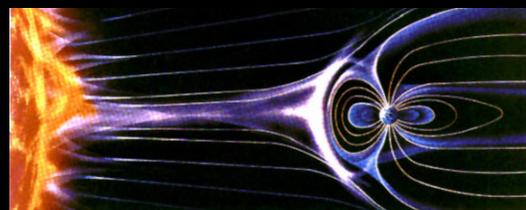


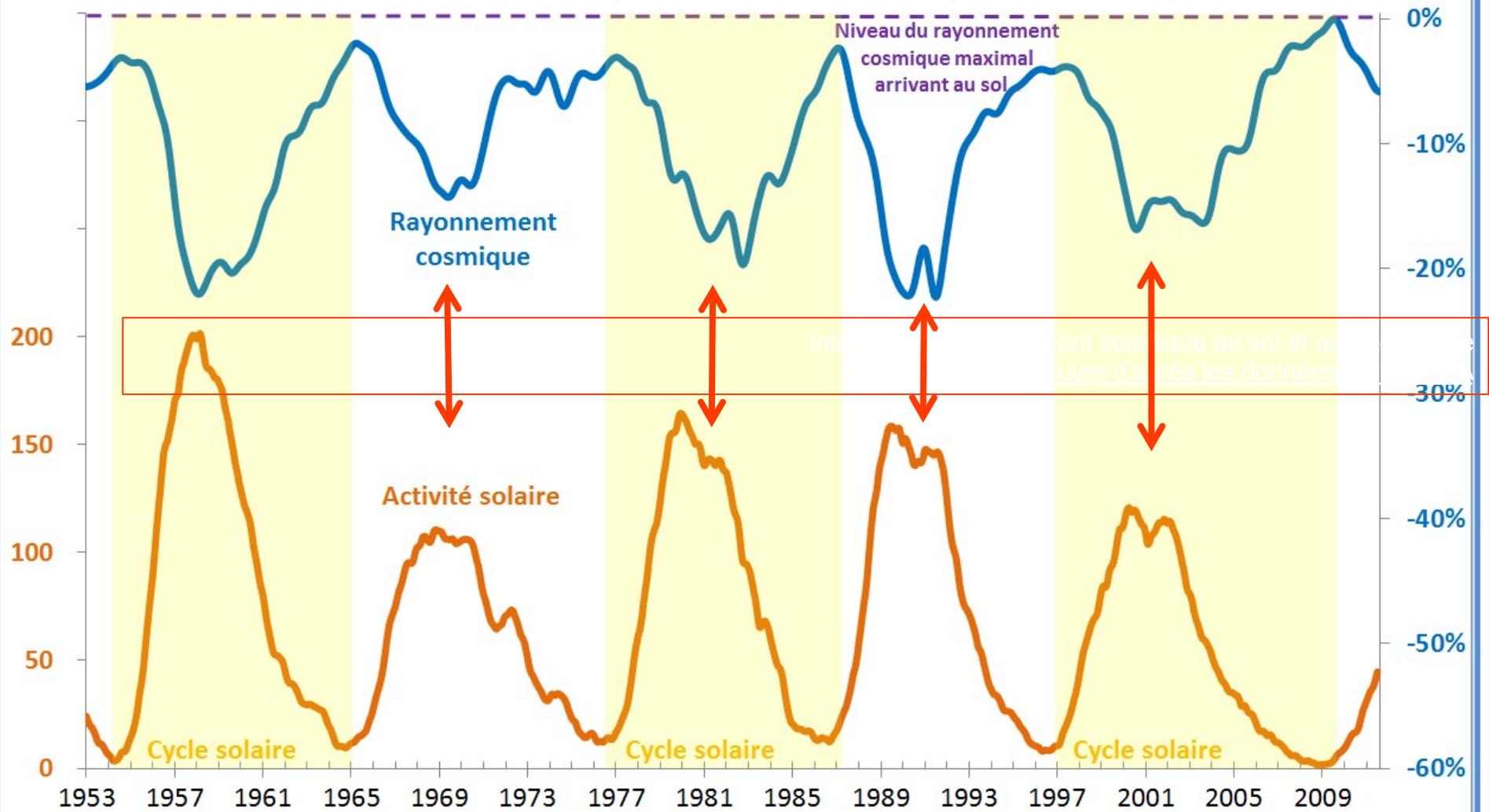
**Héliogaine** : structure ovale s'étend sur 40 UA, plus dans la direction opposée ; le vent ralentit, s'y condense, subit des turbulences - **Héliopause** : bien au delà de l'orbite de Pluton, arrêté par le flux interstellaire



Le vent solaire interfère avec ce qu'il rencontre : queues cométaires





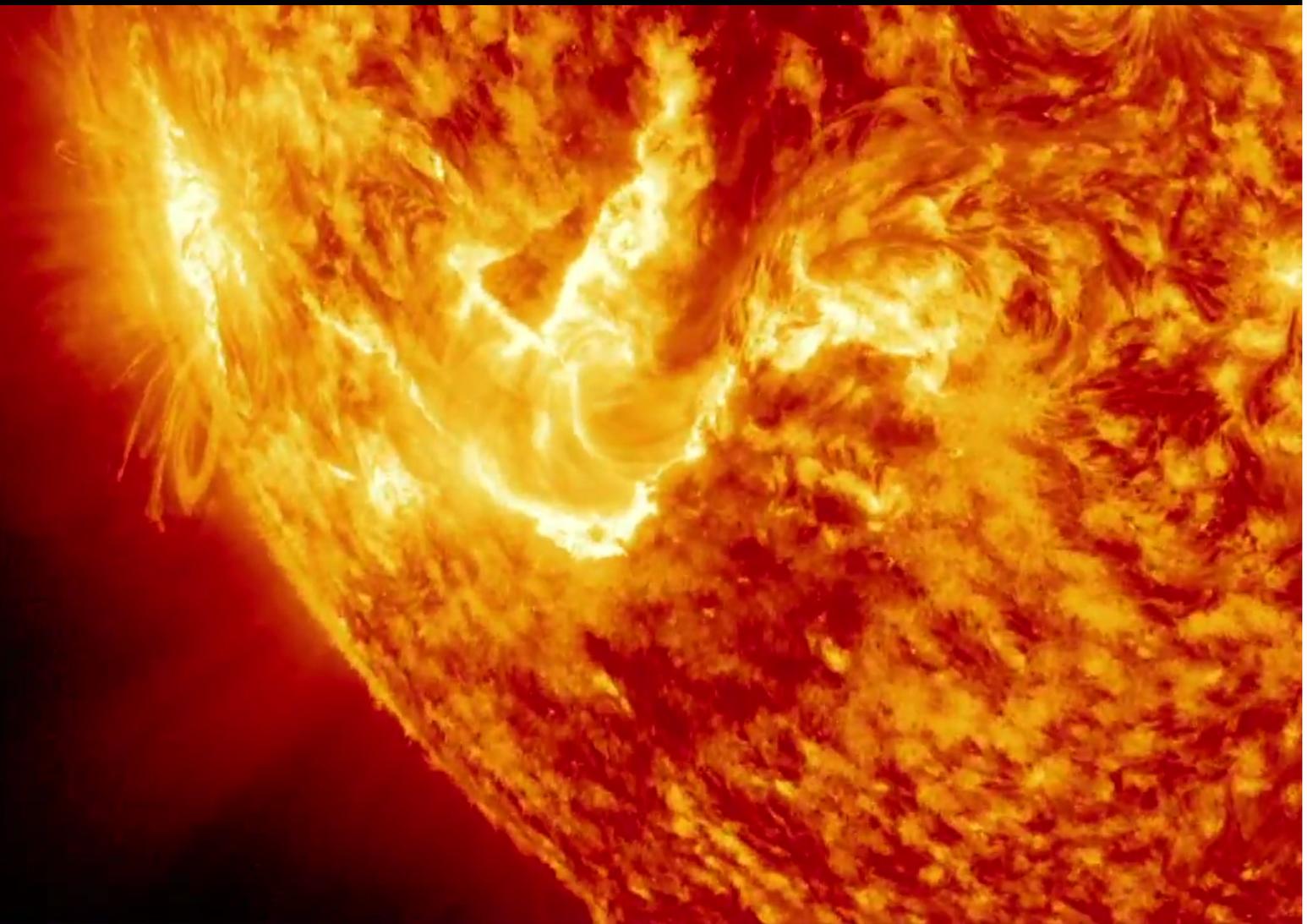


Intensité du rayonnement cosmique au sol et activité solaire  
calcul Berruyer d'après les données de la NASA

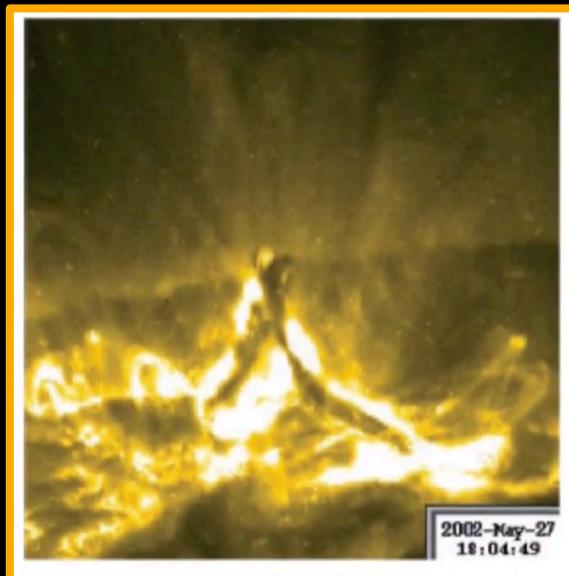
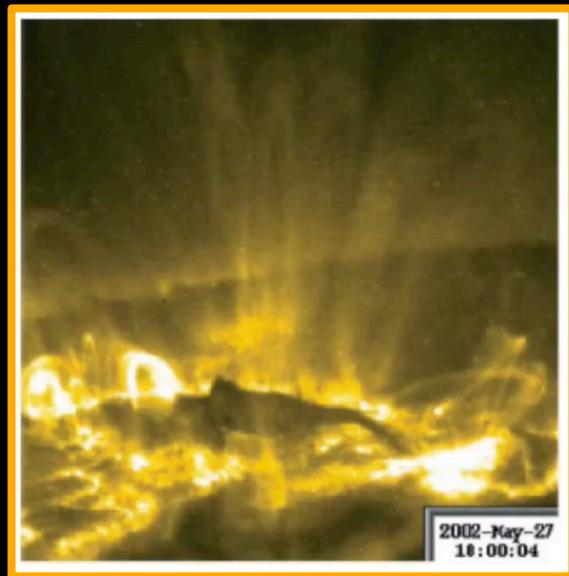


STEREO COR1 B

... on peut avoir une petite brise avec quelques rafales, on peut avoir une tempête voire un ouragan...  
orages, tempêtes, éruptions, éjection de matière coronale en dehors de la couronne solaire



projection dans la couronne de gaz ionisé de plusieurs dizaines de millions de degré  
à des vitesse proches de la vitesse de la lumière,

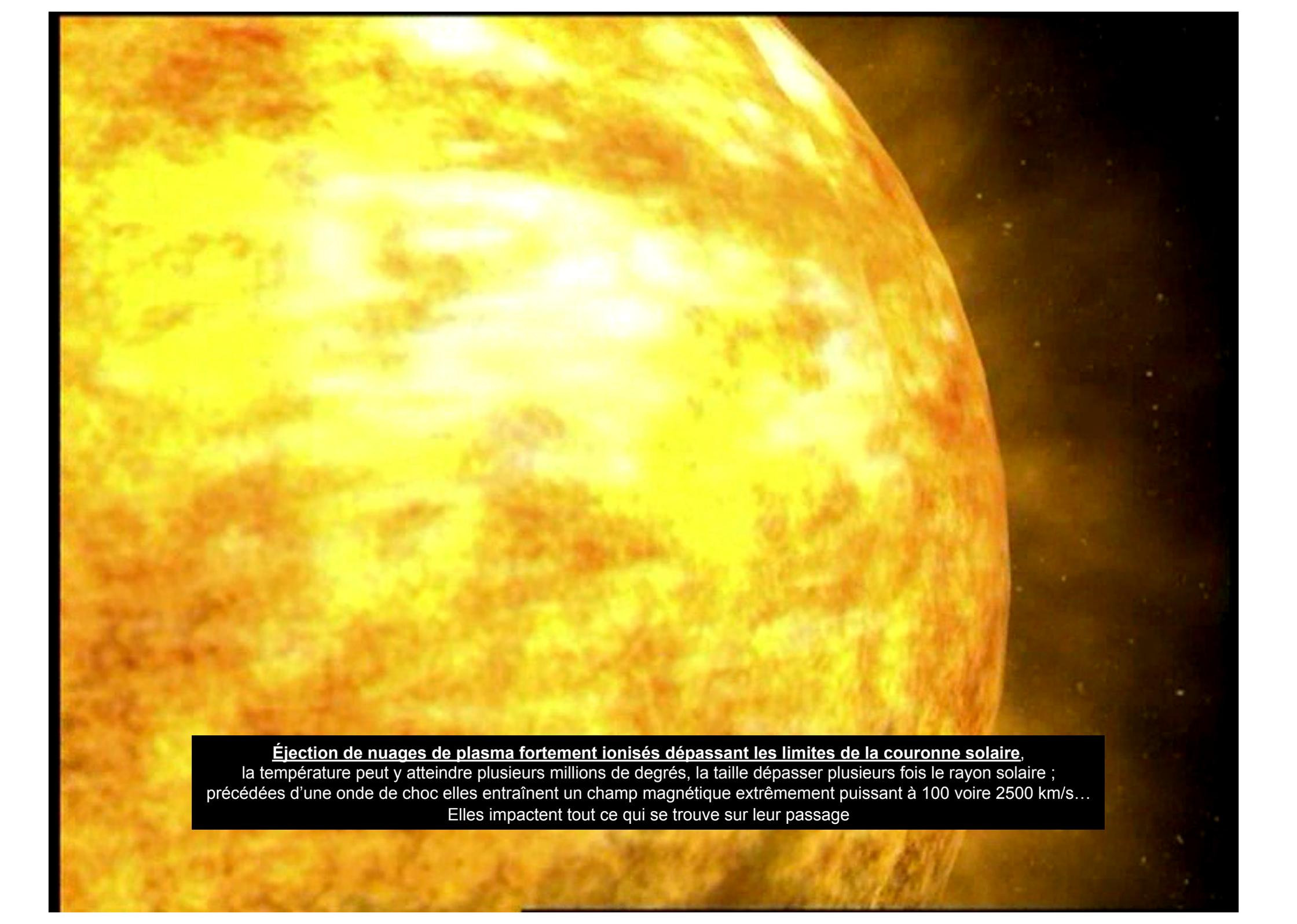


mise en tension émission de rayons X    projection au travers de la chromosphère - décroissance    persistance d'émission de rayons X

# ***Classification des éruptions***

***... selon l'intensité maximale de leur flux énergétique dans la bande du rayonnement X au voisinage de la terre, mesuré par l'un des satellites du programme GOES (satellites météorologiques géostationnaires équipés de systèmes de détection des rayons UV, X gammas)***

***Les différentes classes A, B, C, M et X correspondent à une éruption d'une intensité dix fois plus importante que la précédente ; au sein d'une même classe, elles sont classées de 1 à 10 selon une échelle linéaire.***



**Éjection de nuages de plasma fortement ionisés dépassant les limites de la couronne solaire,**  
la température peut y atteindre plusieurs millions de degrés, la taille dépasser plusieurs fois le rayon solaire ;  
précédées d'une onde de choc elles entraînent un champ magnétique extrêmement puissant à 100 voire 2500 km/s...  
Elles impactent tout ce qui se trouve sur leur passage

**Le soleil** est une sphère de gaz ionisé, un plasma, qui en son cœur enclenche des réactions de fusion thermonucléaire transmutant chaque seconde environ 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium au prix d'une perte de masse de plus de 4 millions de tonnes avec pour corollaire une production considérable d'énergie...

**L'énergie** : grandeur physique exprimant la capacité d'un système à : - effectuer des transformations - produire un travail entraînant un mouvement, du rayonnement électromagnétique, de la chaleur, de l'électricité ; c'est une grandeur qui se conserve...

**La fusion thermonucléaire** : - produit du rayonnement - met en mouvement de la matière (du gaz ionisé) - or qui dit mouvement dit chaleur... et qui dit mouvement de gaz ionisé dit champs électromagnétiques.

Ce qui témoigne de **l'activité solaire** c'est l'énergie qui, de la surface, va se répandre dans le système solaire sous forme de :  
- **rayonnement** - **flux de matière** - champ magnétique.

**Le soleil** est une sphère de gaz ionisé, un plasma, qui en son cœur enclenche des réactions de fusion thermonucléaire transmutant chaque seconde environ 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium au prix d'une perte de masse de plus de 4 millions de tonnes avec pour corollaire une production considérable d'énergie...

**L'énergie** : grandeur physique exprimant la capacité d'un système à : - effectuer des transformations - produire un travail entraînant un mouvement, du rayonnement électromagnétique, de la chaleur, de l'électricité ; c'est une grandeur qui se conserve...

**La fusion thermonucléaire** : - produit du rayonnement - met en mouvement de la matière (du gaz ionisé) - or qui dit mouvement dit chaleur... et qui dit mouvement de gaz ionisé dit champs électromagnétiques.

Ce qui témoigne de **l'activité solaire** c'est l'énergie qui, de la surface, va se répandre dans le système solaire sous forme de :  
- rayonnement - flux de matière - **champ magnétique.** ←

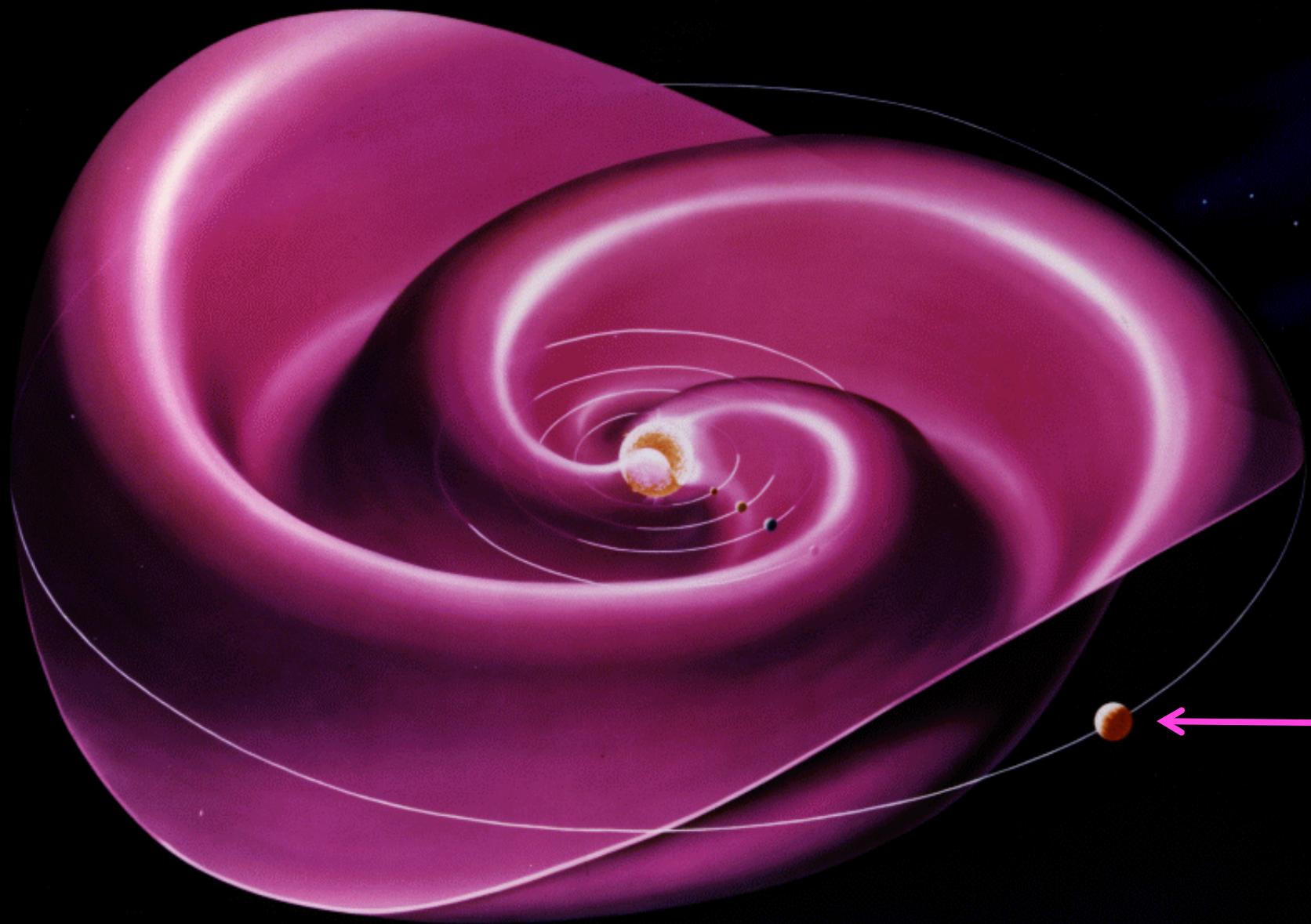
## ***le champ magnétique***

*rayonnement - éjection de matière fortement ionisée  
vent solaire - éruptions - E.M.C.*

*Qui dit rayonnement dit électromagnétisme... qui dit mise en mouvement de particules ionisées dit interactions électromagnétiques... Vent solaire, éjections de matière électriquement chargés, sont indissociable du champ magnétique.*

*Les lignes du champ magnétique se comportent comme des rails qu'utilisent les flux de particules ionisées pour se propager dans l'espace, ces lignes magnétiques sont elles mêmes perturbées par le flux de particules ionisées qui créent leur propre champ...*

## **Magnétohydrodynamique**



le vent solaire gèle le champ magnétique qui, entraîné par l'effet de la rotation solaire, se dispose en spirale : la spirale de Parker

## Que retenir ?

L'activité solaire se manifeste bien au delà de la couronne, c'est par elle que l'on définit **l'héliosphère** dont les limites sont situées bien au delà de l'orbite de Pluton

elle **interagit avec tout ce qui « peuple » le système solaire**, qu'il s'agisse des planètes avec ou sans bouclier magnétique, des comètes et astéroïdes, du rayonnement cosmique qui le traverse

son **intensité est cyclique** avec des cycles en moyenne de 11,2 ans, des périodes de forte ou de faible activité... parsemés d'orages plus ou moins violents

**rayonnement, émission de matière ne peuvent être dissociés** ; les mêmes évènements (éruptions solaires) étant source à la fois de sursauts électromagnétiques (rayons ultraviolets, X, gammas) et d'éjection de matière ionisée

**Nous terriens** sommes exposés comme l'on montré les éruptions de 1859, de 1989 et celle dont nous venons d'échapper en juillet 2012 et qui aurait pu nous ramener au 18<sup>e</sup> siècle.

1. *l'activité solaire aujourd'hui : de quoi s'agit il ?*
2. *Qu'en est il du passé, qu'en sera t il de l'avenir ?*
3. *L'activité solaire : et nous et nous et nous ?*