

**CE DOCUMENT EST DESTINÉ AUX ETUDIANTS  
DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE RABAT  
(MAROC)**

**LE CONTENU DE CE DOCUMENT EST COMMENTÉ  
DANS LE DETAIL PENDANT LES SEANCES DE COURS**

**POUR TOUT AUTRE USAGE IL CONVIENT DE CITER LA SOURCE**

## CHAPITRE III LE SYSTEME SOLAIRE

### I - ORGANISATION DU SYSTEME SOLAIRE

#### 1. - Définitions

L'Union Astronomique Internationale (UAI) lors de sa 26ème assemblée générale qui s'est tenue à Prague du 14 mai au 25 août 2006 a redéfini les objets célestes du système solaire comme suit :

**1 - Une "planète"<sup>1</sup> est un corps céleste qui :**

**a - est en orbite autour du Soleil,**

**b - a suffisamment de masse pour que sa propre gravité surmonte les forces rigides de corps de sorte qu'elle assume une forme hydrostatique d'équilibre (presque ronde), et**

**c - a dégagé le voisinage autour de son orbite.**

**2 - Une "planète naine" est un corps céleste qui remplit les conditions a et b mais**

**c – n'a pas dégagé le voisinage autour de son orbite.**

**d - n'est pas un satellite**

**3 - Petits Corps du Système Solaire correspond à tout autre objet en orbite autour le Soleil, excepté les satellites ("Small Solar-System Bodies").**

# CHAPITRE III LE SYSTEME SOLAIRE

## I - ORGANISATION DU SYSTEME SOLAIRE

### 2. - constitution

- le **Soleil** : une étoile moyenne
- les **planètes** : gravitent autour du Soleil

**Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune**

**Mon Vieux, Tu M'as Jeté Sur Une Nébuleuse**

- les **satellites** : astres qui gravitent autour des planètes
- les **astéroïdes** : corps célestes groupés en anneau entre Mars et Jupiter ou isolés (géocroiseurs)
- les **comètes** : corps célestes qui visitent périodiquement notre système solaire
- le **milieu interplanétaire**

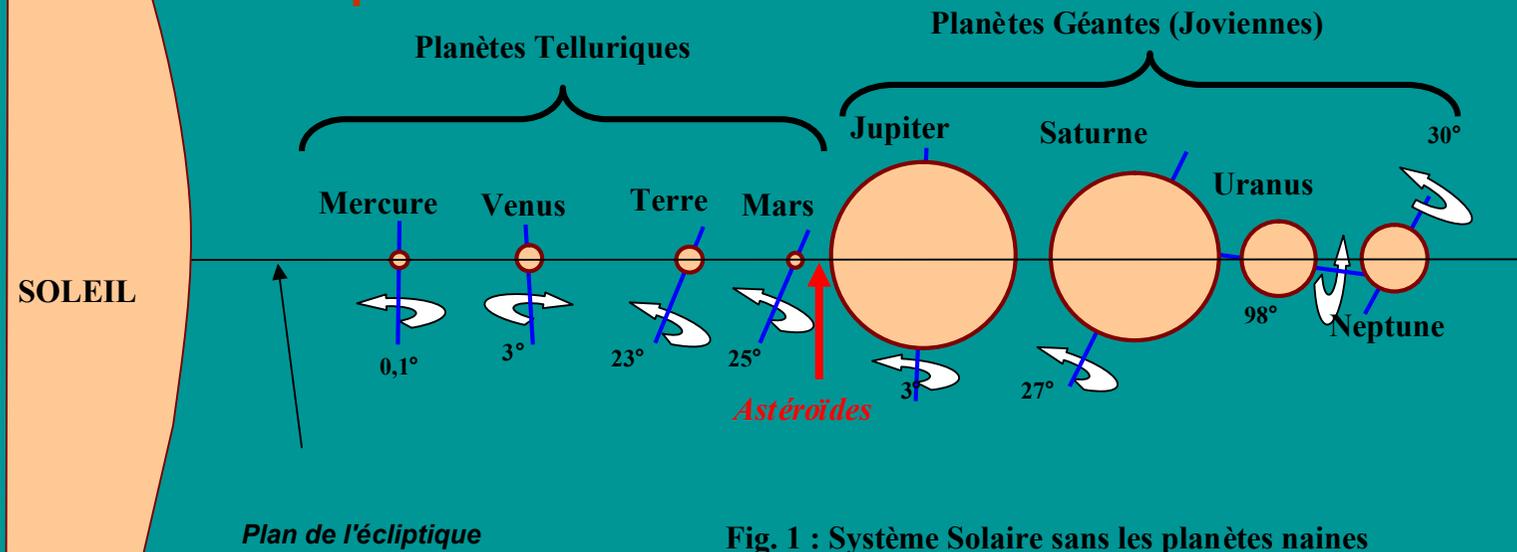
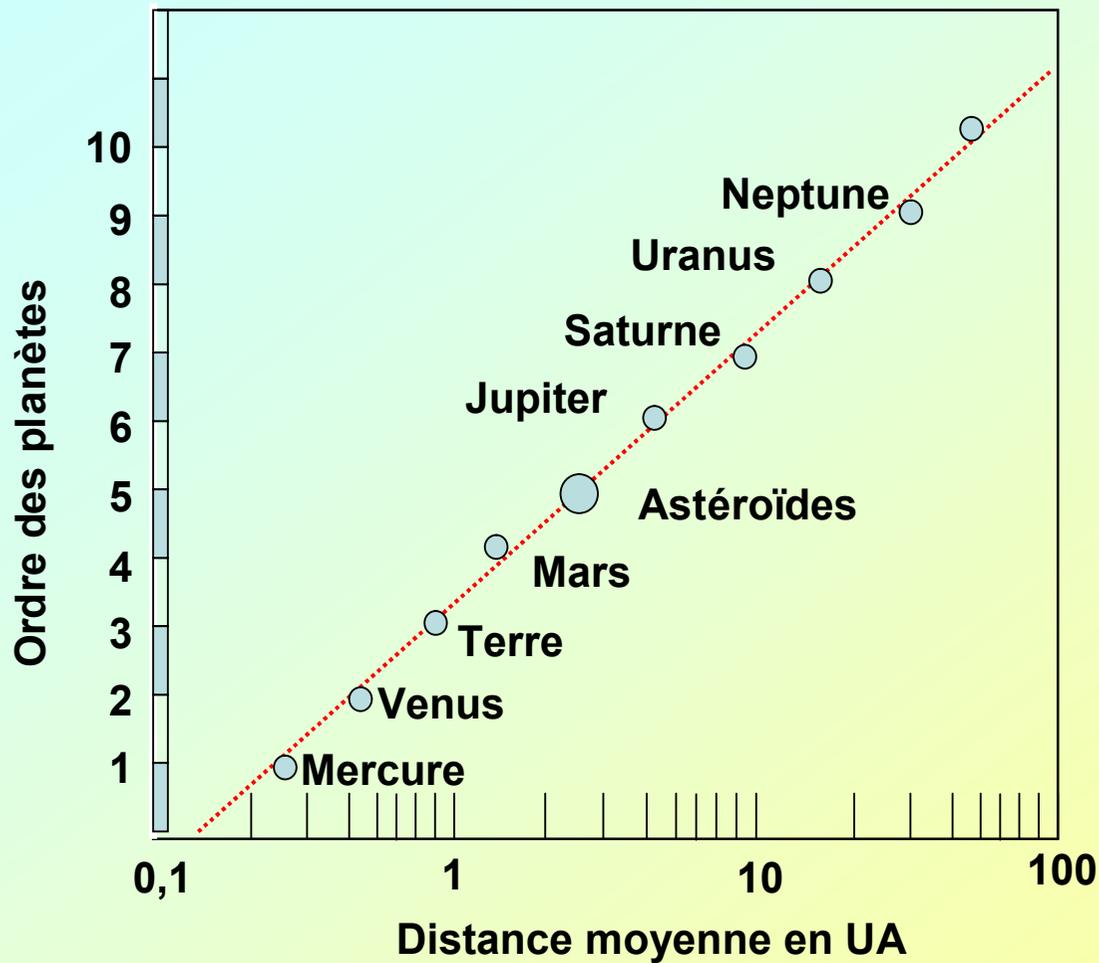


Fig. 1 : Système Solaire sans les planètes naines

### 3. – Distances des planètes

Fig.2 : La loi de Bode



relation empirique :

$$d = 0,4 + 0,3 \times 2^n$$

d = distance en UA

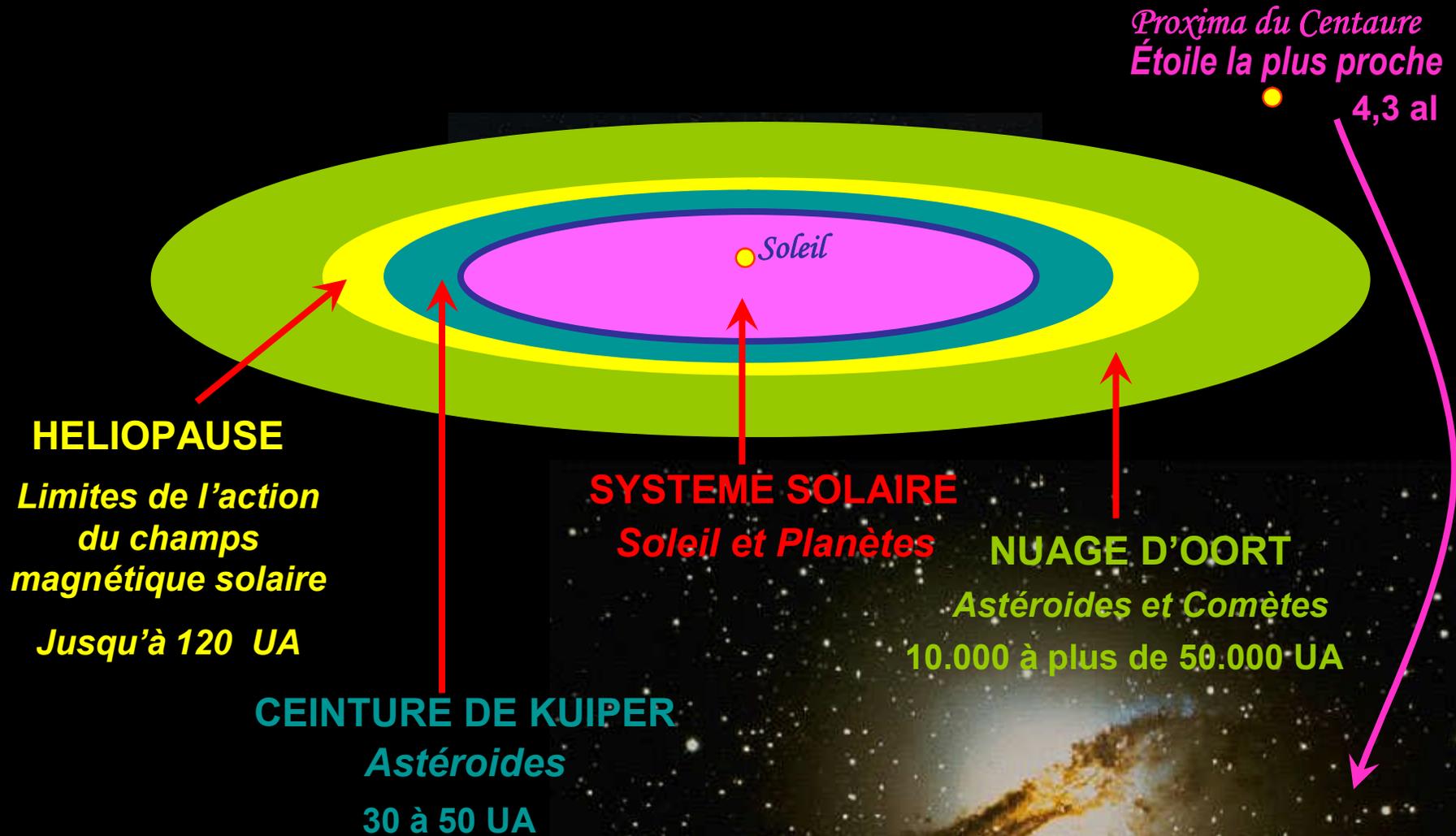
n = rang de la planète

valable de n = 0 pour Vénus  
à n = 5 pour Uranus

pour Mercure n = - ∞

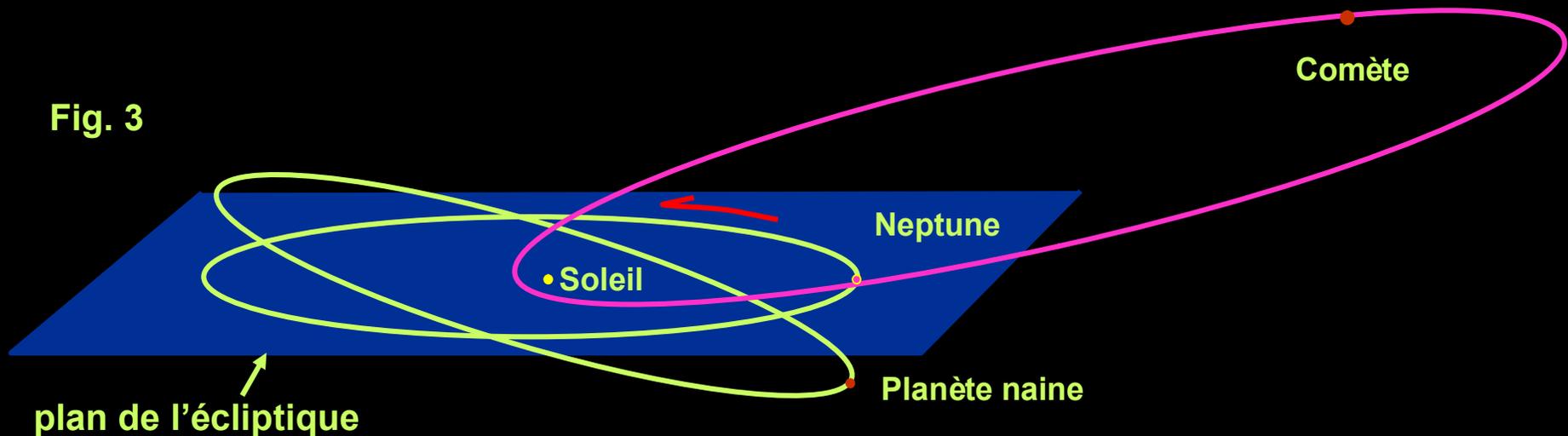
<b>Planète</b>	<b>n</b>	<b>Distance calculée</b>	<b>Distance réelle</b>	<b>Erreur absolue</b>	<b>Erreur relative</b>
Mercure	$-\infty$	0,4	0,39	0,01	2,6%
Vénus	0	0,7	0,72	0,02	2,8%
Terre	1	1,0	1,00	0	0%
Mars	2	1,6	1,52	0,08	5,3%
<i>Cérès</i>	3	2,8	2,77	0,03	1,1%
Jupiter	4	5,2	5,20	0	0%
Saturne	5	10,0	9,54	0,46	4,8%
Uranus	6	19,6	19,2	0,4	2,1%
Neptune	-	-	30,1	-	-
<i>Pluton</i>	7	38,8	39,5	0,7	1,8%
<i>Sedna</i>	8	77,2	76,1	1,2	1,6%

## 4. – Dimensions et limites



## 4. – Orbites et rotations des planètes

- gravitation des planètes dans le plan de l'écliptique
- gravitation dans le sens anti-horaire si regarde le nord du Soleil à partir du haut
- orbites circulaires
- orbites des comètes très allongées vers le milieu extra système solaire



- axe de rotation presque perpendiculaire à l'écliptique sauf pour Uranus
- rotation antihoraire des planètes sauf pour Vénus

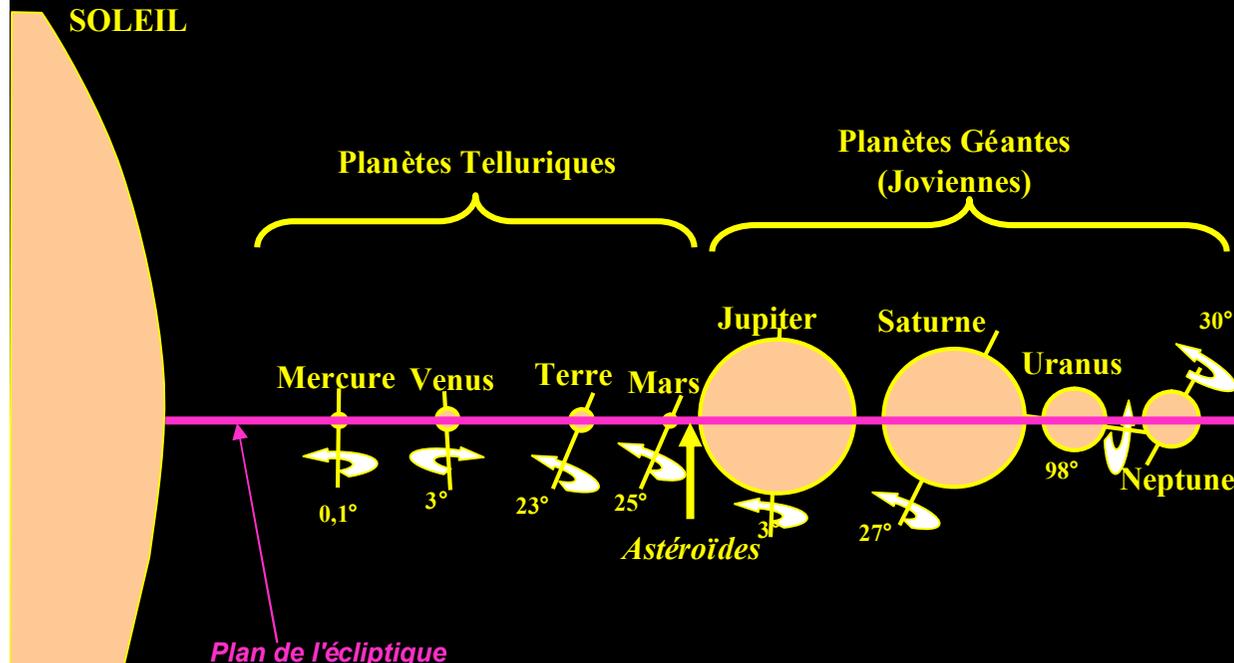
## 3. – Masse

- Soleil = 99,85%;
- Planètes = 0,13%
- Comètes + Satellites + Astéroïdes + Milieu Interplanétaire = 0,02%

## II. - CARACTERES GENERAUX DES PLANETES

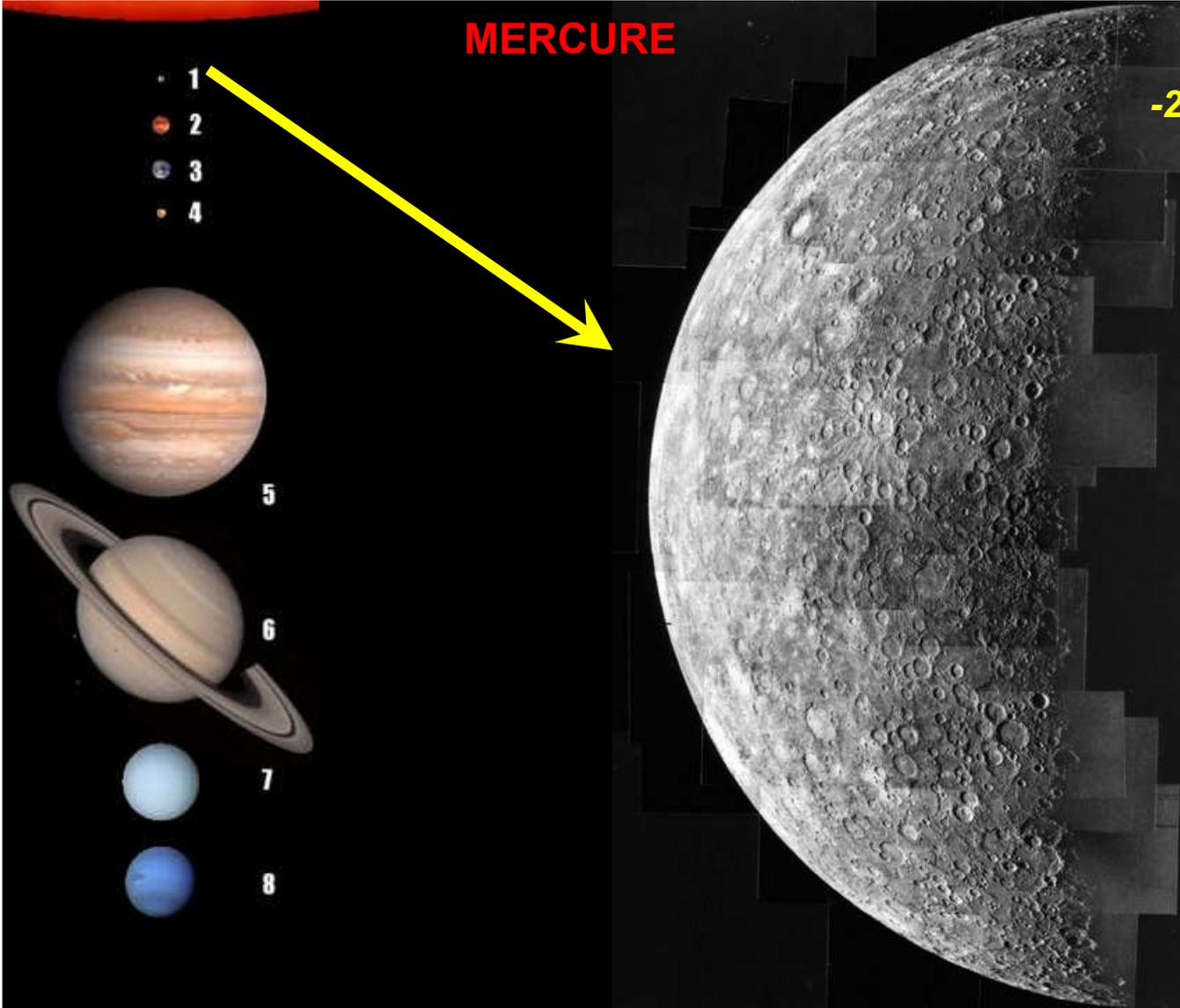
	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Incli_orbite / ecliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800		25-36	9	---	---	---	1,41
Mercure	0,39	2.962	0,05	87	58,7 j	0	7°	0,3°	0,21	5,43
Vénus	0,72	6.051	0,89	224	243 j	0	3,39°	3°	0,01	5,25
Terre	1,0	6.378	1,00	365	24 h	1	0,00	23°	0,02	5,52
Mars	1,5	3.392	1,07	686	24,6h	2	1,85°	25°	0,09	3,95
Jupiter	5,2	71.492	318	4.332	9,8 h	16	1,31°	3°	0,05	1,33
Saturne	9,5	60.268	95	10.759	10,6 h	18	2,49°	27°	0,06	0,69
Uranus	19,2	25.559	15	30.685	17,2 h	15	0,77°	98°	0,05	1,29
Neptune	30,1	24.764	17	60.190	16,1 h	8	1,77°	30°	0,01	1,64

Fig. 1 : Système Solaire



# MERCURE

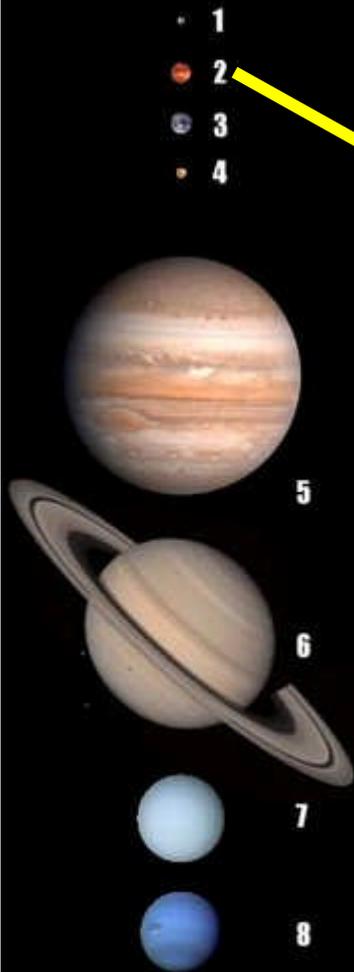
-220 °C la nuit, 400 °C le jour



	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Mercure	0,39	2.962	0,05	87	58,7 j	0	7°	0,3°	0,21	5,43

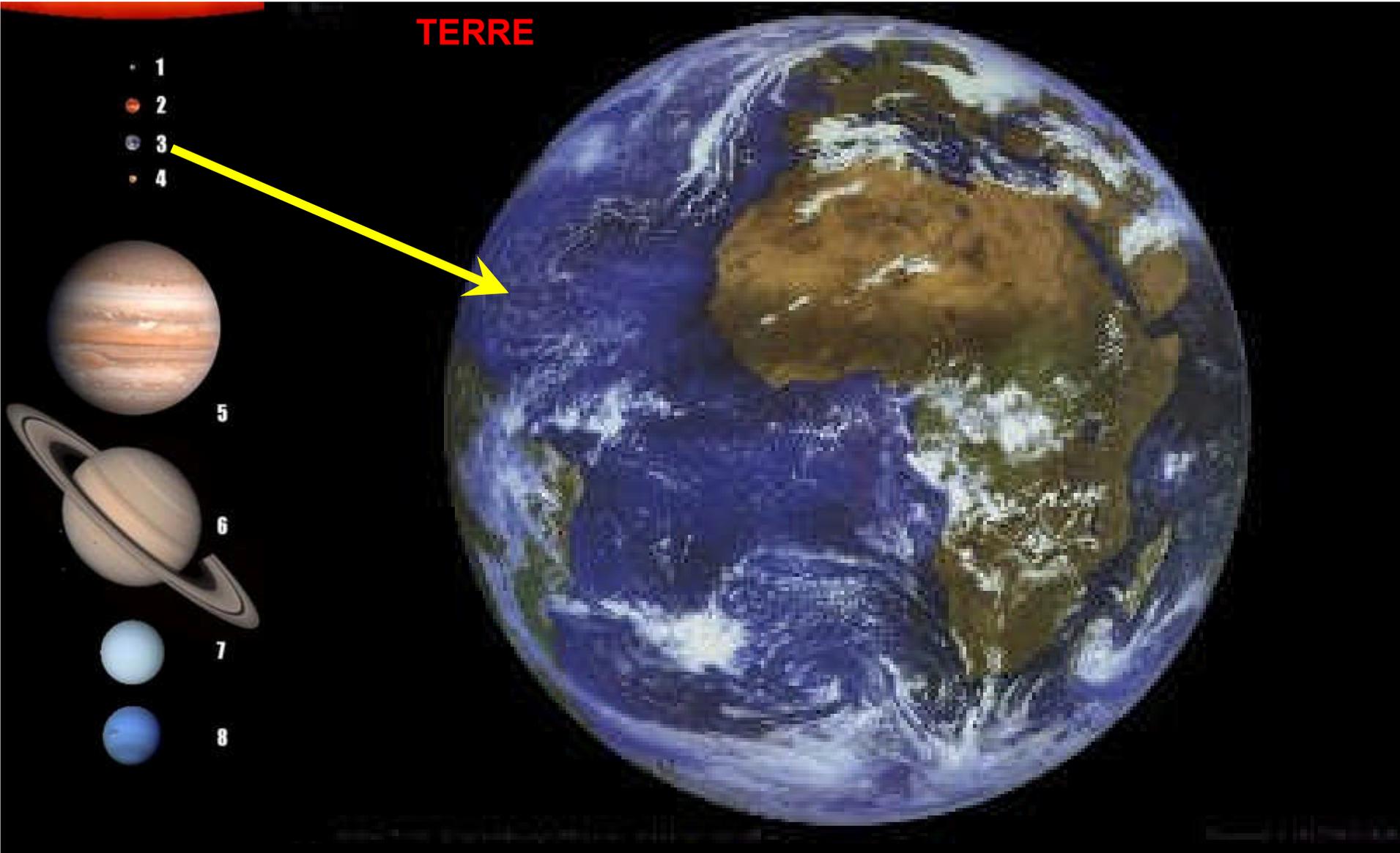
# VENUS

atmosphère : vapeur d'eau et d'acide sulfurique  
température : Environ 460 °C



	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Vénus	0,72	6.051	0,89	224	243 j	0	3,39 °	3°	0,01	5,25

# TERRE

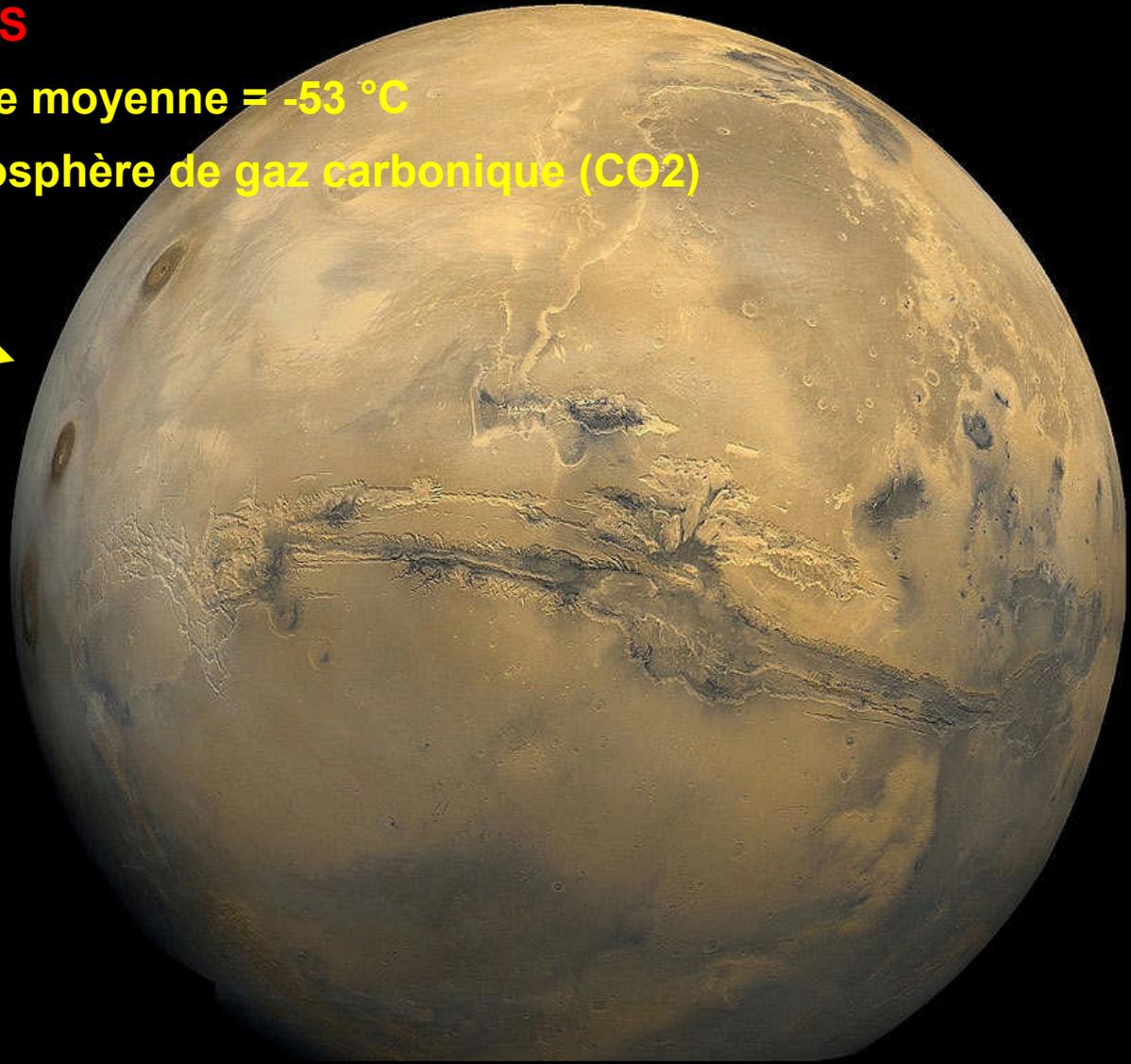


	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Terre	1,0	6.378	1,00	365	24 h	1	0,00	23 °	0,02	5,52

# MARS

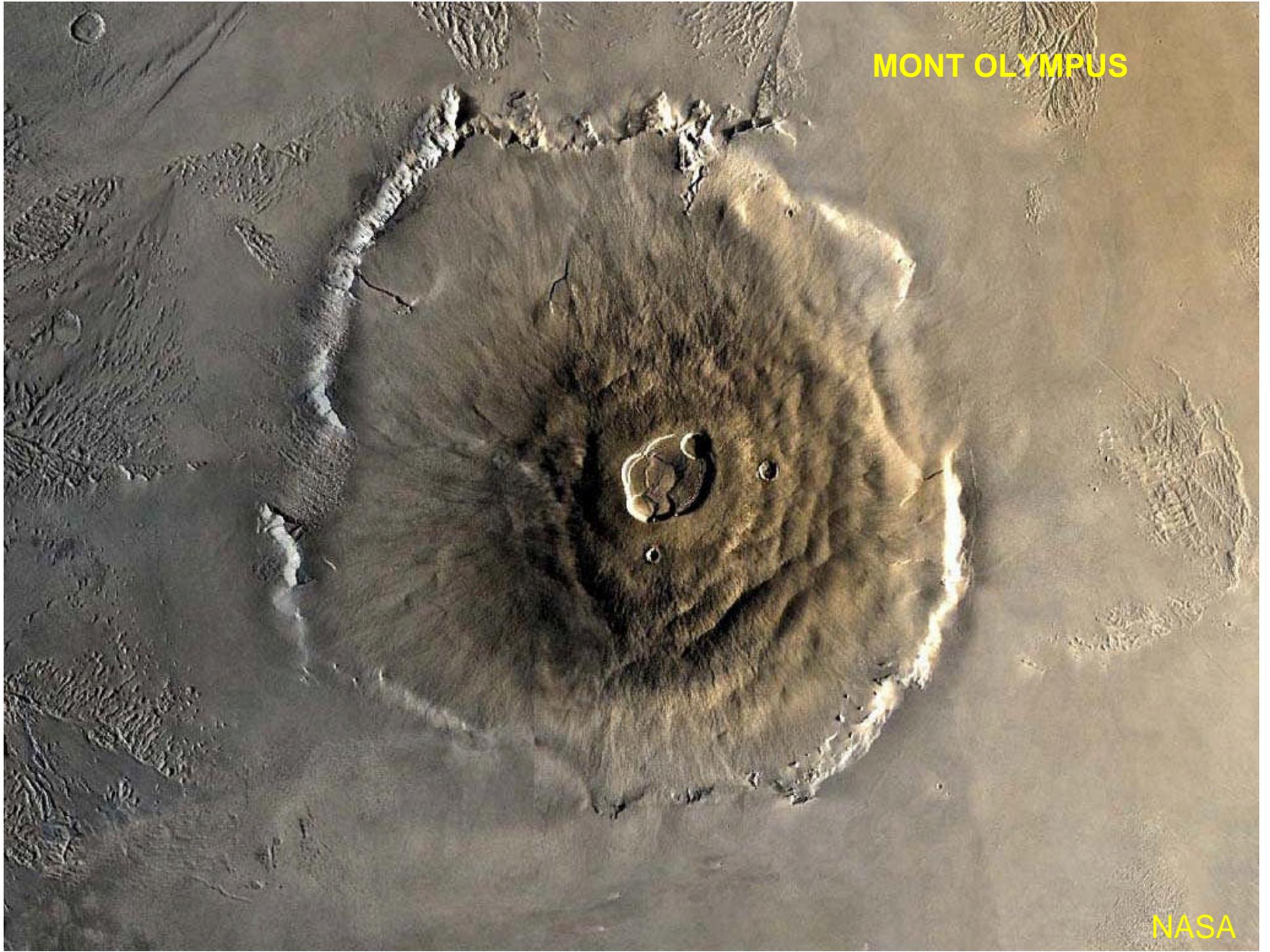
température moyenne = -53 °C

mince atmosphère de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)



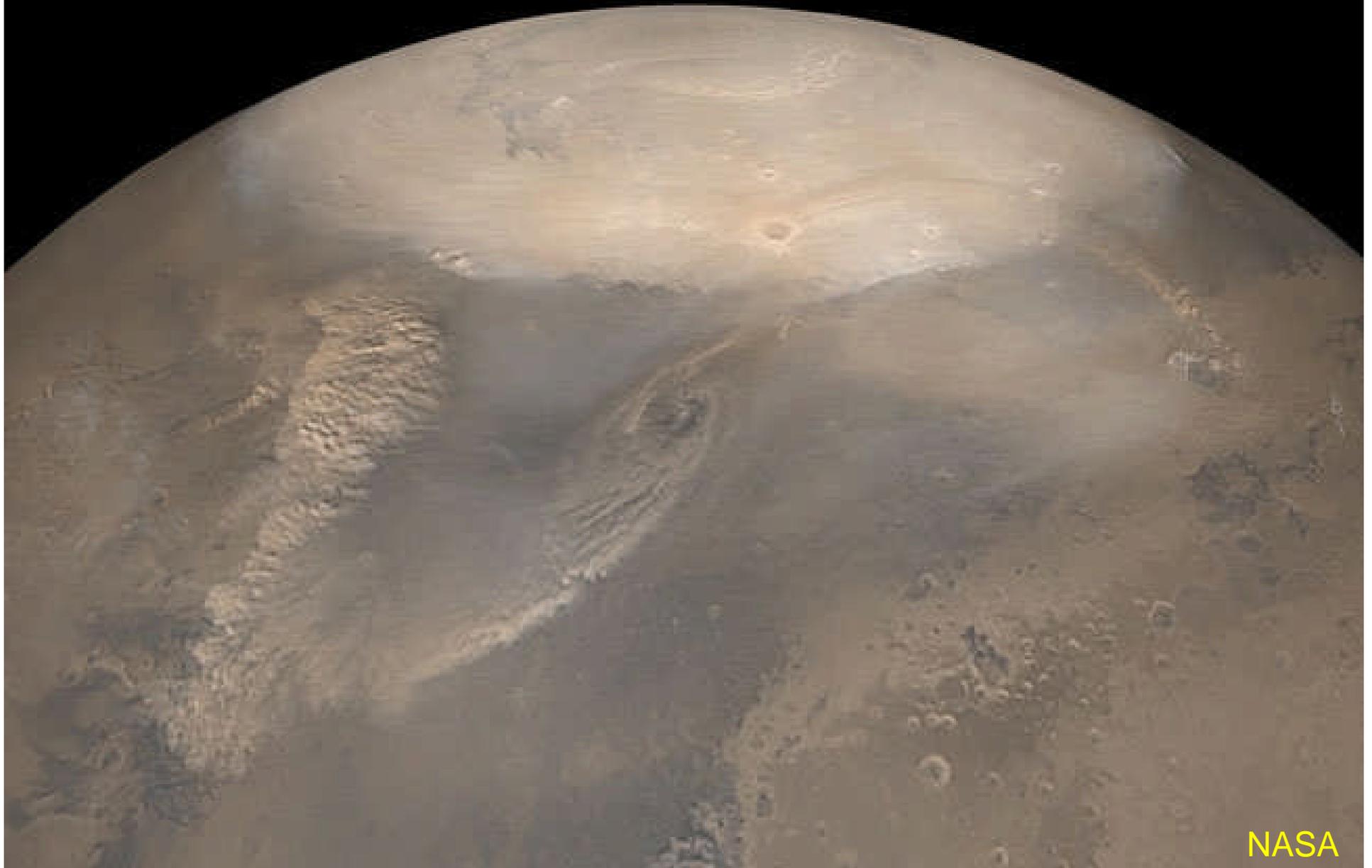
	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Mars	1,5	3.392	0,11	686	24,6h	2	1,85 °	25 °	0,09	3,95

**MONT OLYMPUS**



**NASA**

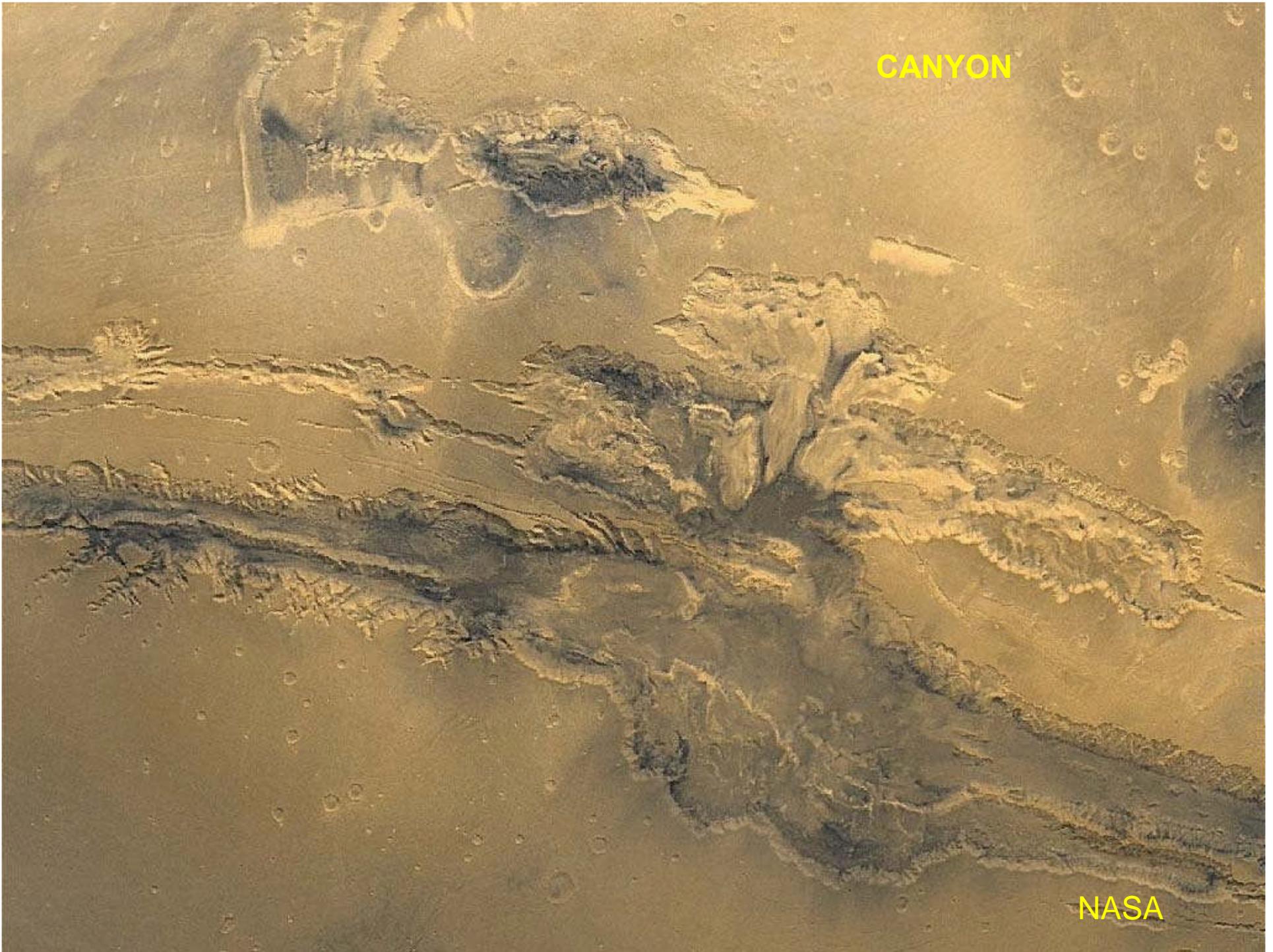
# CALLOTTE GLACIAIRE AU PÔLE NORD DE MARS



NASA

CANYON

NASA



SOL MARTIEN

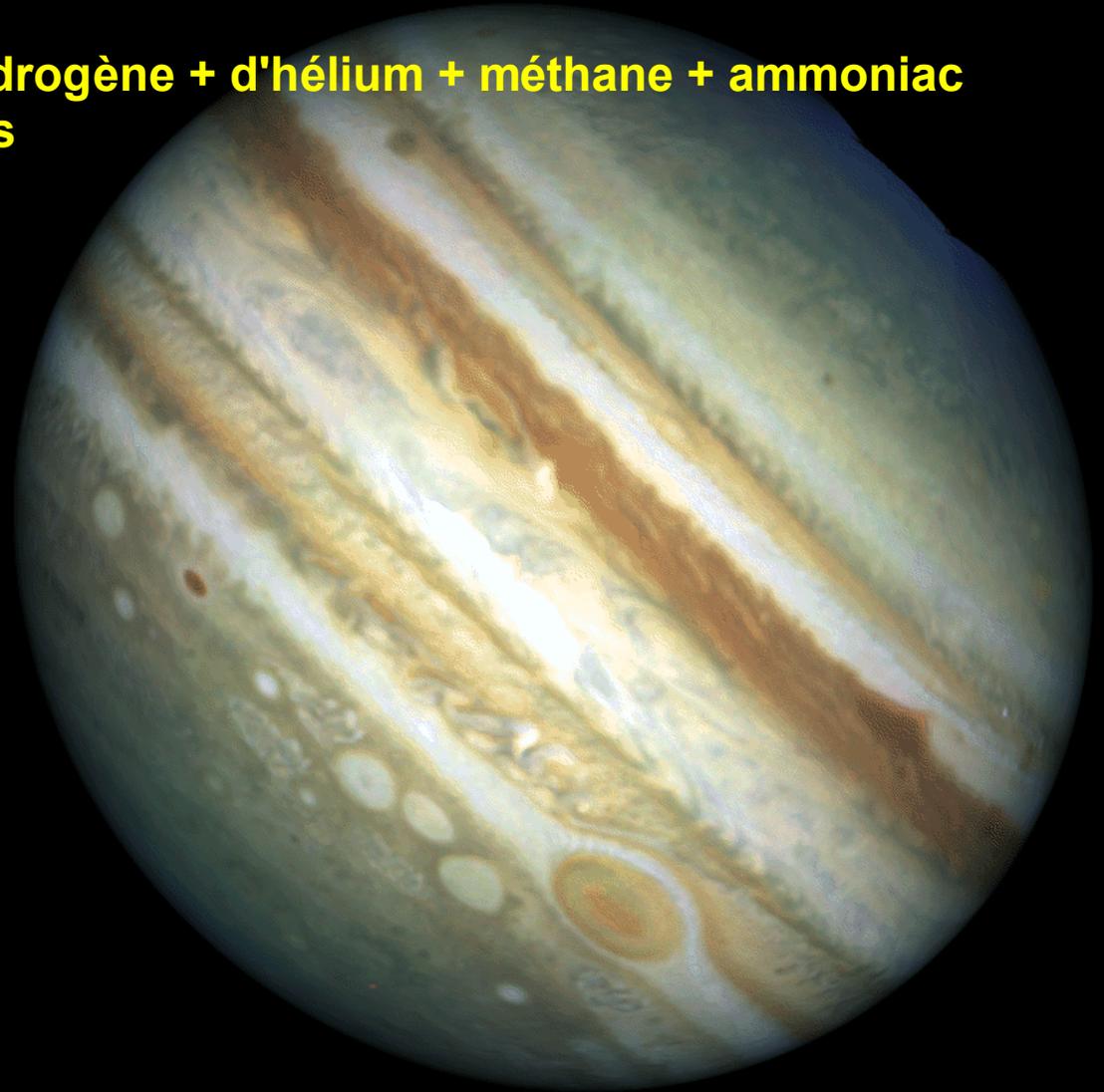
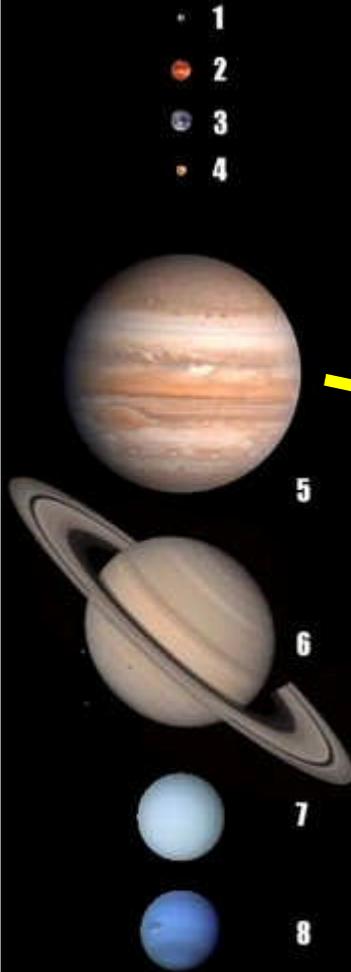


NASA

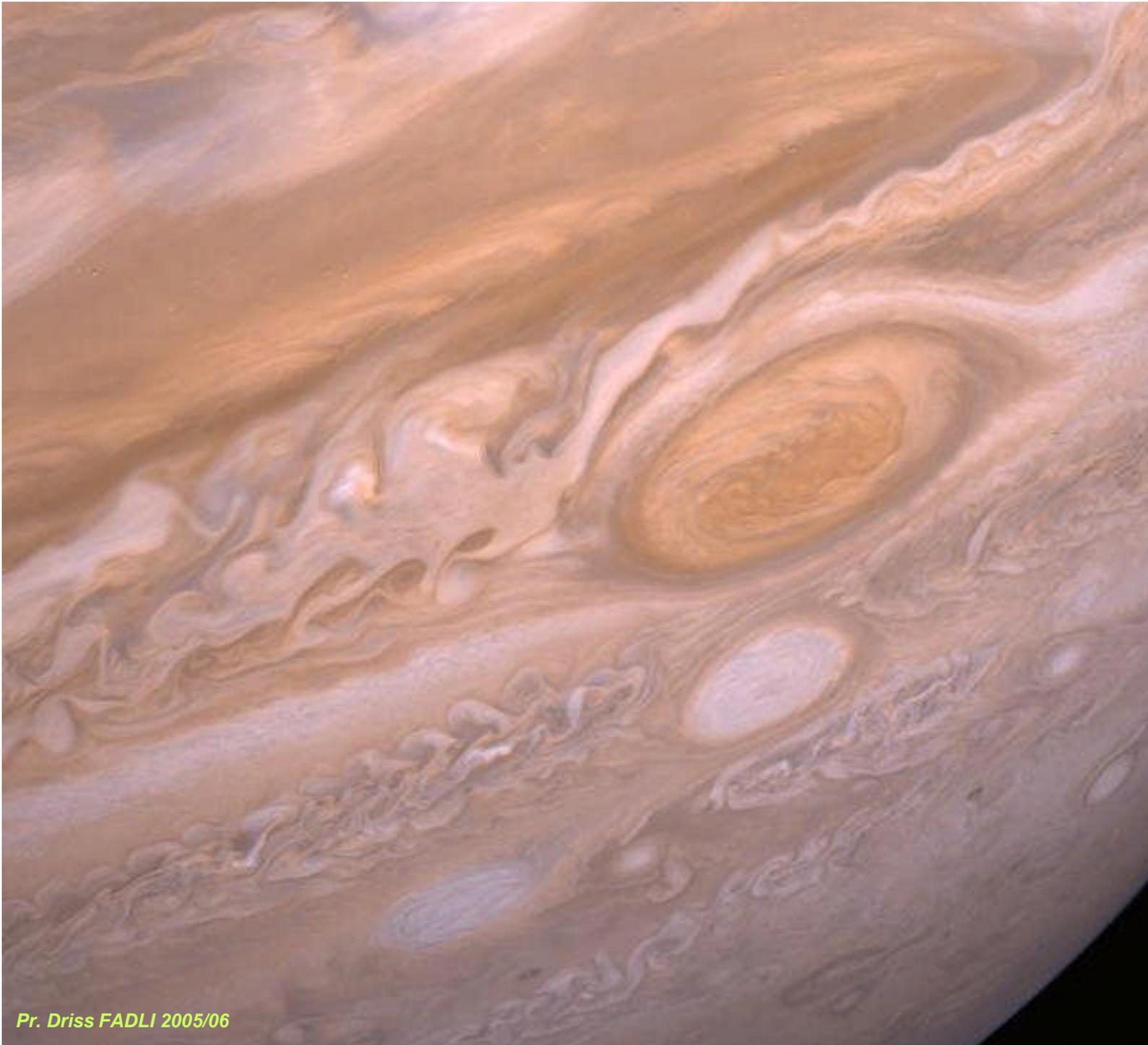
# JUPITER

atmosphère = hydrogène + d'hélium + méthane + ammoniac  
nombreux nuages

températures : ?

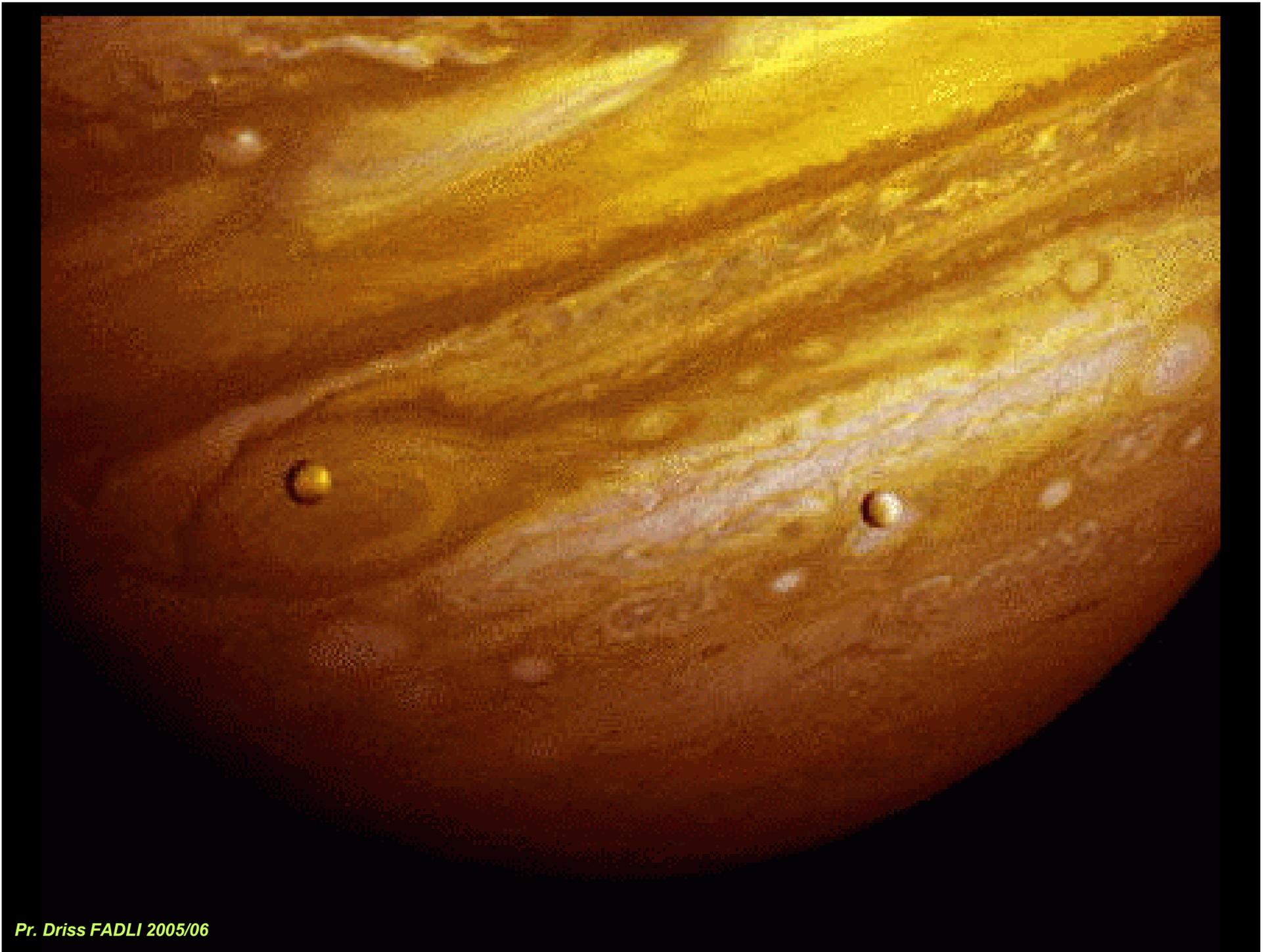


	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Jupiter	5,2	71.492	318	4.332	9,8 h	16	1,31 °	3°	0,05	1,33



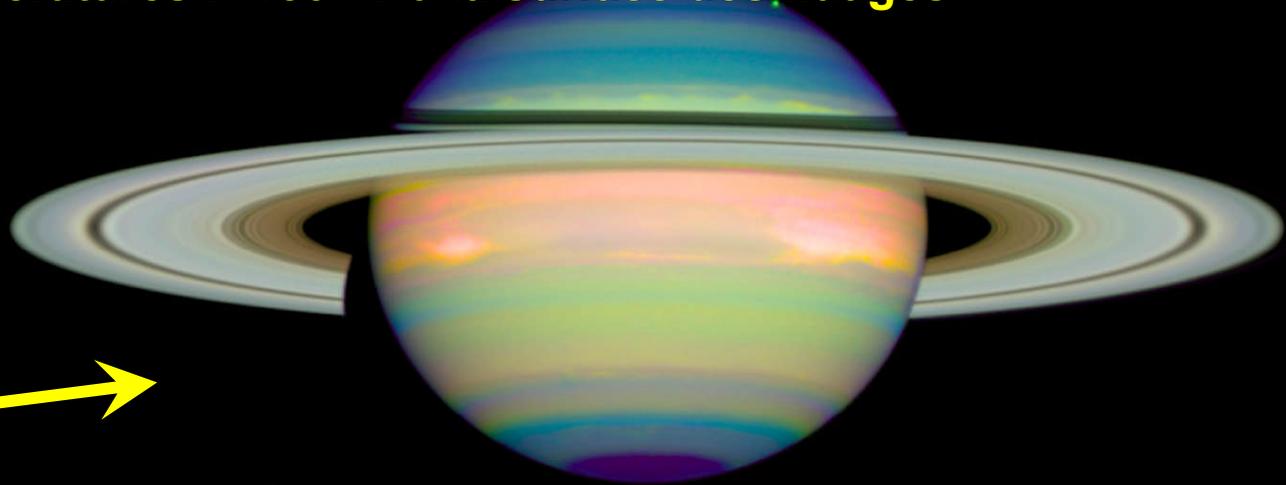
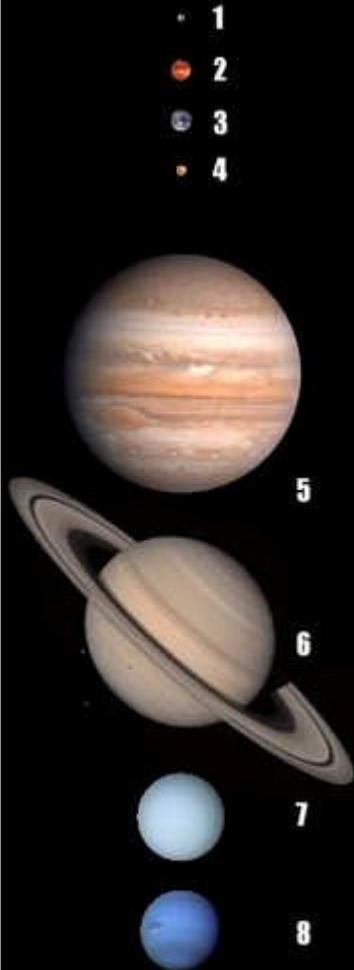
Pr. Driss FADLI 2005/06

NASA/JPL



# SATURNE

anneaux formés de blocs de glace de différentes tailles  
 atmosphère est comparable à celle de Jupiter  
 températures : -150 °C à la surface des nuages



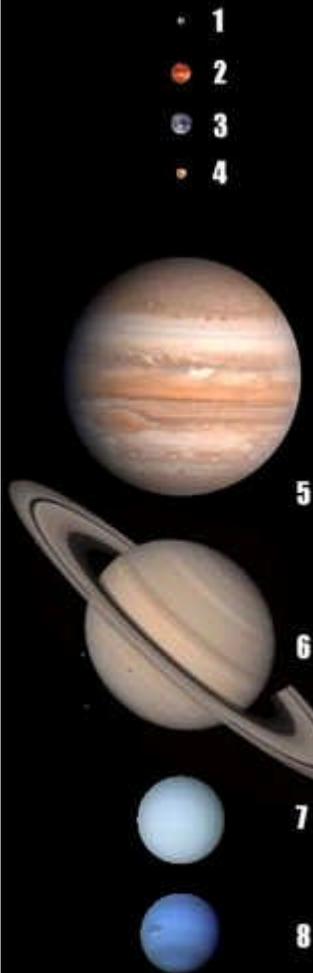
Saturn • January 4, 1998  
 Hubble Space Telescope • NICMOS

PRC98-18 • April 23, 1998 • ST Scl OPO • E. Karkoschka (University of Arizona) and NASA

	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Saturne	9,5	60.268	95	10.759	10,6 h	18	2,49 °	27°	0,06	0,69

# URANUS

atmosphère comparable à celle de Jupiter et de Saturne,  
faible% en hydrogène  
températures : ?

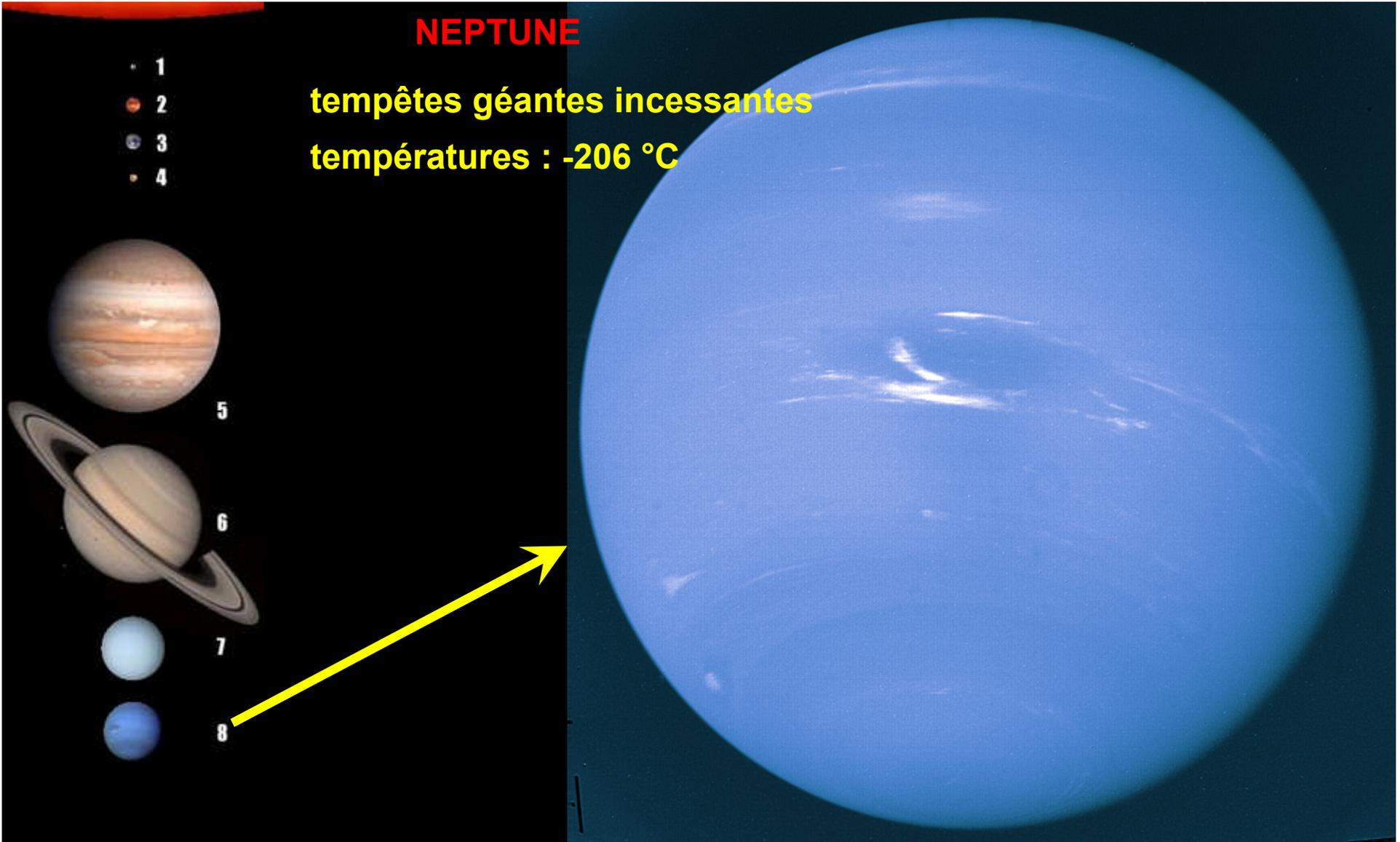


	Distance (UA)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Uranus	19,2	25.559	15	30.685	17,2 h	15	0,77 °	98°	0,05	1,29

# NEPTUNE

tempêtes géantes incessantes

températures : -206 °C



	Distance (AU)	Rayon (km)	Masse (par rapport à la Terre)	Révolution (en jours)	Rotation (jours ou heures)	# Lunes (satellites)	Inclinaison / l'écliptique	Inclinaison équateur	Excentricité Orbitale	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Soleil	0	696.000	332.800	25-36		9	---	---	---	1,41
Neptune	30,1	24.764	17	60.190	16,1 h	8	1,77 °	30°	0,01	1,64

Saturn >

Aldebaran >

Mars >

< Pleiades

13e étoile la plus brillante du ciel nocturne  
= étoile la plus brillante de la constellation  
du Taureau

**amas M45** = amas ouvert d'étoiles  
dans la constellation du Taureau.

Moon > →

< Venus



## II. – LE SOLEIL

### Le noyau solaire

- 25% le rayon solaire
- Temp = 15 Millions de °K
- 40% de la masse du Soleil
- H transformé en He
- émission importante de neutrinos

### La zone radiative

- 60% le rayon solaire
- Temp = 1 à 7 millions °K.
- chaleur produite transportée sous forme de photons.

### La zone convective

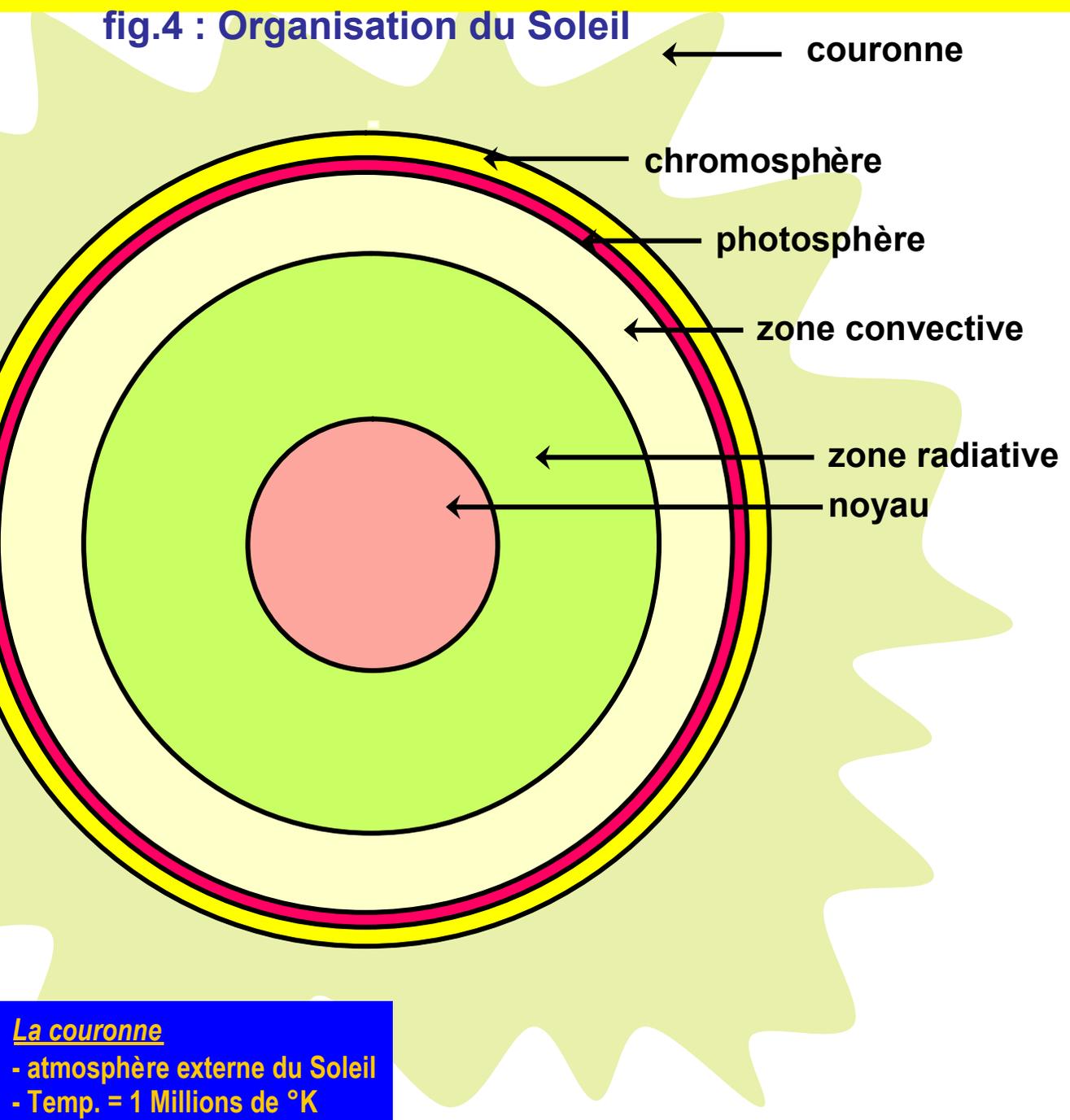
- épaisseur moyenne = 100.000 km
- Temp = 15.000 à 1 million °K.
- mouvements de convection
- transfert de l'énergie (sous forme de chaleur) vers l'extérieur.

### La photosphère

- aspect granuleux, 75% H, 24% He
- épaisseur = 500 km
- Temp = 6.000 °K environ
- émission dans la lumière visible et les infrarouges
- taches et facules solaires

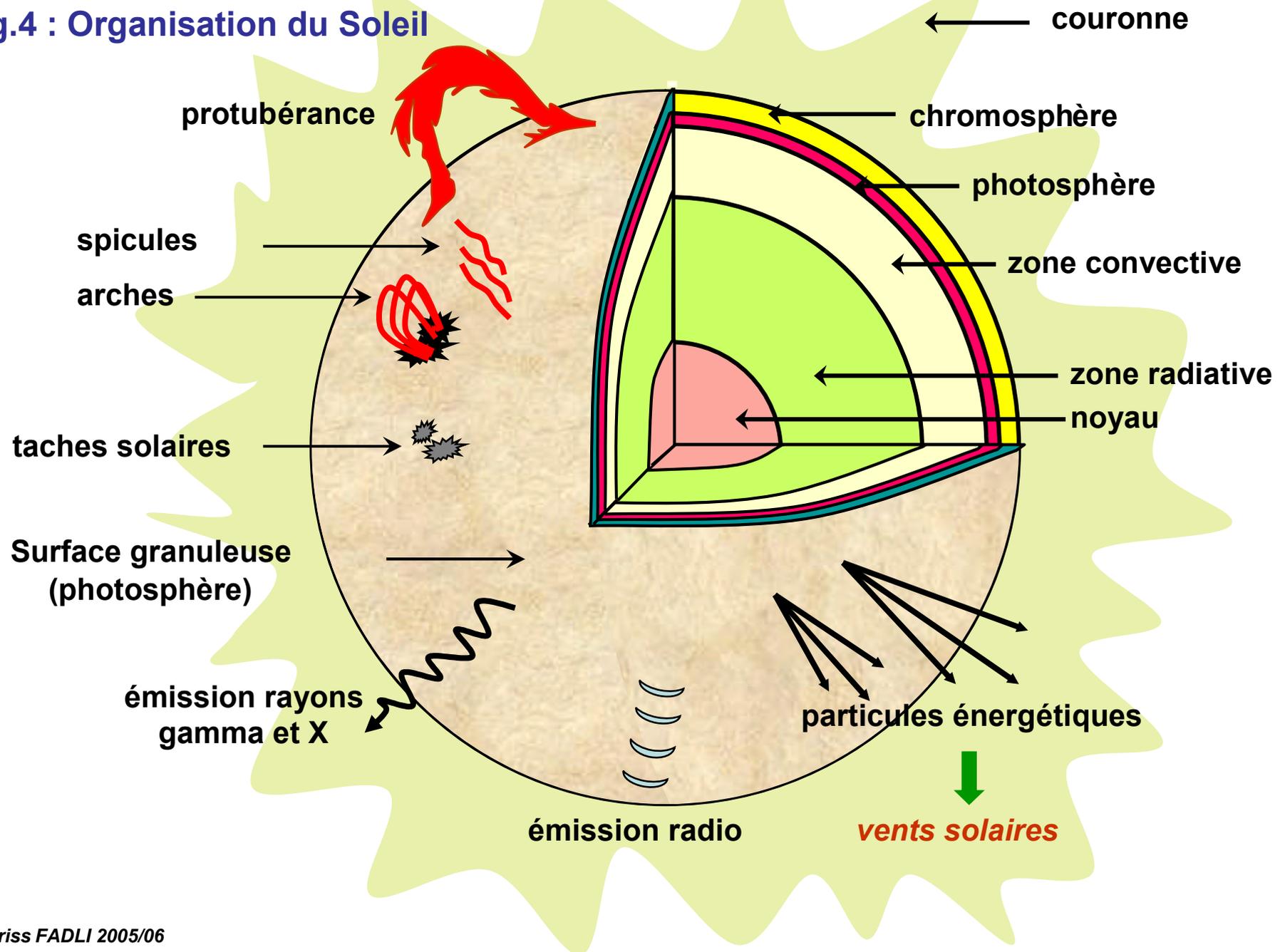
### La chromosphère

- config. semi-transparente de gaz
- épaisseur 1.500 à 3.000 km.
- Température environ = 4.500 °K.



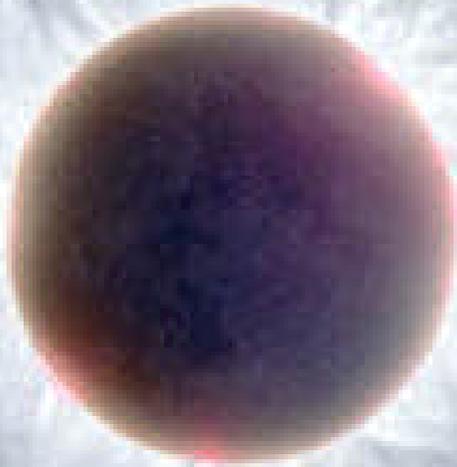
## II. – LE SOLEIL

fig.4 : Organisation du Soleil

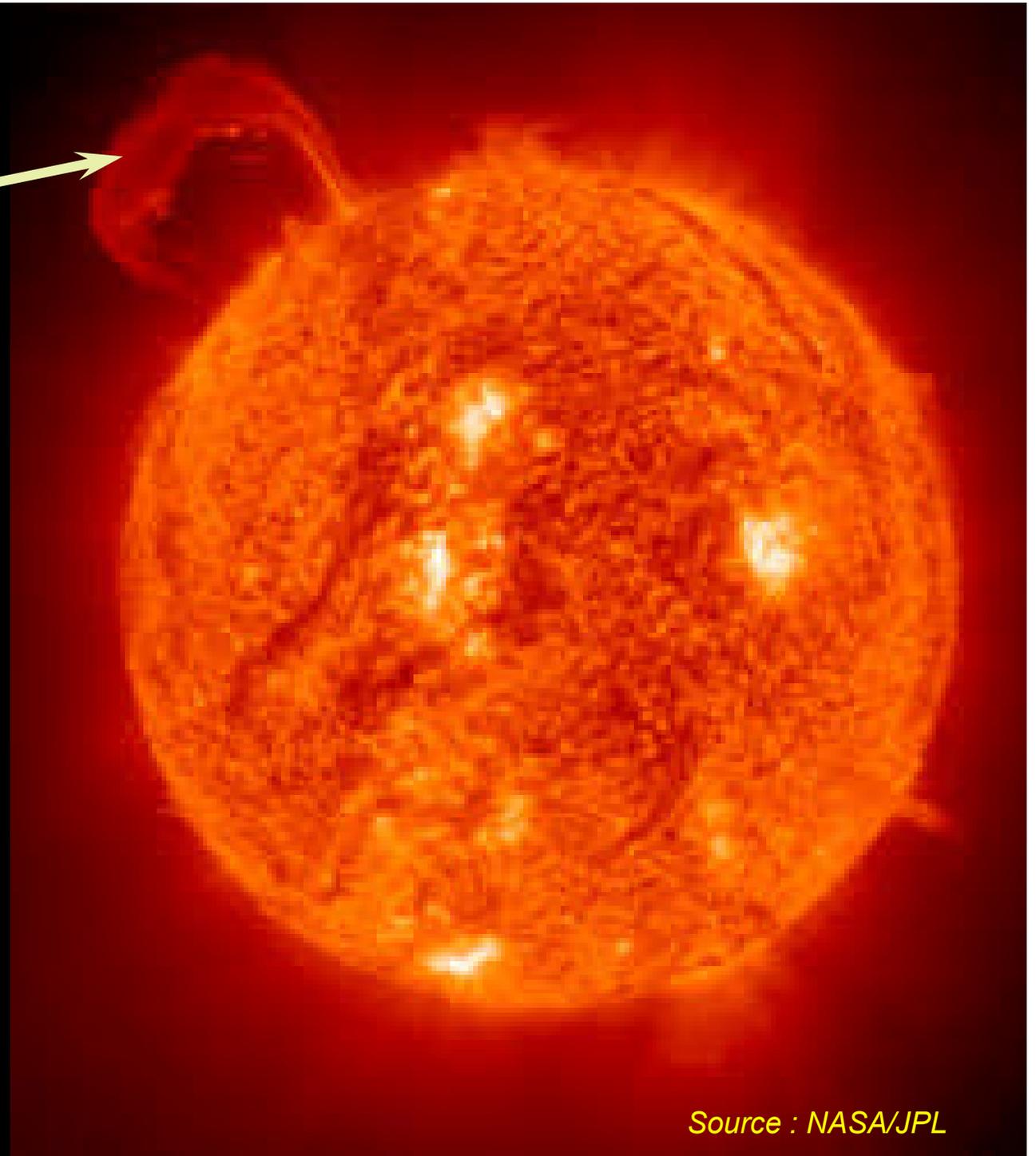


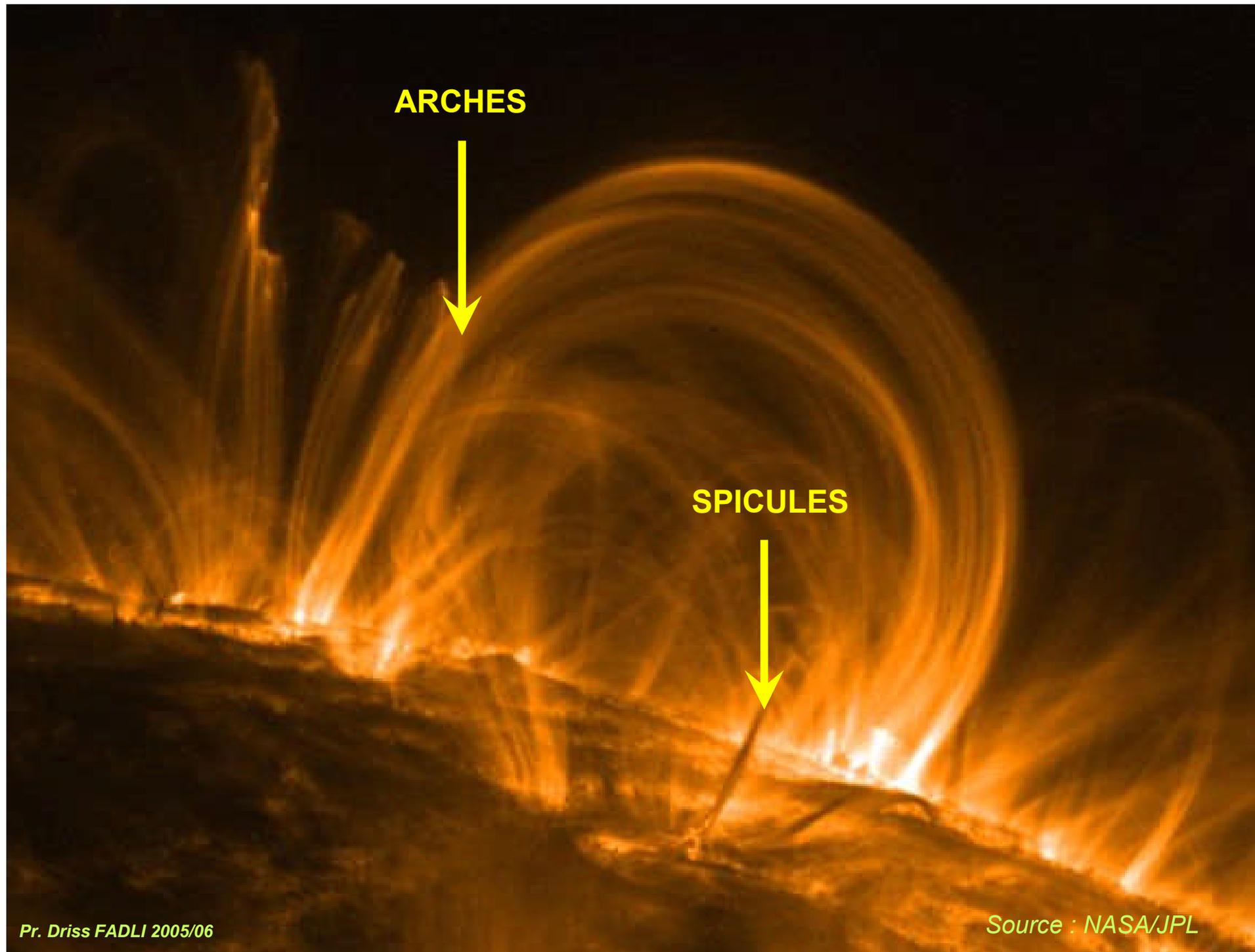
# ILLUSTRATIONS

**COURONNE**



**PROTUBERANCE SOLAIRE**





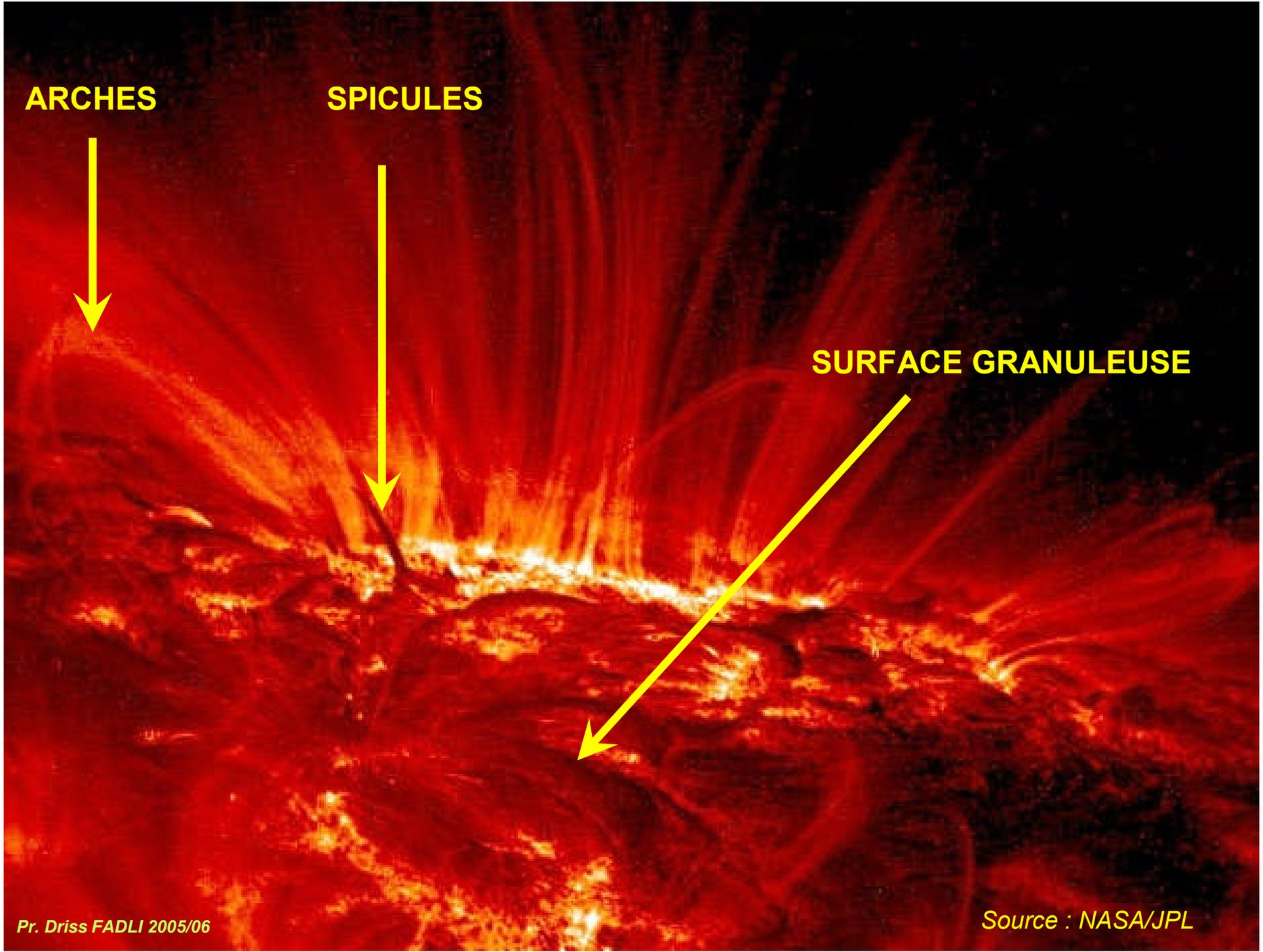
**ARCHES**

**SPICULES**

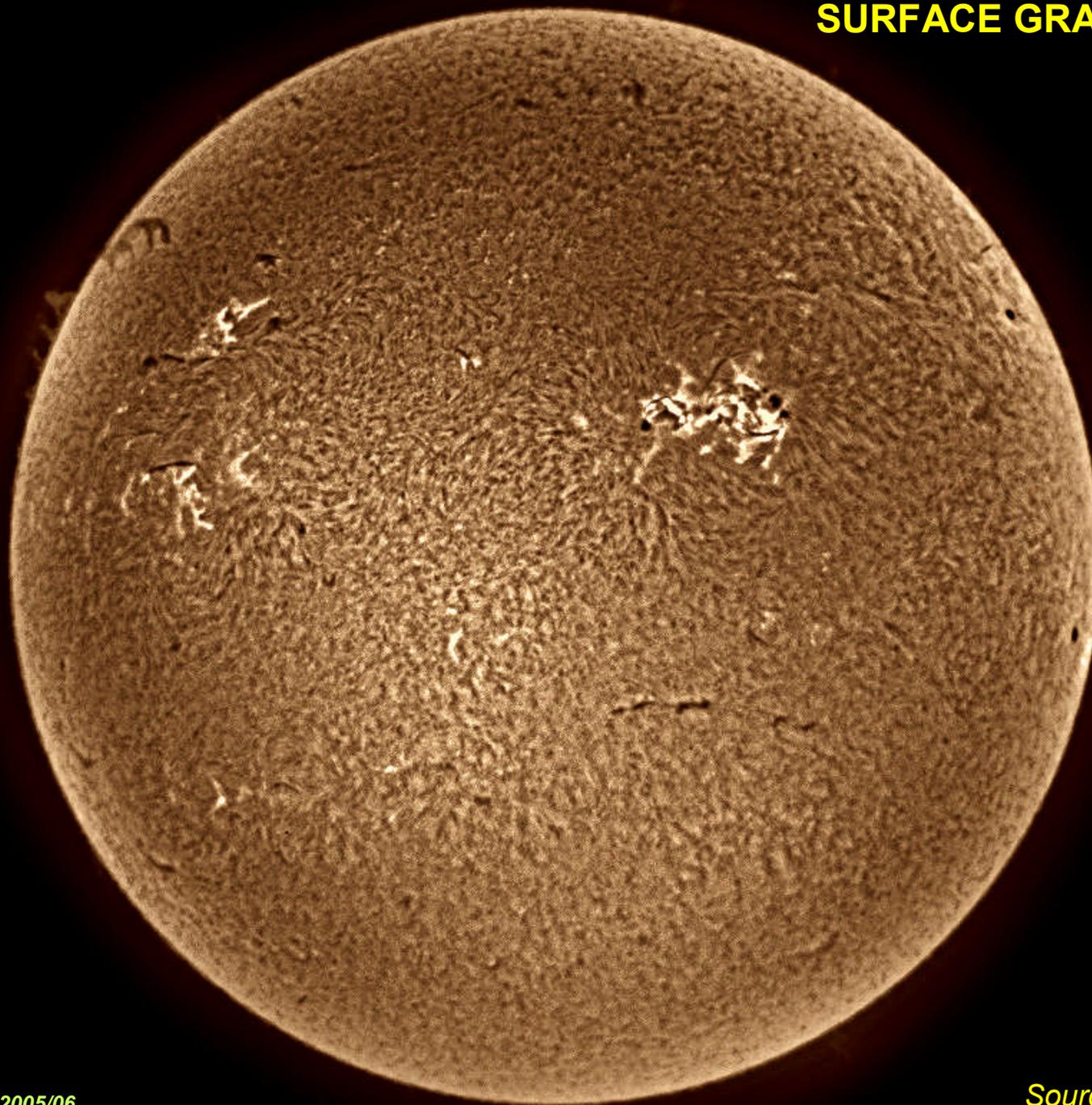
**ARCHES**

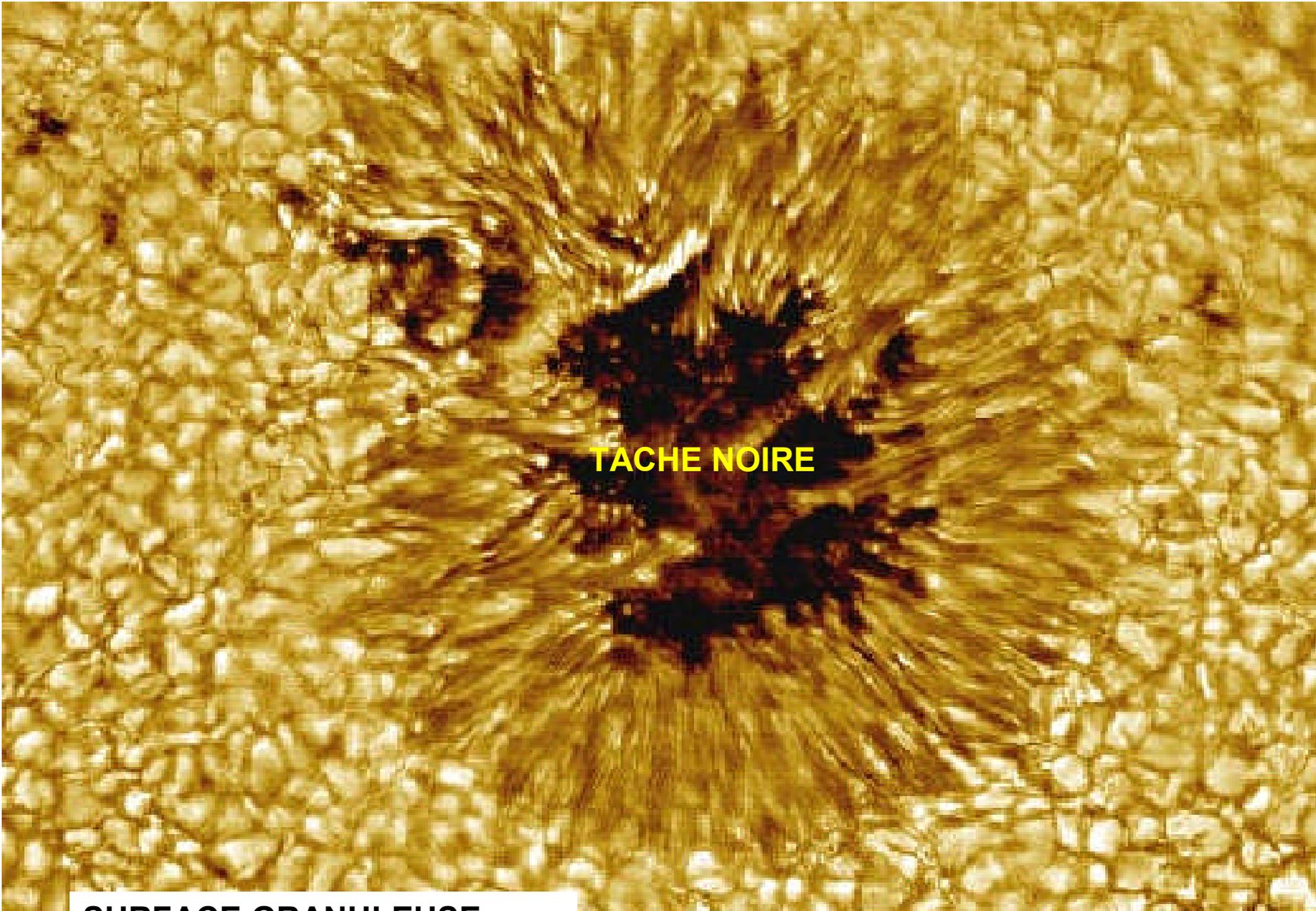
**SPICULES**

**SURFACE GRANULEUSE**



**SURFACE GRANULEUSE**





**TACHE NOIRE**

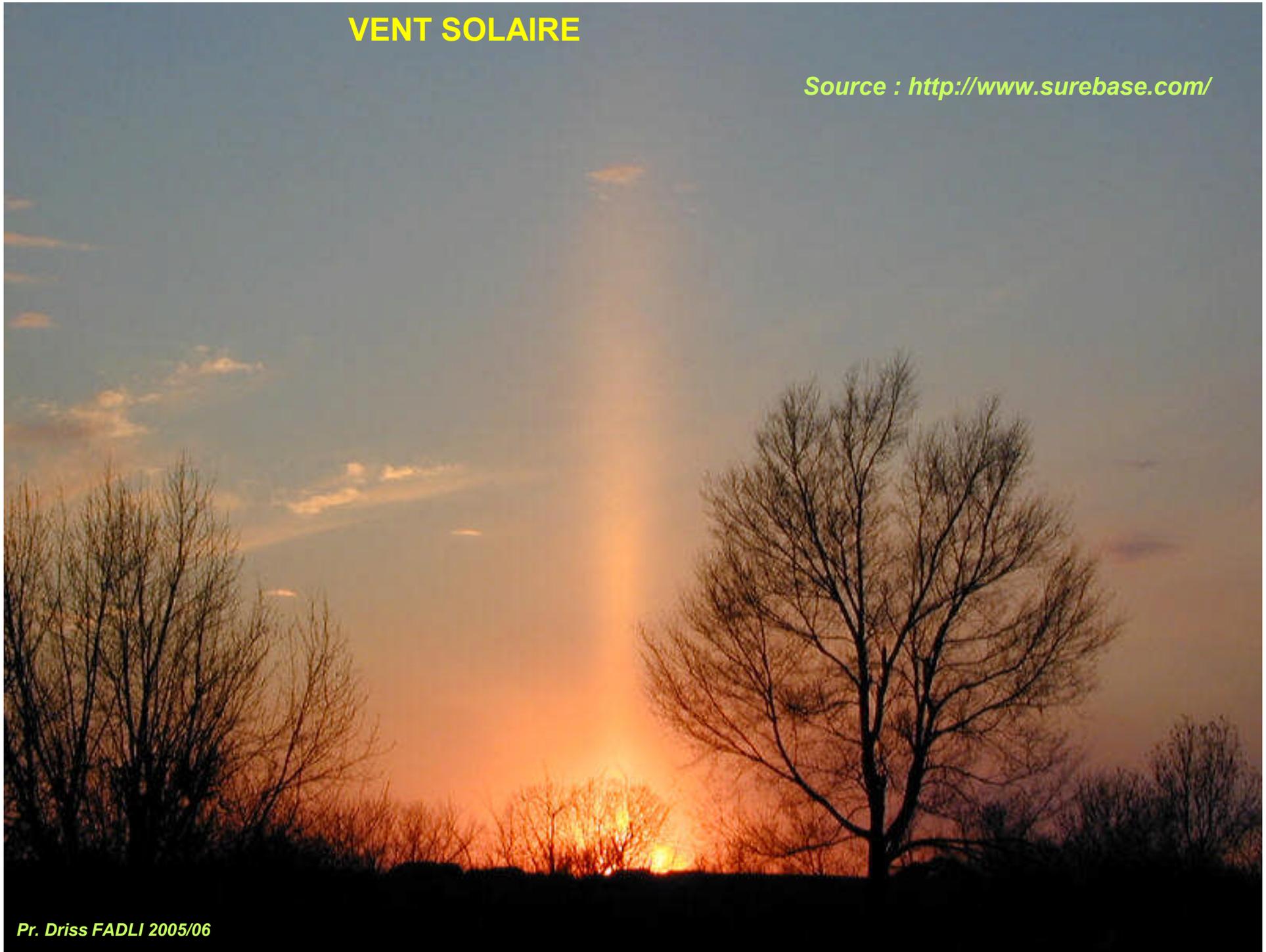
**SURFACE GRANULEUSE**

*A Sunspot Up Close*  
*Credit: Vacuum Tower Telescope, NSO, NOAO*

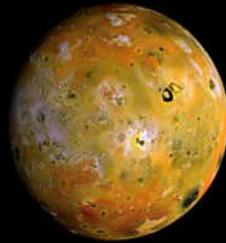
*Pr. Driss FADLI 2005/06*

# VENT SOLAIRE

Source : <http://www.surebase.com/>



## Exemple 1 : Jupiter et ses grands satellites



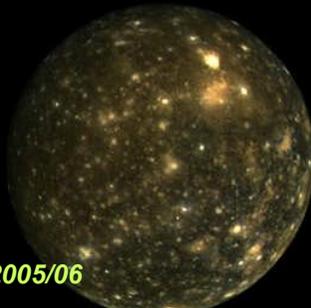
**Io**

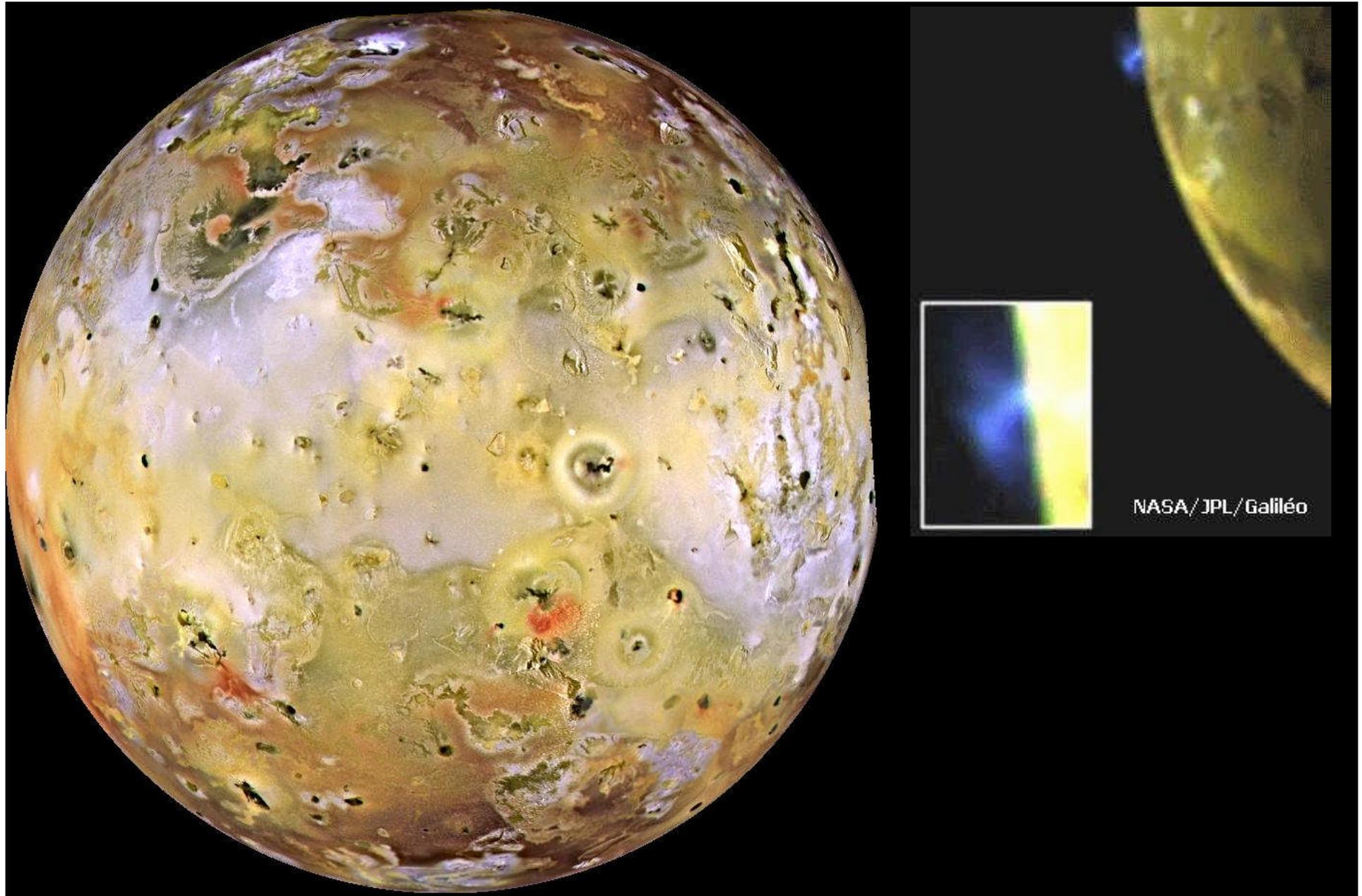


**Europa**



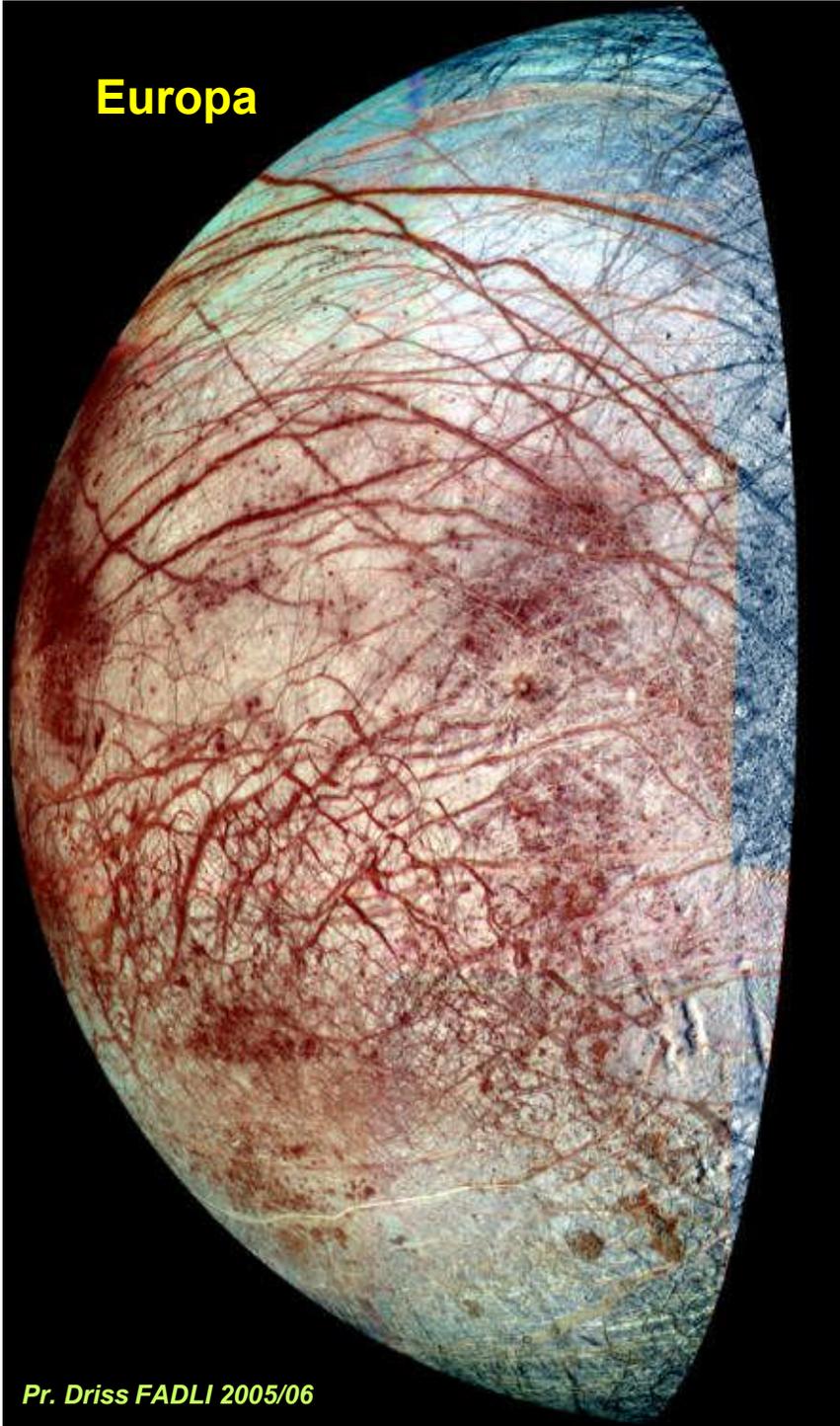
**Ganymede**





Io est le satellite galiléen le plus proche de Jupiter

# Europa



Pr. Driss FADLI 2005/06



the enigmatic ridged surface of Europa

NASA/JPL/University of Arizona/University of Colorado

# RECONSTITUTION

## Exemple 2 : Saturne et ses principaux satellites

Epimetheus

Titan

Rhéa

Saturne



Mimas

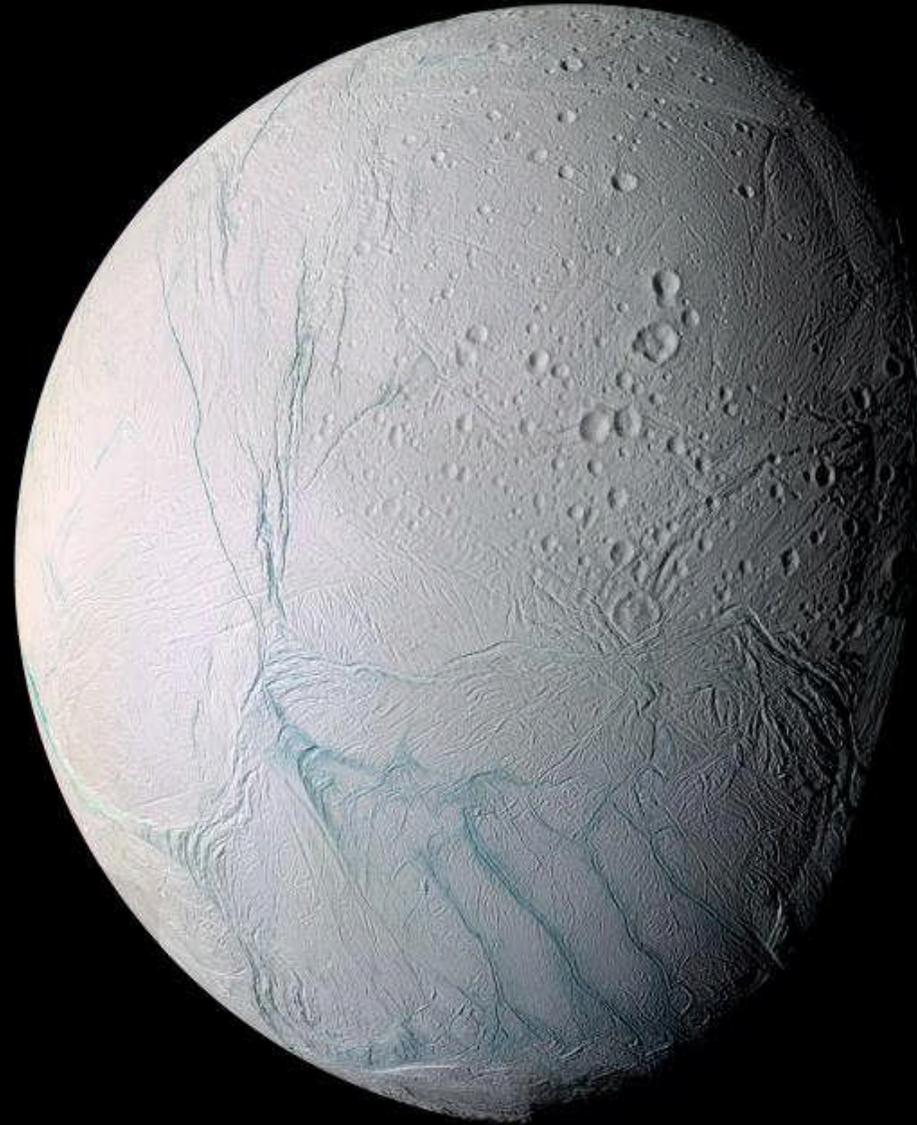
Téthys

Encelade

Dion e

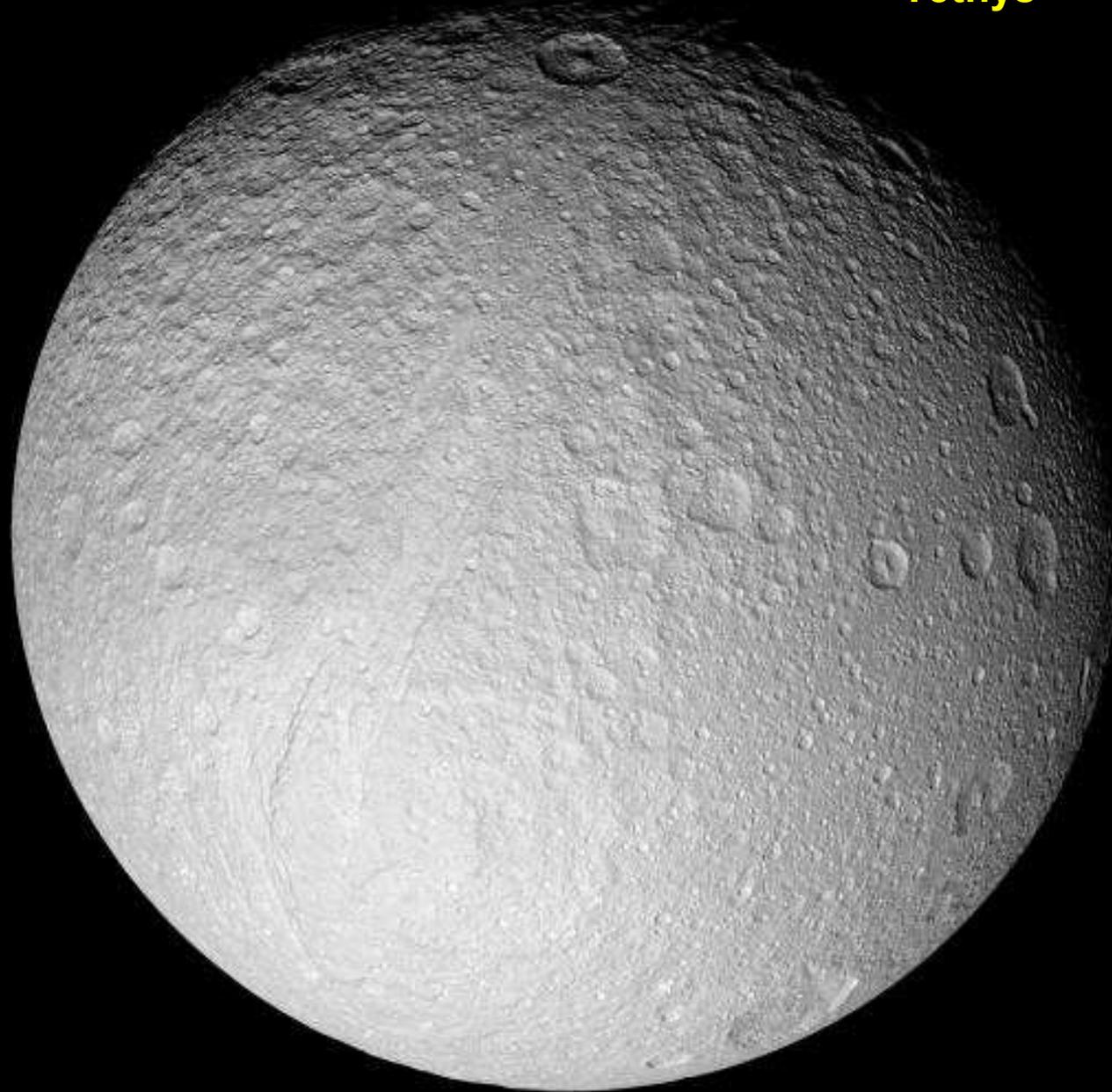
Japet

**enceladus**



*NASA/JPL/Space Science Institute*

**Tethys**



## IV - LES AUTRES COMPOSANTES DU SYSTEME SOLAIRE

### 1 - LES SATELLITES

### 2 - LES COMETES

- forme irrégulière et taille est comprise entre 1 et 40 km
- orbites non-elliptiques autour du Soleil, en dehors de l'écliptique
- révolution : 76 ans (comète de Halley) à 2.400 ans (comète de Hall-Bopp).
- masse dépasse de 50 fois celle de la Terre
- Constitution : glaces et de poussières
- chauffage par la radiation solaire
  - émission de quantités importantes de gaz et formation d'une queue
- origine serait la ceinture de Kuiper et//ou le nuage d'Oort

## IV - LES AUTRES COMPOSANTES DU SYSTEME SOLAIRE

### 1 - LES SATELLITES

### 2 - LES COMETES

### 3 - LES ASTEROIDES

- corps rocheux en orbite autour du Soleil
- petits pour être considérés comme des planètes.
- dimensions variable entre 1000 km et quelques cm.
- on distingue trois groupes:

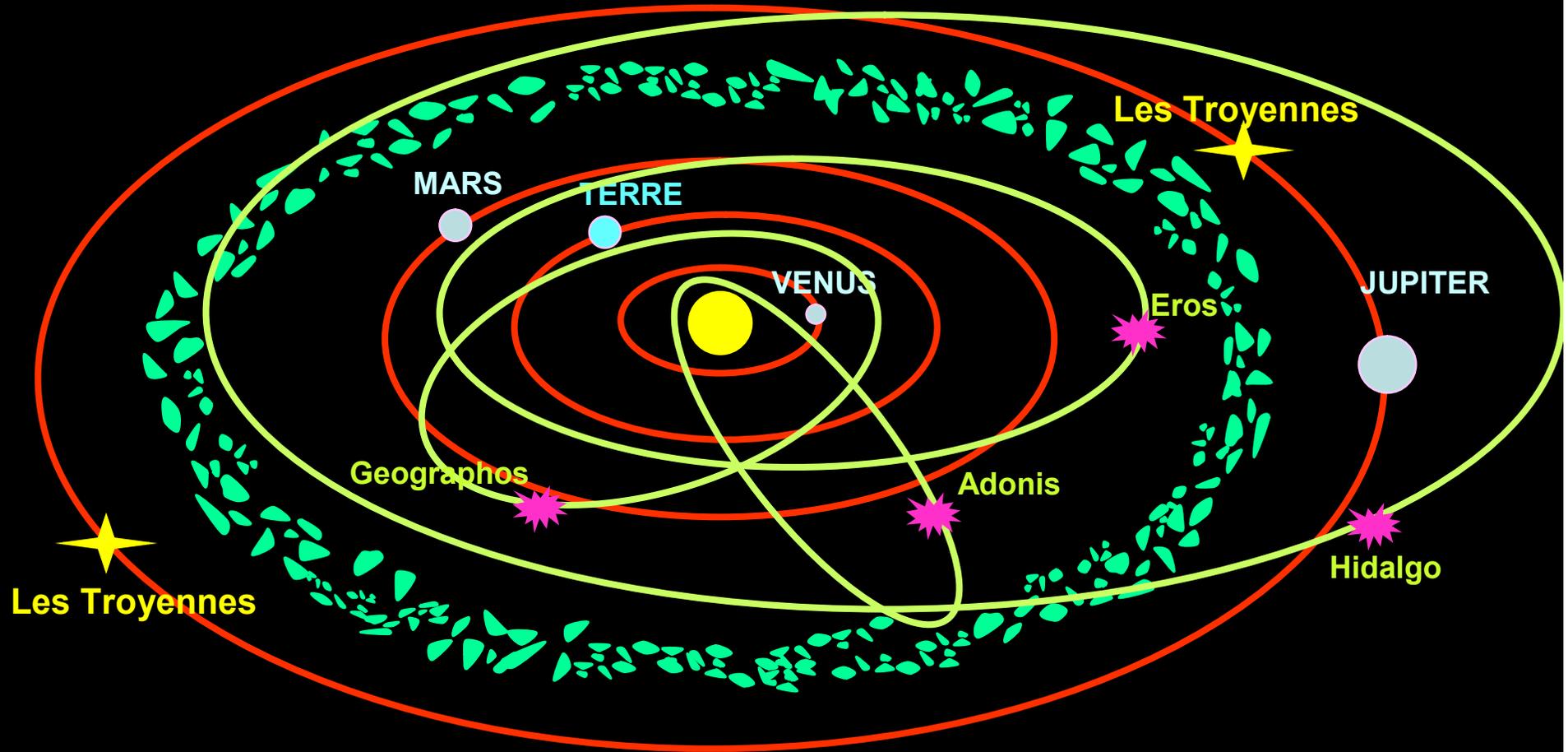
ceux de la *ceinture de Kuiper* en dehors de l'orbite de Pluton

ceux qui ont des orbites qui croisent celles des autres planètes

ceux de la *ceinture principale* entre les orbites de Mars et Jupiter

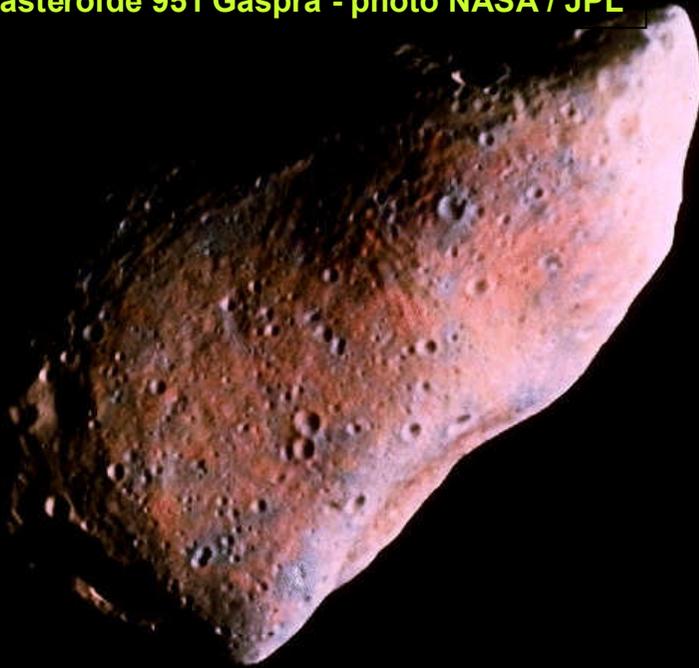


# ORBITES DES ASTEROIDES DANS LE SYSTEME SOLAIRE



-  La Ceinture principale entre Jupiter et Mars
-  Les Troyennes : même orbite que Jupiter
-  Les Géocroiseurs : orbites croisent celui de la Terre

L'astéroïde 951 Gaspra - photo NASA / JPL



L'astéroïde 253 Mathilde - photo NASA / JPL



L'astéroïde 243 Ida et son satellite - photo NASA / JPL

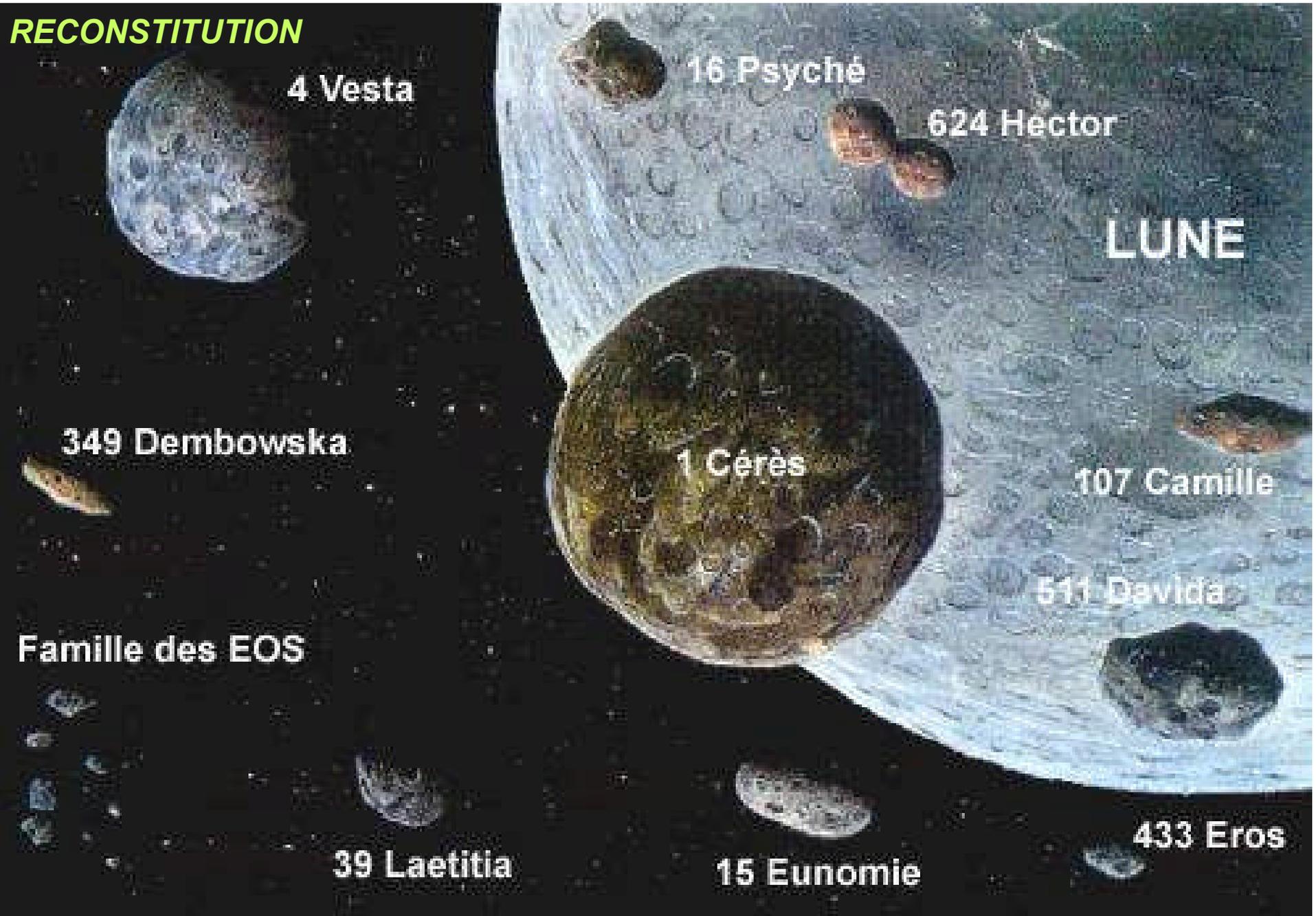


L'astéroïde 433 Eros - photo NASA / JPL



NASA

**RECONSTITUTION**



## IV - LES AUTRES COMPOSANTES DU SYSTEME SOLAIRE

1 - LES SATELLITES

2 - LES COMETES

3 - LES ASTEROIDES

4 - LES METEORITES

### QUELQUES DEFINITIONS

- **Un météoroïde** = un astéroïde situé sur une trajectoire de collision avec la Terre

- **Un météore** = «étoile filante » = un météoroïde qui entre dans notre atmosphère à haute vitesse et qui se désintègre par la friction en laissant une trace de lumière

- **une météorite** = un fragment rocheux qui frappe la surface de la Terre et qui résulte de la désintégration d'un météore lorsque ce dernier ne brûle pas complètement

- **les chondres** = des sphérules millimétriques observées dans une météorite

Ce sont des inclusions silicatées ayant la même composition chimique que la couronne solaire et le milieu interstellaire

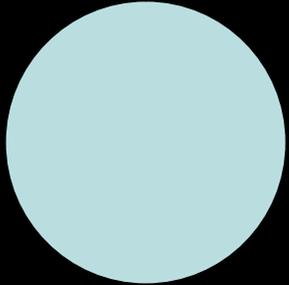
- **Les chondrites** = des roches formées en partie de chondres.

Les chondrites seraient les témoins de la condensation de la nébuleuse initiale.

Leur datation radiométrique donne un âge de **4.600 million d'années**

# CLASSIFICATION DES METEORITES

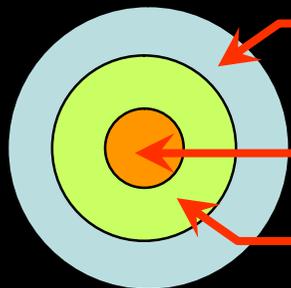
## INDIFFERENCIEES



- chondrites ordinaires (olivine, pyroxène, métal) 80%

- chondrites carbonées (composition solaire + carbone) 80%

## DIFFERENCIEES



*croûte*

- achondrites (pyroxène + autres) 8%

*noyau*

- métalliques (Fe + Ni) 6%

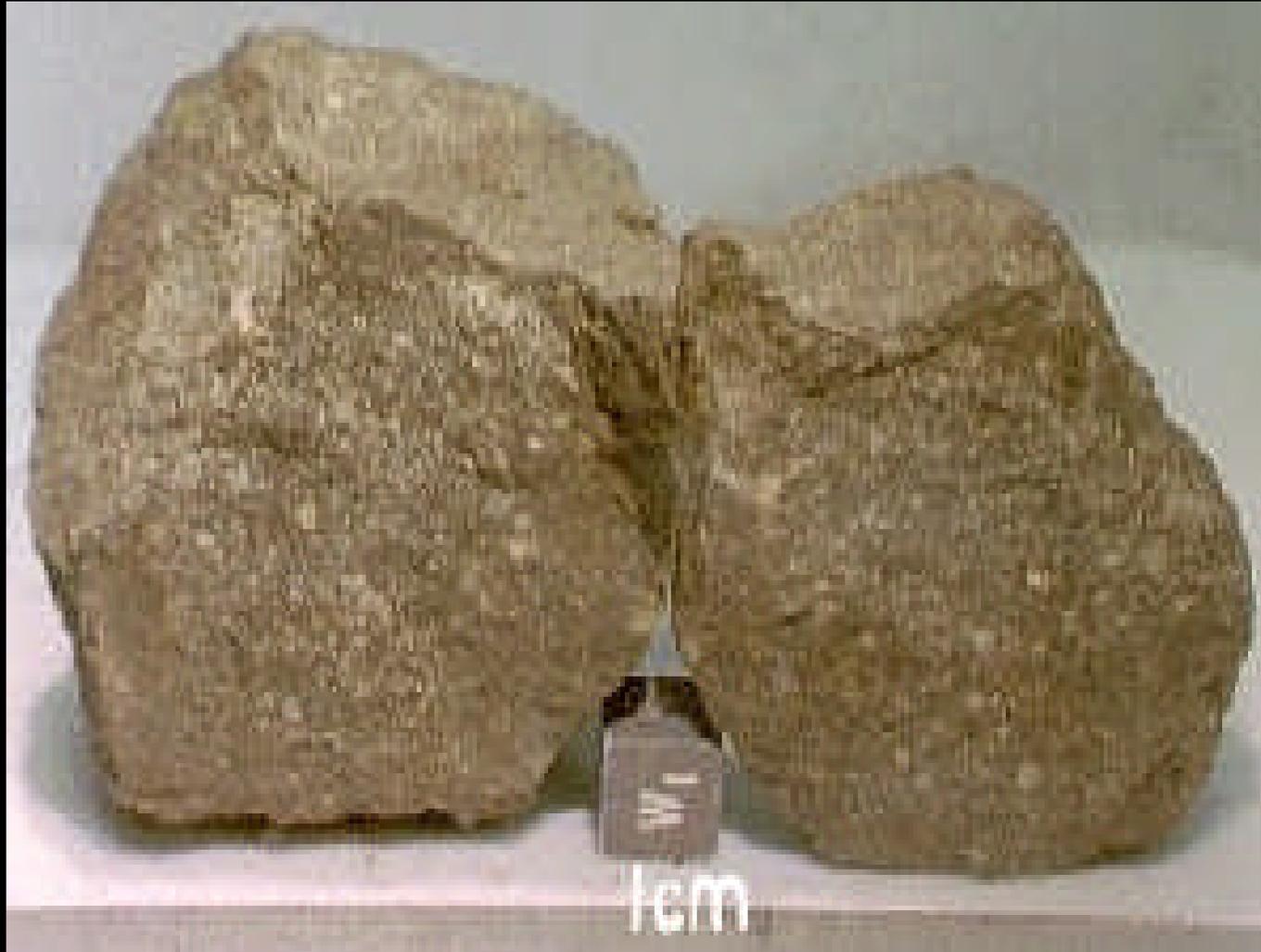
*manteau*

- métallo-pierreuses (métal + silicates) 2%

## Météorite métallique : Sidérite



## Météorite pierreuse : Chondrite



## IV - LES AUTRES COMPOSANTES DU SYSTEME SOLAIRE

1 - LES SATELLITES

2 - LES COMETES

3 - LES ASTEROIDES

4 - LES METEORITES

5 - LE MILIEU INTERPLANETAIRE

### - poussières

= particules solides microscopiques issues des comètes et les astéroïdes

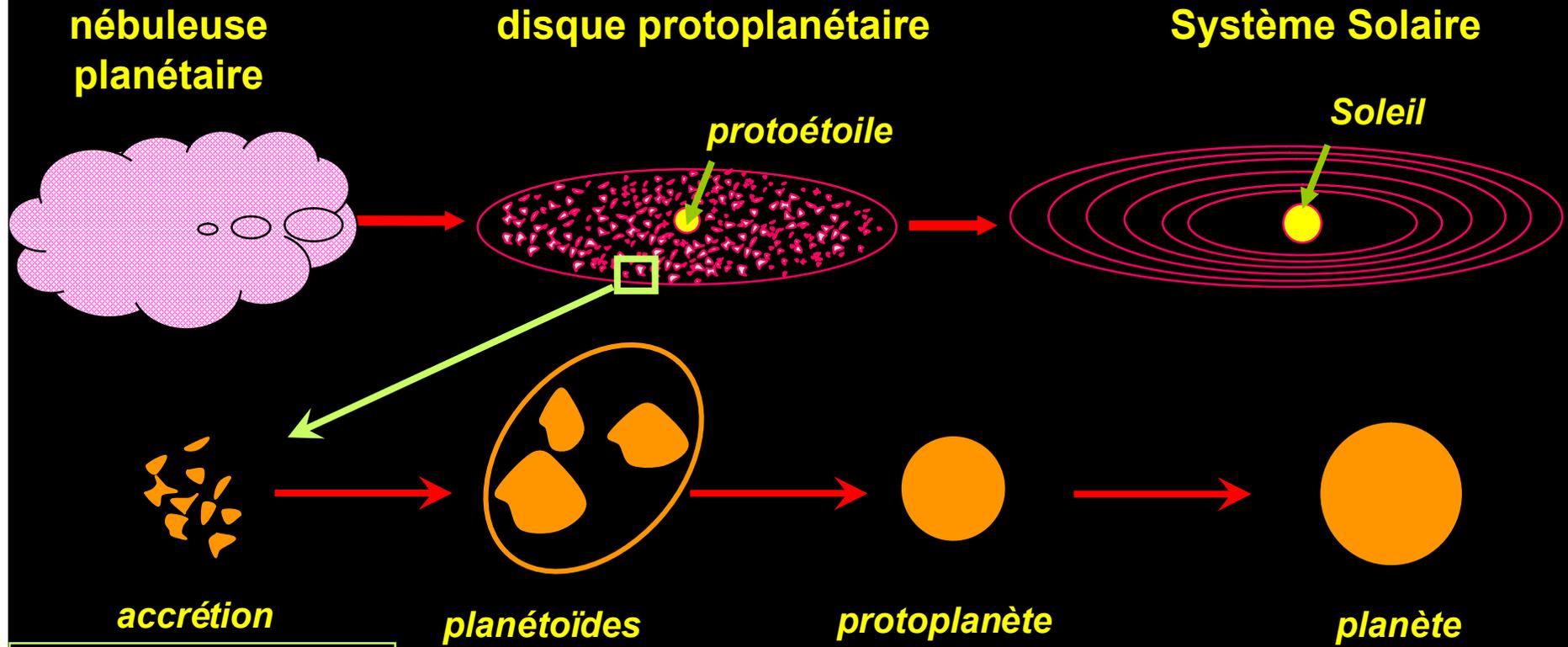
### - vent solaire

= plasma entièrement ionisé et magnétisé, constitué de noyaux (d'hydrogène et d'hélium) mélangés à des électrons à très haute température

### - rayons cosmiques

= vent solaire mélangé à des noyaux et atomes plus lourds

# V - FORMATION DU SYSTEME SOLAIRE



Agglomération de poussières et de gaz accompagnée de synthèse de molécules minérales



**nébuleuse diffuse**

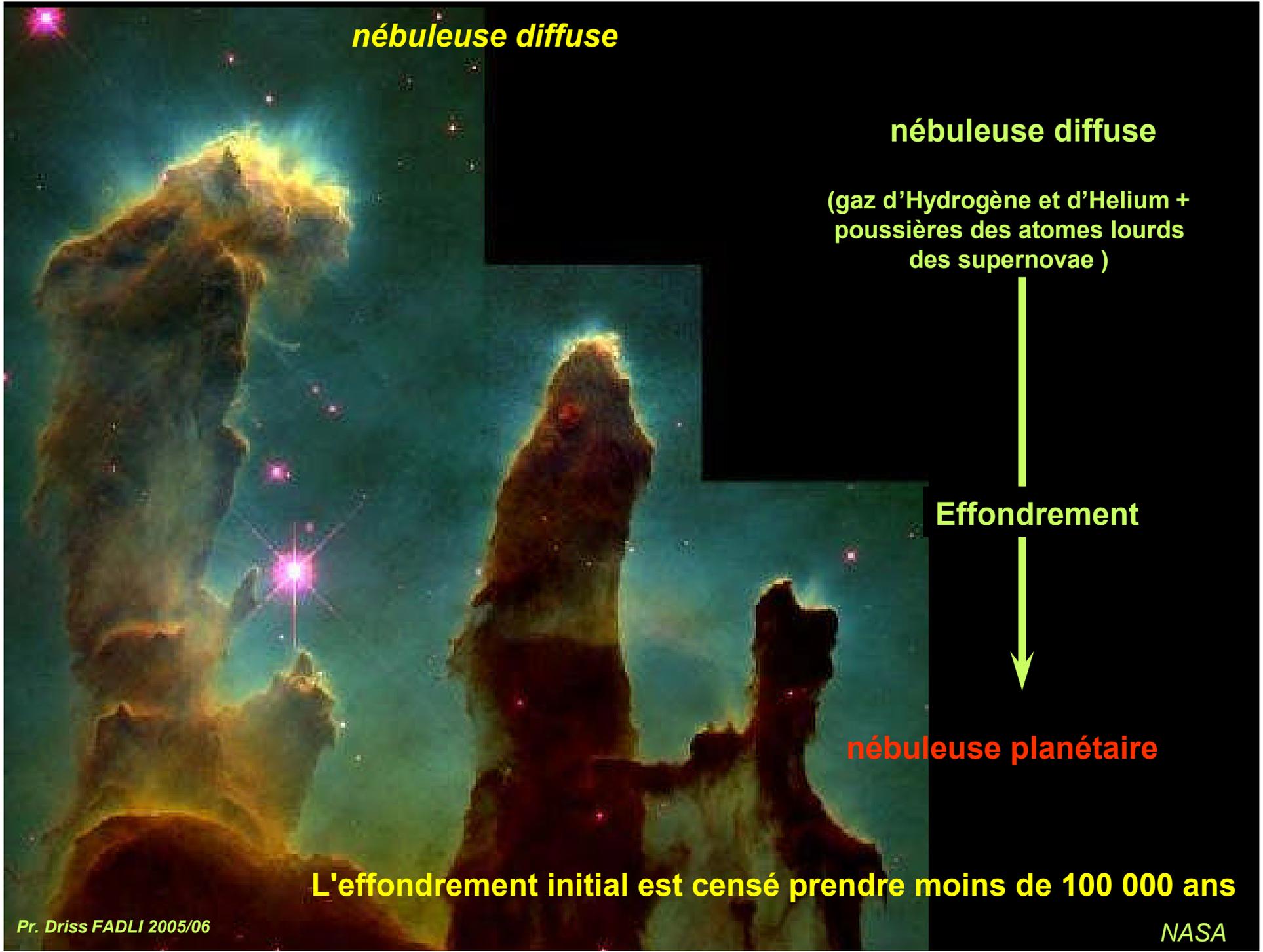
**nébuleuse diffuse**

(gaz d'Hydrogène et d'Helium +  
poussières des atomes lourds  
des supernovae )

**Effondrement**

**nébuleuse planétaire**

**L'effondrement initial est censé prendre moins de 100 000 ans**



*nébuleuse diffuse*



*nébuleuse diffuse*



NASA

*nébuleuse planétaire*

1. - nébuleuse du Sablier

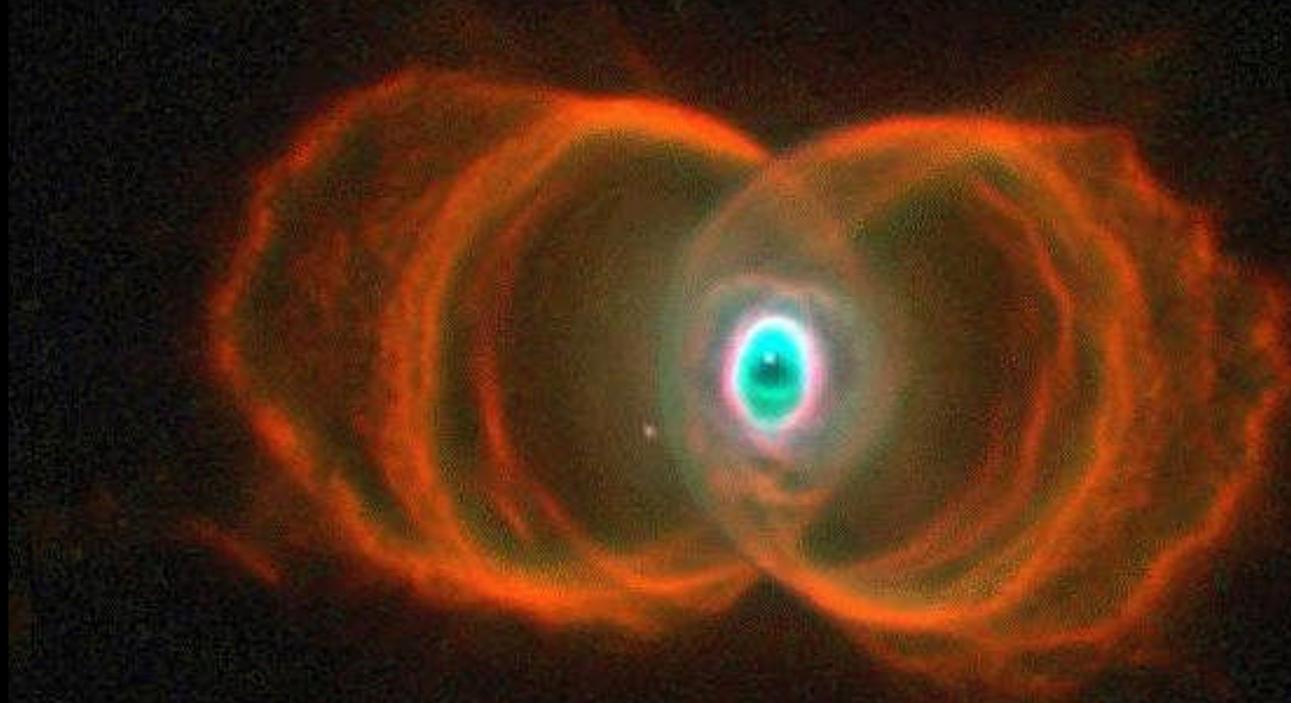
**Hourglass Nebula · MyCn18**

**HST · WFPC2**

PRC96-07 · ST ScI OPO · January 16, 1996

R. Sahai and J. Trauger (JPL), the WFPC2 Science Team and NASA

*Pr. Driss FADLI 2005/06*



*nébuleuse planétaire* 2. - nébuleuse œil de chat



The Cat's Eye Nebula — NGC 6543  HUBBLESITE.org

***nébuleuse planétaire 3 - Nébuleuse IC 418***

Planetary Nebula IC 418

se situe dans la constellation du Lièvre à 2 000 al

photo. émise le (7 septembre 2000), en fausses couleurs (filtre vert (Sahai))



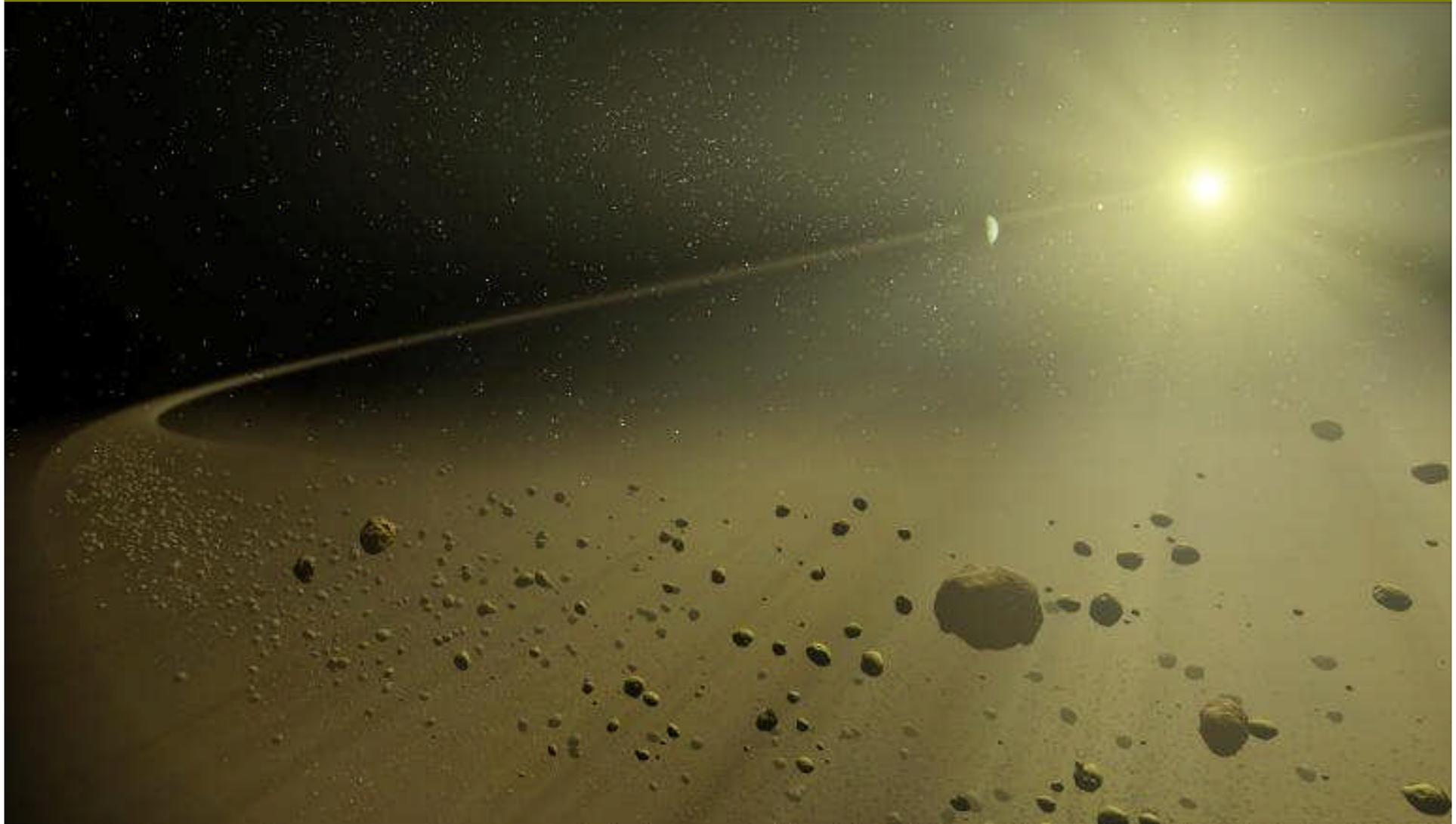
Hubble  
Heritage

**nébuleuse planétaire 4 - nébuleuse NGC3132**



Hubble  
Heritage

## RECONSTITUTION : PROTO ETOILE



# RECONSTITUTION DE L'ALLURE DU DISQUE PROTOPLANETAIRE ET PROTO ETOILE

Source : Community > Scenery & Nature > Space

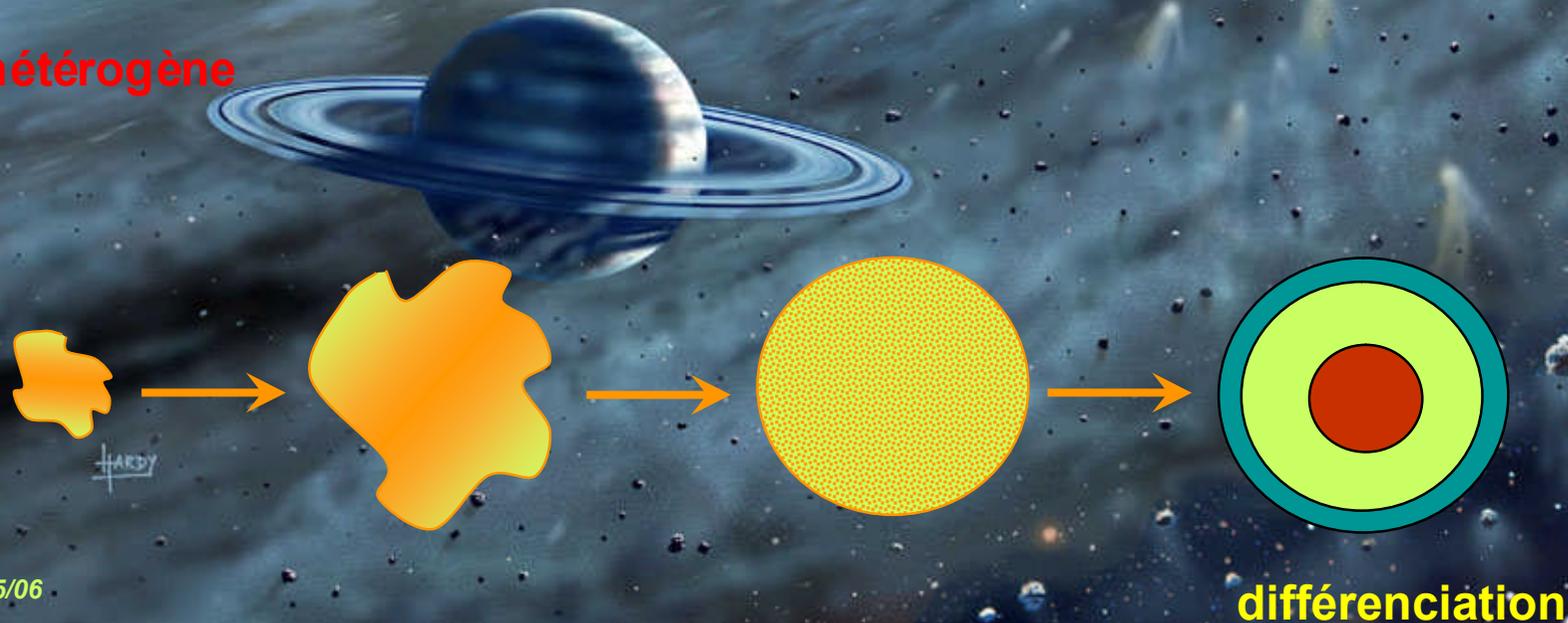
(fig.5)

## 2 TYPES D'ACCRETION :

### Accrétion homogène



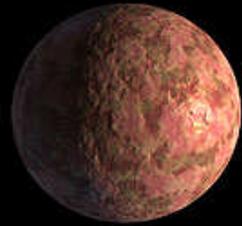
### Accrétion hétérogène



**RECONSTITUTION : ALLURE DE NOTRE PLANETE TERRE AU DEBUT DE SA FORMATION**

**La formation du système solaire peut durer 100 millions d'année**





**Sedna**  
800-1100 miles  
in diameter



**Quaoar**  
(800 miles)



**Pluto**  
(1400 miles)



**Moon**  
(2100 miles)



**Earth**  
(8000 miles)

**FIN**

**COMPARAISON DE LA TAILLE DE LA « PLANETE » SEDNA  
AVEC LA TERRE ET QUELQUES SATELLITES**

**NAZA**