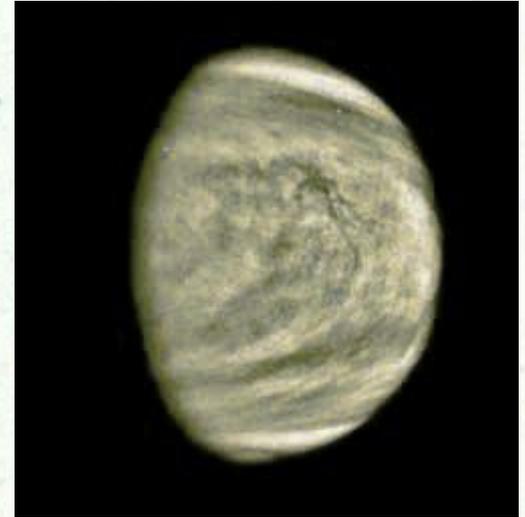


Vénus



2^{ème} planète du système solaire

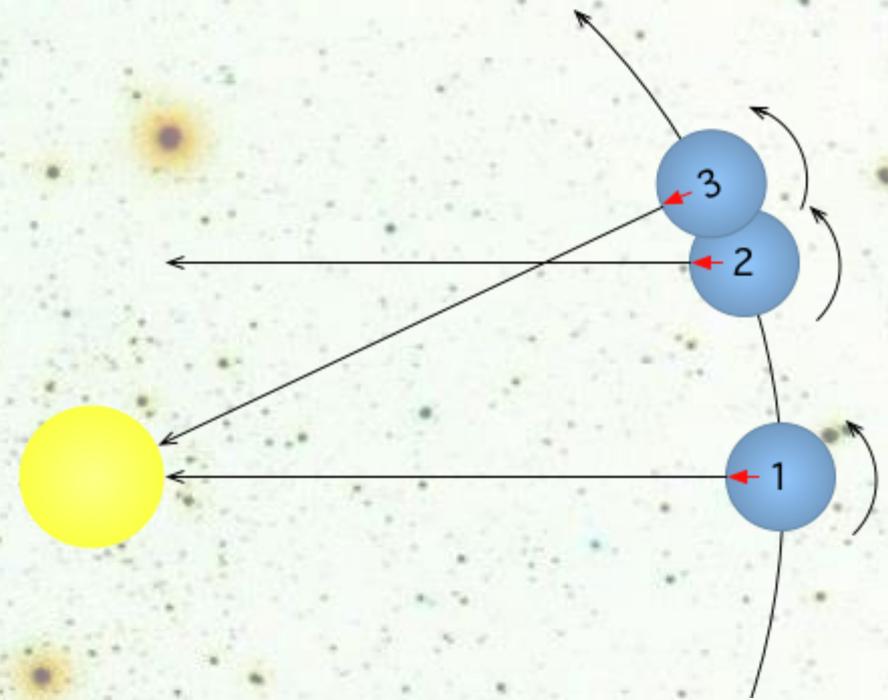
Fiche d'identité



- **Diamètre équatorial** : 12 102 km
- **Vitesse de libération à l'équateur** : $10.4 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$
- **Température** : 750 K (+477 °C)
- **Inclinaison de l'équateur sur le plan orbital** : 177.3°
- **Période de rotation sidérale** (*temps au bout duquel la planète retrouve la même orientation par rapport aux étoiles environnantes*) : 243.01 jours (rétrograde)
- **Période de révolution sidérale** (*temps mis par un astre pour accomplir sa trajectoire, ou révolution, autour d'un autre astre*) : 224.701 jours
- **Excentricité de l'orbite** : 0.006 8, elle est donc presque ronde
- **½ grand-axe de l'orbite** : 0.723 UA
- **Inclinaison sur l'écliptique** : 3.394°
- **Vitesse moyenne sur orbite** : $35.03 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$
- **Albédo** : 0.65, elle est donc très lumineuse
- **Nombre de satellites** : 0

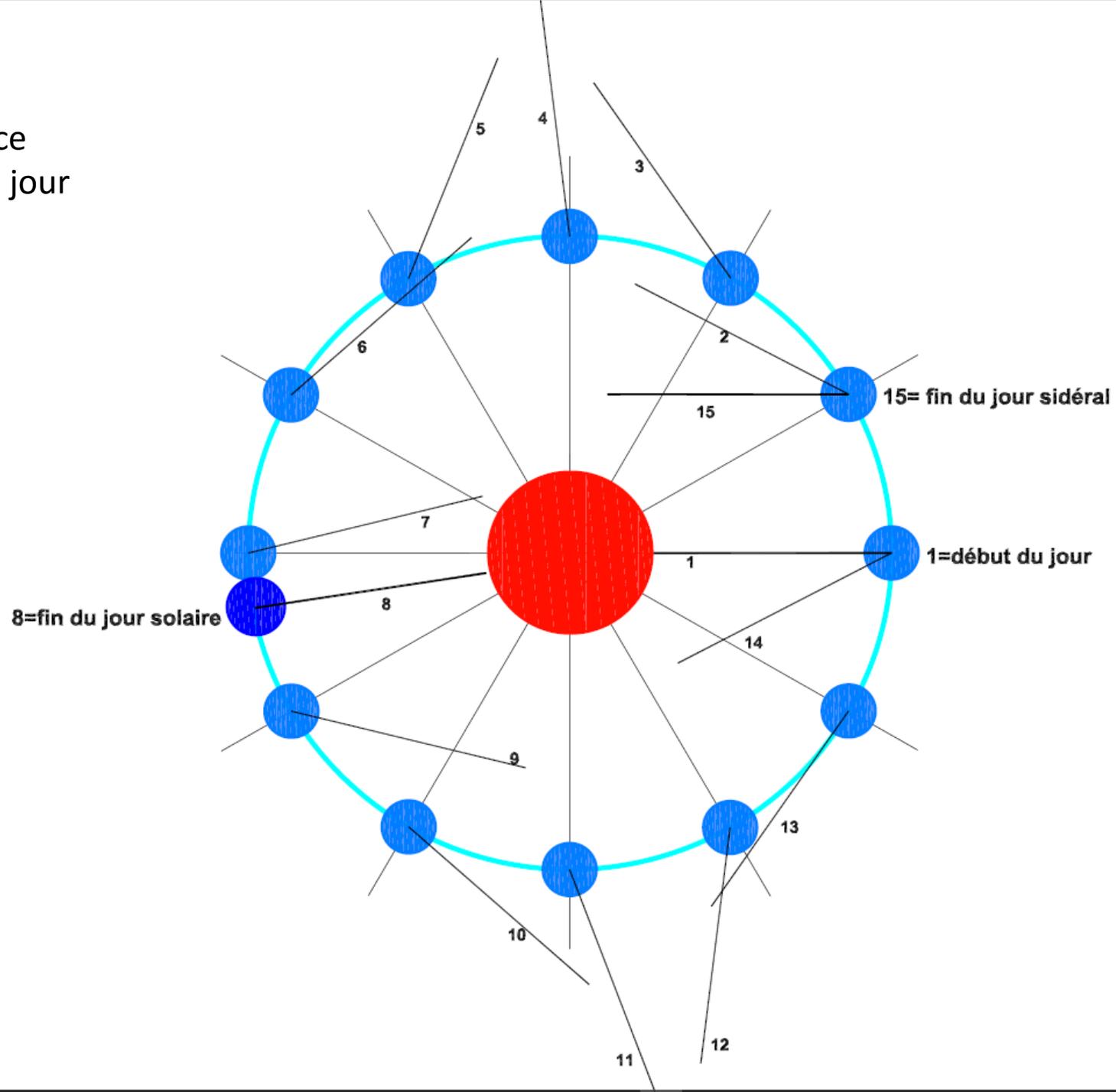
Du fait de ces données :

- **L'année de 225 jours, et la rotation rétrograde (d'est en ouest) en 243 jours se composent pour donner un jour solaire de 116 jours.**



- **Elle parcourt son orbite en 225 jours à la vitesse de 30,04 km/s. Pour la Terre, c'est 365 jours à la vitesse de 0,5 km/s. C'est 60 fois plus lent que celle de Vénus.**
- **Sa pression atmosphérique est de 93 Bars soit 93 fois celle de la Terre.**

Voici un dessin qui explique la différence entre jour solaire et jour sidéral pour Vénus



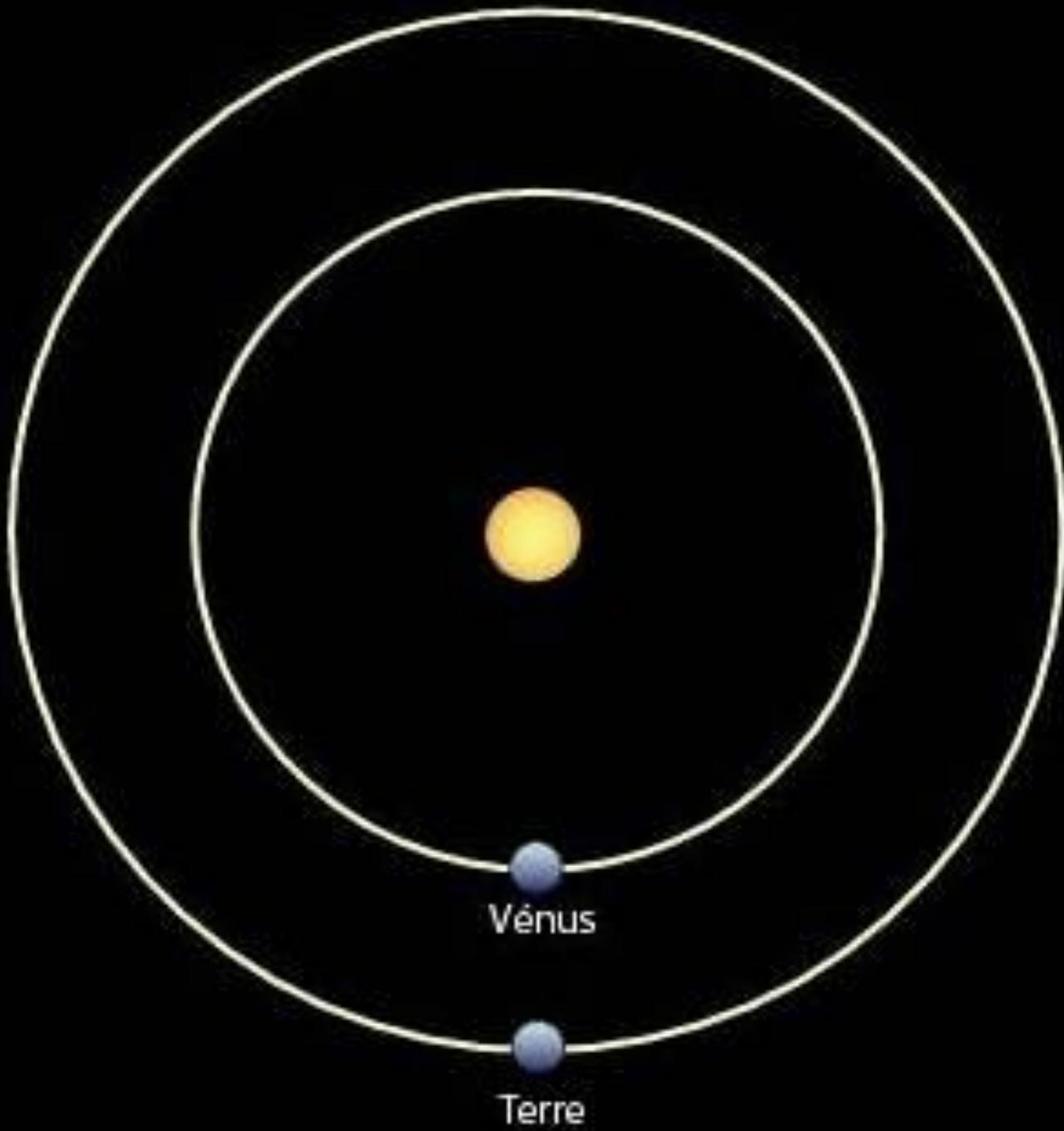
« L'Étoile du berger »

La planète Vénus est très facile à repérer. Elle circule à l'intérieur de l'orbite de la Terre donc Vénus présente des phases à l'image de notre Lune. L'observation de ce phénomène permit à Galilée d'apporter une preuve de la validité de la théorie héliocentrique de Nicolas COPERNIC.

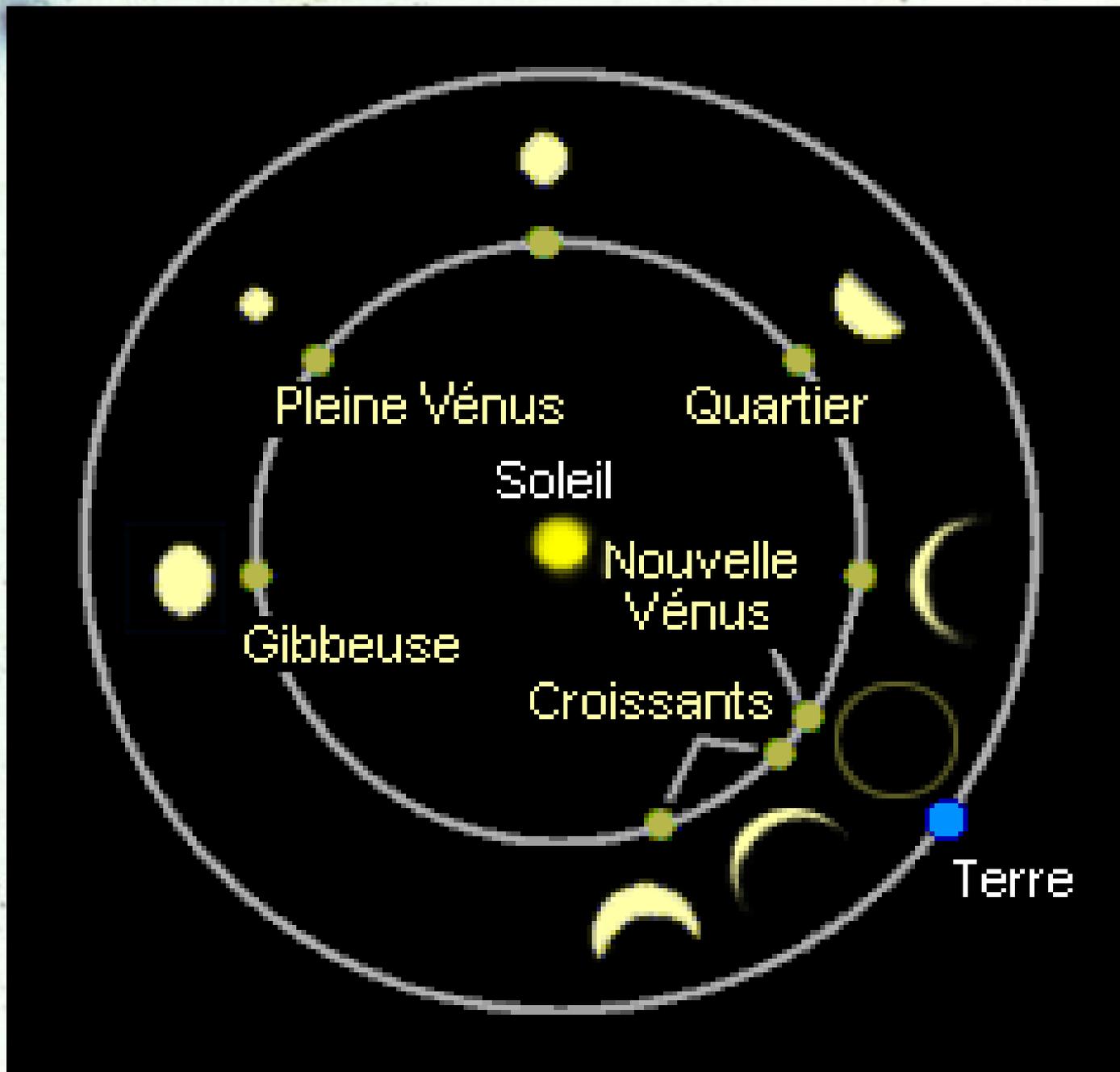
PYTHAGORE de Samos (vers 550 av. J.-C.) a reconnu que l'astre brillant tantôt le soir ou le matin était le même. On l'a appelée « Étoile du berger », il faudra attendre les romains pour lui attribuer le nom de Vénus vers le premier siècle avant notre ère.

Venus 12 sept 2007 04h35 UT
Cassegrain 250 mm Astrolescope F/15





Du fait de cette Configuration, il arrive que Vénus passe entre le soleil et nous. On a alors ce qu'on appelle le transit de Vénus devant le Soleil.





1241 UT
23/10/02

1342 UT
12/10/02

1352 UT
5/10/02

1352 UT
23/9/02

1519 UT
16/9/02

1541 UT
10/9/02

1548 UT
31/8/02

1350 UT
12/8/02

1803 UT
1/8/02

1630 UT
20/7/02

1940 UT
3/7/02

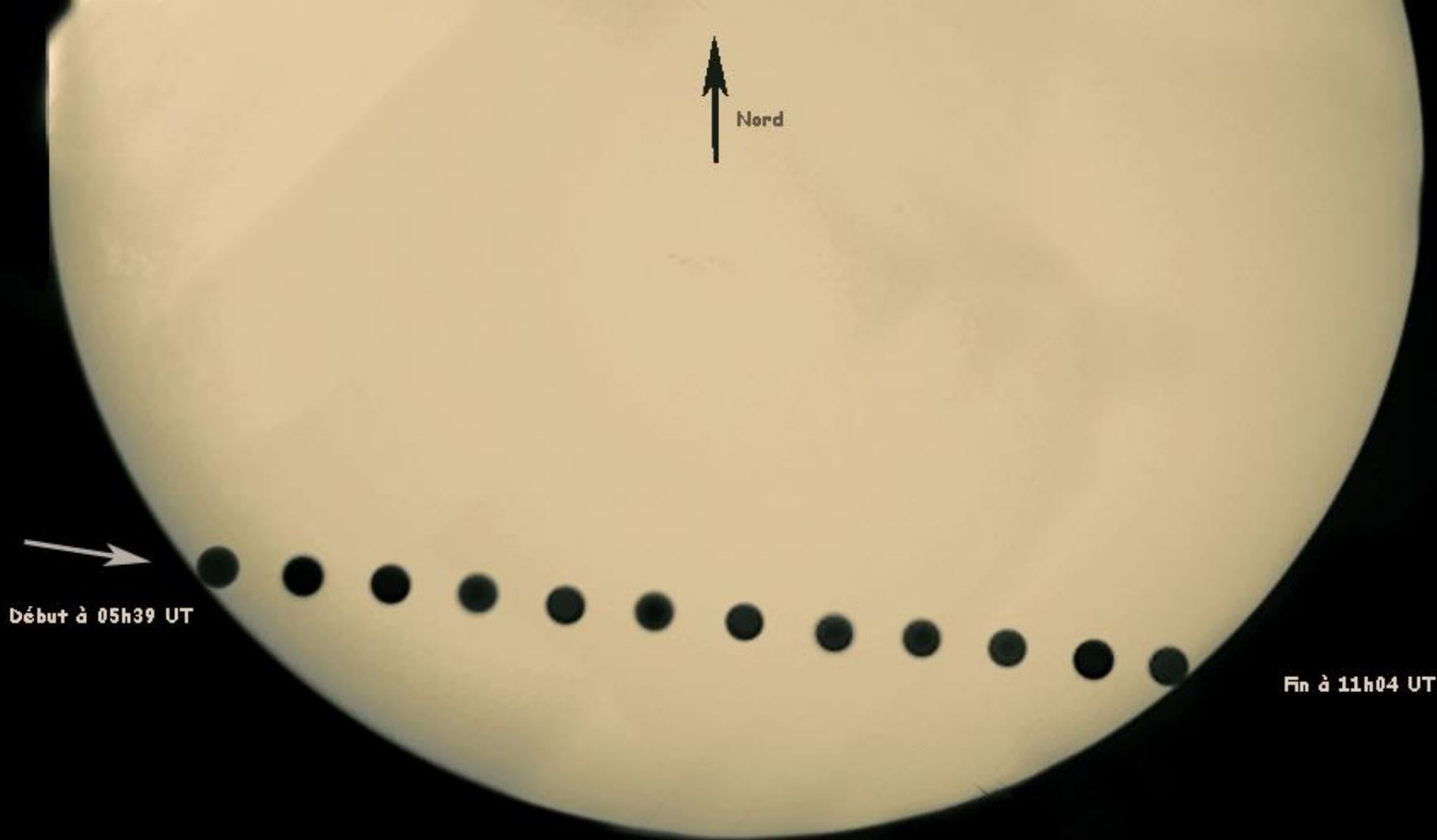
1525 UT
19/6/02

1902 UT
1/6/02

1810 UT
3/5/02

VENUS 2002

Photographed at the TBGS Observatory
by Chris Proctor



Passage de Vénus devant le soleil du 08 juin 2004

Clavius 166 réducteur de focale 0.5 toucam pro Observatoire Antarès images C.Riou

Le dernier transit a eu lieu le 6 juin 2012, très tôt le matin, et le prochain sera en décembre 2117.

Photo prise par moi en 2004 à Paris avec un appareil compact à l'oculaire d'un télescope



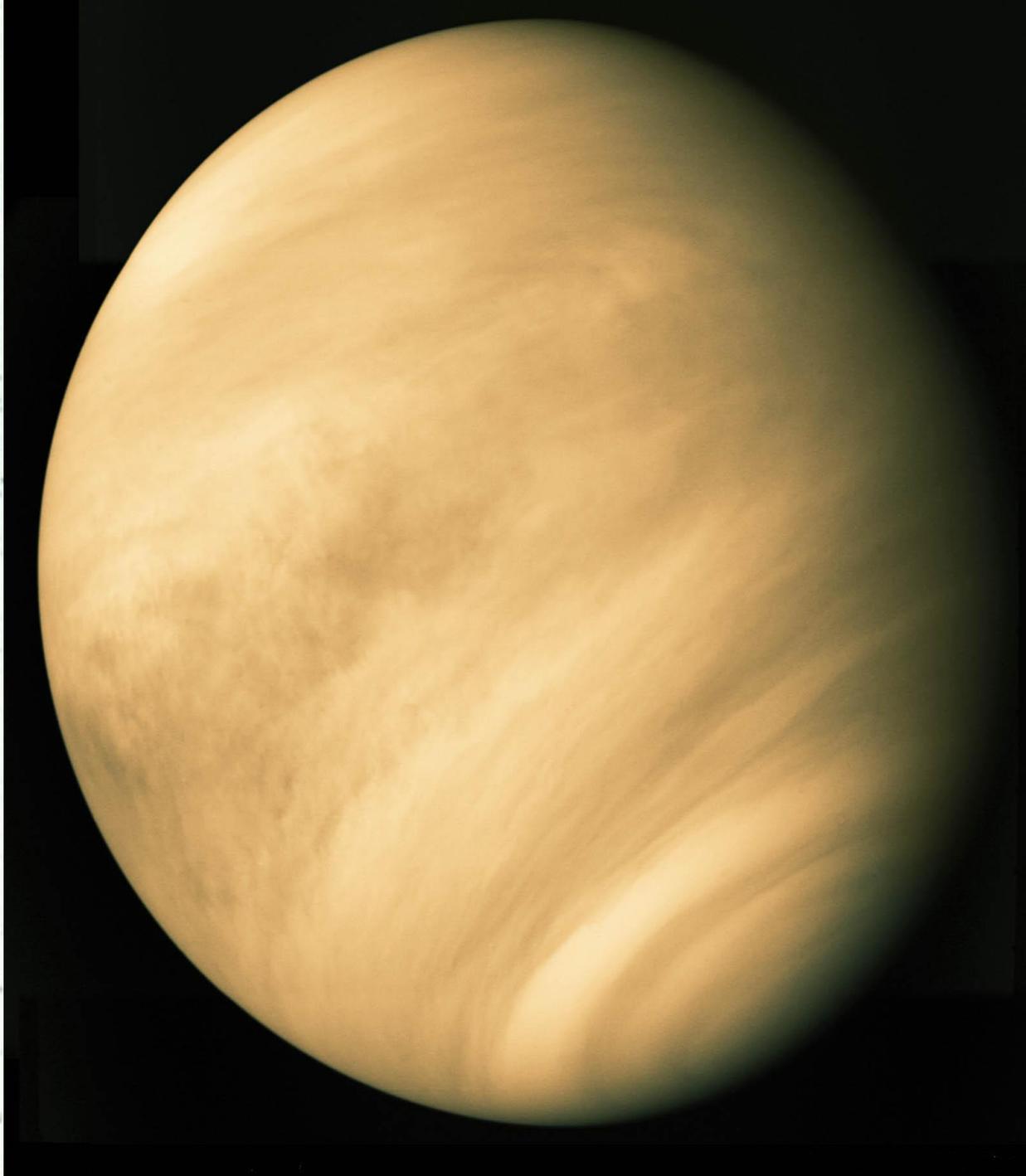
Les étapes de l'exploration

Sonde		Date	Type		Notes
<u>Mariner 2</u>	<u>NASA</u>	<u>14 décembre 1962</u>	Survol	Succès	Premier survol de Vénus. Distance minimum 34 773 km
<u>Venera 4</u>	<u>URSS</u>	<u>18 octobre 1967</u>	Sonde atmosphérique	Succès	Transmission jusqu'à 25 km d'altitude
<u>Mariner 5</u>	<u>NASA</u>	<u>19 octobre 1967</u>	Survol	Succès	Distance minimum 5 000 km
<u>Venera 5</u>	<u>URSS</u>	<u>16 mai 1969</u>	Sonde atmosphérique	Succès	
<u>Venera 6</u>	<u>URSS</u>	<u>17 mai 1969</u>	Sonde atmosphérique	Succès	
<u>Venera 8</u>	<u>URSS</u>	<u>22 juillet 1972</u>	Atterrisseur	Succès	Signaux émis de la surface pendant 50 minutes
<u>Mariner 10</u>	<u>NASA</u>	<u>5 février 1974</u>	Survol	Succès	Distance minimum 5 768 km. En route vers Mercure, première manœuvre d'assistance gravitationnelle d'une sonde spatiale
<u>Venera 9</u>	<u>URSS</u>	<u>1975</u>	Orbiteur	Succès	
		<u>22 octobre 1975</u>	Atterrisseur	Succès	Premières images de la surface
<u>Venera 10</u>	<u>URSS</u>	<u>1975</u>	Orbiteur	Succès	
		<u>23 octobre 1975</u>	Atterrisseur	Succès	
<u>Pioneer Venus Orbiter</u>	<u>NASA</u>	<u>4 décembre 1978</u> – <u>1992</u>	Orbiteur	Succès	
<u>Pioneer Venus Multiprobe</u>	<u>NASA</u>	<u>9 décembre 1978</u>			
	Bus		Transporteur de sondes	Succès	
	Large Probe		Sonde atmosphérique	Succès	
	North Probe		Sonde atmosphérique	Succès	
	Day Probe		Sonde atmosphérique	Succès	Continue d'émettre de la surface pendant plus d'une heure
	Night Probe		Sonde atmosphérique	Succès	
<u>Venera 12</u>	<u>SAS</u>				
	Plateforme de vol	<u>21 décembre 1978</u>	Survol	Succès	Distance minimum 34 000 km
	Module de descente		Atterrisseur	Succès partiel	Panne de certain instruments
<u>Venera 11</u>	<u>SAS</u>				
	Plateforme de vol	<u>25 décembre, 1978</u>	Survol	Succès	Distance minimum 34 000 km
	Module de descente		Atterrisseur	Succès partiel	Panne de certain instruments

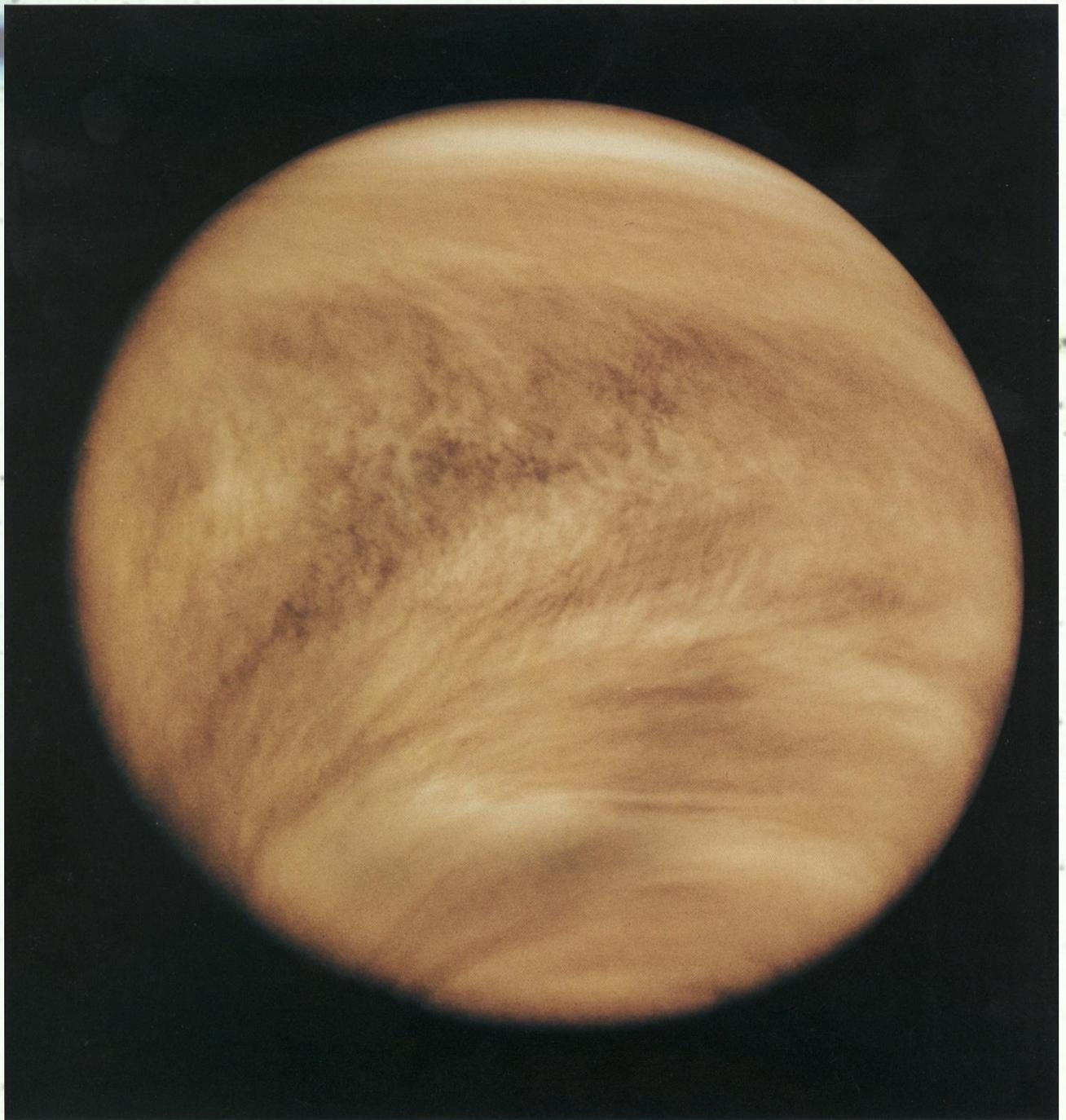
Sonde		Date	Type		Notes
<u>Venera 13</u>	SAS				
	Bus	1^{er} mars 1982	Survol	Succès	
	Module de descente	1^{er} mars 1982	Atterrisseur	Succès	127 minutes de durée de vie sur la surface
<u>Venera 14</u>	SAS				
	Bus	5 mars 1982	Survol	Succès	
	Module de descente	5 mars 1982	Atterrisseur	Succès	57 minutes de durée de vie sur la surface
<u>Venera 15</u>	SAS	1983–1984	Orbiteur	Succès	Imagerie radar
<u>Venera 16</u>	SAS	1983–1984	Orbiteur	Succès	Imagerie radar
			Survol	Succès	Sonde à destination de la comète de Halley
<u>Vega 1</u>	SAS	11 juin 1985	Atterrisseur	Échec	Instruments déployés prématurément
			Ballon atmosphérique	Succès	
			Survol	Succès	Sonde à destination de la comète de Halley
<u>Vega 2</u>	SAS	15 juin 1985	Atterrisseur	Succès	
			Ballon atmosphérique	Succès	
<u>Galileo</u>	NASA	10 février 1990	Survol	Succès	Distance minimum 16 000 km. En route vers Jupiter
<u>Magellan</u>	NASA	10 août 1990 – 12 octobre 1994	Orbiteur	Succès	Imagerie radar de 98 % de la surface
	NASA/	26 avril 1998			
<u>Cassini</u>	ESA/ ASI	24 juin 1999	Survol	Succès	Assistance gravitationnelle, sonde à destination de Saturne
<u>Venus Express</u>	ESA	11 avril 2006 – 28 novembre 2014	Orbiteur	Succès	Étude détaillée de l' atmosphère . Cartographie complète des températures de surface.
<u>MESSENGER</u>	NASA	24 octobre 2006	Survol	Succès	Distance minimum 2 990 km. Assistance gravitationnelle uniquement
		5 juin 2007		Succès	Distance minimum 300 km. En route vers Mercure
<u>Akatsuki</u>	JAXA	2010	Orbiteur	En cours	Mise en orbite manquée en 2010, nouvelle tentative en décembre 2015, réussie
<u>Venera-D</u>	RFSA		Orbiteur	Projet.	Lancement prévu en 2024 .

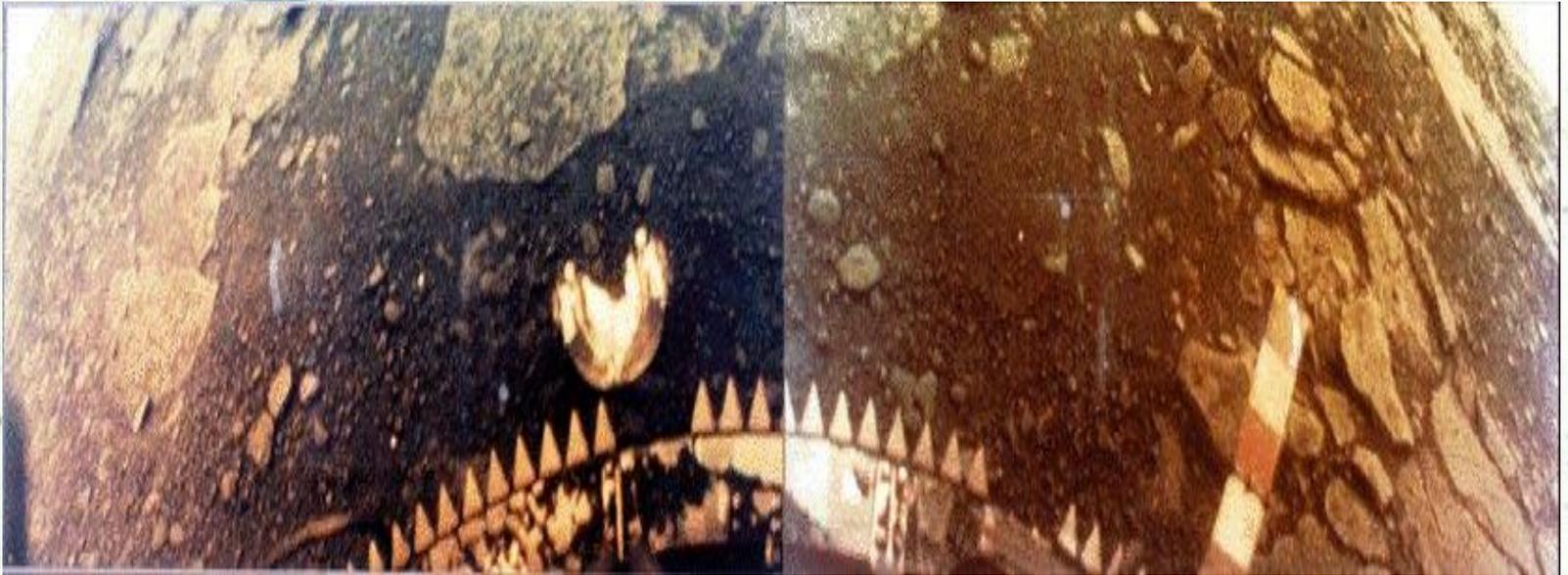
Vénus la pudique...

La planète fut survolée pour la première fois en **1962 par la sonde Mariner-2**. Mais le désenchantement fut à la hauteur des espérances : Vénus protège ses atours sous une épaisse couche de nuages. Seule la masse de la planète put être mesurée à partir des effets gravitationnels sur la trajectoire de la sonde : 80% de celle de la Terre. La densité de l'atmosphère de Vénus est si élevée (1/10 de celle de l'eau) qu'elle engendre une pression qui vaut 93 fois celle de la Terre !



Venus vue par
Pionneer 13
en 1978





Cette image de la surface de Vénus à été prise par la sonde *Venera 13* par 7,5° sud et 303° est, à l'est de *Phoebe Regio*, le 1er mars 1983. *Venera 13* a fonctionné à la surface pendant 2 heures et 7 minutes, assez longtemps pour obtenir 14 images.

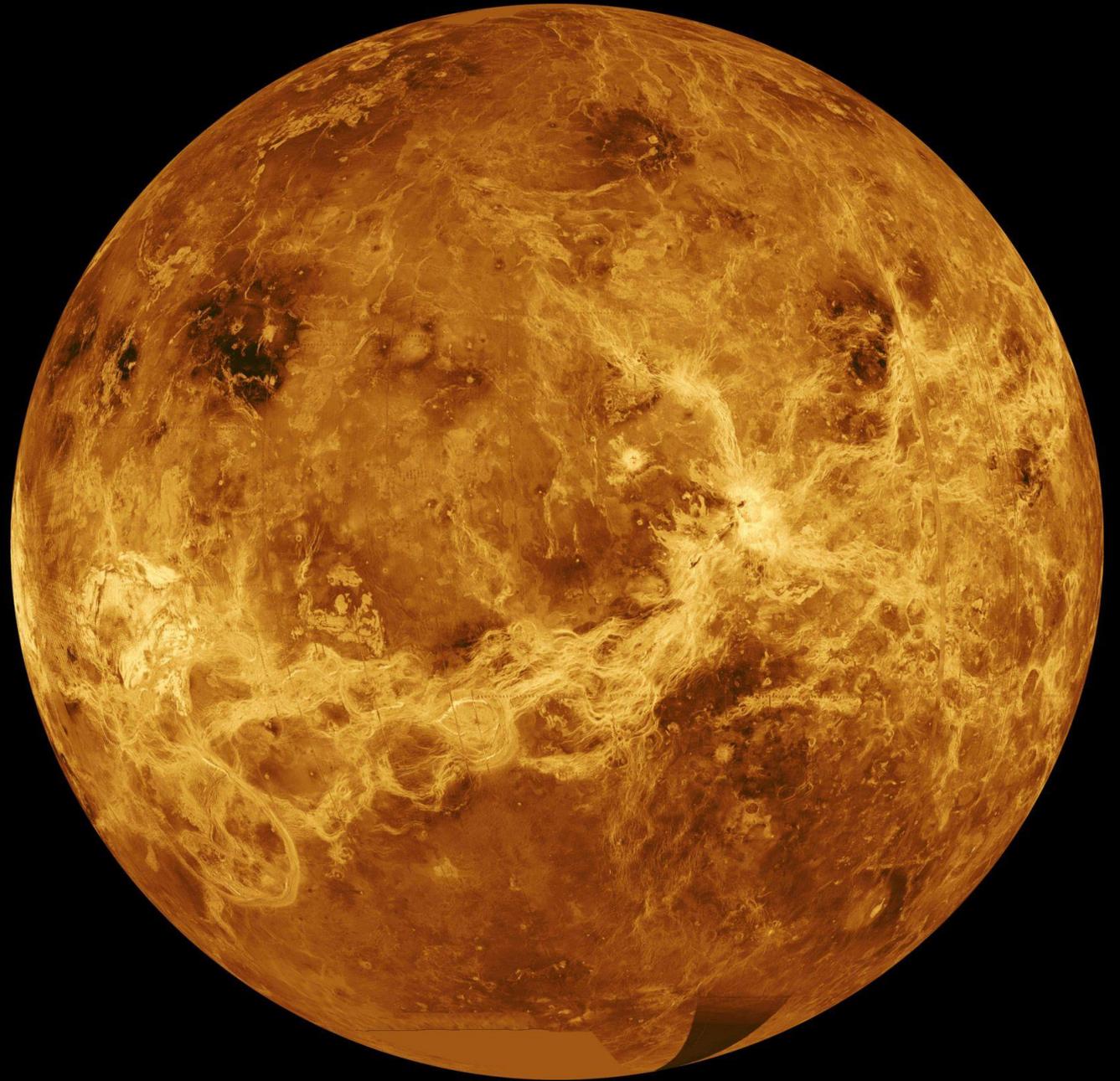
Ce panorama en couleur sur 170° a été produit en utilisant des filtres bleu sombre, vert et rouge, et possède une résolution de 4'. Une partie de la sonde apparaît en bas de l'image. Des dalles de roche plates et le sol sont visibles. La véritable couleur est difficile à estimer car l'atmosphère vénusienne filtre en dehors de la lumière bleue. La composition du sol est similaire au basalte terrestre. Sur le sol, au premier plan, se trouve la protection de l'objectif de la caméra.

On voit très bien des plaques de lave refroidie

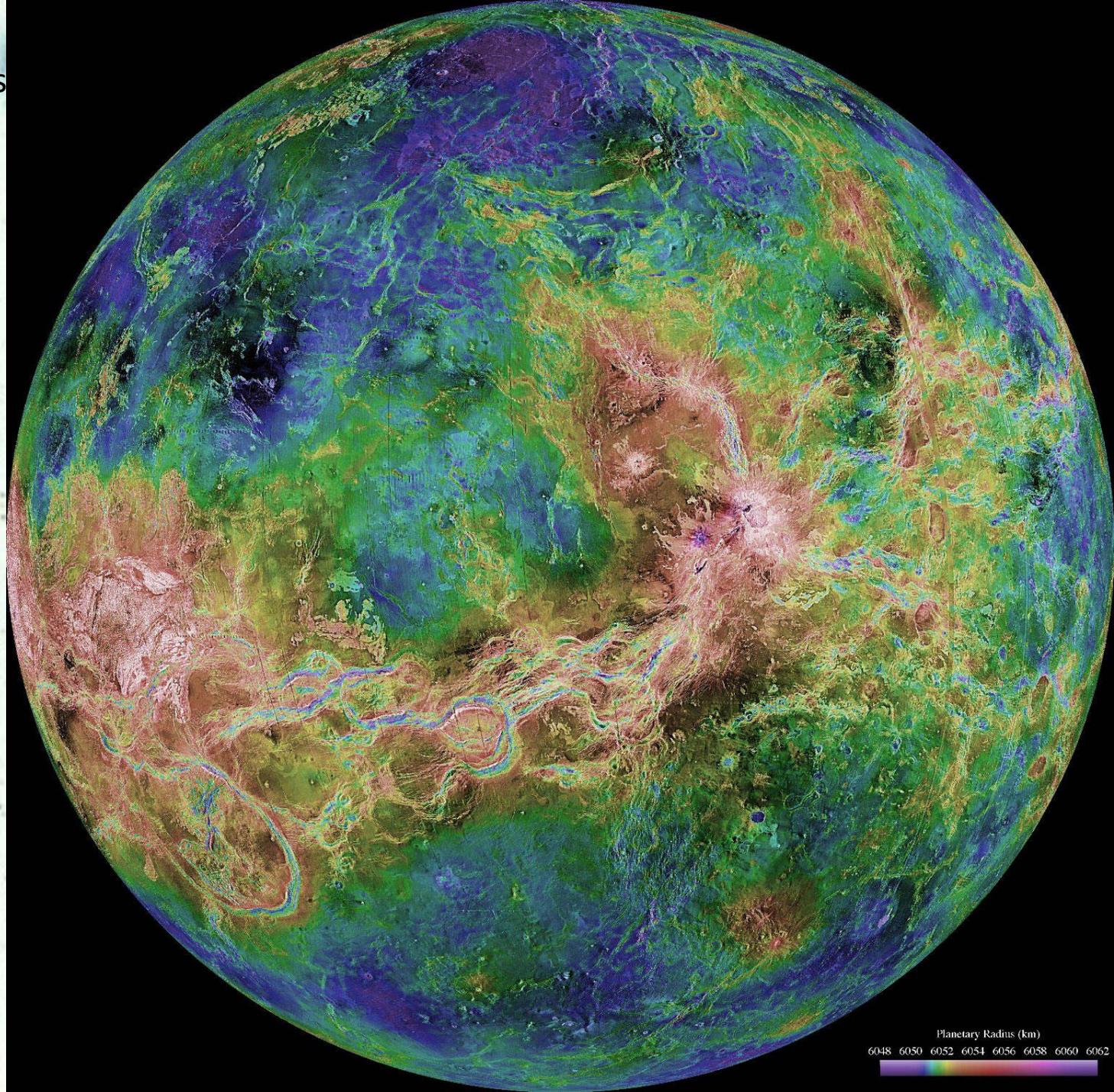


Dès **1960**, les études radar depuis la Terre ont démontré que la couche la plus externe de l'atmosphère tourne en 4 jours, alors que la planète fait une révolution en 243 jours également dans le sens rétrograde.

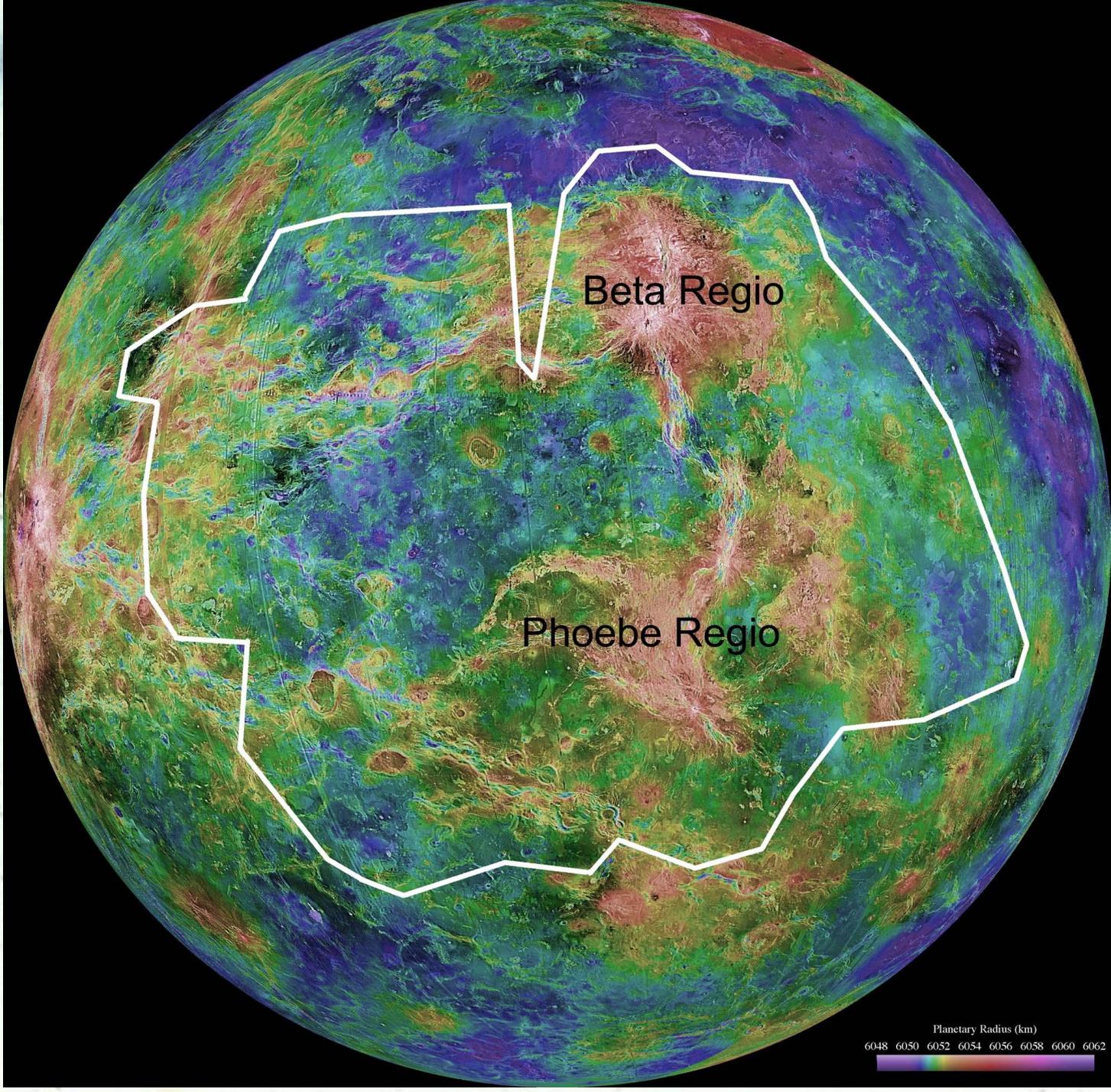
Les nuages de Vénus défilent ainsi 60 fois plus vite que la planète qui tourne la « tête en bas ». Et l'atmosphère de Vénus est surtout constituée de dioxyde de carbone (plus de 96%).

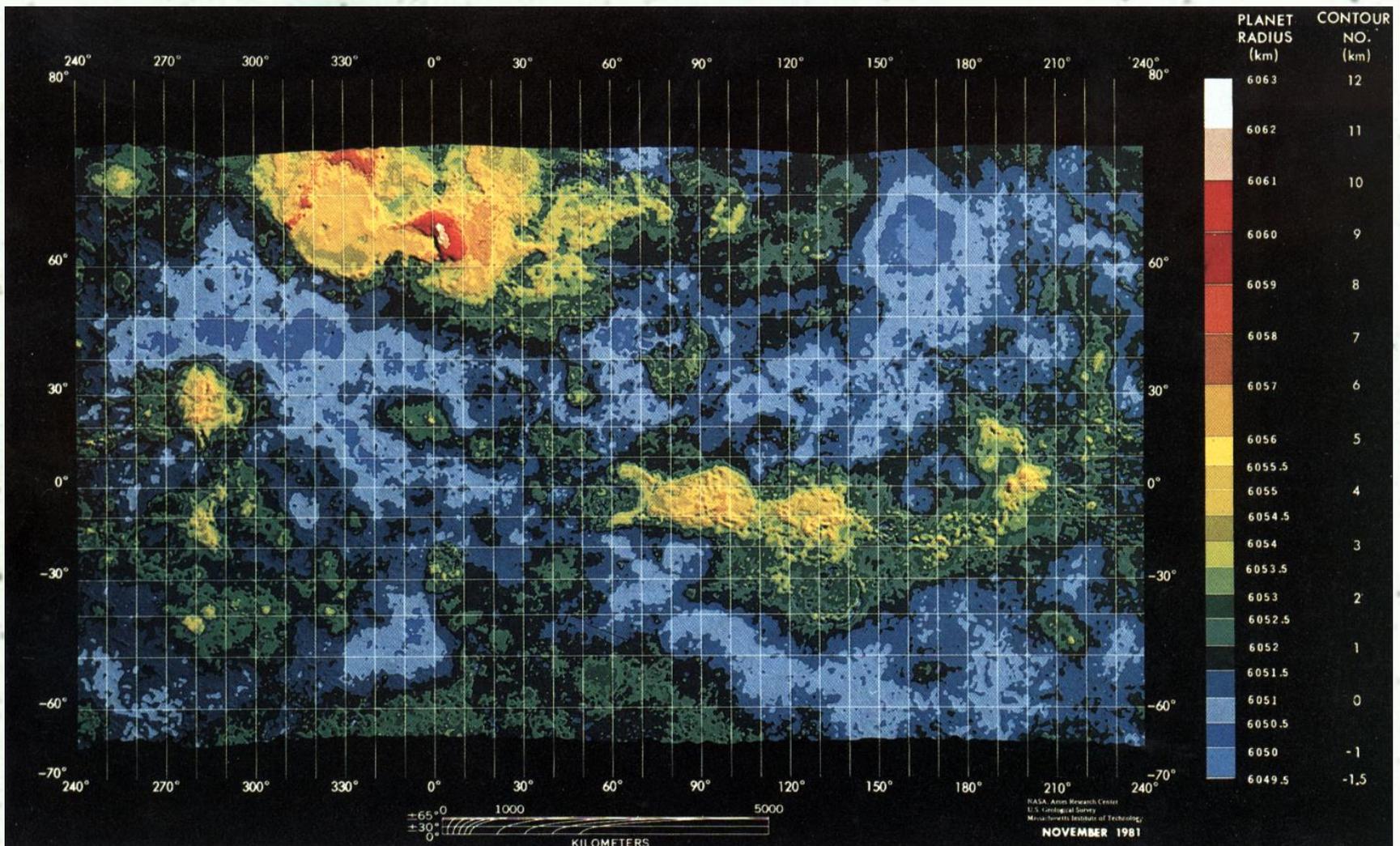


La technique radar, la seule possible, a permis à la sonde **Magellan** (1990) de dresser la carte la plus précise de la planète avec une résolution moyenne de 120 mètres.



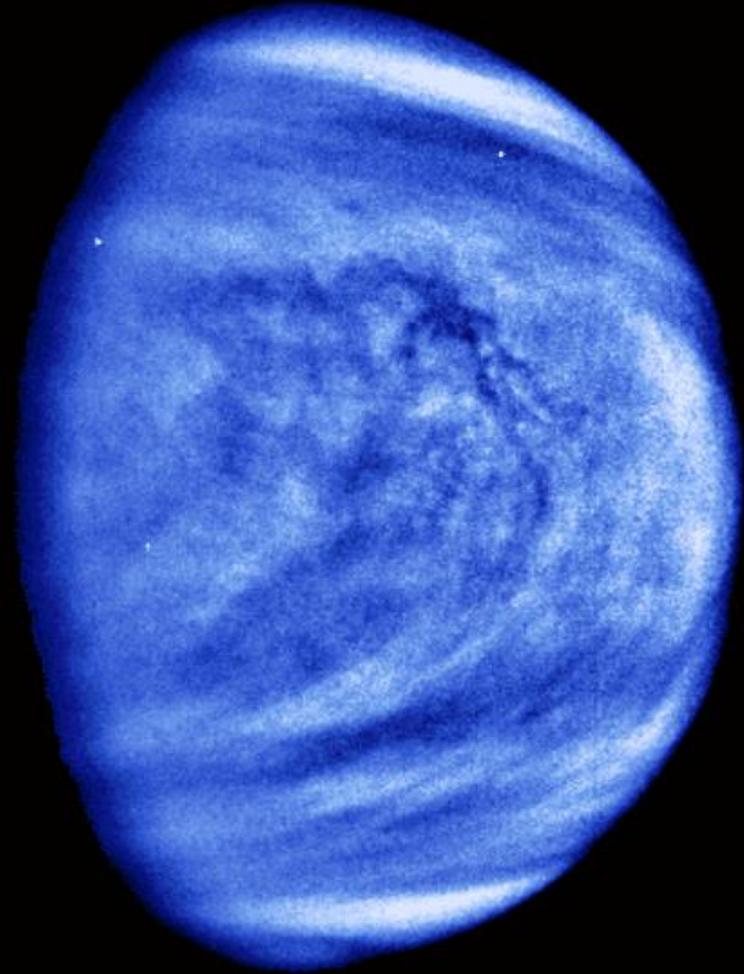
Planetary Radius (km)
6048 6050 6052 6054 6056 6058 6060 6062



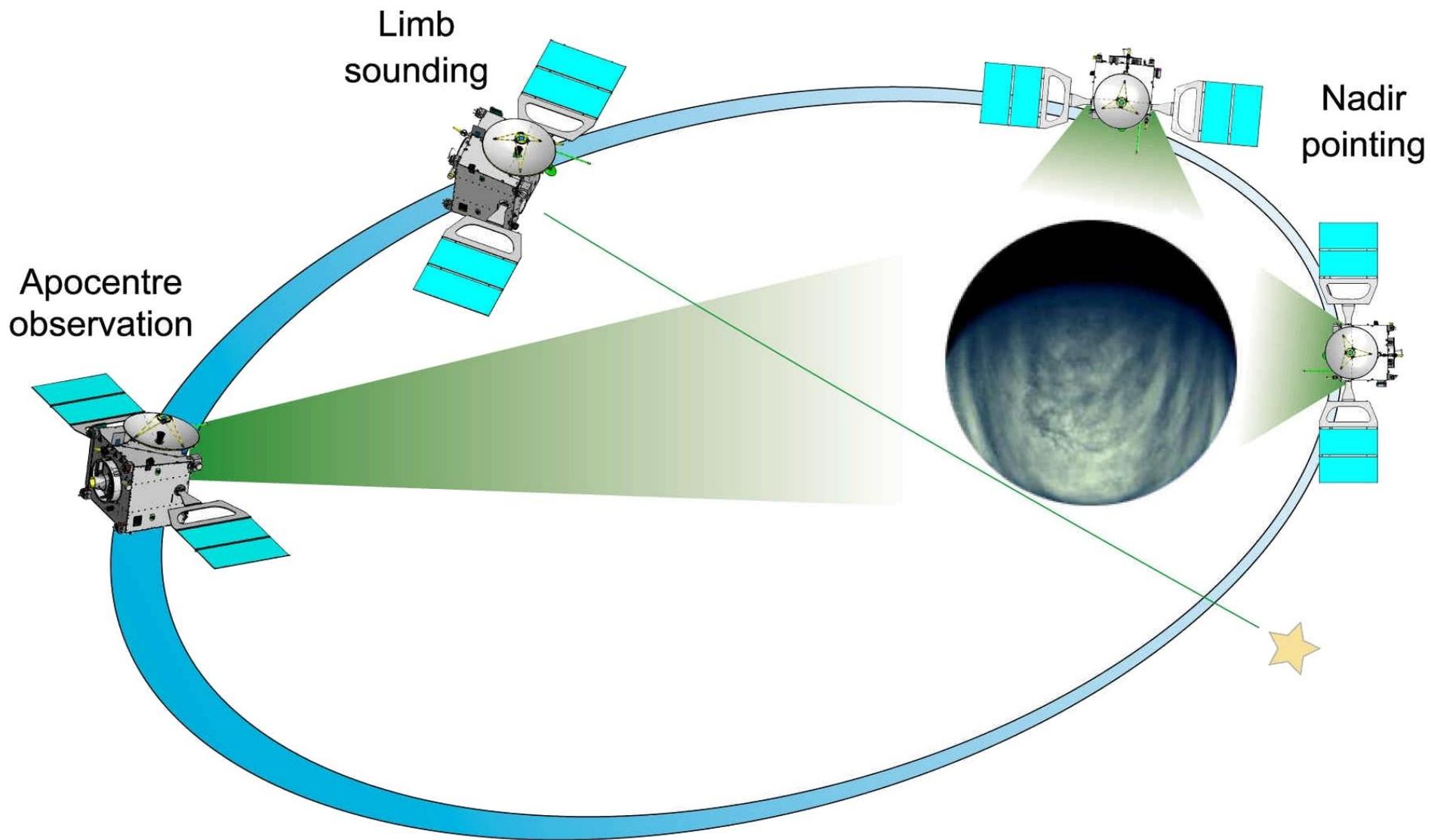


Profil topographique de Vénus : au nord-ouest, les plateaux d'*Ishtar Terra* et de *Lakshmi Planum* (en ocre clair), où culmine le mont Maxwell (en rouge et blanc, 12km) ; au sud de l'équateur, le plateau d'*Aphrodite Terra*, avec le volcan *Maat Mons* tout à fait à l'est (en ocre et rouge) ; au sud-est, *Alpha Regio* en vert très foncé, et, plus à l'ouest, en ocre, *Beta Regio* ; en vert et bleu foncé, les vastes plaines de Vénus ; en bleu plus clair, les vastes dépressions vénusiennes.

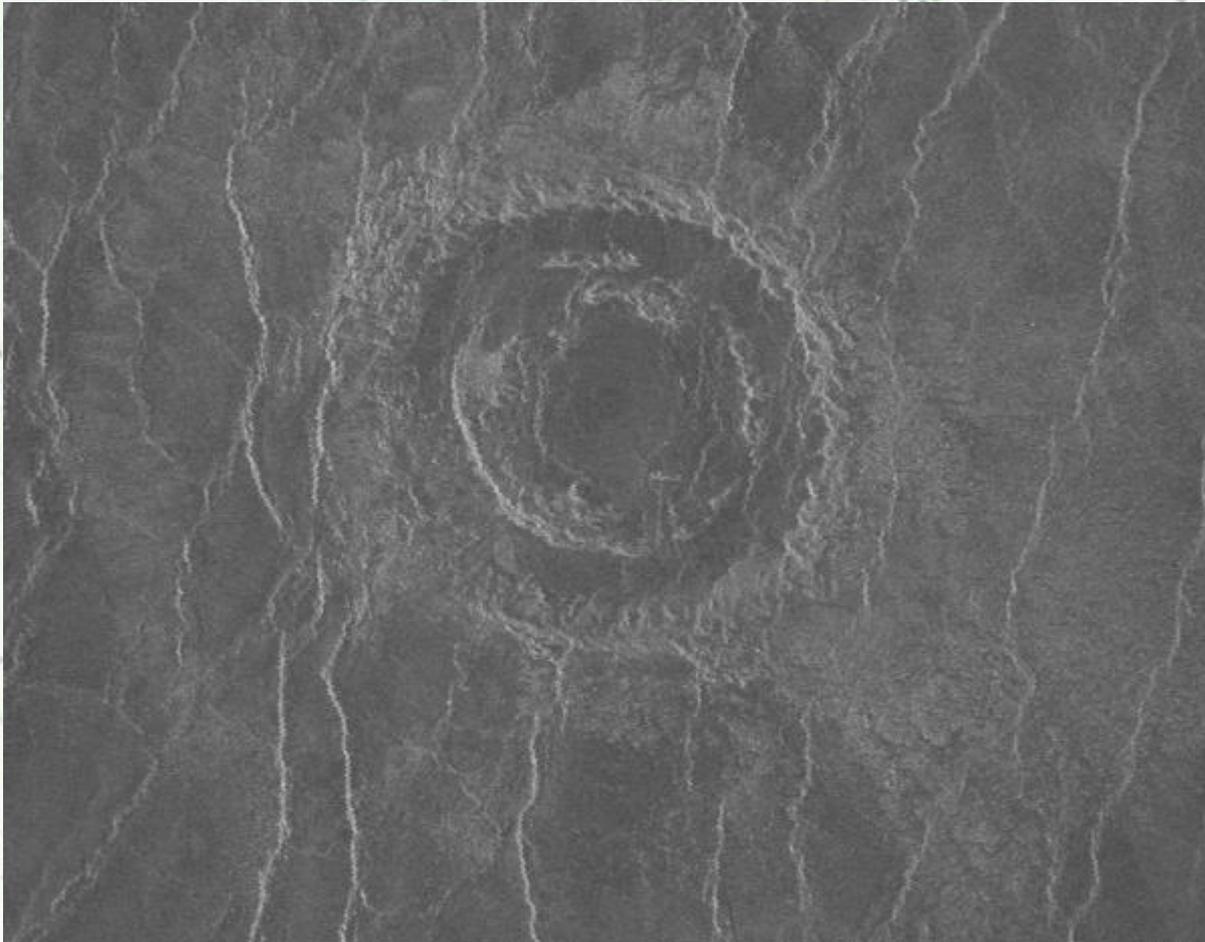
Photographie prise
par la sonde **Galileo**
en 1990. Les nuages
de petite échelle
ont été agrandis et
la teinte bleue vient
de l'utilisation d'un
filtre violet



Trajectoire de Venus Express

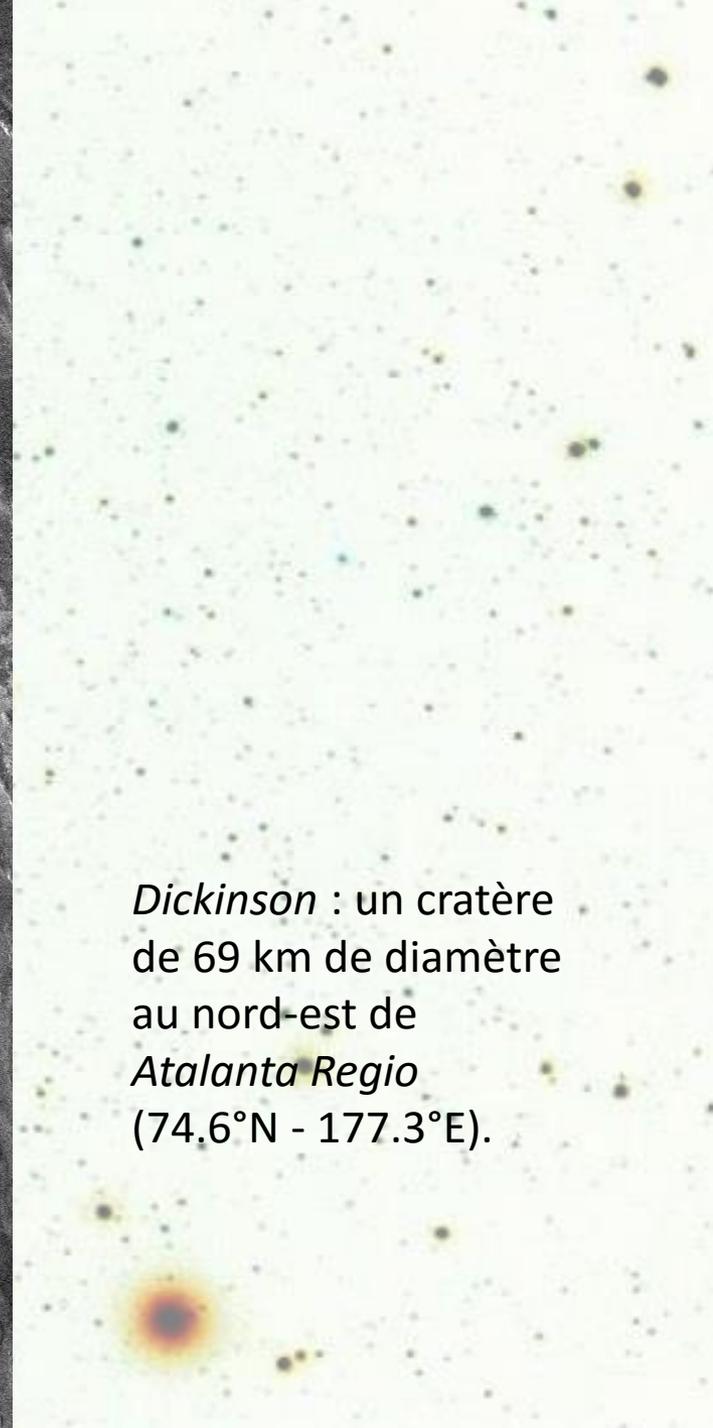


Le nombre de cratères observés sur Vénus est relativement faible, seulement une centaine ont été repérés, le sol de la planète semble donc être géologiquement récent : environ 500 millions d'années. Étant dépourvue de tectonique des plaques, le volcanisme semble être l'élément déterminant pour le renouvellement de la surface.





Dickinson : un cratère
de 69 km de diamètre
au nord-est de
Atalanta Regio
(74.6°N - 177.3°E).

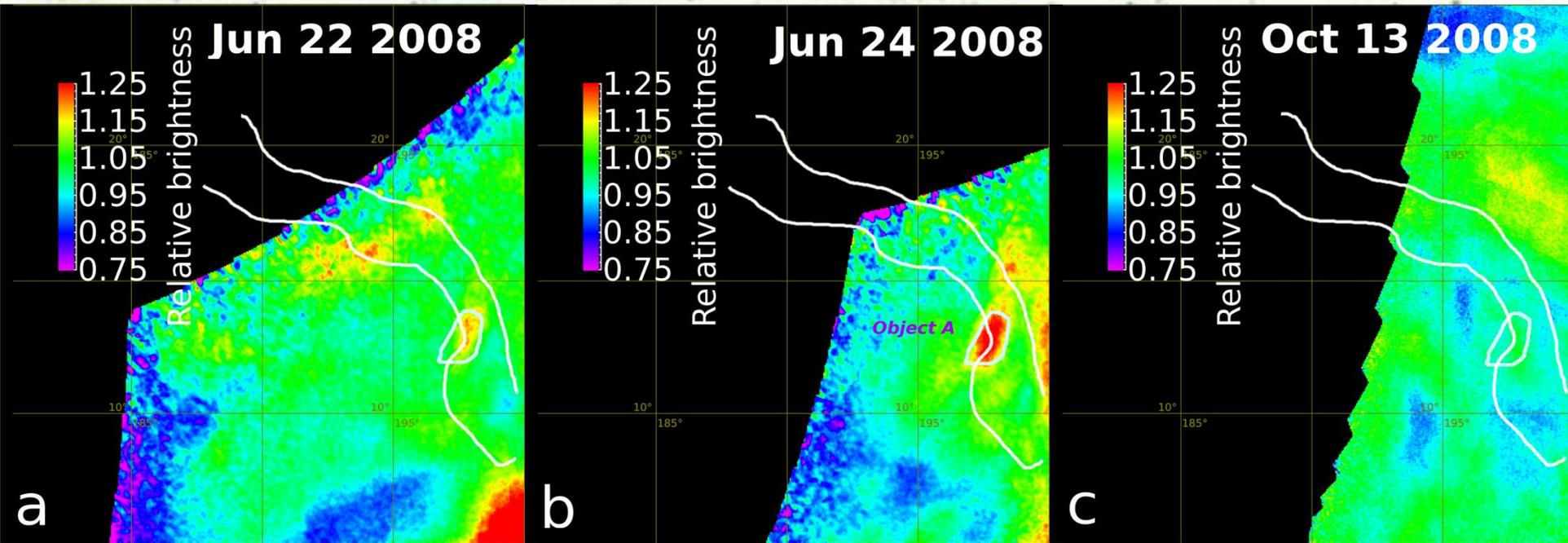


Vénus Express a détecté l'apparition de points chauds transitoires dans différents points de la surface.

Ceux-ci pourraient correspondre à des éruptions volcaniques en cours mais cette interprétation demande à être confirmée. En tous les cas le sol est jeune pour l'évolution des planètes, cela peut faire 500 millions d'années.

Des preuves indirectes d'une activité volcanique ont été également recueillies.

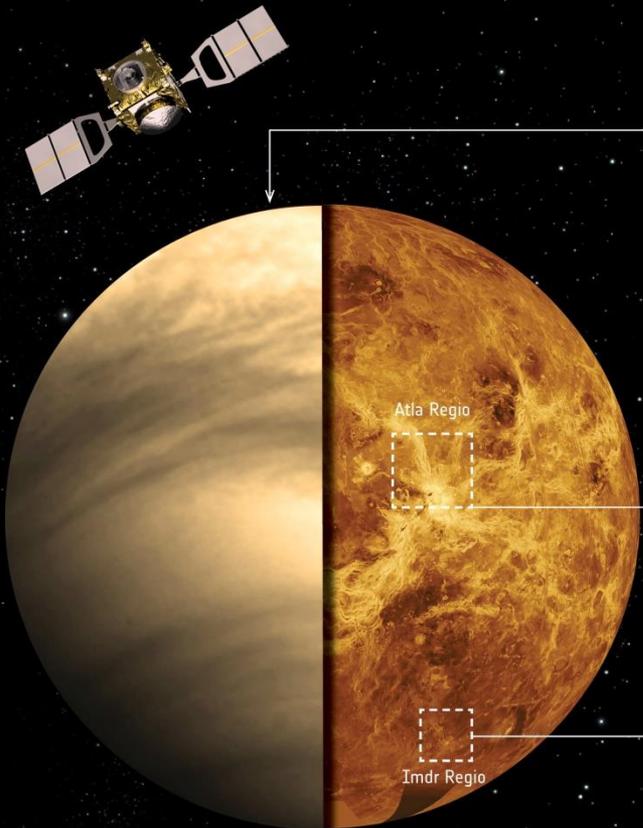
Ainsi peu après son arrivée en 2006, la sonde spatiale a détecté une augmentation importante du dioxyde de soufre contenue dans la partie supérieure de l'atmosphère de Vénus



Changements rapides de conditions sur Vénus amènent à penser que peut-être il existe encore un volcanisme actif.

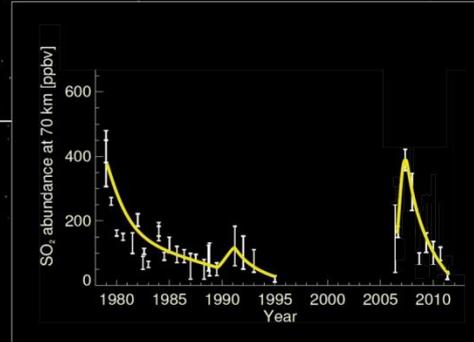
Concentration de dioxyde de soufre, points chauds...

→ EVIDENCE FOR ACTIVE VOLCANOES ON VENUS



Left: False-colour image of Venus cloud tops (credits: ESA/MPS/DLR/IDA);
 right: Magellan radar map of Venus (credits: NASA/JPL)
 The cloud tops image is a local view over high southern latitudes
 whereas the radar image is a global view centred on the equator.

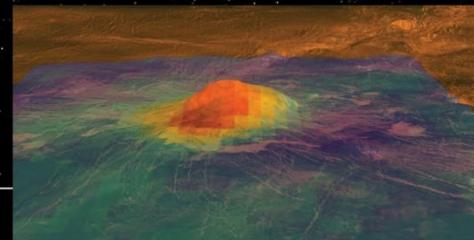
ATMOSPHERIC CHANGES



The rise and fall of sulphur dioxide (SO₂) in the upper atmosphere of Venus over the last 40 years, seen by NASA's Pioneer Venus and other spacecraft between 1978 and 1995, and ESA's Venus Express between 2006 and 2012. A possible explanation is the injection of SO₂ into the atmosphere by volcanic eruptions.

Credits: E. Marq et al (2012)

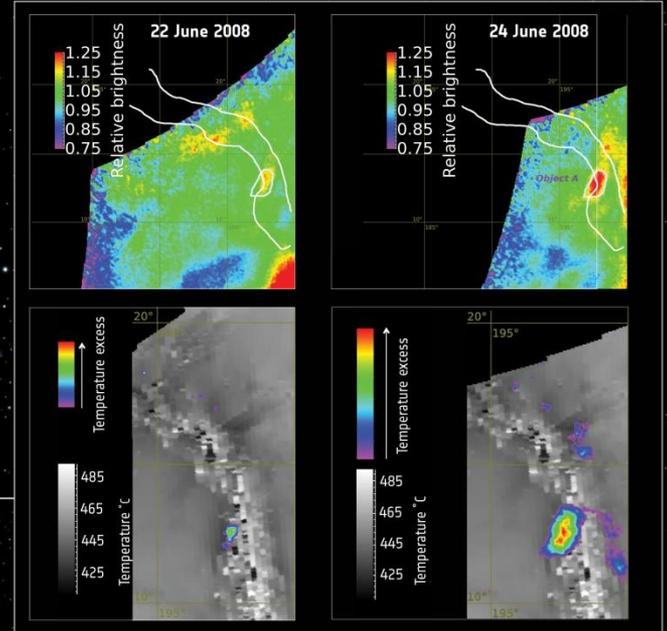
YOUNG LAVA



Venus Express found that the area around Idunn Mons in Imdr Regio was unusually dark compared with its surrounds, suggesting a different, younger, composition, pointing to lava flows within the last 2.5 million years. The map shows near-infrared emissivity; red-orange is high emissivity (darkest), purple is the lowest emissivity.

Credits: ESA/NASA/JPL/S. Smrekar et al (2010)

TRANSIENT HOT SPOTS

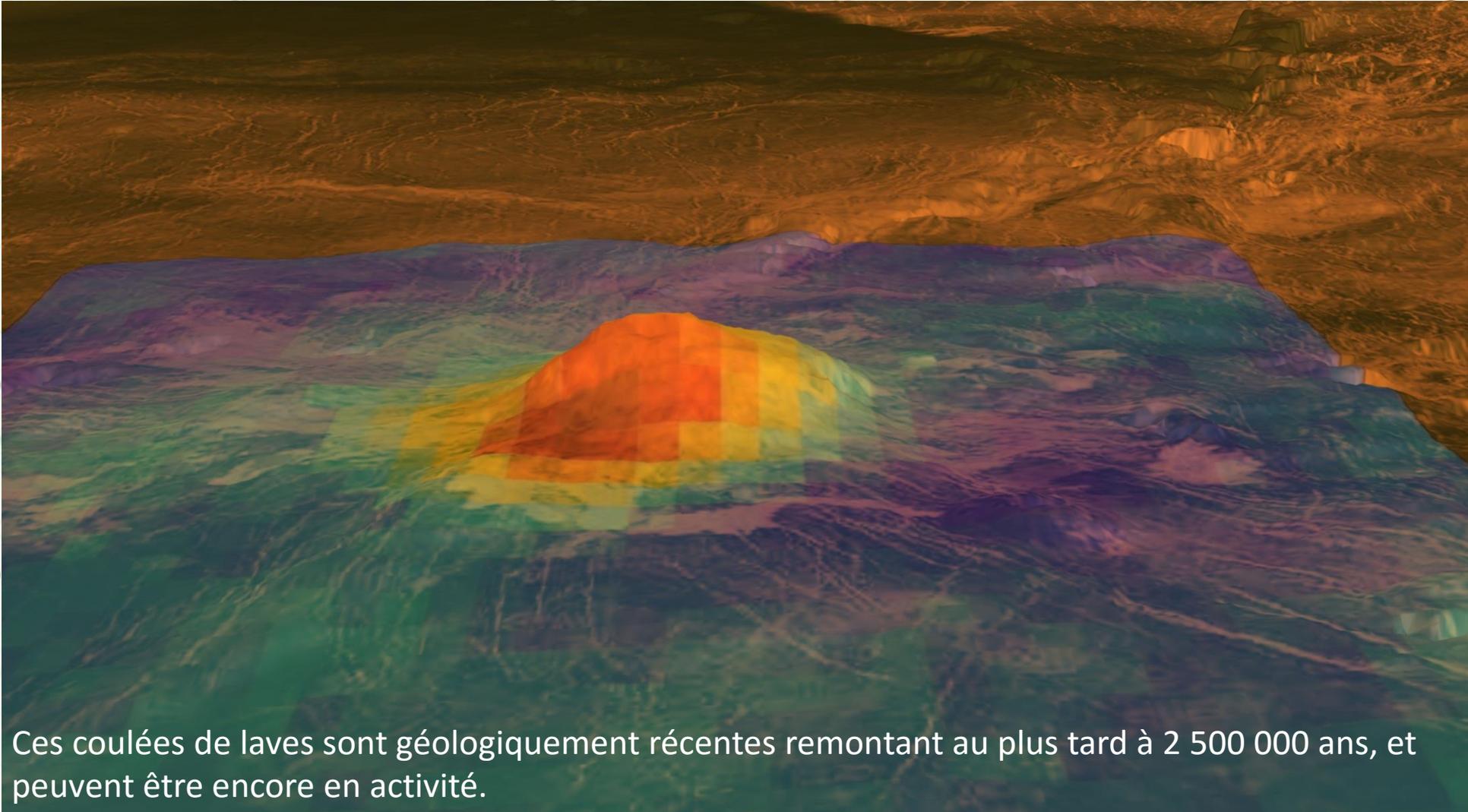


Four transient hotspots were detected by Venus Express in the Ganiki Chasma rift zone in Atla Regio (labelled Objects A–D in the radar map, right). Changes in relative brightness (top row) and temperature (bottom row) are shown for Object A. Some changes due to clouds are also visible in the top row. The bottom row shows the temperature excess compared with the average surface background temperature. Taking into account atmospheric effects, hotspot A is likely only 1 square km with a temperature of 830°C.

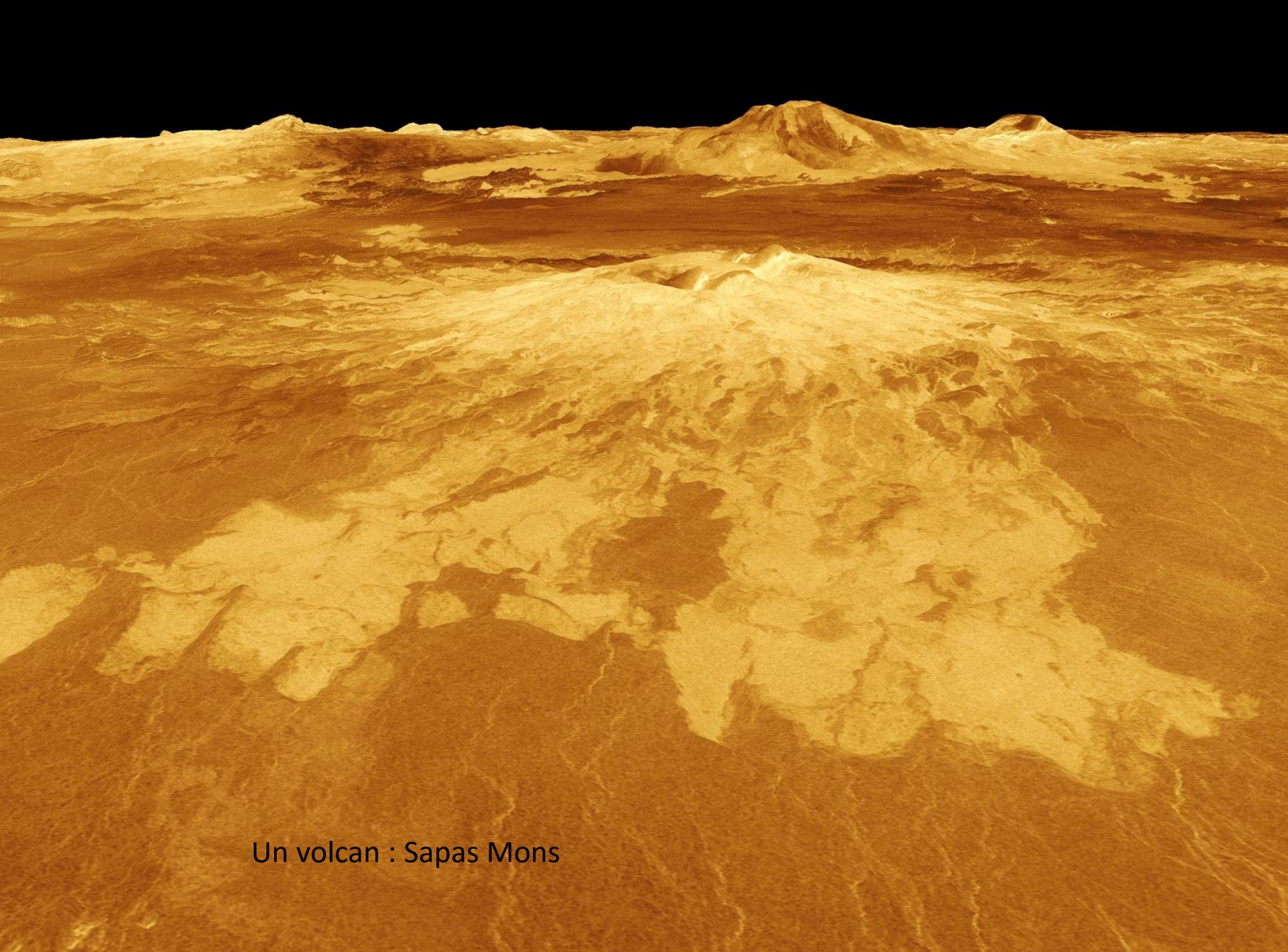
Credits: E. Shalygin et al (2015)



Voici un exemple de ces points chauds avec Idunn Mons, situé dans Imdr Regio par 46° de latitude Sud et $214,5^\circ$ de longitude Est. Les données en brun sont celles recueillies par radar par la sonde Magellan de la NASA. Les données superposées en couleurs sont celles obtenues par le spectromètre infrarouge VIRTIS installé sur la sonde Venus Express de l'ESA. L'échelle des verticales est amplifiée d'un facteur 30 pour accroître le relief de la zone. Idunn Mons culmine en réalité à 2 500 mètres au dessus des plaines et s'étend sur une largeur de 200 kilomètres !

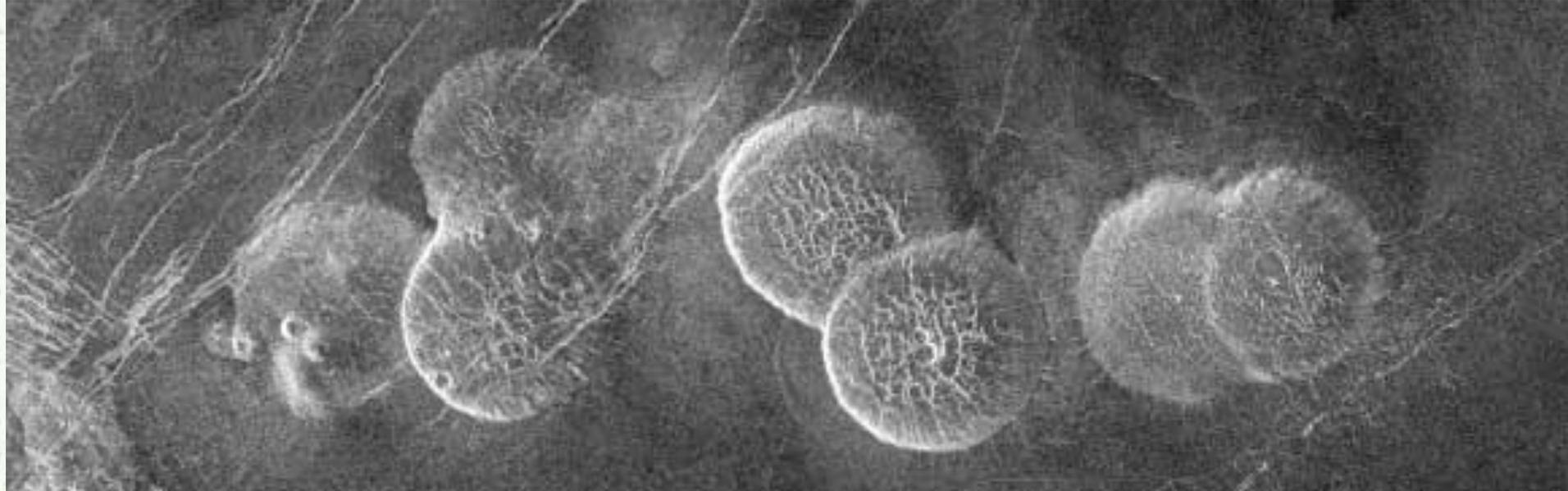


Ces coulées de laves sont géologiquement récentes remontant au plus tard à 2 500 000 ans, et peuvent être encore en activité.

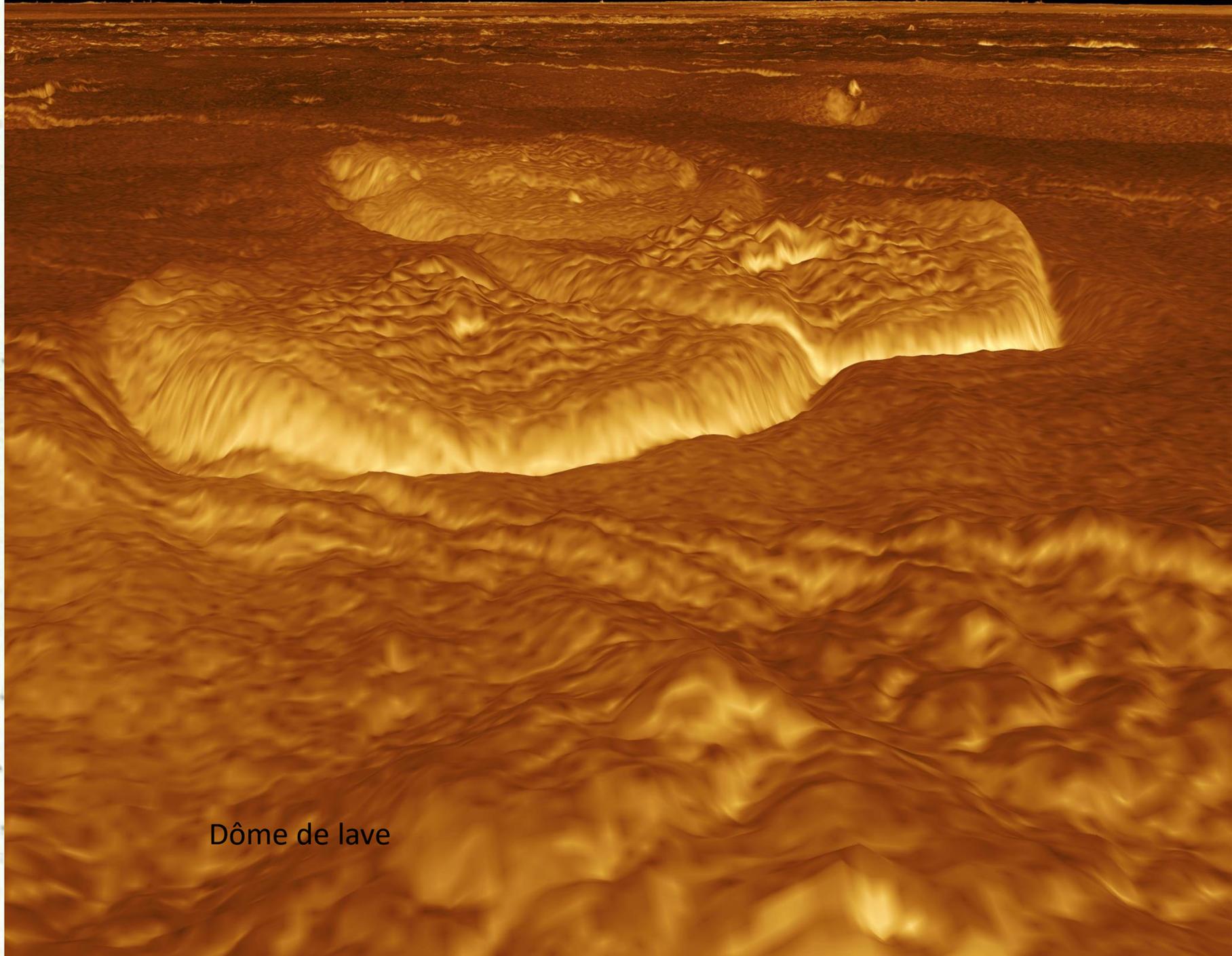


Un volcan : Sapas Mons

Par ailleurs du fait de la pression importante on a des dômes de laves.
La lave fluide a été aplatie du fait qu'elle met très longtemps à refroidir, jusqu'à 500 millions d'années



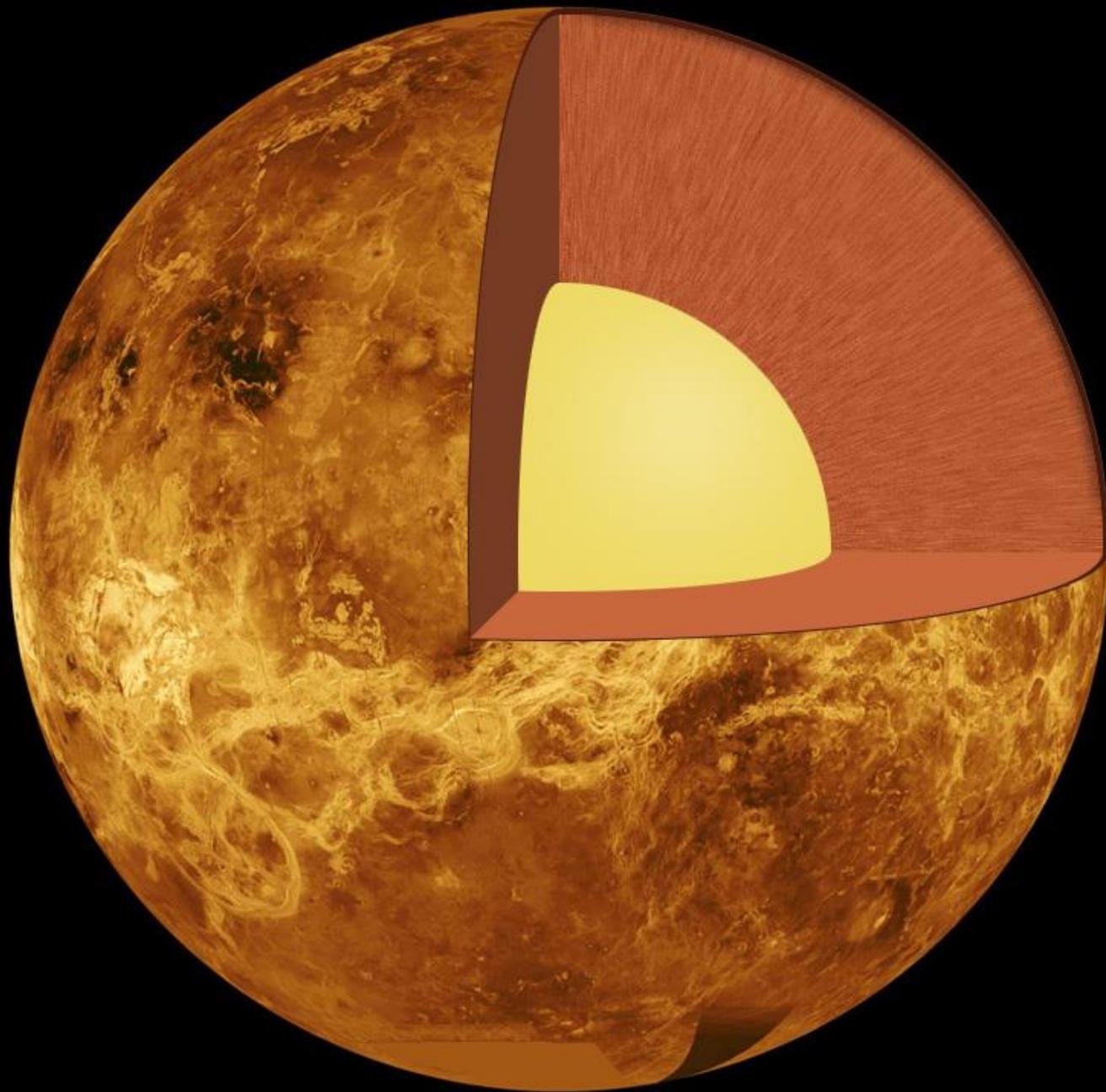
Série de 7 dômes volcaniques (\emptyset 25 km) en bordure de *Alpha Regio* (30.0°S - 11.8°E).



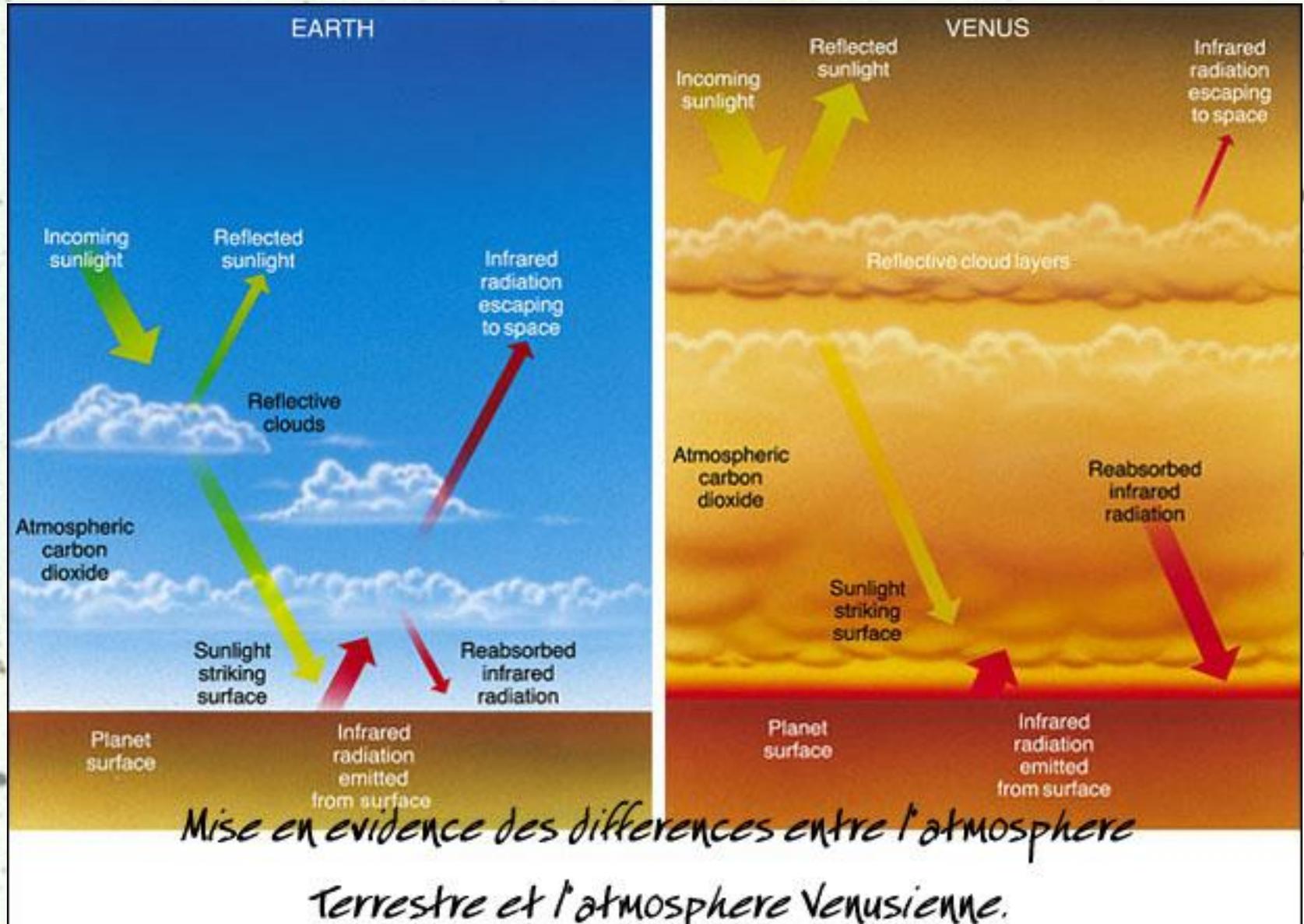
Dôme de lave

Vénus présente, semble-t-il, une structure interne semblable à celle de la Terre : croûte, manteau et noyau.

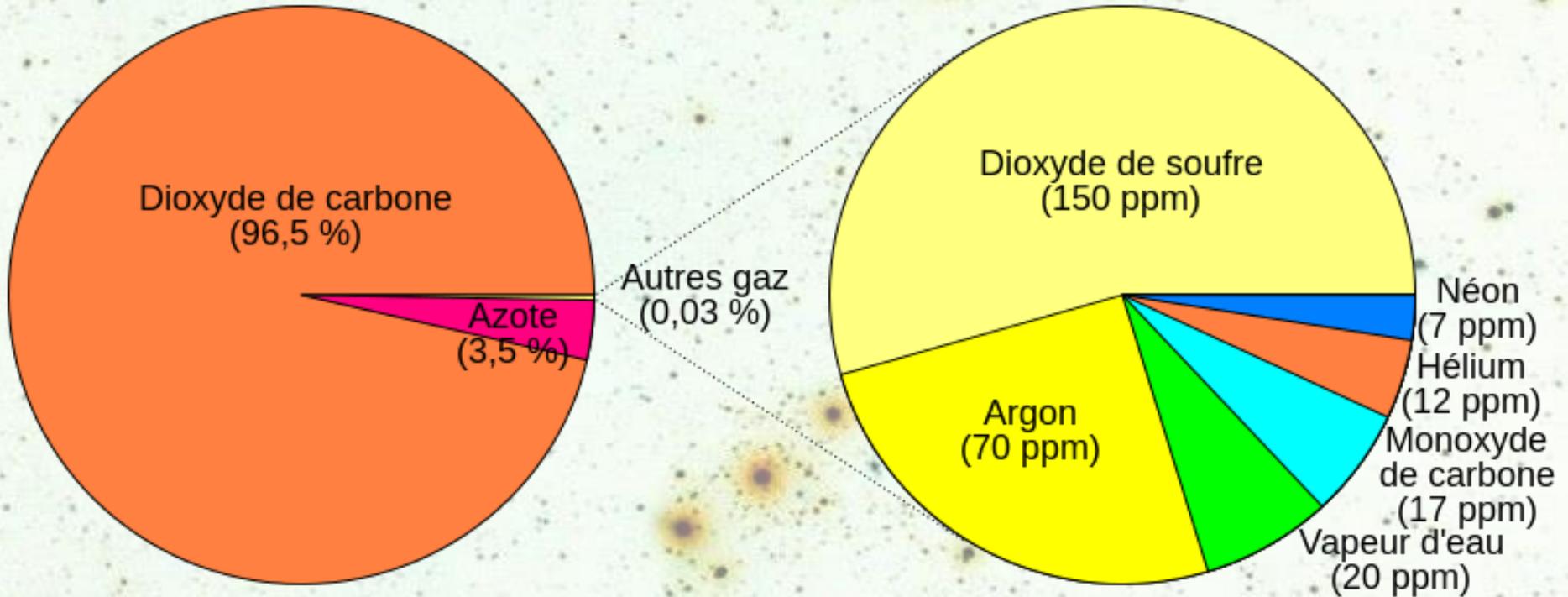
- Vénus ressemble à la Terre par sa taille (6 051 km de rayon contre 6 378 km pour la Terre) et par sa densité (5,26 contre 5,52).



Les deux planètes ont une atmosphère, mais n'ayant pas la même composition et la même pression, cela ne donne pas le même résultat.

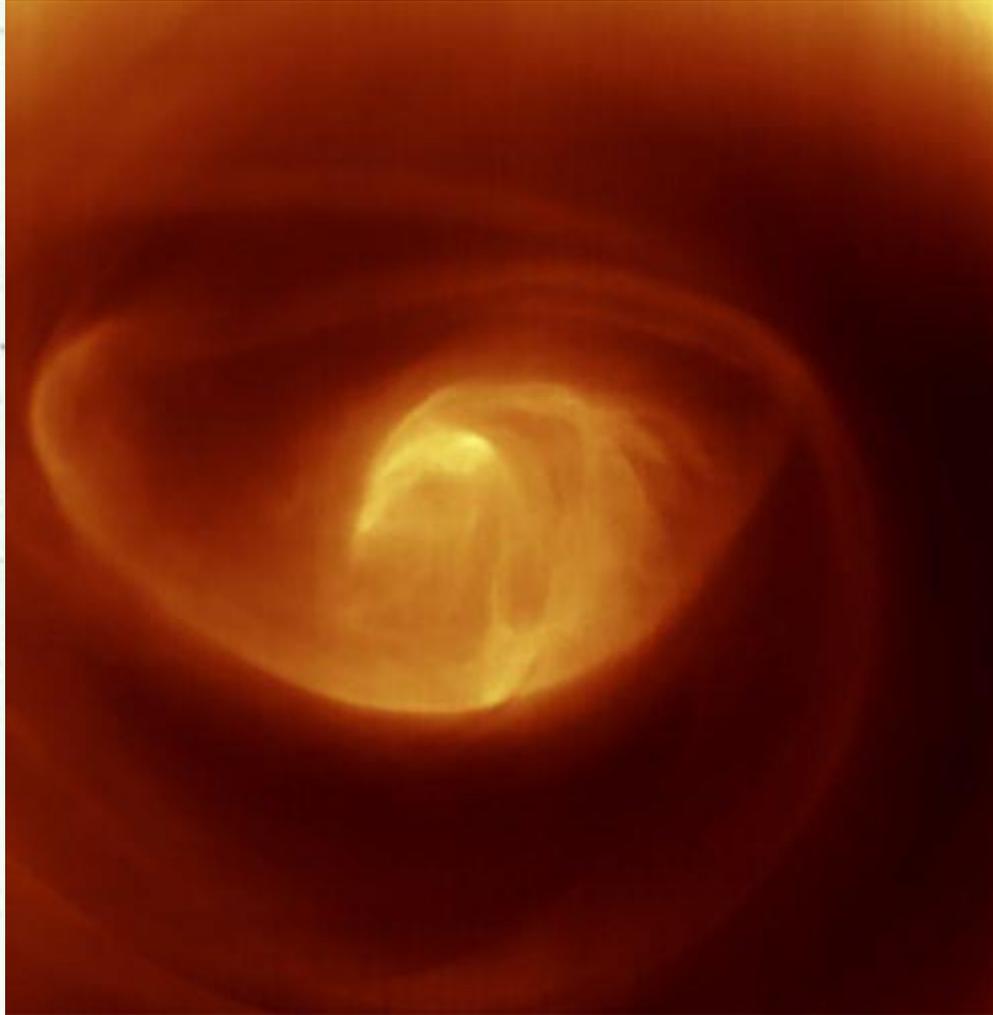


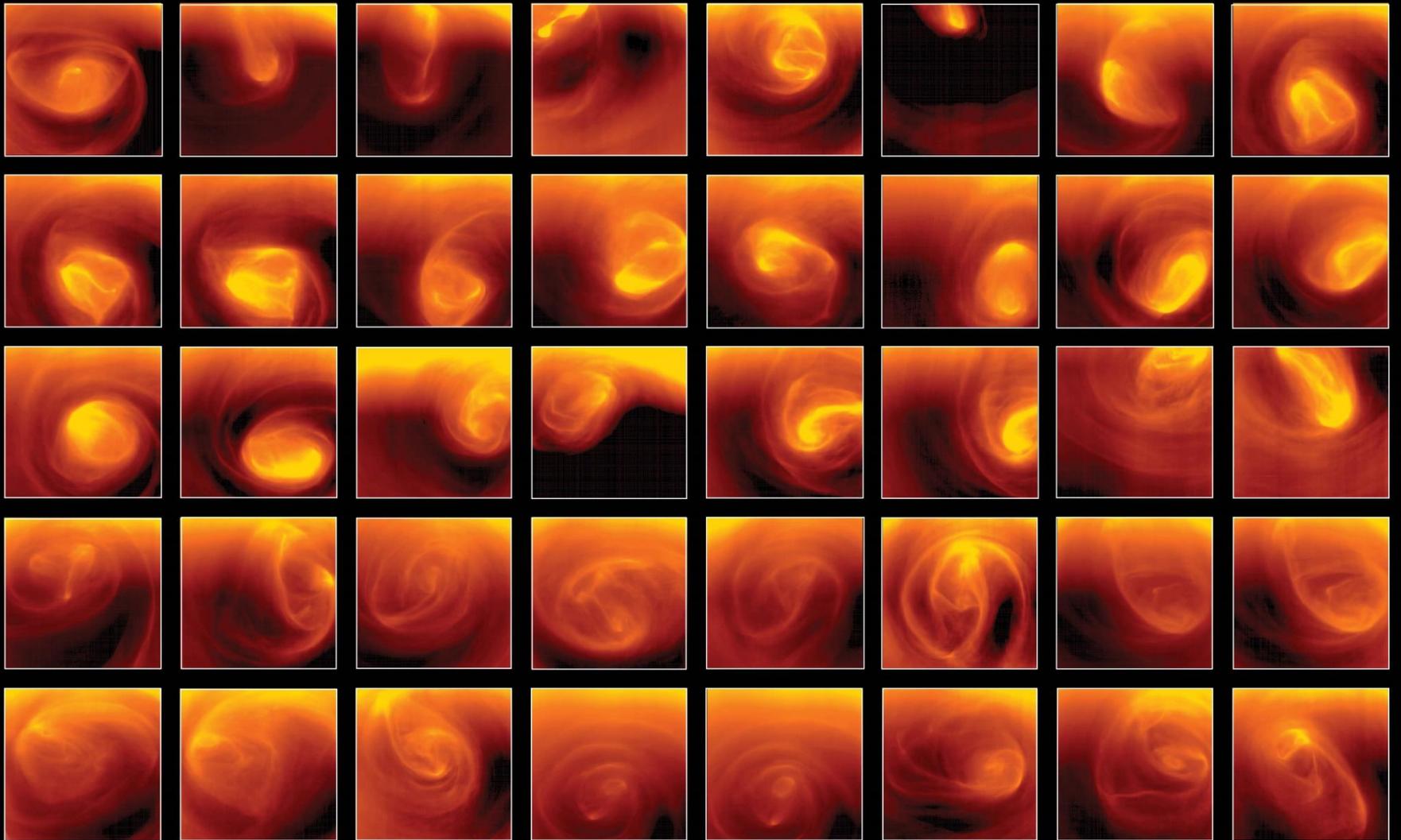
Composition de l'atmosphère de Vénus



Du fait de la chaleur et de la lumière du Soleil, nous avons des réactions chimiques, qui transforme le dioxyde de carbone et le dioxyde de soufre en acide sulfurique. Nous avons donc sur Vénus des pluies d'acide sulfurique qui n'atteignent pas la surface. Mais il y a des orages avec des éclairs.

La sonde **Venus Express** a vu, dès son arrivée en 2006, l'existence d'un vortex au pôle sud de Vénus et témoigne de ses changements rapides corrélés à l'hyper-rotation de l'atmosphère de la planète la plus chaude du Système solaire.



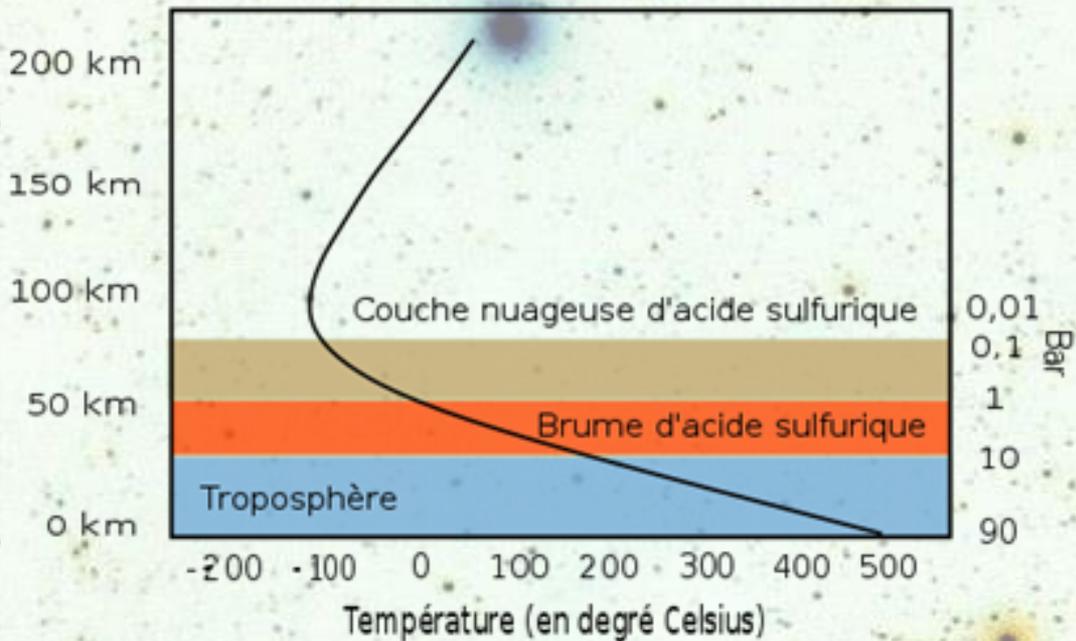


Photos prises entre février 2007 et avril 2008

Mais si le vortex du Pôle Sud est important on a aussi vu au Pôle Nord un double vortex. Il fait une rotation complète en 3 jours.

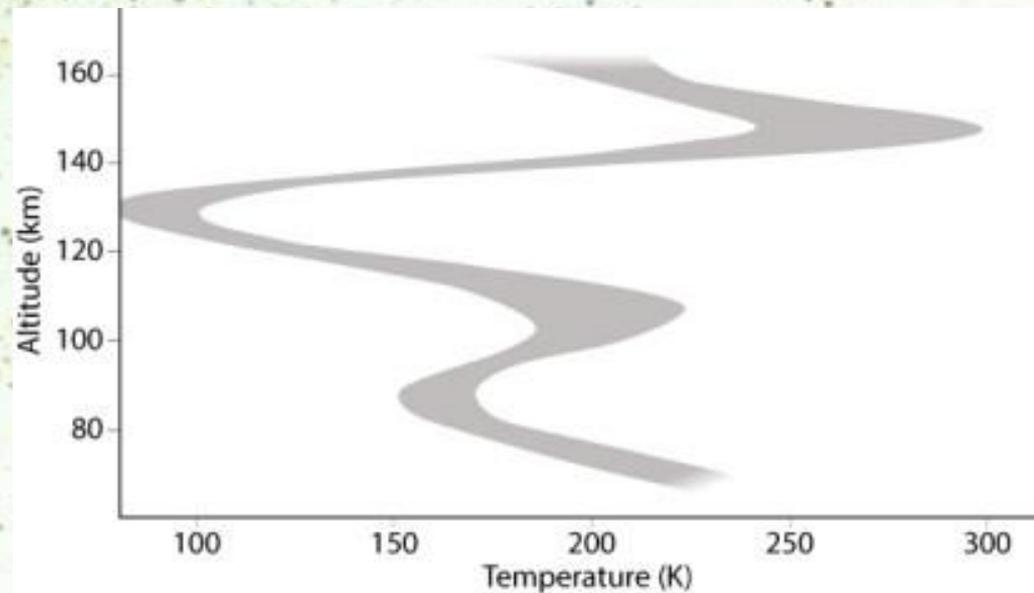


Les mesures effectuées par les instruments de **Vénus Express** ont permis de déterminer que la vitesse des nuages à la latitude de 50° était progressivement passée en cours de mission de 300 à 400 km/h. Les mécanismes conduisant à l'accélération de la vitesse de rotation de l'atmosphère n'ont jusque là pas pu être déterminés.



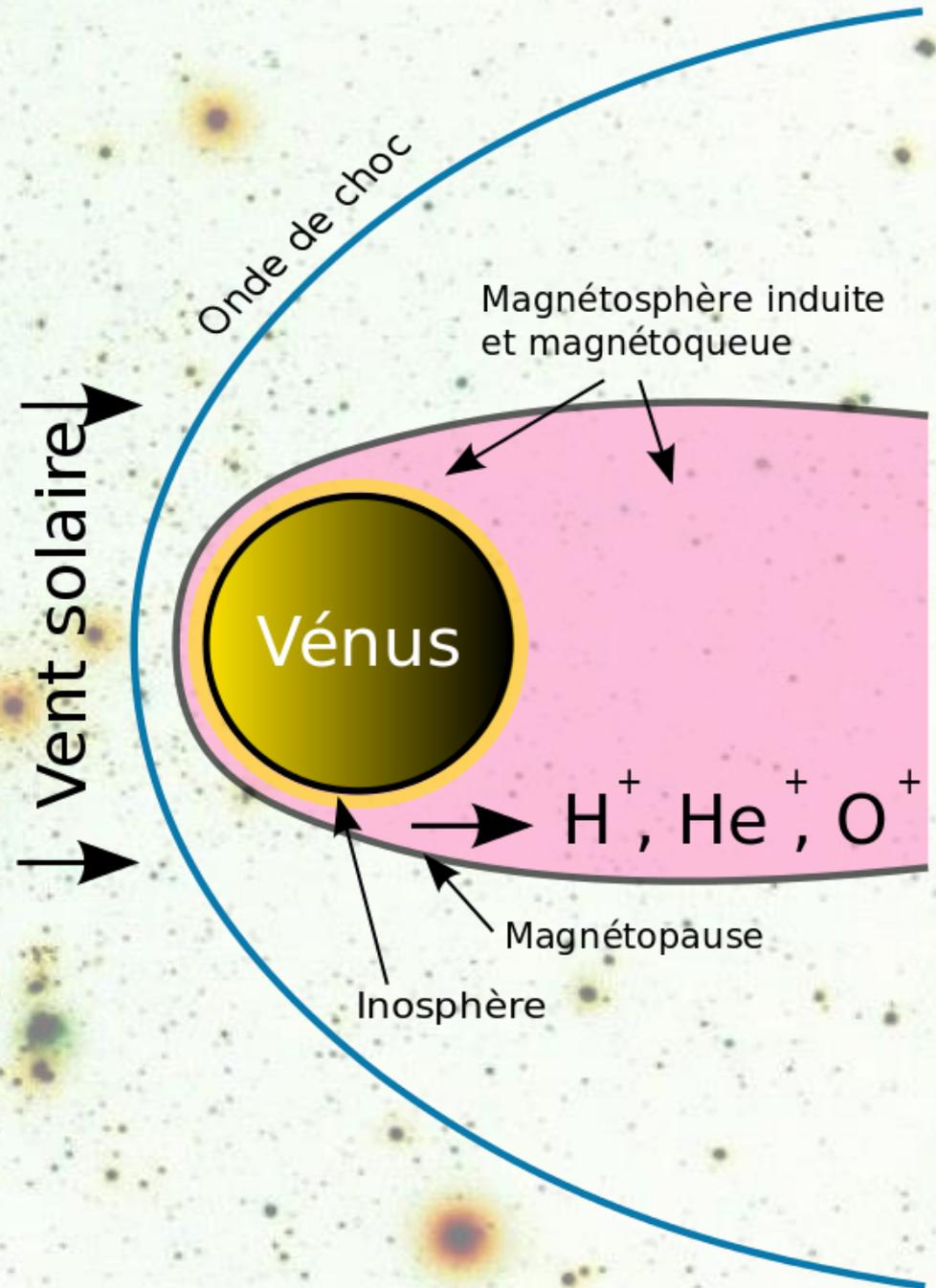
Grâce à *Venus Express* on a découvert que l'atmosphère de la planète comportait des régions particulièrement froides (-175°C) situées à une altitude de 125 km. Ces températures sont beaucoup plus basses que celles qui peuvent être rencontrées dans l'atmosphère terrestre alors que Vénus est plus proche du Soleil.

La température aux différentes altitudes a pu être calculée à partir de ces mesures ainsi que la pression atmosphérique. Il a pu être déterminé que la température diminue fortement à certaines altitudes au point d'induire la formation des nuages de glace ou de neige. Au niveau du terminateur (à droite), la couche froide est prise en sandwich entre deux couches relativement plus chaudes.



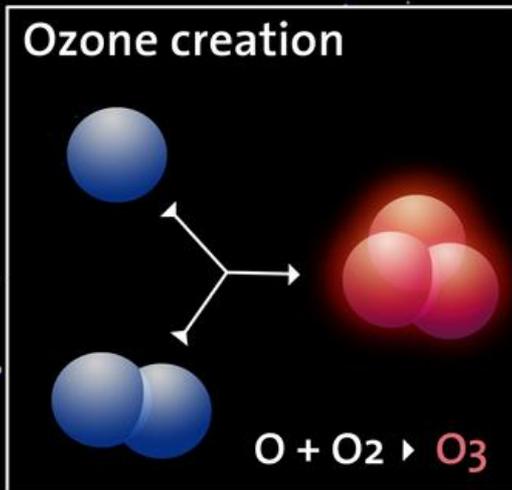
Bien que Vénus, contrairement à la majorité des planètes, ne dispose pas d'un champ magnétique généré par son noyau, son atmosphère est partiellement protégée de l'érosion du vent solaire par un champ magnétique induit par l'interaction entre l'ionosphère de la planète et le vent solaire.

Cette interaction provoque une fuite de particules électriquement chargées, s'échappant du côté non éclairé en formant une longue queue.

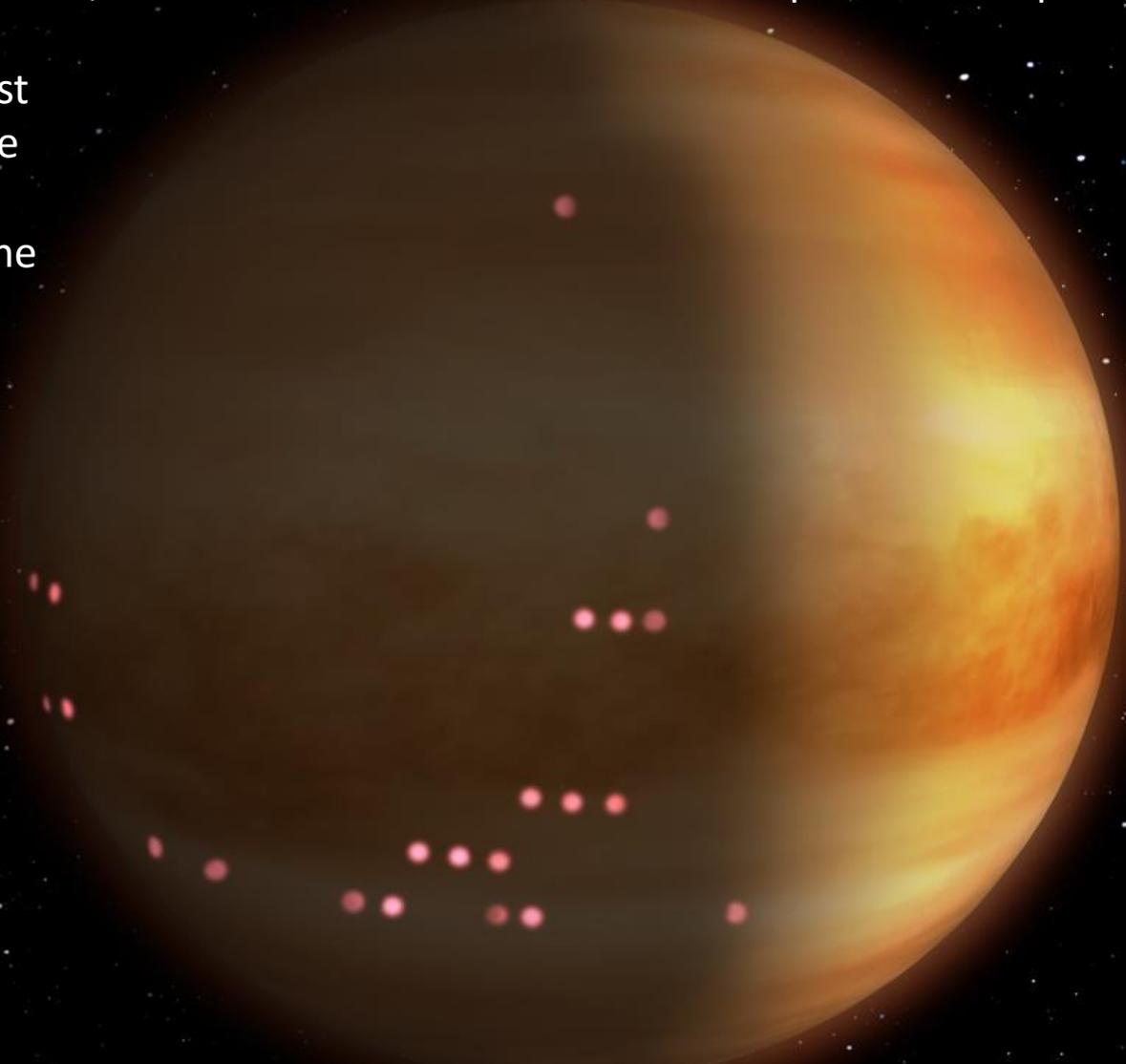


L'instrument SPICAV de *Venus Express* a découvert, une couche d'Ozone, située à une altitude variable comprise entre 90 et 120 km, elle est relativement fine avec une épaisseur comprise entre 5 et 10 km.

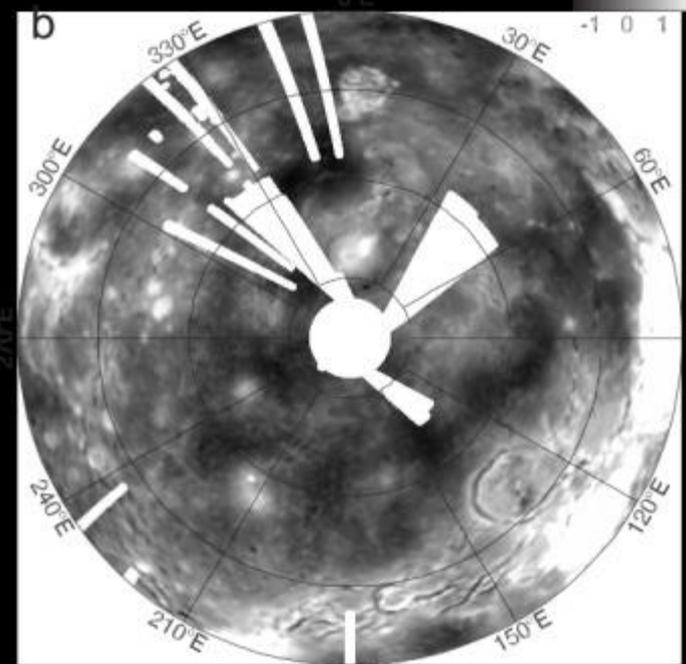
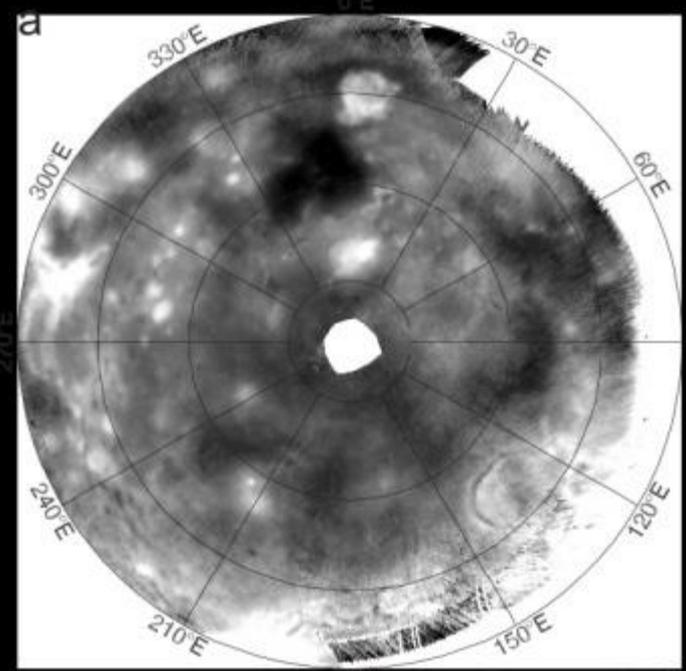
La couche d'ozone vénusienne est également 1000 fois moins dense que son homologue terrestre. De manière surprenante la couche d'ozone est absente au point de l'atmosphère situé à l'opposé de la direction du Soleil.



Cette illustration indique les endroits sur la face nuit de Vénus où l'ozone a été détecté dans l'atmosphère par l'instrument SPICAV à bord de la sonde ESA/Venus Express.



Dernière découverte dérangementante :
En se basant sur la durée du jour vénusien et la cartographie réalisée par la sonde spatiale Magellan de la NASA, les observations effectuées par les instruments de *Venus Express* ont démontré que les reliefs observés sur le sol de la planète sont décalés d'environ 20 km par rapport à leur emplacement prévisible déduit des observations réalisées 16 ans auparavant. Ce changement résulterait d'un ralentissement de la vitesse de rotation de la planète.



Vénus génère un anneau de poussières zodiacales autour du Soleil

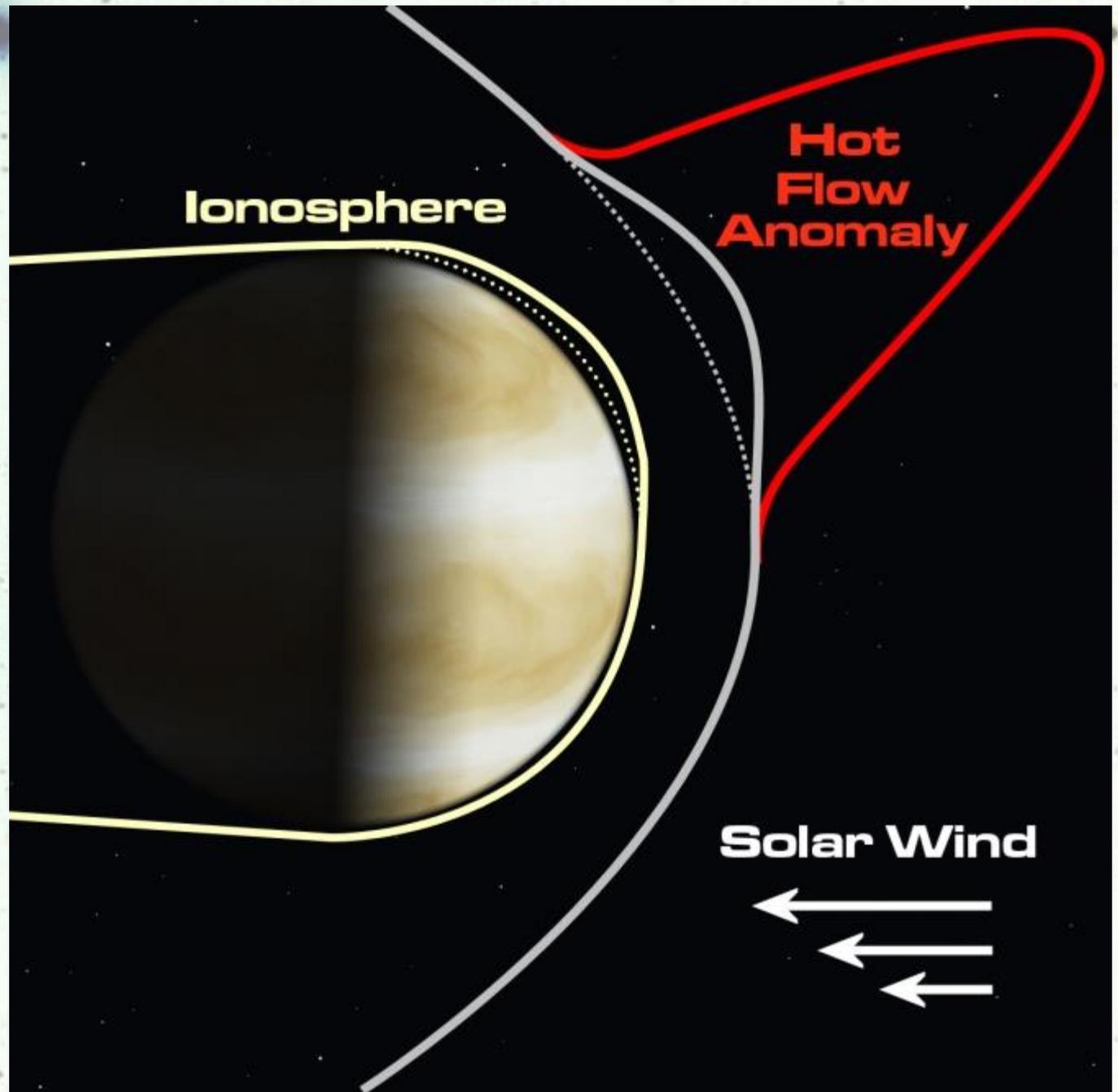
Les résonances orbitales creusent des zones dans la ceinture d'astéroïdes et dans les anneaux de Saturne. Elles provoquent aussi la formation d'anneaux de poussières zodiacales autour du Soleil, comme le prouvent les observations des sondes de la mission Stereo avec Vénus.

Les deux sondes jumelles de la mission Stereo (*Solar TERrestrial RELations Observatory*), qui permettent d'étudier le Soleil depuis 2006, ont finalement confirmé la présence d'un anneau de poussières zodiacales. Il est plus important de part et d'autre de l'orbite de Vénus.

VÉNUS TOURNE DANS UN ANNEAU DE POUSSIÈRES

Les satellites Stereo ont enfin confirmé son existence : un anneau de poussières très ténu tourne bien autour du Soleil, au niveau de l'orbite de Vénus. La poussière interplanétaire est en effet balayée vers cette zone par des phénomènes de résonance orbitale. B.R.

Une étude parue, dans le Journal of Geophysical Research du 29 Février 2012, a trouvé des preuves évidentes sur Vénus pour un type de tempête spatiale tout à fait commune à la Terre, appelée anomalie de flux chaud. Ces anomalies, appelées aussi HFA, provoquent une inversion temporaire du vent solaire qui se déplace normalement autour d'une planète.



Et pour finir un petit film de conclusion

