

Les phases de Vénus

Thomas Widemann
Observatoire de Paris





5



et ces planètes sont
connues. Ces stèles
datent d'environ
1200 av. J.-C.

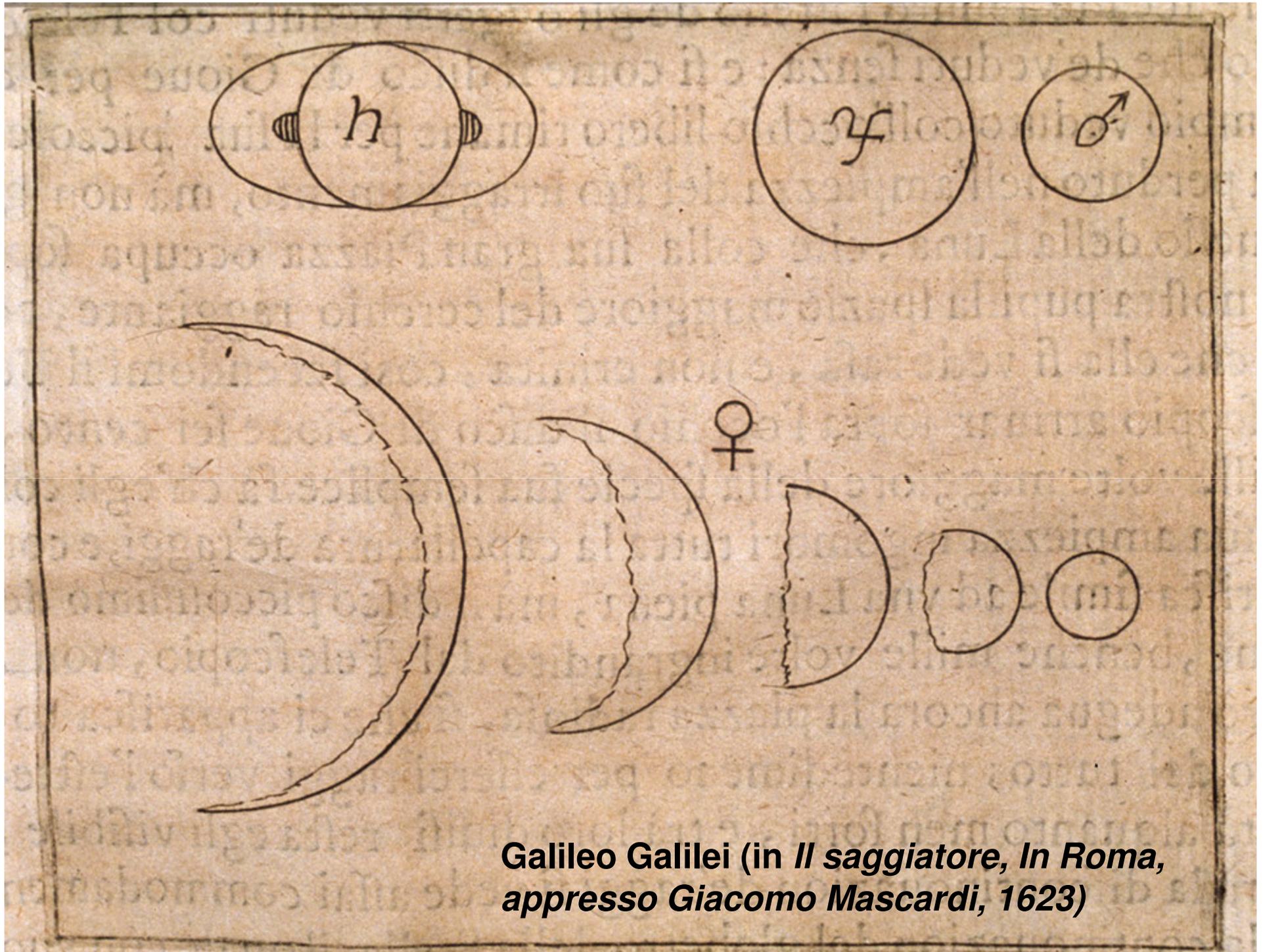
6

2100 av. J.-C.

- Ishtar à cornes ?

sceaux-cylindres, dynasties sumériennes





Galileo Galilei (in *Il saggiatore*, In Roma, appresso Giacomo Mascardi, 1623)

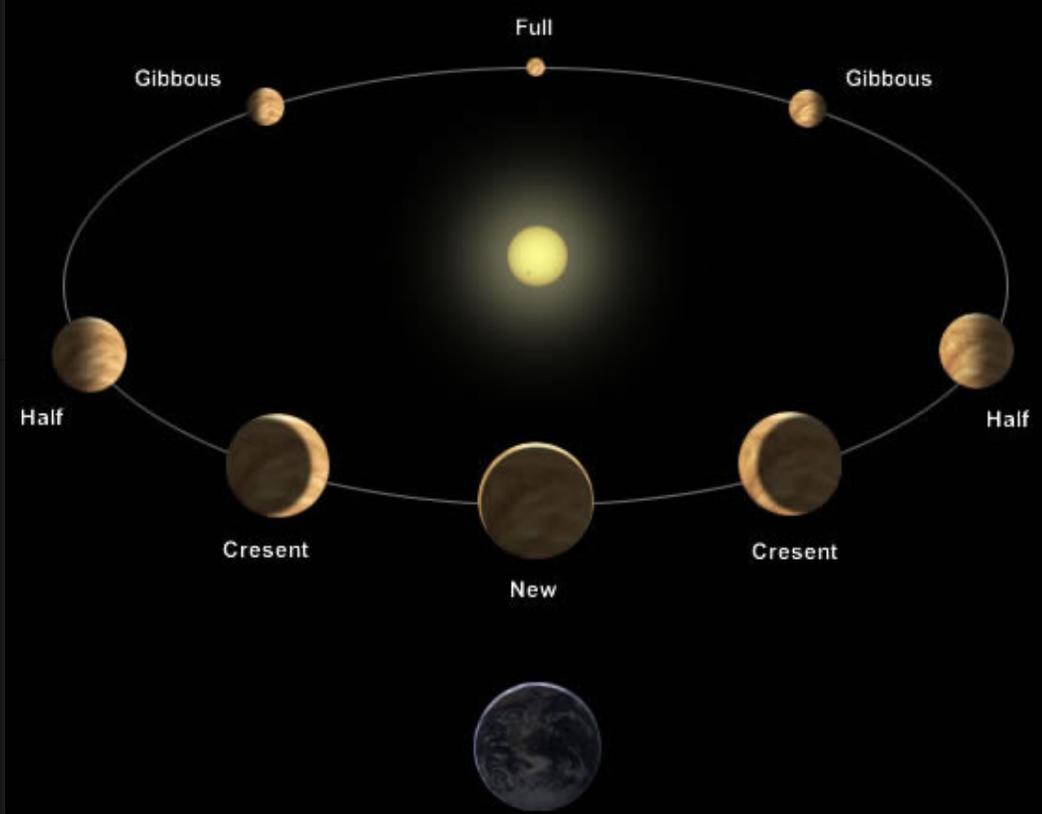
Découverte des phases par Galilée

- 1610 : Galilée fait parvenir à Kepler l'anagramme : « *Haec immatura a me jam frustra leguntur, o. y.* » (en vain, ces choses sont cueillies aujourd'hui par moi, prématurément), que Képler résoud en : « *Cynthiæ figuras æmulatur mater amorum* » (la mère des Amours imite les phases de Diane).

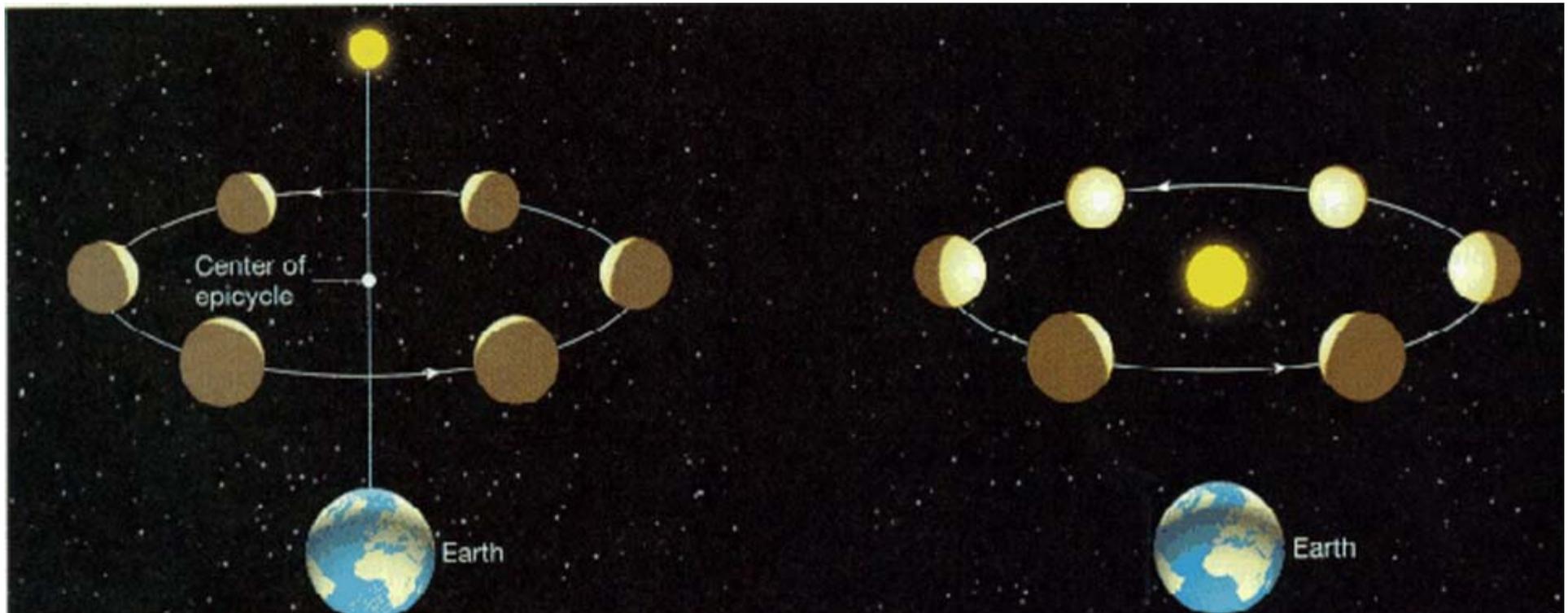


UT 2005-06-11 03:58

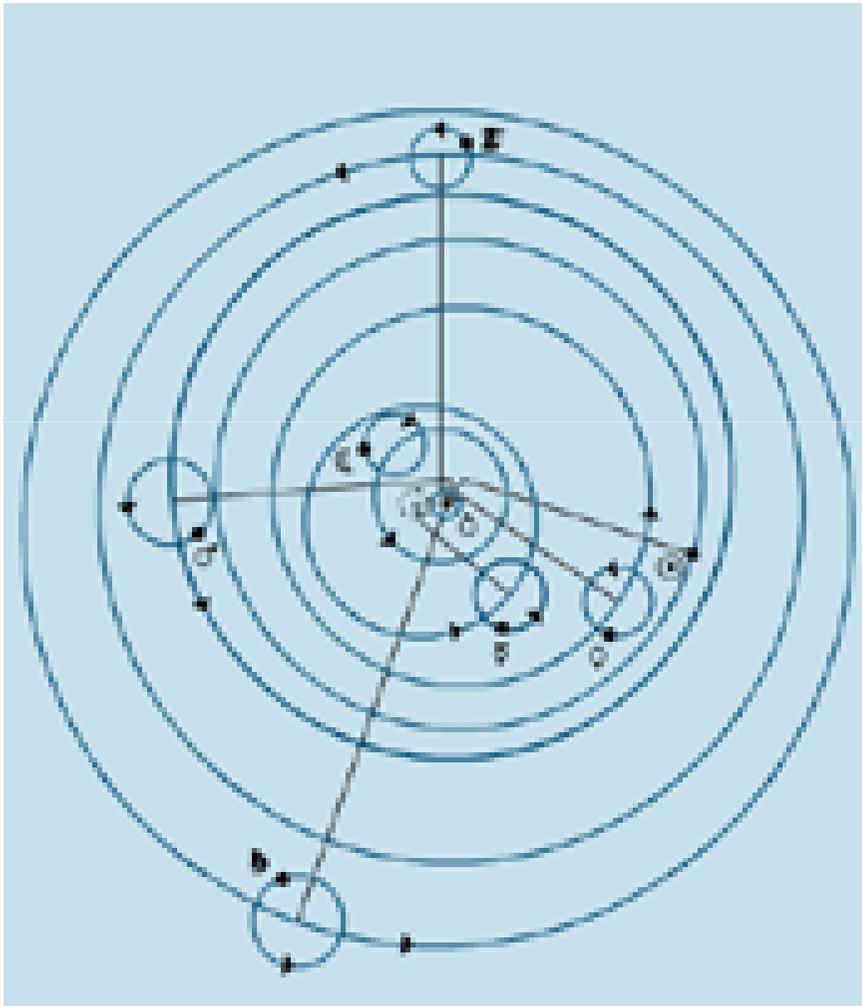
94.4%



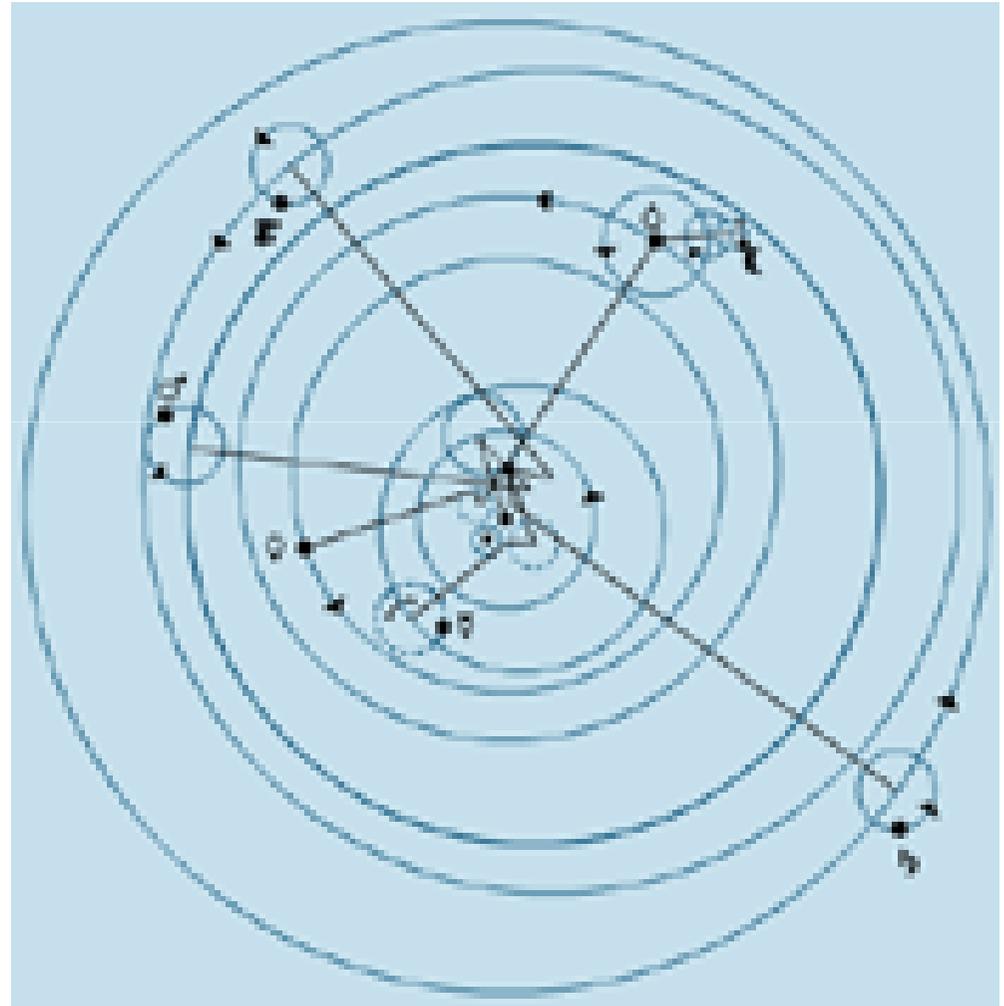
La succession des phases invalide le système géocentrique de Ptolémée



La succession des phases invalide le système géocentrique de Ptolémée



Système de Ptolémée (v. 165)



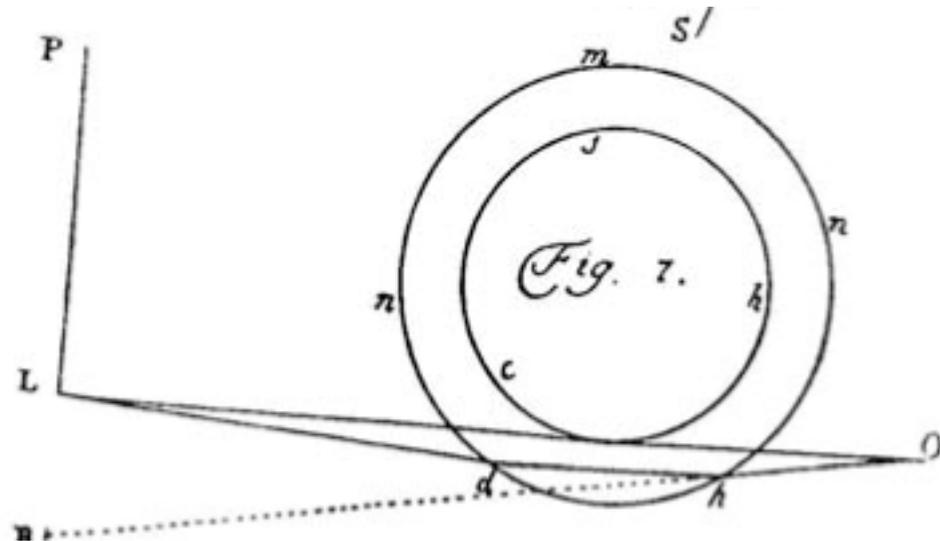
Système de Copernic (1543)

Mikhaïl Lomonossov (1711-1765) : découverte de l'atmosphère

Lomonosov and the discovery of Venus' atmosphere



Observe un anneau partiel
autour du disque de Vénus lors
du transit de 1761
visible de Sibérie



Adams et Dunham (1932)

ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC 243

ABSORPTION BANDS IN THE INFRA-RED SPECTRUM OF *VENUS**

BY WALTER S. ADAMS AND THEODORE DUNHAM, JR.

In 1922 St. John and Nicholson investigated the spectrum of *Venus* by photographing with a plane-grating spectrograph regions near $\lambda 5900$, the α -band of oxygen near $\lambda 6300$, and the B-band of oxygen at $\lambda 6867$. The radial velocity of the planet and the dispersion employed were sufficient to separate planetary lines from those of terrestrial origin. No trace was found of lines due to oxygen or to water vapor in the spectrum of the planet.

Recent progress at the Research Laboratory of the Eastman Kodak Company in sensitizing photographic plates to the infra-red has made it possible to extend this investigation to the region

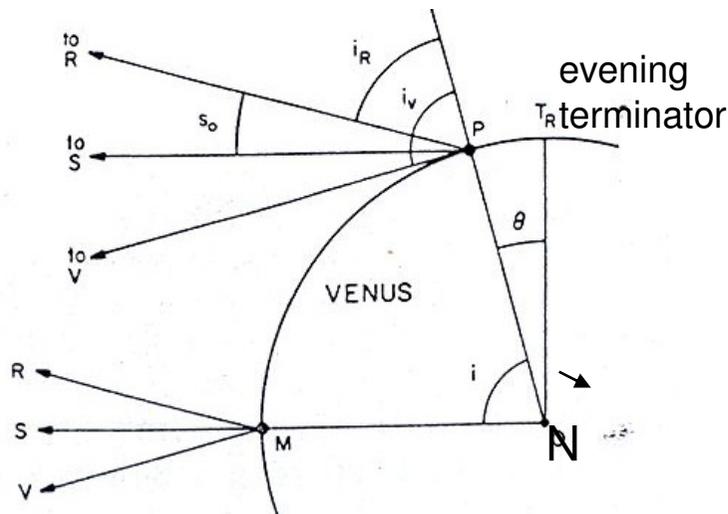
- Identification du CO_2 dans Vénus par spectroscopie IR

Albédo géométrique de Vénus

- Permet de contraindre la nature et la dimension des particules à l'altitude supérieure des nuages

(Young 1975, Moroz et al. Venus I 1983)

28



V. I. MOROZ

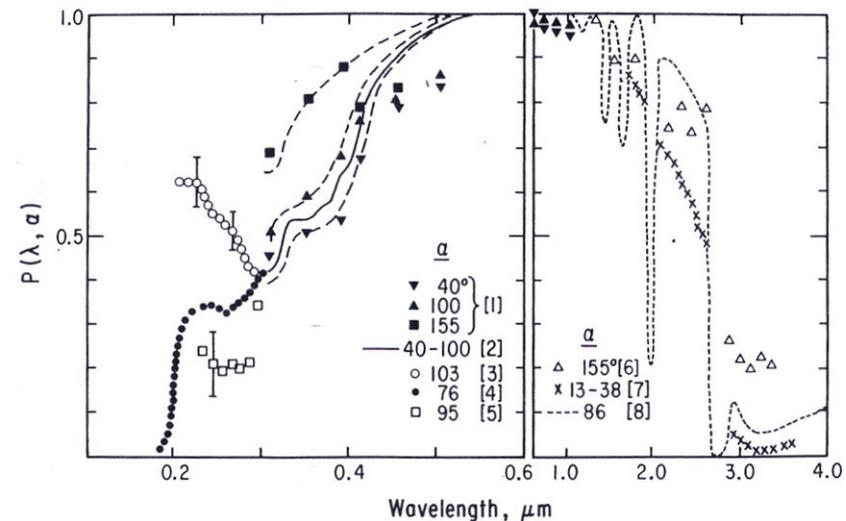


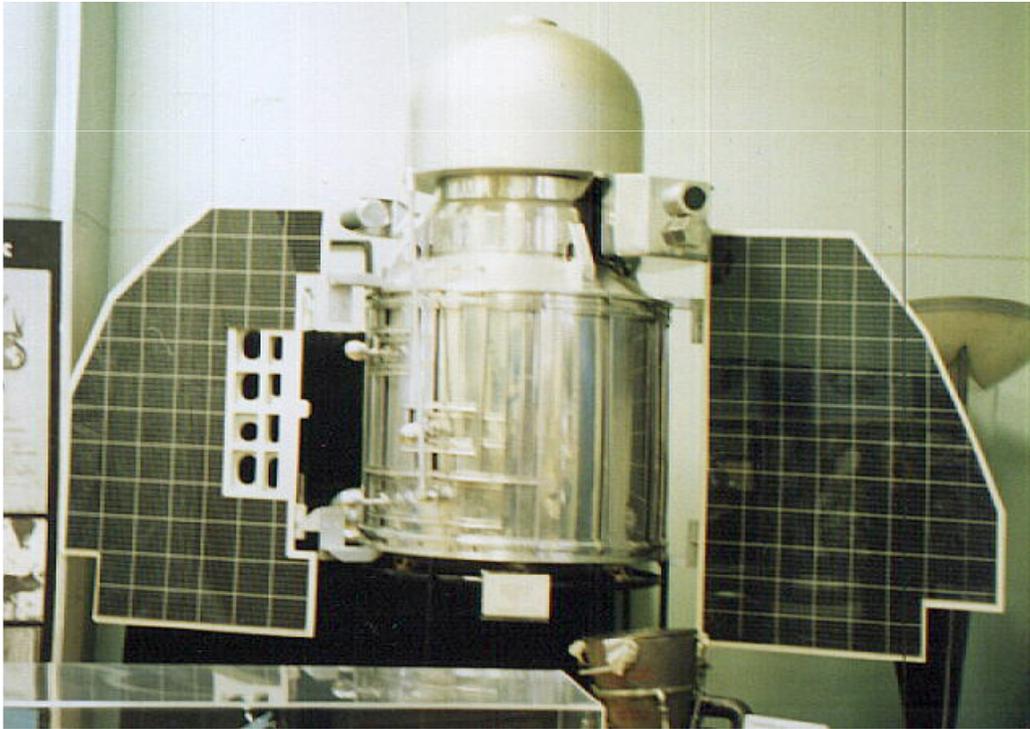
Fig. 1. The monochromatic albedo of Venus as a function of wavelength. The relative geometric albedo is given according to the data of various observers: [1] Irvine 1968; [2] Barker et



Rayon à l'équateur	0,95 R_T	R_T	0,53 R_T
Distance moyenne au soleil	0,72 UA	1 UA	1,52 UA
Masse	0,81 M_T	1 M_T	0,11 M_T
Densité moyenne (g/cm^3)	5,2	5,5	3,9
Pesanteur à l'équateur (Terre = 1)	0,91	1,00	0,38
Constante solaire (W m^{-2})	2620	1382	594
Albédo bolométrique	0,75	0,30	0,25
Pression moy. à la surface (bar)	92	1,013	0,006
Température moy. à la surface ($^{\circ}\text{C}$)	460	15	-58
Surcroît de T dû à l'effet de serre	+ 502	+ 33	+ 8
Masse de l'atmosphère (kg)	$4,77 \cdot 10^{20}$	$5,30 \cdot 10^{18}$	10^{16}
Constituants principaux (> 1%)	CO ₂ 96,5 % N ₂ 3,5 %	N ₂ 78,9 % O ₂ 20,9 % H ₂ O < 4 %	CO ₂ 95,3 % N ₂ 2,7 % Ar 1,6 %

Venera-1

première mission vers Vénus
12 février 1961
(contact perdu le 19 février)



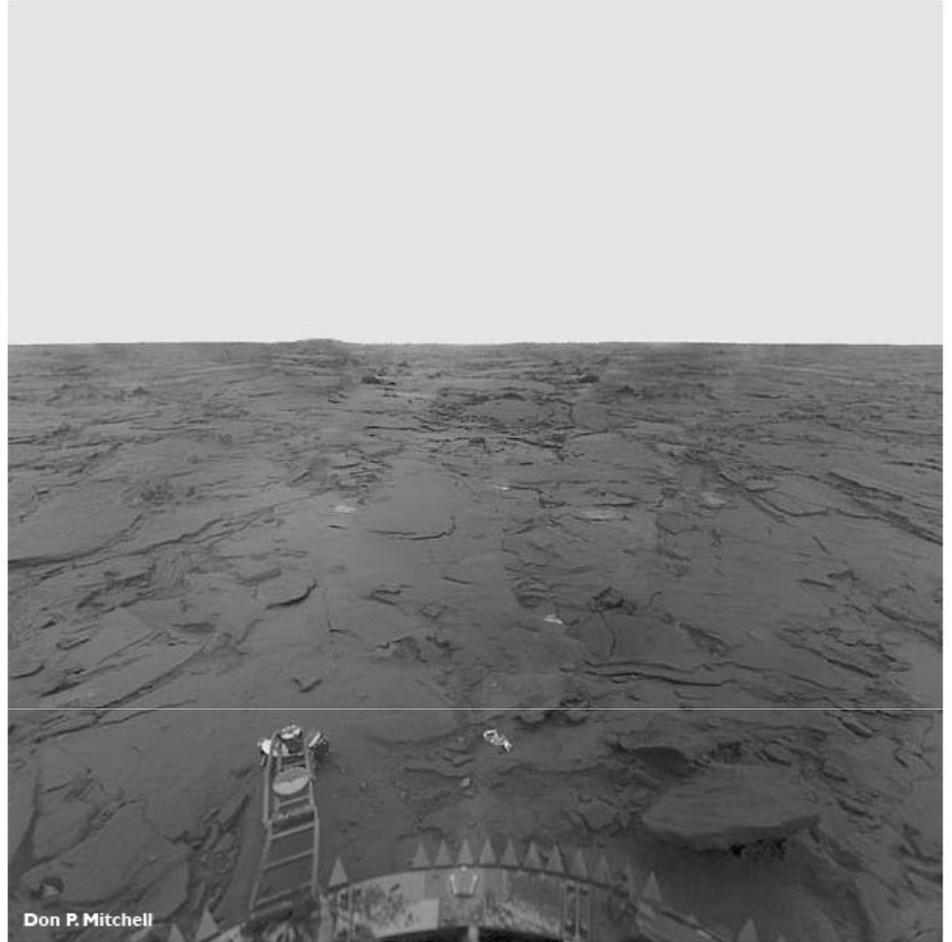
- 643 kg, 2 m x 2 m
- Passe à moins de 100000 km de Vénus le 19 mai
- se satellise en orbite solaire

Mariner-2

première mission US vers Vénus
27 août 1962



- 203 kg, 220 W
- 1 m, mât 5 m, panneaux solaires 7 m
- Mât :
 - magnétomètre
 - détecteur de particules de hautes énergies
- Base :
 - capteur de poussière interplanétaire
 - spectromètre pour le plasma du vent solaire



Venera 13-14 (1^{er}-5 mars 1982)

La rotation de Venus

Véronique Dehant

Observatoire Royal de Belgique



ROYAL OBSERVATORY
of BELGIUM

contenu

- Rotation rétrograde
- Rotation dans le cadre des missions récentes passées ou présentes
- Rotation par observation radar

contenu

- **Rotation rétrograde**
- Rotation dans le cadre des missions récentes passées ou présentes
- Rotation par observation radar

La sœur jumelle de la Terre ... sauf pour la rotation !

Venus



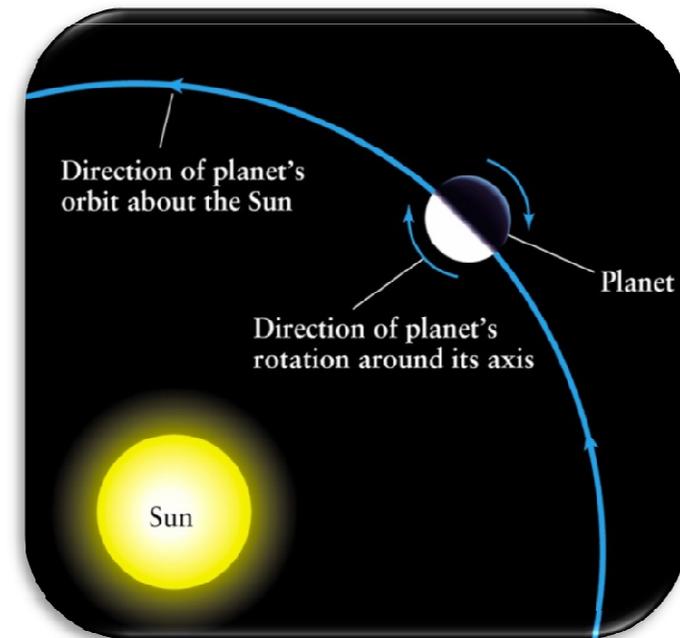
Terre



La rotation de Vénus

Année	224,70 jours
Jour sidérale	243,16 jours
Jour solaire	116,75 jours
Inclinaison orbitale	177,3°

- Sens de rotation rétrograde
- Causes possibles :
 - Collision originelle
 - Effet de freinage de l'atmosphère
 - Basculement de l'axe de rotation



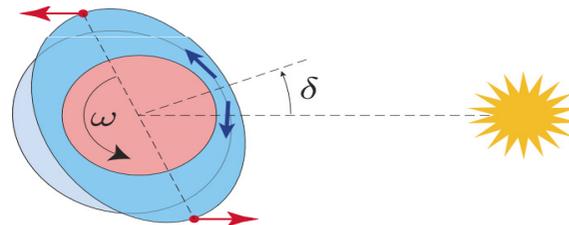
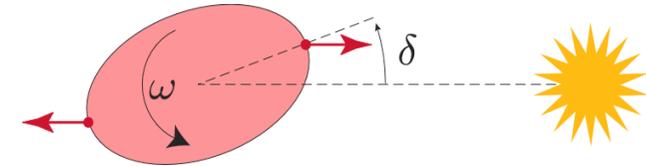
Rotation de l'atmosphère

- Rotation complète de la couche nuageuse en 4,2 jours
- Mouvement de circulation d'est en ouest s'amorçant vers 10 km d'altitude
- Peut être à l'origine de la rotation rétrograde
- Conserve la température quasi constante sur toute la planète

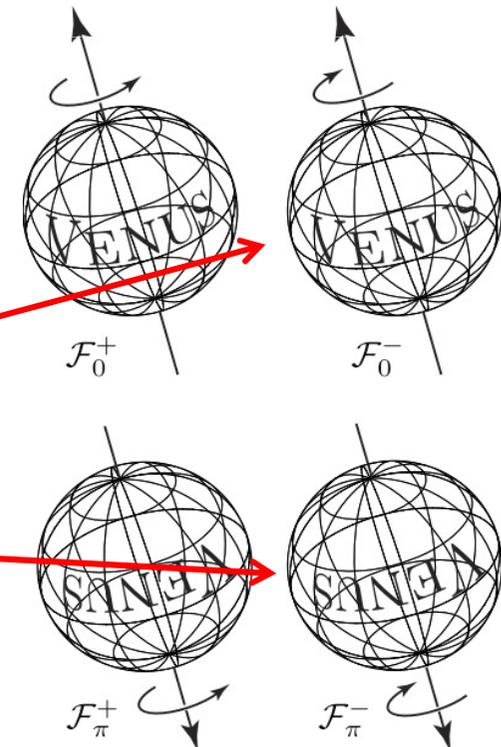


Pourquoi une rotation rétrograde de Venus? (1)

- Quelles sont les forces qui agissent sur cette planète et qui peuvent jouer sur sa période de rotation et son inclinaison?
 - Effet de marées : la friction a tendance à "synchroniser" la planète.
 - Friction noyau-manteau : a tendance à donner une obliquité de 0 ou 180°.
 - Marée atmosphérique due au chauffage du Soleil sur l'épaisse atmosphère.



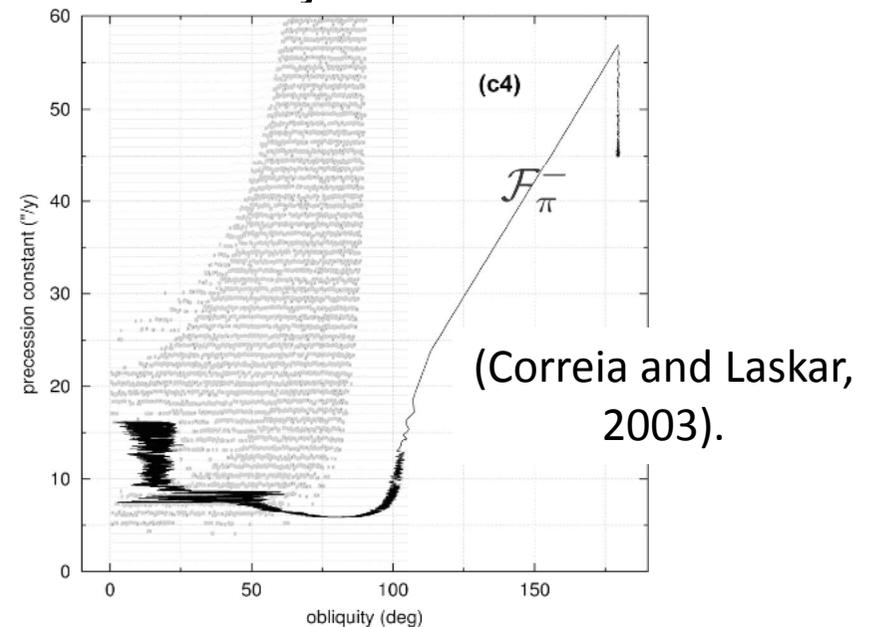
- Tous ces effets combinés conduisent à 4 états stables : deux correspondant à un état prograde (F_0^+, F_π^+) et deux à un état rétrograde (F_0^-, F_π^-).



Correia and Laskar, Nature 2001

Pourquoi une rotation rétrograde de Venus? (2)

- Les états rétrogrades F_0^- et F_π^- correspondent tous deux histoires différentes :
 - Venus initialement en rotation prograde; ralentissement sous l'influence des effets dissipatifs, pendant que l'obliquité évolue vers 0° ; Venus s'arrête; Venus tourne en sens inverse pour atteindre sa vitesse de rotation finale de 243 jours.
 - Venus initialement en rotation prograde et obliquité proche de 0° ; l'obliquité augmente sous l'influence des perturbations planétaires; l'obliquité se retourner et la rotation de Venus ralentit pour atteindre sa vitesse de rotation finale de 243 jours.



Exemple d'évolution possible de l'obliquité de Vénus au cours de son histoire. La fréquence de précession (en secondes d'arc par an) est tracée en fonction de l'obliquité de l'axe (en degrés). L'obliquité initiale est de un degré, et la période initiale de trois jours. La fréquence de précession initiale est 16 secondes de degrés par an, mais à cause de la dissipation par effets de marée, et de la friction noyau-manteau, la planète ralentit et la fréquence de précession diminue. L'obliquité entre alors dans une zone chaotique très importante (en gris), résultant des perturbations planétaires. L'obliquité peut alors augmenter fortement, jusqu'à ce que les effets dissipatifs la conduisent en dehors de la zone chaotique, pour une forte valeur de l'obliquité. Les différents effets dissipatifs peuvent alors amener l'obliquité vers 180 degrés.

Contenu

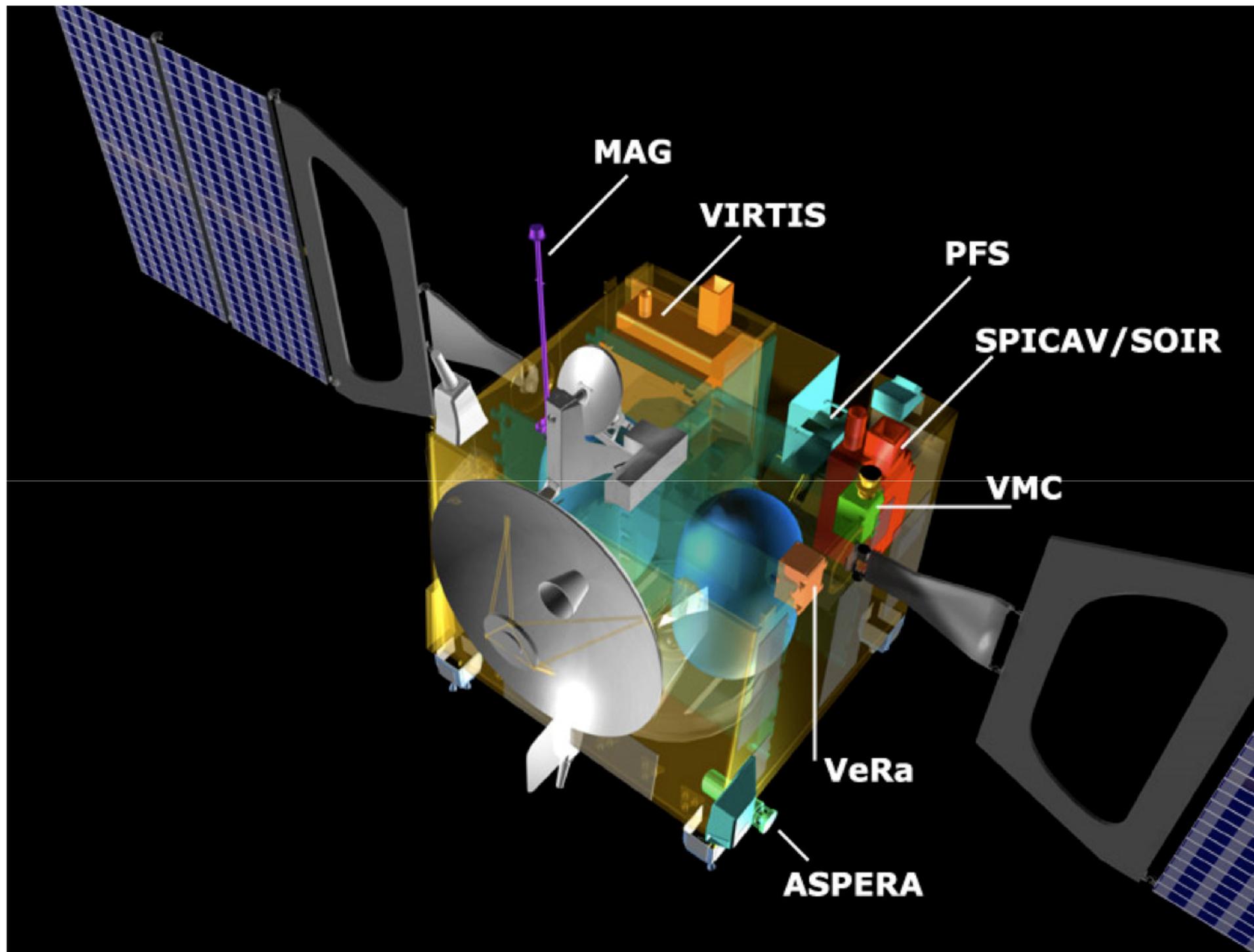
- Rotation rétrograde
- Rotation dans le cadre des missions récentes passées ou présentes
- Rotation par observation radar

Missions spatiales

- Venera/Mariner
- Magellan 1990 de la NASA: 4 ans de mission/mapping de la surface
- Venus Express 2006 de l'ESA, en cours



La mission Venus Express



En résumé - Les champs d'investigation de la mission Venus Express

- Les mécanismes gouvernant les **processus d'échappement atmosphérique** et les interactions de la haute atmosphère avec le vent solaire.
- La raison du **remodelage de la surface** il y a 500 millions d'années.
- L'existence d'une **activité volcanique ou sismique actuelle**.
- La **structure interne** de Vénus, y compris l'état et les dimensions de son noyau.

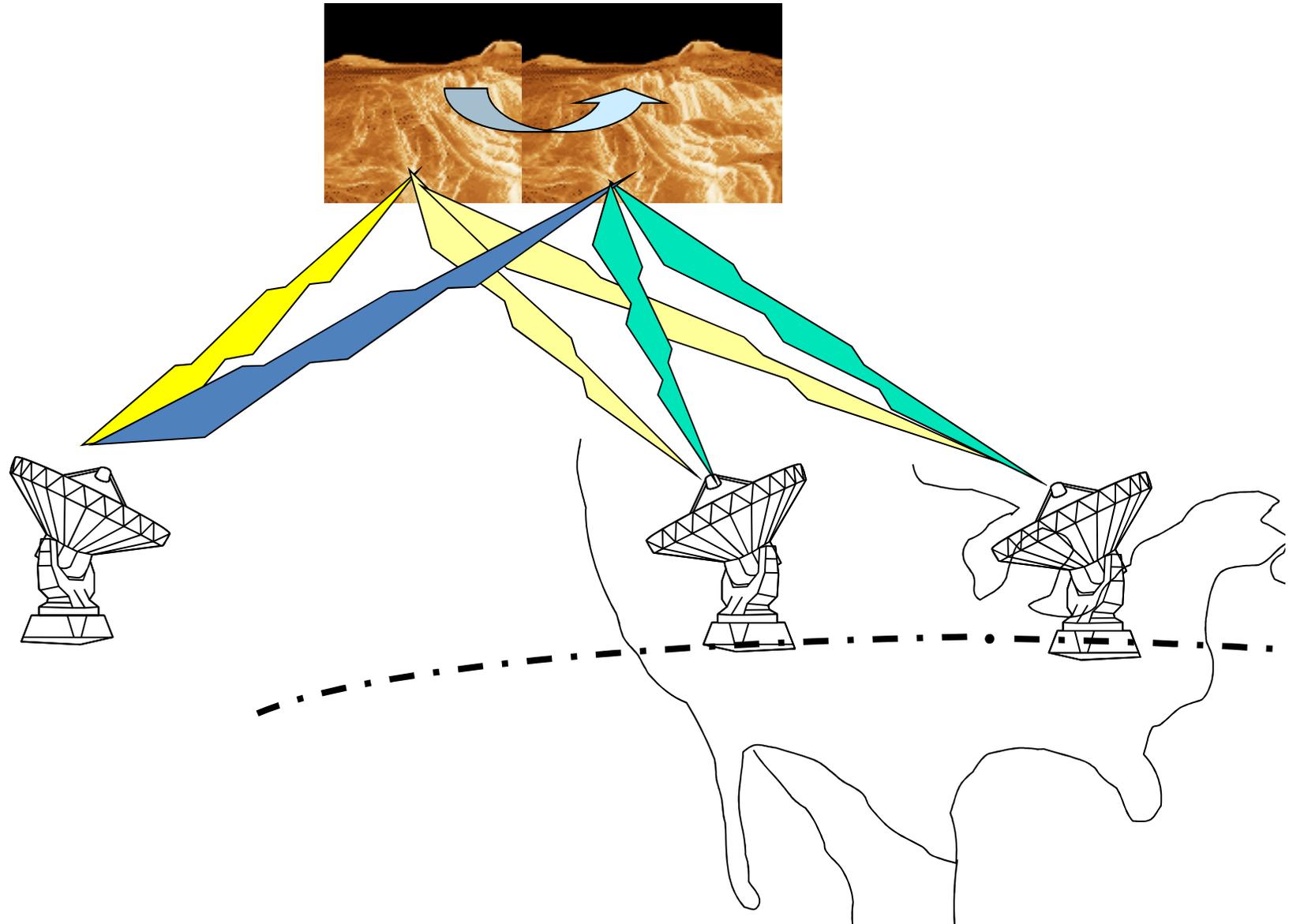
contenu

- Rotation rétrograde
- Rotation dans le cadre des missions récentes passées ou présentes
- Rotation par observation radar

Observation de Venus par radar depuis la Terre

- Illuminer Venus avec un signal radio monochromatique depuis Goldstone ($\lambda=3.5$ cm) pendant ~ 10 minutes.
- Enregistrement des échos par les télescopes de Goldstone et de Green Bank pour ~ 10 minutes.
- Effectuer des cross-corrélations entre les fluctuations des amplitude enregistrées aux deux télescopes.

Principe de mesure.



Conclusions

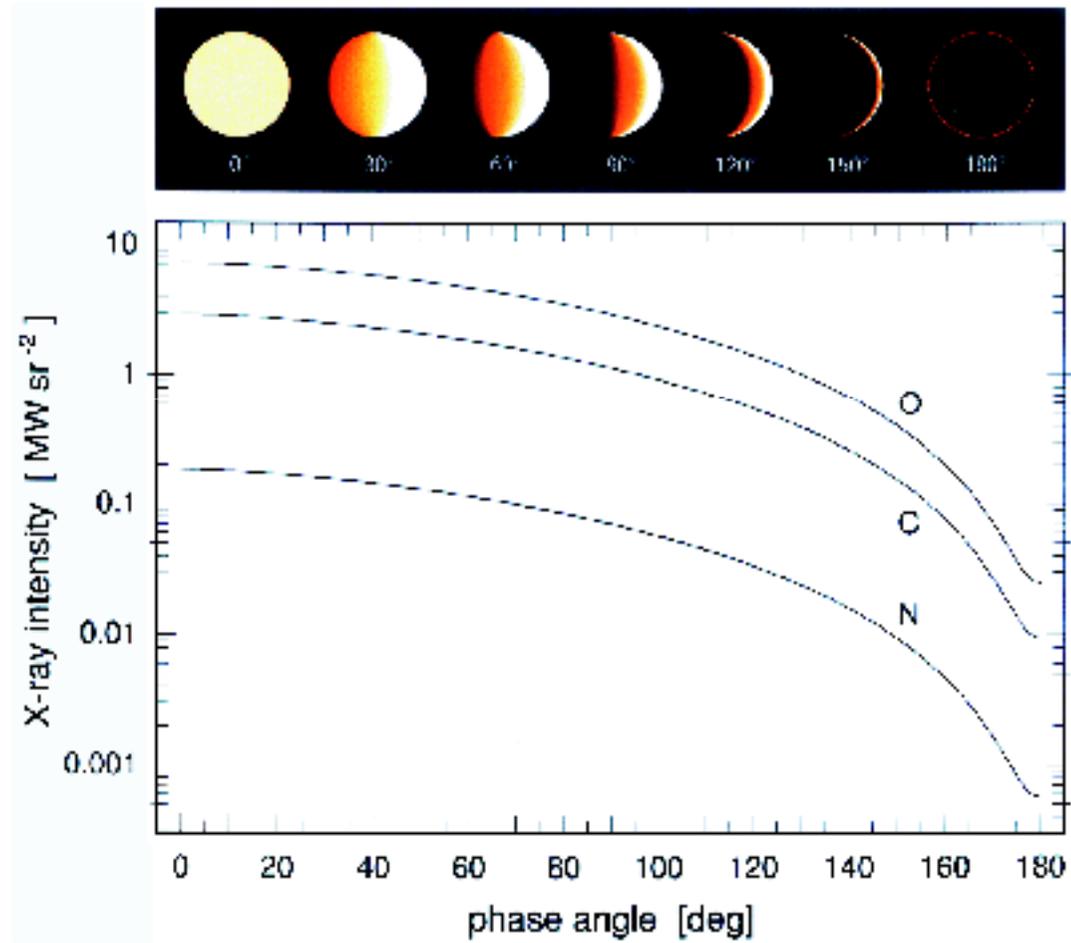
- Phases de Vénus : l'observation comme preuve des théories scientifiques
- Superrotation de l'atmosphère : partiellement comprise
- Rotation rétrograde observée par radar et plusieurs explications avancées
- Planète la plus proche : l'exploration n'est pas finie....!

RESERVE QUESTIONS

Atmosphère

- La basse atmosphère 0 à 48 km
- La couche nuageuse 48 à 65 km
 - Basse 48 à 50 km
 - essentiellement composée de CO₂ et de SO₂
 - Principale 50 à 55 km
 - siège de précipitations d'acide sulfurique
 - Haute 55 à 65 km
 - brume de cristaux de glace
- La haute atmosphère 65 à 90 km

Dépendance de l'émission X en angle de phase



Atmosphère

Origine

- Intense épisode volcanique
- Présence d'océans d'eau
- Augmentation de l'énergie solaire
- Evaporation des océans
- Effet de serre intense

Composition

CO ₂	96,5 %
N ₂	3,5 %
SO ₂	0,000150 %
Ar	0,000070 %
H ₂ O	0,000020 %
CO	0,000017 %
H	0,000012 %
O ₂	0,000010 %
Ne	0,000007 %

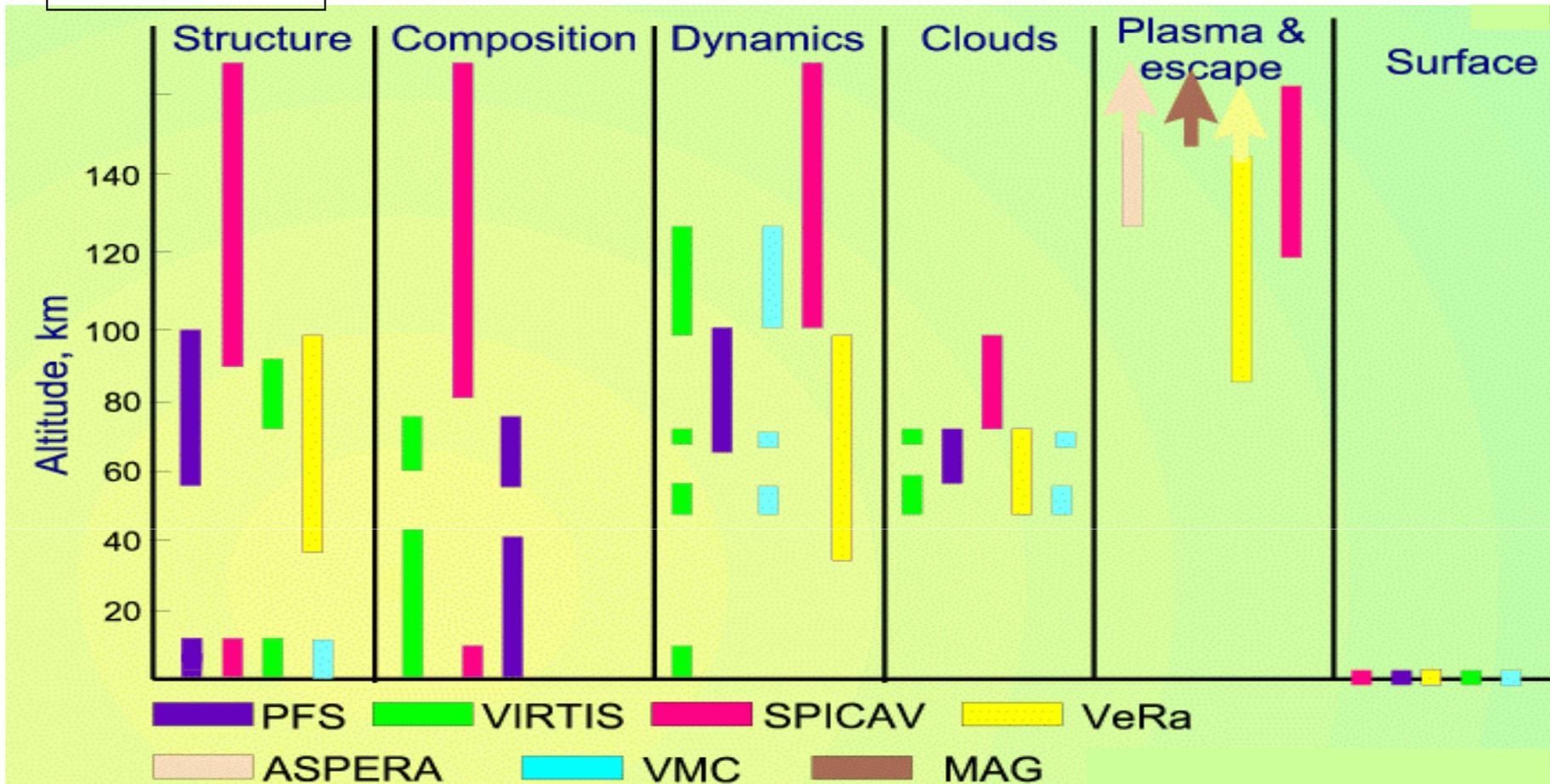
Structure interne



➤ Structure semblable à celle de la Terre

- Croûte \approx 20 km
- Manteau \approx 3000 km
 - Silicates et Oxydes de métaux
- Noyau externe \approx 1800 km
 - Fer + Nickel liquides
- Noyau interne \approx 1000 km
 - Fer + Nickel solides

Atmosphère



SPICAV → Institut d'Aéronomie spatiale

Intérieur de Vénus

VeRa → Observatoire royal de Belgique

ASPE
Analy
and E

MAG
Venus
Magn

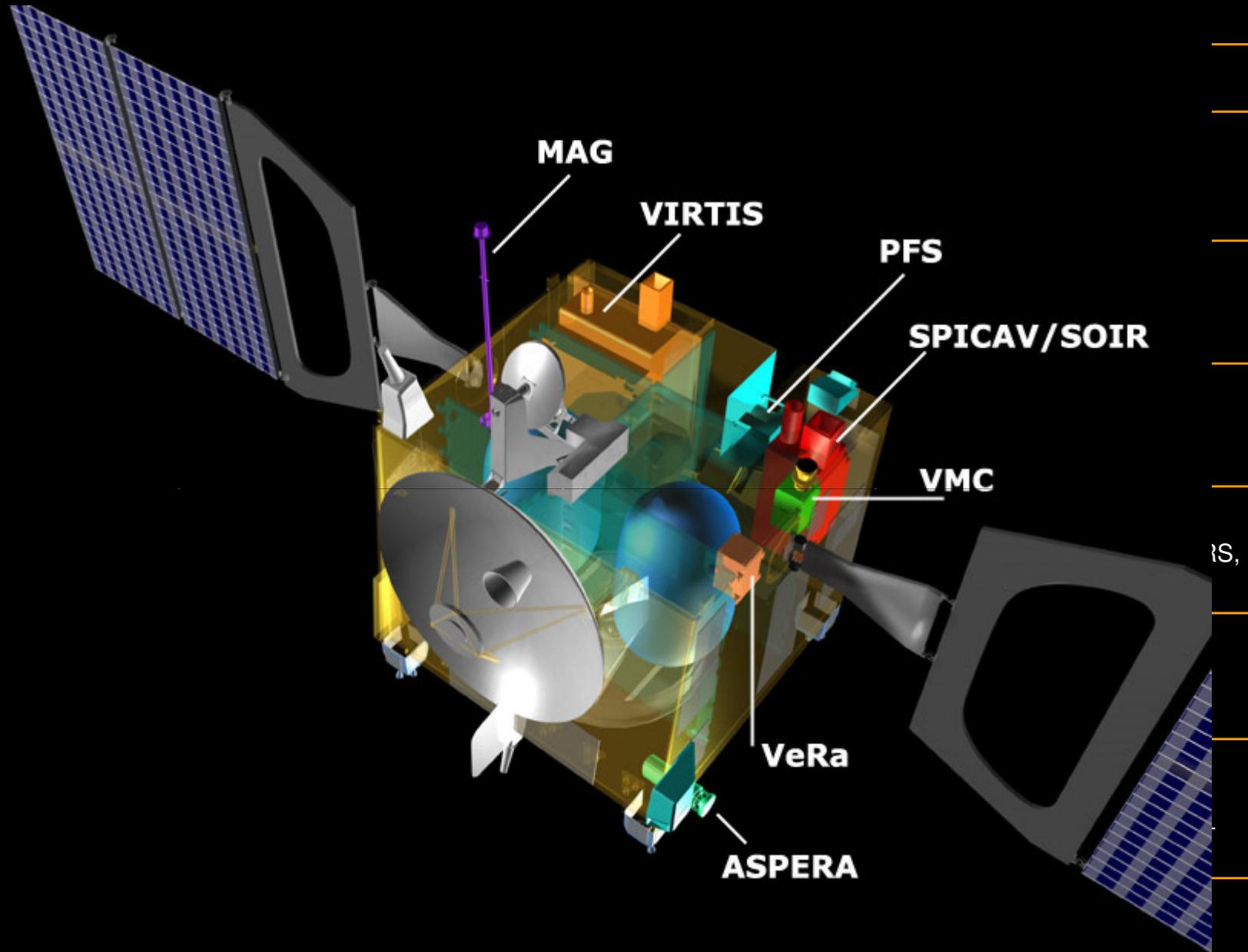
PFS
Plane
Spect

SPIC
Ultrav
Atmos

VeRa
Venus
Exper

VIRTI
Ultrav
Infranc
spectr

VMC
Venus



IS,