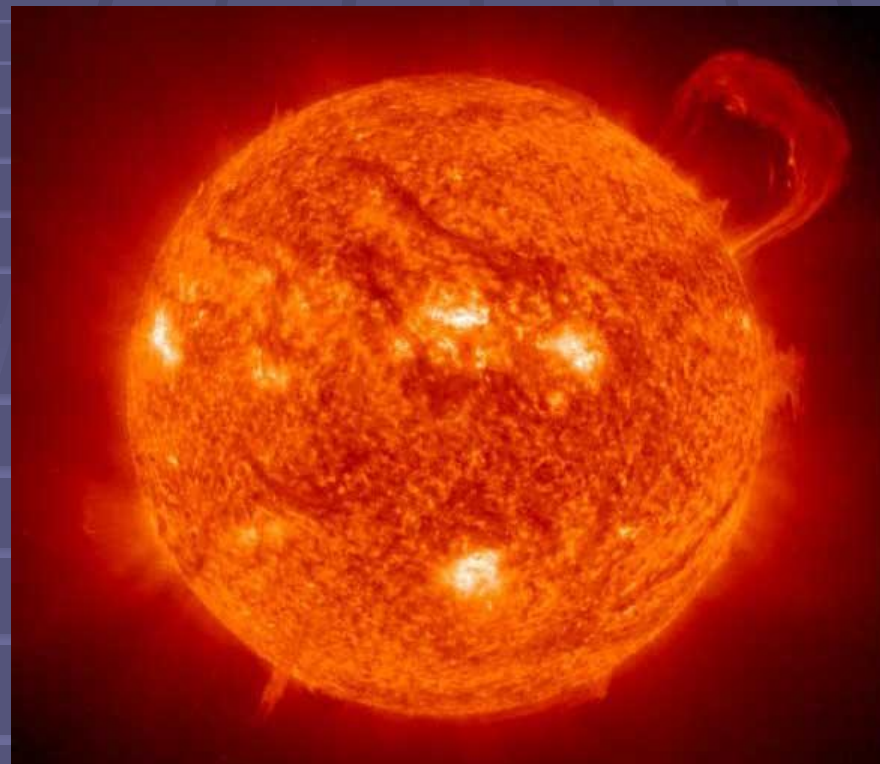


Panorama de l'astronomie moderne

Denis Gialis



Denis Gialis - Copyright 1998 - 2008

Au début était la lumière...

Qu'observe-t-on du ciel ?

Les messagers de l'information

1. Depuis toujours, les photons ou ondes électromagnétiques.
2. Depuis un siècle, les rayons cosmiques.
3. Depuis quelques années, les neutrinos.
4. Bientôt, les ondes gravitationnelles.

Que sont les photons ?

Photon = particule et onde électromagnétique.

Un photon a une énergie et une longueur d'onde.

Un photon voyage dans le vide à la vitesse c :

$$c = 300\,000 \text{ km/s}$$

Lien entre énergie et longueur d'onde :

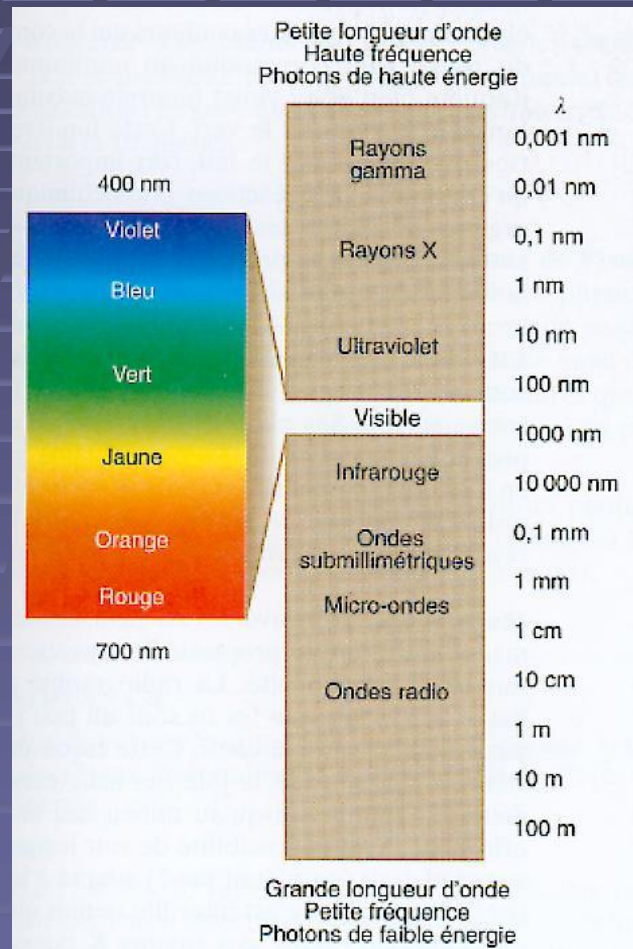
$$E = h \times c / \lambda$$

avec E , l'énergie,

h , la constante de Planck

et λ , la longueur d'onde.

Le spectre électromagnétique



1 nm = 10^{-9} m
(taille d'un atome $\sim 10^{-10}$ m)

Avec quoi observe-t-on le ciel ?

Télescope = collecteurs de photons.

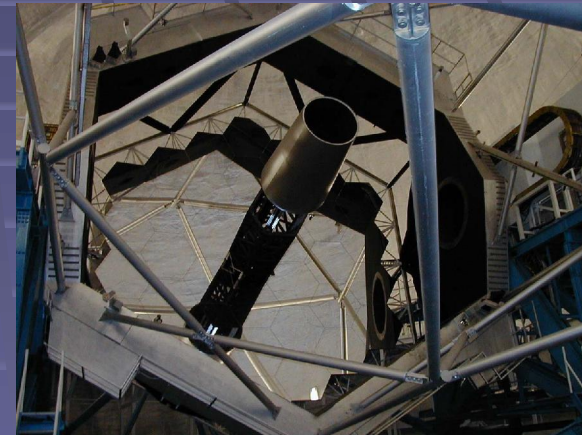
A chaque domaine spectral, son télescope :



Radiotélescope de Parkes
(64 m)



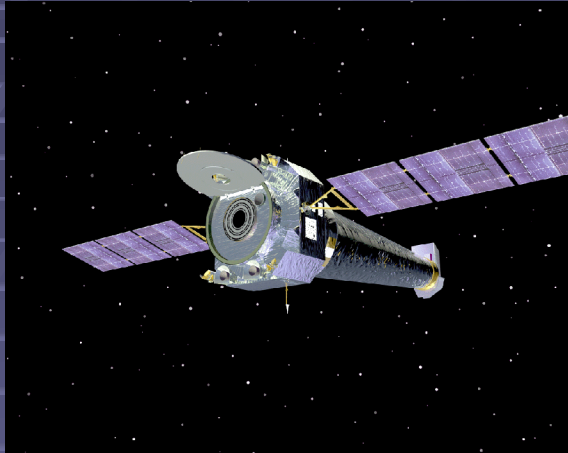
NexStar 8 GPS
Item # 11052



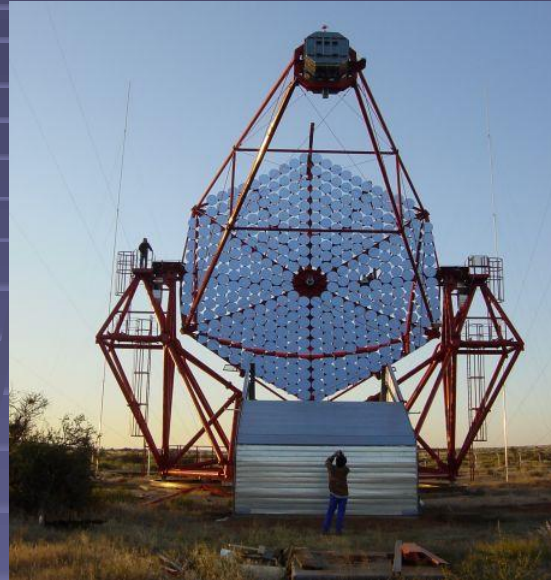
Télescope Keck (10 m)

DOMAINE RADIO

DOMAINE DU VISIBLE



Télescope spatial Chandra



Télescope Hess

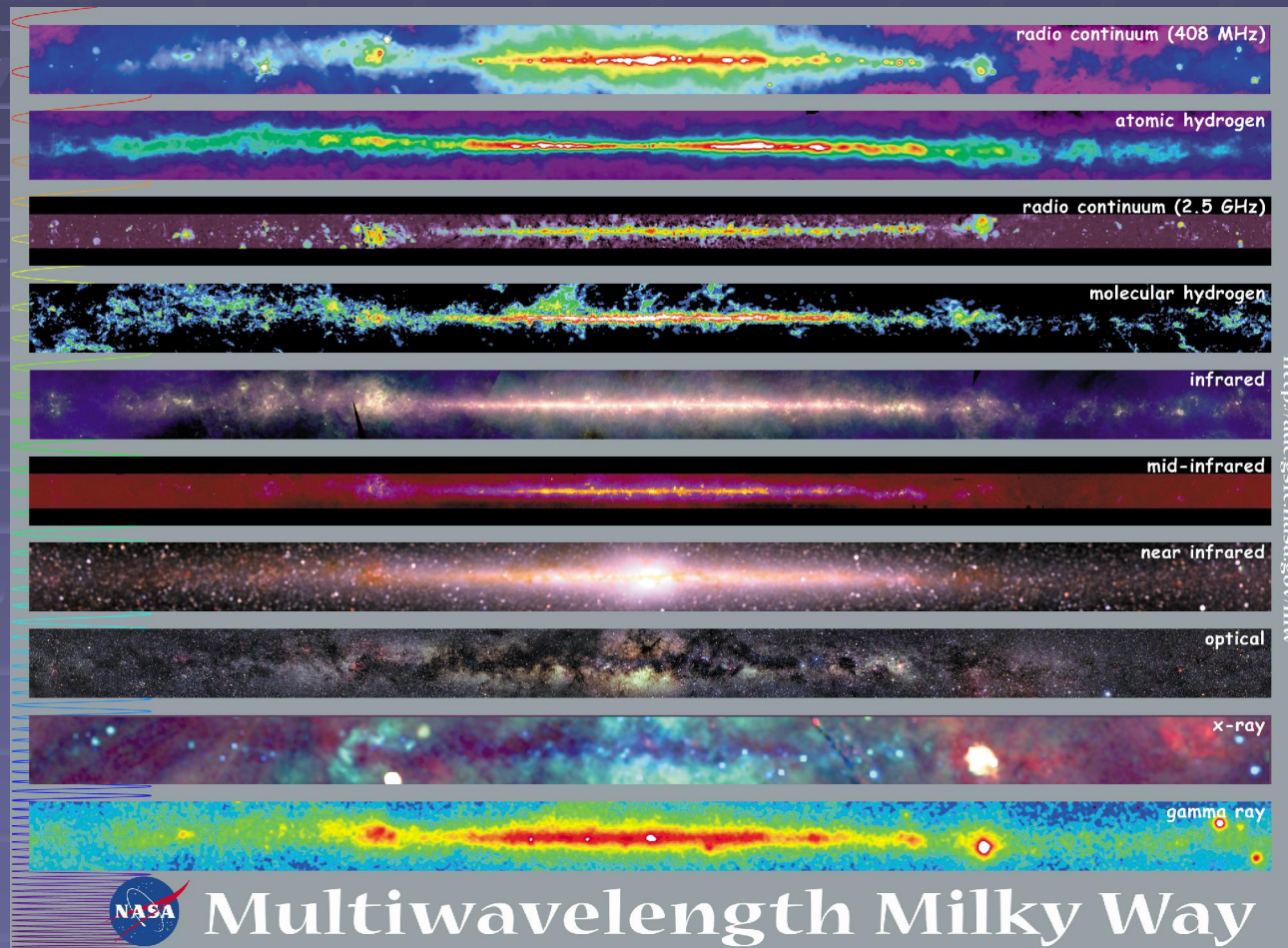


Télescope spatial Integral

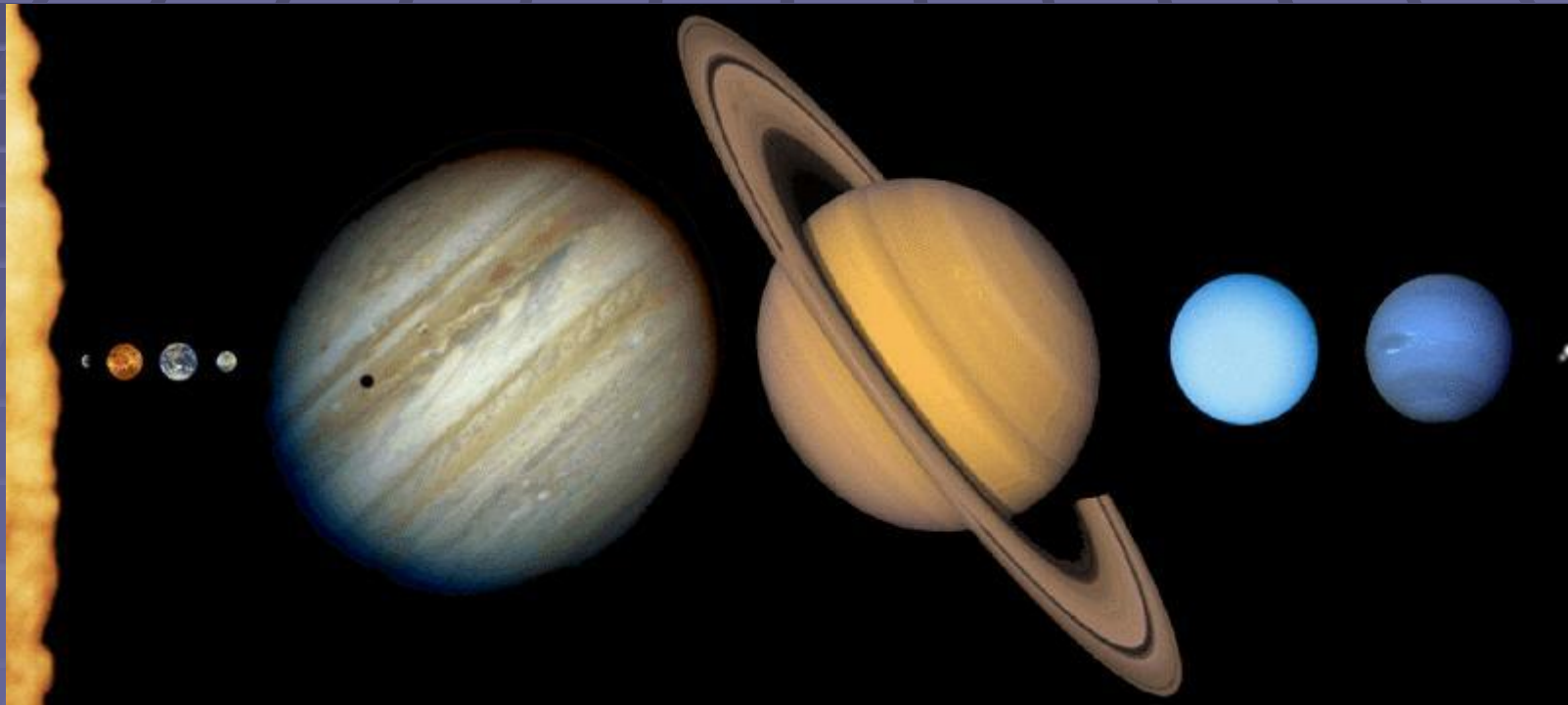
DOMAINE X

DOMAINE GAMMA

La Voie Lactée...



Petit tour dans le Système Solaire...



Denis Gialis - Copyright 1998 - 2008

Le Soleil



En quelques chiffres :

Âge : environ 5 milliards d'années.

Diamètre : 1.39 millions de km.

Masse : 1.99×10^{30} Kg.

Température de surface : 5800°K.

Au centre : 15 millions de °K.

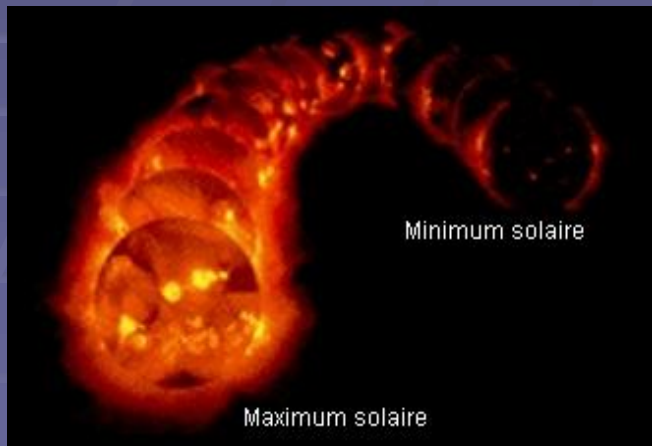
Chaque seconde :

4,3 millions de tonnes de matière partent en énergie !

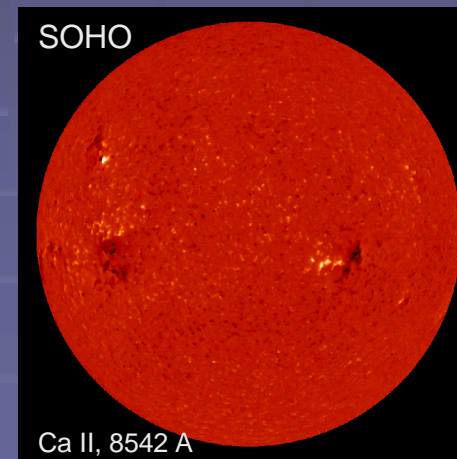
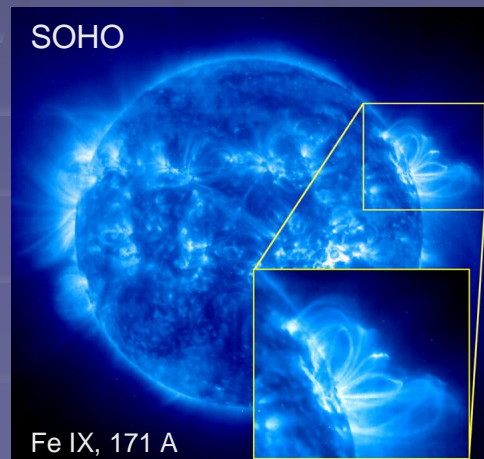
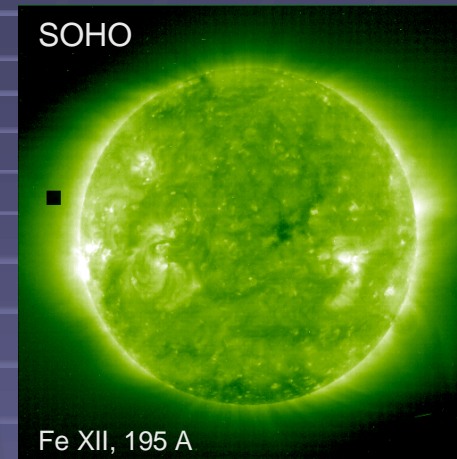
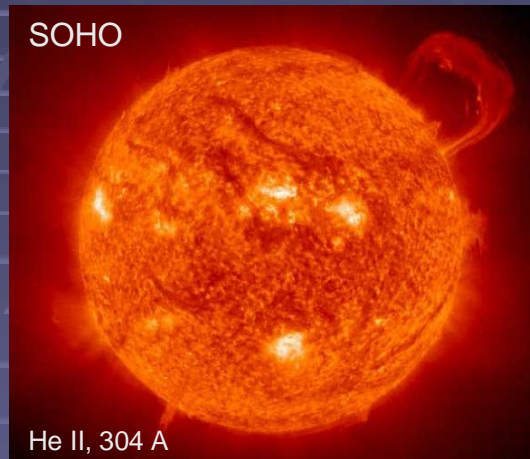
Luminosité : 3.9×10^{26} W.

Intérêts pour l'amateur :

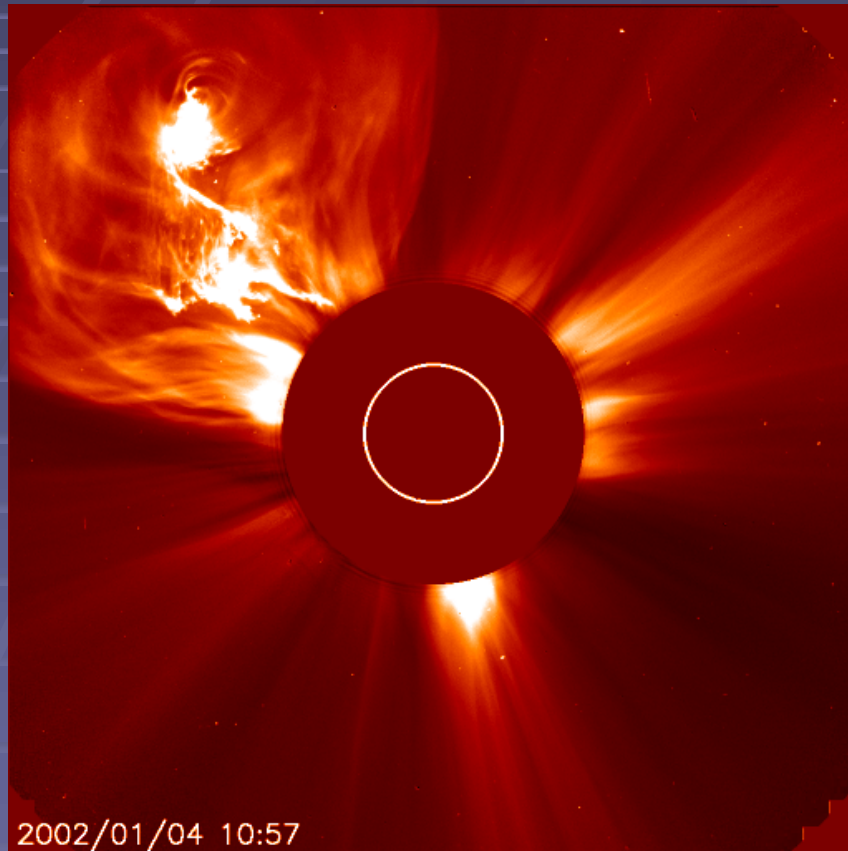
- Comptage des taches et des groupes de taches.
- Observation des détails dans les taches.
- Mesure de la vitesse de rotation du Soleil.
- Passages de Vénus et de Mercure devant le disque.
- Eclipses solaires et/ou utilisation d'un coronographe.



Quelques images du Soleil...

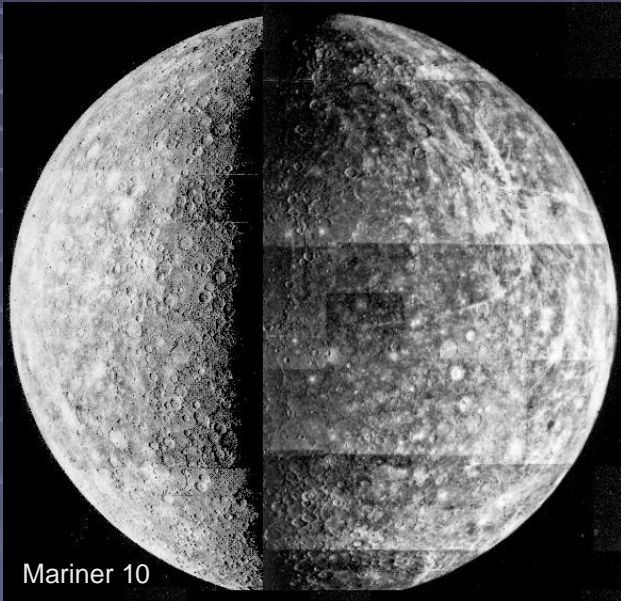


Et de sa couronne...



Le Système Solaire intérieur...

Mercure



En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : **0.387 UA**

(1 UA = 149.6 millions de km)

Période de révolution : **88 jours.**

Période de rotation : **53 jours.**

Diamètre : **4878 km.**

Masse : **3.31×10^{23} kg.**

Vitesse de libération : **4.3 km/s.**

Température : **703°K le jour et 173°K la nuit.**

Intérêts pour l'amateur :

- Suivi de sa phase lors des élongations maximales...

- Observation de son transit devant le Soleil (phénomène rare) :

Dernier transit : le 7 Mai 2003, le prochain : le **8 Novembre 2006.**

Images du dernier transit...

Le 7 mai 2003

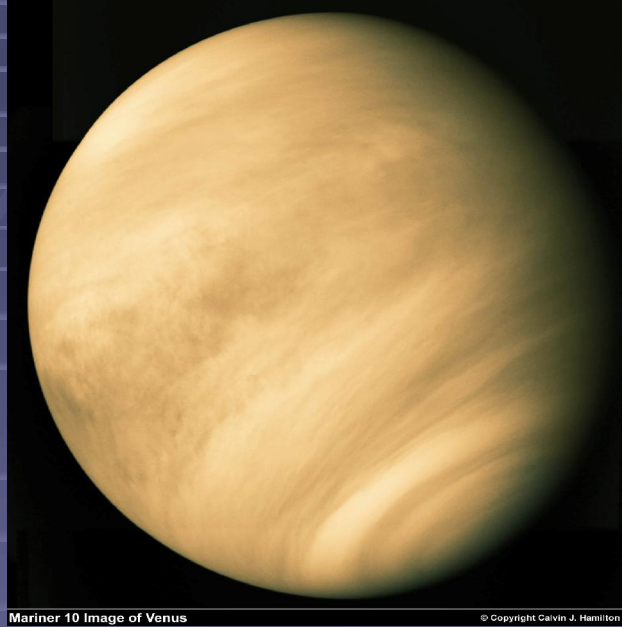


Satellite SOHO



Télescope suédois SST (1 m)

Vénus



Mariner 10 Image of Venus

© Copyright Calvin J. Hamilton

En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : 0.723 UA.

Période de révolution : 224.70 jours.

Période de rotation : 243.01 jours (rétrograde).

Diamètre : 12 104 km.

Masse : 4.87×10^{24} kg.

Vitesse de libération : 10.4 km/s.

Température moyenne : 750°K.

Atmosphère avec 90 bars de pression.

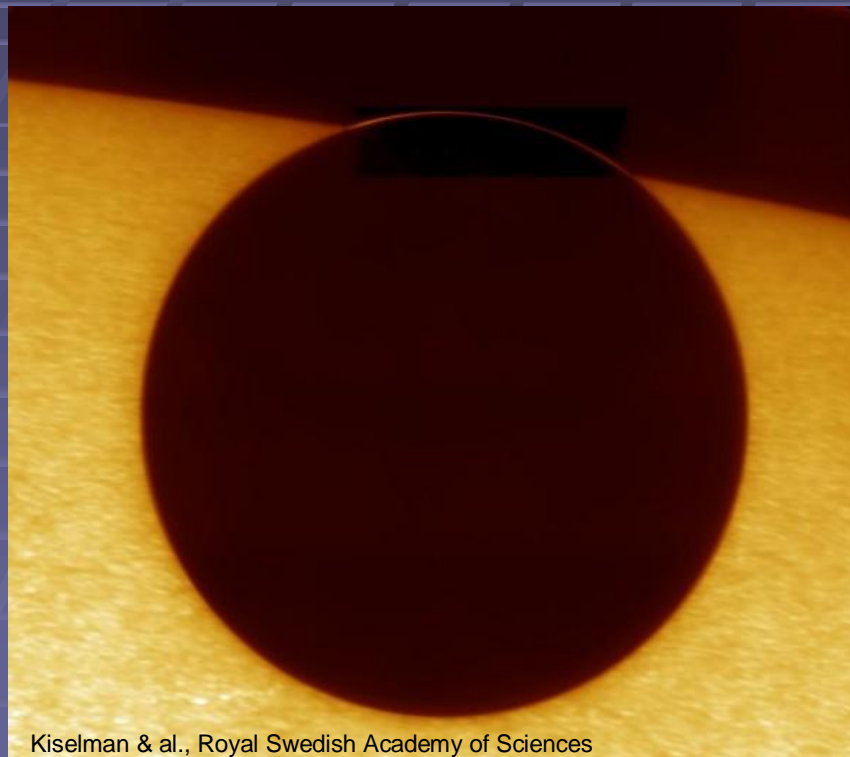
Composition : 96% de CO_2 , 3.5% de N_2 ,
traces d'eau et de SO_2 , nuages d' H_2SO_4 .

Intérêts pour l'amateur :

- Suivi facile de sa phase : Vénus peut avoir le plus gros diamètre apparent...
- Observation de son transit devant le Soleil (phénomène très rare, 13 à 14 par millénaire) :

Dernier transit : le 8 Juin 2004, le prochain : le 6 Juin 2012, puis Décembre 2117.

Transit du 8 Juin 2004...



Kiselman & al., Royal Swedish Academy of Sciences



La Terre



En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : 1.0 UA.

Période de révolution : 365.26 jours.

Période de rotation : 23 h 56 min 04 s.

Diamètre : 12 756 km.

Masse : 5.98×10^{24} kg.

Vitesse de libération : 11.2 km/s.

Température moyenne : 293°K.

Atmosphère avec 1 bar de pression.

Composition : 78% de N₂, 21% de O₂,
traces de gaz rares et de CO₂, nuages d'eau.

Intérêt pour l'amateur :

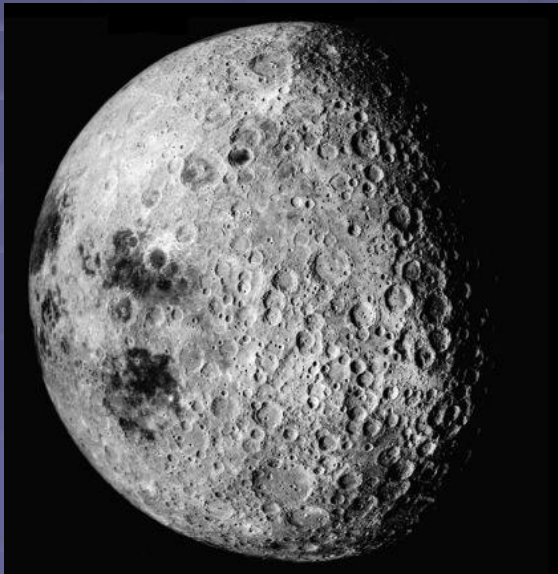
-Abri pour lui et son observatoire astronomique !

La Lune



Copyright © 2005 Tim Berglund

<http://www.timberglund.com>



En quelques chiffres :

Distance moyenne à la Terre : **384 000 km.**

Période de révolution : **27.32 jours.**

Période de rotation : **27.32 jours.**

Diamètre : **3476 km.**

Masse : **7.35×10^{22} kg.**

Vitesse de libération : **2.4 km/s.**

Température : **100°K (la nuit) et 400°K (le jour).**

Intérêts pour l'amateur : ils sont nombreux !

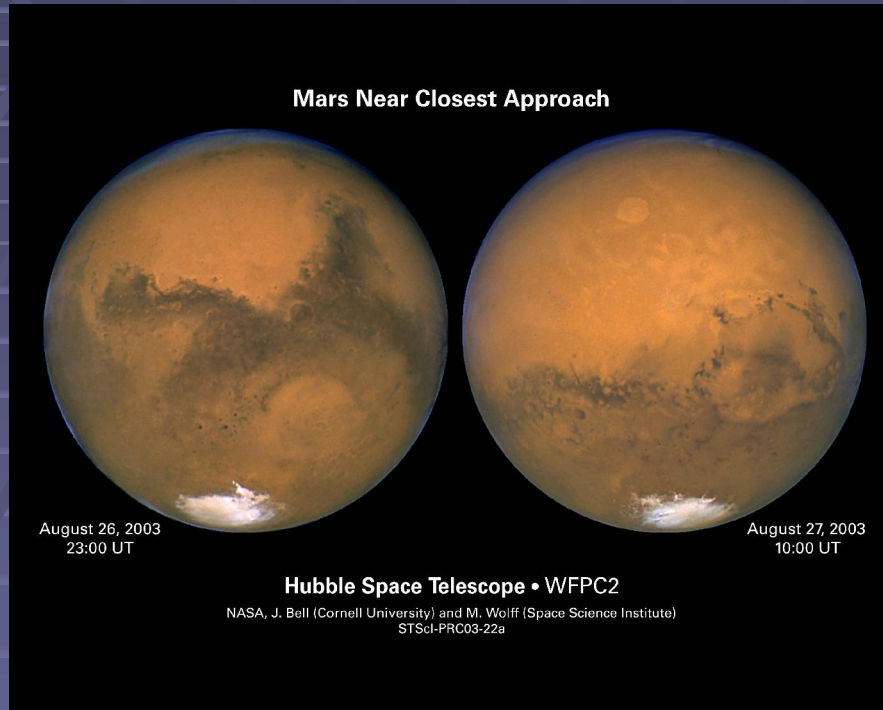
- Observation de nombreux détails géologiques : montagnes, vallées, mers...

- Observation de PTL : éclairs lumineux, rougeoiements, lueurs bleues, obscurcissements temporaires...

(site web conseillé: <http://www.astrosurf.com/sirius/ptl1.html>)

- Observation des éclipses solaires et lunaires !

Mars



En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : 1.524 UA.

Période de révolution : 1.88 année.

Période de rotation : 24 h 37 min 23 s.

Diamètre : 6794 km.

Masse : 6.42×10^{23} kg.

Vitesse de libération : 5.0 km/s.

Température moyenne : 233°K.

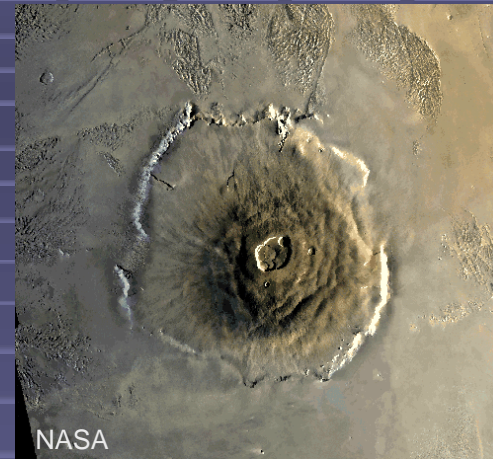
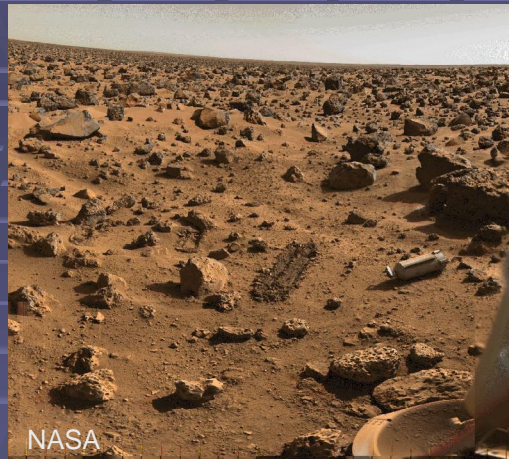
Atmosphère avec 0.008 bar de pression.

Composition : 95% de CO_2 , 3% de N_2 ,
traces de gaz rares et d'eau, nuages d'eau
et de CO_2 .

Intérêts pour l'amateur :

- Lors des oppositions, observation des calottes polaires avec les changements saisonniers.
- Observation des tempêtes de sables modifiant les détails visibles sur la surface.
- Suivi de taches sombres sur la surface permettant d'évaluer la vitesse de rotation.
- Périodes très favorables à l'observation : les oppositions périhéliques tous les 15 ou 17 ans.

Quelques photos de Mars...

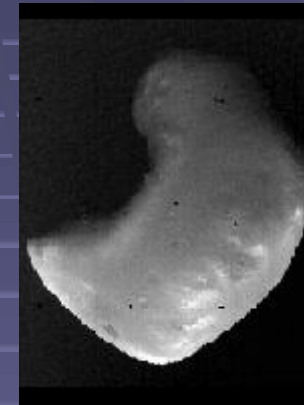


Et ses deux satellites...



PHOBOS

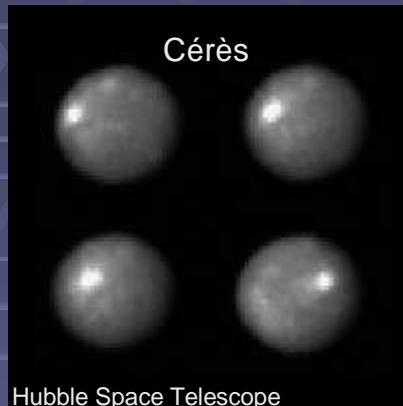
Distance à Mars : 9377 km.
Période de révolution : 0.32 jours.
Taille :
- Petit axe : 18 km.
- Grand axe : 26 km.
Masse : 10.8×10^{15} kg.



DEIMOS

Distance à Mars : 23 436 km.
Période de révolution : 1.26 jours.
Taille :
- Petit axe : 10 km.
- Grand axe : 16 km.
Masse : 1.8×10^{15} kg.

La ceinture principale

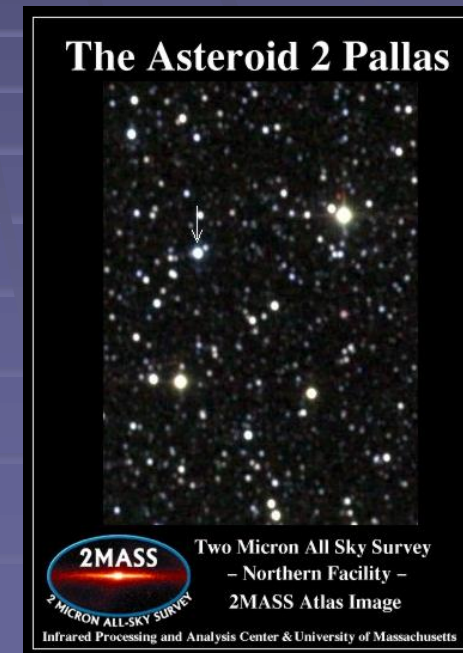


Orbites comprises entre 2.2 et 3.3 UA.
Plus de 100 000 astéroïdes de taille > 1 km.
Environ 3000 sont numérotés.
Existence des lacunes de Kirkwood.

Le plus massif : **Cérès** (diamètre de 940 km).
Il contient un tiers de la masse totale des astéroïdes.
(Découvert en 1801)

Pallas est le second plus gros astéroïde :
- Taille 570 x 525 x 482 km.
- Orbite entre 2.14 et 3.41 UA.
- Forte inclinaison orbitale de 34.8°.
(Découvert en 1802)

Intérêts pour l'amateur :
- Observation et suivi de leur trajectoire.
- Mag. entre 7 et 9 pour Cérès et Pallas.



Le Système Solaire extérieur

Jupiter



En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : 5.203 UA.

Période de révolution : 11.86 années.

Période de rotation : 9 h 50 min 3 s (équateur).

Diamètre : 142 800 km.

Masse : 1.90×10^{27} kg (~ 0.001 masse solaire).

Vitesse de libération : 60 km/s.

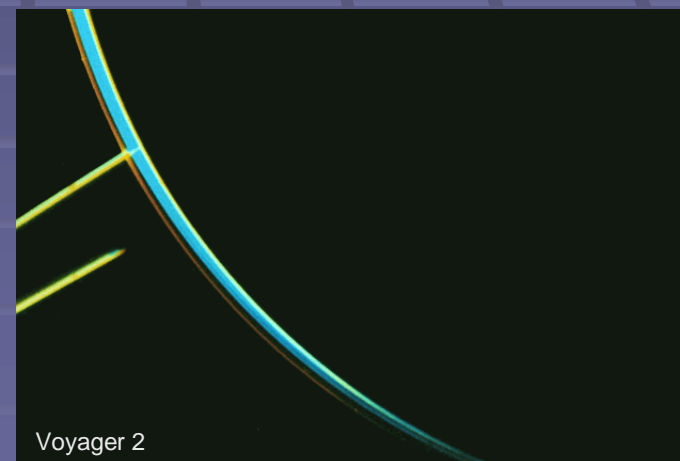
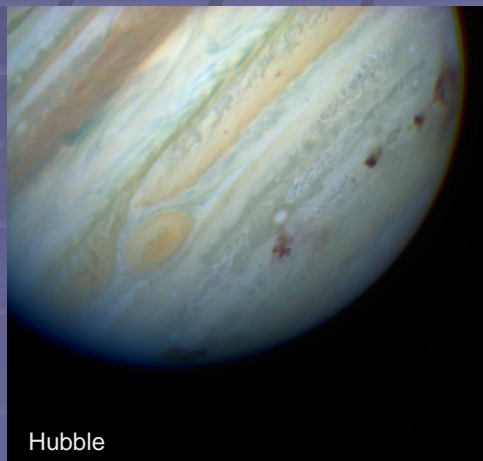
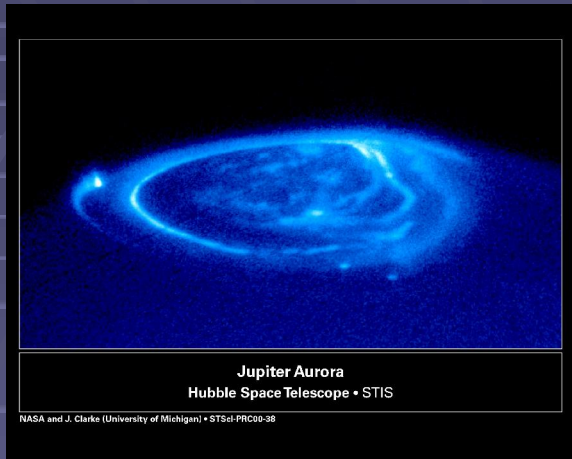
Température moyenne (haut des nuages) : 163°K.

Composition de l'atmosphère : 78% de H₂, 20% de He, 2% de CH₄, nuages de NH₃, NH₄SH et d'eau.

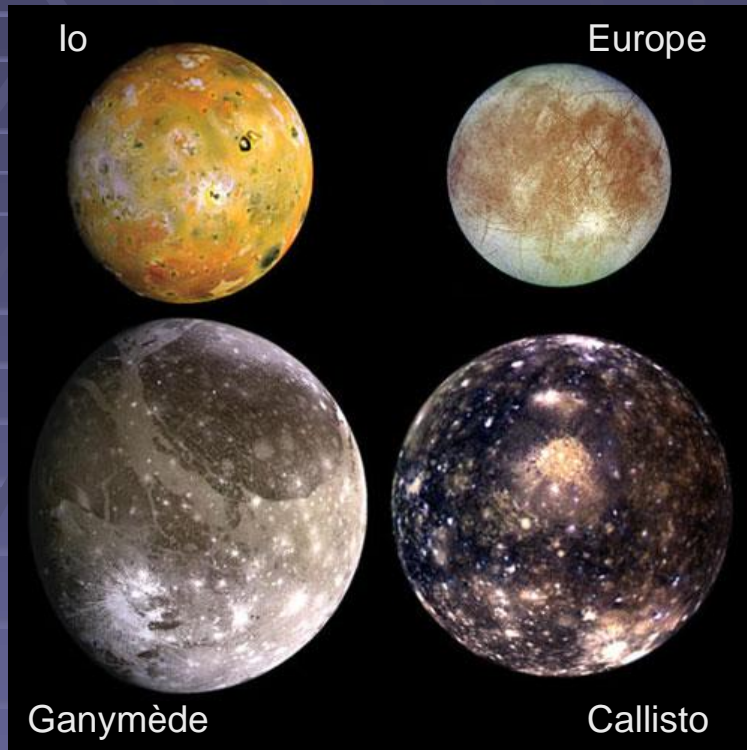
Intérêts pour l'amateur :

- Observation de détails sur le disque : bandes nuageuses, variation de couleurs...
- Observation de la Grande Tache Rouge, mesure de la rotation de Jupiter.
- Observation des ombres des satellites galiléens sur le disque.
- Phénomène exceptionnel :
En Juillet 1994, la comète Shoemaker-Levy 9 s'écrase sur Jupiter...

Quelques photos de Jupiter...



Les satellites galiléens



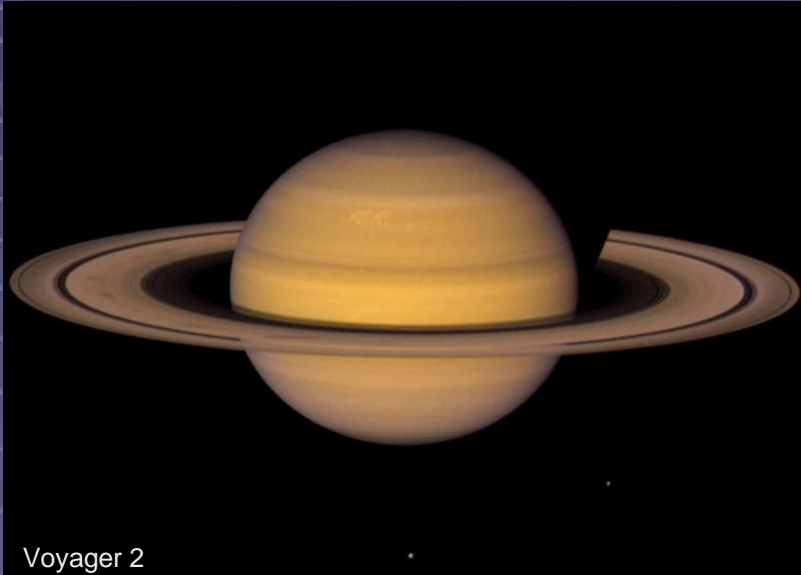
Plusieurs dizaines de satellites mais 4 seulement d'une taille > 1000 km.

	Diamètre	Masse	Distance à Jupiter
Io	3640 km (1.05)	8.9×10^{22} kg (1.2)	422 000 km
Europe	3130 km (0.9)	5.1×10^{22} kg (0.7)	671 000 km
Ganymède	5280 km (1.5)	1.5×10^{23} kg (2.0)	1 071 000 km
Callisto	4840 km (1.4)	1.1×10^{23} kg (1.5)	1 844 000 km

Intérêts pour l'amateur :

- Observation du mouvement des satellites et mesure de leur période de révolution.
- Observation d'éclipses, d'occultations, de passages et de passages d'ombre.

Saturne



En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : **9.54 UA.**

Période de révolution : **29.46 années.**

Période de rotation : **10 h 13 min 59 s (équateur).**

Diamètre : **120 000 km.**

Masse : **5.69×10^{26} kg.**

Vitesse de libération : **36 km/s.**

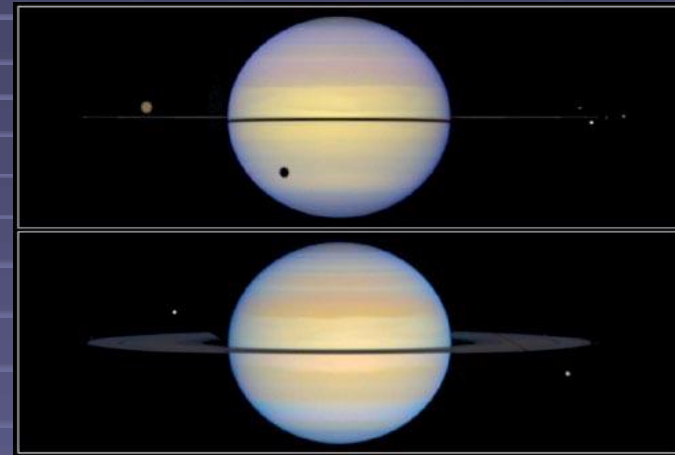
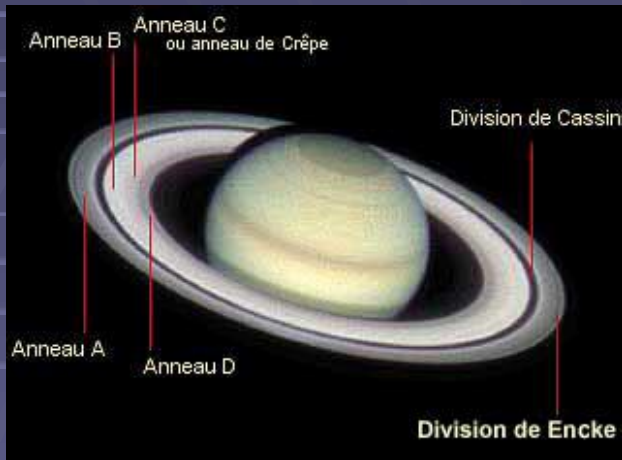
Température moyenne (haut des nuages) : **93°K.**

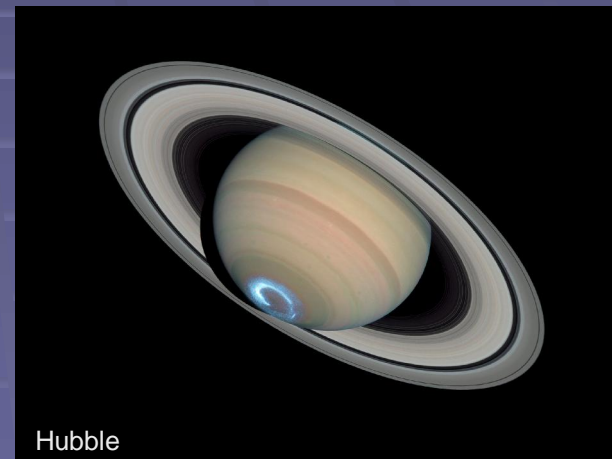
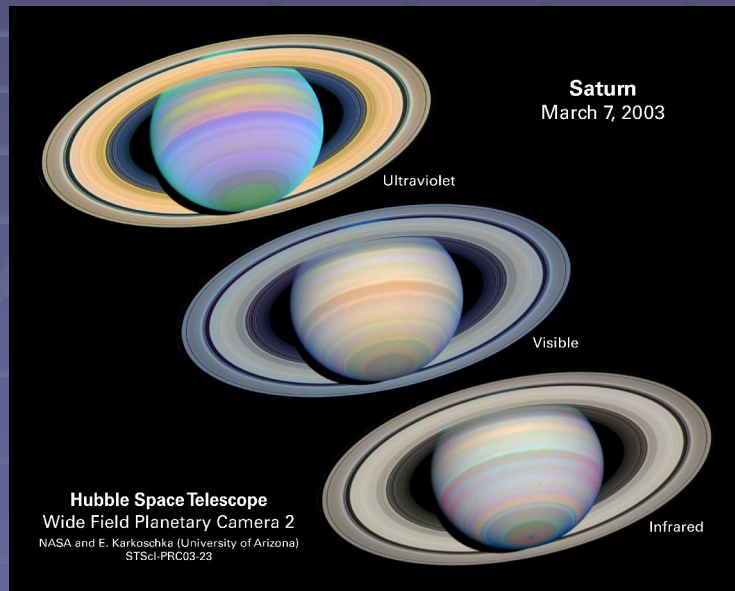
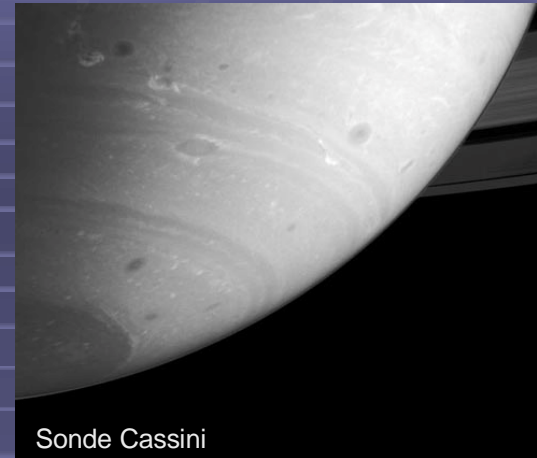
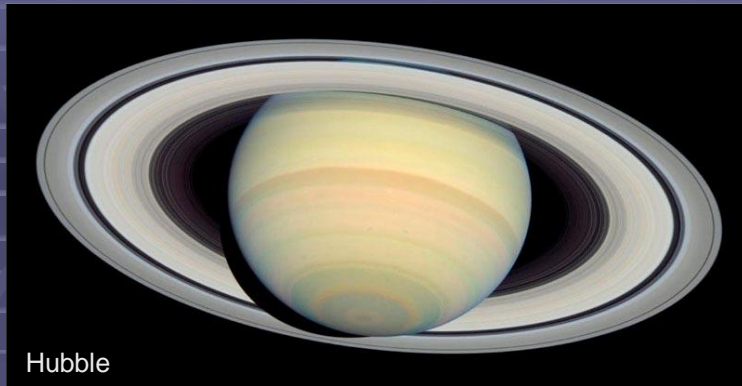
Composition de l'atmosphère : **88% de H_2 , 10% de He, 2% de CH_4 , nuages de NH_3 , NH_4SH et d'eau.**

Intérêts pour l'amateur :

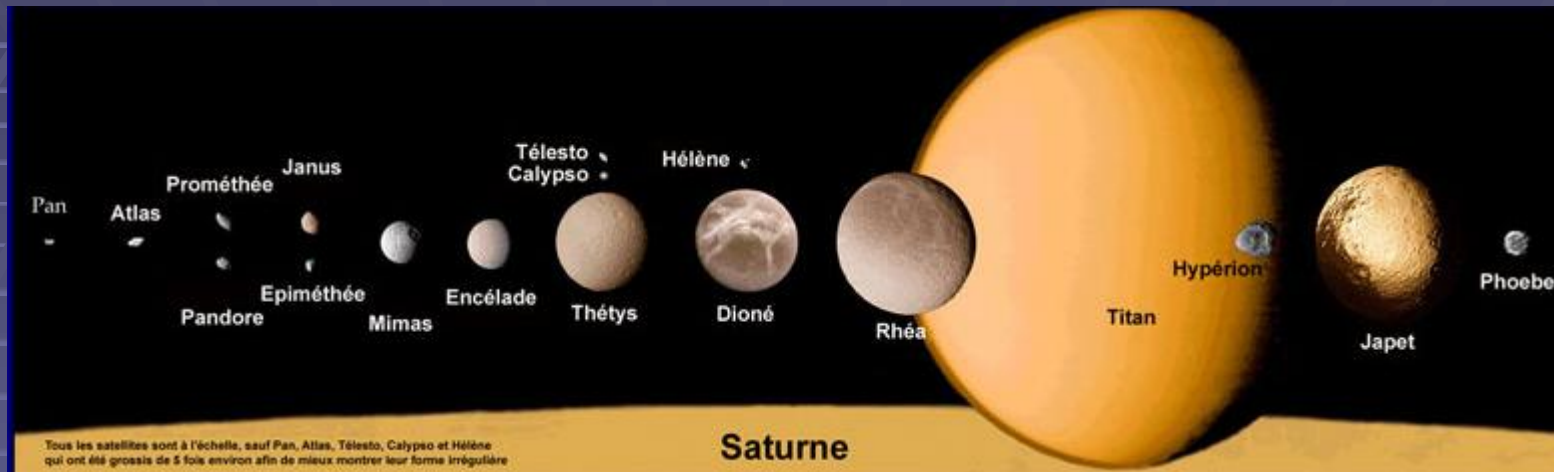
- Observation de détails sur le disque : bandes nuageuses, variation de couleurs...
- Observation des anneaux avec les divisions de Cassini et de Encke.
- Observation de l'ombre des anneaux sur le disque.
- Observation de l'ombre du disque sur les anneaux.
- Variation de l'inclinaison des anneaux au fil des mois (période de 12 ans).

Quelques photos de Saturne...





Les satellites de Saturne

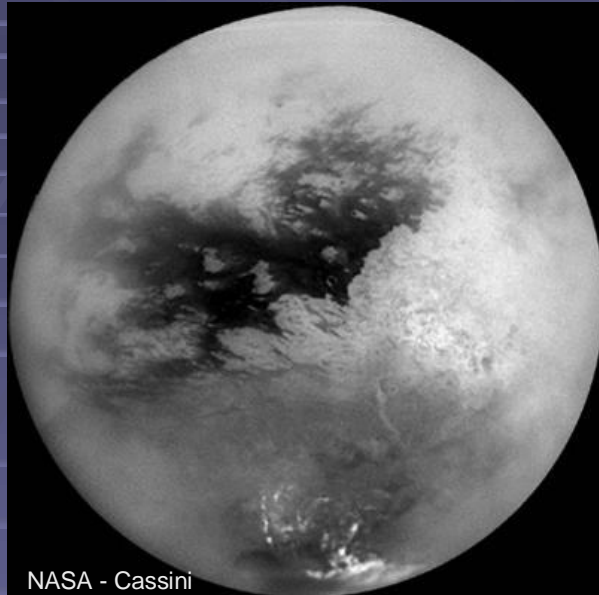


19 satellites dont la taille dépasse les 10 km mais seulement 5 de plus de 1000 km.

Par ordre de taille : Titan, Rhéa, Japet, Dioné et Téthys.

Titan comme Ganymède est plus gros (mais moins massif) que Mercure !

Titan



En quelques chiffres :

Distance moyenne à Saturne : 1 222 000 km.

Période de révolution : 15.96 jours.

Période de rotation : 15.96 jours.

Diamètre : 5150 km (1.48).

Masse : 1.3×10^{23} kg (1.77).

Vitesse de libération : 2.7 km/s.

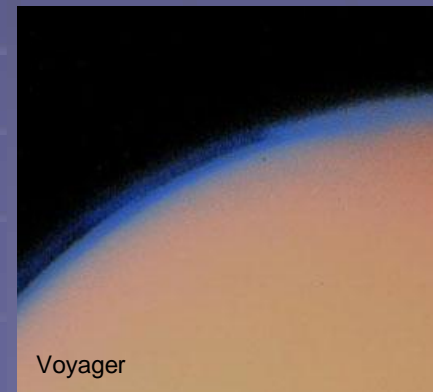
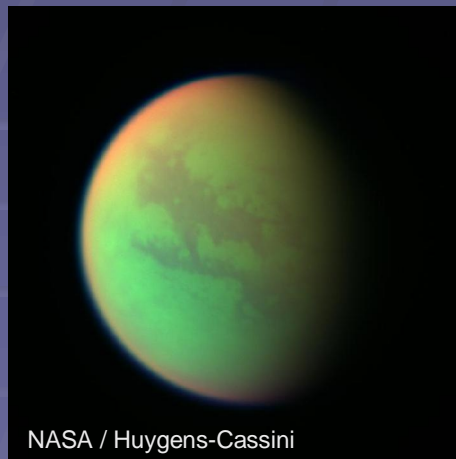
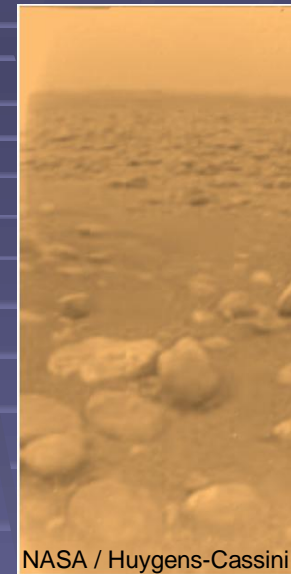
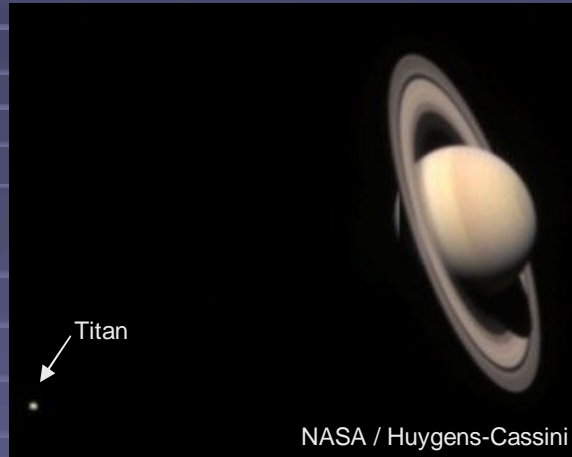
Température moyenne : 90°K.

Composition de l'atmosphère : 90% de N₂, 10% de CH₄, trace d'Ar et brume d'hydrocarbure.

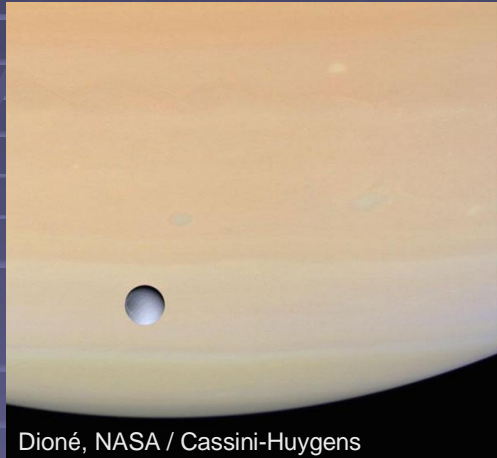
Intérêts pour l'amateur :

- Observation de son mouvement autour de Saturne.

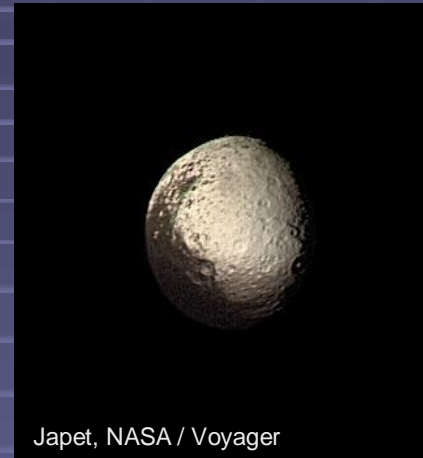
Quelques photos de Titan...



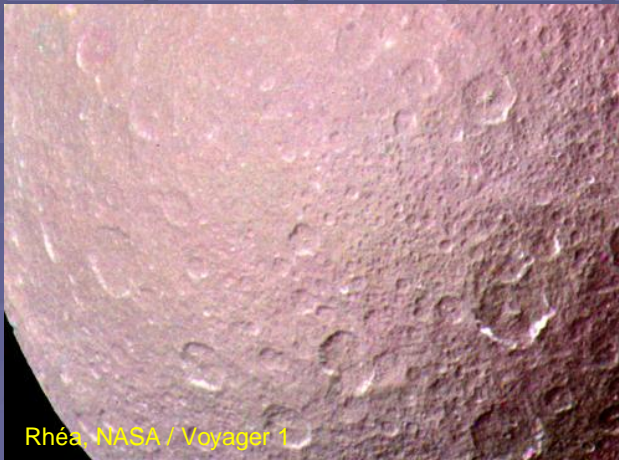
Et des autres satellites...



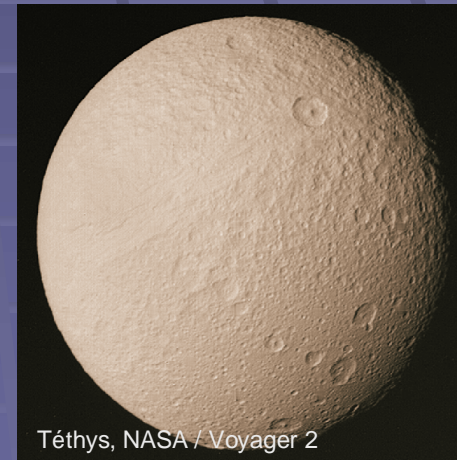
Dioné, NASA / Cassini-Huygens



Japet, NASA / Voyager



Rhéa, NASA / Voyager 1



Téthys, NASA / Voyager 2

Uranus



En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : **19.19 UA.**

Période de révolution : **84.04 années.**

Période de rotation : **16.5 h (équateur).**

Diamètre : **51 120 km.**

Masse : **8.70×10^{25} kg.**

Vitesse de libération : **21.2 km/s.**

Température moyenne (haut des nuages) : **52°K.**

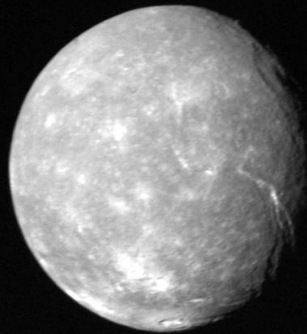
Composition de l'atmosphère : **H_2 , He, CH_4 .**

Intérêts pour l'amateur :

- Observation d'un petit disque verdâtre entre 3 et 4 secondes d'arc et de mag. 5.5 à 6 (actuellement dans la constellation du Verseau).

Les satellites d'Uranus

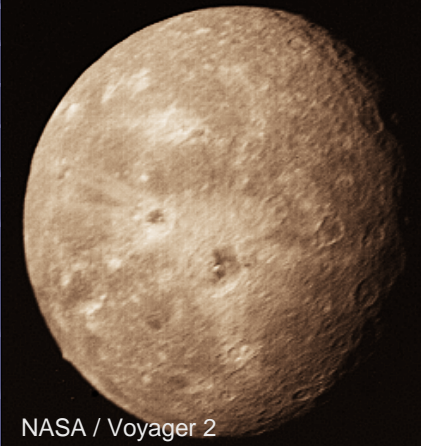
Plus d'une quinzaine de satellites mais seulement 4 qui dépassent les 1000 km de diamètre.



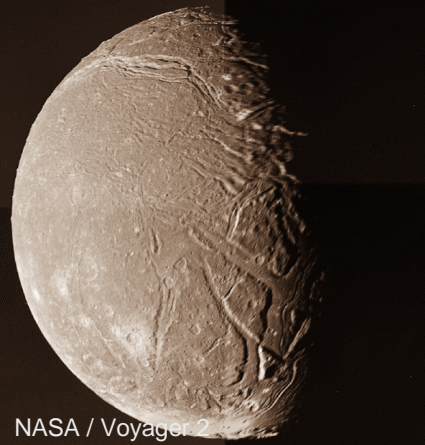
NASA / Voyager 2

Titania
Ø 1600 km
Mag. 13.9

Obéron
Ø 1550 km
Mag. 14.2



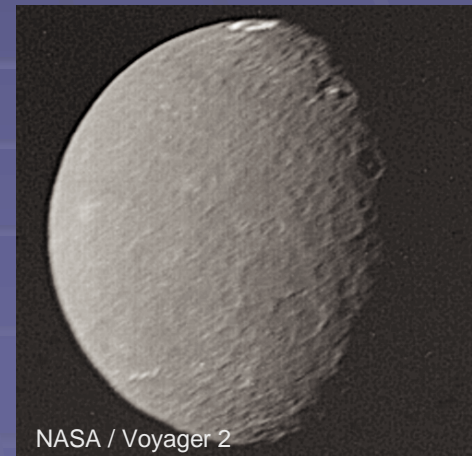
NASA / Voyager 2



NASA / Voyager 2

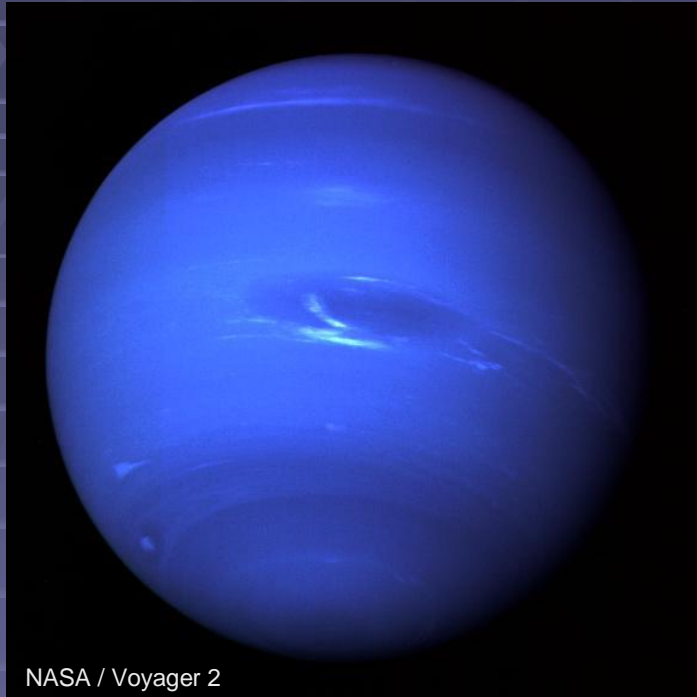
Ariel
Ø 1160 km
Mag. 14.4

Umbriel
Ø 1190 km
Mag. 15.3



NASA / Voyager 2

Neptune



NASA / Voyager 2

En quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : 30.06 UA.

Période de révolution : 164.8 années.

Période de rotation : 18 h (équateur).

Diamètre : 49 528 km.

Masse : 1.03×10^{26} kg.

Vitesse de libération : 23.6 km/s.

Température moyenne (haut des nuages) : 43°K.

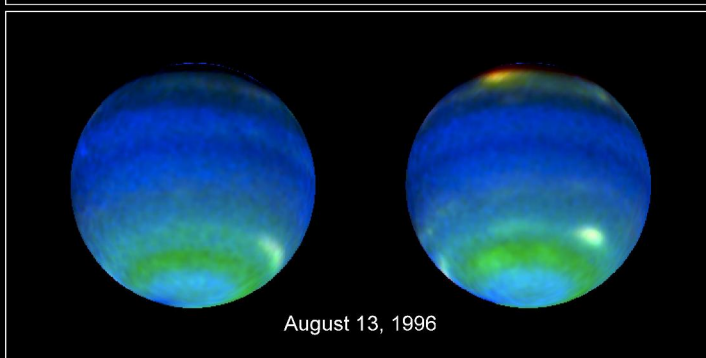
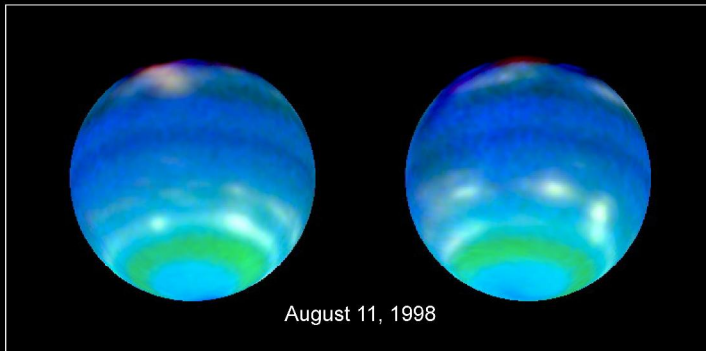
Composition de l'atmosphère : H_2 , He, CH_4 .

Depuis 1994, disparition de la Grande Tache sombre.

Intérêts pour l'amateur :

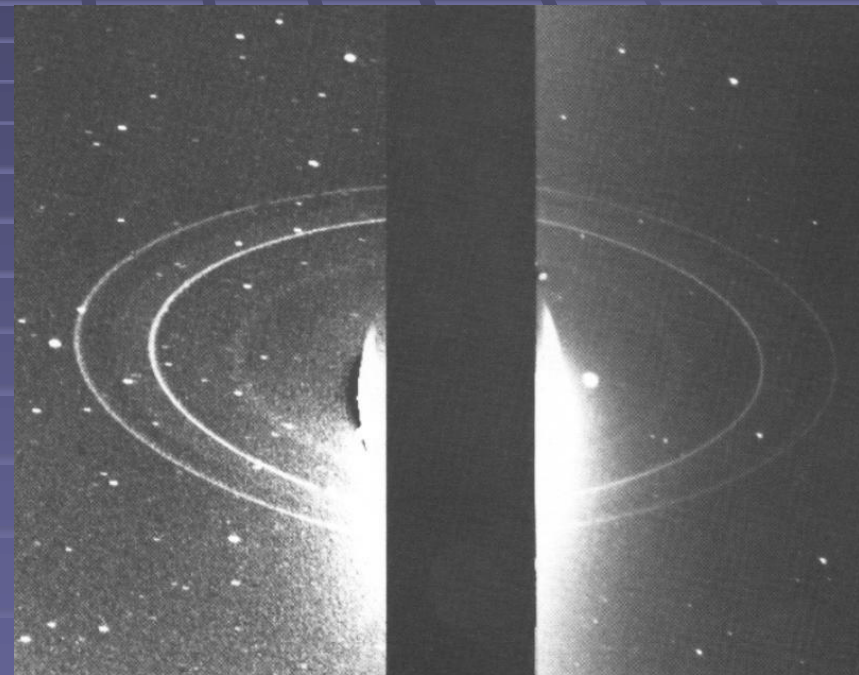
- Observation d'un petit disque bleuâtre entre 2 et 3 secondes d'arc et de mag. 7.5 à 8 (actuellement dans la constellation du Capricorne).

Photos de Neptune



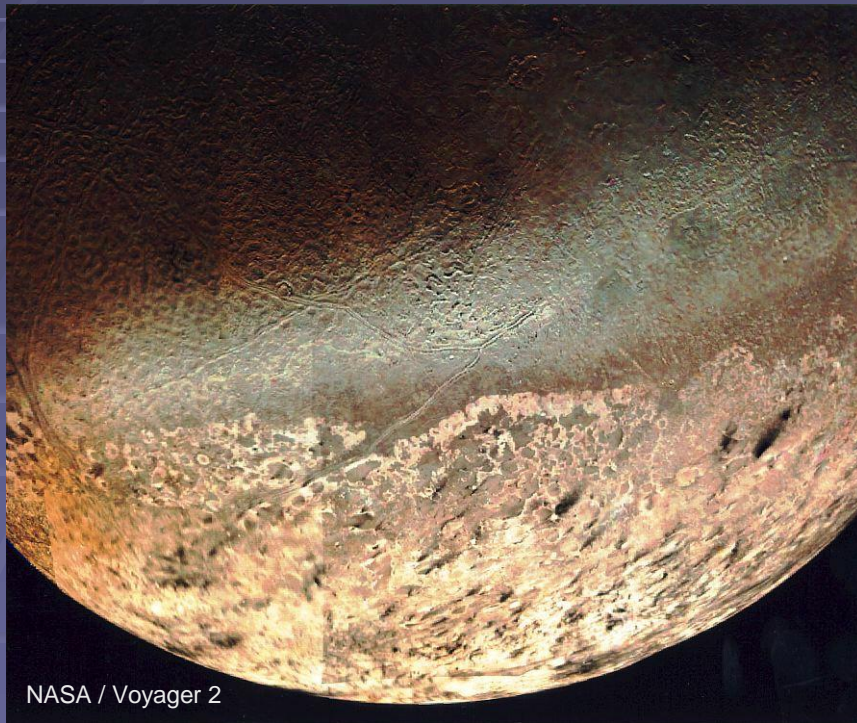
Opposite Hemispheres of Neptune
Hubble Space Telescope • WFPC2

PRC98-34 • ST ScI OPO • October 12, 1998 • L. Stomovsky (University of Wisconsin) and NASA



Les satellites de Neptune

Plus d'une dizaine de satellites de plus de 10 km mais un seul de plus de 500 km : **Triton**.



Triton en quelques chiffres :

Distance à Neptune : **355 000 km**.

Diamètre : **2760 km**.

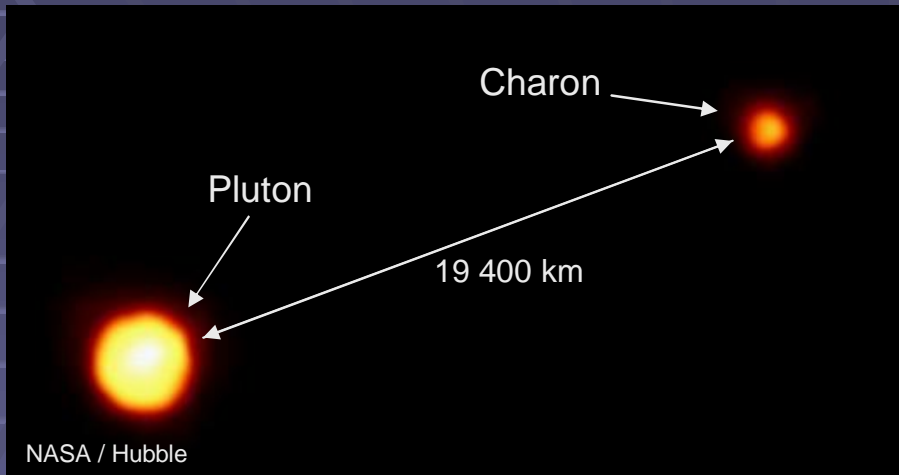
Masse : **2.2×10^{22} kg**.

Température : **37°K**.

Atmosphère : **détection de geysers de N_2** .

Magnitude de Triton : **~ 13.5**.

Le couple Pluton-Charon



Pluton en quelques chiffres :

Distance moyenne au Soleil : **39.44 UA.**

Période de révolution : **247.7 années.**

Période de rotation : **6.39 jours (rétrograde).**

Diamètre : **2300 km.**

Masse : **1.2×10^{22} kg.**

Vitesse de libération : **1.0 km/s.**

Température : **35°K.**

Présence d'une très fine atmosphère.

Charon :

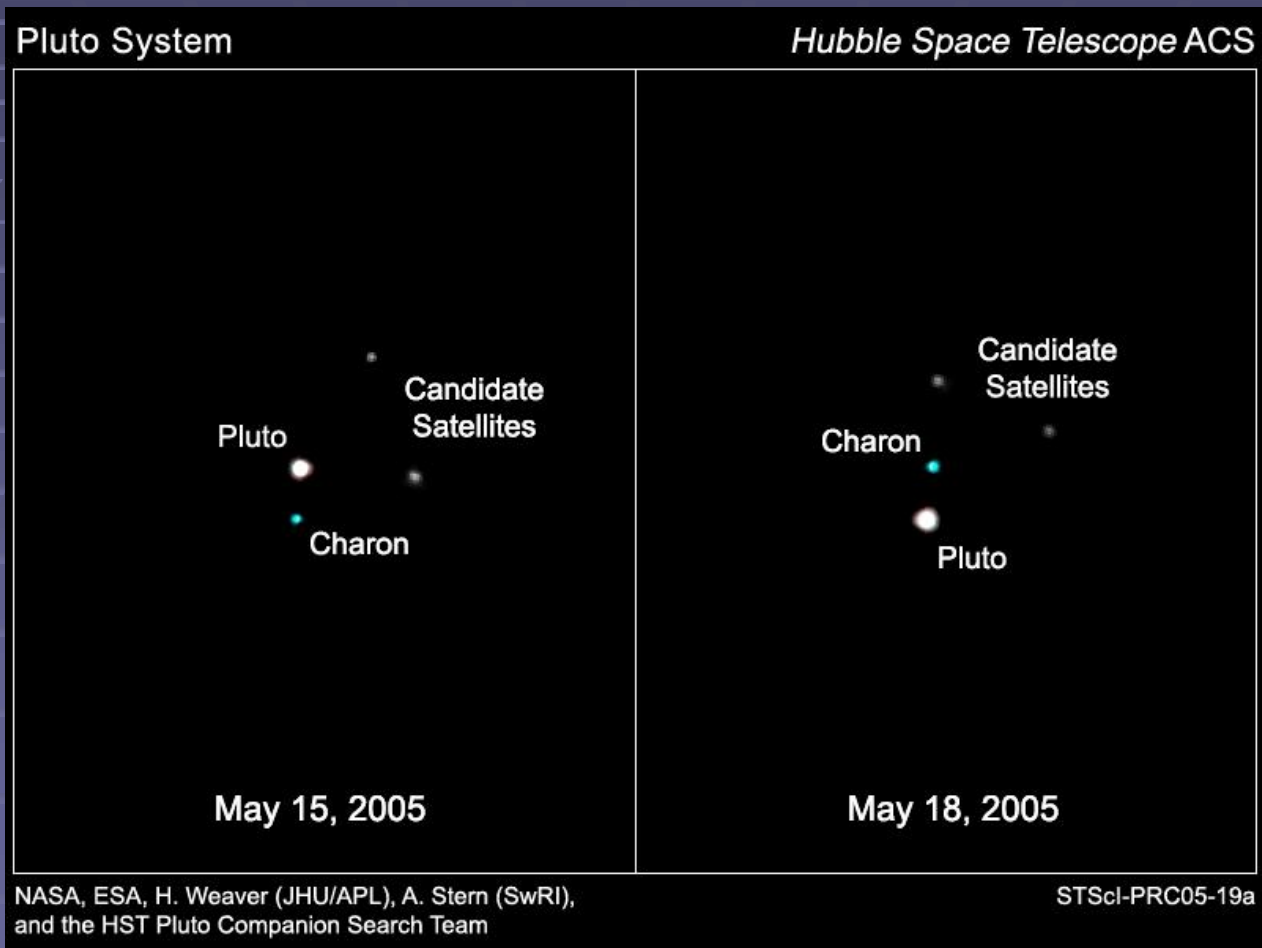
Diamètre : **1207 km.**

Masse : **1.7×10^{21} kg.**

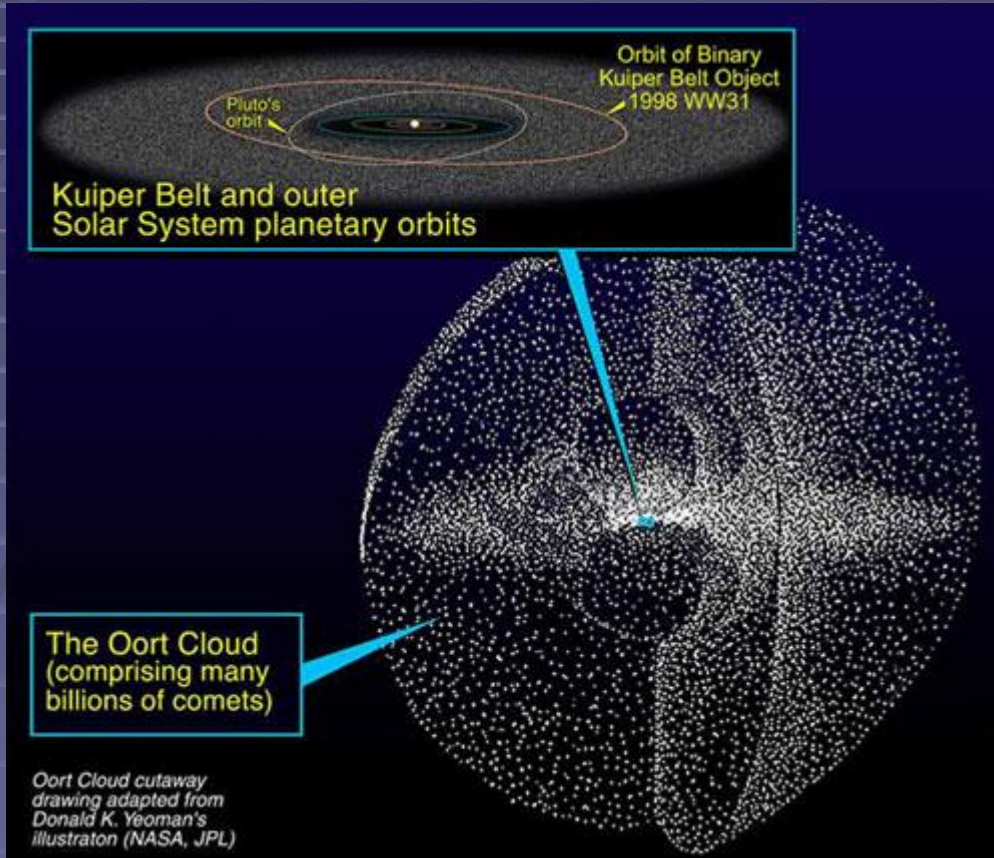
Observation de Pluton très difficile pour l'amateur :

- Mag. de 15.1 à l'opposition.
- Diamètre < 0.1 seconde d'arc.

D'autres satellites pour Pluton ?



Au-delà de Pluton...



La Ceinture de Kuiper :

Distance au Soleil : 40 et 100 UA.

Plus de 35 000 objets de taille > 100 km.

Objets découverts :

2003 UB313 (2005) : $\varnothing > 2400$ km.

Quaoar (2002) : $\varnothing 1250$ km.

Source des comètes à courte période (< 200 ans).

Le Nuage d'Oort :

Distance au Soleil : 10 000 et 150 000 UA (~ 2 a.l.).

Objet découvert en 2003 :

Sedna, $\varnothing 1200$ à 1700 km.

Source des comètes à longue période (> 200 ans).

Les distances dans l'Univers...

Les unités de distance

- **L'Unité Astronomique** : 1 UA = distance moyenne Terre-Soleil,
≈ 149.6 millions de km.
- **L'année-lumière** : 1 a.l. = distance parcourue par un rayon lumineux en 1 an,
≈ 9.45×10^{12} km,
≈ 63 200 UA.

(La vitesse de la lumière = 299 792 km/s)

- **Le parsec** : 1 pc = distance à laquelle 1 UA apparaît sous un angle de 1 seconde d'arc,
≈ 30.81×10^{12} km,
≈ 206 000 UA,
≈ 3.26 a.l.
- **Autres unités** : le Méga-parsec (1 Mpc = 10^6 pc) et le Giga-parsec (1 Gpc = 10^9 pc)

Comparaison des distances

	Distance	A la vitesse de la lumière...	A la vitesse d'un avion (1000 km/h)
Terre - Lune	384 000 km	1.28 seconde	16 jours
Terre - Soleil	1 UA	8 min 19 s	17 ans 28 jours
Terre - Pluton	39.44 UA	5 h 28 min	673.5 ans
Terre - Proxima du Centaure	4.2 a.l.	4.2 ans	4.5 millions d'années
Traversée de la Voie Lactée	100 000 a.l.	100 000 ans	Plus de 10 fois l'âge de l'Univers !!

Autres distances...

Distance Soleil - Centre de la Voie Lactée : $\sim 26\,000$ a.l.

Taille typique d'une galaxie : $d \sim 20\,000$ à $200\,000$ a.l.

Distance typique entre 2 galaxies d'un même amas : $D \sim 10^6$ a.l.

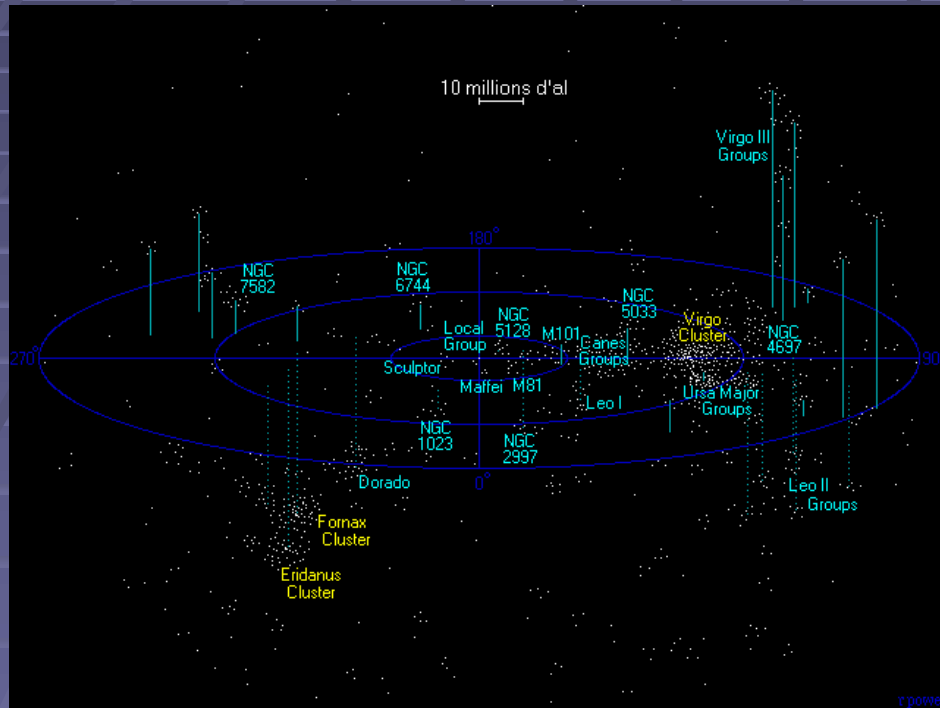
Exemple : l'Amas (ou Groupe) Local contient plus de 25 galaxies dans un volume de $(4 \times 10^6)^3$ a.l.

Remarque : $D/d \sim 10$. Pour les étoiles, ce rapport est $> 10^7$!!
 \Rightarrow Collisions galactiques fréquentes mais collisions stellaires très rares.

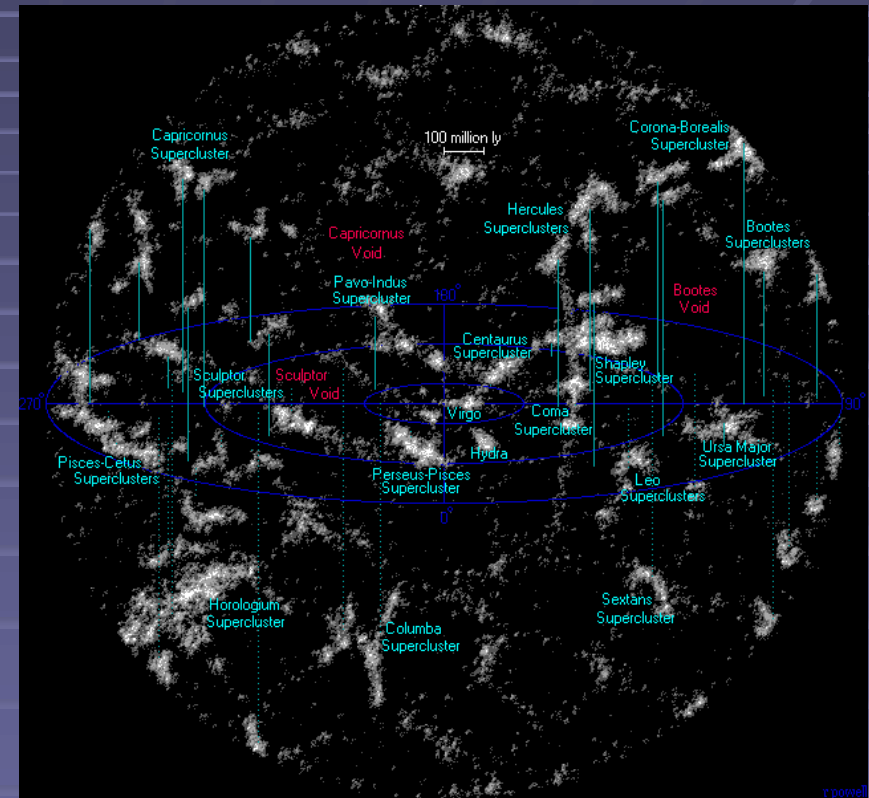
Taille du Superamas de Virgo : $\sim 10^8$ a.l.

Taille de l'Univers observable : $\sim 10^{10}$ a.l. ou ~ 3 Gpc.

Représentations de l'Univers Local



Le Superamas de Virgo



L'Univers Local

La mesure des distances

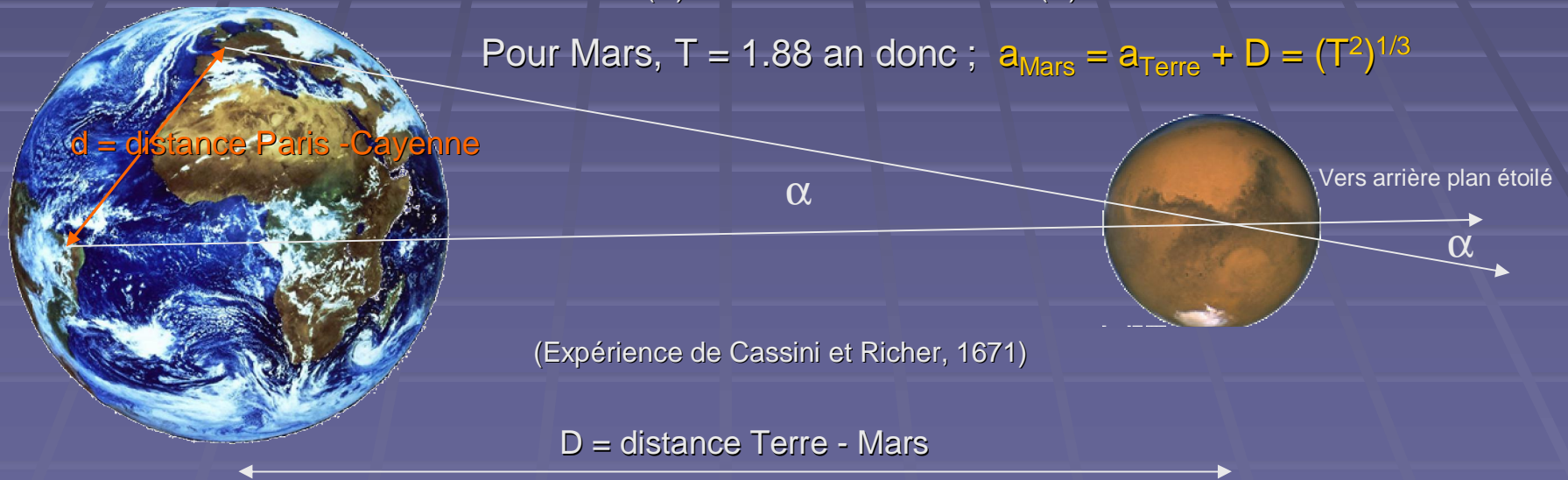
I - Pour les astres du Système Solaire :

1 . Historiquement, utilisation des lois de Képler et méthode de la parallaxe :

$$a^3 / T^2 = \text{constante} = 1 \text{ si } a \text{ est en UA et } T \text{ en année.}$$

$$\tan(\alpha) \approx d / D \Rightarrow D \approx d / \tan(\alpha)$$

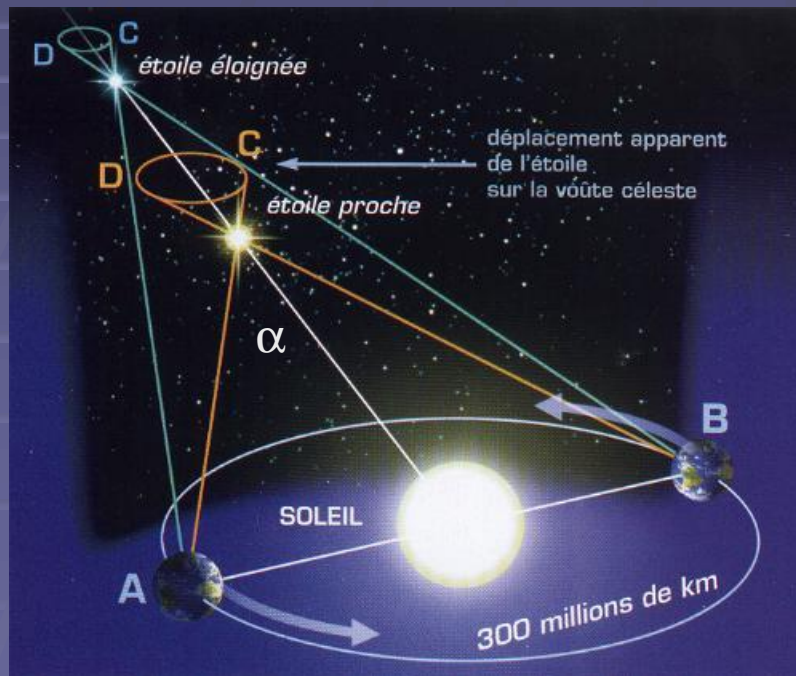
Pour Mars, $T = 1.88$ an donc ; $a_{\text{Mars}} = a_{\text{Terre}} + D = (T^2)^{1/3}$



2 . De nos jours, utilisation des radars avec réflexion d'une onde radio sur l'astre choisi.

Pour la Lune, utilisation du laser sur des réflecteurs posés à sa surface.

II - Pour les étoiles situées à moins de 200 a.l., utilisation de la parallaxe annuelle :



$$D \text{ (en UA)} = 1 \text{ U.A} / \tan(\alpha)$$

(α est la moitié de l'angle de déplacement)

III - Au-delà de 200 a.l., les mesures des distances sont plus difficiles :

1. Comparaison de la luminosité intrinsèque (L) avec l'intensité (I) reçue :

$$I \propto L / D^2$$

Pour déterminer L :

- a - Statistique sur les étoiles proches (< 200 a.l.),
- b - Etudes spectrales (couleurs et raies).

2 . Utilisation des céphéïdes :

Céphéïdes = étoiles (géantes oranges) variables régulières.

Historiquement, δ de Céphée est la première.

Aujourd'hui, il en existe 2 catégories plus un sous-type :

Type I : céphéïdes classiques type δ de Céphée.

Type II : céphéïdes du type de W de la Vierge.

Sous-type II : les céphéïdes du type de RR de la Lyre.

Pour les céphéïdes ; $L \propto$ Période de pulsation.

Détermination de la constante de proportionnalité sur des céphéïdes proches.

Utilisation pour déterminer la distance d'amas d'étoiles ou de galaxies proches.

IV - Au-delà de 10^8 a.l., les mesures des distances sont encore plus difficiles :

1. Utilisation d'étalons standards jusqu'à 5×10^8 a.l.:

Etalons standards = objets à luminosité connue.

Utilisation de la relation intensité-luminosité.

Statistiques sur les galaxies étudiées grâce aux céphéïdes ;

⇒ Les étoiles les plus brillantes atteignent $400\,000 L_{\odot}$.

Les supernovae de type Ia (binaire avec naine blanche)

Les sursauts gamma...

2. Pour les distances au-delà de 5×10^8 a.l.:

Utilisation du *redshift* (décalage vers le rouge) : fuite des galaxies.

Utilisation d'étalons standards comme les sursauts gamma (à l'étude).

Problème : ces méthodes sont dépendantes du modèle cosmologique.