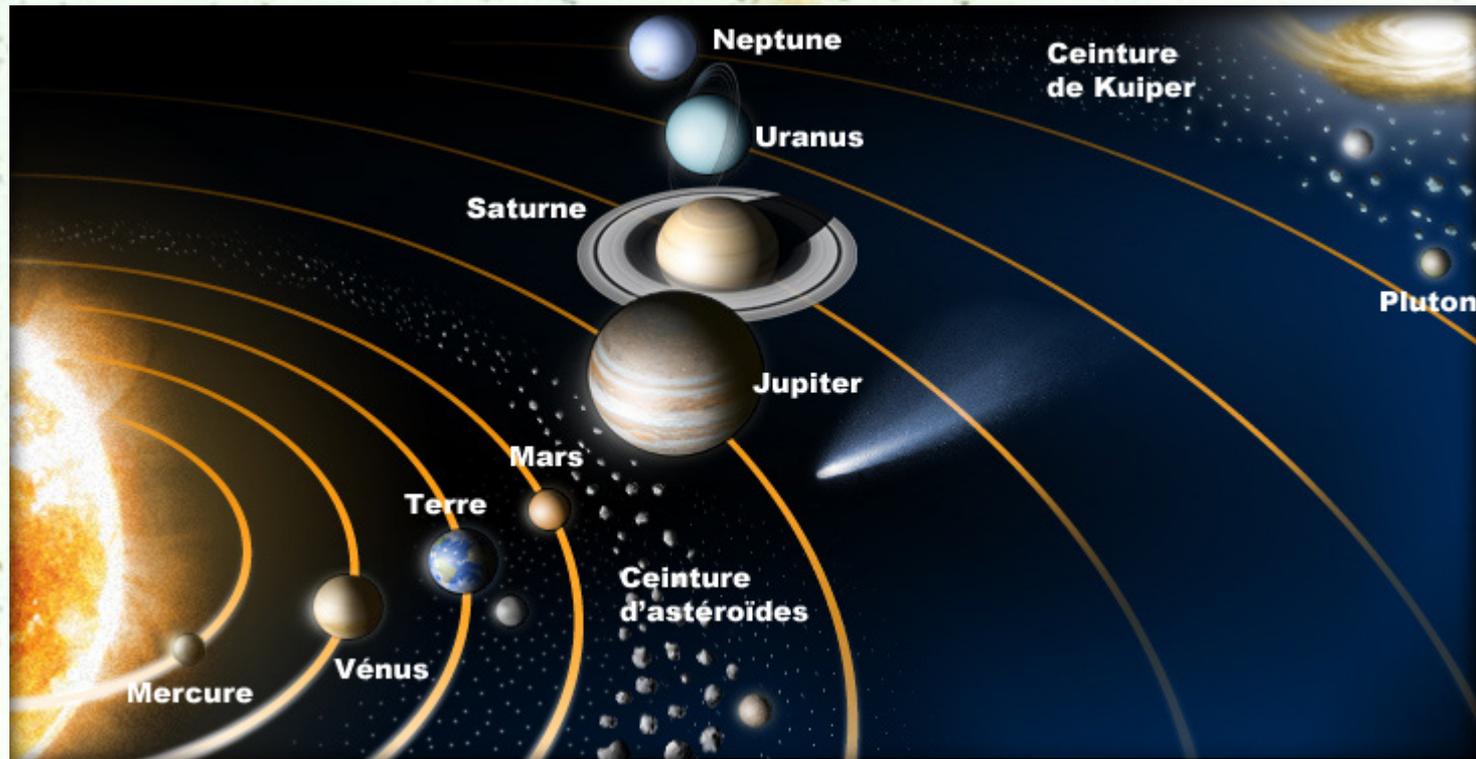


# Planètes et Lunes du système Solaire

Leur atmosphère

**Dans le système solaire nous avons 8 planètes, plusieurs planètes naines et leurs satellites. Parmi tous ces éléments plusieurs ont des atmosphères plus ou moins ténues. Nous ne parlerons pas du cas de la Terre, ni de la Lune.**



**Nous avons trois sortes d'atmosphères du point de vue de la densité.**

**Il y a les très denses et sans limite inférieure très précise autour des planètes gazeuses**

**Les moyennement denses autour des planètes et satellites rocheux**

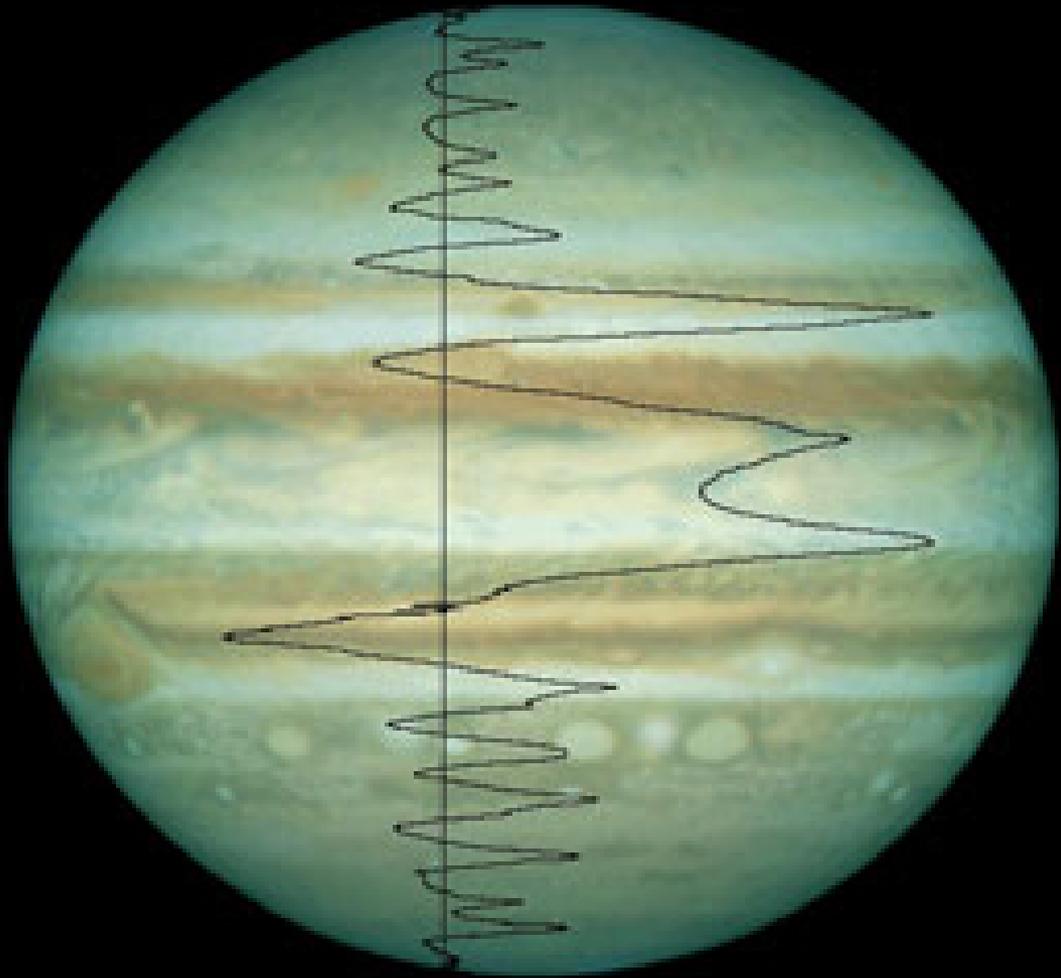
**Et enfin les ténues autour de quelques planètes ou satellites.**

**Commençons par le cas des planètes gazeuses**

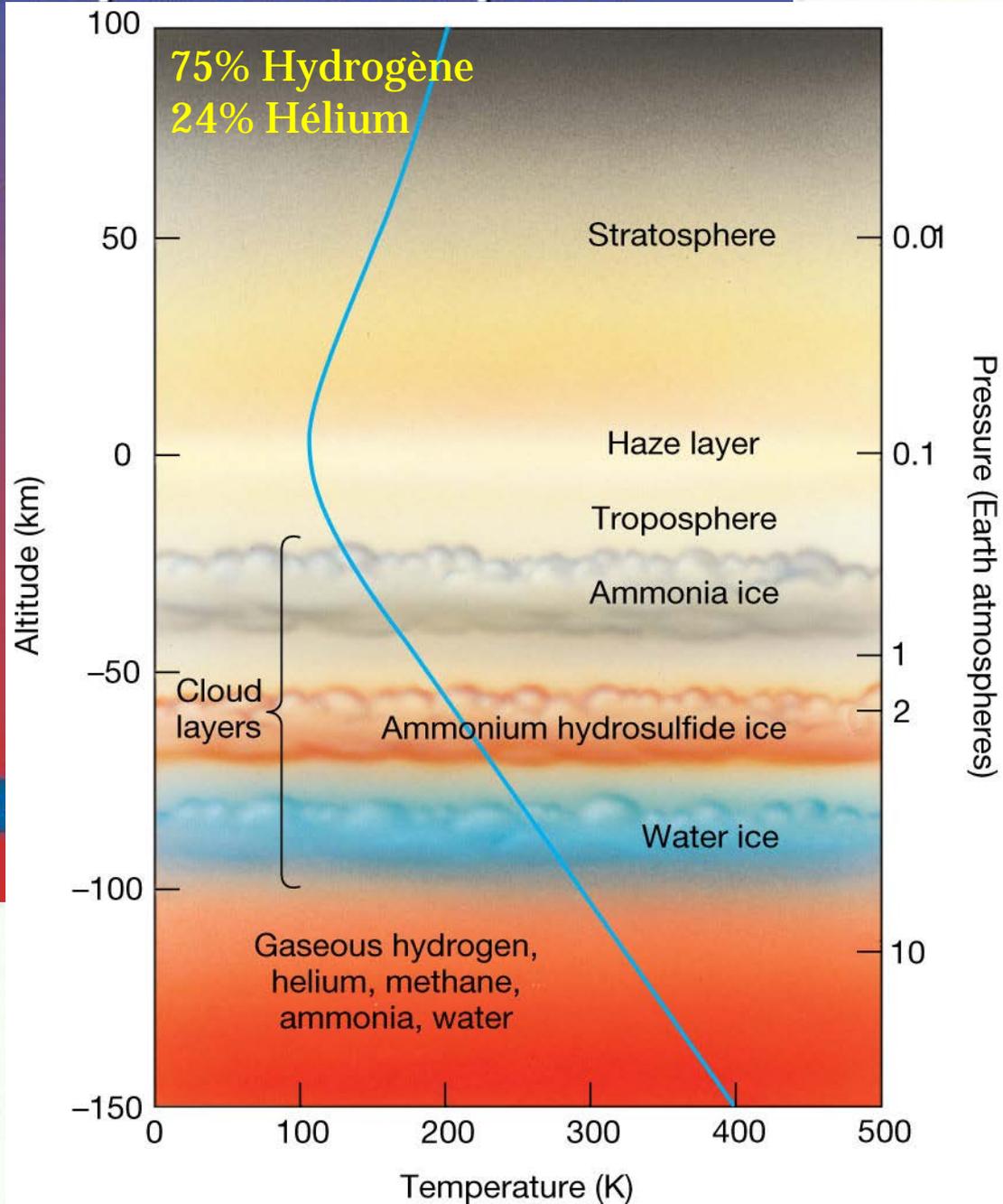
## **Jupiter :**

Tout le monde connaît ses bandes nuageuses et sa tache qui existe depuis 400 ans.

En 1995 la sonde Gallileo fut envoyée dans l'atmosphère de Jupiter. Nous avons eu ainsi des données plus précises (les seules connues maintenant). En juillet 2016 est arrivée la sonde Juno.



# Structure of Jupiter's Atmosphere



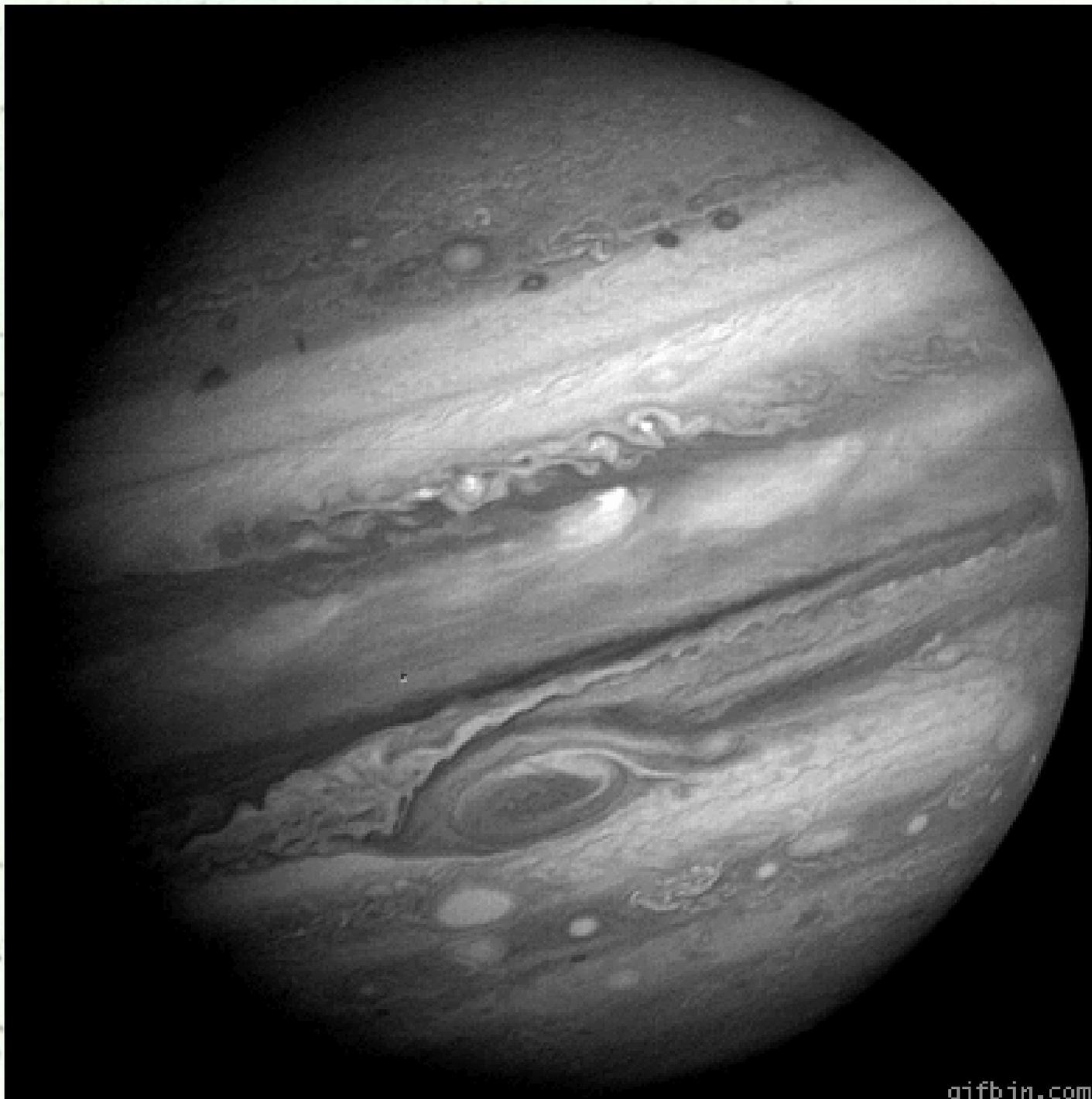
La sonde Galileo est descendue jusqu'à 150 km en 57,6 minutes, où elle a trouvé une pression de 22 atmosphères.

La rotation des couches nuageuses est différentielle et il y a une différence d'environ 5 minutes entre le pôle et l'équateur.

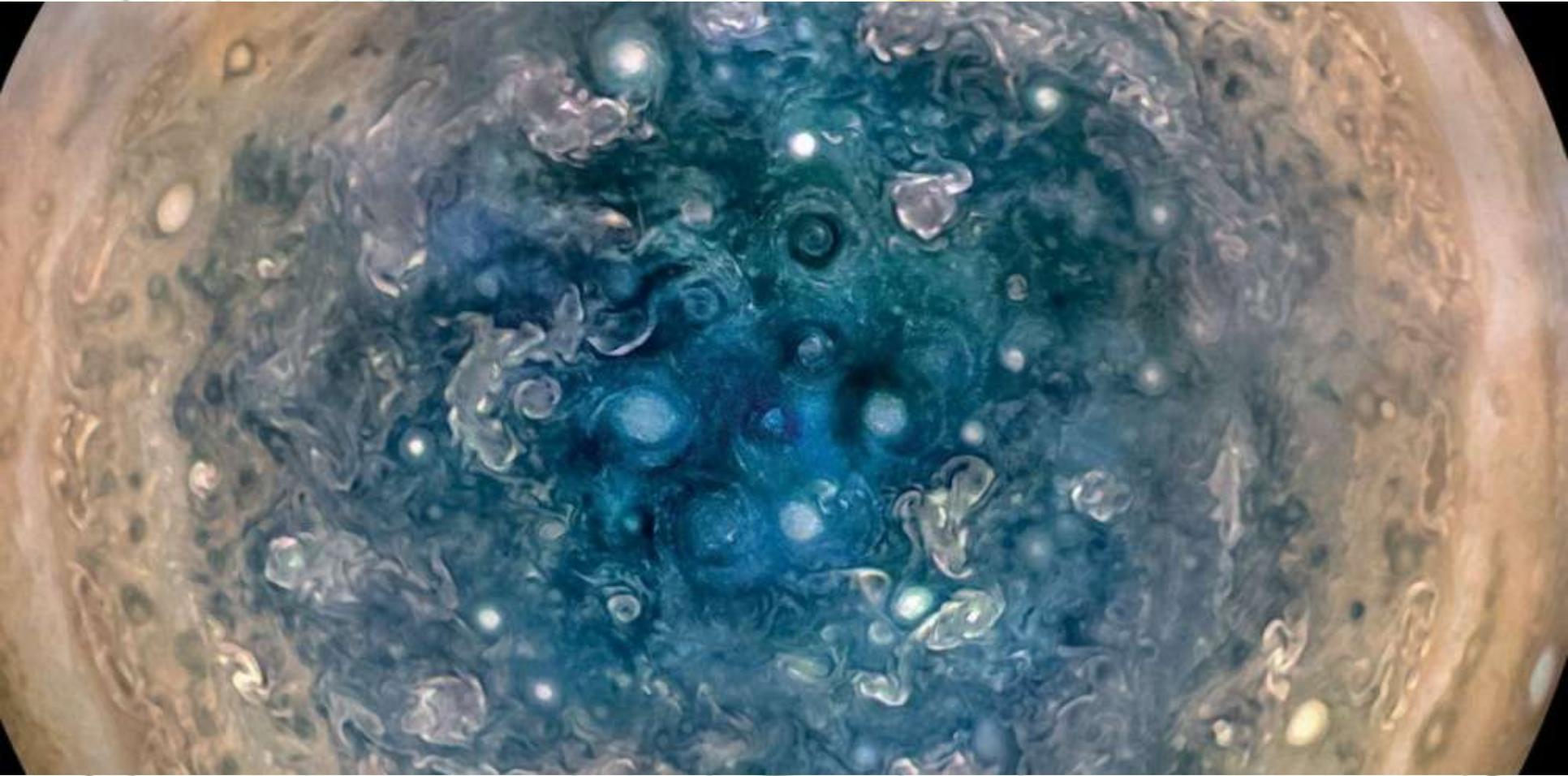
La tache vue de façon certaine depuis 1831, et peut-être depuis 1665, semblait indestructible, mais depuis quelques années on se rend compte qu'elle diminue. Et dernièrement elle s'éclaircit.

Elle a perdu 240 km en un an (22500km).





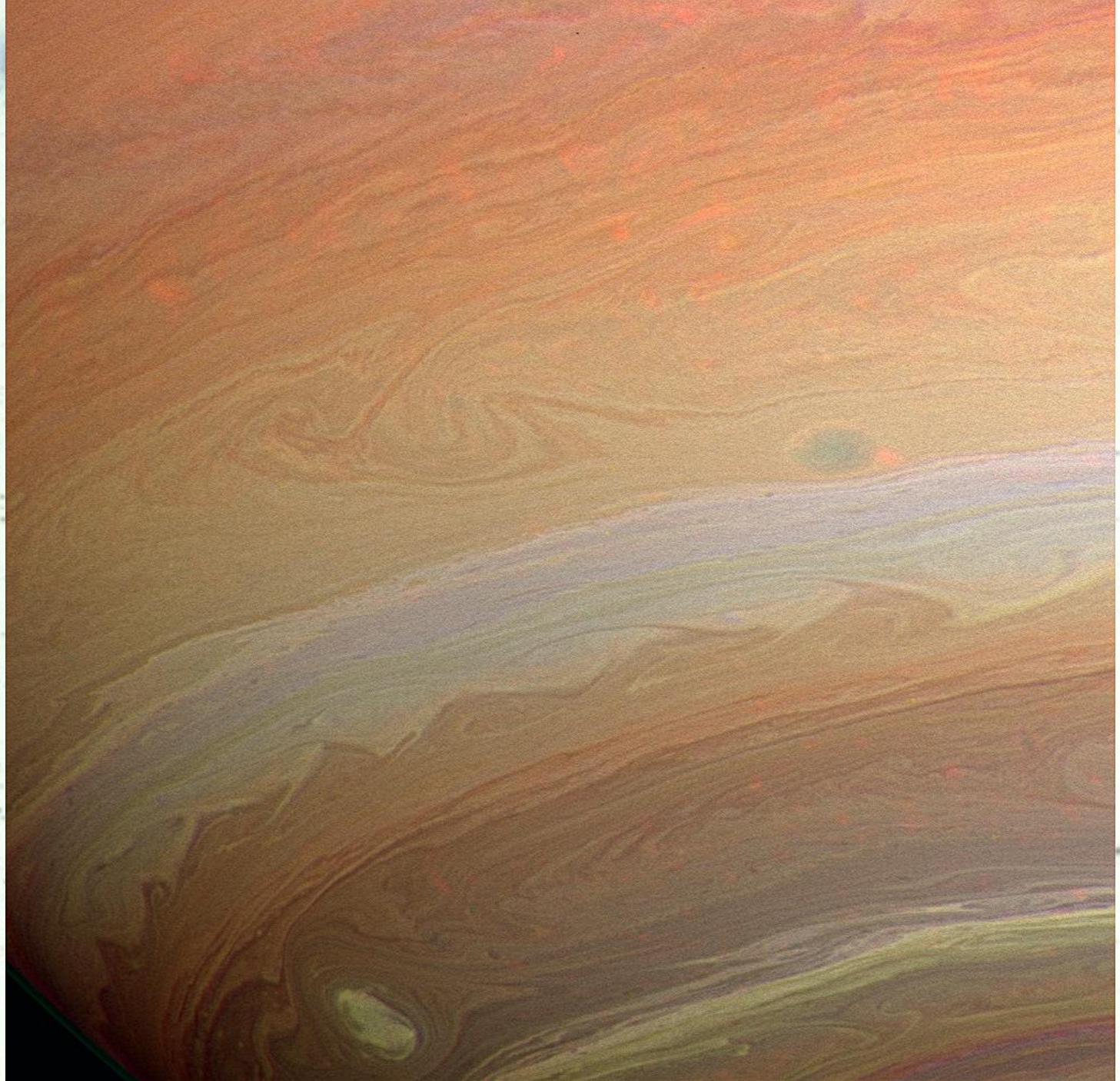
Juno a pu survoler les pôles de Jupiter et **s'approcher à moins de 5 000 kilomètres** au-dessus de la couche nuageuse de sa haute atmosphère.

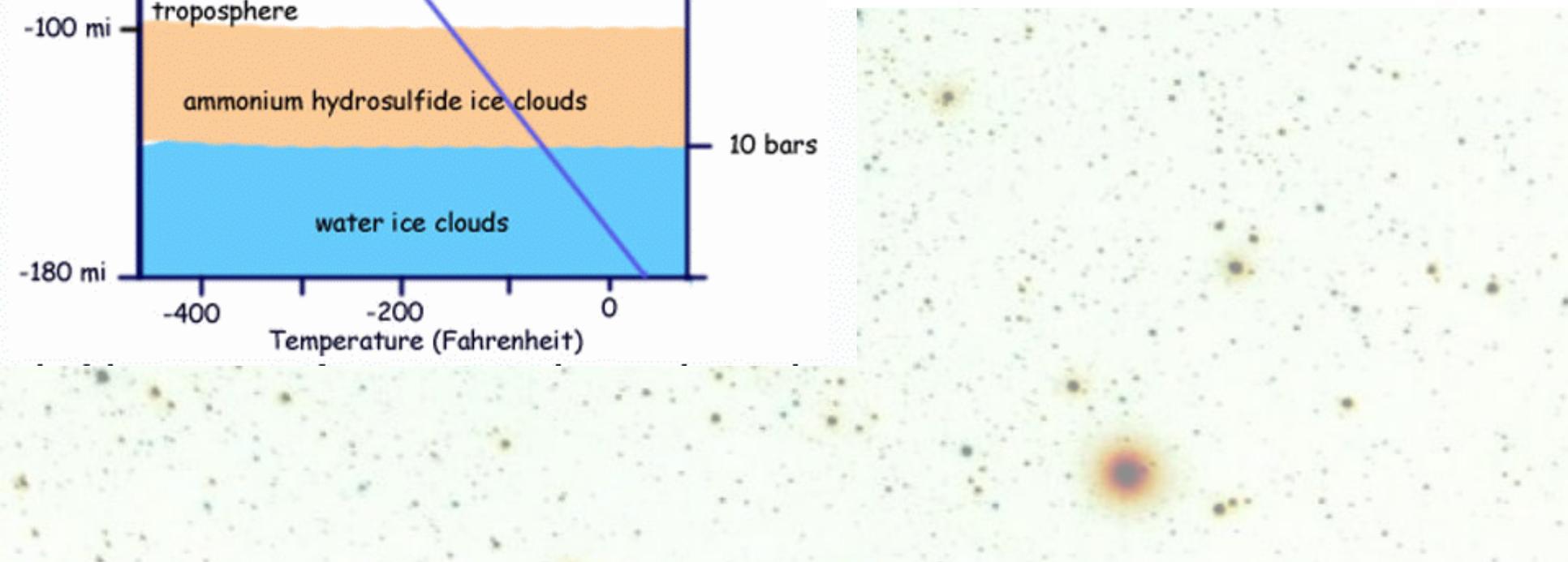
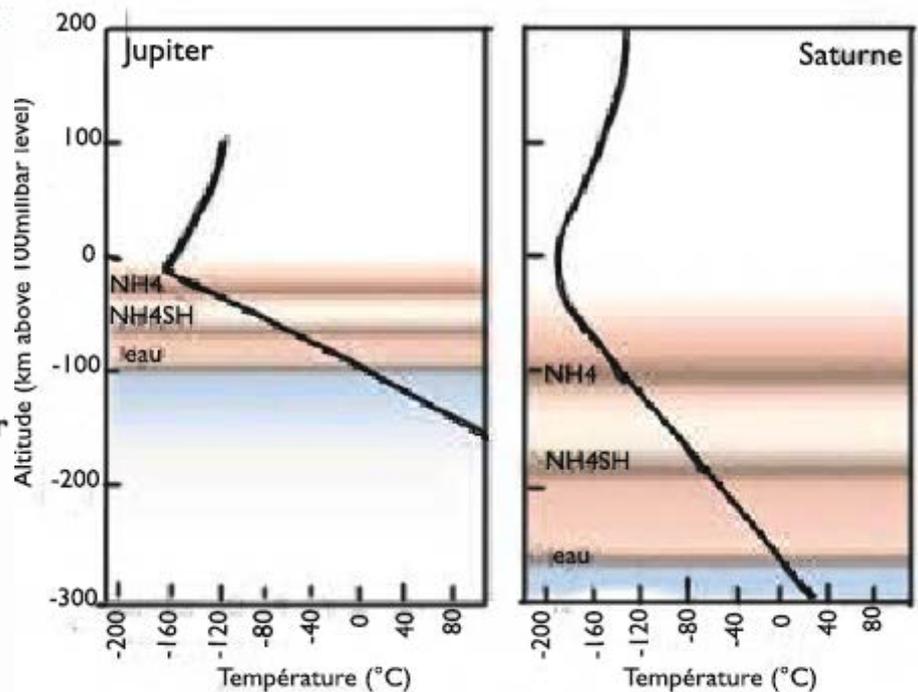
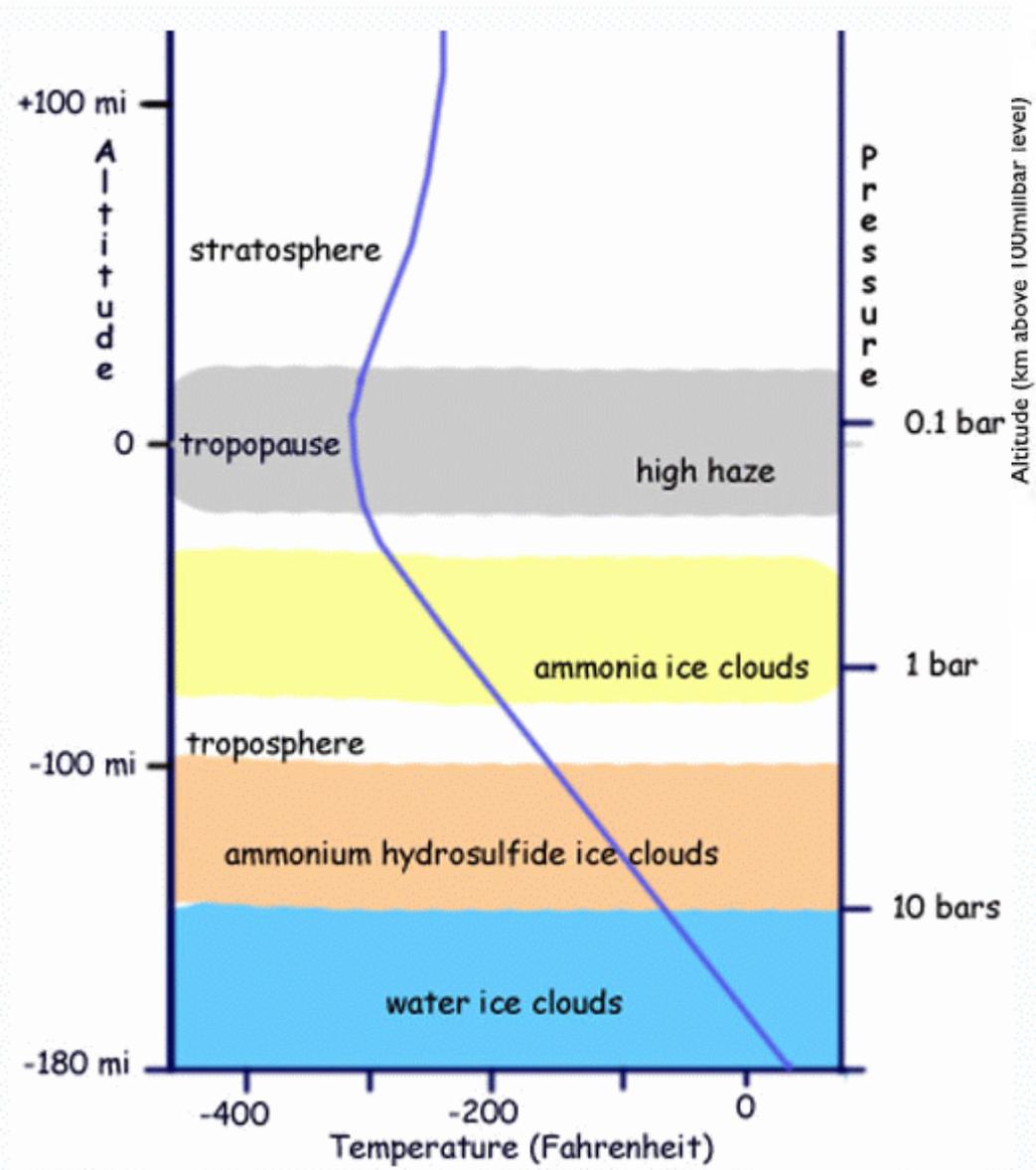


"Les images des régions polaires de Jupiter, jamais vues auparavant, montrent des masses brillantes de forme ovale qui sont notamment très différentes de ce qu'on a pu observer aux pôles de Saturne", écrivent les scientifiques. En fait, **il s'agit d'ouragans géants** d'un diamètre pouvant atteindre 1 400 kilomètres.

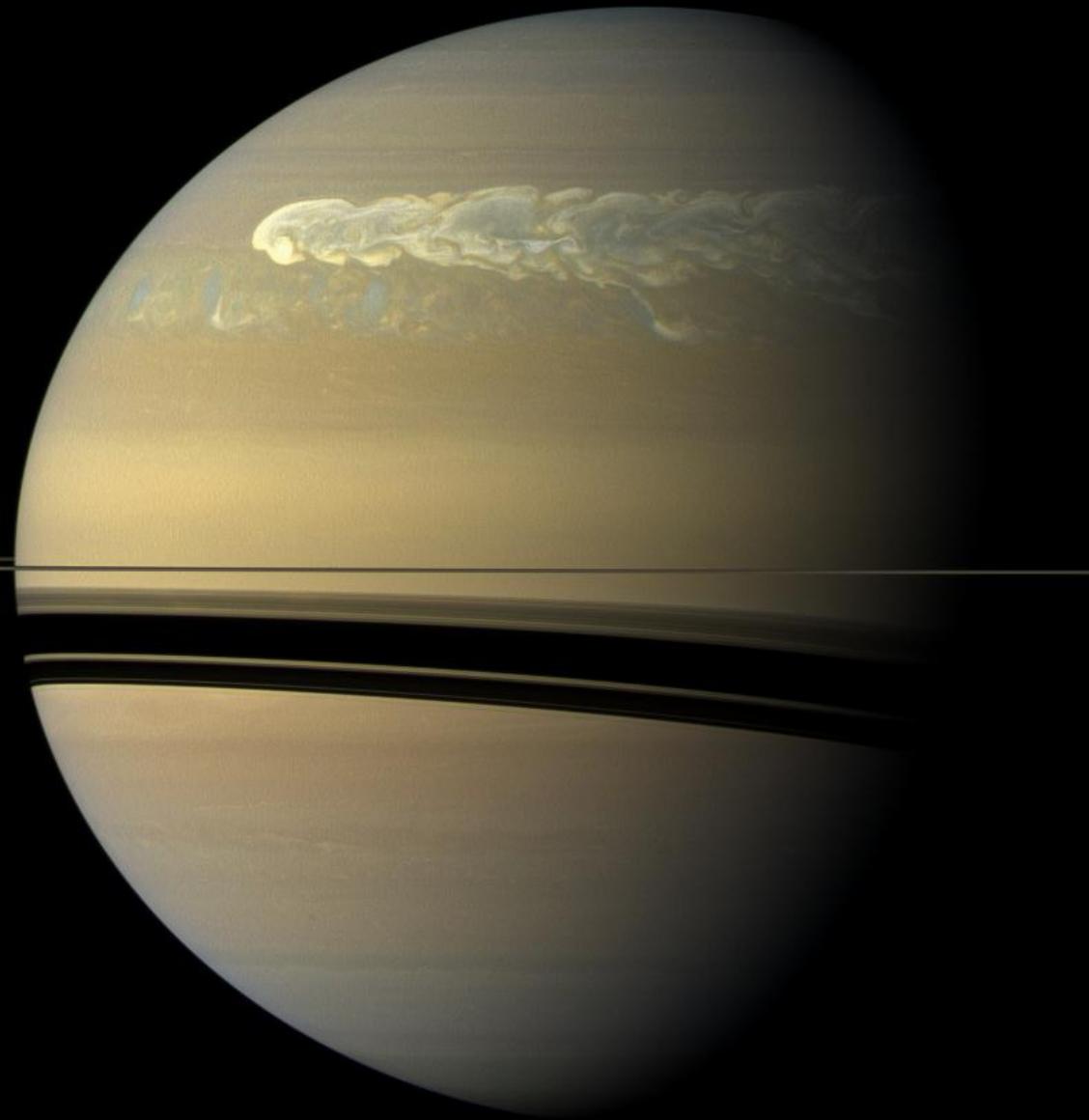
## **Saturne :**

Tout comme  
Jupiter  
l'atmosphère de  
Saturne est en  
majorité constituée  
d'hydrogène et  
d'hélium

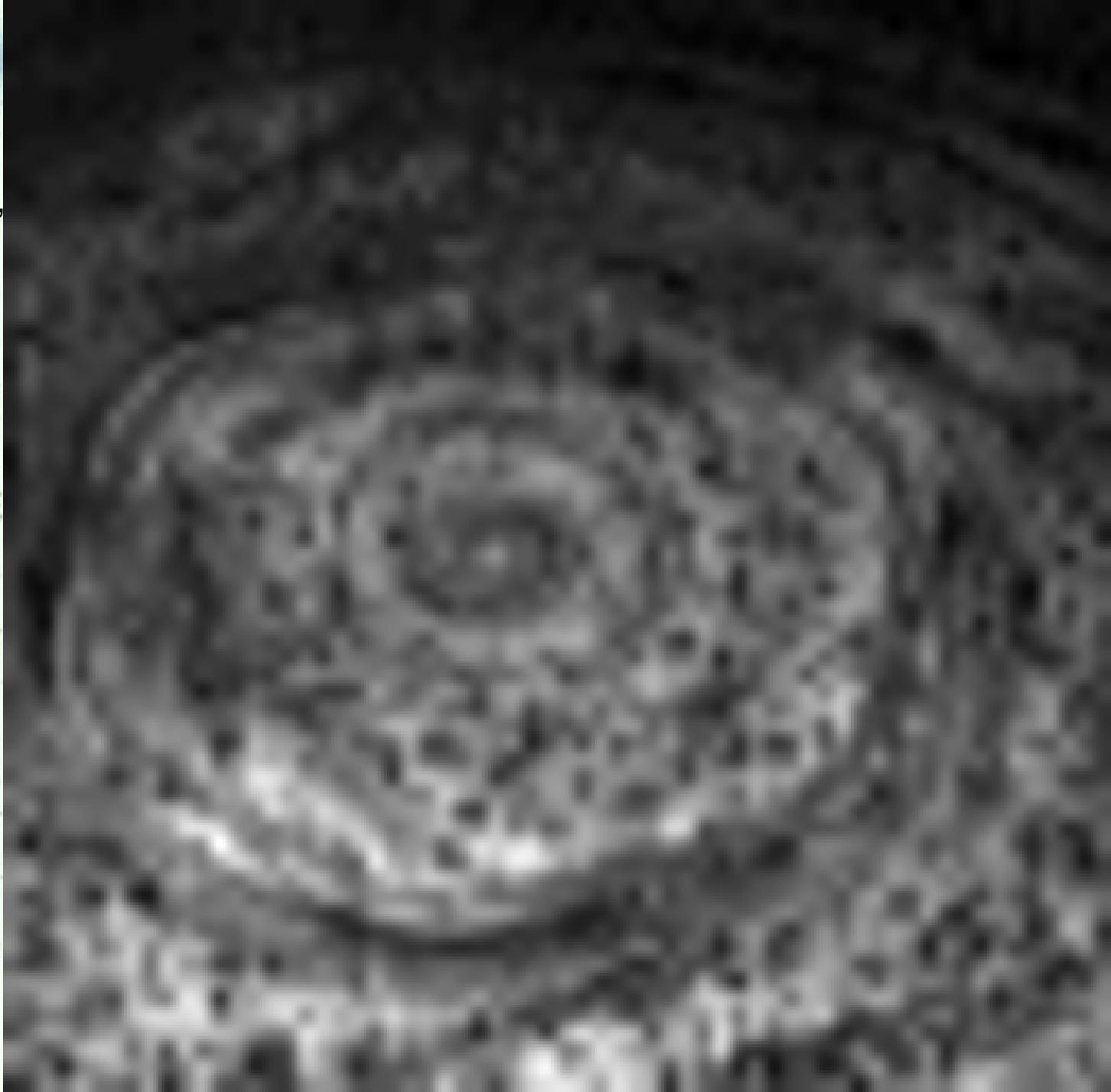




Sur Saturne pas de tache orange mais de grands orages, comme celui de la photo.  
Les vents sont un peu plus rapides que sur Jupiter.

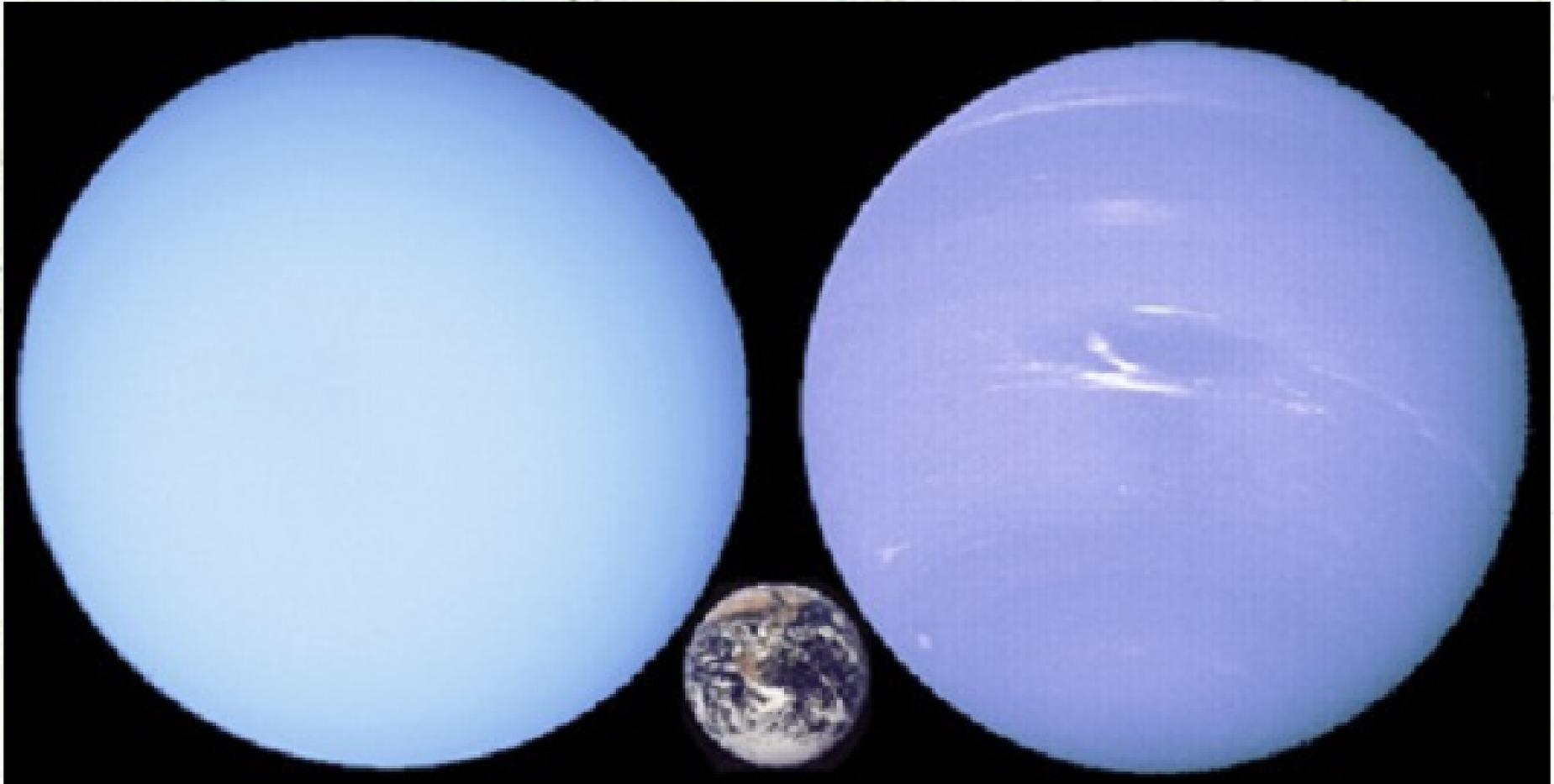


Le pôle Nord de Saturne est très spécial avec sa structure hexagonale, connue depuis les sondes Voyager. Les bords de l'hexagone mesurent environ 13 800 km. La structure tourne sur elle-même avec une période de 10 h 39 min 24 s. Le système ne se décale pas en longitude comme les autres structures nuageuses de l'atmosphère visible.

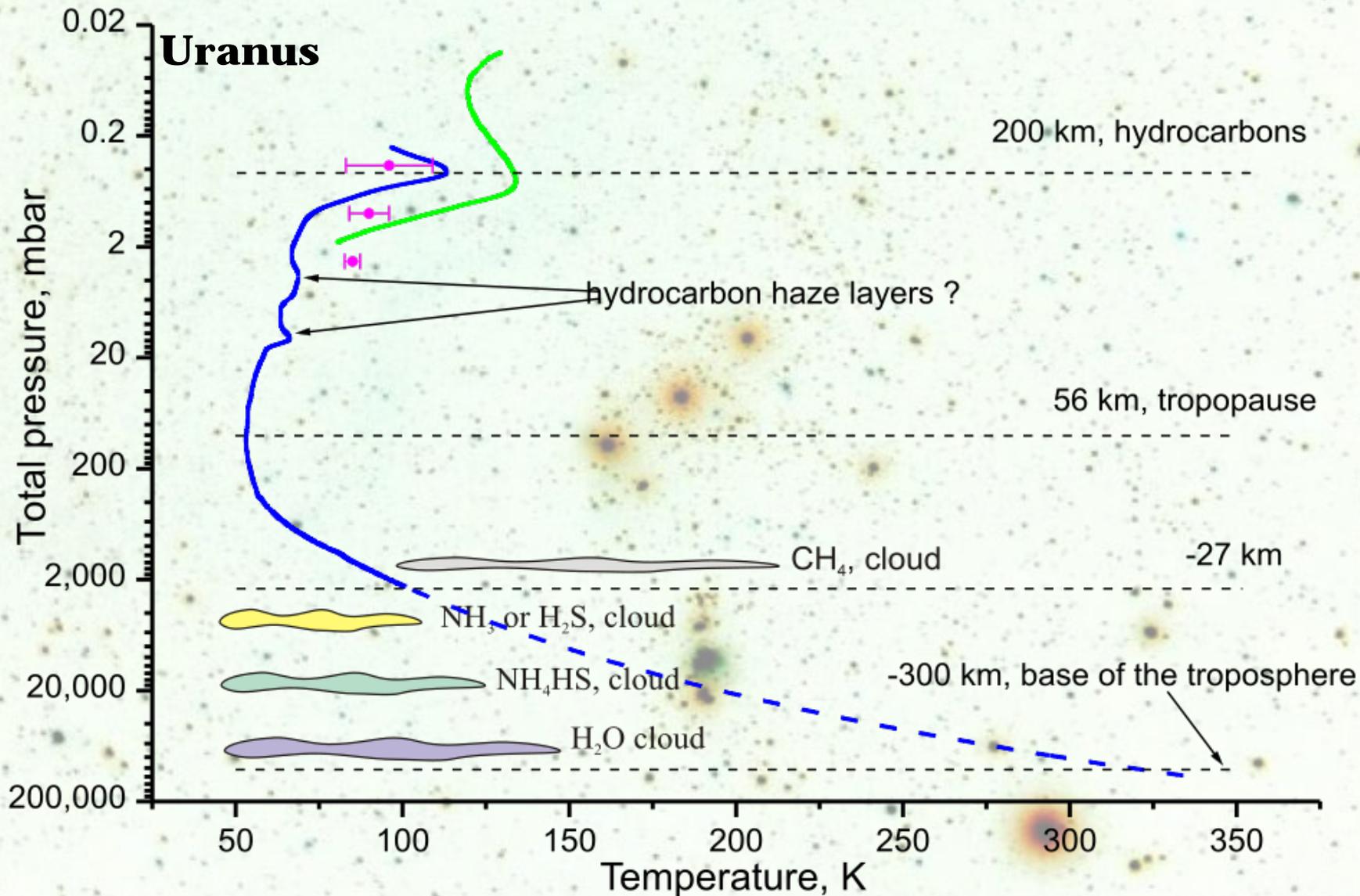


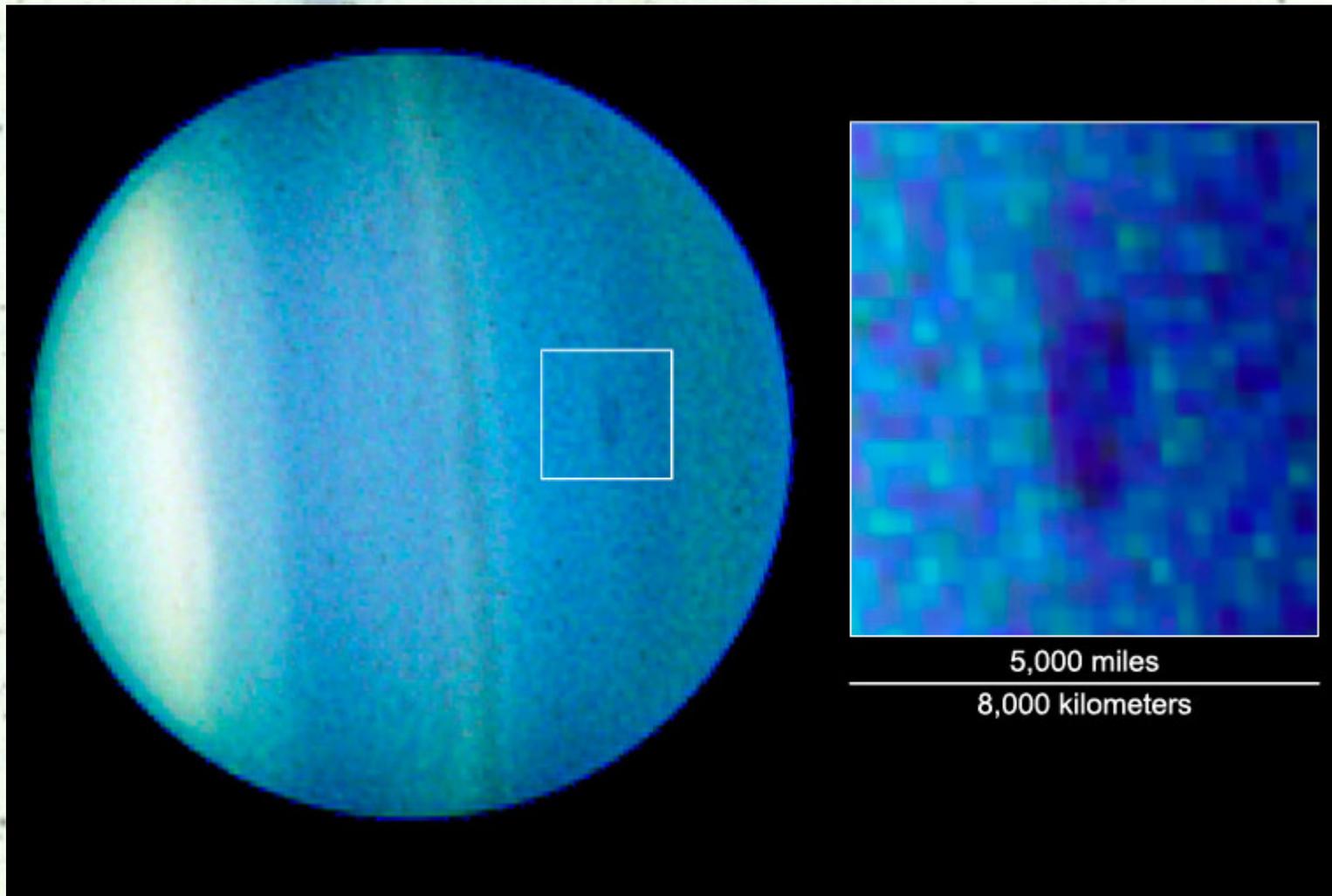
## **Uranus et Neptune :**

Deux géantes gazeuses aussi, mais différentes par la taille et la couleur. Elles sont plus petites que Jupiter et Saturne et elles sont bleues.



Ici il y a aussi une majorité d'hydrogène et d'hélium, mais il y a aussi 2% de méthane et des trace d'acétylène, c'est ce qui donne la couleur bleue.

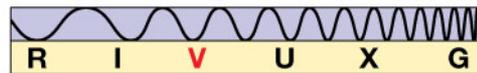




On pensait qu'il n'y avait pas de grosses tempêtes sur Uranus mais c'est faux et comme pour les autres géantes il y a des taches et des vents très forts (environ 400km/h)



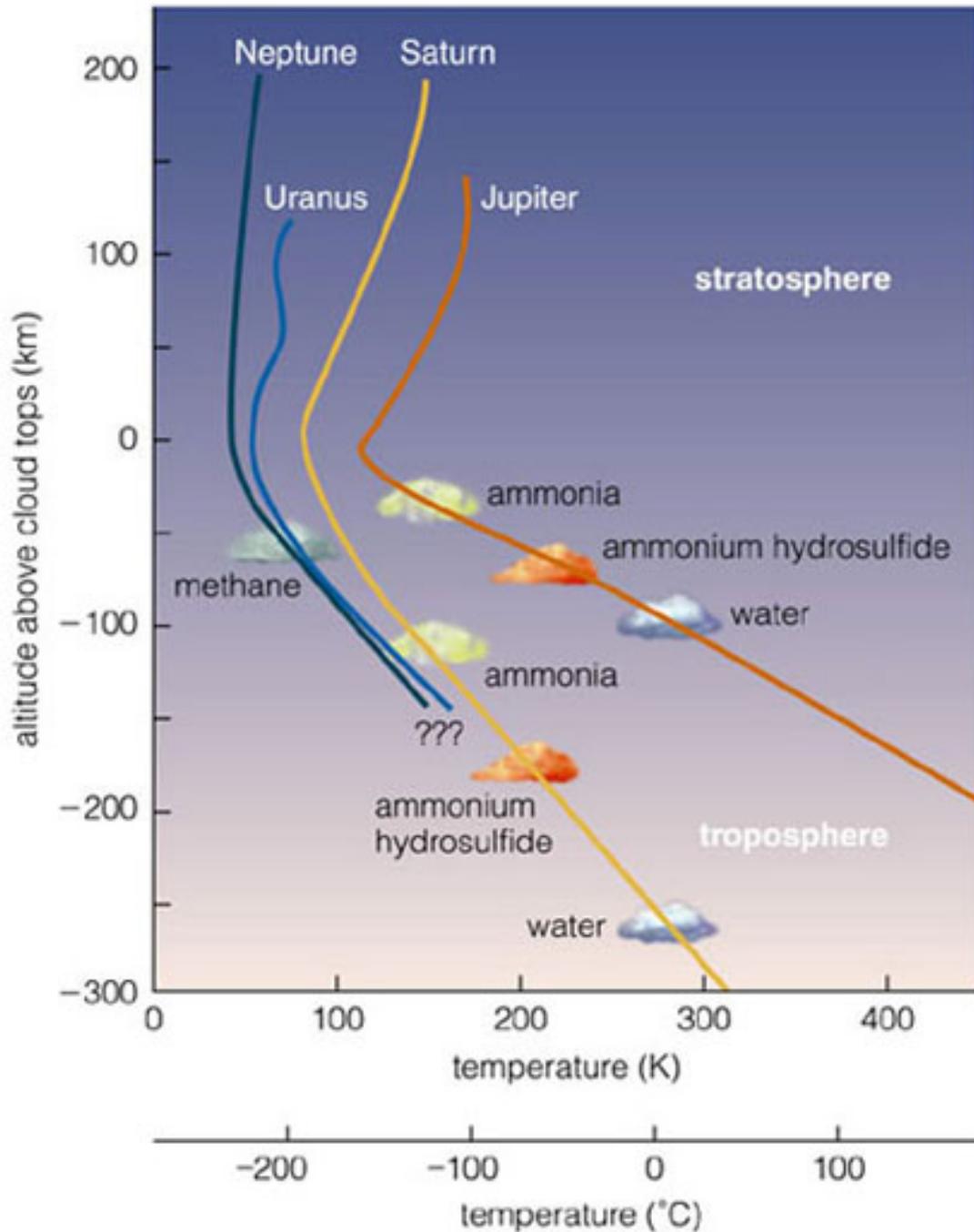
(a)



(b)

© 2011 Pearson Education, Inc.

Mais **Neptune** bat les records car les vents vont jusqu'à 2000 km/h.



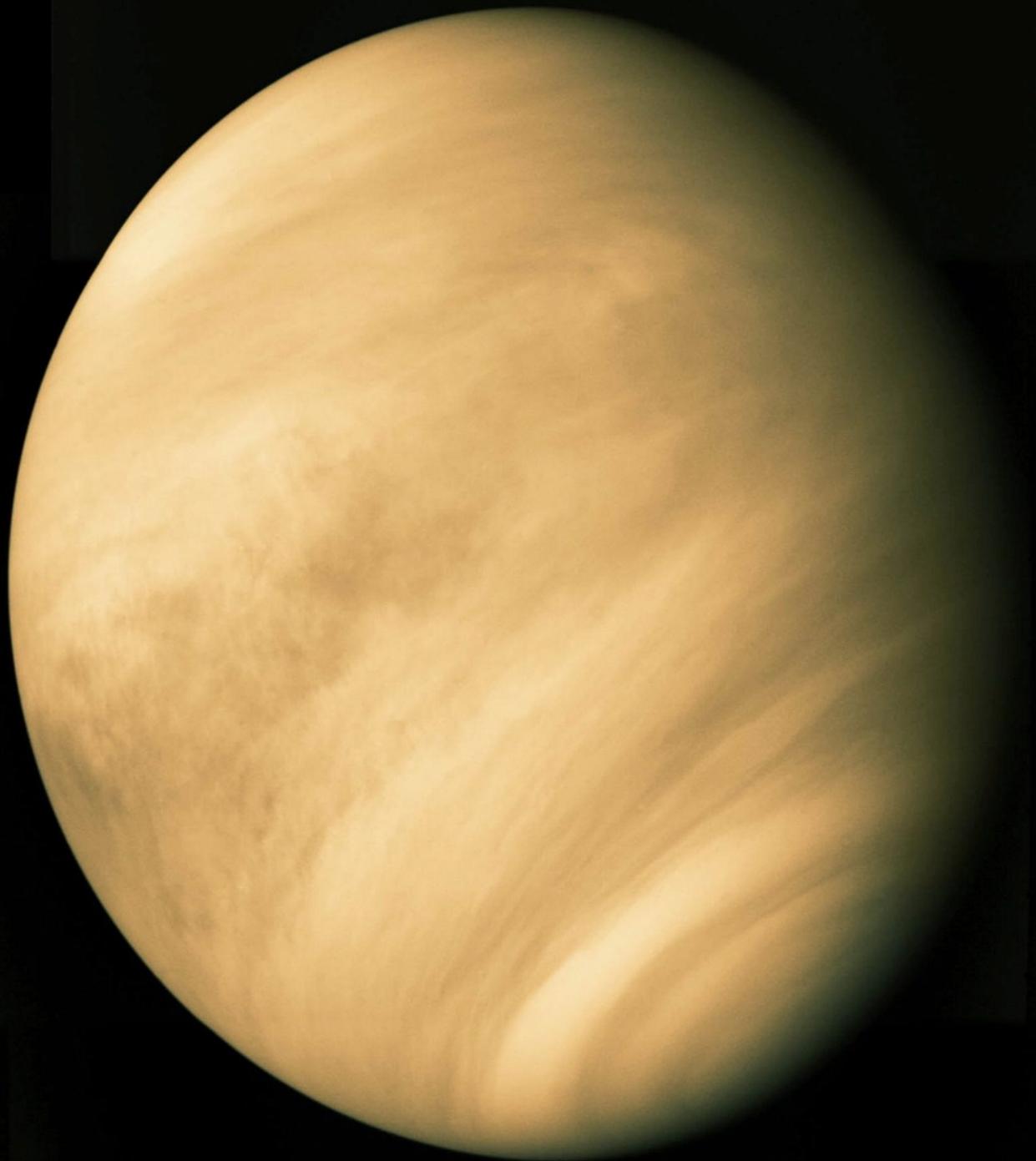
Il faut comprendre que ces quatre planète émettent plus de chaleur qu'elles n'en reçoivent et c'est ainsi que les mouvements d'atmosphère se créent.



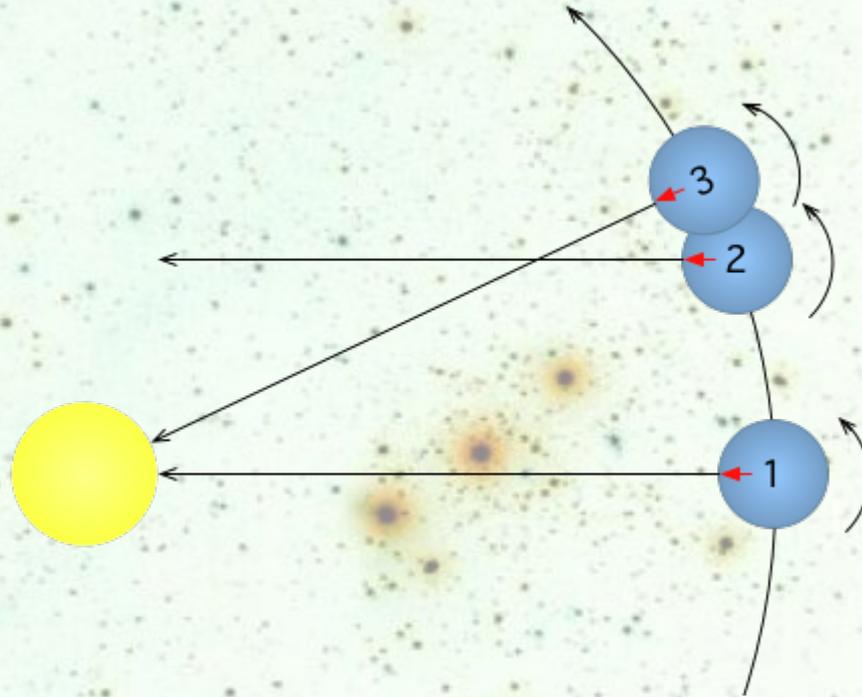
**Vénus** : la planète tellurique ayant l'atmosphère la plus dense.

Sans radar on ne voit pas son sol.

L'atmosphère de Vénus est en état de super-rotation. La totalité de l'atmosphère accomplit un tour complet autour de la planète en seulement quatre jours terrestres, plus rapide que le jour sidéral de Vénus de 243 jours terrestres.



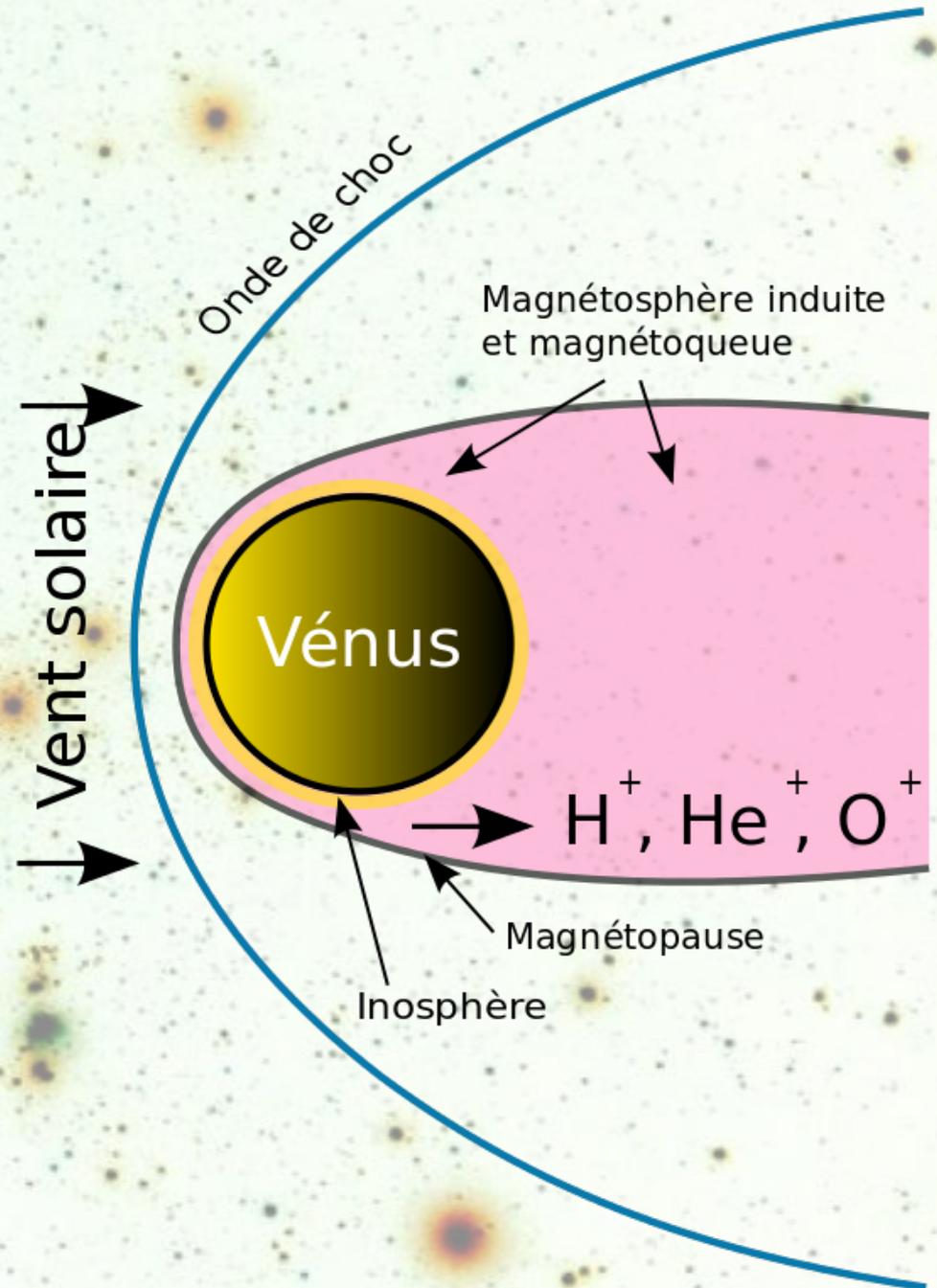
# Jour sidéral

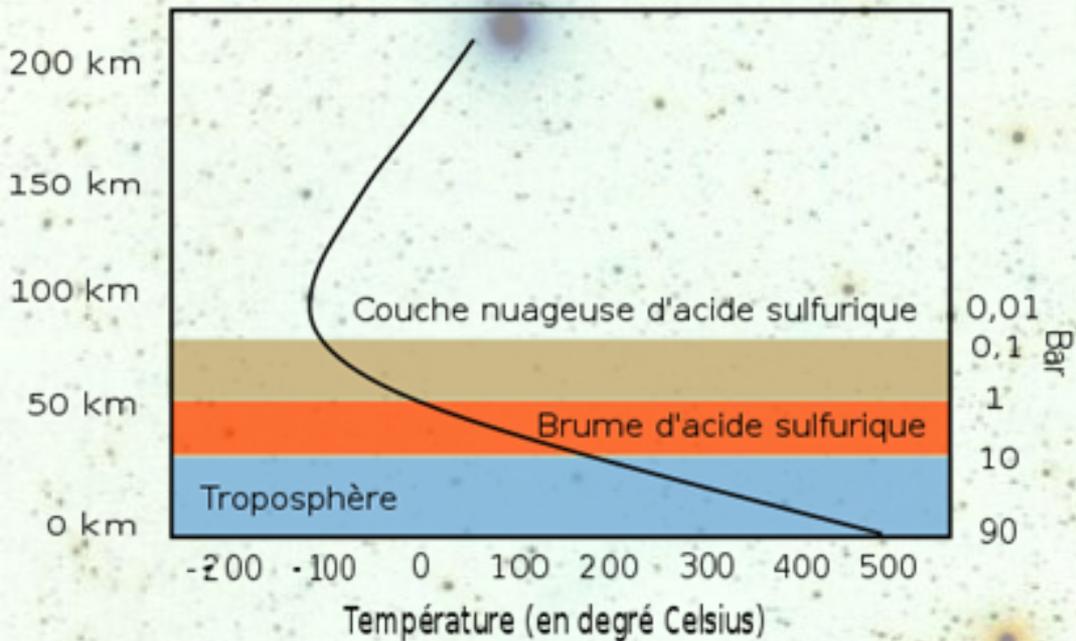


*Comparaison entre jour sidéral et jour solaire : la planète positionnée en 1 met un jour sidéral pour arriver en 2 et un jour solaire pour arriver en 3*

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.

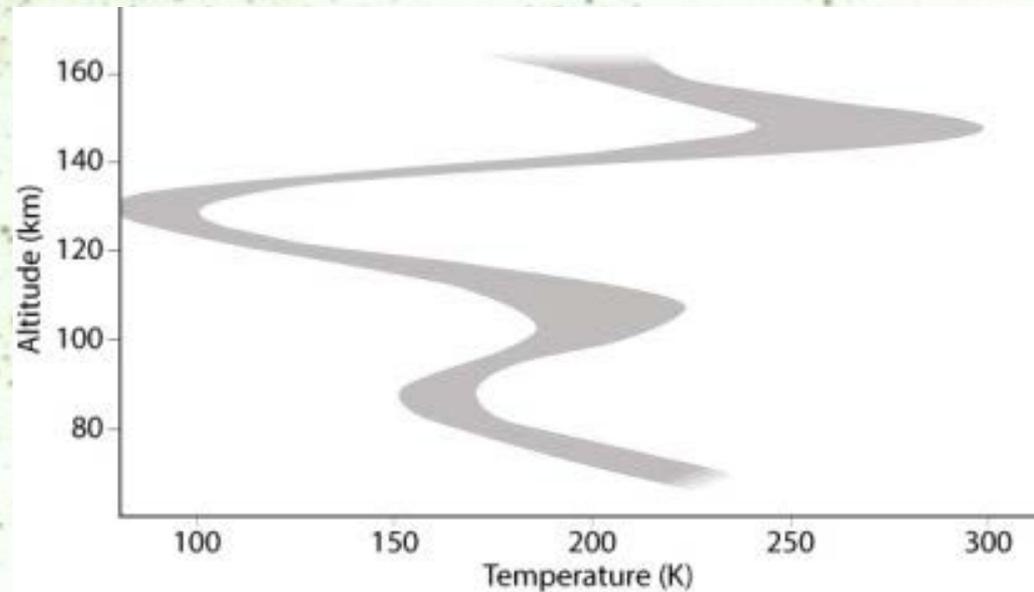
Cette interaction provoque une fuite de particules électriquement chargées, s'échappant du côté non éclairé en formant une longue queue.





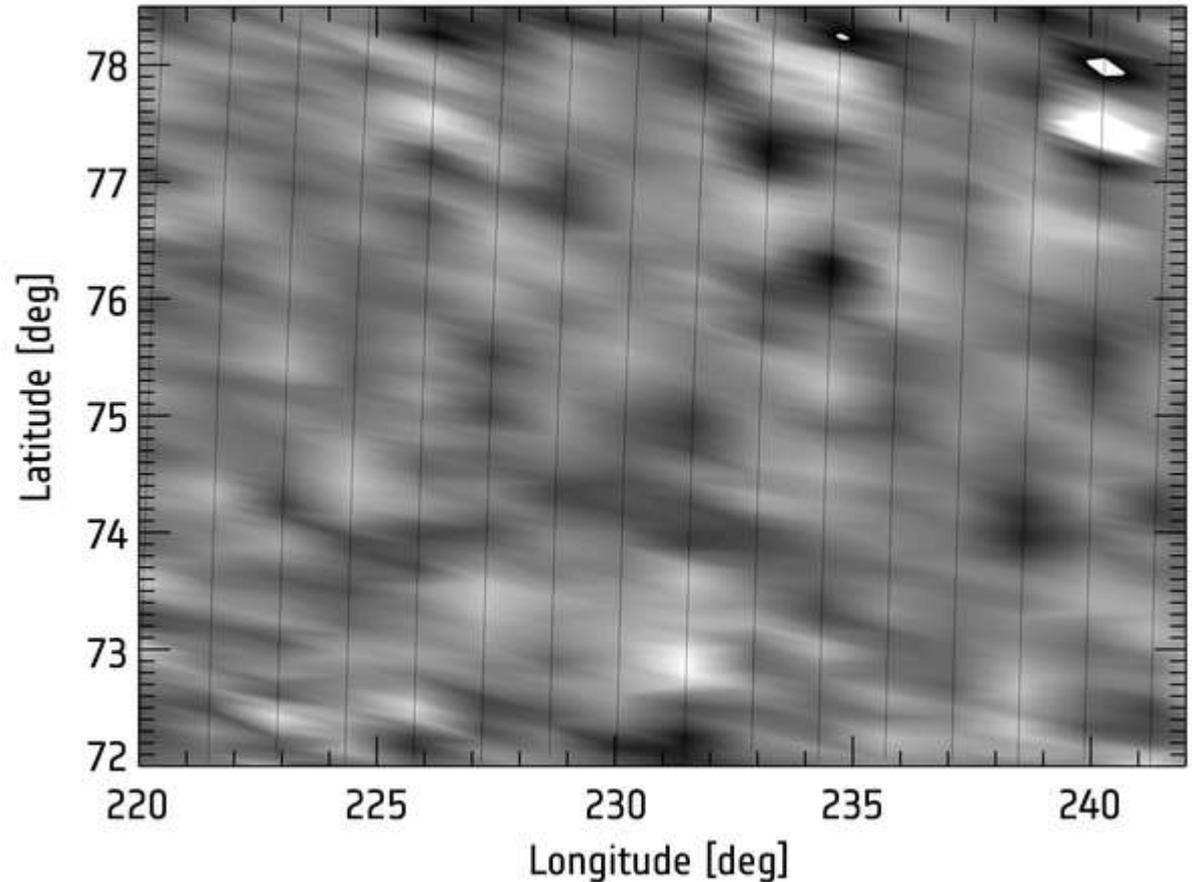
Grâce à *Venus Express* on a découvert que l'atmosphère de la planète comportait des régions particulièrement froides ( $-175^{\circ}\text{C}$ ) situées à une altitude de 125 km. Ces températures sont beaucoup plus basses que celles qui peuvent être rencontrées dans l'atmosphère terrestre alors que Vénus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

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.

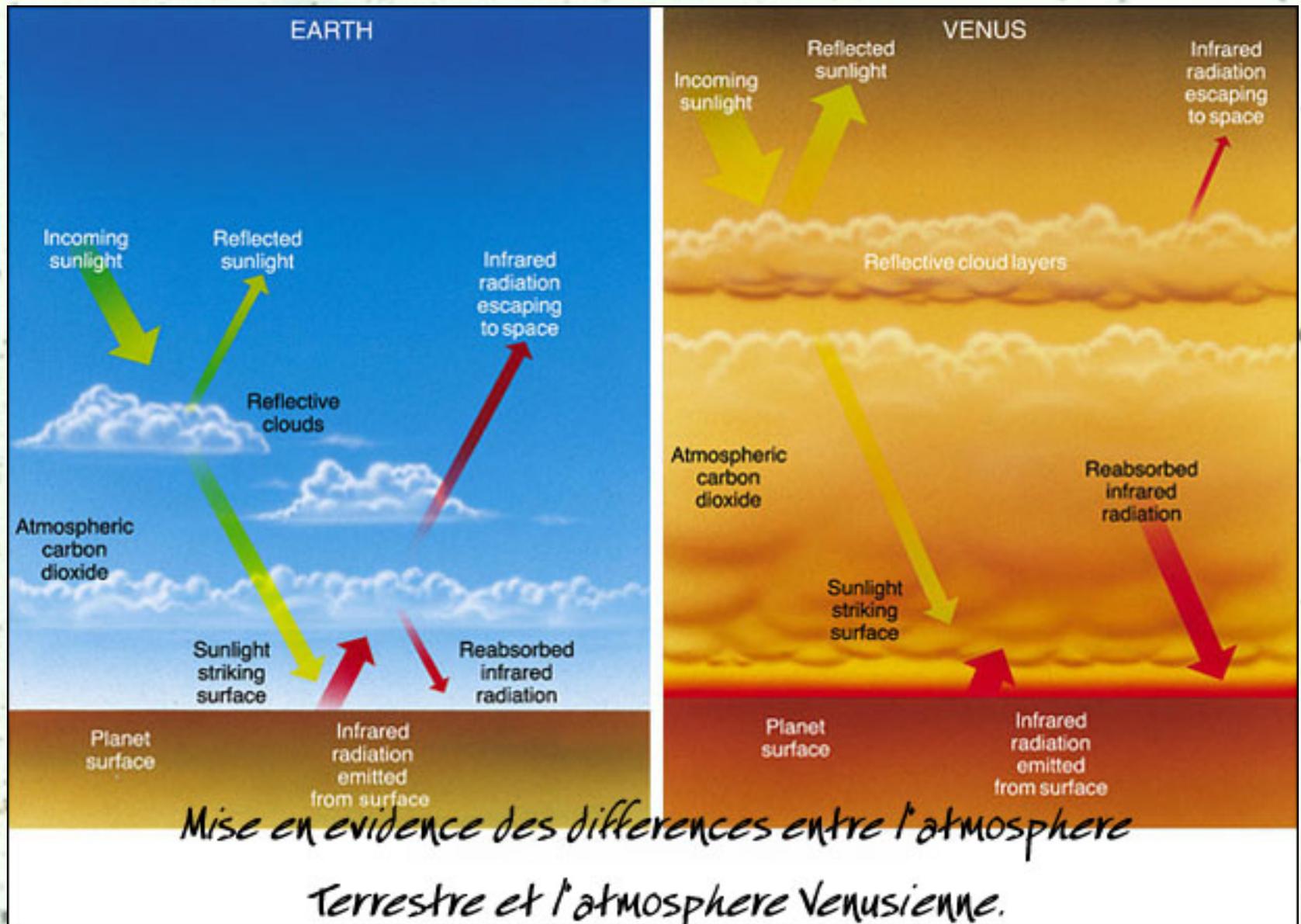


Selon l'auteur principal de l'article : « *Ces densités plus faibles pourraient être au moins en partie dues aux vortex polaires de Vénus, qui sont des systèmes de vents forts près des pôles* ».

Les chercheurs ont observé des ondes atmosphériques se déployer dans le temps, à la verticale, à travers l'atmosphère de cette planète-sœur. Elles sont de deux types : des ondes de gravité et des ondes liées à la rotation de la planète sur son axe.

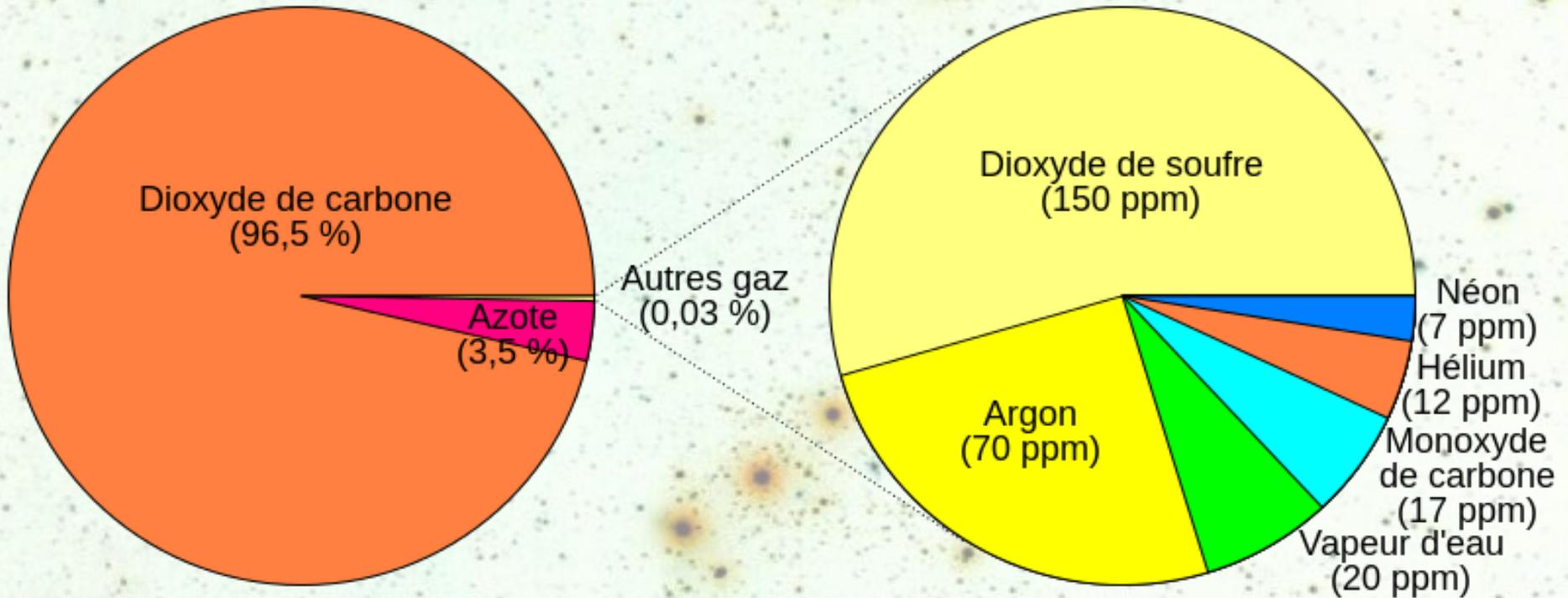


**Données brutes de l'atmosphère polaire de Vénus, capturées entre 130 et 140 km d'altitude, dans le cadre de la campagne VExADE. Le fond gris à l'arrière-plan est une carte normalisée des ondes de gravité atmosphériques détectées. Les fluctuations sont marquées par des taches plus claires pour les plus denses, et plus sombres pour les moins denses. © Esa, Venus Express, VExADE, Müller-Wodarg et al., 2016**



La Terre et Vénus ont une atmosphère, mais n'ayant pas la même composition et la même pression, cela ne donne pas le même résultat.

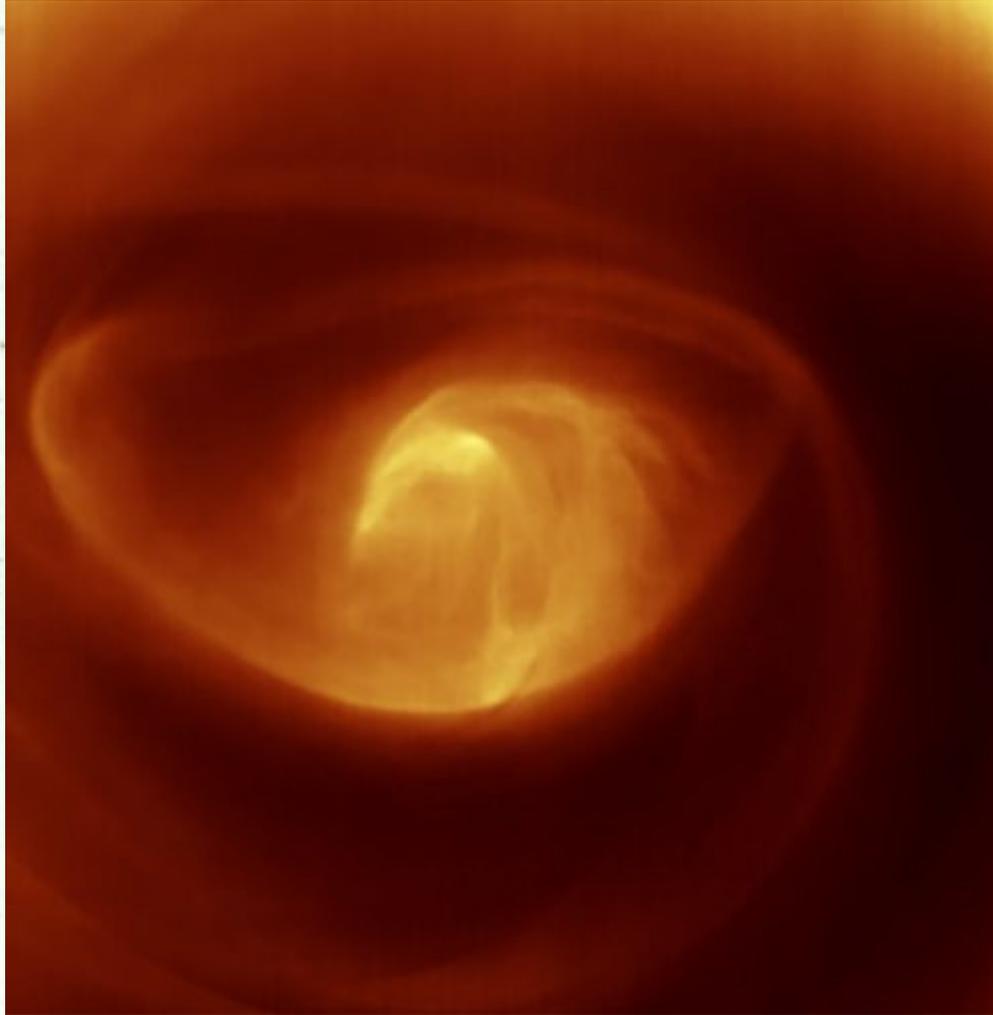
# Composition de l'atmosphère de Vénus

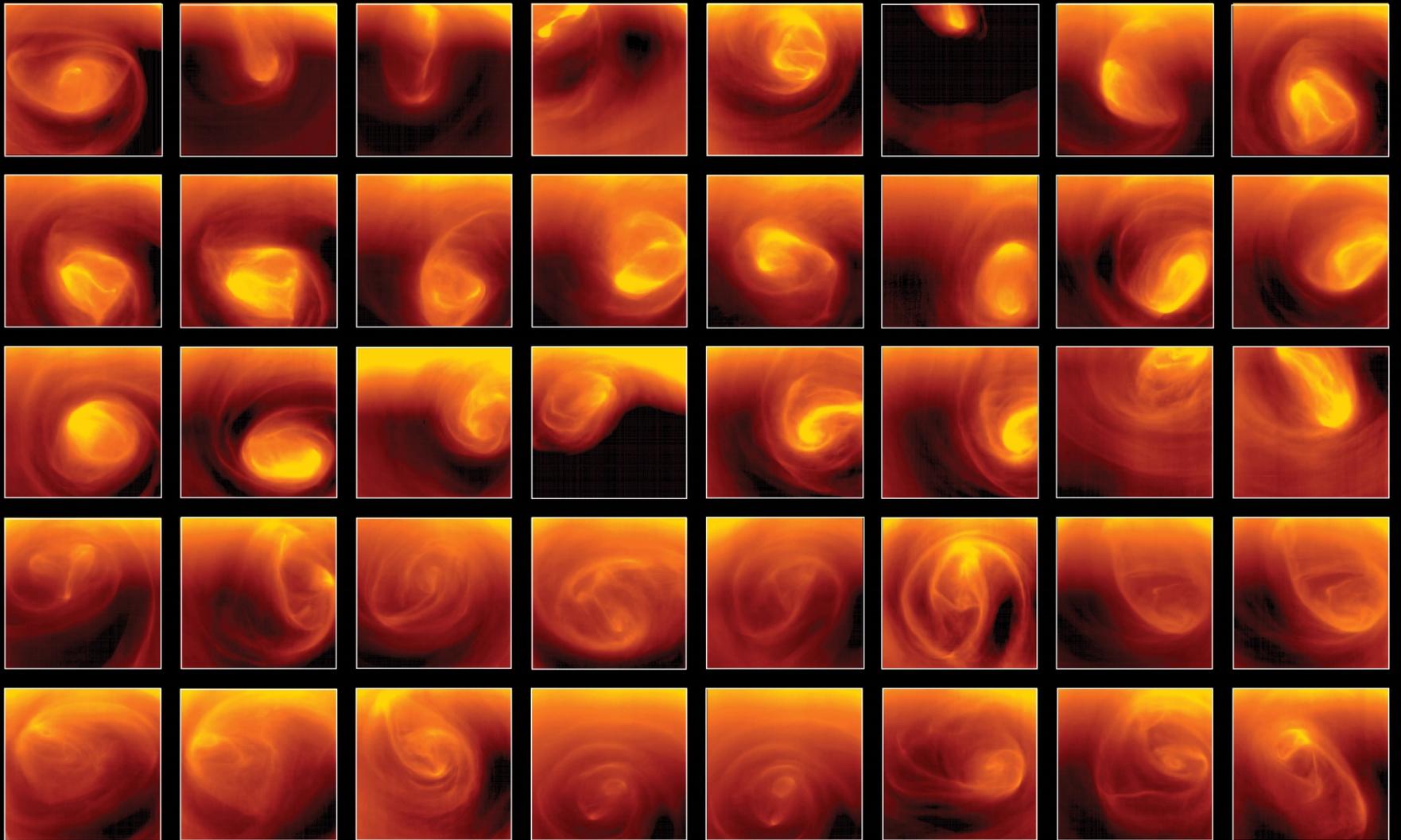


Du fait de la chaleur et de la lumière du Soleil, nous avons des réactions chimiques, qui transforme le dioxyde de carbone et le dioxyde de soufre en acide sulfurique. Nous avons donc sur Vénus des pluies d'acide sulfurique qui n'atteignent pas la surface.

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.





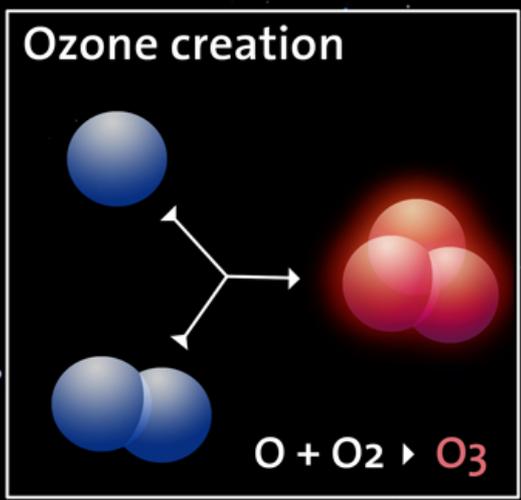
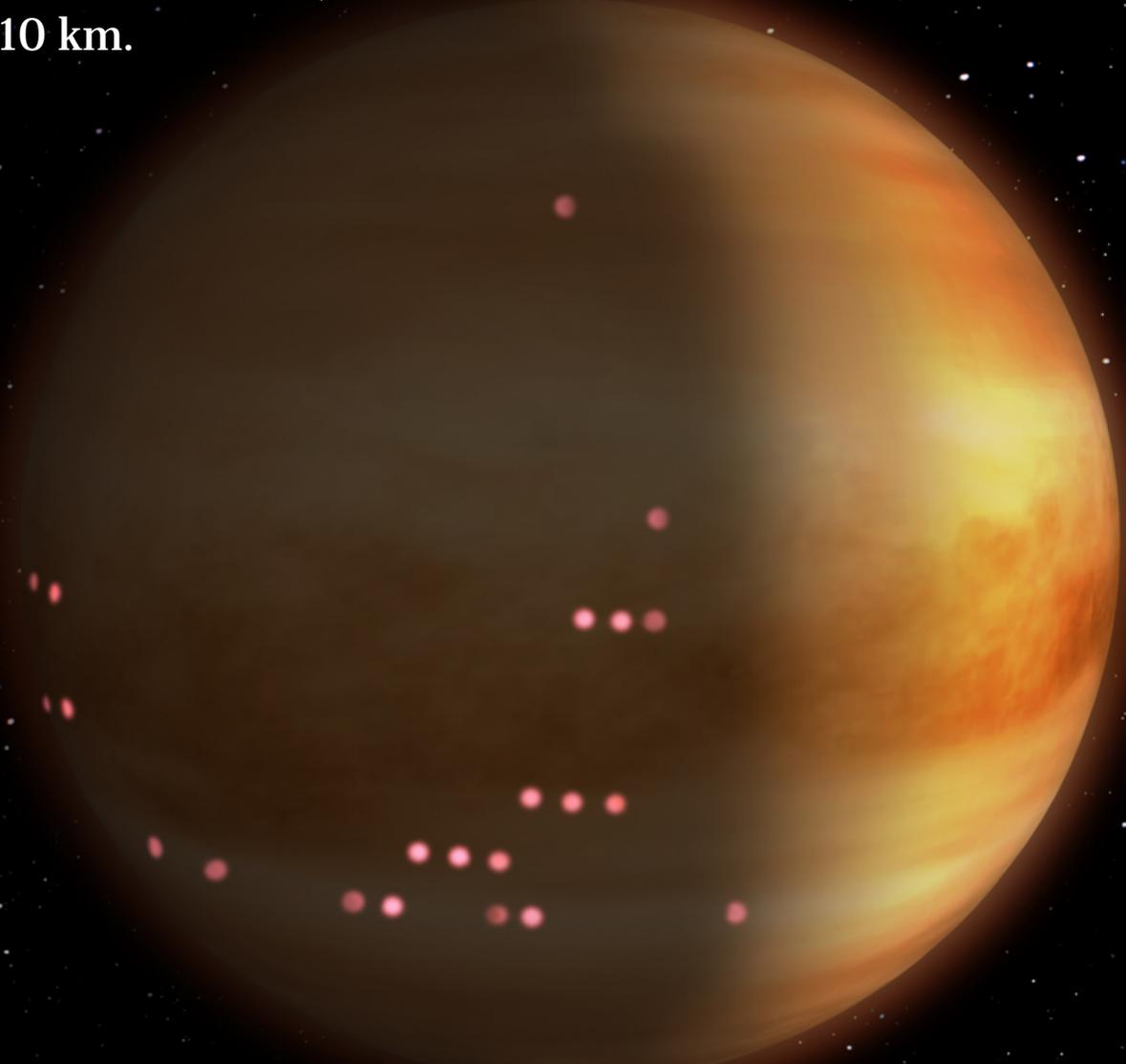
Photos prises entre février 2007 et avril 2008

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.



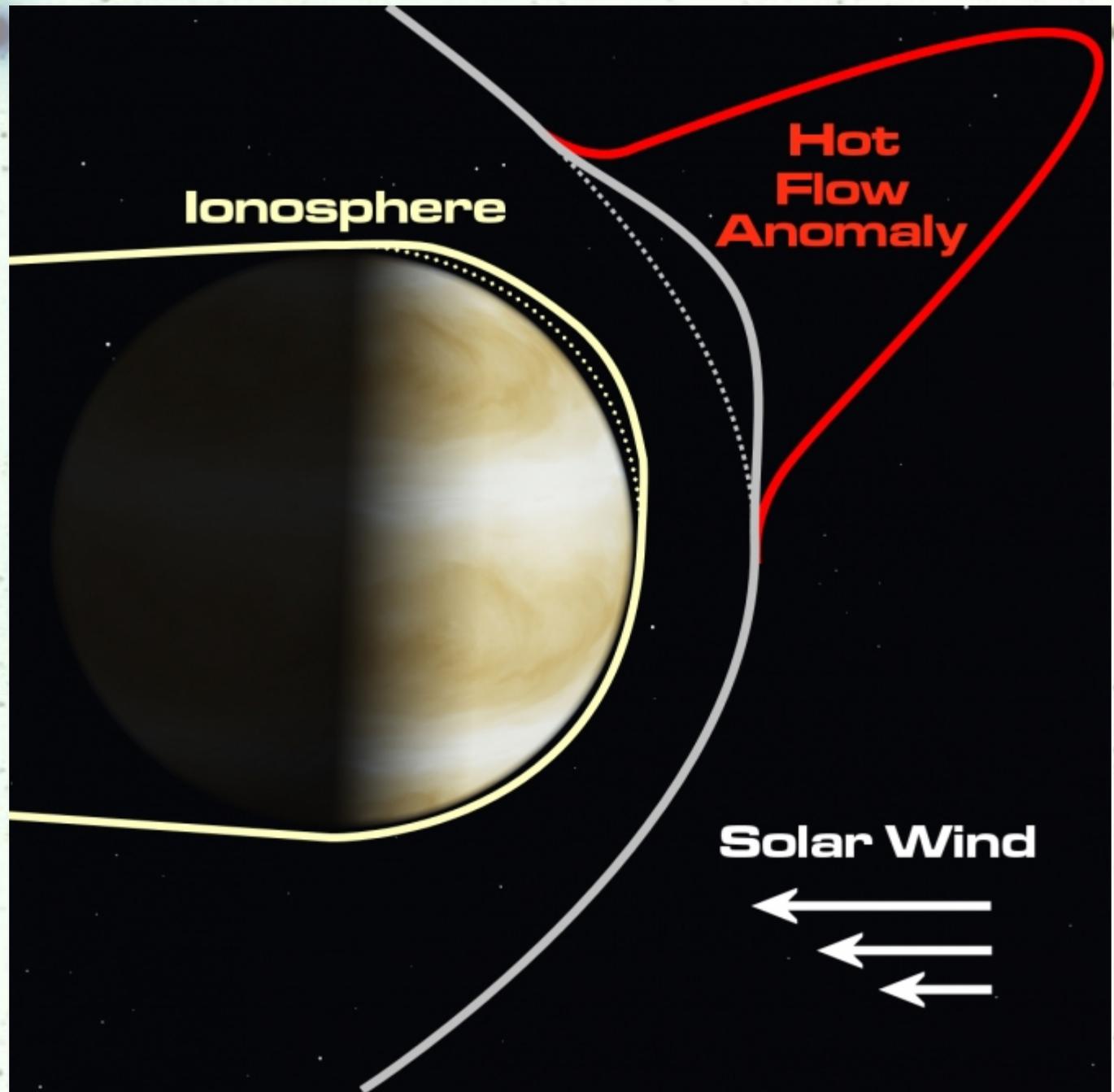
Les mesures effectuées par les instruments de **Vénus Express** ont permis de déterminer que la vitesse des nuages à la latitude de  $50^\circ$  était progressivement passée en cours de mission de 300 à 400 km/h. Les mécanismes conduisant à l'accélération de la vitesse de rotation de l'atmosphère n'ont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

L'instrument SPICAV de *Vénus 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.

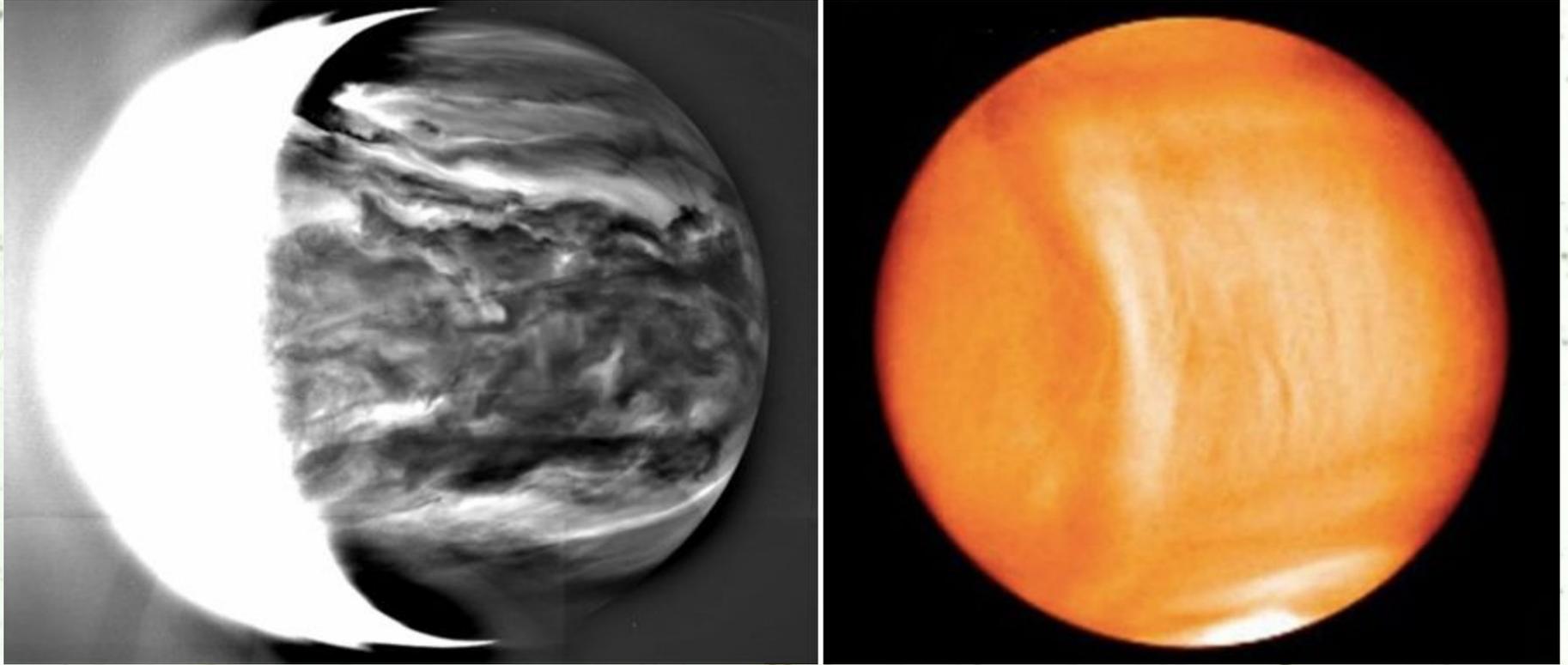


***Cette illustration indique les endroits sur la face nuit de Vénus où l'ozone a été détecté dans l'atmosphère par l'instrument SPICAV à bord de la sonde ESA/Venus***

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.

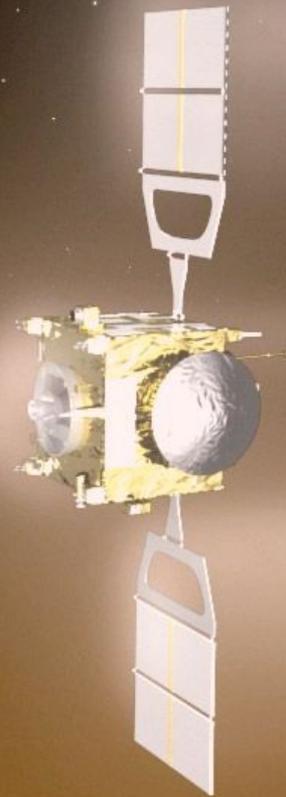


## Depuis Vénus, Akatsuki transmet ses premières images... étranges

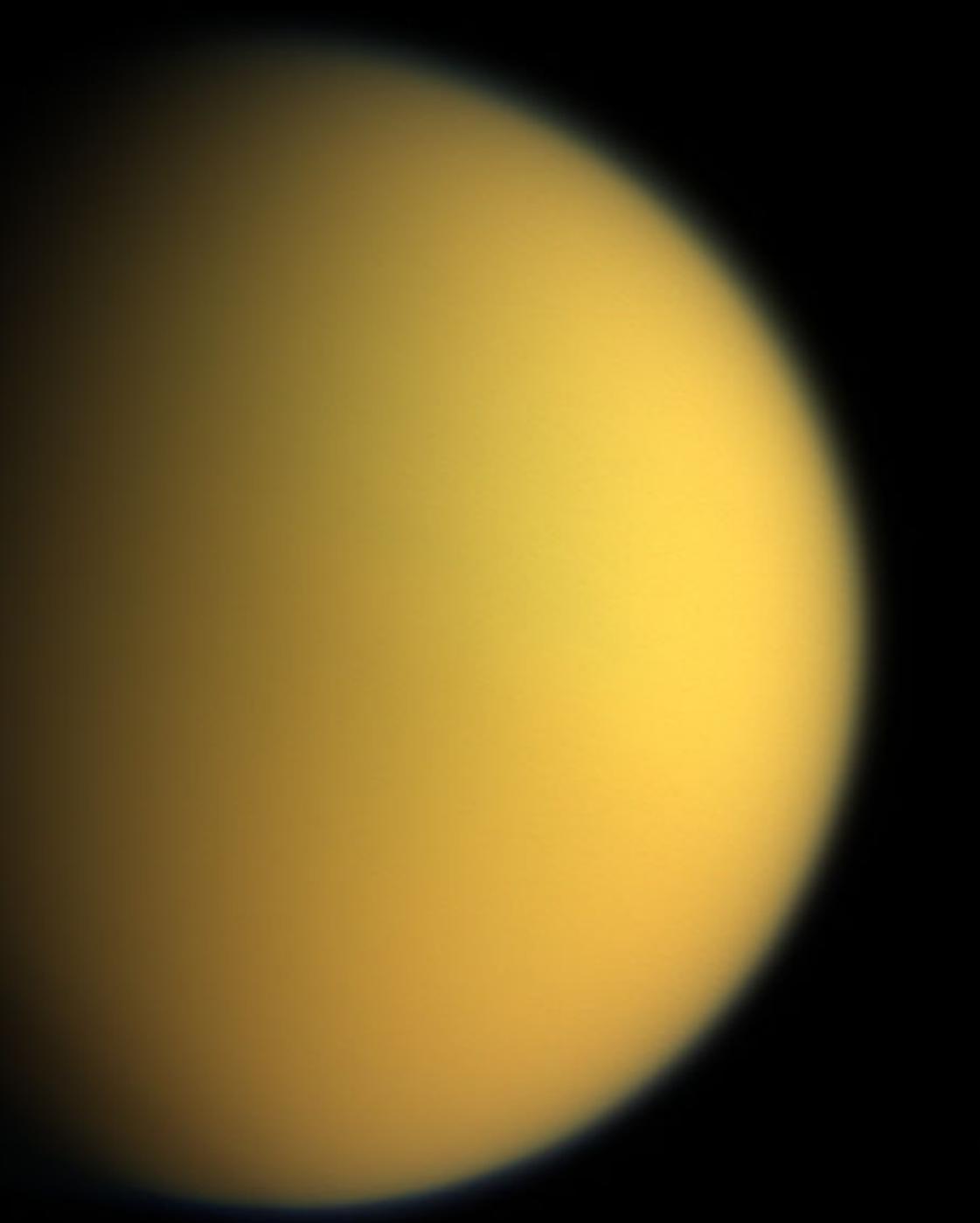


À gauche : l'atmosphère striée de nuages d'acide sulfurique dépeinte dans l'infrarouge par la caméra IR2 d'Akatsuki. À droite : une étrange formation en arc de cercle relie les deux pôles de Vénus et progresse au même rythme que la planète (rotation de 243 jours) et non de l'atmosphère très rapide (4 jours). Son origine est encore mystérieuse. © Jaxa

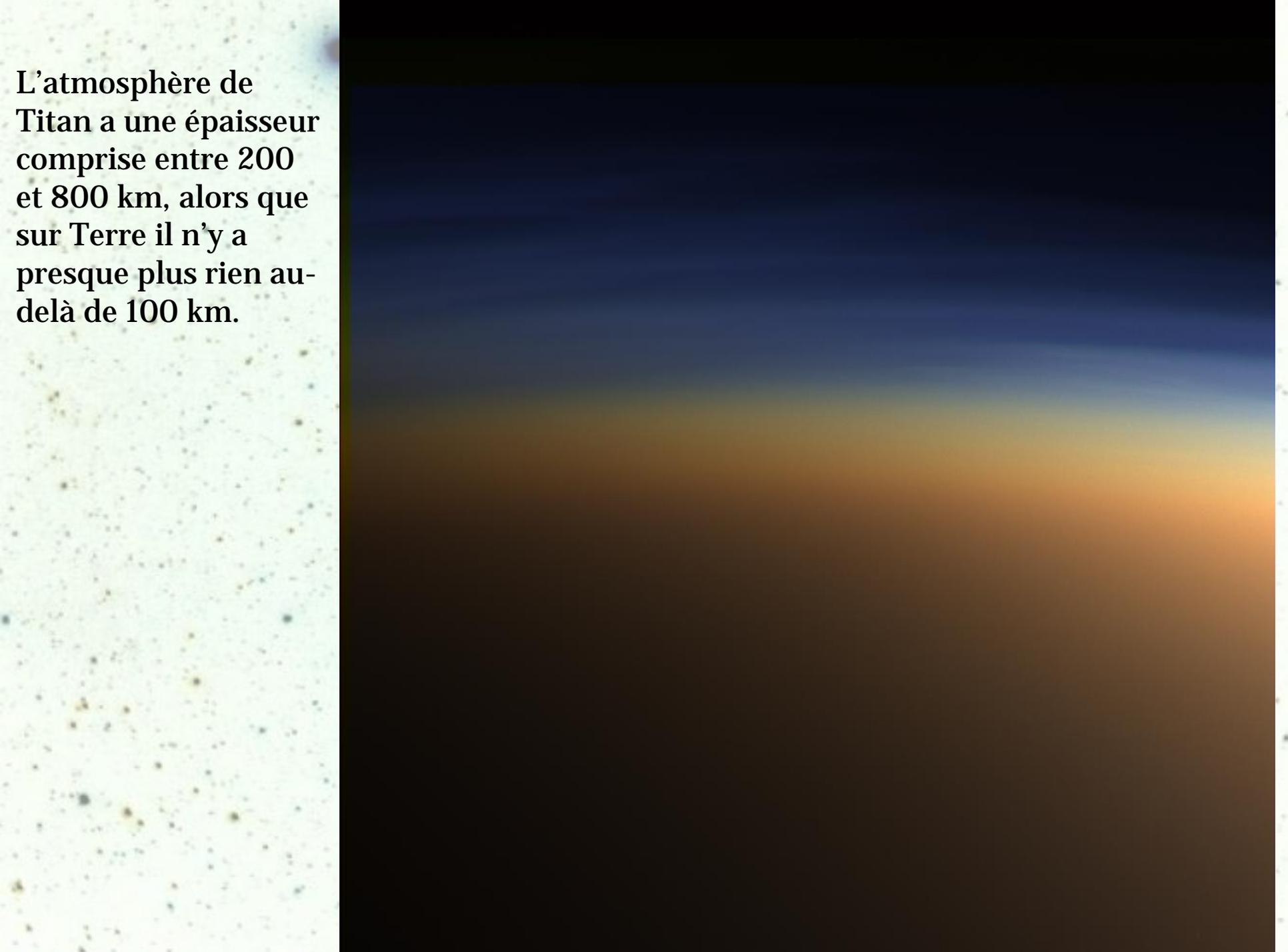
Et pour finir un petit film de conclusion



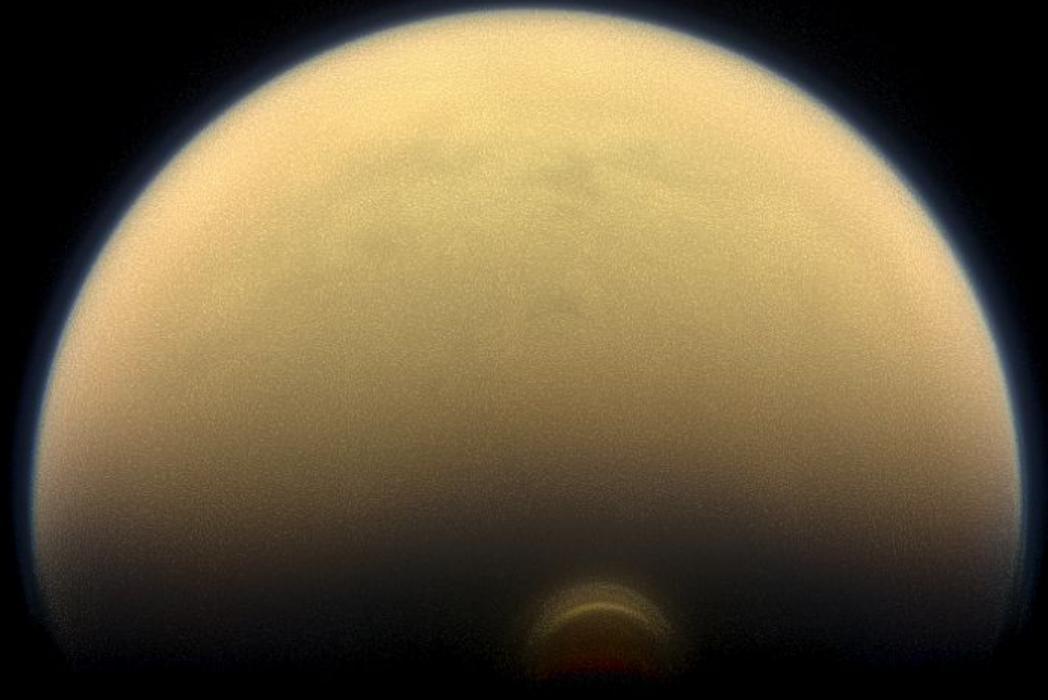
**Titan** : cette  
lune de Saturne  
possède une  
atmosphère tout  
à fait  
significative

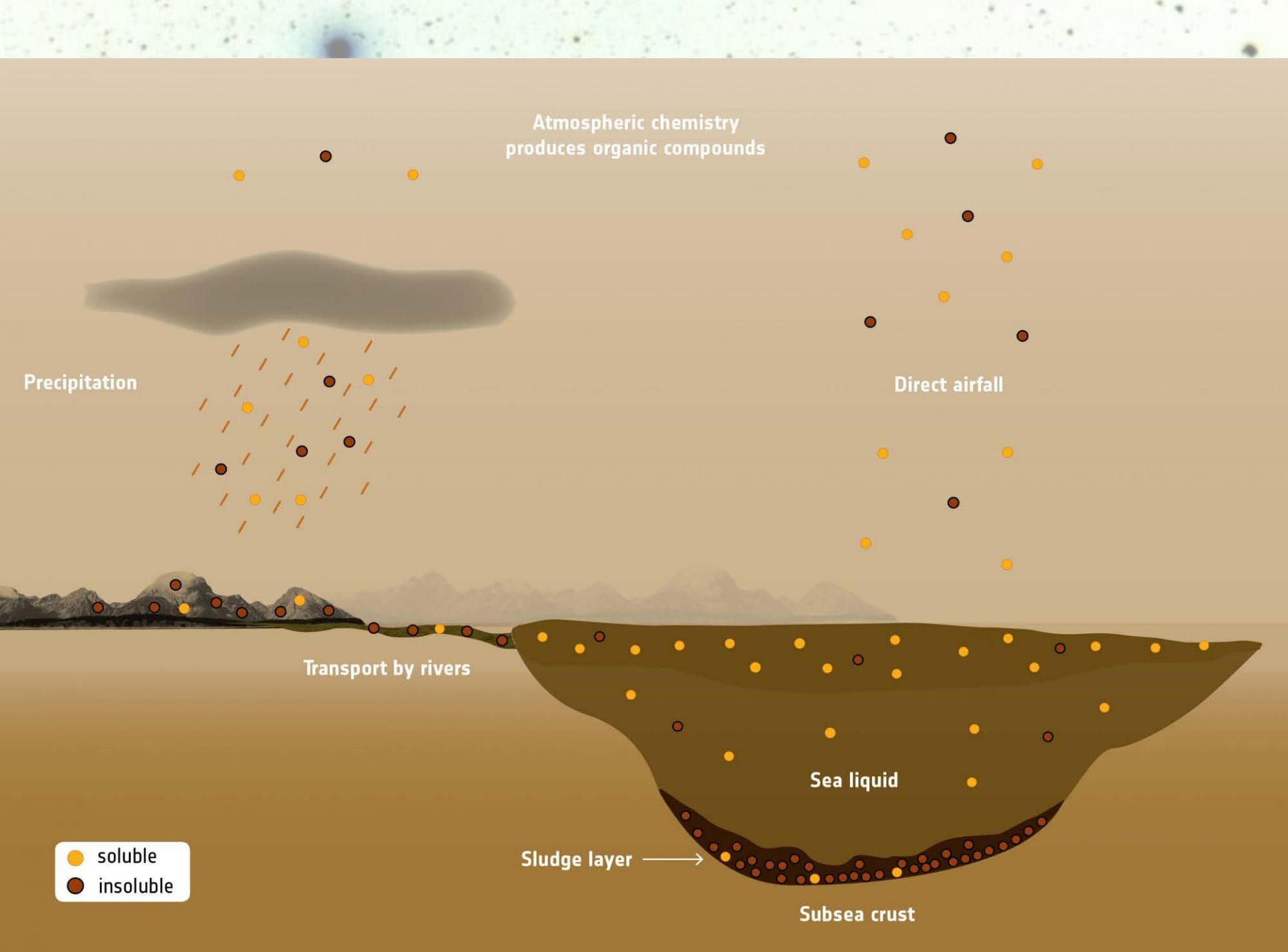


L'atmosphère de Titan a une épaisseur comprise entre 200 et 800 km, alors que sur Terre il n'y a presque plus rien au-delà de 100 km.



On peut dire que sur Titan nous avons un cycle du Méthane, comme sur Terre il y a un cycle de l'Eau. À l'arrivée de Cassini en 2004 c'était le milieu de l'hiver au pôle Nord et il y avait le même nuage. Ce nuage est à 200 km d'altitude. Il est composé d'hydrogène, de carbone et d'azote.





Atmospheric chemistry produces organic compounds

Precipitation

Direct airfall

Transport by rivers

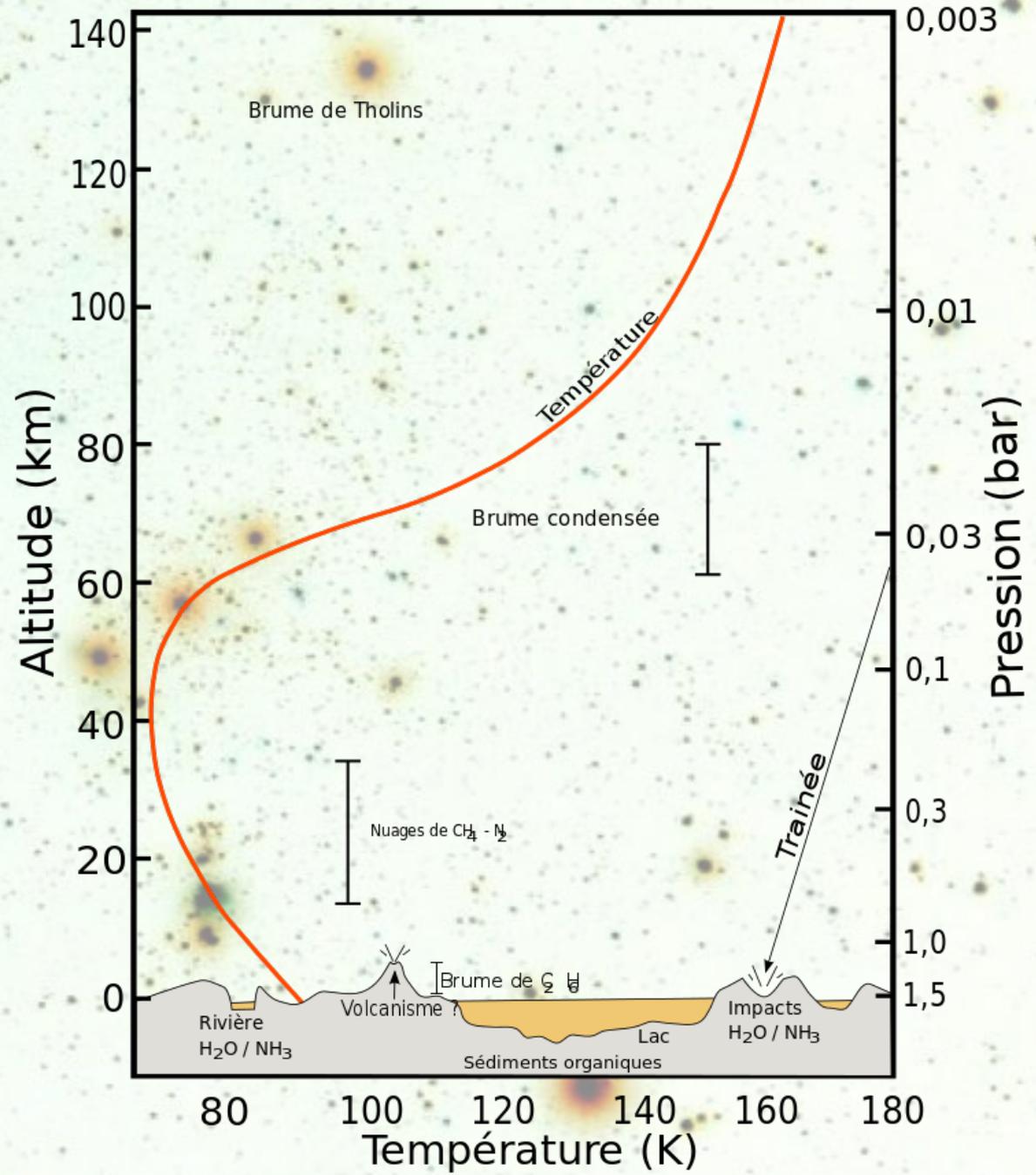
Sea liquid

Sludge layer →

Subsea crust

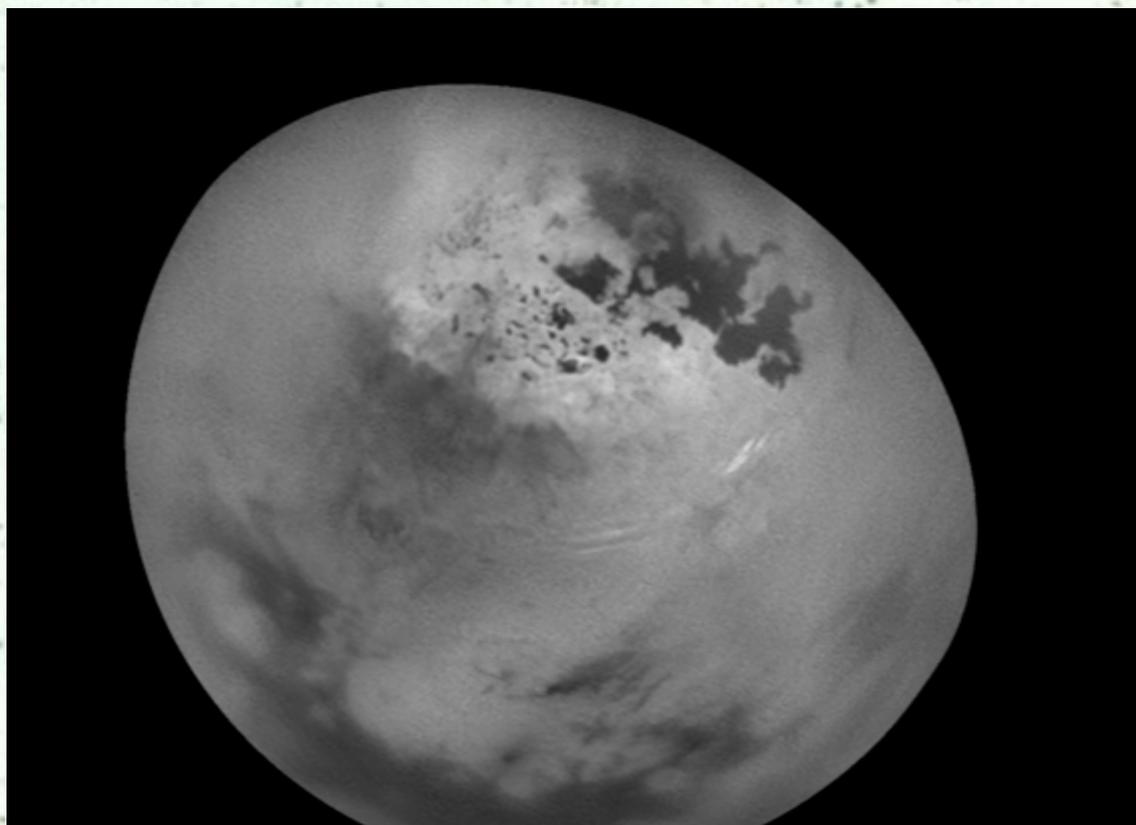
- soluble
- insoluble

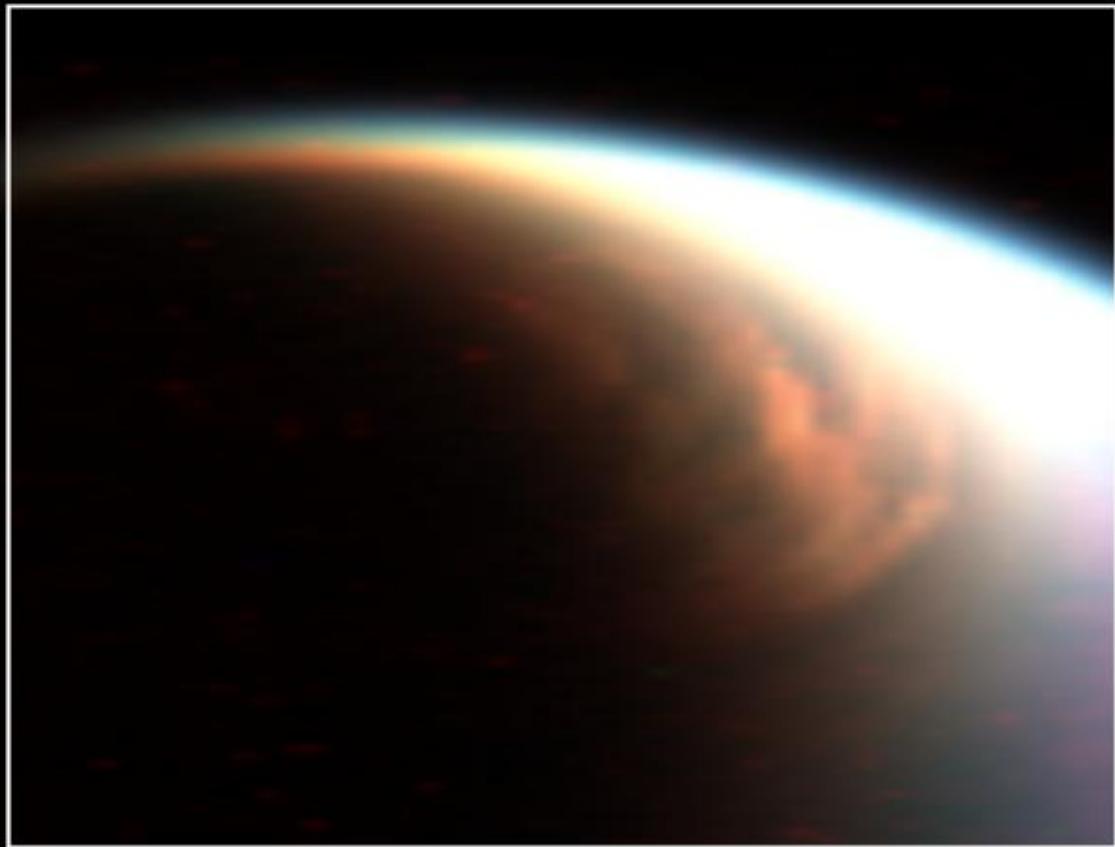
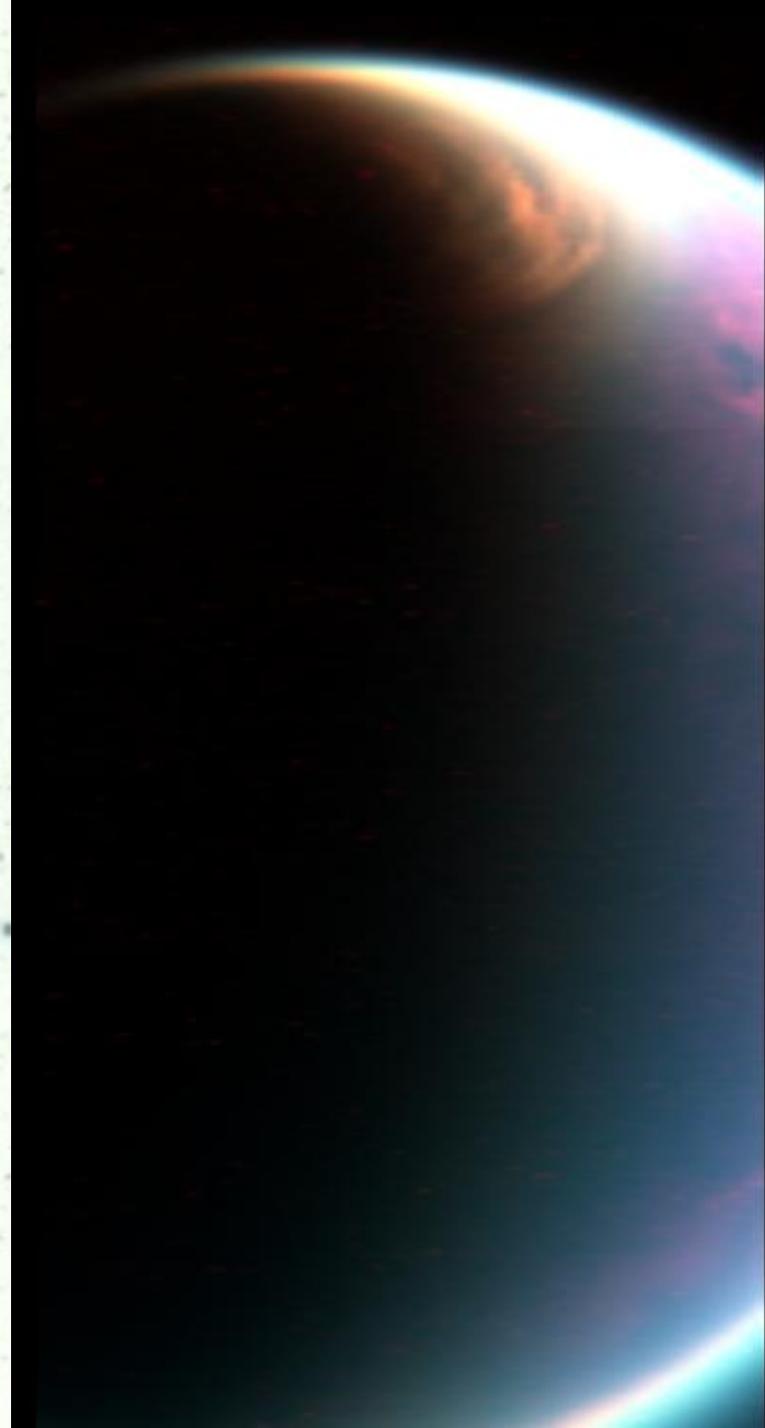
Elle est composée à plus de 95% d'azote, ce qui la fait ressembler à celle de la Terre. Le reste est du méthane, gaz qui aurait dû disparaître..., des hydrocarbures (ce qui donne la couleur), du gaz carbonique du CO etc...



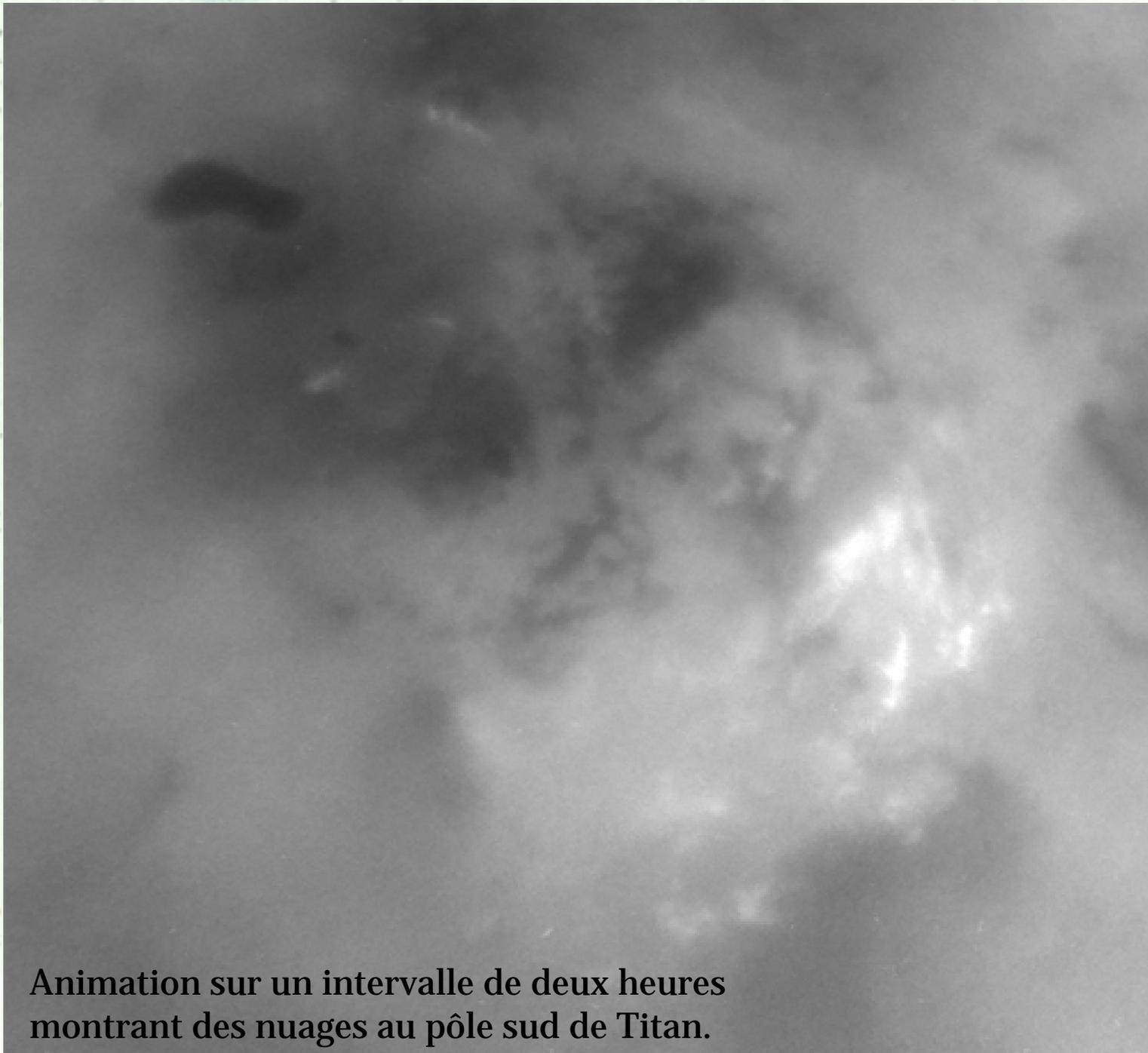
# Des nuages sur Titan

Cassini a observé Titan les 29 et 30 octobre 2016. Il y a vu des nuages de méthane





Nuages du pôle nord



Animation sur un intervalle de deux heures  
montrant des nuages au pôle sud de Titan.

# **Sur Titan, Cassini observe un curieux nuage géant**

Un nouveau nuage de glace est apparu rappelant ce qui avait été observé onze ans plus tôt aux antipodes, à la fin de l'hiver boréal. Ce sont des signes avant-coureurs de l'arrivée de l'hiver austral et les scientifiques se réjouissent de pouvoir l'étudier avant la fin de la mission prévue en 2017.



**Images assemblées du pôle sud de Titan, prises le 7 avril 2014 lors du centième survol de Cassini, avec un filtre permettant d'étudier les variations d'albédo. Les taches sombres sont des lacs de méthane liquide. Ils sont moins nombreux qu'au pôle nord. © Nasa, JPL-Caltech**

Voilà pour les objets du système solaire ayant une atmosphère bien formée. On a longtemps pensé que c'était les seuls objets à avoir une atmosphère mais les différentes visites de satellites artificiels ont montré que ce n'était pas le cas.

Pourquoi en est-il ainsi ? Pour avoir une atmosphère il faut une certaine gravité et une protection contre le Soleil.

**Mercure** : elle est petite, très proche du Soleil sans aucune protection

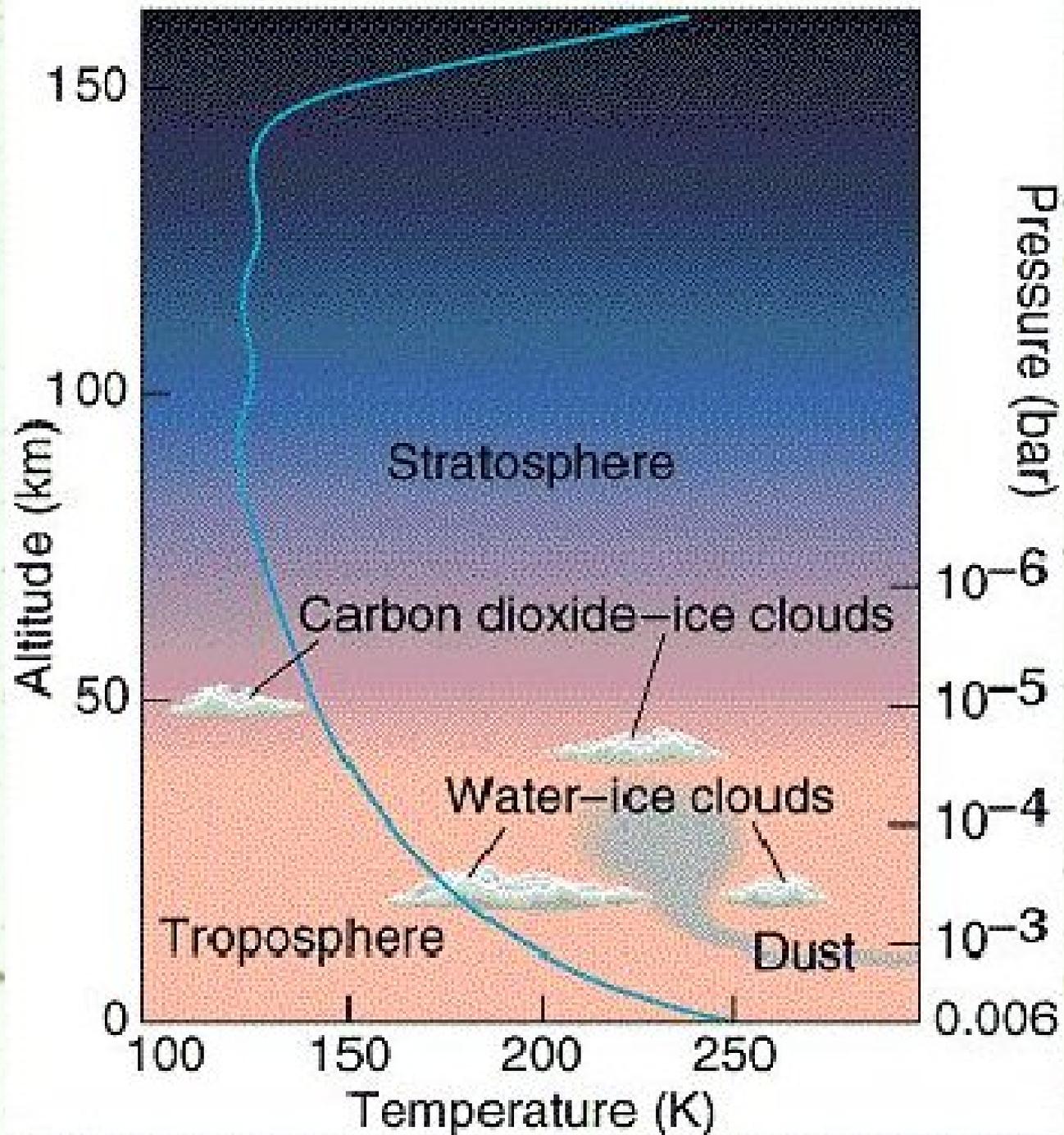
Les principaux constituants de l'atmosphère de Mercure sont l'**argon** (997 773 ppm), l'**oxygène** (1330 ppm), le sodium (665 ppm), l'hélium (199 ppm), le potassium (16,6), le calcium (8,2 ppm), l'hydrogène (6,6 ppm) et le lithium (0,066 ppm). Et elle se renouvelle tout le temps.

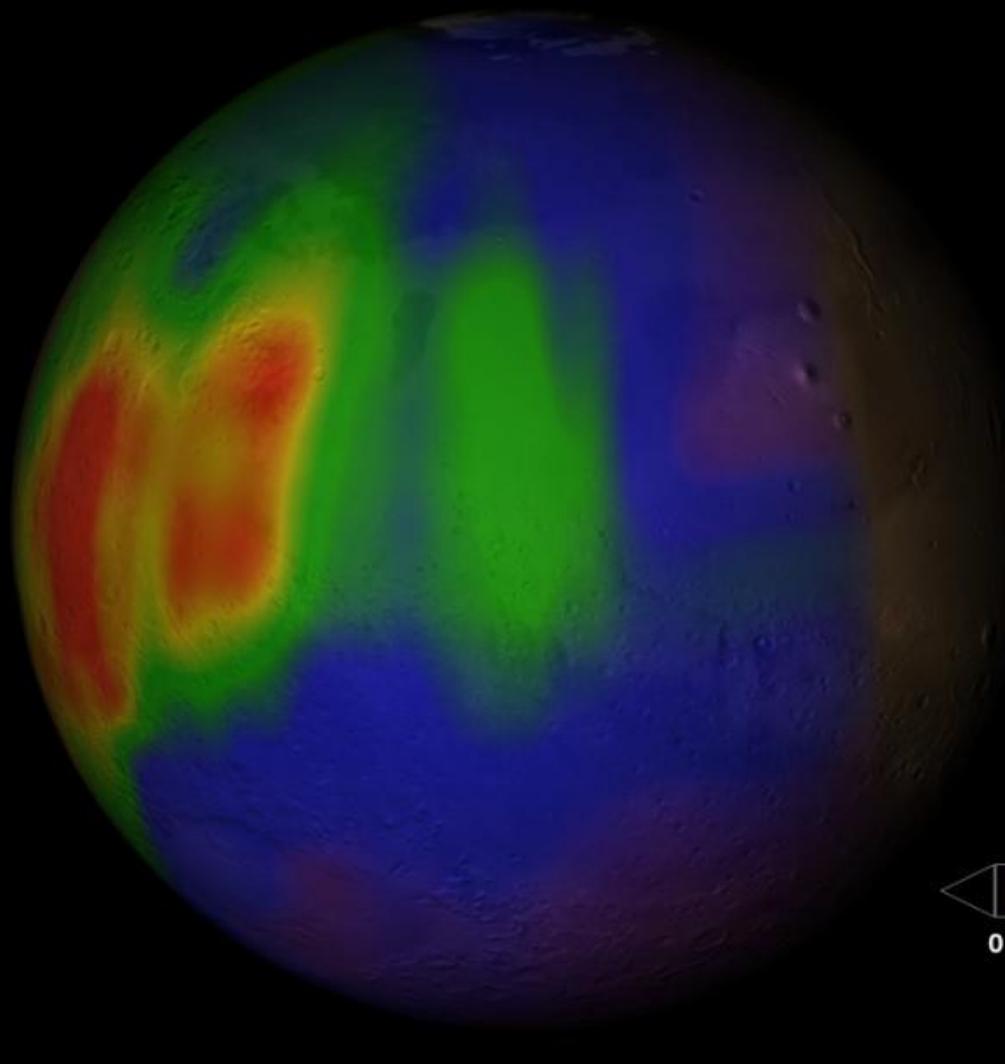


## Mars :

L'atmosphère de Mars est en majorité composée de **dioxyde de carbone** (95 %), de diazote (3 %) et d'argon (1,6 %), et contient des traces de dioxygène, d'eau, et de méthane.







## Dégazage de méthane : Été dans l'Hémisphère Nord

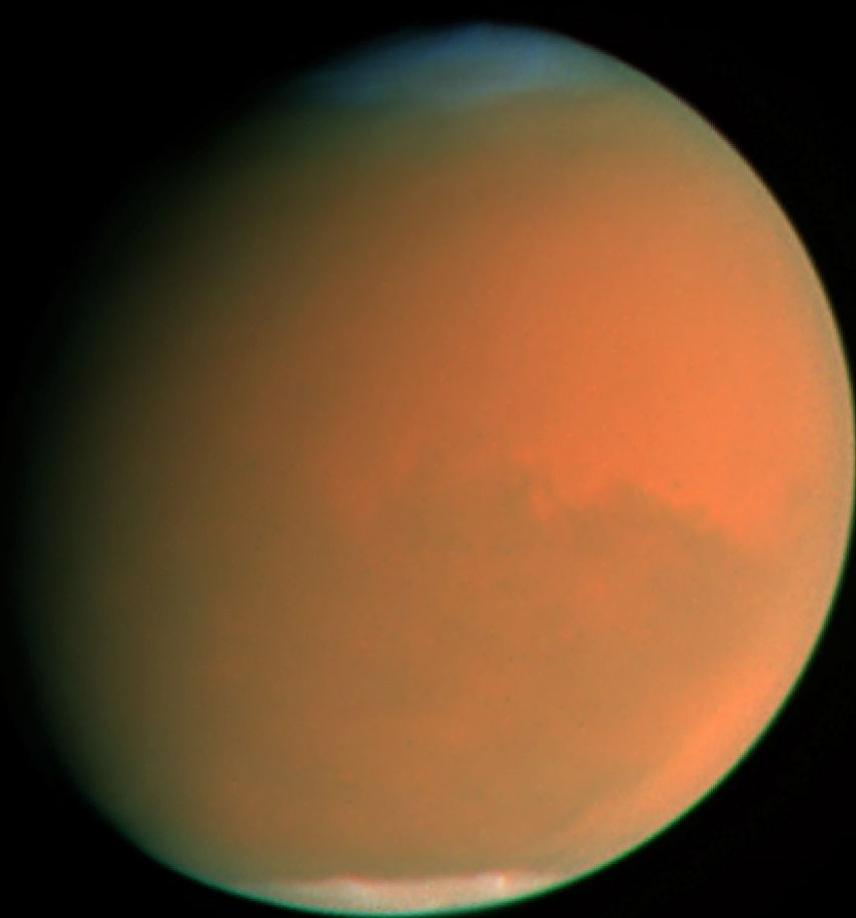


Ici aussi il y a du méthane qui pose problème car on ne sait pas encore très bien ce qui le produit puisque Mars n'a pas un cœur chaud.

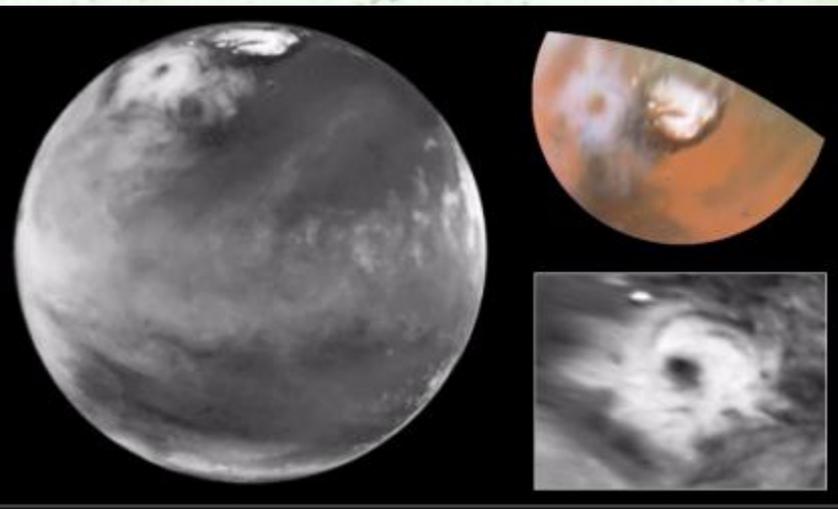
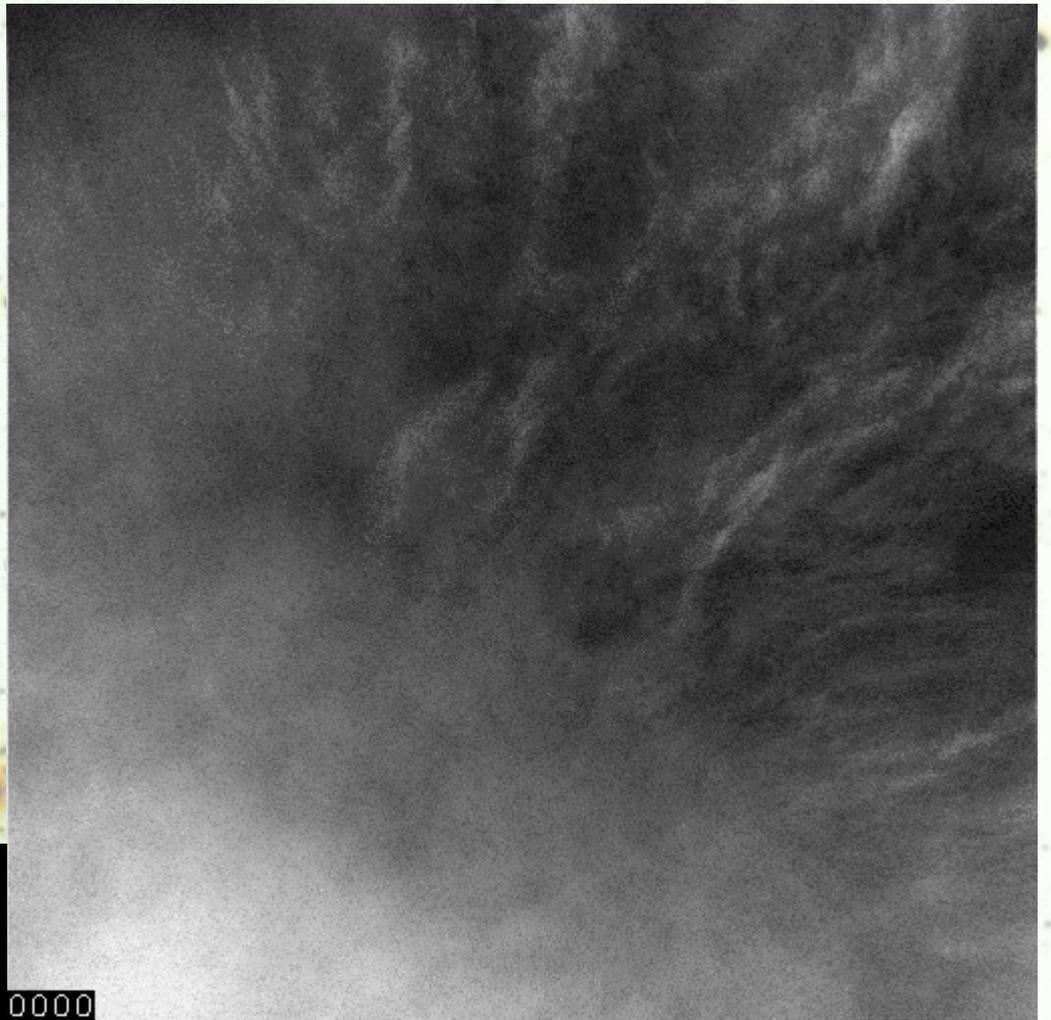
Il y a quand même assez d'atmosphère pour avoir des tempêtes.



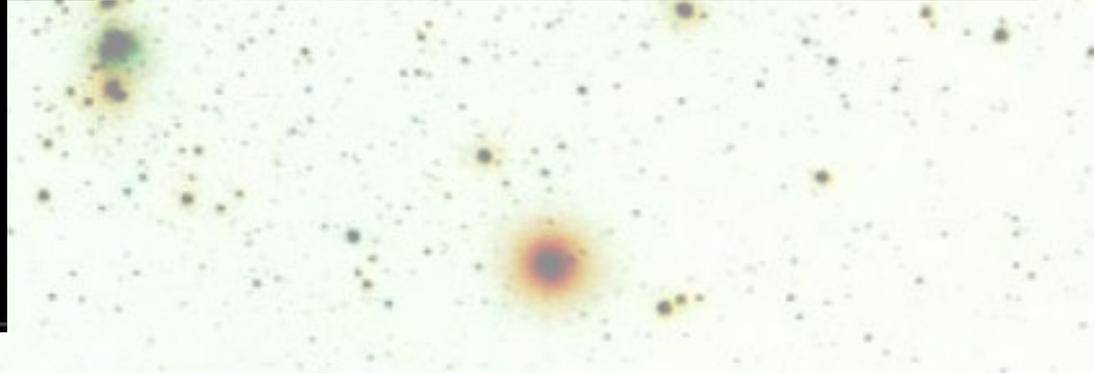
June 26, 2001



September 4, 2001



0000



# L'atmosphère de Mars est dévoilée par la sonde Maven

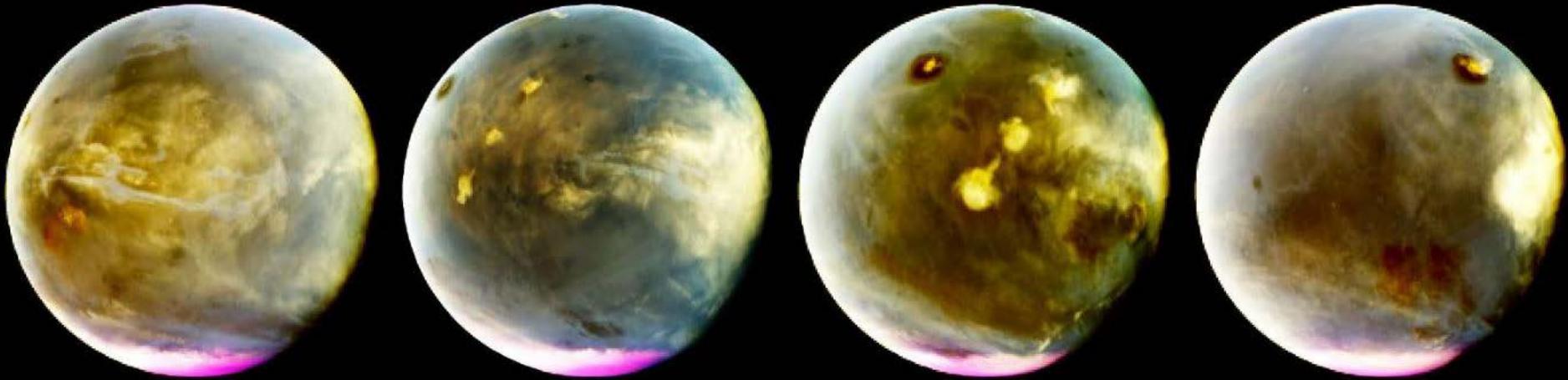


Photo-montage des images (ici en fausses couleurs) de Mars prises par Maven le 9 et 10 juillet 2016. Au cours de cette observation de sept heures, des nuages se sont formés au-dessus des volcans de Mars. © Nasa, Maven, université du Colorado

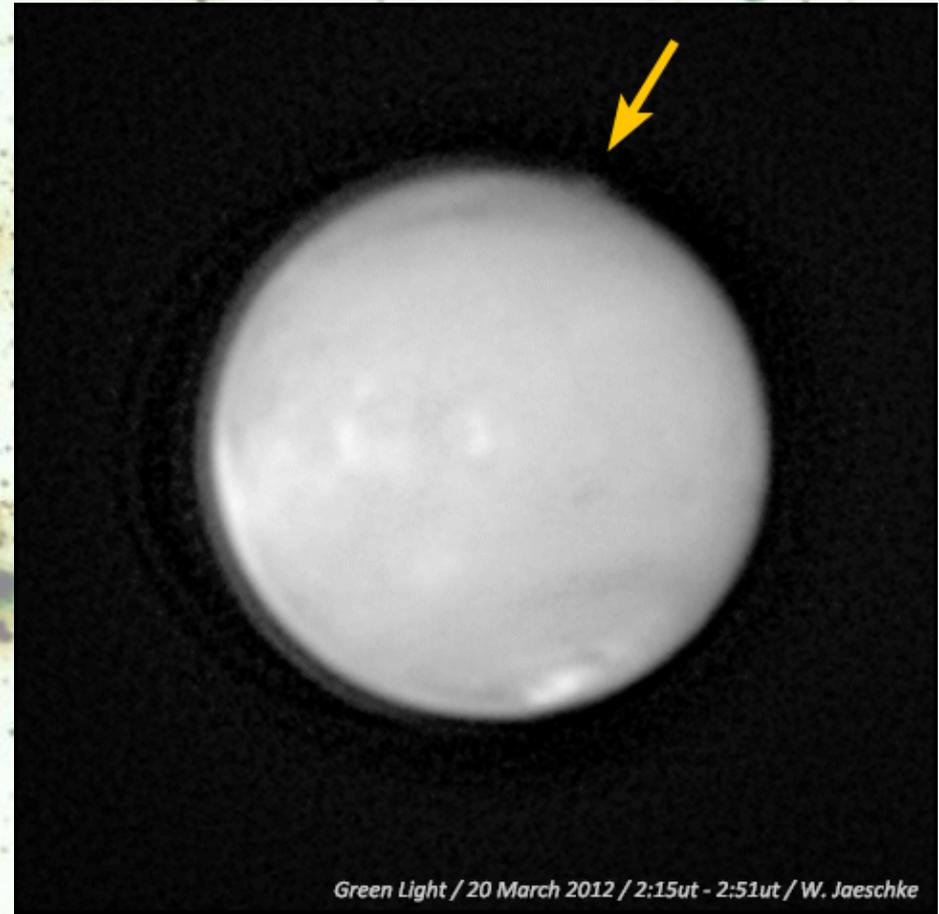
F

On distingue nettement les nuages de vapeur d'eau qui se développent l'après-midi au-dessus du mont Olympe et des trois monts Tharsis, à l'image des nuages terrestres qui se forment la journée au-dessus de certains reliefs. Cela permet aux chercheurs de voir à quel point ils se forment vite.

## De mystérieux nuages géants sur Mars

L'histoire débute en mars 2012. Au cours de ce mois, plusieurs astronomes amateurs détectent un mystérieux panache nuageux flottant au-dessus de la surface de Mars. Apparu en moins de dix heures, ce nuage d'une surface de 100 kilomètres sur 500 s'est maintenu durant une dizaine de jours, changeant d'aspect de jour en jour, puis a disparu.

L'étude révèle que ces fugaces formations nuageuses sont apparues à une altitude étonnamment élevée : plus de 200 kilomètres d'altitude, voire 250 kilomètres, alors que les formations atmosphériques habituellement observées sur Mars n'ont jamais évolué à une altitude dépassant les 100 kilomètres. Il s'agit d'un phénomène récurrent, on a retrouvé des archives où c'est déjà visible en 1997.





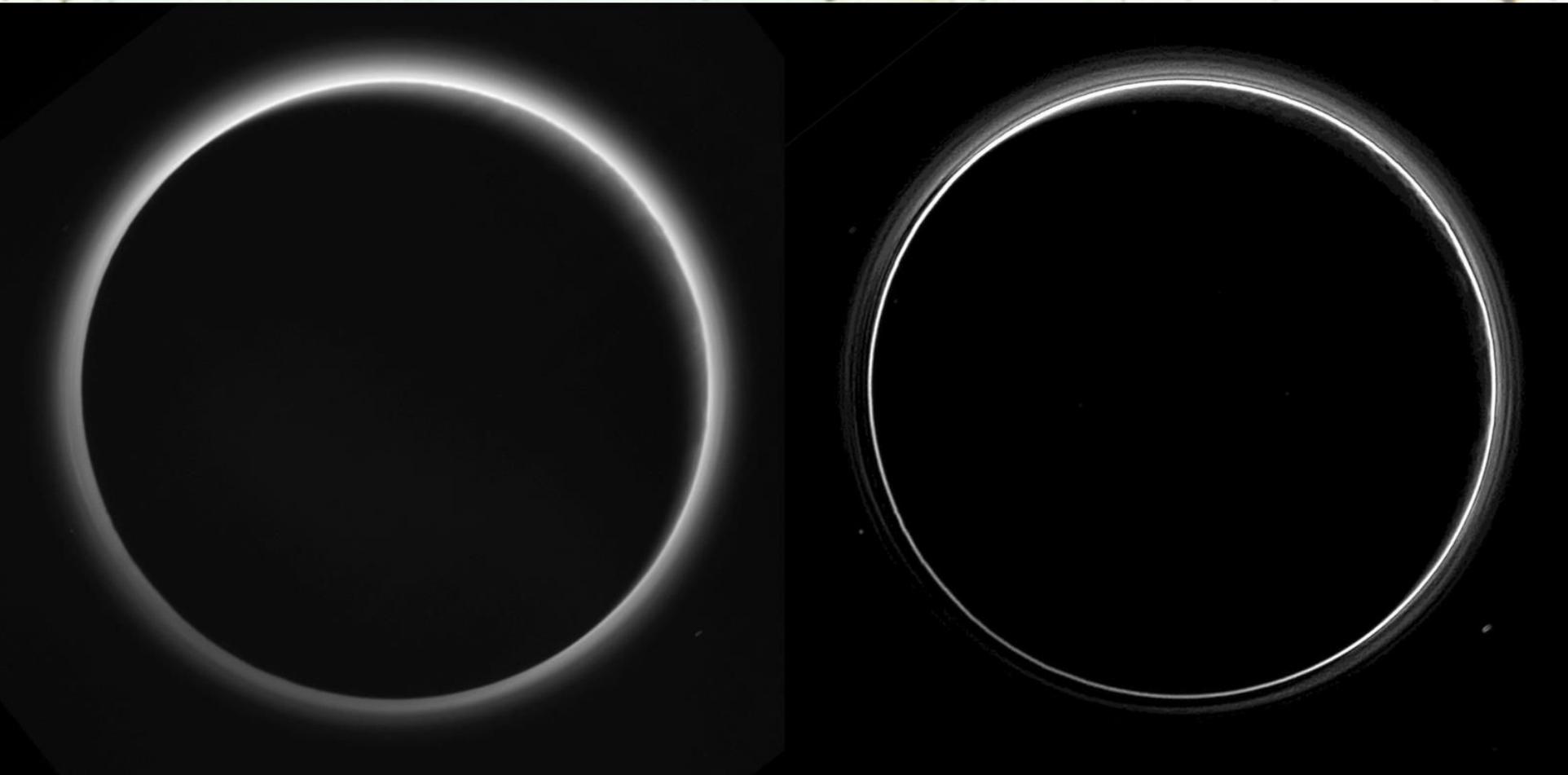
Mars high altitude plume in 2012  
GCP-UPV/EHU

## Pluton :

Son atmosphère est principalement composée **d'azote**, avec un peu de méthane, de monoxyde de carbone, et d'éthane, à une pression d'environ 6,5 à 24 microbars (0,65 à 2,4 pascals (Pa)) à la surface<sup>1</sup>

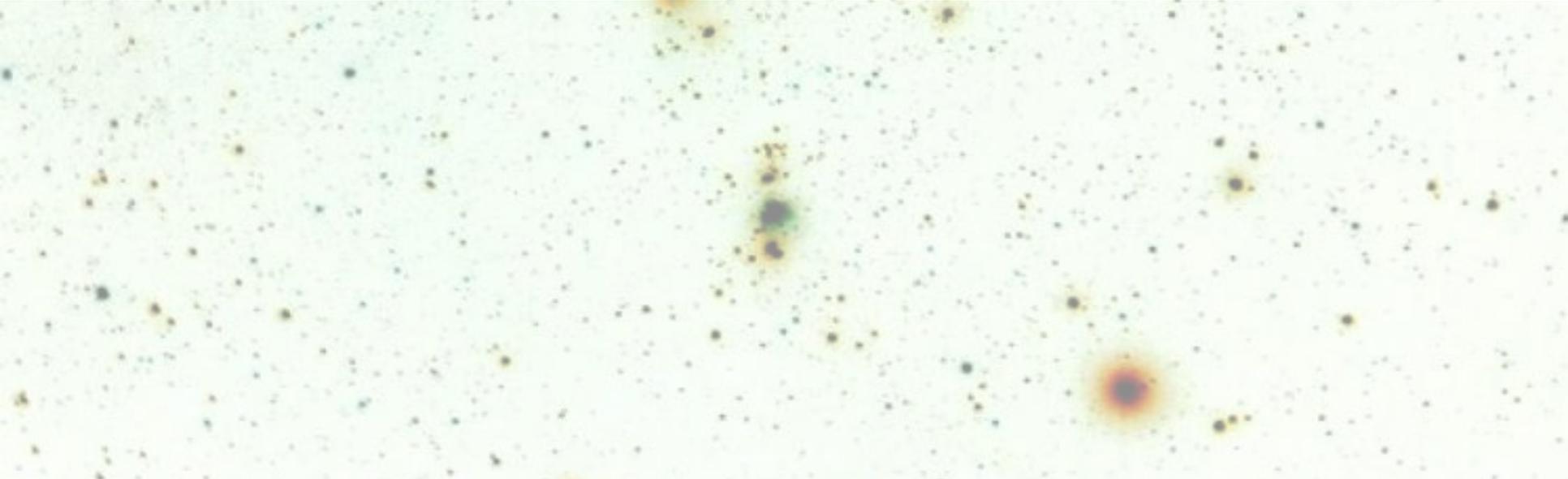


Deux vues différentes de l'atmosphère de Pluton, photographiées en contre-jour, à environ 770.000 km de sa surface, 16 heures après le survol de la planète naine.

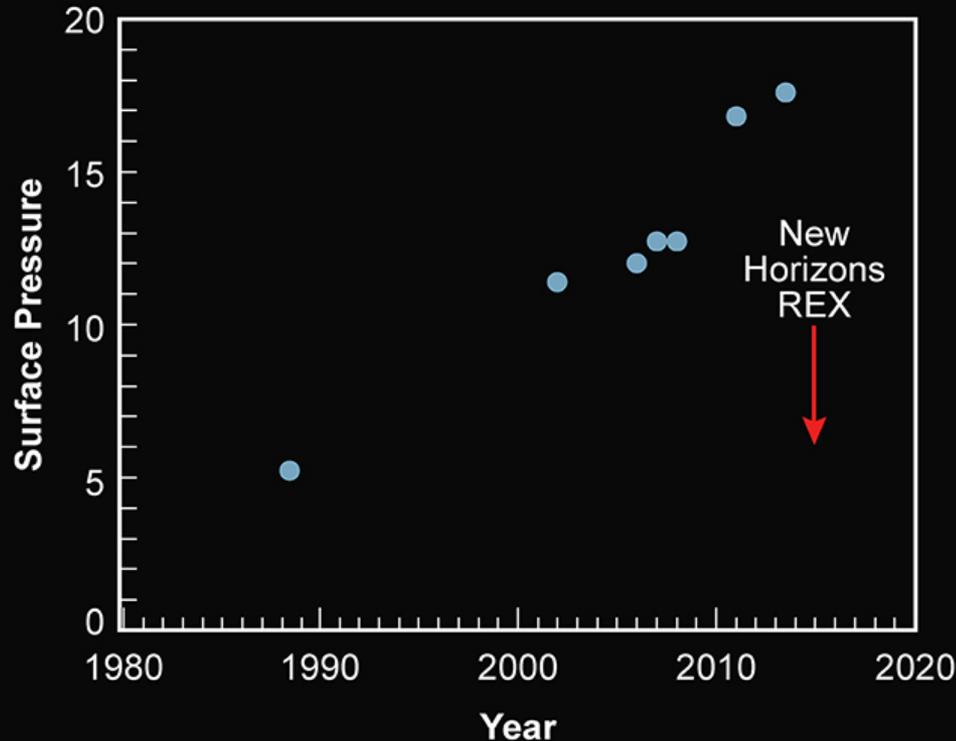


L'image de droite montre une multitude de couches de brumes qui n'avaient pas été observées auparavant. Moins retravaillée, l'image de gauche laisse entrevoir des reliefs sur le limbe de Pluton éclairés par le crépuscule. ©

Nasa, JHUAPL, SwRI

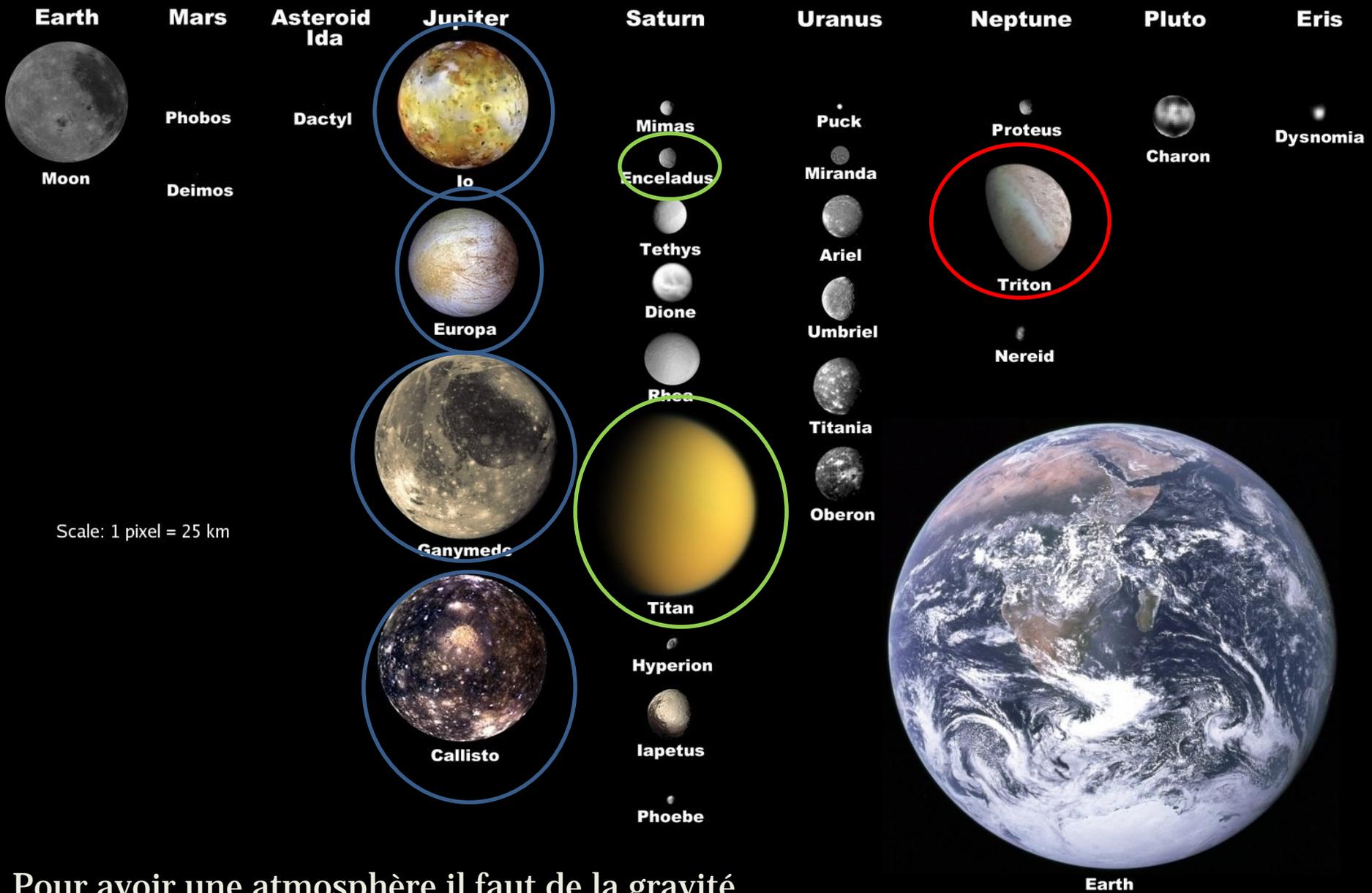


# Changes in Pluto's Surface Pressure



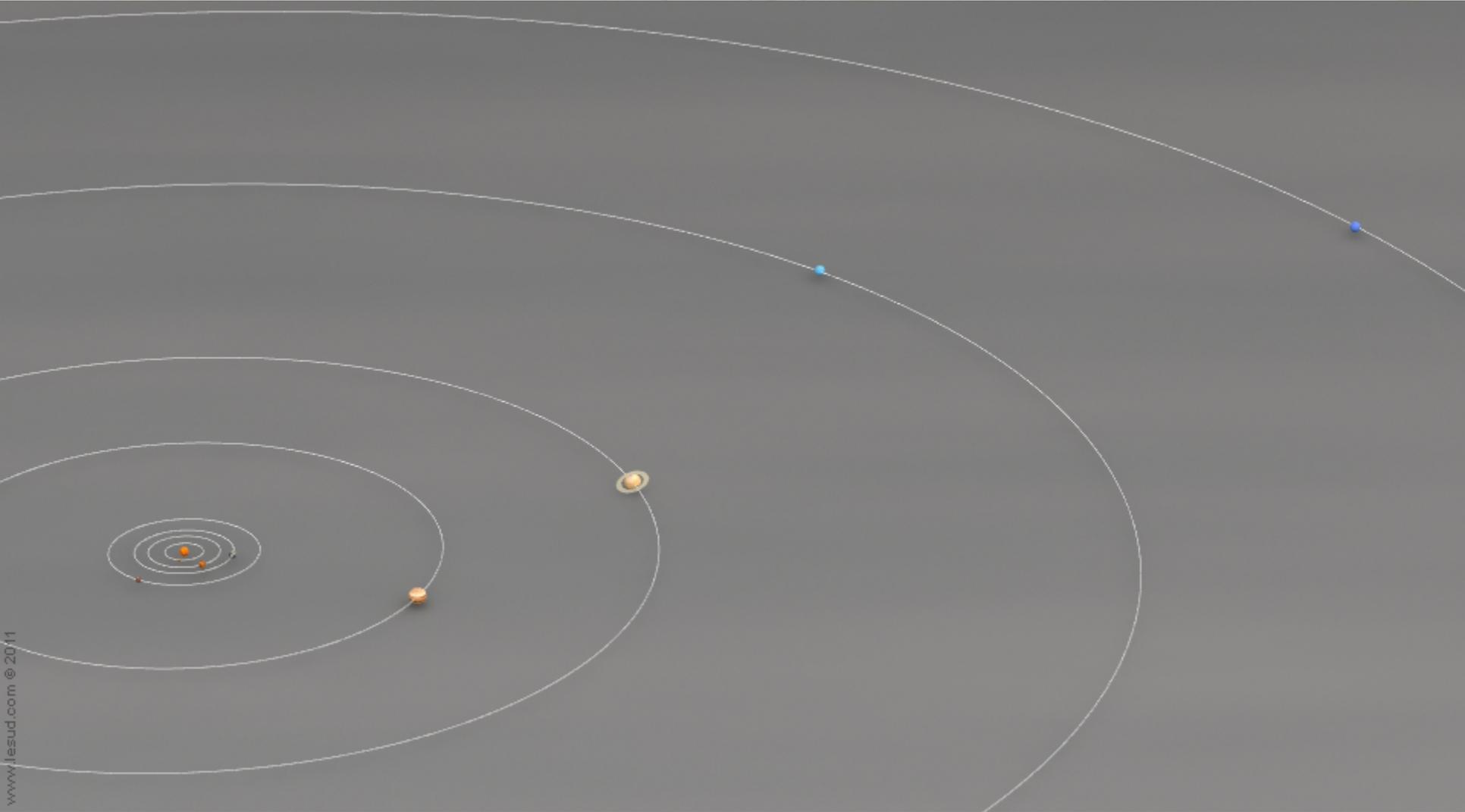
Voilà pour les planètes, mais certaines lunes de nos planètes géantes possèdent une atmosphère très ténue. Nous le verrons dans le récapitulatif qui suit

# Selected Moons of the Solar System, with Earth for Scale



Pour avoir une atmosphère il faut de la gravité...

Une certaine protection des rayons du Soleil due à l'éloignement ou à un champ magnétique.



Nous avons alors :

	H	He	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Ar	pression	temp.
<b>Vénus</b>	-	-	96,5 %	3,5 %	0,1 % à 100 km	-	50 ppm	devenu H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	90	450 °C
<b>Terre</b>	-	-	0,35 %	77 %	10 ppm à 90 km	21 %	< 4 %	non permanente	1 ppm	-	1 %	1	10 °C
<b>Mars</b>	-	-	95 %	0,07 %	0,13 %	0,03 %	-	-	-	1,6 %	-	0,006	- 55 °C
<b>Jupiter</b>	75 %	25 %	3 10 <sup>-10</sup>	-	1,5 10 <sup>-9</sup>	-	1,4 10 <sup>-5</sup>	-	2,1 10 <sup>-3</sup>	2 10 <sup>-4</sup>	-	-	-160 °C
<b>Io</b>								90 %				10 <sup>-9</sup>	- 130 °C à -170 °C
<b>Europe</b>						X						10 <sup>-7</sup>	-148 °C
<b>Ganymède</b>						X						Très ténue	-163 °C
<b>Callisto</b>			X			x	se crée	constamment				7,5 10 <sup>-12</sup>	-139 °C
<b>Saturne</b>	75 %	25 %	3 10 <sup>-10</sup>	-	2 10 <sup>-9</sup>	-	2 10 <sup>-7</sup>	-	4,4 10 <sup>-3</sup>	3 10 <sup>-4</sup>	-	-	-180 °C
<b>Titan</b>	-	-	x	96 %	x	-	-	-	3,4 %	-	-	1,6	- 180 °C
<b>Encelade</b>							X					Très localisée	-198 °C
<b>Uranus</b>	75 %	25 %	-	-	2 10 <sup>-9</sup>	-	10 <sup>-8</sup>	-	2 10 <sup>-2</sup>	-	-	-	-210 °C
<b>Neptune</b>	75 %	25 %	5 10 <sup>-10</sup>	-	10 <sup>-6</sup>	-	10 <sup>-9</sup>	-	4 10 <sup>-2</sup>	-	-	-	-185 °C
<b>Triton</b>				≈ 100 %	x				0,01 %			16 10 <sup>-6</sup>	- 235 °C
<b>Pluton</b>				90 %					10 %			10 10 <sup>-6</sup>	-220 °C