

Le Soleil

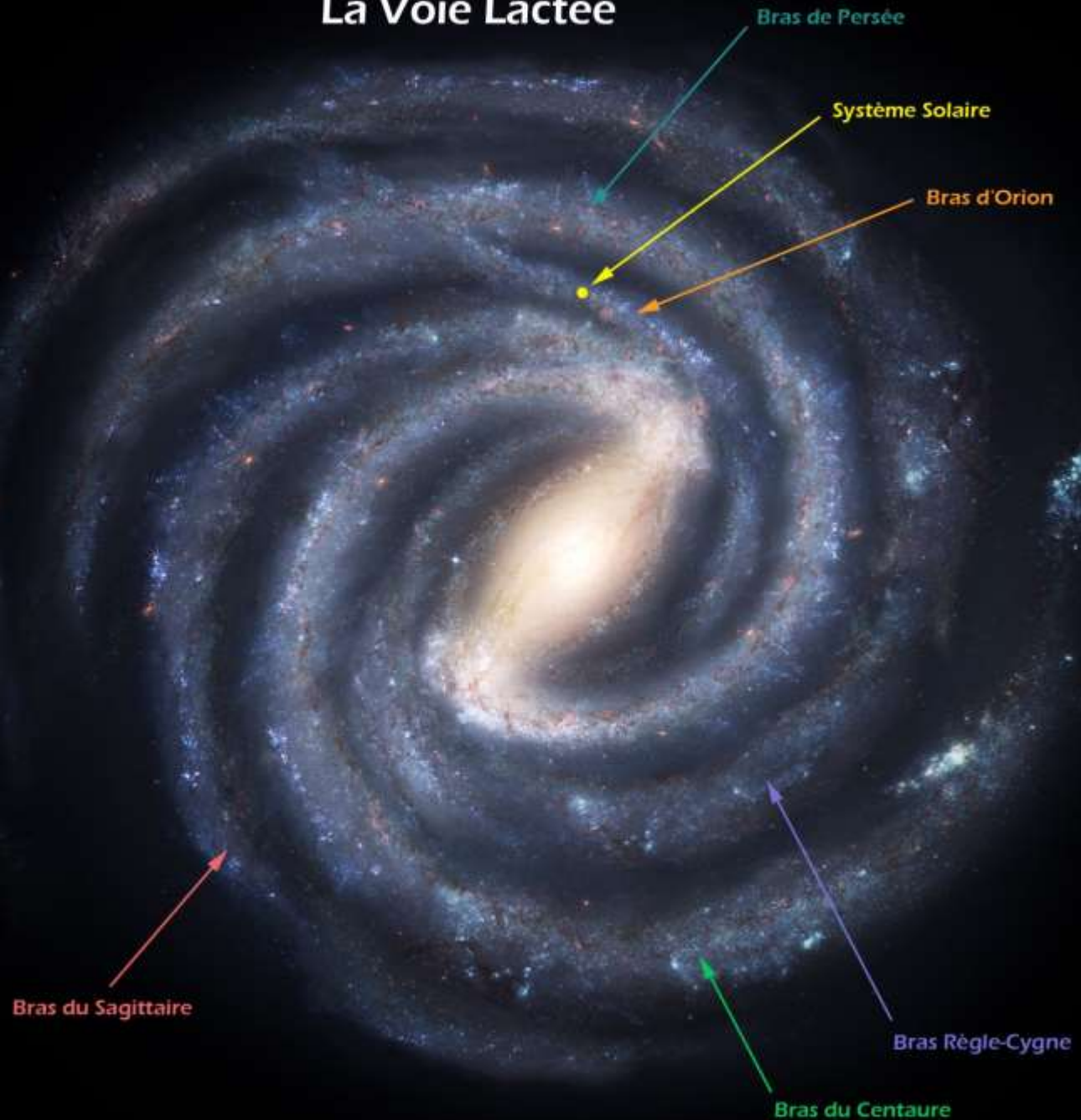
*Le symbole astronomique et astrologique du
Soleil est un cercle avec un point en son
centre :*



Le Soleil fait partie de la Voie Lactée. Il se situe à environ 28 000 années-lumière du centre. Et il tourne autour du centre de la galaxie en 240 millions d'années, en passant soit au-dessus soit au dessous du plan galactique.

La Voie Lactée

~ 100.000 Années-Lumière



Quelques données numériques

Données observées

Demi-grand axe de l'orbite de la Terre (1 ua)	149 597 870 km
Magnitude apparente	-26,74
Magnitude absolue	4,83

Caractéristiques orbitales

Distance du centre de la Voie lactée	2,50×10 ¹⁷ km (8 700 pc ou 28000 al.)
Période galactique	2,26×10 ⁸ années
Vitesse	217 km/s ou 781200km/h

Caractéristiques physiques

Diamètre moyen	1 392 684 km	
Masse (M _⊙)	2×10 ³⁰ kg	
Masse volumique	moyenne	1 408 kg/m ³
	au centre	150 000 kg/m ³
Gravité à la surface	273,95 m/s ²	
Vitesse de libération	617,54 km/s	
Température	au centre	15,1 °MK
	à la surface	5 750 °K
	couronne	5 °MK
Métallicité (% de + lourd que H ² &He)	Z = 0.0122=1,22%	

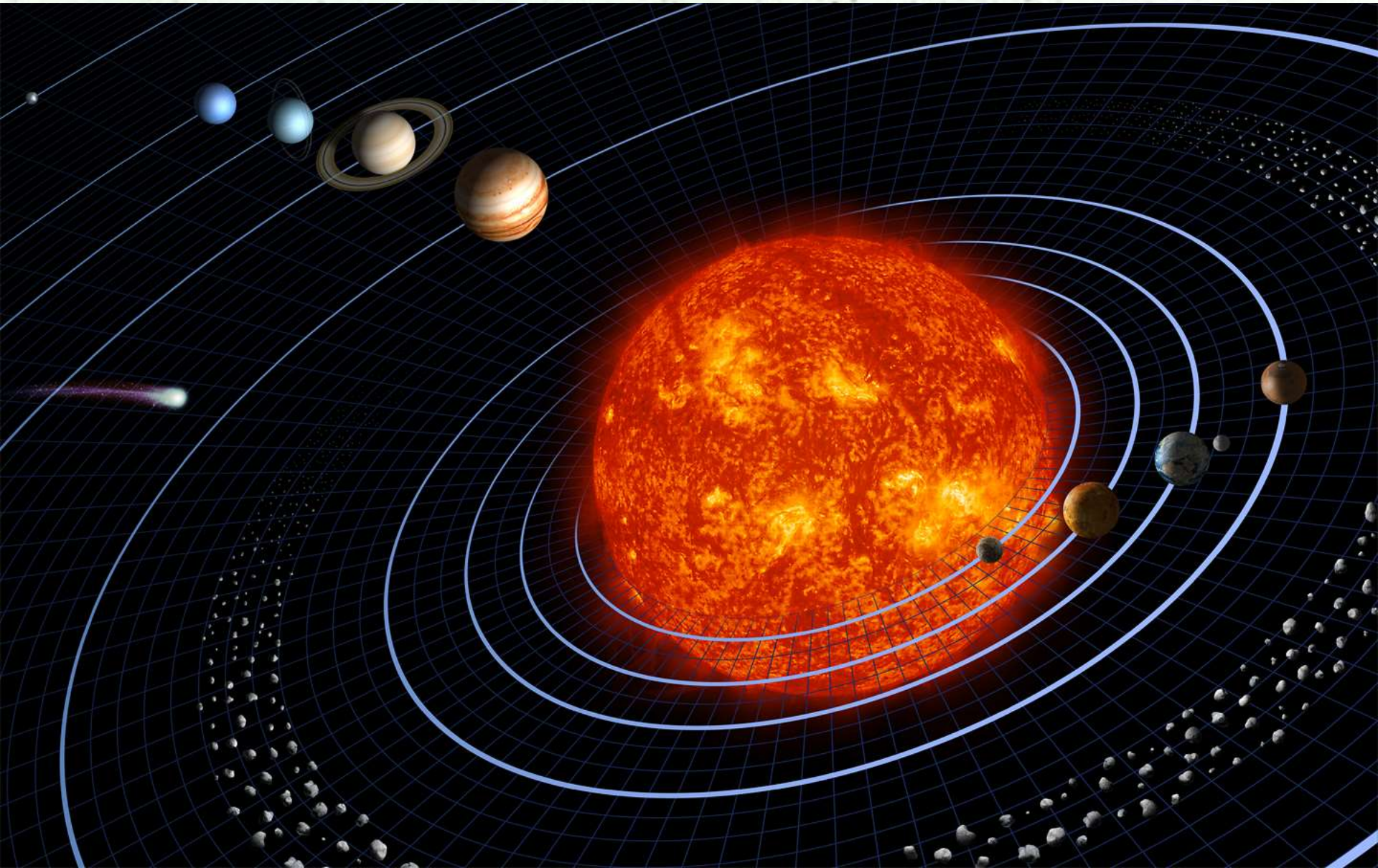
Rotation

Inclinaison de l'axe	/écliptique	7,25°
	/plan Galaxie	67,23°
Vitesse, latitude 0		7 008,17 km/h
Période de rotation	latitude 0 °	24 j
	latitude 30 °	28 j
	latitude 60 °	30,5 j
	latitude 75 °	31,5 j
	moyenne	27,28 j

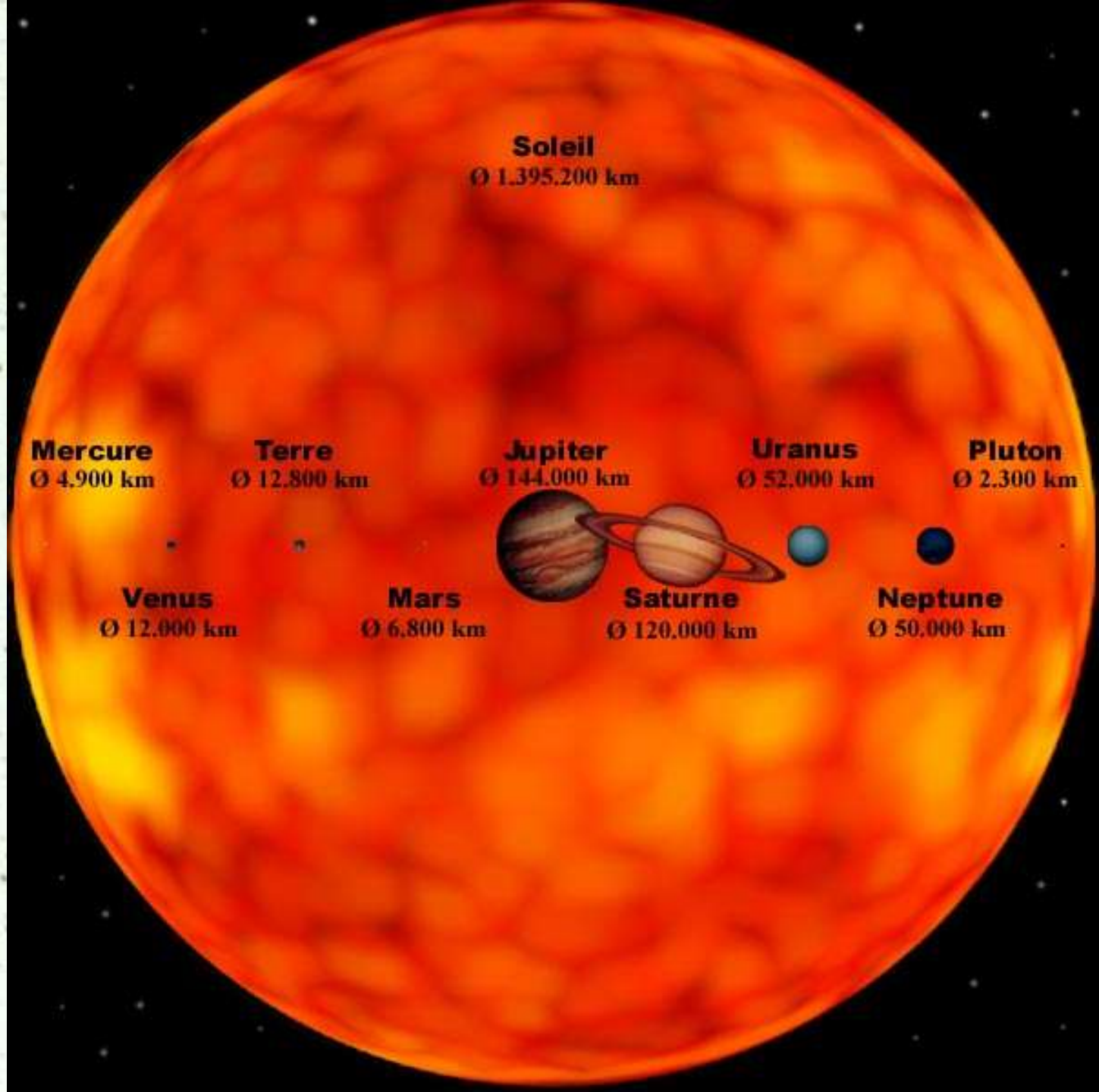
Composition photosphérique (en masse)

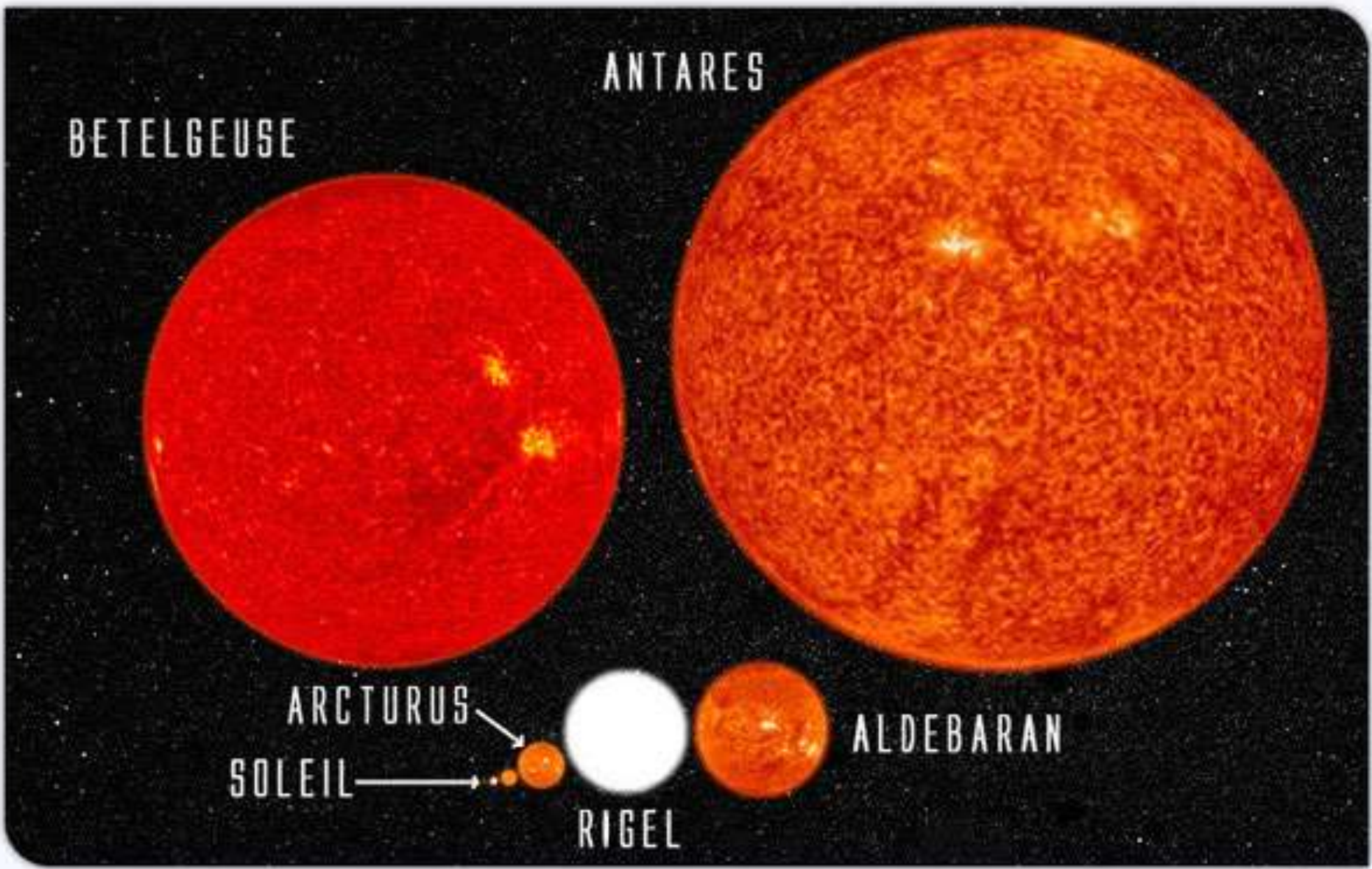
Hydrogène	73,46 %
Hélium	24,85 %
Oxygène	0,77 %
Carbone	0,29 %
Fer	0,16 %
Néon	0,12 %
Azote	0,09 %
Silicium	0,07 %
Magnésium	0,05 %
Soufre	0,04 %

Le Soleil est au centre de notre système solaire c'est l'étoile la plus proche de la Terre, dont elle est distante d'environ 150 millions de kilomètres.



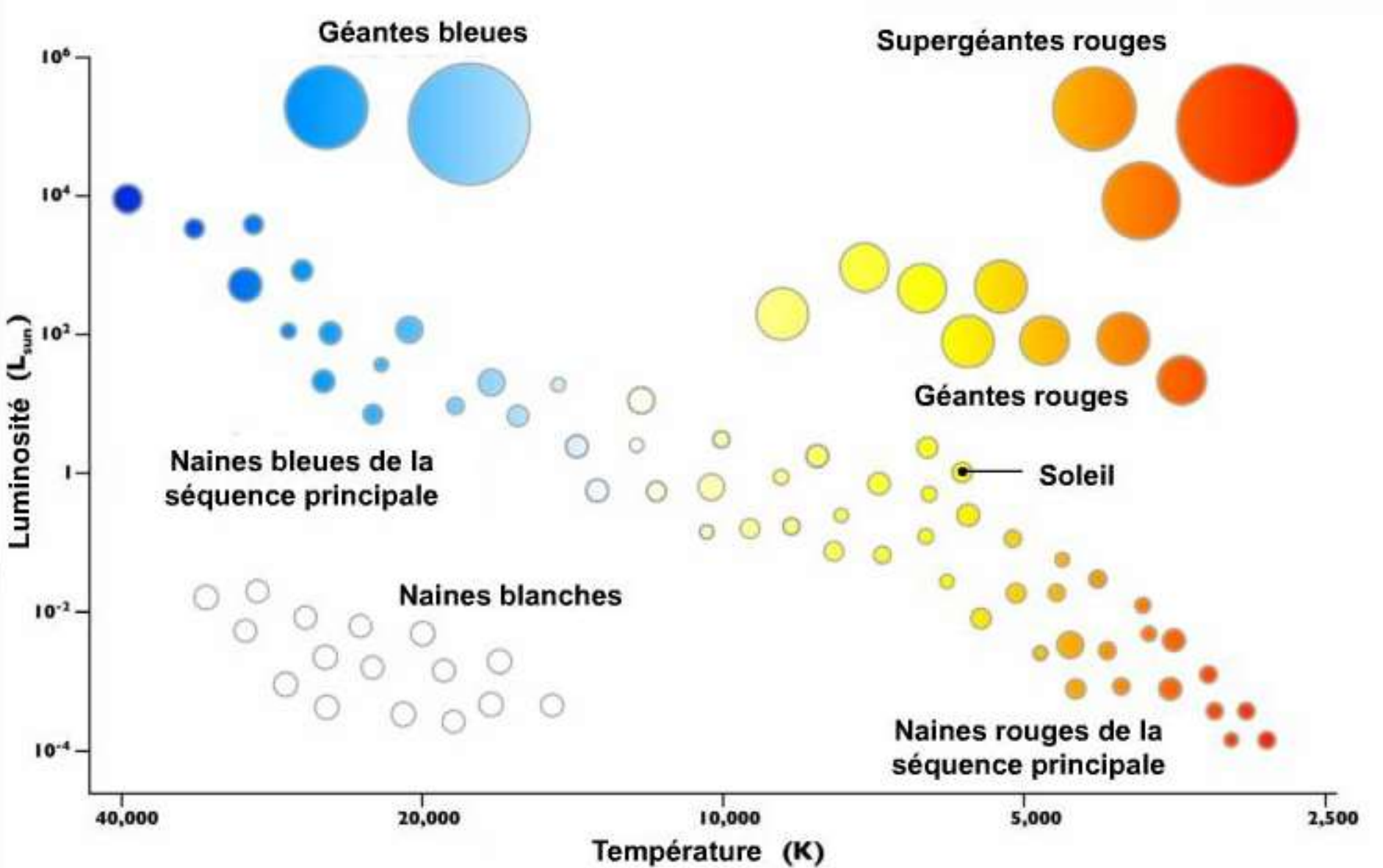
Taille relative du Soleil et des planètes





Le Soleil est une naine jaune situé dans la séquence principale.

Le Soleil est aujourd'hui relativement calme car en équilibre dans la séquence principale



Soleil actuel

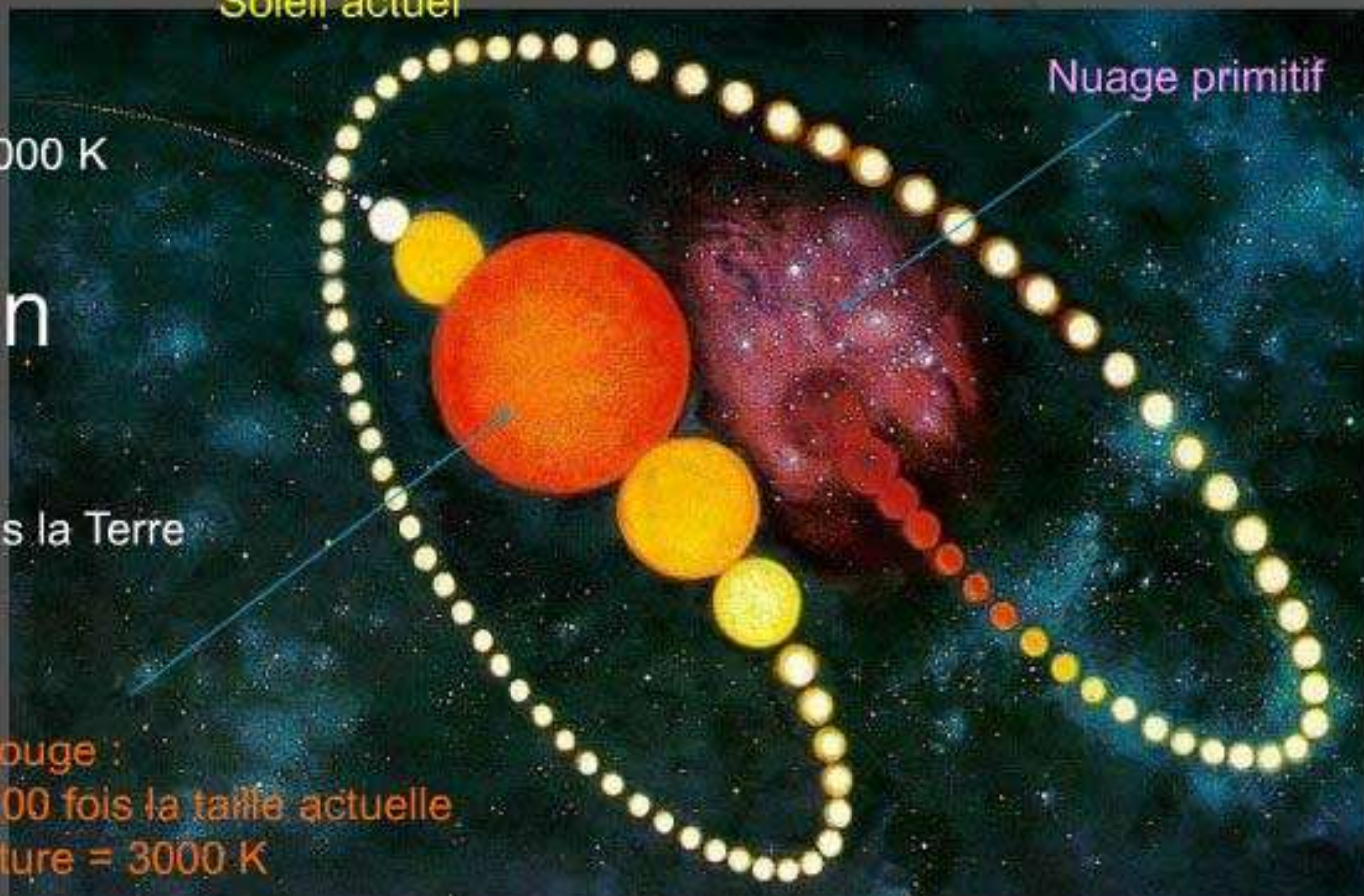
Nuage primitif

Naine blanche :
Taille = Terre
Température = 50 000 K

L'évolution du Soleil

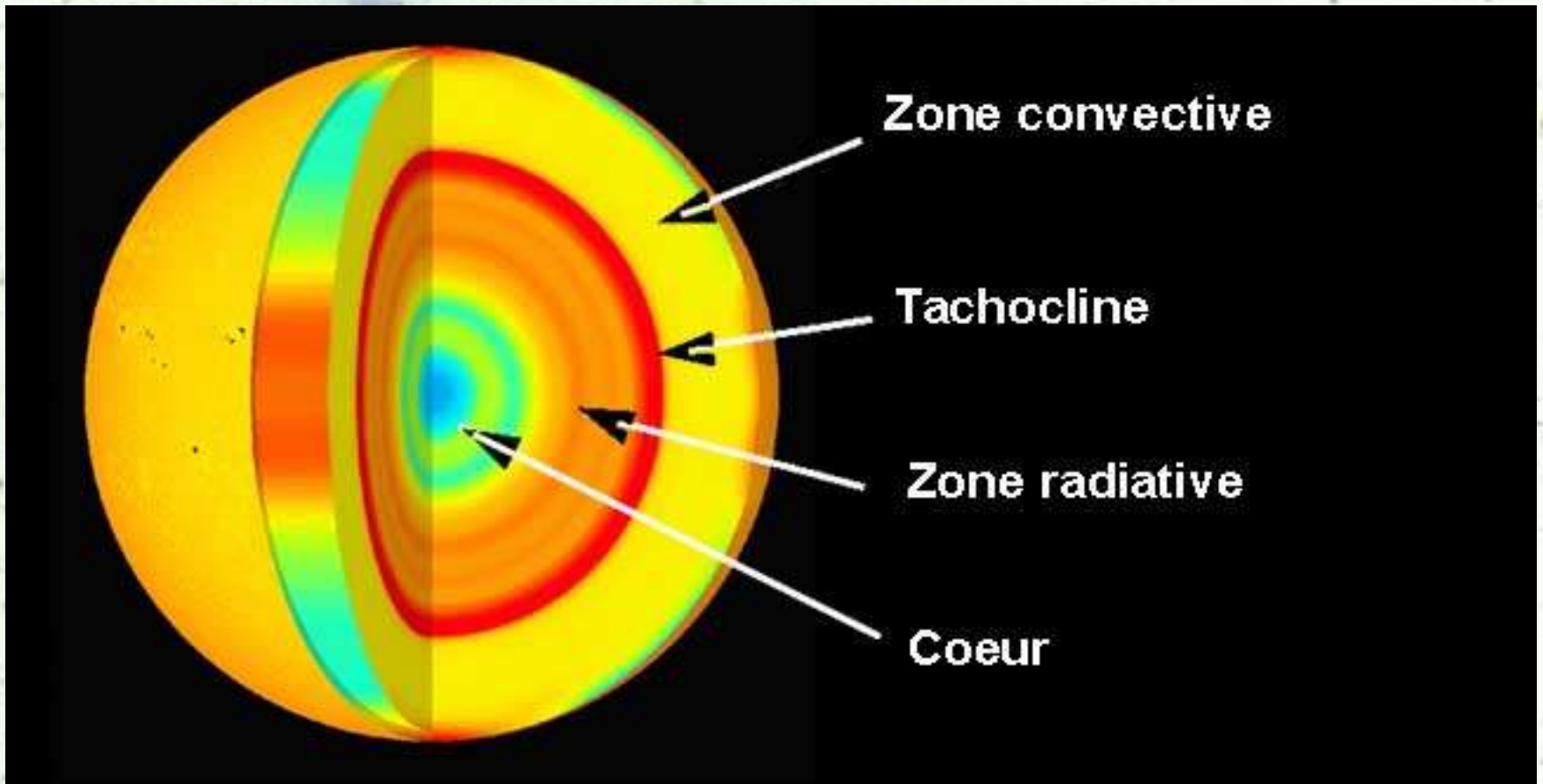
Masse = 330 000 fois la Terre

Géante rouge :
Taille = 200 fois la taille actuelle
Température = 3000 K



Cycle de vie du Soleil



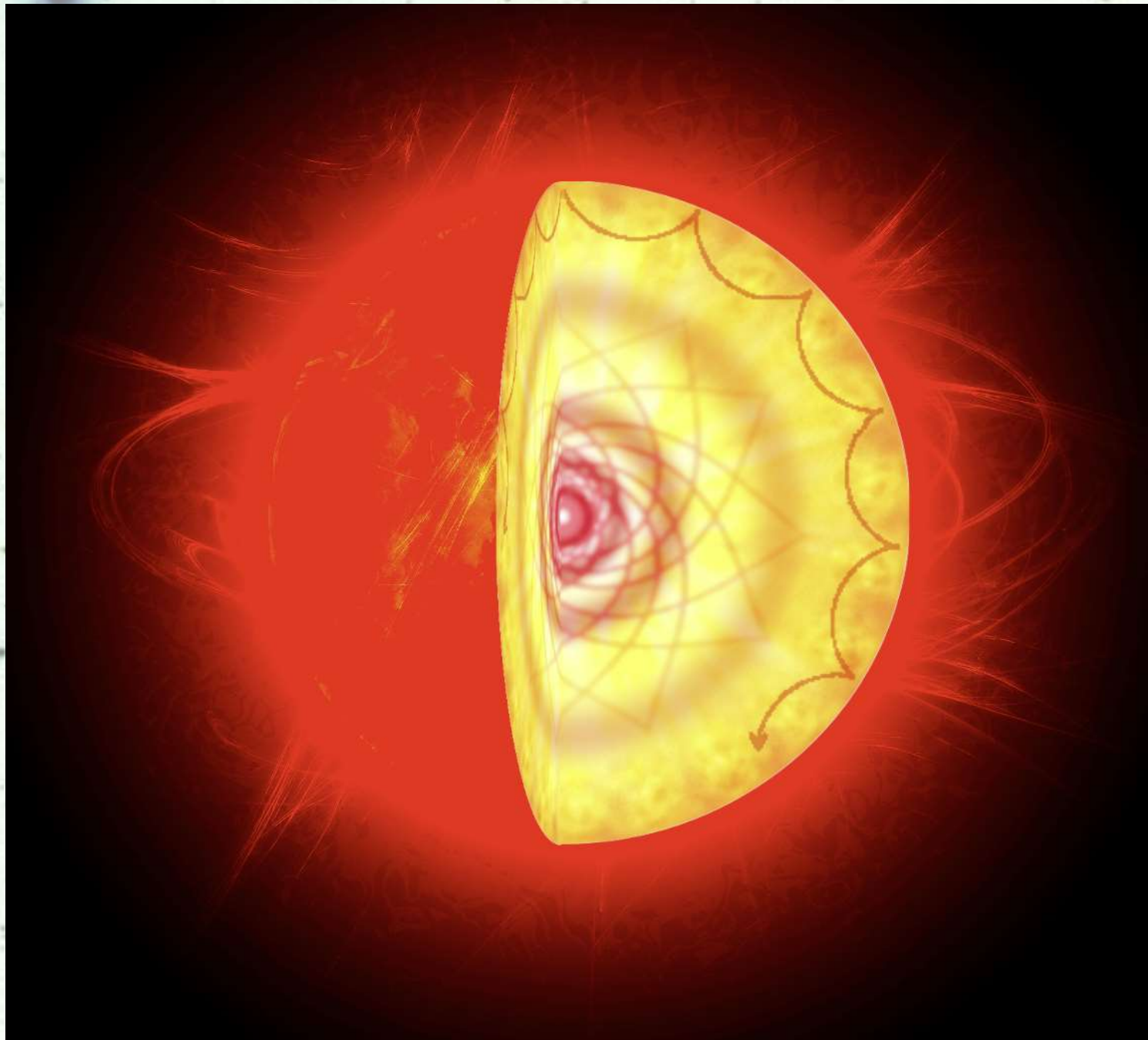


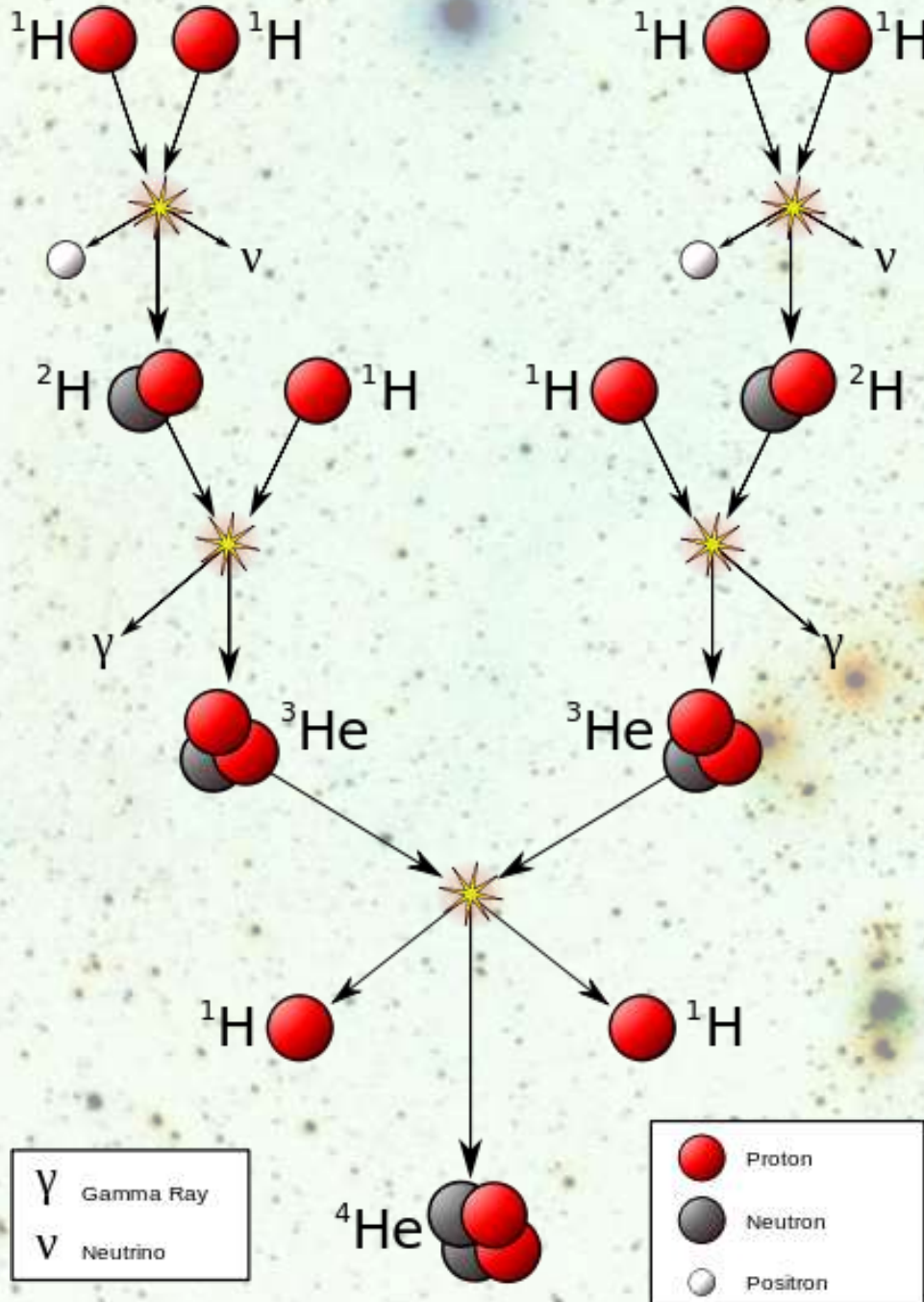
Composition interne du Soleil

Aujourd'hui la composition chimique du Soleil est de 75% d'hydrogène et 25% d'hélium en masse (92.1% d'hydrogène et 7.8% d'hélium en nombre d'atomes); il contient également quelques métaux (0.1%).

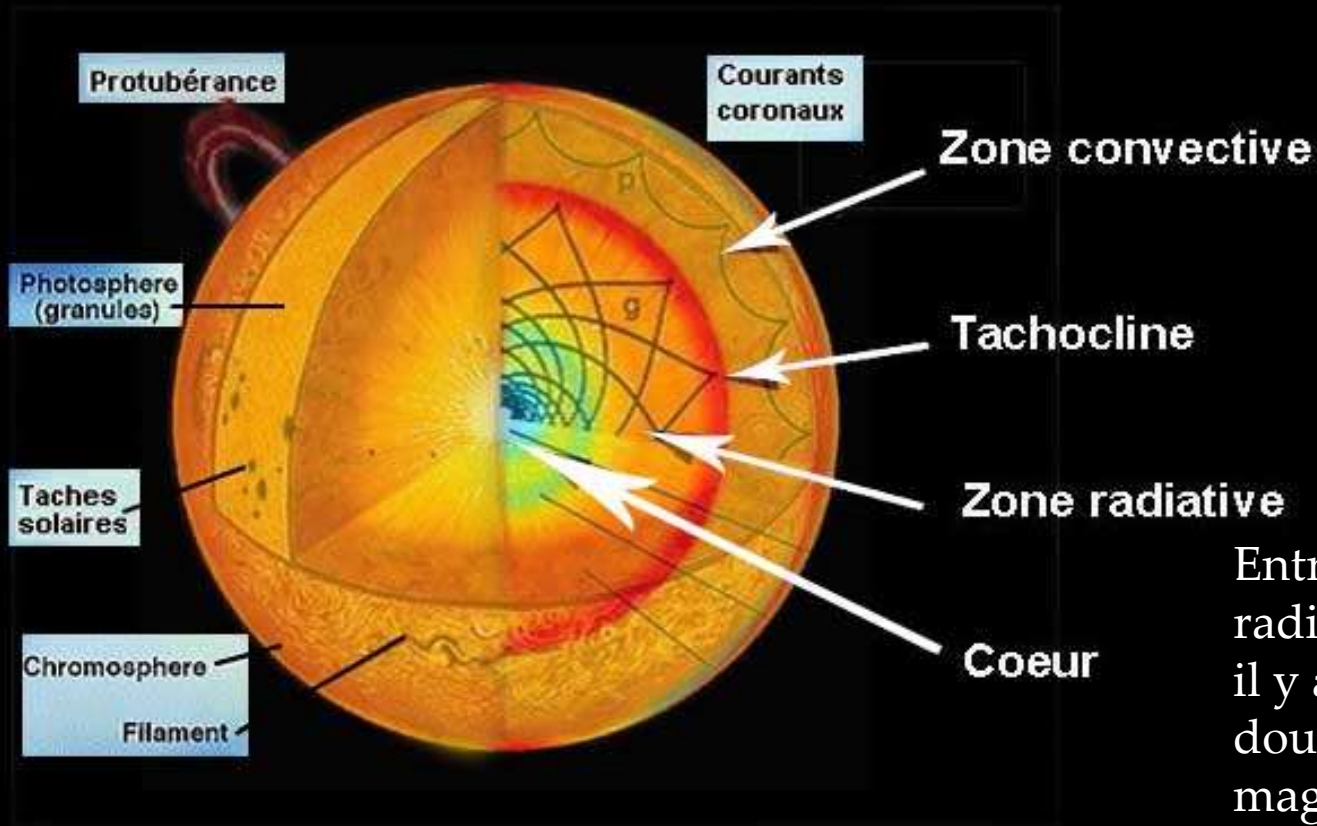
Structure du Soleil

Le Soleil est presque parfaitement sphérique puisque la différence entre son diamètre polaire et équatorial n'est que de **10 kilomètres**.





On considère que le **cœur du Soleil** s'étend du centre à environ **0,25 rayon solaire**. Sa masse volumique est supérieure à **150 000 kg/m³** (**150 fois la densité de l'eau sur Terre**) et sa température approche les **15 millions de kelvins** (ce qui contraste nettement avec la température de surface du Soleil, qui avoisine les 5 800 kelvins). C'est là que se produisent les réactions thermonucléaires exothermiques (fusion nucléaire) qui transforment, dans le cas du Soleil, l'hydrogène en hélium.

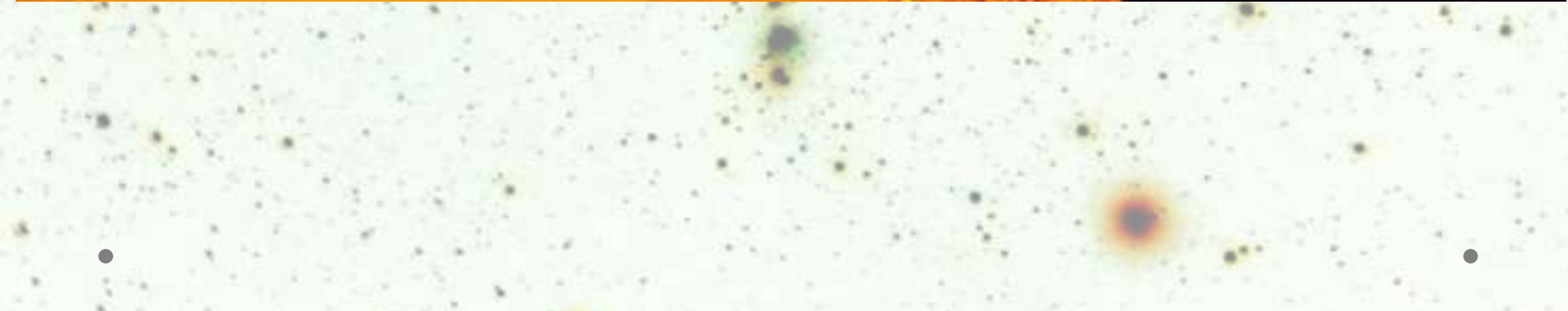
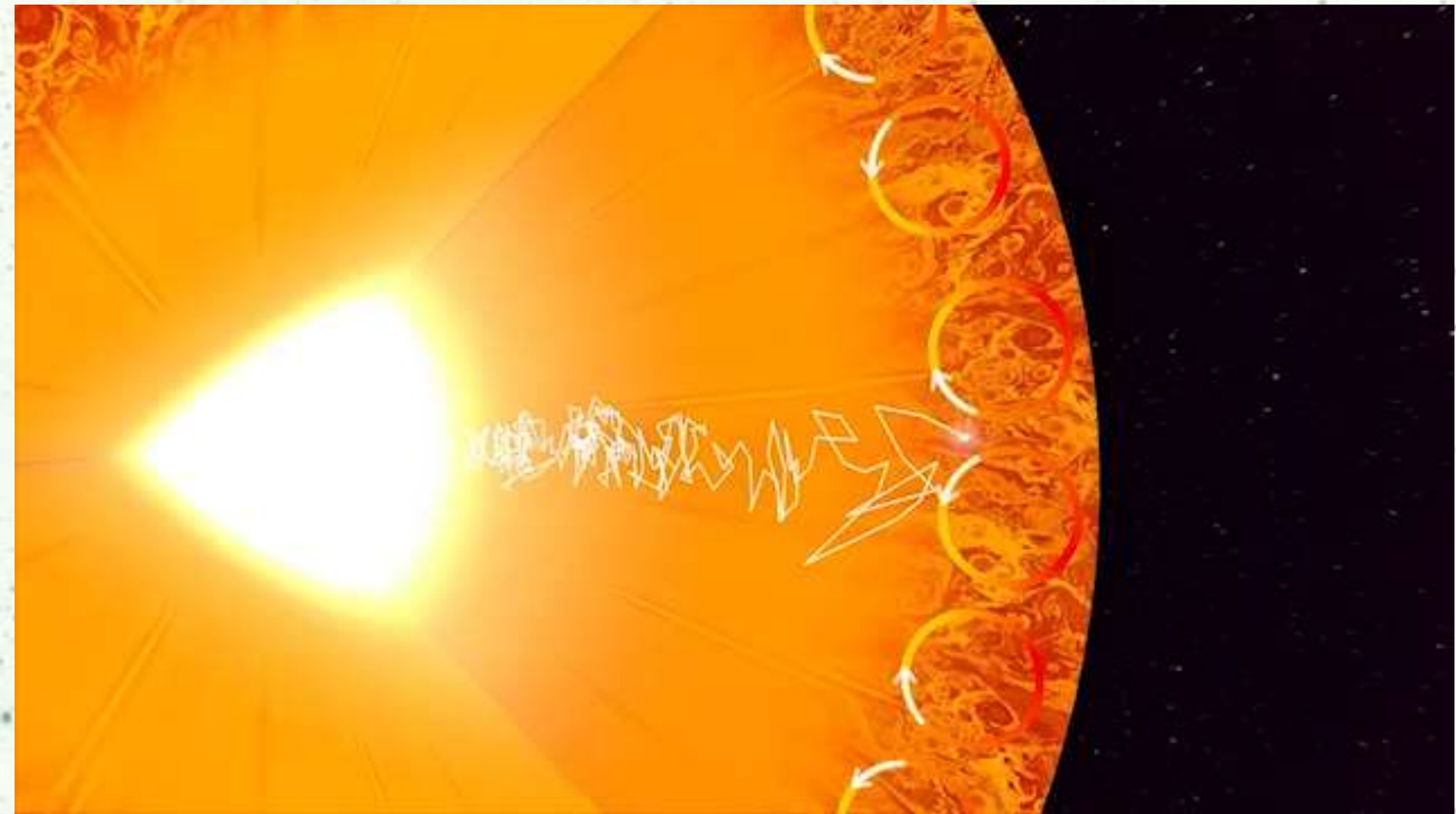


Entre les zones radiatives et convectives, il y a la **tachocline**, sans doute le siège du champ magnétique du Soleil.

A l'intérieur du Soleil, se trouve un noyau qui occupe 15 % du Soleil, à une température de 15 millions de degrés.

Au dessus du noyau se trouve une **zone radiative** d'une épaisseur d'environ 25 000 km, très dense qui représente 98 % de la masse du Soleil.

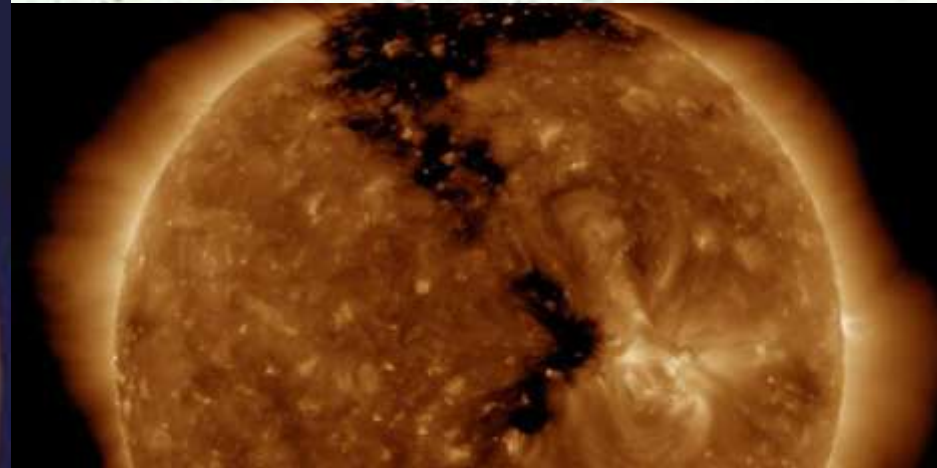
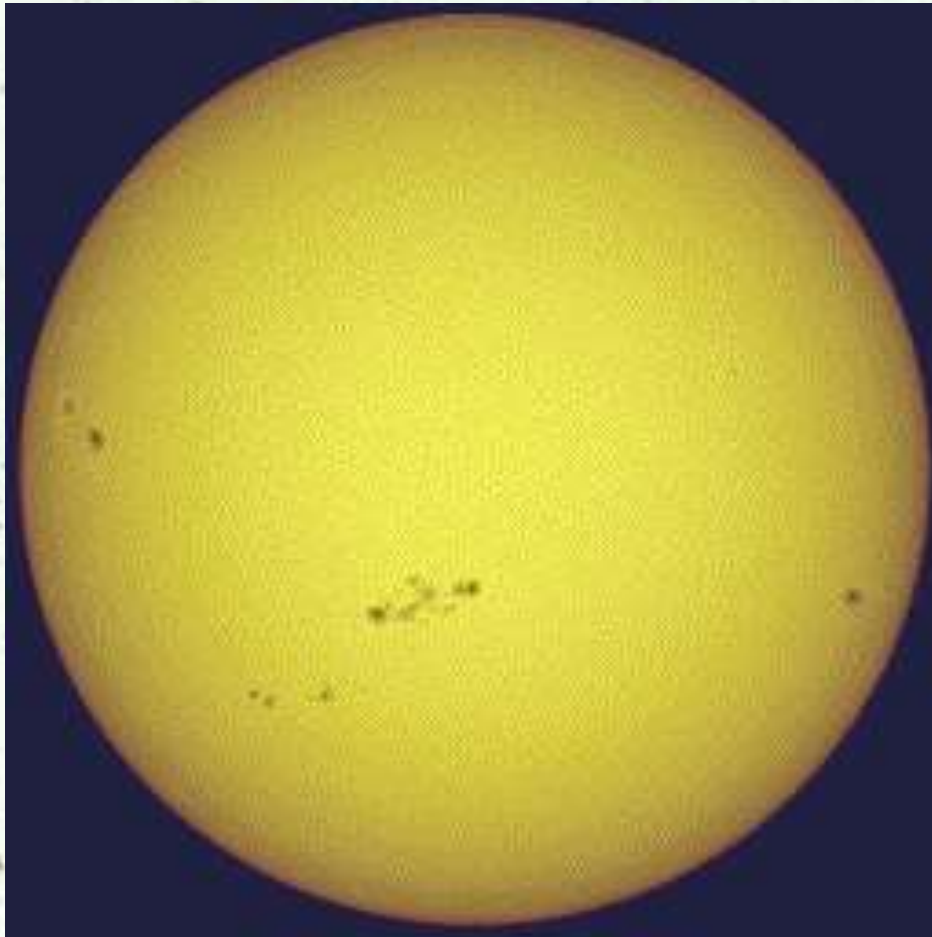
A 500 000 km du centre du Soleil, où la densité n'est plus que de 0.2 g/cm³, il y a une zone de convection de 200 000 km



La **photosphère** est la **surface visible du Soleil**, elle a environ 500 km d'épaisseur et la densité n'est plus que de 10^{-7} g/cm³, dix mille fois inférieure à la densité de l'air qui règne sur Terre en bordure de mer, une valeur comparable au vide, et une température de 6 000 °C.

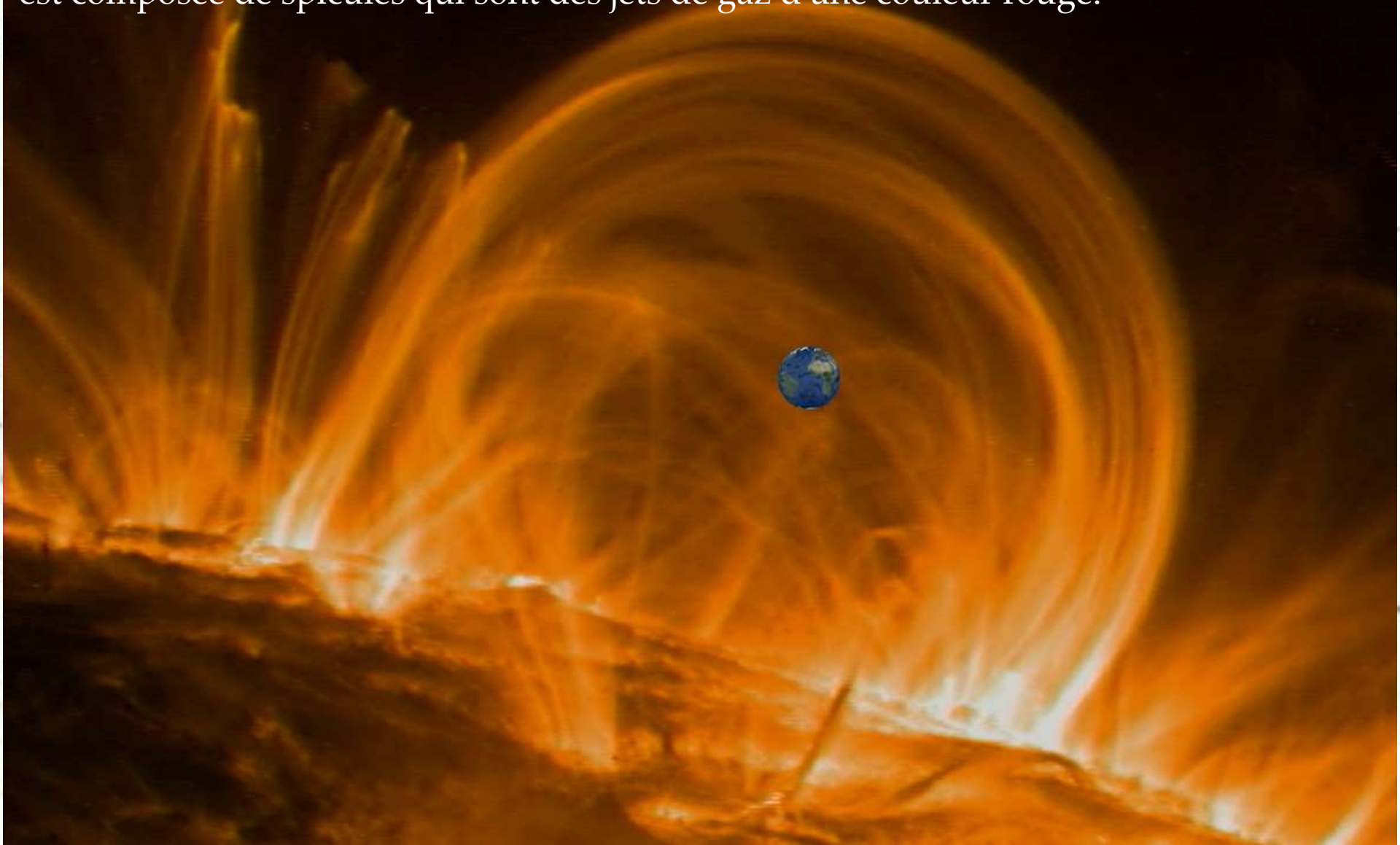
C'est là qu'on voit les taches, qui sont produites par le champ magnétique.

On peut « voir » (au rayon X) aussi des trous coronaux, mais pas en même temps.

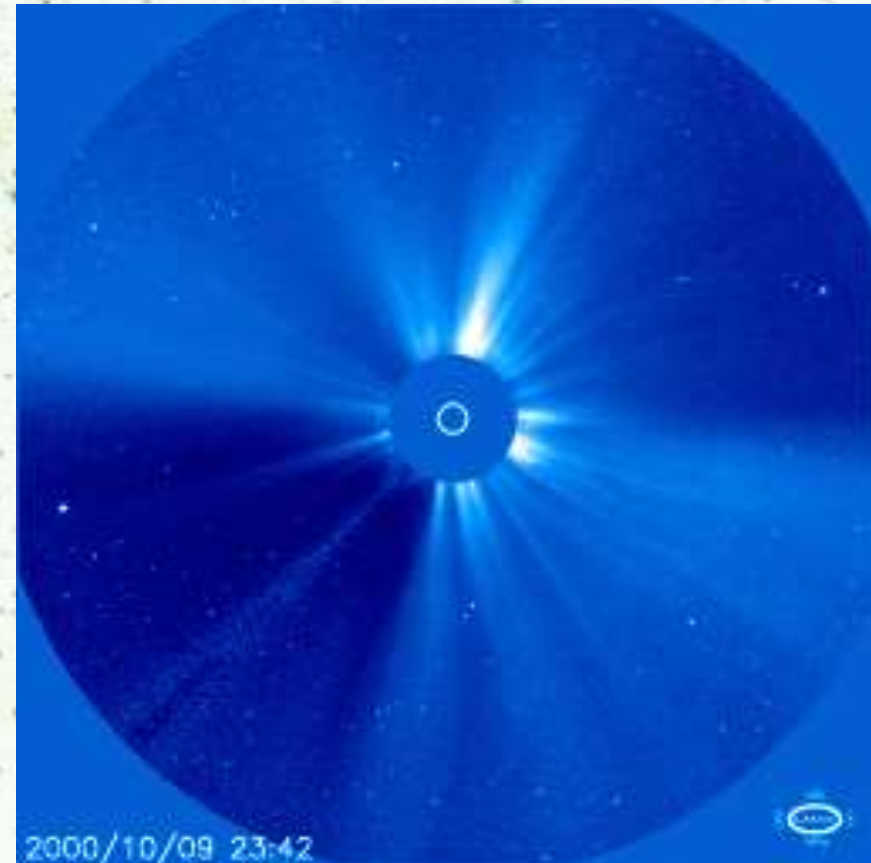
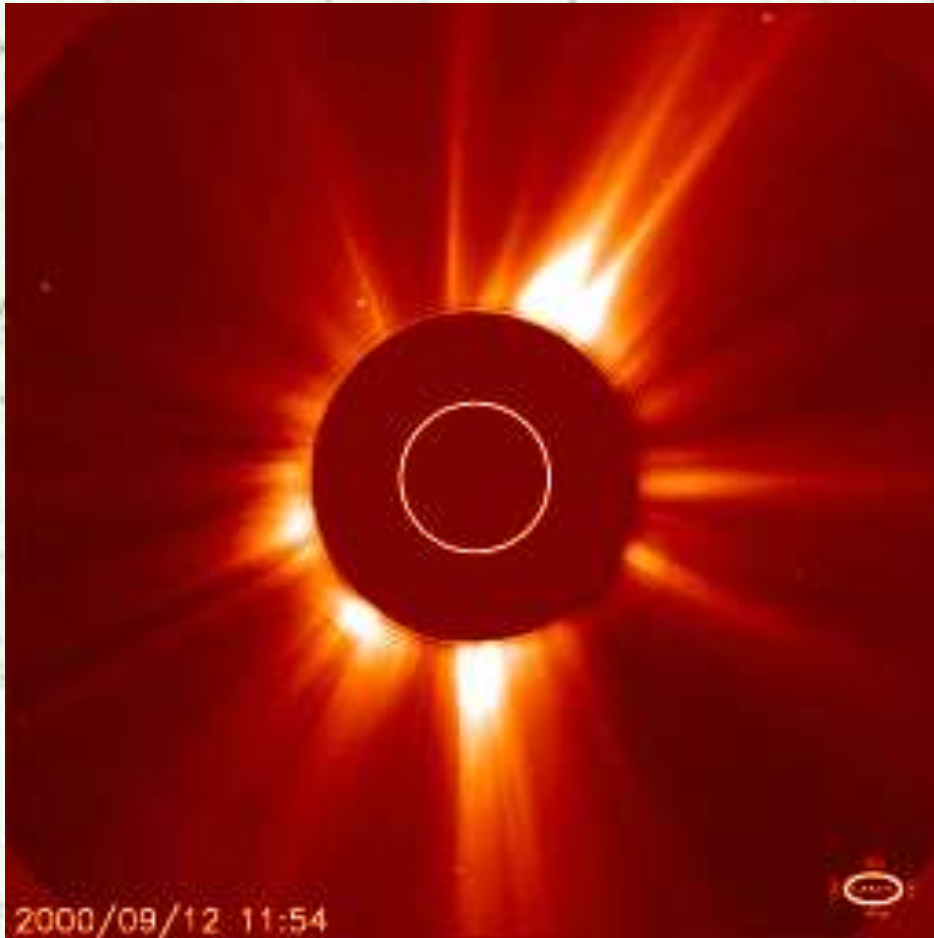


Le nombre de taches varie en suivant un cycle de 11 ans : le cycle de Schwabe

Au-dessus de la photosphère, se trouve la **chromosphère** pouvant atteindre 10 000 km de hauteur, et où se produisent les éruptions solaires. Sa température varie entre 10 000 °C juste au-dessus de la photosphère pour atteindre 1 million de degrés quelques 10 000 km plus haut où elle fusionne avec la basse **couronne**. Elle est composée de spicules qui sont des jets de gaz d'une couleur rouge.

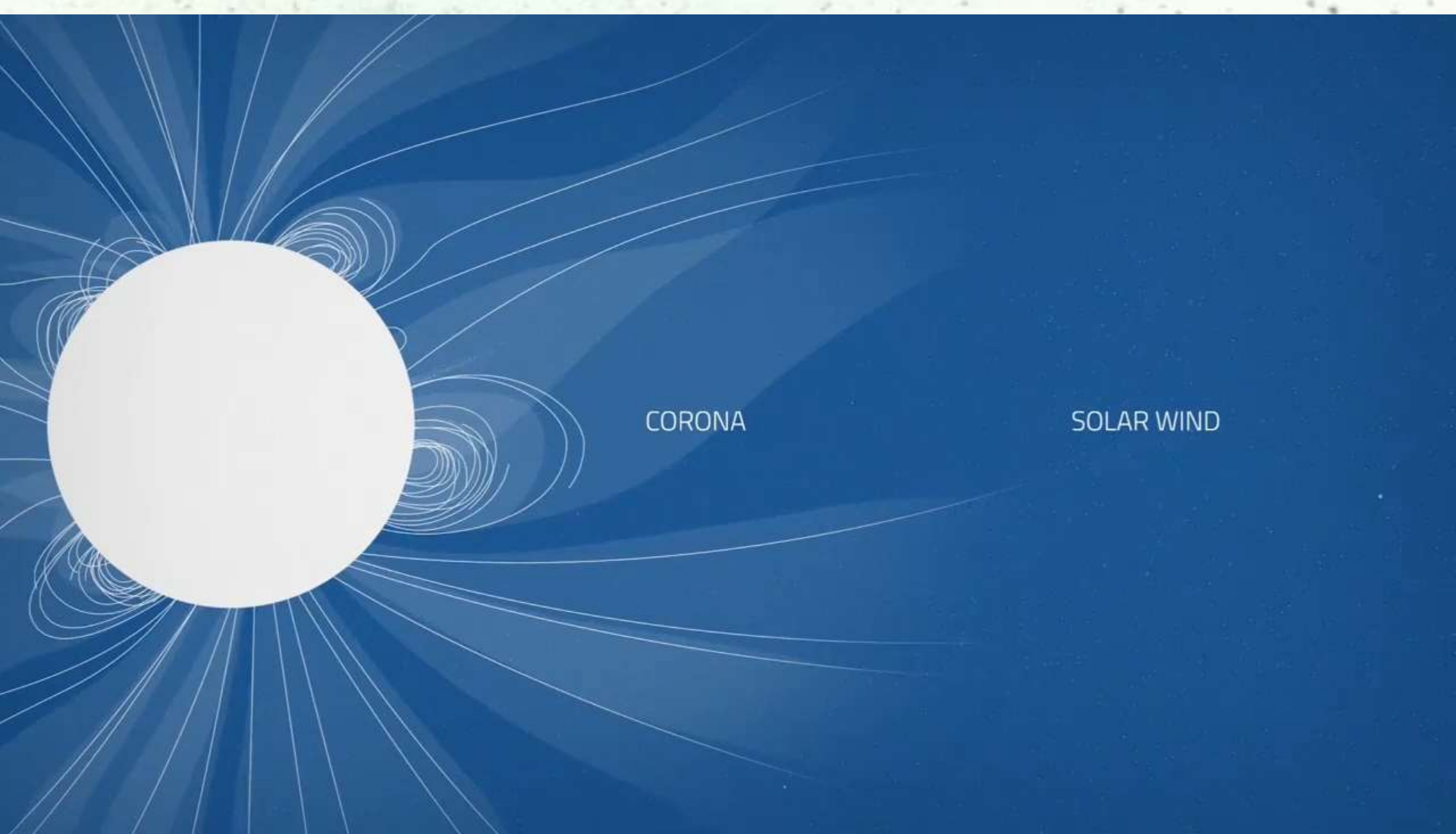


Puis, au-dessus de la chromosphère, se trouve la **couronne solaire** qui s'étend très loin dans l'espace. Sa température varie entre 1 et 2 millions de degrés. C'est ce qu'on voit lors d'une éclipse totale.



Australie le 14 novembre 2012

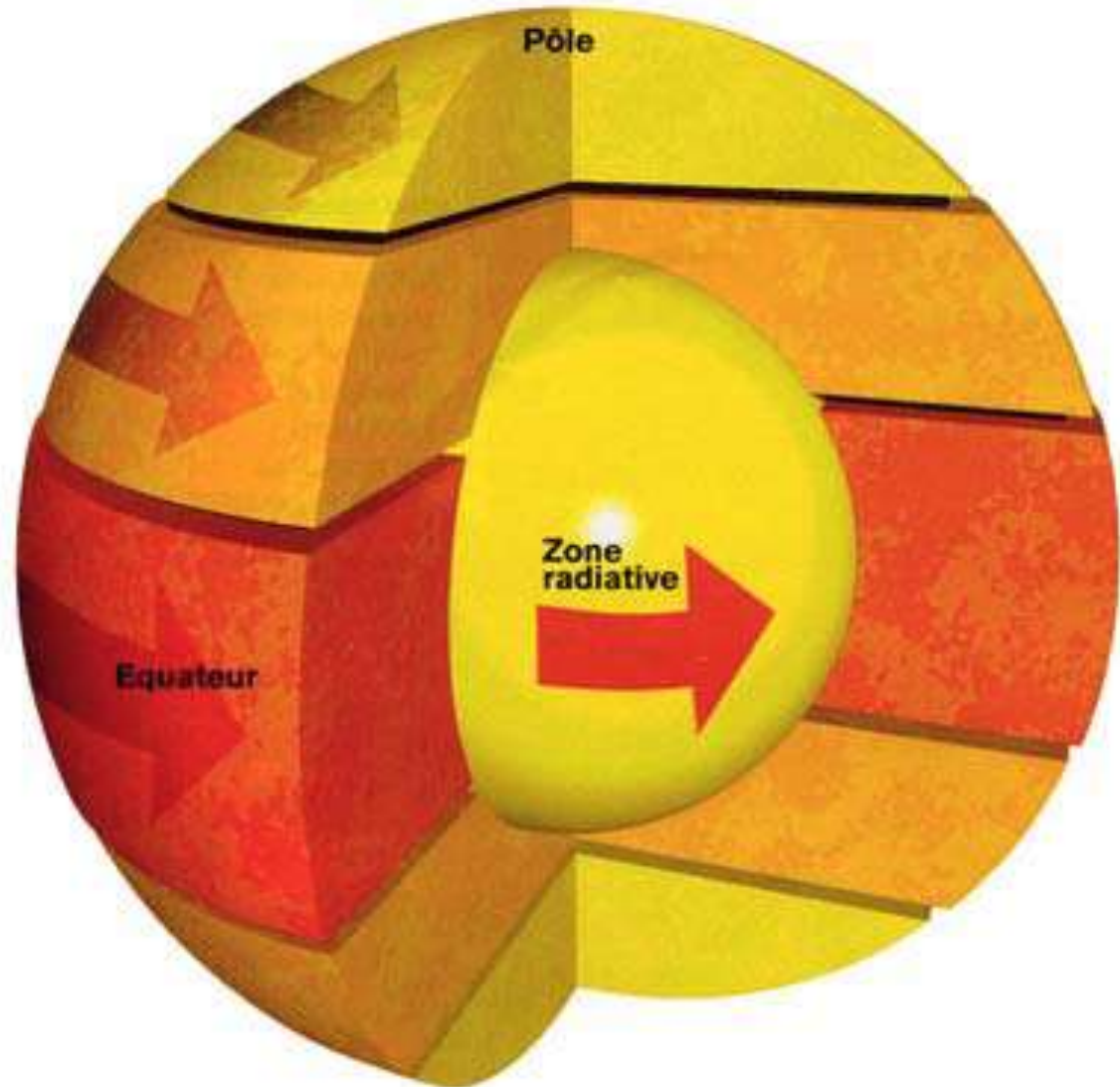


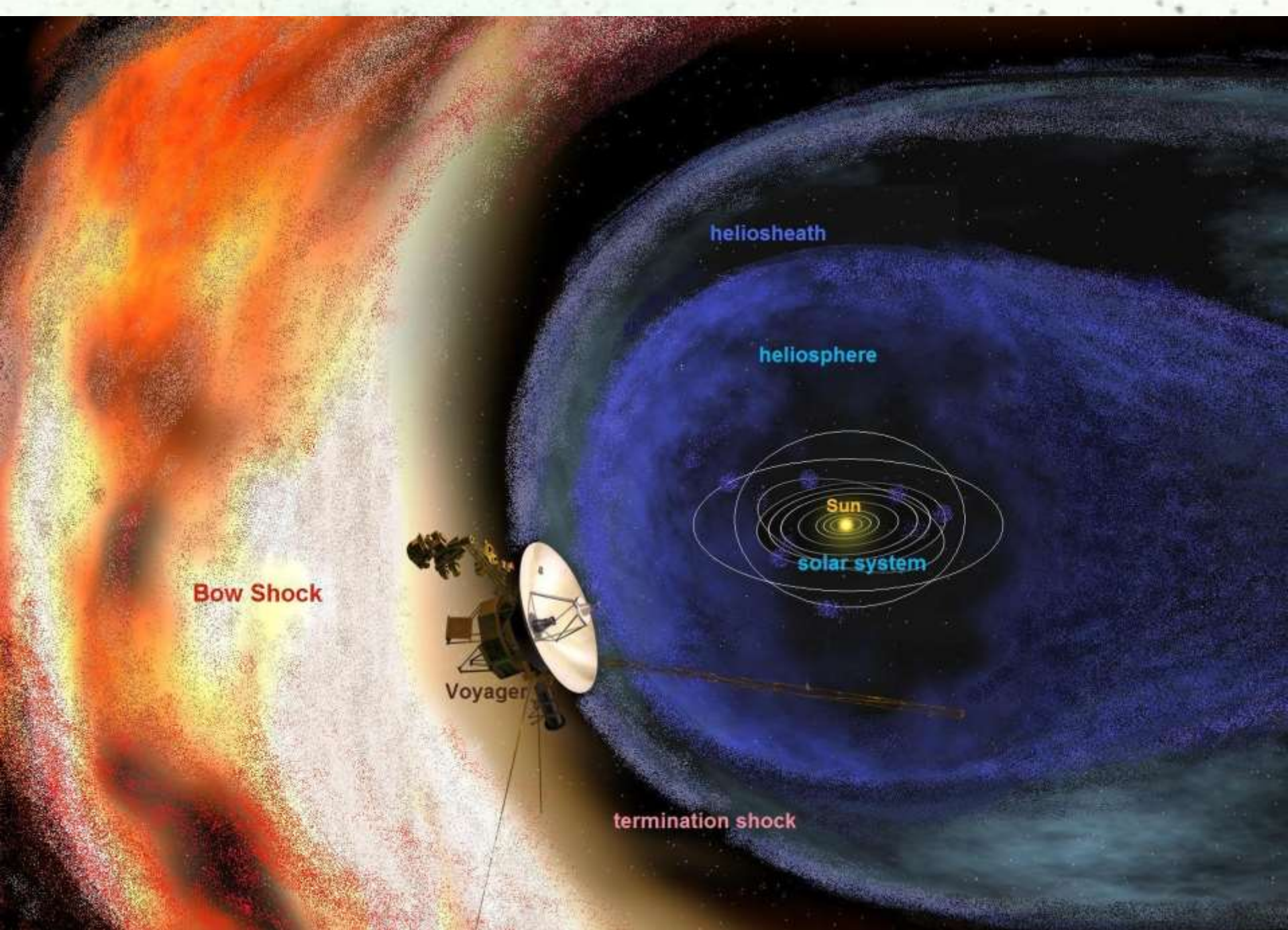


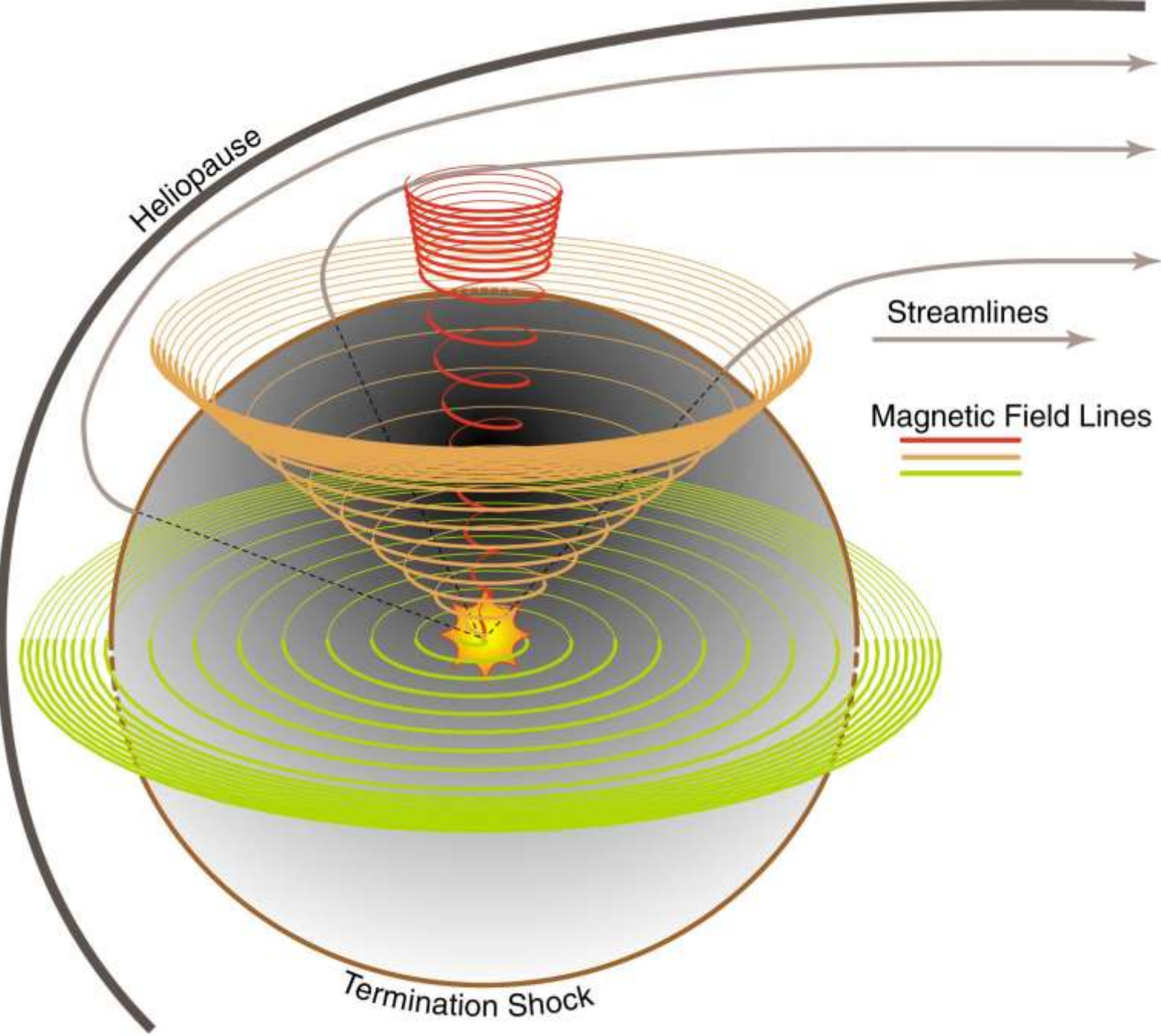
Et au-delà de la couronne il y a le vent solaire qui se propage à travers le système solaire à la vitesse de 450 km/s et jusqu'à 750km/h en arrivant aux pôles..

Magnétisme du Soleil

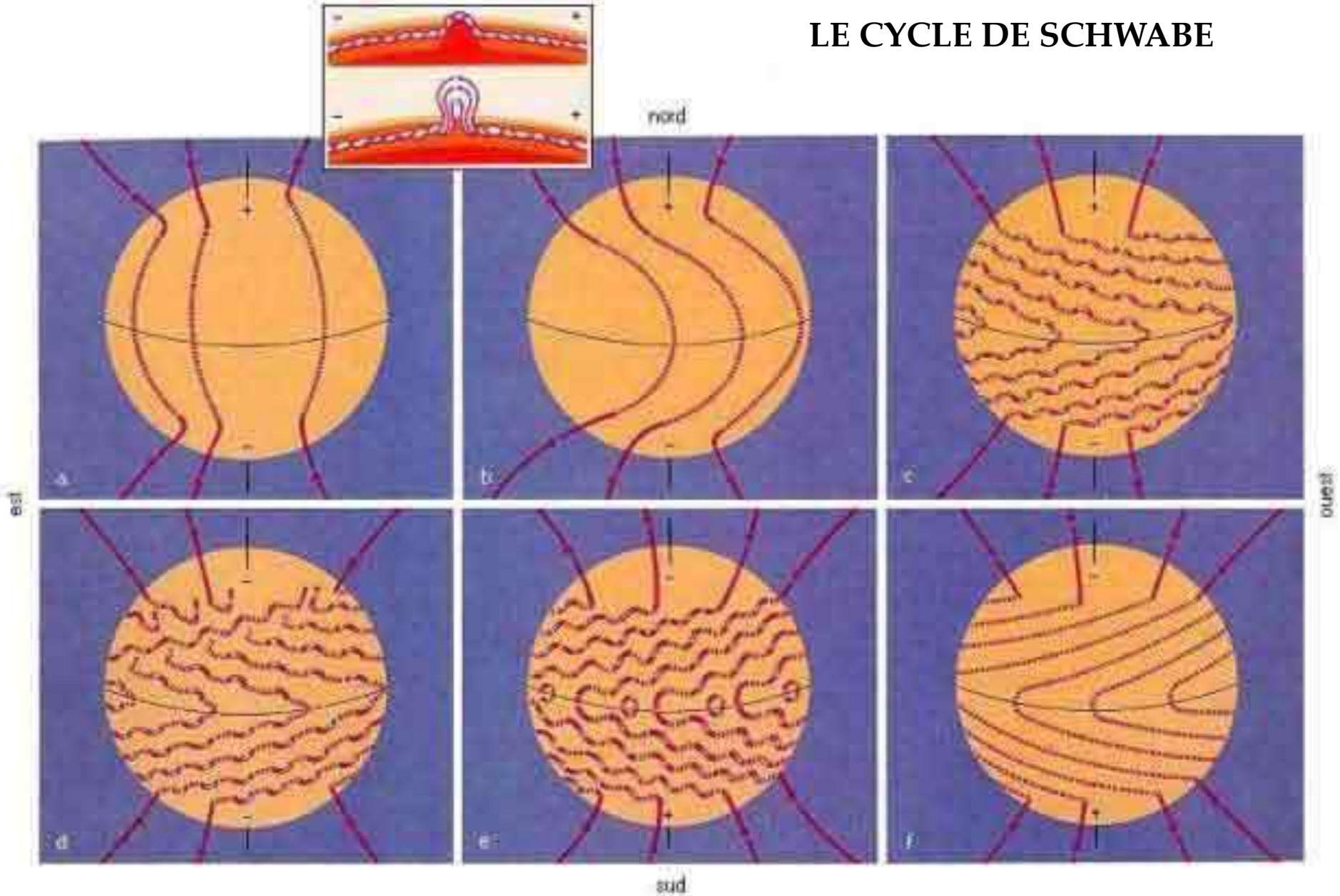
Le déplacement de particules chargées tels les électrons et les ions est ce qui produit le champ magnétique solaire. Il naît à la limite entre la zone radiative et la zone de convection, qu'on appelle parfois « tachocline ».





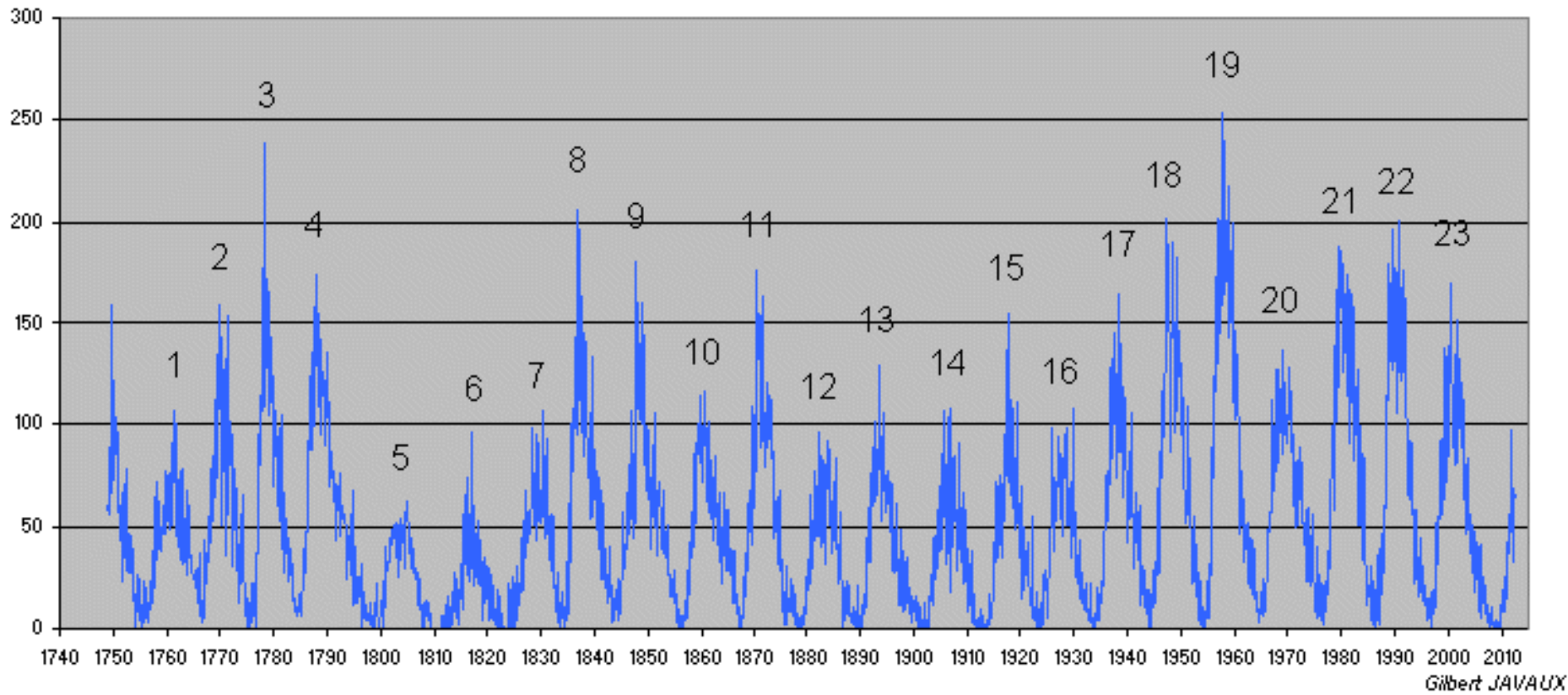


LE CYCLE DE SCHWABE



La rotation différentielle, induit une déformation des lignes de champ qui vont induire un changement de sens des lignes de flux magnétique et un changement de polarité.

Nombre de Taches Solaires

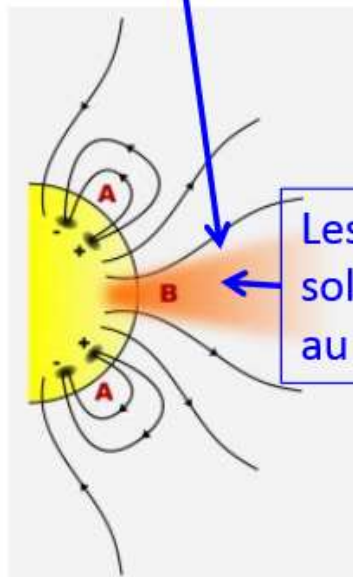
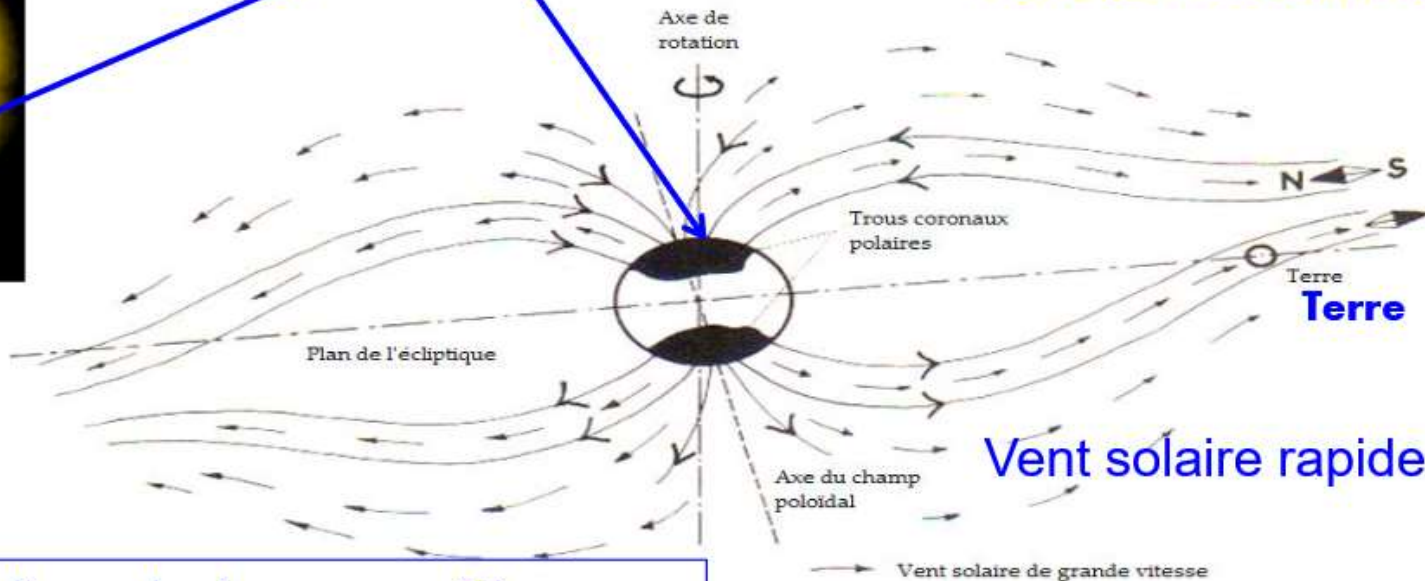
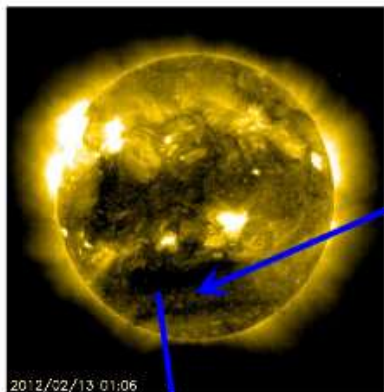


Actuellement, nous nous trouvons dans le **24^{ème} cycle**, dans une période appelée « **minimum solaire** » (activité solaire moindre).

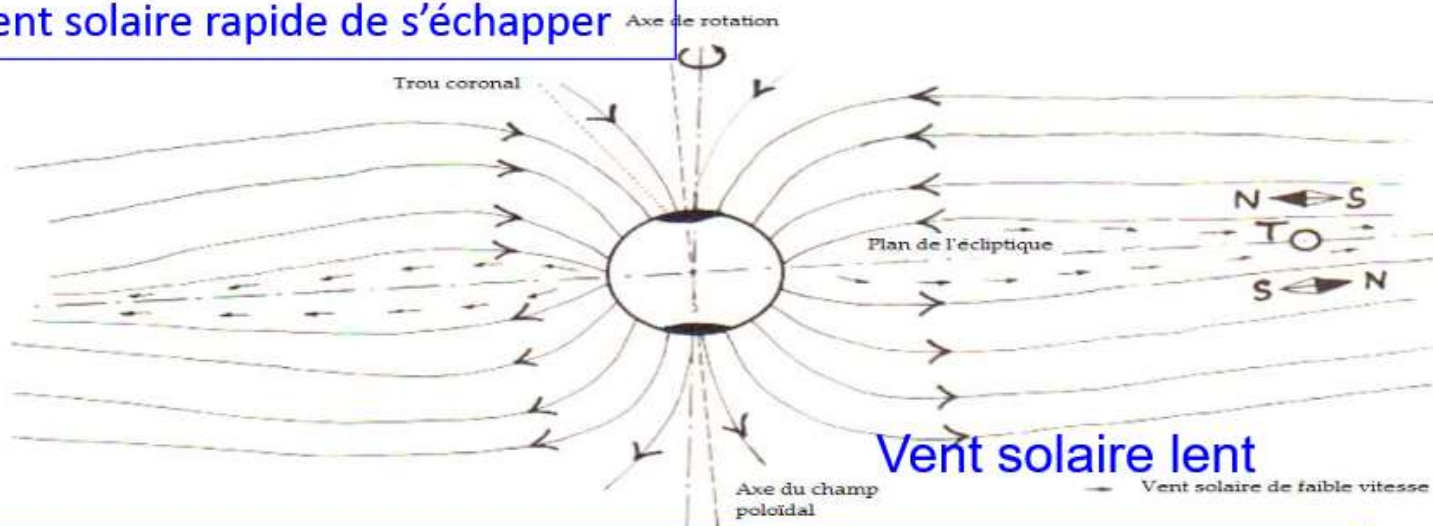
Nous voyons ici quand les taches sont les plus nombreuses, et on sait depuis environ 50 ans que pendant les minimas, il se passe autre chose, à savoir la présence de trous coronaux.

Trou coronal solaire

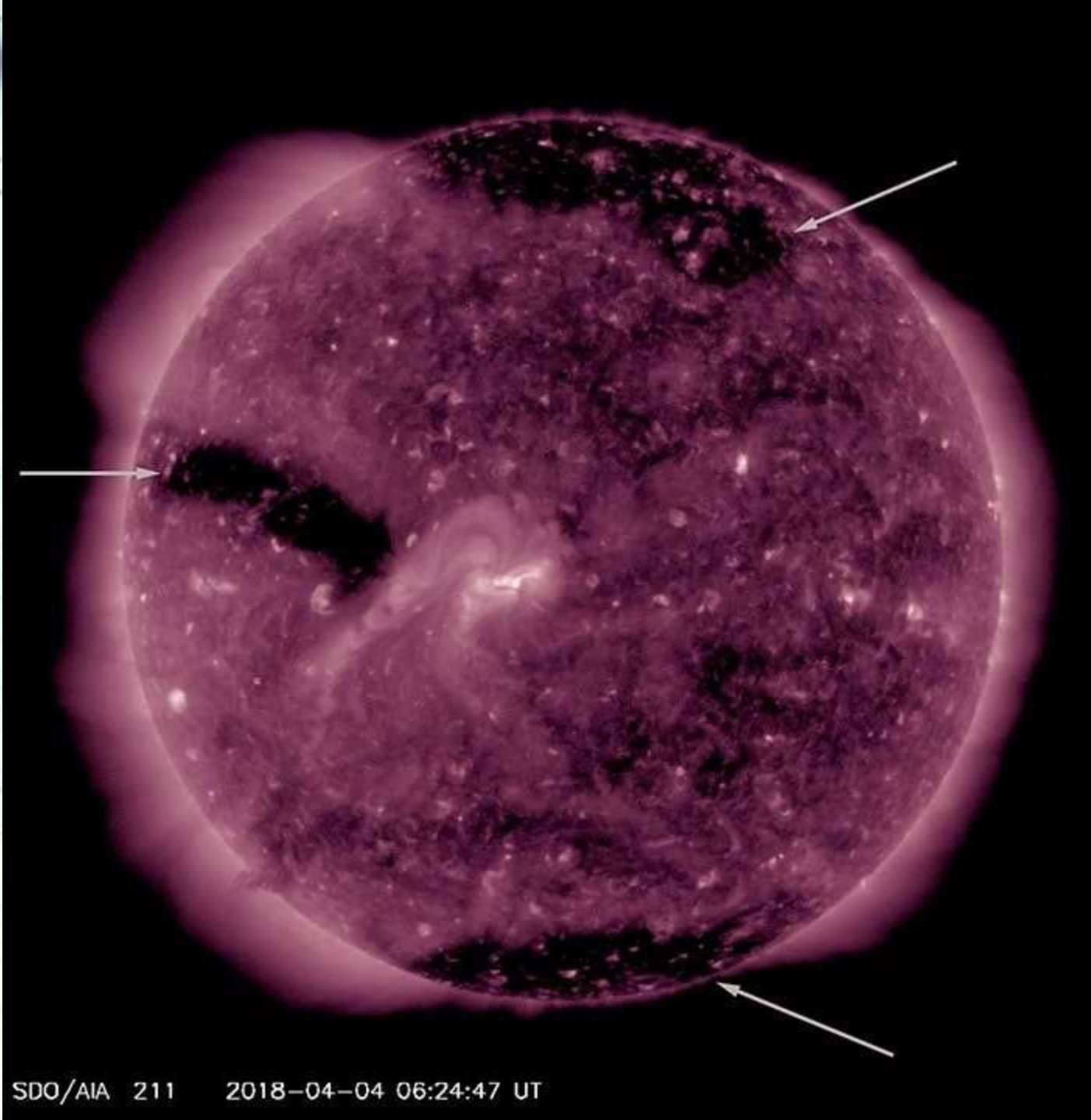
Figure de J-P Legrand, 1984



Les lignes du champ magnétique solaire sont ouvertes et permettent au vent solaire rapide de s'échapper

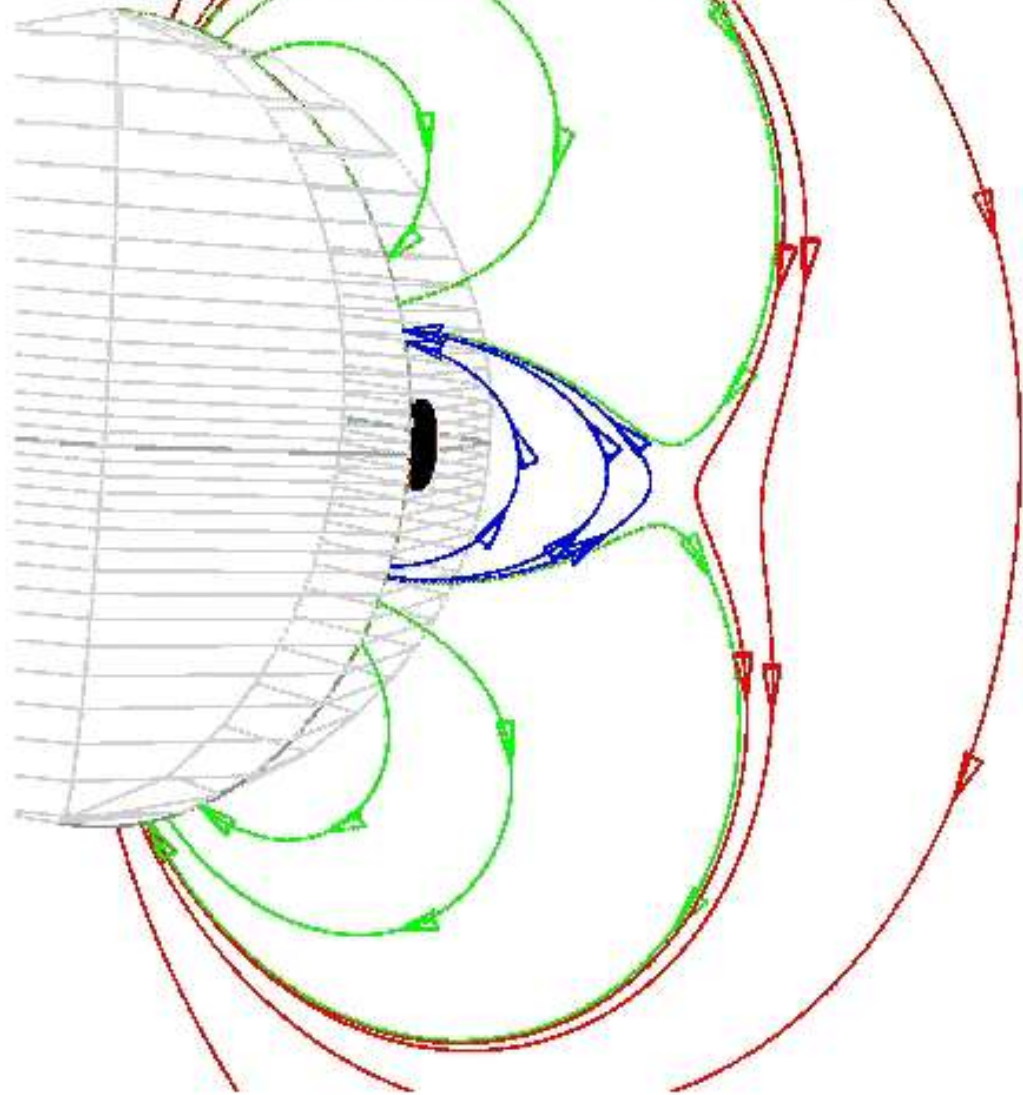


Maximum d' occurrence des vents solaires rapides au minimum du cycles de taches



SDO/AIA 211 2018-04-04 06:24:47 UT

TIME = 00:00



**Modèle animé
d'éruption
solaire avec
éjection de
matière (CME),
qui montre
une simulation
des équations
de la MHD
(magnéto
hydro
dynamique)
dépendant du
temps.**



NASA SDO - X-class Solar Flares

May 13 - 15, 2013

Voici un petit film montrant l'éruption qui a duré du 13 au 15 mai 2013, lors du dernier maximum solaire.





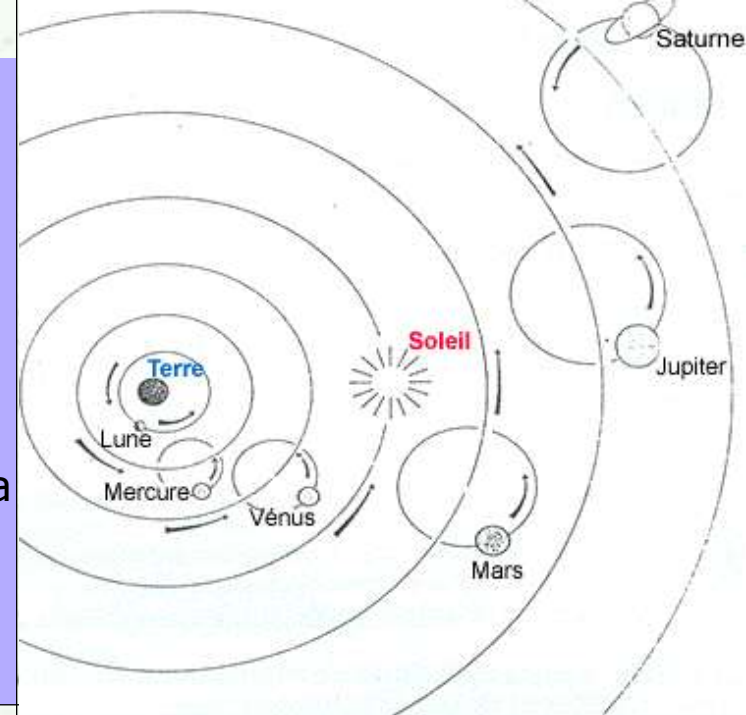
Un peu d'histoire :

Date	Théories	Observations	Instruments
-2000		<u>CHINE</u> 1er témoignage de l'observation d'une éclipse de Soleil.	
-1000			<u>EGYPTE</u> Le plus ancien cadran solaire connu.
-800	<u>BABYLONE</u> 1ères prédictions empiriques des dates d'éclipses de Soleil et de Lune grâce à l'utilisation du saros (-750).		première observation plausible d'une tache solaire en Chine
-300	<u>Aristarque de Samos Le premier à penser à un système héliocentrique (-310/-230)</u> Aux alentours -280, Aristarque de Samos met au point un moyen de calculer les distances relatives de la Lune et du Soleil par rapport à la Terre. Après ses observations, il serait le premier à penser à un système Héliocentrique.		

Claude Ptolémée (98/168) en 127

100

L'astronome et géographe Claude Ptolémée fait ses premières observations à Alexandrie. Ses recherches l'amènent à exposer, en s'appuyant sur les mathématiques, un système géocentrique du monde. Selon lui, la Terre est fixe et au centre de l'univers. Le système mis au point par l'astronome restera en vigueur jusqu'au XVIe siècle.

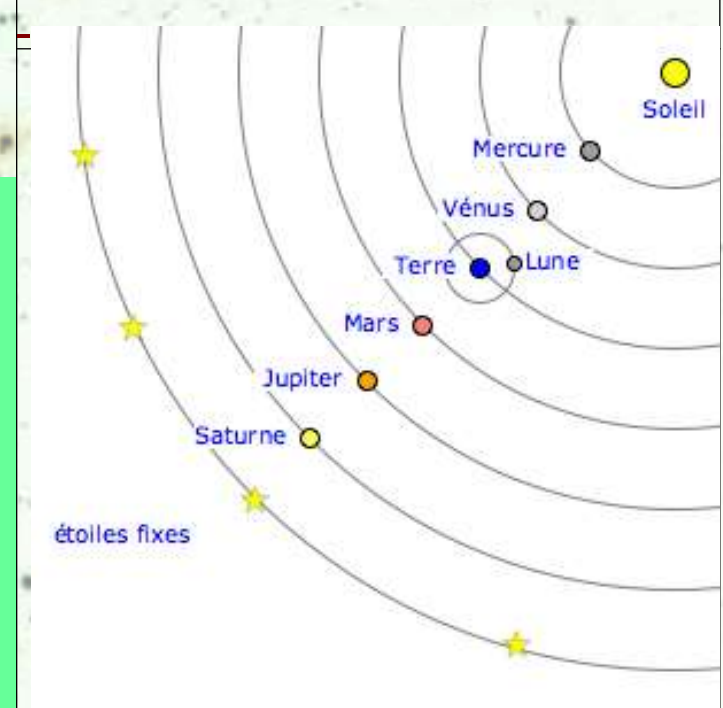


1400

Nicolas Copernic(1473/1543) 1512 - 1543

1500

Copernic commence à rédiger son œuvre majeure, "Révolution des sphères célestes". Il avance que la Terre tourne sur elle-même et autour du soleil, que la Lune est un satellite de la Terre, et que les planètes font une rotation autour du Soleil (héliocentrisme). Il faudra attendre près de 200 ans pour que le système héliocentrique, substitue au monde clos du Moyen Age l'Univers illimité de l'époque moderne.

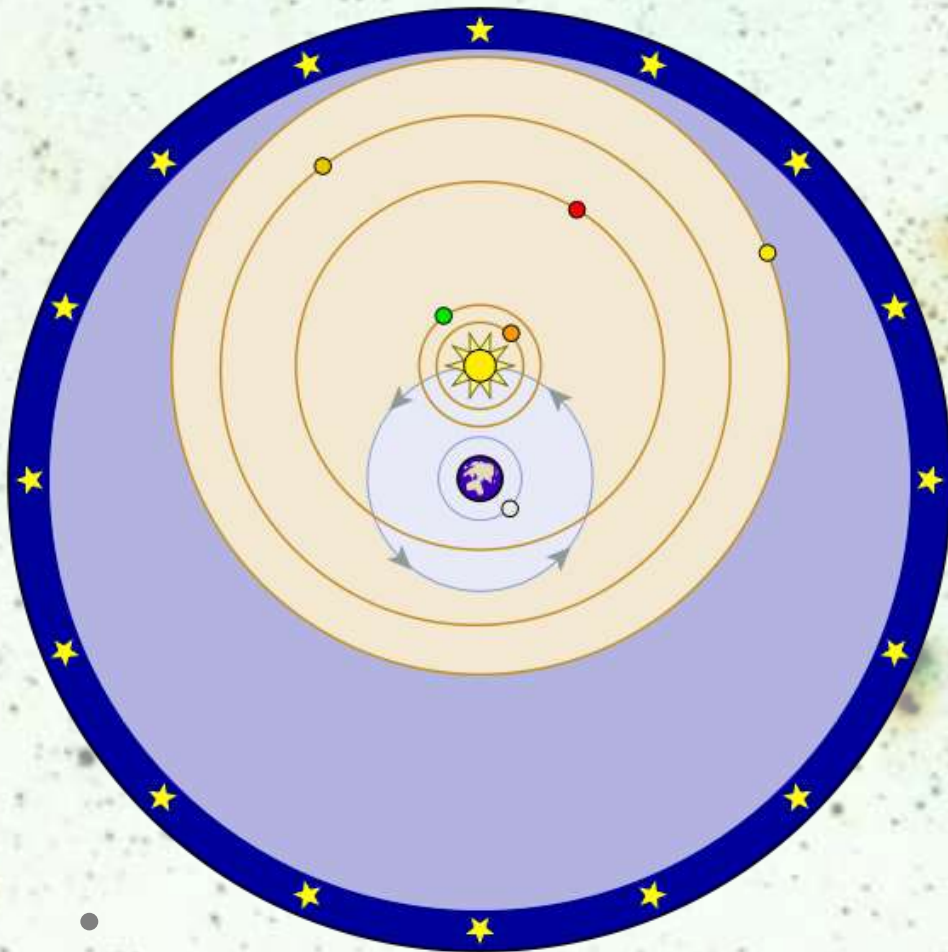


1550

Tycho Brahé (1546/1601) 1576-février

Construction de l'observatoire Uraniborg sur l'île de Ven, catalogue d'étoiles,

Tycho Brahé ne sera pas tout à fait en accord avec la théorie de Copernic sur l'héliocentrisme, car selon lui, la Terre reste au centre de l'univers et ce sont les autres planètes qui tournent autour du Soleil.



Dans ce modèle géo-héliocentrique de Tycho Brahe, les objets célestes sur les orbites en bleu (**Lune** et **Soleil**) tournent autour de la Terre. Les objets sur les orbites en orange (**Mercure**, **Vénus**, **Mars**, **Jupiter** et **Saturne**) tournent autour du Soleil. À la périphérie se trouvent les étoiles

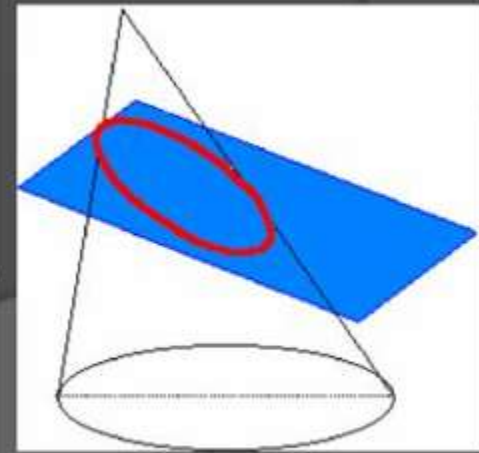
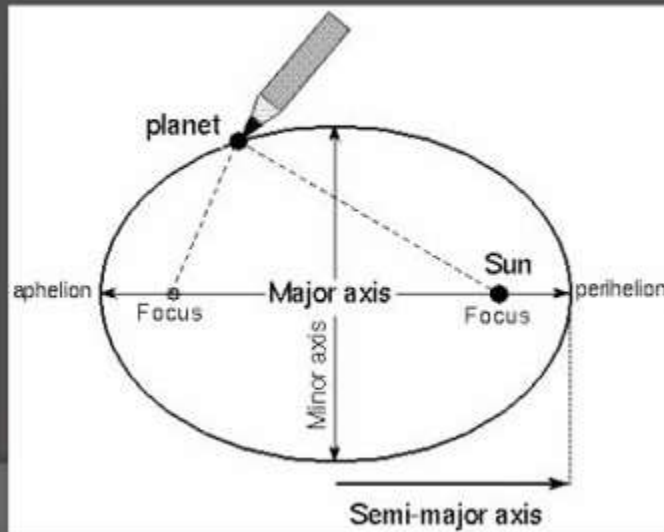
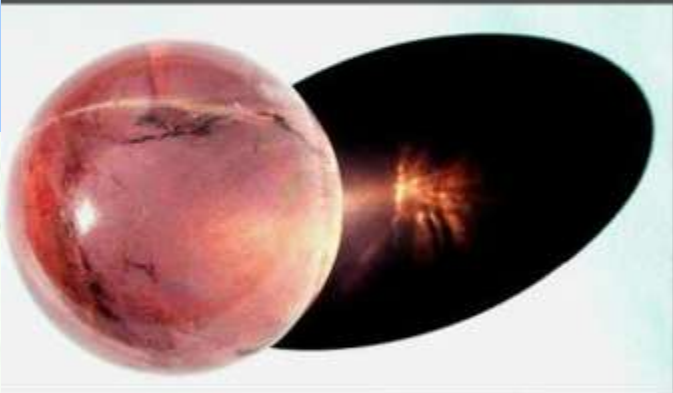
Johannes Kepler

(1571/1630) 1609

C'est en se penchant sur l'étude de l'orbite de Mars qu'il découvre ses deux premières lois. Dix ans plus tard, l'astronome formulera une troisième loi dans "Harmonice Mundi" ("Harmonie du monde" 1600 1619). Ses démonstrations sur le mouvement des corps célestes serviront de base aux travaux de Newton.

1^{re} loi de Kepler :

« Les planètes du système solaire décrivent des trajectoires elliptiques dont le Soleil occupe l'un des foyers »

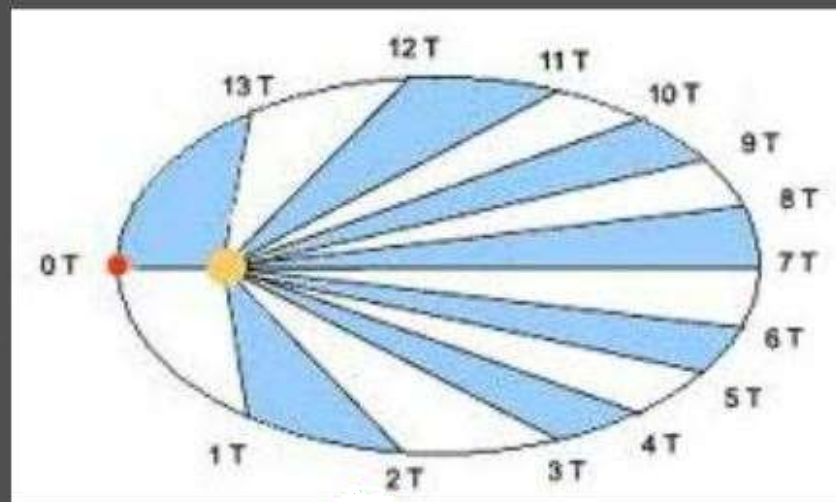
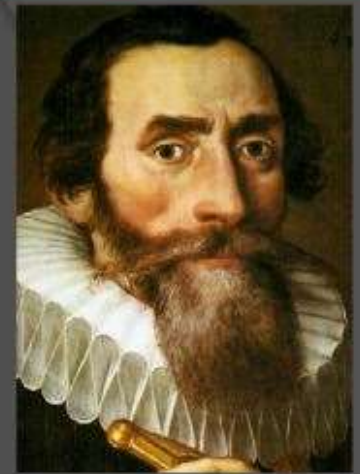


La loi des aires

2^e loi de Kepler :

« Les surfaces balayées en des temps égaux sont égales »

Astronomia Nova (1609)



T = unité de temps (heure, jour, semaine...)

Les planètes se déplacent d'autant plus rapidement qu'elles sont près du Soleil

Galileo Galilei, dit Galilée

(1564/1642) 25 août 1609 22 juin 1633

1ère utilisation de la lunette (**1609**),

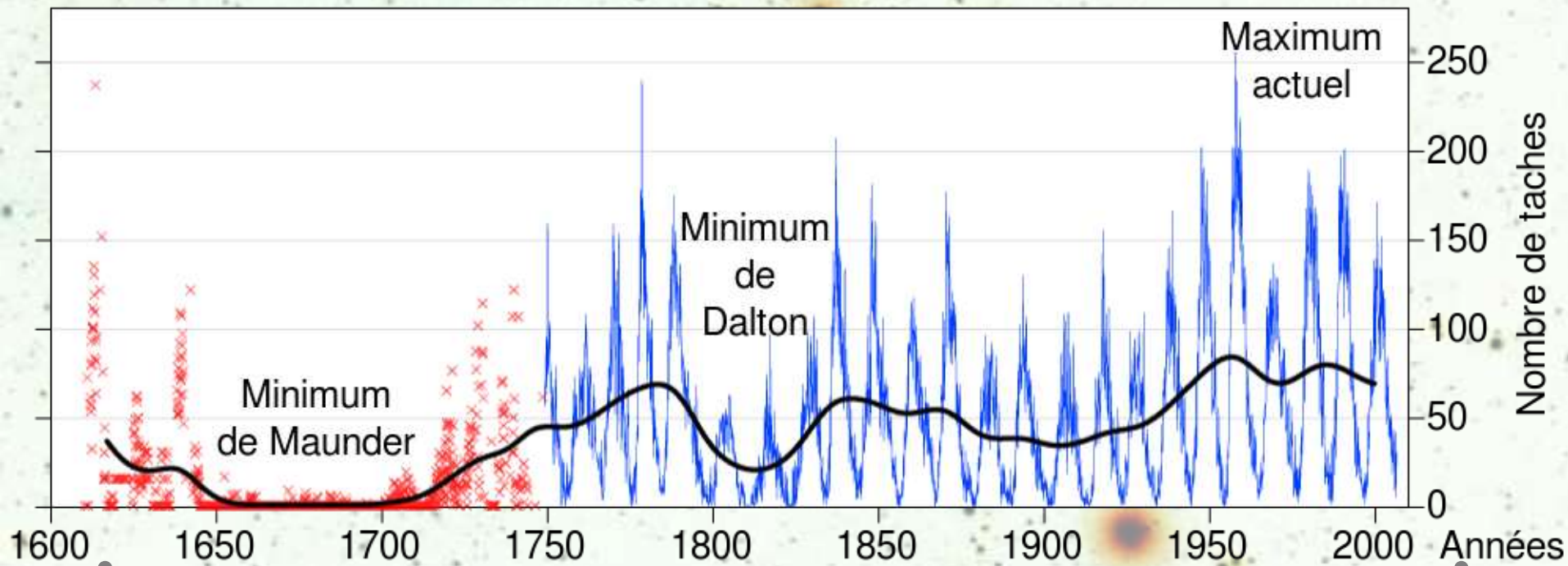
1610 : Galilée observe les taches solaires avec son télescope.

en **1644**, Descartes énonce une théorie selon laquelle le Soleil est une étoile parmi bien d'autres.

1645-1715 : période durant laquelle on observa peu de taches solaires ; on appelle cette période « **le minimum de Maunder** ».

Evolution du nombre de taches solaires par an

× Observations sporadiques
| Observations régulières



Sir Isaac Newton

(1642/1727)

1650 Théorie de la décomposition de la lumière blanche (1669). Construction du premier télescope (1671). Base du calcul différentiel. Lois de l'attraction universelle (1687).

1845 première image du Soleil prise, par les physiciens français Hippolyte Fizeau et Léon Foucault

1852 première relation entre l'activité solaire et géomagnétique eu lieu en (première observation 1859 par l'astronome amateur Richard Carrington).

1860 L'observation de l'éclipse solaire totale de 1860 permet le premier enregistrement d'une éjection de masse coronale.

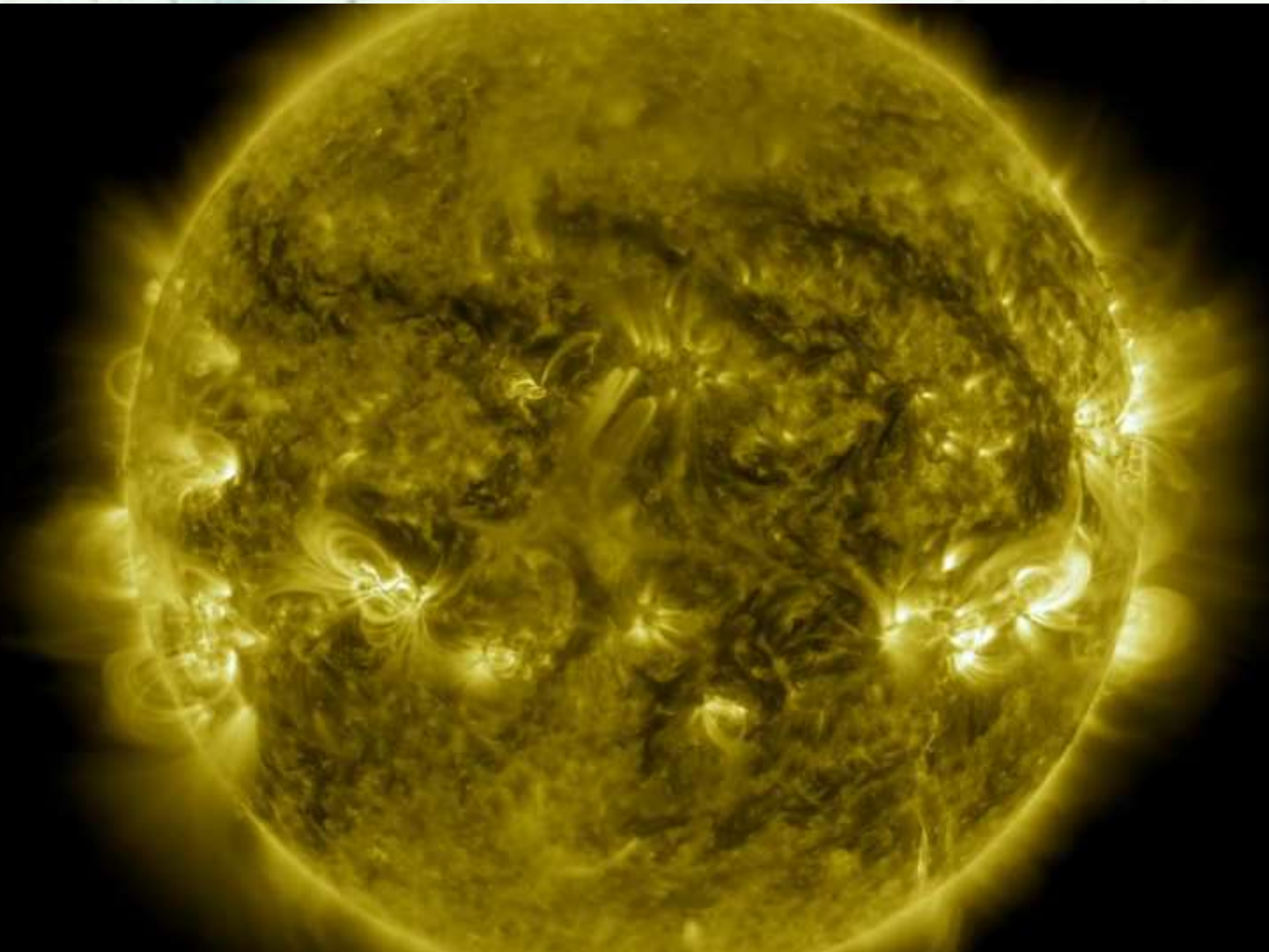
1908 premier enregistrement des champs magnétiques des taches solaires par l'astronome américain George Ellery Hale

1919 les lois de la polarité de Hale fournissent une preuve du cycle magnétique solaire.

1940 1942 fut observée pour la première fois une émission d'ondes radio solaires
1946 fut faite la première observation de rayons ultraviolets (UV) solaires à l'aide d'une fusée sonde, et évaluée la température de la couronne à 2 millions de °C, à l'aide des raies spectrales.

La première observation des rayons X solaires à l'aide d'une fusée sonde date de 1949.

1950... En 1954, on s'aperçoit que l'intensité des rayons provenant du Soleil varie sur un cycle solaire de 11 ans.
Une première observation du vent solaire en 1963, par la sonde Mariner 2.
et ça ne s'arrête pas là...



Et pour finir une vidéo faite par la Nasa qui est une compilation de quatre ans de SDO



Bibliographie

<http://www.astrosurf.com/luxorion/index.htm>

<http://www.astrosurf.com/luxorion/sysol-soleil.htm>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil>

<http://system.solaire.free.fr/soleil.htm>

http://www.neufplanetes.org/systeme_solaire/sol.html

<http://pgj.pagesperso-orange.fr/planetes/soleil.htm>

<http://www.le-systeme-solaire.net/soleil.html>

<http://system.solaire.free.fr/soleilactivite.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=rGMVTHqaG90> : film en anglais

J'ai trouvé les autres films aussi sur YouTube, mais je n'ai plus les liens.