

Venus Express de l'ESA a été lancé depuis Baïkonour le 9 novembre 2005 et est arrivé à destination le 11 avril 2006. Depuis, les instruments à son bord n'ont cessé de fournir de nouvelles données qui permettent de mieux comprendre cette planète complexe. Cette image illustre Venus Express en train d'effectuer des mesures dites en occultation stellaire. C'est un des modes d'observation de l'instrument SPICAV/SOIR. L'instrument enregistre le rayonnement émis par une étoile (dont le Soleil, on parle dans ce cas d'occultation solaire) lorsque celle-ci disparaît derrière la planète. Lorsque la lumière traverse l'atmosphère de Vénus, elle est absorbée à certaines longueurs d'onde caractéristiques des espèces présentes. L'analyse détaillée des spectres permet de déterminer les concentrations de nombreux composés, mais aussi de déduire la température des différentes couches sondées. Crédits: ESA

# Ciel et Terre

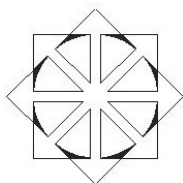
Bulletin de la Société Royale belge d'Astronomie,  
de Météorologie et de Physique du Globe

ISSN 0009-6709

Volume 123, n° 6, novembre - décembre 2007

## Sommaire

- 162 L'exploration de Vénus : Pourquoi ?  
*Sanjay S. Limaye*
- 169 Venus Express, bilan de deux années fructueuses  
*Ann C. Vandaele*
- 181 Venus Express et Messenger s'allient pour observer Vénus  
*Ann C. Vandaele*
- 184 Bibliographie
- 188 Dans le ciel du mois de janvier 2008  
*René Dejajffe*
- 190 Dans le ciel du mois de février 2008  
*René Dejajffe*



A noter dans vos agendas :

Visite du laboratoire souterrain européen de géodynamique de Walferdange  
(G.D. Luxembourg)

le 24 mai 2008

(renseignements utiles en page 192)

# L'EXPLORATION DE VÉNUS : POURQUOI ?

Sanjay S. Limaye

University of Wisconsin-Madison

Le 9 novembre 2005, l'ESA mettait en orbite la sonde Venus Express depuis Baïkonour au Kazakhstan. L'engin spatial arriva au voisinage de Vénus en avril 2006 et ralentit pour entamer son insertion en orbite autour de la planète. Pendant cette mise en orbite qui dura 10 jours, les instruments à bord de la sonde furent allumés et testés et dès ce moment montrèrent Vénus comme elle ne l'avait encore jamais été. L'image la plus frappante fut certainement celle d'un immense vortex englobant une bonne partie de l'hémisphère Sud (Figure 1). On y voit les côtés jour et nuit de la planète centrés sur le pôle Sud et les similarités ainsi que les différences avec la Terre apparais-

sent aussitôt. Le vortex est similaire en de nombreux points à un cyclone tropical ou à un ouragan. En fait Vénus et la Terre possèdent de nombreux points communs, et pourtant supportent des environnements totalement différents. Comment et pourquoi ont-elles évolué de manières si distinctes ? Ce sont sans doute les questions primordiales auxquelles Venus Express devra répondre. Dans cet article, nous traiterons essentiellement de l'atmosphère de Vénus, et en particulier de la météorologie qui y règne.

La Terre et Vénus ont été formées il y a quelque 4,6 milliards d'années dans la même région de la nébuleuse solaire. Au départ

d'éléments planétésimaux, elles se sont graduellement agrandies par accréation de gaz et de poussières provenant de leur environnement et se sont également progressivement refroidies. Ayant été formées à partir de la même nébuleuse, leurs compositions initiales étaient identiques. Aujourd'hui, après plus de 40 ans d'exploration de Vénus à l'aide de sondes spatiales, en orbite ou en survol, de plate-formes flottant au sein de son atmosphère ou atterrissant sur sa surface, on sait que, bien que comparables au niveau de leur taille et de leur masse (94,9 % du rayon équatorial et 81,5 % de la masse de la Terre), les deux planètes diffèrent considérablement en ce qui concerne

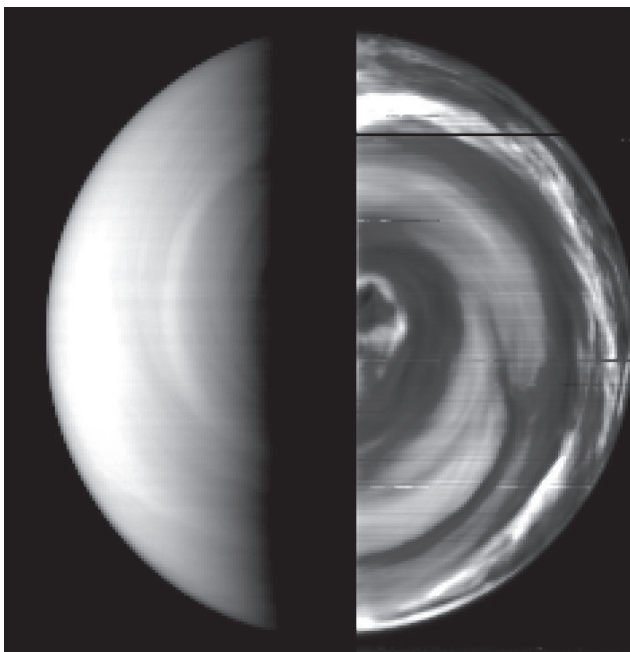


Figure 1: Vues du côté jour (à gauche) et du côté nuit (à droite) de Vénus obtenues par l'instrument VIRTIS à bord de Venus Express lors de la première orbite. On y voit clairement le vortex dominant la circulation dans l'hémisphère sud. L'apparence de ce vortex avec ses bandes en spirale est d'une façon surprenante similaire à celle des ouragans sur Terre. Crédits: ESA/VIRTIS

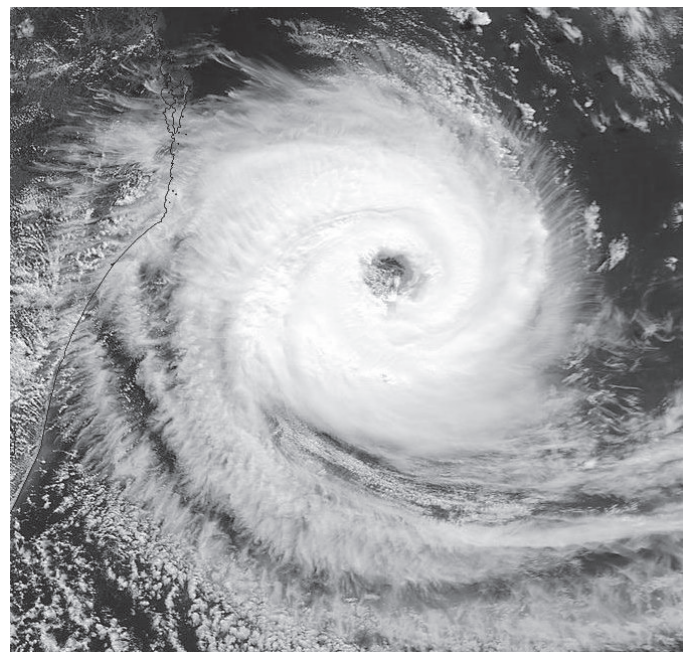


Figure 2: Vue satellitaire de l'ouragan Ileana. On peut observer les similarités avec le vortex sur Vénus représenté à la Figure 1.

## Comparison de quelques propriétés de Vénus, Terre et Mars

PROPRIETE	VENUS	TERRE	MARS
Distance au Soleil (AU)	0,72	1	1,5
Période de révolution sidérale (années)	0,616033	1	1,881
Durée de la rotation sidérale (h)	5832,5	23,9333	24,6229
Longueur du jour (h)	2802	24	24,6597
Inclinaison de l'axe de rotation par rapport au plan orbital (°)	177,36	23,5	26,5
Inclinaison de l'orbite par rapport à l'écliptique (°)	3,39	0	1,85
Excentricité de l'orbite	0,0007	0,017	0,0935
Rayon équatorial (km)	6051,8	6378,1	3397
Rayon polaire (km)	6051,8	6356,8	3375
Masse ( $10^{24}$ kg)	4,869	5,972	0,64185
Densité apparente ( $\text{gm.cm}^{-3}$ )	5,243	5,515	3,933
Accélération de pesanteur équatoriale ( $\text{ms}^{-2}$ )	8,87	9,81	3,71
Vitesse d'échappement (km/sec)	10,343	11,19	5,03
Flux solaire au sommet de l'atmosphère ( $\text{Wm}^{-2}$ )	2613,9	1367,6	589,2
Fraction réfléchiée vers l'espace	0,76	0,35	0,3
Température d'équilibre radiatif (°C)	-40,6	-18	-72
Température moyenne de surface (°C)	473	15	-63
Variation diurne de la température (°C)	0	-20	~ 200
Composition atmosphérique			
Azote (%)	3,5	78,1	2,7
Oxygène (%)	~ 0	20,9	~ 0
Dioxyde de carbone (%)	96,5	0,0034	95,3

Source: NASA Space Science Data Center (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/>)

leur surface et leur atmosphère. Leurs densités apparentes sont également fort semblables, indiquant des intérieurs similaires, en tout cas au niveau de leur composition. Cependant, Vénus ne possède pas de champ magnétique, de sorte que les processus liés au manteau qui alimentent l'effet dynamo sur Terre, ne sont pas présents sur Vénus. Bien que cela implique qu'il n'y a pas d'aurores sur Vénus comme il y en a sur la Terre, Jupiter ou Saturne suite à l'interaction entre le vent solaire et le champ magnétique, Vénus

est cependant le siège de phénomènes de luminescence dans l'infrarouge et l'ultraviolet extrême qui trouvent leur origine dans la recombinaison d'atomes d'oxygène et d'azote du côté nuit de la planète bien au-dessus de sa surface.

Vénus possède une atmosphère très dense, approximativement 91 fois plus dense que sur Terre, composée essentiellement de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ , 95%) et d'azote ( $\text{N}_2$ , 5%) le reste étant constitué d'espèces en trace, tel-

les que l'acide sulfurique. La température à la surface est d'environ 473 °C, que ce soit le jour ou la nuit, variant très peu en fonction de la latitude. Sur Terre, la différence jour-nuit varie avec les saisons (qui sont absentes sur Vénus) et la latitude, et est de l'ordre d'une dizaine de degrés.

Comment expliquer ces différences ? Vénus tourne sur elle-même très lentement, tellement lentement qu'un jour sidéral, c'est-à-dire le temps mis pour effectuer une rotation complète (243,16

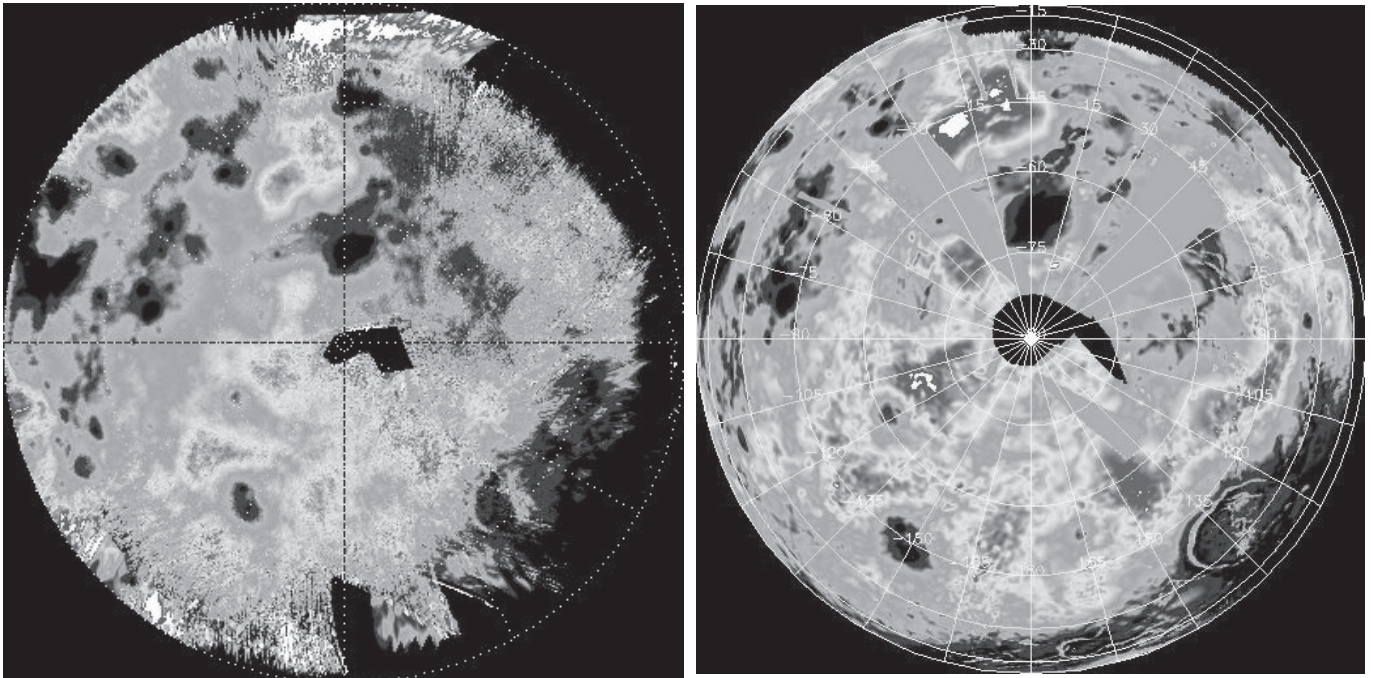


Figure 3 : Comparaison entre l'émission par la surface de Vénus détectée entre 1,02 et 1,03  $\mu\text{m}$  par VIRTIS (à gauche) et une carte synthétique de la température déduite de la topographie de la planète. Crédits: ESA/VIRTIS

jours terrestres par rapport aux étoiles) est plus long que le temps nécessaire à Vénus pour effectuer sa révolution autour du Soleil (225 jours), faisant en sorte que le jour défini par rapport au Soleil est encore plus court (116 jours). Sur Terre, la différence entre le jour défini par rapport aux étoiles et le jour défini par rapport au Soleil est inférieure à quatre minutes. De plus, quel que soit l'endroit sur Vénus, le Soleil y brille 58 jours et la nuit dure également 58 jours, puisque l'axe de rotation de la planète est pratiquement perpendiculaire au plan de l'orbite. Il n'y a pas encore eu de mesures directes des températures de surface aux pôles nord et sud, mais les scientifiques suspectent qu'elle ne seront pas fort éloignées de celles mesurées à l'équateur.

Une des raisons principales de cette situation étrange est que, bien que la Terre et Vénus soient chauffées par la lumière solaire et que les atmosphères des deux planètes absorbent une partie de l'énergie émise par leur surface

(l'effet de serre), l'atmosphère de Vénus absorbe une quantité d'énergie bien supérieure, essentiellement parce qu'elle est plus dense. D'une manière surprenante, la surface de Vénus reçoit beaucoup moins de lumière que la surface terrestre, alors que Vénus est plus proche du Soleil. En effet 76 % de la quantité de lumière solaire est réfléchi vers l'espace par une couche épaisse de nuages, alors que sur Terre seulement 35 % sont réfléchis vers l'espace. Sur Terre, la plus grande partie du rayonnement infrarouge est absorbée par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, et quelques gaz en trace présentant des bandes d'absorption dans ce domaine de longueurs d'onde. Sur Vénus, l'absorption est due principalement au  $\text{CO}_2$ , puisque l'atmosphère contient peu de vapeur d'eau. Les scientifiques ont pu déduire des mesures réalisées par des sondes antérieures que Vénus aurait pu avoir des lacs d'eau liquide à sa surface dans son passé. Cette hypothèse est nécessaire pour expliquer la valeur observée du rapport deutérium (un isotope

plus lourd de l'atome hydrogène – hydrogène, qui est environ 150 fois plus grand que dans la nébuleuse solaire. Cet enrichissement en deutérium peut s'expliquer sur Vénus par la perte de l'hydrogène plus léger par échappement vers l'espace. Ceci implique que les atomes d'hydrogène et de deutérium devaient exister sur Vénus, sans doute sous la forme d'eau,  $\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{D}_2\text{O}$ , liquide facilement accessible pour une insertion dans l'atmosphère, donc présente au niveau de la surface. L'évaporation suivie de la dissociation par le rayonnement solaire a permis la perte des atomes plus légers d'hydrogène. Le même processus se produit également sur Terre, mais peu de vapeur d'eau évaporée des surfaces des eaux atteint les hautes couches de l'atmosphère où le rayonnement ultraviolet pourrait la dissocier. La perte d'hydrogène se produit sur Terre avec un taux beaucoup plus faible. Ceci met en lumière une autre différence existant entre les deux atmosphères : Vénus ne possède pas de couche d'ozone, et donc pas de stratosphère,

une couche de l'atmosphère dans laquelle la température croît avec la température suite à l'absorption du rayonnement solaire par l'ozone. L'inexistence de l'ozone sur Vénus peut s'expliquer par le manque d'oxygène moléculaire (l'ozone est produit par la photodissociation de l'oxygène moléculaire suivi de la combinaison d'un atome d'oxygène ainsi produit et d'une molécule d'oxygène), encore une autre différence significative.

Les observations radar effectuées depuis des satellites en orbite autour de Vénus (Pioneer Venus, Venera 15 et 16, Magellan) indiquent que la surface de Vénus est asséchée : il n'y a aucune preuve de l'existence d'océans ou de lacs d'eau. L'entièreté de l'eau a dû être évaporée et incorporée dans l'atmosphère. Sur Terre, la vapeur d'eau est le gaz à effet de serre prédominant, représentant à lui seul près de la moitié du chauffage radiatif par l'absorption de l'émission infrarouge émise par la surface de la Terre. L'eau évaporée dans l'atmosphère de Vénus y a causé un réchauffement, qui à son tour a entraîné une émission accrue dans la basse atmosphère et le réchauffement de la surface, augmentant l'évaporation d'eau, qui pouvait ainsi d'autant mieux participer à l'effet de serre. Ce scénario de l'emballement de l'effet de serre fut proposé dans les années 60 par le Prof. Carl Sagan, peu après la découverte des températures infernales régnant à la surface de Vénus par Venera.

La chaleur émise par la surface et la basse atmosphère peut être observée depuis l'espace et même depuis la Terre. La partie droite de la Figure 1 illustre l'émission de la surface dans le domaine infrarouge, vue à travers la couche nuageuse. Plusieurs « fenêtres » dans l'infrarouge, où les nuages sont transparents, présentes en-

tre 1,06 et 3 micromètres, furent découvertes en 1983. La brillance de Vénus présente des variations subtiles qui sont à mettre en relation avec la température de surface et la topographie. Comme sur Terre, il fait plus chaud au niveau de la mer qu'au sommet d'une montagne. Ce phénomène met à la disposition des scientifiques un moyen puissant et efficace pour sonder la surface de Vénus et observer des changements de sa topographie, qui pourraient être provoqués par une activité volcanique. La Figure 3 montre la comparaison de la topographie de Vénus et une image acquise à 1,06  $\mu\text{m}$  par l'instrument VIRTIS à bord de Venus Express. La corrélation est évidente.

On voit donc que les évolutions de la Terre et de Vénus ont suivi des chemins similaires mais séparés. On pourrait se demander quelles conditions au moment de leur formation ont causé cette divergence. De tous les objets de notre Système solaire qui possèdent une atmosphère digne de ce nom et des océans solides ou liquides – Mars, Vénus, la Terre, Titan – Vénus et la Terre se ressemblent sur de nombreux aspects, tout comme Mars et la Terre partagent d'autres points communs. Même si Mars possède une composition atmosphérique semblable à celle de Vénus (le composé majoritaire est le dioxyde de carbone), elle est beaucoup plus froide au niveau de sa surface, ce qui semble indiquer que la masse atmosphérique soit un facteur déterminant, via l'effet de serre.

Que pouvons-nous apprendre de l'étude de Vénus concernant l'évolution possible de la Terre au cours des prochains millénaires ? Si la quantité de dioxyde de carbone continue à croître dans l'atmosphère terrestre, quelles conséquences cela aura-t-il sur notre futur ? Vénus peut-elle nous ap-

prendre quelque chose d'utile ?

Il y a certainement énormément à apprendre de la circulation particulière existant sur Vénus. La Figure 2 montre un ouragan typique observé sur Terre. La circulation sur Terre ne semble pas aussi claire et nette, comparée au vortex vu sur Vénus. Le vortex de l'ouragan est plus petit, mais il se prolonge sur de nombreux arcs. On sait que ce sont des ondes planétaires à grande échelle, ou front d'onde, qui séparent des masses atmosphériques de température et humidité différentes. La raison de cette dissemblance est l'énorme différence entre les vitesses de rotation des deux planètes : 243,16 jours à comparer à 1 jour, le sens de rotation étant rétrograde sur Vénus. Comment expliquer que Vénus tourne si lentement et en sens inverse ? La plupart des planètes et corps célestes tournent plus vite, sauf Titan qui a une période de rotation de 16 jours.

Des expériences menées en laboratoire (expériences 'dishpan') pour simuler l'influence de la rotation sur la circulation indiquent que pour de petites vitesses de rotation, les courants ont tendance à être symétriques par rapport à l'axe de rotation. D'autres contraintes, telles que le moment angulaire, les transports de chaleur et de masse, imposent des conditions qui conduisent à un courant interne plus faible dirigé vers le centre. Pour des vitesses de rotation plus élevées, les courants suivent des arcs radiaux comme sur Terre. Le courant interne vers le centre crée une accumulation de masses d'air, qui à son tour provoque un mouvement vertical près du centre pour ramener des masses d'air vers la périphérie de la circulation. Une telle circulation a été proposée pour la première fois par Sir Edmond Halley en 1686, mais quelques

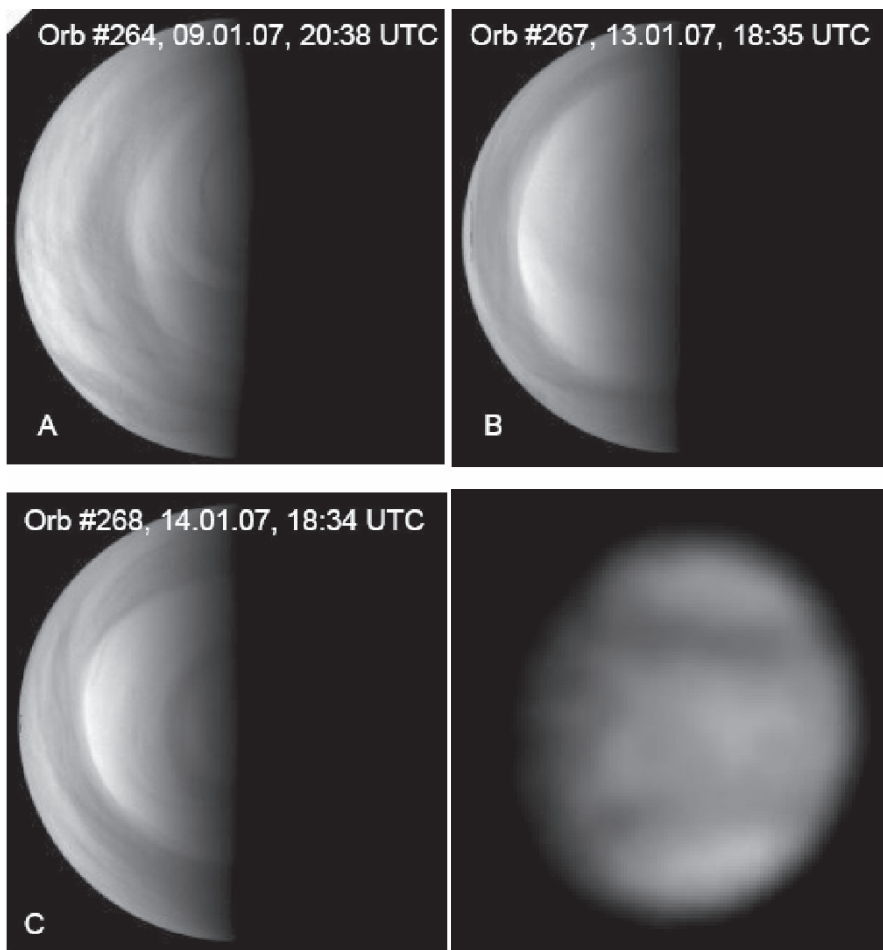


Figure 4 : Images de l'hémisphère sud de Vénus obtenues par la caméra VMC (en haut et en bas à gauche) obtenues les 9, 13 et 14 janvier 2007. Il s'est clairement passé quelque chose le 13. En bas à droite: image obtenue par Dr. Parker en Floride le 13 janvier où l'on peut voir les deux hémisphères. Crédits: ESA/VMC

années plus tard George Hadley y apporta quelques corrections. Sur Terre, les cellules de Hadley n'atteignent pas les pôles à cause de la plus grande vitesse de rotation de la planète.

Vénus a-t-elle toujours tourné dans le même sens ?

Ou bien, sa rotation a-t-elle été freinée par son atmosphère ? Comment répondre à cette question ? Les observations radar montrent que Vénus possède une surface plutôt lisse comparée à celles de Mars ou de la Terre, peut-être même comparée à celle de Titan. La différence entre le point le plus bas et le plus haut sur Vénus (le Mont Maxwell) est seulement de 9 kilomètres (17 km sur Mars, 13 km sur Terre). A cause de la tem-

pérature élevée au sol, la densité de l'atmosphère de Vénus est près de 65 fois supérieure à celle de la Terre. Cette forte densité peut compenser les vents plus faibles de seulement quelques mètres par seconde ainsi que la topographie moins contrastée pour produire une résistance ('drag') ou une poussée permettant le transfert de quantité de mouvement entre la surface solide de Vénus et son atmosphère.

Une conséquence de l'épaisse atmosphère est, que durant son histoire, les petits corps météoriques n'ont jamais atteint la surface. On décompte, en effet, sur Vénus beaucoup moins d'impacts d'un diamètre inférieur à deux kilomètres que sur Terre ou sur

Mars, une autre raison qui explique pourquoi la surface de Vénus est plus lisse.

Les conditions peu hospitalières de la basse atmosphère, avec ses hautes températures et ses nuages d'acide sulfurique, rendent difficiles les observations à long terme de ces basses couches et de la surface. Des instruments embarqués sur des ballons, comme les missions VeGa1 et VeGa 2 en 1983, ont démontré qu'ils pouvaient survivre deux jours. Récemment, de nouvelles missions embarquées sur des ballons plus performants ont été proposées pour sonder la couche entre 50 et 55 kilomètres, où les conditions atmosphériques sont les plus favorables. La mission European Venus Explorer vient d'être proposée à l'ESA dans le cadre de son projet Vision Cosmique, avec la participation d'équipes russes et japonaises qui fourniront respectivement un orbiteur et un ballon pour sonder les basses couches, tandis que l'ESA déploiera un ballon vers 55km d'altitude. Avant que cette mission ne devienne réalité, les observations réalisées à partir du sol terrestre, de Venus Express et de la future mission japonaise (Venus Climate Orbiter ou Planet-C) prévue en 2011, nous fourniront une aide précieuse pour répondre à toutes les interrogations que nous nous posons sur Vénus ... et celles qui certainement apparaîtront dans les prochaines années.

Les astronomes amateurs ont joué un rôle prépondérant dans les découvertes liées à Vénus. La rotation rapide de l'atmosphère de Vénus (un tour en quatre jours) a été observée pour la première fois par Boyer et Guerin en mesurant la vitesse de déplacements des nuages sur des images ultraviolettes de Vénus. La même méthode est encore utilisée de nos jours pour mettre en évidence

les mouvements atmosphériques sur Vénus à partir des observations réalisées par les instruments VIRTIS et VMC. Les observations faites par des astronomes amateurs représentent encore un intérêt certain, en effet, les observations de Venus Express sont essentiellement limitées à l'hémisphère sud, à cause de son orbite très elliptique. Les images enregistrées par les astronomes amateurs peuvent nous renseigner sur ce qui se passe dans l'hémisphère nord.

Une observation fortuite réalisée le 13 janvier 2007 par le Dr. Donald C. Parker (Coral Gables, Florida, USA), un astronome amateur expérimenté, a permis d'obtenir une vue de Vénus dans le domaine ultraviolet, alors que ce même jour la caméra VMC observait un phénomène étrange : tout l'hémisphère sud semblait plus lumineux. L'image prise de la Terre ne montrait rien de tel, signifiant que le phénomène en question était limité à l'hémisphère sud. Les scientifiques n'en ont toujours pas trouvé d'explication.

L'une des plus grandes interrogations concernant l'atmosphère de Vénus est de savoir pourquoi elle tourne plus vite que la planète elle-même. A l'équateur et à 65 km d'altitude, un ballon mettrait 4 à 4,5 jours pour effectuer un tour de la planète. Sur Terre, on peut en faire le tour en environ 18 jours vers 30-45°, un peu plus à l'équateur. Quelle que soit l'altitude, les vents sur Vénus soufflent de l'est vers l'ouest, avec une petite composante vers les pôles, à des vitesses bien supérieures à la vitesse de rotation de la planète (2 m/s). Quels sont les processus mis en œuvre ? L'énergie provient bien sûr de l'énergie solaire absorbée par l'atmosphère, mais comment cette énergie thermique est-elle convertie en énergie

cinétique ? Comment cette super-rotation se maintient-elle ? Et comment la circulation en vortex au niveau des pôles se connecte-t-elle à la super-rotation ? Voilà encore toute une série de questions auxquelles Venus Express et les missions futures apporteront peut-être une solution.

Contrairement aux ouragans observés sur Terre, le vortex sur Vénus a une durée de vie extrêmement longue. Il a été observé pour la première fois par Mariner 10 en 1974, puis par Pioneer Venus entre 1978 et 1983 et est suivi depuis 2006. On peut donc affirmer qu'il existe depuis au moins 1974 et n'a pas disparu depuis.

Il est facile de comprendre pourquoi le vortex de Vénus a pu survivre aussi longtemps. De même qu'un ouragan sur Terre, les vortex aux pôles nord et sud de Vénus sont maintenus par une source de chaleur intense. Sur Vénus, la source de chaleur est l'absorption de la lumière solaire visible dans la couche nuageuse (40-65 km) du côté jour et du rayonnement infrarouge émis par la surface du côté nuit, alors que sur Terre, la source de chaleur est la chaleur latente émise lorsque l'humidité emportée vers le haut depuis la surface des océans par les vents violents se condense pour former des gouttelettes de nuages. La rotation de la Terre fournit aux ouragans l'énergie rotationnelle supplémentaire qui forme la région centrale où les mouvements ascendants sont plus complexes. Lorsque les vents poussent l'ouragan au-dessus des terres, la tempête disparaît relativement vite puisque la source d'énergie – la vapeur d'eau – n'est plus disponible. Sur Vénus, puisque la source d'énergie ne dépend pas de la vapeur d'eau et que les vortex sont situés aux pôles, la circulation reste toujours très stable, rem-

plaçant indéfiniment son énergie cinétique en convertissant l'énergie de radiation (solaire ou de la planète) absorbée.

Cette simple explication ne tient certainement pas compte de tous les phénomènes existant sur Vénus, qui pourraient ne pas encore avoir été observés, et ce n'est que en accumulant des observations que l'on se rapprochera un tant soit peu de la vérité. On pense par exemple à la variabilité à court terme de la force des vents, des différents types d'onde planétaires mis en évidence sur les images des nuages. Mais surtout nous ne connaissons pas encore avec précision ce qui cause l'apparition des nuages sur Vénus. Vénus en est recouverte de manière globale, contrairement à la Terre, où seuls 50 % de sa surface sont recouverts de nuages de divers types et épaisseurs. Sur Vénus, on a l'impression que la couche nuageuse est moins variable, excepté aux pôles. On pense que les gouttelettes qui forment les nuages sont composées d'une solution à 75 % d'acide sulfurique et ont des tailles de l'ordre du micromètre. Les couches supérieures des nuages seraient formées de particules plus petites de 0,2-0,3 micromètres. Leur nombre semble varier en fonction du temps et de la latitude. Cependant, nous n'avons toujours pas découvert quelle molécule était à l'origine de l'absorption de rayonnement ultraviolet aux basses et moyennes latitudes observée sur les images de Vénus. Ce sont ces mêmes marques qui permettent de suivre les nuages et de déterminer les vitesses des vents. Les candidats possibles pourraient être le sulfite de carbone COS, des particules de soufre élémentaire, voire même l'acide croconic, mais ce ne sont que des spéculations. Les instruments sur Venus Express sont susceptibles d'identifier cette source.

## Comparaison entre quelques phénomènes existant sur Vénus, Terre et Mars

Phénomène ou processus	Vénus	Terre	Mars
Champ magnétique intrinsèque	Non	Oui	Très faible
Aurores	Non, mais luminescence de O <sub>2</sub> et CO <sub>2</sub>	Oui	Non
Océans/Lacs	Non	Oui	Plus actuellement, sans doute dans le passé
Eau dans le sous-sol	Peu probable	Oui	Possible
Volcans actifs	?	Oui	Faible probabilité
Tectonique des plaques	Non	Oui	Faible probabilité
Saisons	Non significatif	Oui	Oui, suite à l'inclinaison de axe de rotation et à l'excentricité de l'orbite
Nuages	Acide sulfurique	Gouttelettes d'eau, cristaux de glace, poussières	Dioxyde de carbone gelé, glace d'eau, poussières
Précipitations	Non	Oui	Possible, non observées - l'atmosphère gèle
Eclairs	?	Oui	

Une autre question pertinente concerne l'existence ou non d'éclairs sur Vénus. Ce sujet a fait l'objet de nombreux débats à cause notamment d'observations contradictoires. Jusqu'à aujourd'hui aucun flash caractéristique d'un éclair n'a été détecté, contrairement à ce qui se passe sur Jupiter ou Saturne. Ceci ne prouve pas l'inexistence des éclairs, mais indique seulement que ceux-ci sont peu fréquents.

Venus Express supportée par l'ESA continuera sa mission jusqu'en 2009. Elle pourrait être prolongée pour permettre des observations conjointes avec la mission japonaise Planet-C qui sera lancée en 2010. Les observations réalisées par ces missions aideront à mieux comprendre l'environnement actuel de Vénus et son évolution, et en fin de compte aideront à mieux comprendre notre propre atmosphère et son futur.

Sanjay Limaye est un co-investigateur de l'instrument VMC et un scientifique associé délégué par la NASA.

### Références

J. Blamont, Vénus dévoilée: Voyage autour d'une planète, ed. O. Jacob, Paris, 1987

### Quelques liens intéressants:

le site de l'ESA : [http://www.esa.int/SPECIALS/Venus\\_Express/index.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Venus_Express/index.html)

un site consacré à l'exploration de Vénus : [http://www.mentallandscape.com/V\\_Venus.htm](http://www.mentallandscape.com/V_Venus.htm)

Les images de Vénus par Galileo : <http://www2.jpl.nasa.gov/galileo/sepo/cruise/venus/venus.html>

Les images de la NASA/JPL : <http://photojournal.jpl.nasa.gov/targetFamily/Venus>

un site éducatif : <http://www.venus.wisc.edu>



# VENUS EXPRESS, BILAN DE DEUX ANNÉES FRUCTUEUSES

Ann C. Vandaele

Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique

*Voilà maintenant deux ans que la sonde européenne Venus Express a été lancée avec succès. Depuis son arrivée à destination le 11 avril 2006, la sonde n'a cessé de révéler les surprises que nous réservait Vénus. Pour ce faire, une série d'instruments les plus performants se sont liés pour nous offrir des mesures depuis le sol de la planète jusqu'aux limites de son atmosphère en interaction constante avec le vent solaire. Ces quelques découvertes remettent en question un certain nombre de faits établis et permettent de mieux comprendre comment deux planètes si semblables à la naissance ont pu connaître une histoire si différente, au point qu'un des scientifiques de la mission dira : « Vénus et la Terre, ce sont deux planètes jumelles, mais séparées à la naissance ».*

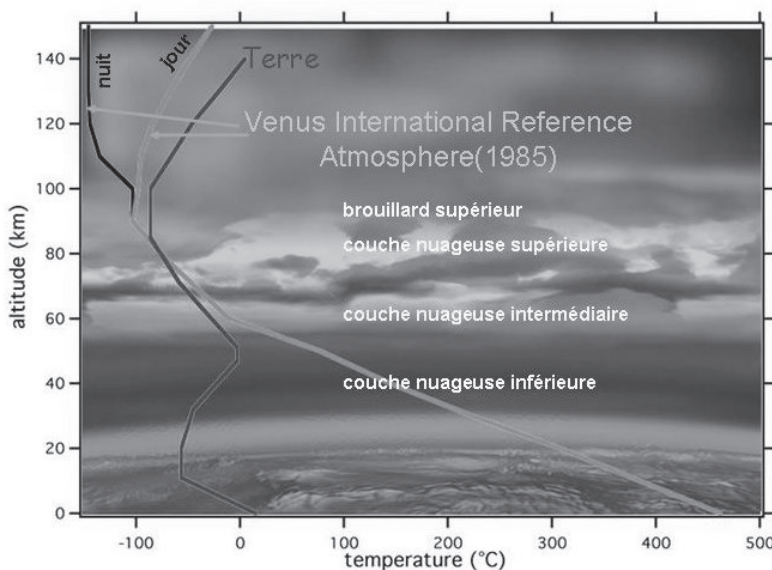
*Cela fait maintenant plus d'un an que la sonde tourne autour de Vénus et que les découvertes s'accumulent. La prestigieuse revue Nature leur a consacré un numéro spécial. Dans la suite de l'article, nous essayerons de résumer les différents résultats et leur implication sur la connaissance que nous avons sur cette planète assez déconcertante qu'est Vénus.*

## Venus Express

Rappelons que la sonde de l'ESA Venus Express fut lancée avec succès depuis le cosmodrome de Baïkonour (voir Ciel et Terre, 121(6), 162-167 (2005)). A son bord, une série d'instruments repris quasi sans modification de la charge utile de Mars Express et de Rosetta. En tout, sept instruments : un spectromètre de Fourier à haute résolution dans l'infrarouge (PFS), un spectromètre imageur dans l'ultraviolet et le proche infrarouge (VIRTIS), un analyseur de plasma et d'ato-

mes neutres à haute énergie (ASPERA), une expérience d'occultation radio (VERA), un magnétomètre (MAG), une caméra à grand angle (VMC) et enfin un spectromètre dans l'ultraviolet et l'infrarouge pour occultations stellaires et solaires (SPICAV/SOIR). En fait, une des rares nouveautés par rapport aux instruments déjà embarqués sur Mars Express, est justement ce petit supplément SOIR rajouté à l'instrument SPICAV. SOIR est un tout nouveau type de spectromètre, le premier de son genre à

être embarqué sur une sonde spatiale. Basé sur un concept imaginé par des équipes franco-russes, il a cependant été entièrement développé en Belgique, à l'Institut d'Aéronomie Spatiale en collaboration avec l'industrie belge. Des scientifiques belges sont en outre également impliqués dans l'expérience VeRa. De tous ces instruments, qui ont depuis montré leurs grandes qualités et performances, seul le spectromètre PFS a posé quelques problèmes. En fait, un obturateur protégeant l'instrument ne s'est jamais ouvert, empêchant ainsi la moindre mesure.



*Figure 1 : Structure de l'atmosphère de Vénus. La température dans la basse atmosphère est beaucoup plus élevée que sur Terre et ne présente aucune variation diurne. Des différences jour-nuit n'apparaissent que au-delà de 100 km d'altitude. Il y fait si froid la nuit, que cette région, normalement dénommée thermosphère, a été appelée cryosphère. Différentes couches de nuages de différents types se superposent et recouvrent quasi entièrement la planète. Crédits: ESA/SPICAV-SOIR Teams*

## Instruments à bord de la sonde Venus Express

Instrument	Description	Paramètres mesurés	Responsable
ASPERA-4	Détection et caractérisation des particules neutres et chargées	Électrons (1eV-20 keV), ions (0,01-36 keV/q), particules neutres (0.1-60 keV)	PI : S. Barabash (IRF, Suède) Co-PI : J.-A. Sauvaud (CNRS, France)
MAG	Magnétomètre à double senseur	Champ magnétique	PI : T. Zhang (IFW, Autriche)
PFS	Spectromètre de Fourier à haute résolution	Spectres dans le domaine 0,9-45 $\mu\text{m}$	PI : V. Formisano (IFSI-INAF, Italie)
SPICAV/SOIR	Spectromètre UV & IR pour occultations stellaires et solaires	Spectres dans les domaines : 110-320 nm, 0,7-1,65 $\mu\text{m}$ , et 2,2-4,4 $\mu\text{m}$	PI : J.-L. Bertaux (SA/CNRS, France) Co-PI : A.C. Vandaele (IASB, Belgique) Co-PI: O. Korabev (IKI, Russie)
VIRTIS	Spectromètre imageur UV, Visible & IR	Spectres dans les domaines : 0,25-5 $\mu\text{m}$ , 2-5 $\mu\text{m}$	PI : P. Drossart (CNRS, France) PI : G. Piccioni (IASF-INAF, Italie)
VeRa	Expérience de radio science	<i>Doppler shift</i> , amplitude et polarisation dans les bandes X et S	PI : B. Häusler (UB, Allemagne) Co-PI : M. Pätzold (UKöln, Allemagne)
VMC	Caméra à grand champ	Images à 365, 513, 965 et 1010 nm	PI : V.J. Markiewicz (MPS, Allemagne)

### Structure de l'atmosphère

Vénus possède une atmosphère riche et complexe. C'est l'atmosphère la plus dense de toutes les planètes telluriques et c'est certainement la clef pour comprendre la planète. Des nuages d'acide sulfurique en suspension s'étendent entre 40 et 60 kilomètres d'altitude (voir Figure 1). La région entre 60 et 100 kilomètres (encore appelée la mésosphère) est une zone de transition entre le sommet des nuages en superrotation rétrograde et la circulation forcée par le Soleil dans la thermosphère (au-dessus de 100 kilomètres). Nous reviendrons plus en détails plus loin dans le texte sur les différentes circulations existant dans l'atmosphère de Vénus.

La structure thermique de l'atmosphère de Vénus, telle que connue jusqu'à présent, est représentée à la Figure 1. Contrairement à la Terre, où de larges variations journalières, saisonnières et latitudinales de température sont observées au niveau du sol, la température dans la basse couche de l'atmosphère de Vénus varie très peu. Vers 60 km d'altitude, la tropopause est caractérisée par un brusque changement du gradient de la température. Commence alors la mésosphère qui se termine vers 100-120 km, altitude au-delà de laquelle les températures diurnes et nocturnes diffèrent grandement. C'est la thermosphère. Cependant les températures observées de nuit sont tellement basses que cette même région est souvent appelée cryosphère.

La mésosphère de Vénus est une région peu connue, tant au niveau de sa structure thermique que de sa composition. En effet, la plupart des sondes antérieures n'ont commencé à enregistrer des données qu'aux alentours de 100 kilomètres d'altitude. Deux instruments, VeRa et SPICAV/SOIR, sont particulièrement bien adaptés pour analyser cette région en détails.

VeRa utilise la méthode dite d'occultation radio, illustrée à la Figure 2, pour obtenir des informations sur l'atmosphère de Vénus. Un signal radio est émis par l'instrument vers la Terre. L'atmosphère dense de la planète induit la courbure du signal et un changement de sa phase. La modification de la trajectoire

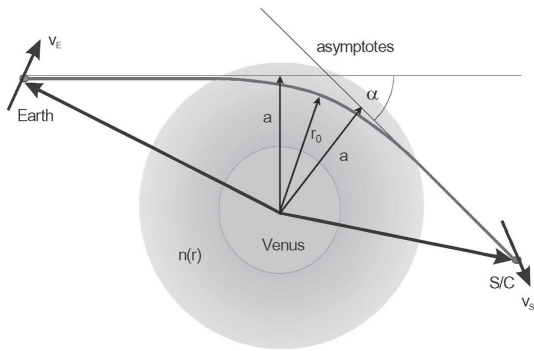


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'une expérience d'occultation radio: le satellite (S/C) envoie un signal radio vers la Terre, celui-ci est dévié à cause de l'atmosphère dense de la planète. La déviation est mesurée par le paramètre  $a$ , encore appelé paramètre d'impact, lié à  $r_0$ , la distance minimale, à  $\alpha$  l'angle de déflexion et à l'indice de réfraction de l'atmosphère. Ce dernier dépend de la composition atmosphérique. Crédits ESA/VeRa Team (J. Pätzold)

du signal est directement reliée à l'indice de réfraction de l'atmosphère. Sur Terre, le signal radio sera mesuré avec un décalage en fréquence, qui dépend d'une part des vitesses relatives du satellite et de la Terre et d'autre part de la propagation du signal à travers l'atmosphère. La mesure précise du décalage en fréquence du signal donne une information directe sur l'indice de réfraction, qui est lui directement dépendant de la densité de l'atmosphère. D'autre part, l'équilibre hydrostatique, c'est-à-dire la relation liant la température, la pression et la densité d'un gaz ou mélange de gaz (la loi des gaz parfaits), est vérifié pour une atmosphère bien mélangée, de sorte que, de la connaissance de la densité, on en déduit une valeur de la température. VeRa permet donc de mesurer avec une grande précision des profils verticaux de la température et de la densité.

VeRa a ainsi déterminé des profils de température pour différentes occultations (dont quelques exemples sont donnés à la Figure 3) et a pu mettre en évidence les différences existant avec le profil de température classiquement admis, mais également l'existence d'une variation en fonction de la latitude. Le résultat le plus étonnant est certainement l'existence d'une couche quasi isotherme juste au-dessus de la tropopause. L'épaisseur de cette couche est maximale près des pôles et dé-

croît vers l'équateur. L'altitude à laquelle apparaît cette couche isotherme dépend elle aussi de la latitude : elle décroît des pôles à l'équateur. De plus on peut y observer toute une série de mini-inversions de température qui doivent correspondre à la structure fine des nuages présents entre 60 et 70 km d'altitude.

L'instrument VeRa est essentiellement sensible entre 30-50 km et 110 km d'altitude, la limite inférieure étant imposée par l'absorption intense par l'atmosphère. Au-delà de 110 km, et en fait déjà à partir de 80 km, il est possible

d'obtenir la température à l'aide des mesures effectuées par l'instrument SPICAV (canal UV). La complémentarité des instruments à bord de Venus Express est ainsi superbement illustrée. En effet, SPICAV effectue des occultations stellaires cette fois, qui permettent non seulement de mesurer la concentration du  $\text{CO}_2$  ou des aérosols en suspension mais également de déterminer la température. Quelques résultats, correspondant à des mesures de la température côté nuit de la planète, sont représentés à la Figure 4. Ils mettent en lumière une nouvelle découverte : l'existence d'une couche chaude dans la cryosphère ! L'atmosphère est plus chaude de 40 à 60 K que ne l'indiquait le modèle actuel de Vénus. Le

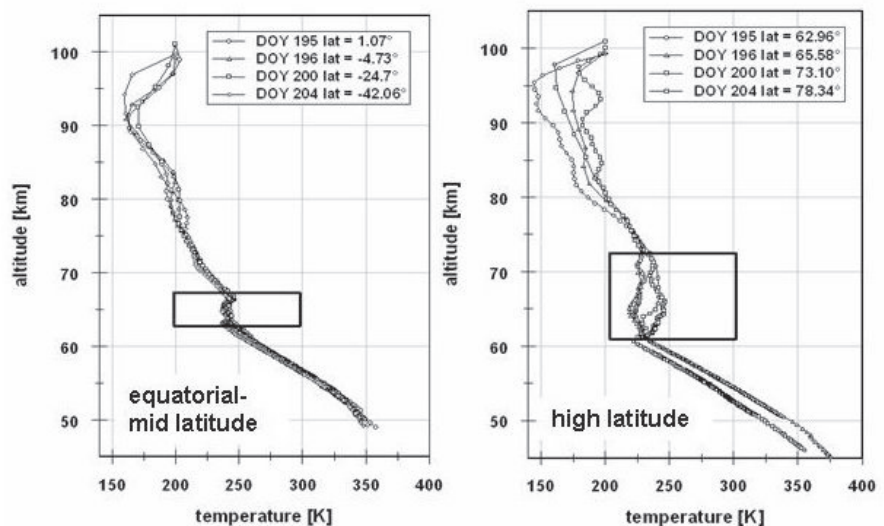


Figure 3 : Profils de température obtenus par l'instrument VeRa à bord de Venus Express pour différentes latitudes. On y voit clairement une zone quasi isotherme dont l'épaisseur et la position varie en fonction de la latitude. Ces profils sont fort différents de ce que laissait penser le modèle d'atmosphère VIRA de Vénus, qui avait été établi en considérant l'ensemble des mesures antérieures à Venus Express. Crédits: ESA/VeRa Team (J. Pätzold)

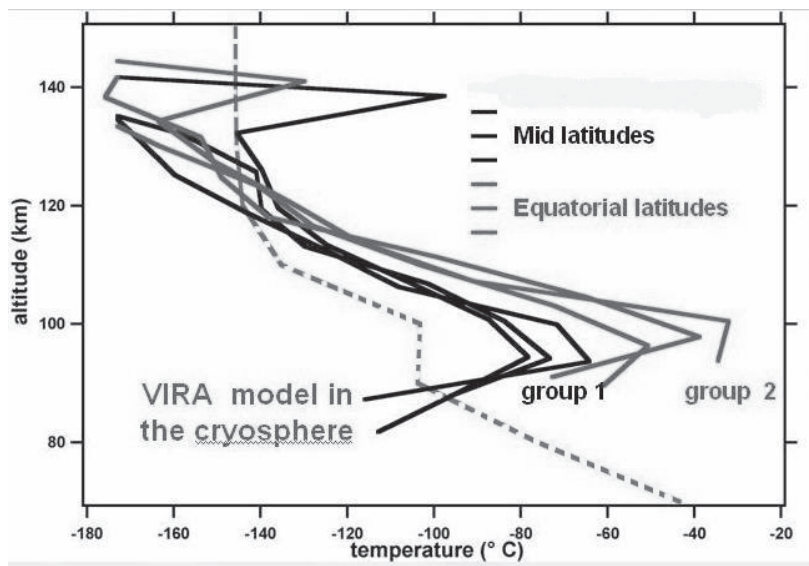


Figure 4 : Profils de température obtenus par occultations stellaires par l'instrument SPICAV (canal UV). Dans ce type de mesure, l'instrument enregistre l'évolution de la quantité de lumière émise par une étoile alors que celle-ci semble se coucher derrière la planète. Ces mesures ont dévoilé l'existence d'une couche chaude dans la cryosphère, que l'on avait cru jusqu'à présent, comme son nom l'indique, très froide. Ces mesures remettent dès lors en question le système de circulation tel qu'on le pensait sur Vénus. Crédits: ESA/SPICAV-SOIR Teams

pic de température observé vers 100 km est, pour l'instant, attribué à un réchauffement adiabatique lors de la subsidence d'air au niveau du point anti-solaire, une conséquence directe donc de la circulation solaire-antisolaire se produisant dans la thermosphère. Cette circulation n'est pas bien reproduite par les modèles actuels de Vénus, bien qu'il existe des preuves d'un transport existant entre le côté nuit et le côté jour et d'un transport vertical descendant du côté nuit (les émissions dues à NO et à O<sub>2</sub>, voir plus loin). Dans les modèles actuels, seules les molécules NO et O<sub>2</sub> subissent un transport vertical, mais pas les molécules de CO<sub>2</sub>. Les mesures réalisées par SPICAV sembleraient indiquer que cela ne soit pas le cas : les molécules de CO<sub>2</sub> participent également au transport produisant ainsi un réchauffement adiabatique de l'air avoisinant. L'existence de ce mouvement descendant du côté nuit sous-entendrait l'existence d'un mouvement ascendant com-

plémentaire se produisant du côté jour.

### Morphologie et dynamique de la couche nuageuse

Vénus est complètement recouverte d'une couche épaisse de nuages, dont la partie supérieure est constituée d'acide sulfurique et d'aérosols de composition encore inconnue. Le sommet des nuages est en super-rotation rétrograde, mais les facteurs responsables de cette grande vitesse sont encore méconnus. La caméra à grand champ (VMC) permet de déterminer les propriétés à petite et grande échelles des nuages, et leurs variations temporelles et longitudinales. Surtout, elle permet une mesure inégalée de la vitesse des vents.

L'orbite particulière de Venus Express (voir

Figure 5) permet d'obtenir à la fois des images globales du pôle Sud et des vues à haute résolution de l'hémisphère Nord. Les images de VMC ont indiqué que la région autour du pôle Sud est extrêmement variable, et ce sur des périodes de temps très courtes (un jour ou moins). Les observations sont la manifestation des mouvements atmosphériques globaux mais peuvent également refléter des modifications des propriétés des aérosols en suspension. Des épisodes pendant lesquels la brillance des régions australes augmentait de plus de 30% ont en effet été observés. La région brillante au-dessus du pôle Sud, habituellement limitée à 55°S, s'étend pendant ces épisodes jusqu'à près de 35°S (voir Figure 6).

Depuis les premières observations réalisées par Pioneer Venus ou Galileo, les marques observées dans le domaine ultraviolet au sommet des nuages ont permis de suivre les mouvements de ceux-ci. Les observations réalisées par la caméra VMC font de même mais offrent en outre les avantages significatifs de pouvoir compter sur un grand nombre d'images prises successivement avec une grande résolution temporelle, de pouvoir étendre les mesures aux moyennes et hautes latitudes qui étaient quasi inaccessibles aux observa-

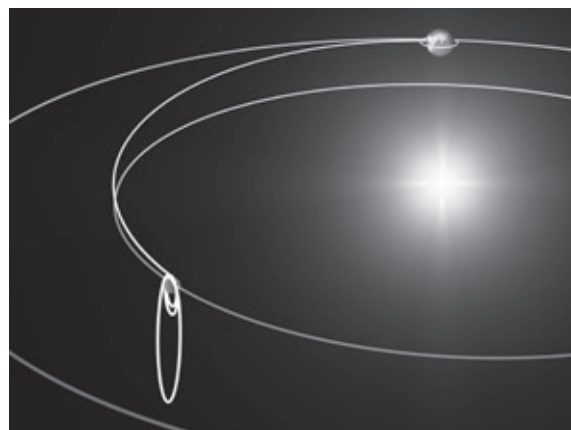


Figure 5: La trajectoire de Venus Express est très elliptique

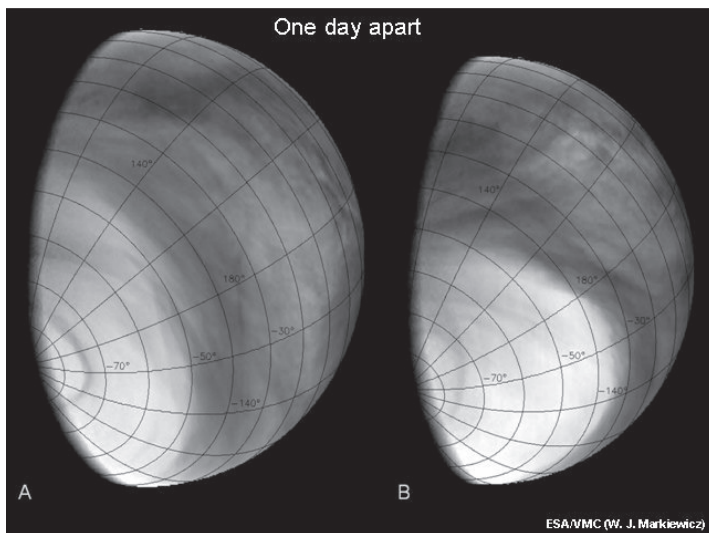


Figure 6 : Images obtenues par la caméra VMC lors de deux orbites successives. Cette caméra à grand champ de vue enregistre des images dans quatre régions spectrales différentes : dans l'ultraviolet (365 nm), le visible (513 nm) et le proche infrarouge (965 et 1010 nm), avec une résolution spatiale de 50 km à 200 m par pixel. Les deux images ci-contre ont été obtenues dans le domaine ultraviolet qui correspond à l'absorption par une espèce mystérieuse non encore attribuée. Le temps caractéristique de la variabilité des nuages est de l'ordre de la journée. En B le vortex polaire s'étend jusqu'à 35° de latitude. Crédits: ESA/VMC (W.J. Markiewicz)

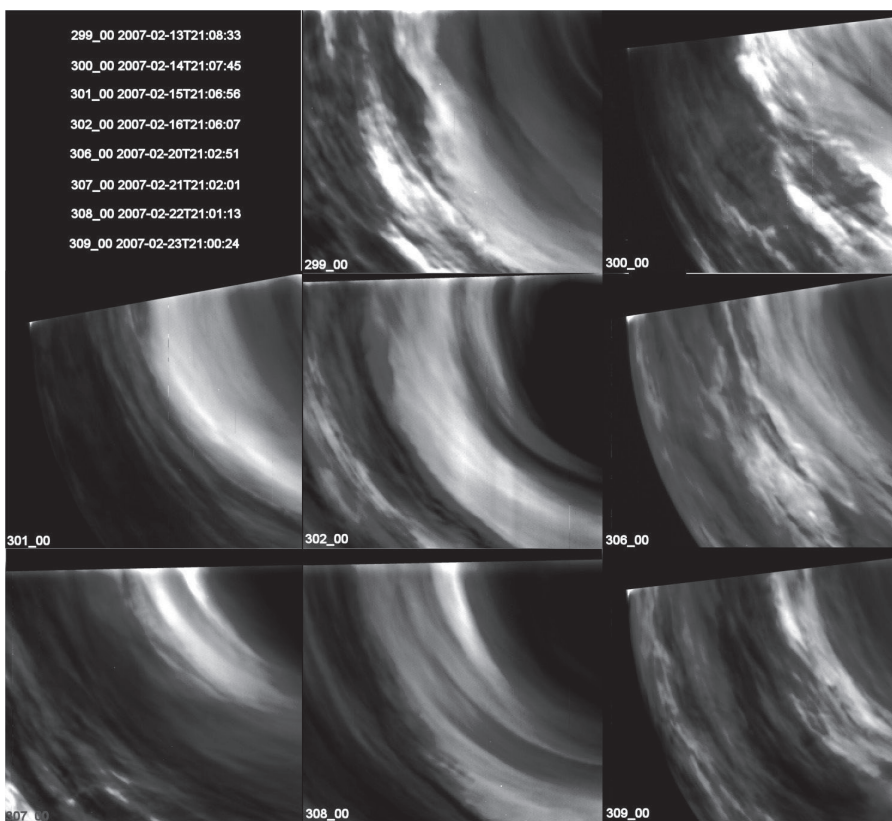


Figure 7: Images du côté nuit obtenues sur des orbites consécutives à l'aide de VIRTIS, en février 2007. Venus Express était éloigné de la planète de distances comprises entre 50 000 et 65 000 km. Le contraste résulte des couches de nuages situées à une altitude de 50 km environ. Le pôle Sud est juste en dehors de l'image dans le coin supérieur droit. Il semblerait que les latitudes moyennes forment une zone de transition entre deux types de circulations. La météorologie de Vénus même dans les couches profondes est fort variable. Les zones brillantes indiquent des régions peu nuageuses, alors que les zones plus sombres révèlent la présence de nuages. Le rayonnement issu des régions inférieures aux nuages est en effet absorbé par les nuages. Crédits: ESA/ VIRTIS/ INAF-IASF/ Obs. de Paris-LESIA

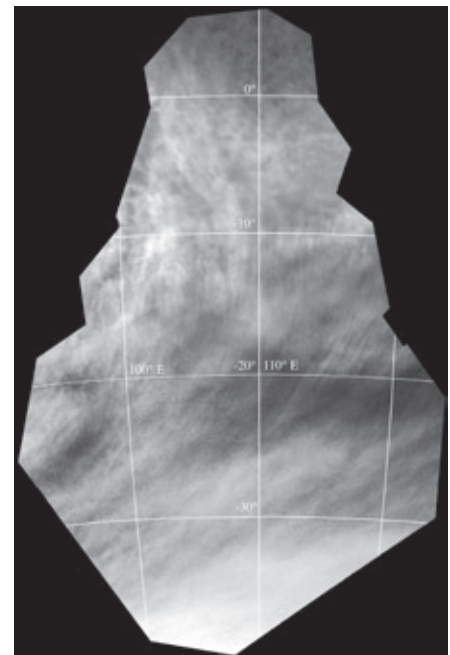


Figure 8: Image mosaïque du sommet des nuages réalisée à partir de plusieurs images obtenues par la caméra VMC dans le domaine ultraviolet le 15 août 2006. On y voit très clairement différents types de structures: des bandes, des trains d'onde et de cellules de convection. L'aspect cotonneux et chaotique visible aux basses latitudes se transforme en structures en bandes vers 15°S, qui correspond à une transition entre deux types de circulations: dynamique, ou dominé par la convection là où le rayonnement solaire est maximum (point subsolaire) et un régime plus régulier quasi en flux laminaire. Crédits: ESA © 2007 MPS/DLR-PF/IDA

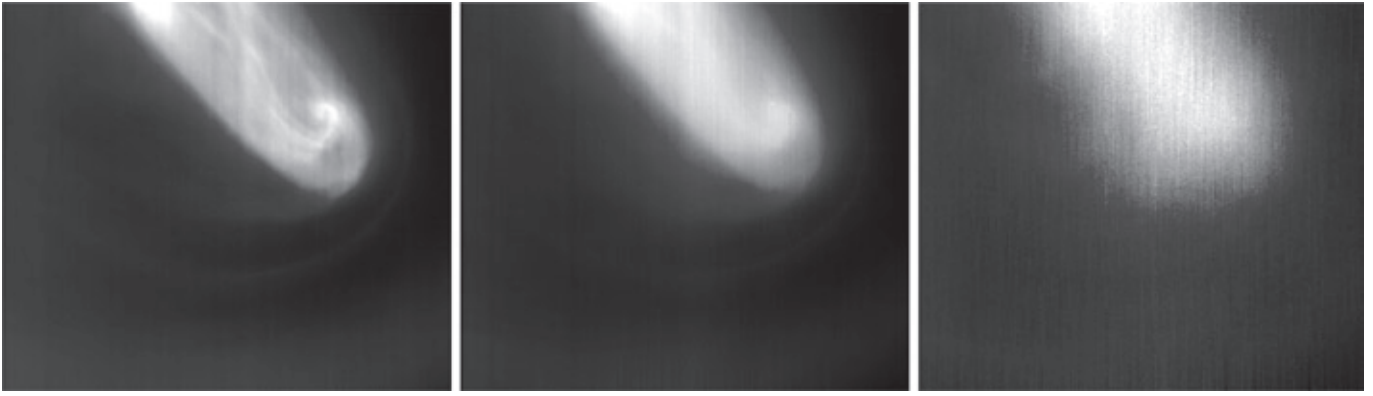


Figure 9 : Ces trois images obtenues le 29 mai 2006 par l'instrument VIRTIS illustrent le vortex présent au pôle Sud de Vénus. Elles correspondent à trois longueurs d'onde différentes qui permettent de sonder des altitudes différentes de l'atmosphère de la planète : à gauche, image à  $5,05 \mu\text{m}$  - 59 km d'altitude, au centre, à  $4,65 \mu\text{m}$  - 60 km, et à droite, à  $4,08 \mu\text{m}$  soit 65 km. Plus la couleur est brillante, plus la quantité de radiation émanant des couches inférieures est grande. Le point le plus brillant correspond au centre du vortex, où le rayonnement des couches les plus profondes est visible. La structure plus sombre entourant la partie centrale brillante fait partie intégrante du vortex et de la circulation en super-rotation. Crédits: ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA

tions précédentes. Les images obtenues depuis le péricentre (situé entre 250 et 350 km de la planète) ont une résolution spatiale de l'ordre de 200 mètres par *pixel*. Sur ces images, on découvre des trains d'onde situés perpendiculairement à la direction des lignes nuageuses, ainsi que des régions de forte turbulence. La morphologie des nuages est dominée par des cellules de petite taille. Ces cellules sont, pense-t-on, des cellules de convection. Elles sont plus nombreuses en début d'après-midi, mais apparaissent également nombreuses le matin au niveau du point subsolaire. Ces cellules s'étendent

horizontalement sur environ 20 km et verticalement sur une dizaine de kilomètres entre 57 et 67 km d'altitude. Elles sembleraient donc beaucoup plus petites que ce que l'on pensait. La région subsolaire, dans laquelle Vénus absorbe la plus grande partie du rayonnement solaire, serait constituée d'une multitude de cellules de convection peu profondes limitées à la moyenne atmosphère et laissant une couche stable en dessous. Reste dès lors à expliquer comment cette énergie est redistribuée aux autres couches de l'atmosphère, notamment aux couches où se produit la super-rotation.

### Vortex polaires

La présence d'un vortex situé au pôle Nord de Vénus avait déjà été mentionnée par les missions précédentes. La structure est entourée par un anneau d'air froid circulant autour du vortex. La question de savoir si un tel phénomène existait également au pôle Sud a été résolue par l'instrument VIRTIS. Ce dernier mesure l'intensité de radiation émise par la planète correspondant aux longueurs d'onde comprises entre 0,3 et 5  $\mu\text{m}$ . Le domaine 3-5  $\mu\text{m}$  est plus particulièrement sensible à la température et aux variations de l'opacité des nuages. Les observations (Figure 10) réalisées dans ce domaine spectral indiquent la présence d'un double vortex, une structure en 'S', ou encore un dipôle ayant deux centres de rota-

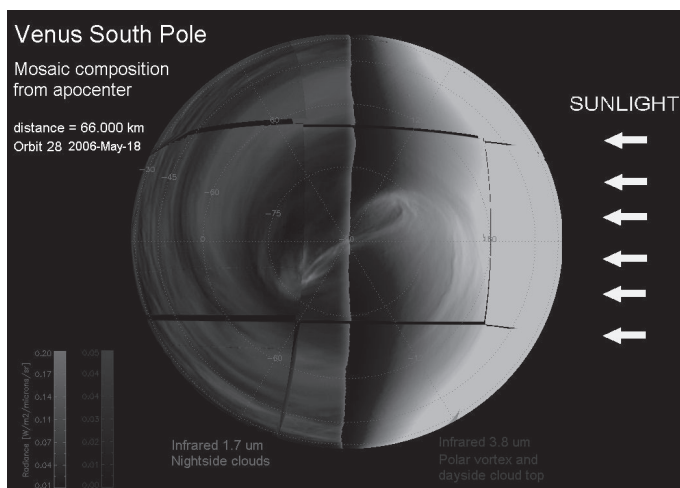
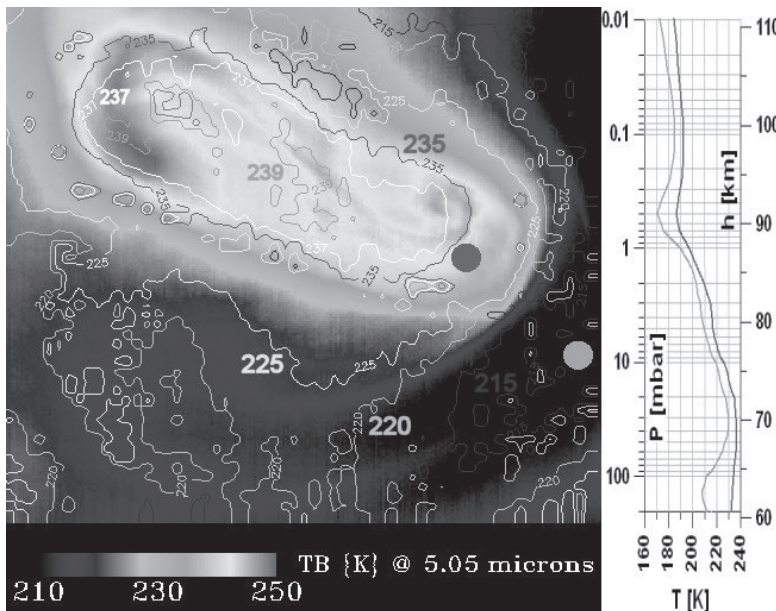


Figure 10 : Vue générale de Vénus obtenue à partir d'une série d'images enregistrées par VIRTIS, le 18 mai 2007 à une distance de 66 000 km de la planète. L'image de droite a été obtenue à  $3,8 \mu\text{m}$  et celle de gauche à  $1,7 \mu\text{m}$ . Elles correspondent respectivement aux côtés jour et nuit, sondés à 60 km et 45 km. La structure à deux yeux est bien visible au centre de l'image. Crédits: ESA/VIRTIS-VenusX IASF-INAF, Observatoire de Paris (A. Cardesin Moinelo, IASF-INAF)



tion, entouré d'un anneau plus froid, finalement assez semblable à ce qui avait été observé au pôle Nord. Le gradient horizontal de température est maximum vers 60 km d'altitude, qui correspond à l'altitude minimale sondée à 5  $\mu\text{m}$ ) : on mesure une température de l'ordre de 250 K au centre du vortex, alors que la température est de l'ordre de 210 K en dehors. La variation de température dans et aux alentours du vortex est illustrée à la Figure 11, dans laquelle on a également reporté deux profils verticaux de température dans et hors vortex.

La structure en double S n'est pas toujours observée, parfois elle se réduit à une structure ovale moins contrastée. Cette structure s'étend sur une surface de 2700 km sur 890 km, environ, et en altitude culmine vers 70 km et descend jusqu'à une cinquantaine de kilomètres, peut-être moins. Le centre du dipôle tourne autour du pôle. D'après une série de mesures effectuées pendant 45 jours successifs, la vitesse de rotation du vortex a été estimée à environ 2,5 jours, dans le même sens que la planète et l'atmosphère en super-rotation. Cette rotation semble plus rapide que celle mesurée (pour le pôle Nord) par la sonde Pioneer Venus

en 1979 et pourrait être due à une dissymétrie hémisphérique. Cependant les variations temporelles semblent être également importantes. Ces variations peuvent être dues à des effets extérieurs tels que l'ensoleillement, ou peuvent être une indication d'une instabilité dynamique de la circulation atmosphérique. La région sur laquelle s'étend le vortex polaire est en général très nuageuse, même si de temps à autre apparaissent des trous qui permettent de sonder les couches plus profondes.

En comparant des mesures réalisées à deux longueurs d'onde différentes (1,74 et 2,3  $\mu\text{m}$ ), les scientifiques ont pu comparer les atténuations dues aux nuages et en déduire leur composition, qui est compatible avec de l'acide sulfurique.

### Dynamique de la haute atmosphère

La haute atmosphère d'une planète est une région de transition, siège d'échanges d'énergie entre l'atmosphère plus profonde et l'espace. Ces transports peuvent être mis en évidence sur Vénus par l'étude de phénomène d'émission de rayonnement ayant lieu à ces altitudes (90-120 km). Les observations réalisées antérieurement, depuis le sol ou l'espace, avaient

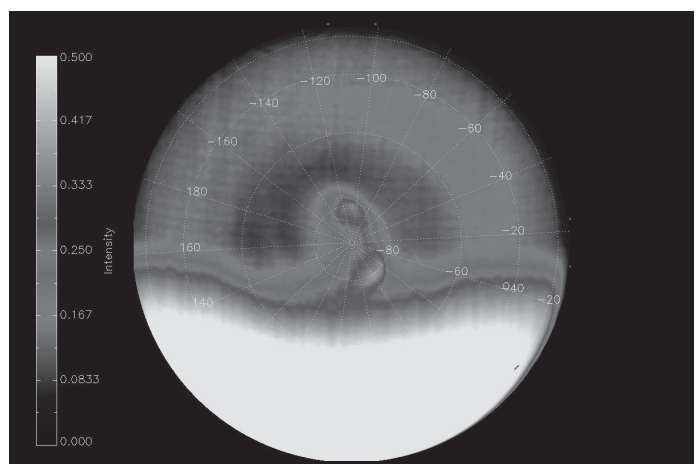


Figure 12 : Image en fausses couleurs obtenue par VIRTIS le 12 avril 2006 durant la première orbite de capture, enregistrée à 5  $\mu\text{m}$  à 210 000 km de la planète. L'image a été recentrée autour du pôle Sud. On y voit le double vortex et le terminateur, cette ligne qui sépare les côtés nuit (en haut de l'image) et jour (en bas). On observe également la présence d'un anneau froid autour du vortex. Crédits: ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA

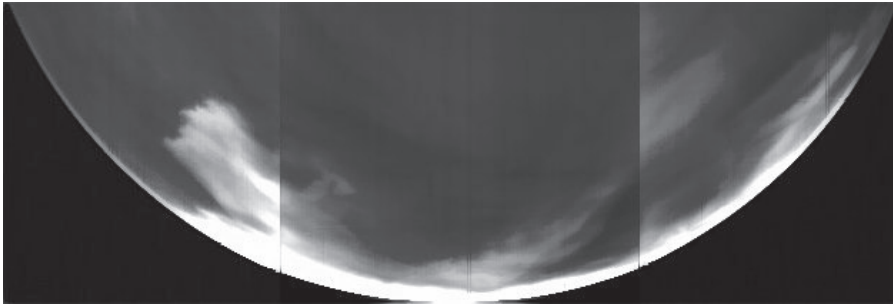


Figure 13 : Image composée obtenue par VIRTIS en juillet 2007 et d'une distance de 65 000 km de la planète. Elle montre la luminescence de l'oxygène à 1,27  $\mu\text{m}$ , un phénomène observable dans la haute atmosphère du côté nuit de la planète. Crédits: ESA/VIRTIS-VenusX IASF-INAF, Observatoire de Paris (G.Piccioni, IASF-INAF)

déjà révélé que la photochimie et des processus dynamiques contrôlaient la structure de cette région. L'instrument VIRTIS a observé deux types d'émissions, dues à  $\text{CO}_2$  et à  $\text{O}_2$ . En fait, l'instrument peut suivre l'évolution de la bande d'émission du  $\text{CO}_2$  localisée à 4,3  $\mu\text{m}$ , ainsi que celles du  $\text{CO}$  (4,6  $\mu\text{m}$ ) et de  $\text{O}_2$  (1,27  $\mu\text{m}$ ). Les émissions dues au  $\text{CO}_2$  et au  $\text{CO}$  se produisent en conditions dites de non équilibre thermodynamique local. Ce type d'émission existe dans les hautes couches de l'atmosphère, entre 90 et 140 km d'altitude, où les pressions et les densités moléculaires sont faibles, de sorte que les collisions sont plus rares. Une molécule se trouvant dans un état excité aura le temps d'émettre un photon avant que les collisions ne rétablissent l'équilibre thermique. Les observations de VIRTIS ont été réalisées au limbe, c'est-à-dire traversant l'atmosphère tangentielllement, et au nadir, soit en pointant l'instrument vers la surface de la planète. Le premier type de mesure permet une grande résolution verticale, alors que le second donne lieu à l'élaboration de cartes en deux dimensions. Ils sont donc complémentaires. L'orbite fortement excentrique de Venus Express (Figure 5) permet une cartographie précise de l'hémisphère Sud, du côté jour et du côté nuit. Un pixel de VIRTIS correspond à une résolution spa-

tiale de 15 km sur Vénus lorsque les mesures sont prises depuis l'apocentre (66 000 km).

Les différences entre les émissions dues au  $\text{CO}_2$  entre le côté nuit et le côté jour montrent un important accroissement de la bande à 4,3  $\mu\text{m}$  aux hautes altitudes. L'existence d'un pic d'émission est la conséquence de deux effets antagonistes, à savoir l'augmentation de la densité de molécules avec la profondeur (et donc

l'augmentation du nombre de molécules potentiellement impliquées) et l'augmentation du nombre de collisions qui rétablissent l'état d'équilibre thermique. L'altitude et l'amplitude du pic d'émission sont donc directement en relation avec la structure de l'atmosphère et les processus dynamiques qui s'y déroulent.

D'autre part l'émission à 1,27  $\mu\text{m}$  due à  $\text{O}_2$  a été observée du côté nuit. La luminescence due à  $\text{O}_2$  est produite par une recombinaison d'atomes d'oxygène  $\text{O}$ , formés du côté jour par la photodissociation du  $\text{CO}_2$  et du  $\text{CO}$  (Figure 14). Ces atomes d'oxygène sont transportés du côté nuit par la circulation solaire-antisolaire. La plupart des molécules  $\text{O}_2$  alors formées sont dans un état excité, et vont émettre un photon lors de leur dé-excitation. C'est ce photon qui est observé. L'altitude du pic d'émission due à la recombinaison des atomes d'oxygène est contrôlée par le transport vertical et les processus de recombinaison,

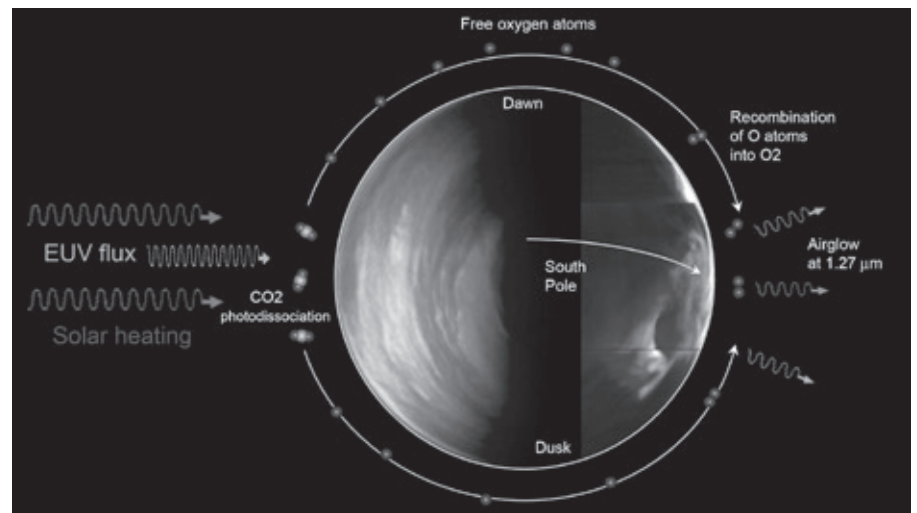


Figure 14 : Image reproduisant le schéma de principe de la production de la luminescence de l'oxygène sur Vénus : aux hautes altitudes du côté jour de Vénus, le flux solaire UV 'casse' les molécules de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) présent en très grandes quantités dans l'atmosphère, libérant des atomes d'oxygène. Ceux-ci sont transportés par la circulation atmosphérique sub- et anti-solaire du côté nuit de la planète. Les atomes migrent vers des altitudes moindres où ils se recombinent pour former l'oxygène moléculaire. Ce faisant ils émettent un rayonnement correspondant à une longueur d'onde bien particulière. Crédits: ESA/VIRTIS-VenusX IASF-INAF, Observatoire de Paris (R.Hueso, Univ. Bilbao)



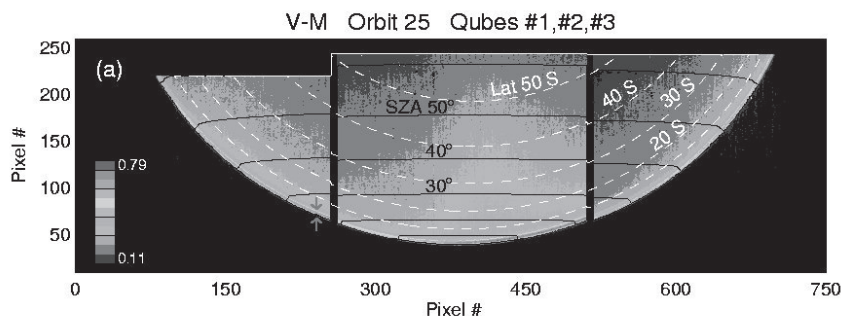


Figure 16 : Mozaïque réalisée à partir d'observations de VIRTIS à  $4,33 \mu\text{m}$  en mai 2006, représentant l'émission due au dioxyde de carbone. La brillance est fonction de l'intensité du phénomène, en relation directe avec la densité. Credits: ESA/VIRTIS-VenusX IASF-INAF, Observatoire de Paris (M. Lopez-Valverde, IAA)

tandis que l'amplitude du pic est proportionnelle au flux descendant des atomes d'oxygène. La luminescence due à  $\text{O}_2$  connaît une grande variabilité spatiale et temporelle.

### Vents et circulation

La vitesse et la direction des vents sur Vénus sont déduites des images de la planète obtenues dans le domaine ultraviolet, qui mettent en évidence la présence des nuages et de zones où l'absorption de rayonnement UV est accrue. En suivant des structures spécifiques sur ces images au cours du temps, on peut déduire la vitesse des vents au sommet de la couche nuageuse (environ 70 km). L'évolution de la composante est-ouest des vents en fonction de la latitude indique des valeurs quasi constantes entre 90 et 100 m/s aux basses latitudes ( $< 40^\circ$ ). Par contre au-delà, la vitesse des vents décroît très rapidement d'autant plus qu'on se rapproche des pôles. En termes de période de rotation, on passe de 5 jours au niveau de l'équateur à 3 jours vers  $80^\circ\text{S}$ .

La circulation atmosphérique de Vénus présente des différences sensibles par rapport à celle de la Terre, et ce en raison de deux facteurs : la très faible vitesse de rotation de la planète et l'ab-

sence d'inclinaison sur le plan de l'écliptique (et donc l'absence de saisons).

Les résultats combinés obtenus à l'aide des différents instruments à bord de Venus Express ont permis d'affiner nos connaissances des processus de circulation au sein de l'atmosphère de Vénus (voir Figure 17). Trois grands régimes sont clairement présents au niveau de la basse et moyenne atmosphère, avec une météorologie dominée par la convection et des phénomènes d'ondes planétaires aux basses latitudes, une transition abrupte vers une circulation plus douce et en bandes des moyennes aux hautes latitudes, ces dernières se terminant vers  $30^\circ$  des pôles, où un anneau d'air froid entoure une grande structure de type vortex s'étendant sur plusieurs milliers de kilomètres. L'anneau circum-polaire semble indiquer la limite de la circulation de Hadley, qui est due au chauffage des masses

d'air au niveau de l'équateur où se concentre l'énergie solaire reçue par la planète et au déplacement de ces masses d'air vers les pôles. A la différence de la Terre, la circulation méridionale semble n'être constituée, au niveau des nuages, que d'une seule cellule dans chaque hémisphère.

La mésopause à 100-120 km d'altitude représente elle aussi une limite entre deux types de circulation, cette fois-ci la verticale. La prédominance de la super-rotation zonale dans la basse atmosphère est remplacée par une circulation solaire-antisolaire dans la thermosphère, comme l'ont montré les mesures de l'émission due à  $\text{O}_2$ . Ces émissions semblent très variables avec un maximum aux alentours du point antisolaire au niveau de la mésopause. Des températures mésosphériques élevées sont observées de nuit, produites par un réchauffement adiabatique de l'air emporté par la branche descendante de la circulation solaire-antisolaire.

Les mesures dans l'infrarouge, qui permettent de sonder les cou-

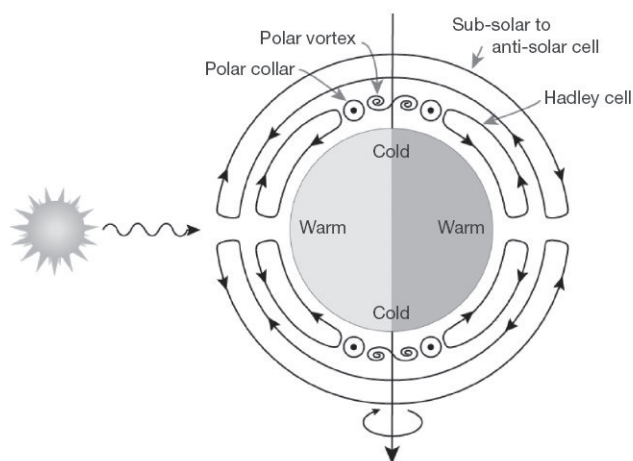


Figure 17 : Ce schéma représente la circulation générale sur Vénus. La caractéristique principale est une cellule de Hadley qui s'étend depuis les régions équatoriales jusqu'à environ  $60^\circ$  de latitude dans chaque hémisphère. Un anneau froid est observé vers  $70^\circ$  de latitude entourant une structure de vortex double très stable. Credits: R.Hueso, Univ. Bilbao

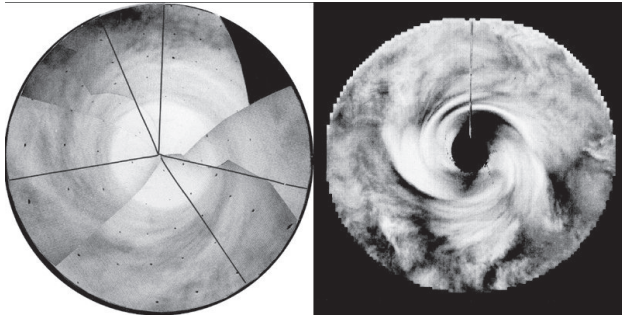


Figure 18 : Vues réalisées par Mariner 10 (à gauche) et Pioneer Venus (à droite) du pôle Sud de la planète. Ce furent les premières images des tempêtes faisant rage autour du pôle sud. Crédits: NASA

ches situées à 50 km d'altitude, ont montré que, du côté nuit, un cisaillement vertical du vent de l'ordre de 3 m/s/km existait aux latitudes inférieures à 50°, mais disparaissait au-delà. Les profils des vitesses des vents sur Vénus semblent suivre en première approximation les lois dictées par l'hypothèse cyclostrophique, qui postule un équilibre entre le gradient de pression et la force centrifuge dans un flux zonal. C'est, comme prévu, à l'opposé de ce qui se passe sur Terre où l'équilibre géostrophique est réalisé, dominé par les forces de Coriolis produites par la rapide rotation de la Terre.

## Composition chimique de l'atmosphère

Ici encore, la complémentarité existant entre les différents instruments de Venus Express permet une analyse fine de la composition chimique de l'atmosphère de Vénus, et ce depuis la surface jusqu'à la thermosphère.

Dans la basse atmosphère, le résultat le plus remarquable est sans conteste la mesure de la distribution de CO, qui montre une grande variabilité latitudinale, bien plus grande que celle observée pour d'autres espèces en trace dans l'atmosphère telles que la vapeur d'eau. Avec une source

importante située dans la haute atmosphère (la photodissociation du CO<sub>2</sub> sous l'action du Soleil) et des processus de destruction localisés au niveau des nuages et de la surface, il apparaît que CO peut être considéré comme un excellent traceur des phénomènes dynamiques au sein de l'atmosphère. VIRTIS a révélé l'existence du maximum bien défini de l'abondance de CO à une latitude de 60°, près de la limite extérieure de l'anneau froid en-

tourant le vortex. Ce serait une indication de la limite physique de la cellule de Hadley existant entre l'équateur et les régions sub-polaires (voir Figure 17). Les autres espèces semblent être dispersées de manière plus homogène sur l'entièreté du globe.

L'instrument SOIR, faisant partie de l'ensemble SPICAV/SOIR, est un spectromètre à haute résolution qui permet également la détection d'espèces en trace dans l'atmosphère vénusienne. L'instrument réalise des occultations solaires, c'est-à-dire observe des levers et des couchers de Soleil au travers l'atmosphère de Vénus. Cette technique permet d'obtenir des renseignements sur

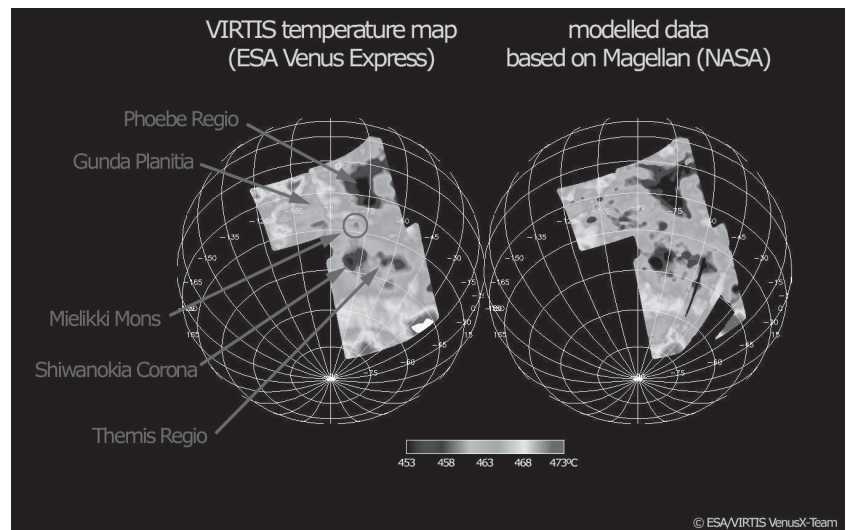


Figure 19 : Carte des températures de l'hémisphère Sud. VIRTIS a utilisé des fenêtres spectrales de l'atmosphère de Vénus, correspondant à des longueurs d'onde de rayonnement non absorbé par la dense atmosphère de la planète. Ce rayonnement est donc une signature de ce qui se passe en dessous des nuages au plus près de la surface et correspond à l'émission thermique de cette dernière. Ces mesures ont été réalisées en août 2006 au-dessus des régions Themis et Phoebe et révèlent des variations de températures de l'ordre de 30 K entre les plaines et les sommets des montagnes. Themis est un haut plateau situé à 270° de longitude Est et 37 latitude Sud. C'est une région qui a connu un volcanisme important. Sur Vénus il n'y a pas de variation de températures diurnes: la chaleur est confinée sous la couche nuageuse et l'atmosphère riche en CO<sub>2</sub>. La principale variation de température est due aux variations topographiques. De même que sur Terre les sommets de montagnes sont plus froids que les plaines avoisinantes. A droite sont reproduites les températures telles que déduites de la topographie relevée par Magellan. La comparaison avec les mesures directes de la température permettra de mettre en évidence sur la surface des points chauds témoins d'une activité volcanique. Crédits: ESA/VIRTIS-VenusX Team, NASA

la composition de l'atmosphère avec une très grande résolution spatiale verticale. Ont ainsi pu être détectés HF, HCl, CO, H<sub>2</sub>O et HDO, sans compter CO<sub>2</sub>. La détermination de ces espèces est primordiale pour la compréhension des processus tant chimiques que dynamiques existant au sein de l'atmosphère de Vénus. La mesure simultanée de la vapeur d'eau H<sub>2</sub>O et d'un de ses isotopologues HDO permet en outre d'apporter un nouvel éclairage sur l'histoire de l'eau sur Vénus et l'importance de l'effet de serre ayant sévi sur cette planète. Ces mesures vont permettre de mieux caractériser les processus d'échappement qui ont été à l'origine de la disparition de l'eau sur Vénus. Il est en effet convenu que l'eau, présente en abondance sur la planète dans le passé, l'a toujours été sous sa forme gazeuse, Vénus étant légèrement plus proche du Soleil. La vapeur d'eau a atteint des altitudes telles que, sous l'action du Soleil, la molécule est dissociée en un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène. Ces derniers, très légers, ont pu s'échapper vers l'espace. Nous pouvons affirmer cela en comparant les concentrations relatives des atomes H et D. L'atome d'hydrogène H est constitué d'un proton et d'un électron, alors que son isotope, le deutérium D, possède un proton et un neutron dans son noyau, en plus de l'électron. Le deutérium est donc deux fois plus lourd que H et pourra s'échapper moins vite. Sur Terre le rapport entre les abondances de H et D (H/D) est de 1000 pour 1, alors que sur Vénus ce rapport est beaucoup plus faible. On estime, et les mesures réalisées par SOIR l'ont confirmé, que le rapport D/H sur Vénus est 150 fois plus élevé que celui sur Terre.

## L'ionosphère

L'absence d'un champ magnéti-

que interne sur Vénus a comme conséquence que le vent solaire interagit directement avec la haute atmosphère, induisant des distributions d'énergie et des densités d'électrons fort différentes de celles rencontrées sur Terre. Les mesures actuelles ont été réalisées alors que le Soleil est dans une période d'activité minimale et sont donc complémentaires des mesures réalisées en son temps par la sonde Pioneer Venus qui correspondaient à un maximum de l'activité solaire. Des photoélectrons ayant typiquement une énergie de 22-28 eV sont mesurés in situ lorsque le satellite, étant à son péricentre (250-300 km), passe au travers de l'ionosphère. En dessous de cette altitude, la distribution verticale de la densité d'électrons peut être déterminée grâce à des mesures en occultation radio par l'instrument VeRa. Ces mesures indiquent une limite stable de l'ionosphère vers 120 km. La densité d'électrons est maximale ( $4 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ ) vers 140 km d'altitude et une limite supérieure de l'ionosphère très dynamique est observée.

L'instrument ASPERA-4 a établi pour la première fois la composition des ions, s'échappant de l'atmosphère : après H<sup>+</sup>, le principal ion est O<sup>+</sup>. Ceci est contraire à ce qui est observé sur Mars, où le plasma est composé d'un mélange formé d'environ la même quantité de O<sup>+</sup>, O<sub>2</sub><sup>+</sup> et CO<sub>2</sub><sup>+</sup>. C'est le résultat de la valeur plus élevée de l'accélération gravitationnelle sur Vénus, qui a tendance à retenir les ions plus lourds tels que le CO<sub>2</sub><sup>+</sup>. Des flux importants de He<sup>+</sup>

ont également été notés. Les ions d'oxygène et d'hydrogène sont formés par la dissociation des espèces neutres, telles que l'eau, par le rayonnement ultraviolet du Soleil. Le taux d'échappement est plus grand sur Vénus que sur Terre, non seulement parce que la planète est plus proche du Soleil, mais aussi parce qu'aucun champ magnétique ne la protège du vent solaire. Ces processus ont dû éliminer de grandes quantités d'eau de l'atmosphère de Vénus au cours des quelques premiers milliards d'années de son existence. L'utilisation combinée de différents instruments à bord de Venus Express devrait permettre d'estimer avec précision la quantité d'eau originelle que possédait la planète.

## Les éclairs

Pendant longtemps l'existence d'éclairs sur Vénus est restée controversée. La sonde Pioneer Venus a enregistré un grondement quasiment permanent que

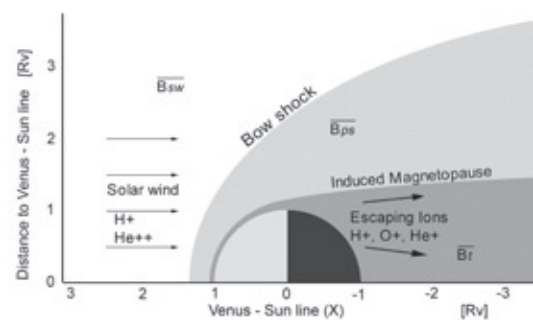


Figure 20 : Deux instruments à bord de Venus Express, MAG et ASPERA, ont permis d'effectuer une série de mesures qui ont mené à la détermination de l'onde de choc (bow shock) et de la magnétopause, définissant ainsi trois régions distinctes: le vent solaire non perturbé, la plasmagaine, et enfin la magnétopause induite. Les ions d'oxygène sont observés en grande concentration au niveau du terminateur et en plus faibles concentrations dans la traînée, indiquant que la source émane d'une région bien spécifique. Les ions He<sup>+</sup> ont un comportement similaire, alors que H<sup>+</sup> est réparti de manière plus homogène autour de la planète. Crédits: ESA

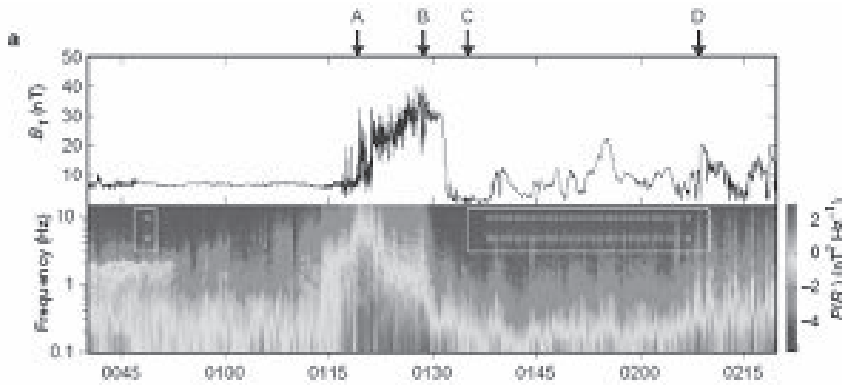


Figure 21 : Résultats de mesures effectuées le 17 mai 2006 par l'instrument MAG. La partie supérieure de l'image représente l'amplitude du champ magnétique et la partie inférieure le spectre de puissance dynamique, en fonction du temps universel (en heures:minutes). Ce genre de données permet de déceler certaines caractéristiques de l'interaction existant entre l'ionosphère de Vénus et le vent solaire. Le satellite traverse le front d'onde de choc (« bow shock ») du côté jour où le champ magnétique croît (point A). Venus Express se déplace alors au travers du plasma de la magnétogaine du côté nuit et traverse la magnétopause (en B) pour atteindre le point d'approche minimale (en C). Ces mesures ont permis de déterminer précisément la position de l'onde de choc, la région qui sépare le vent solaire non perturbé de celui influencé par la présence de la planète. C'est une frontière très nette présente sur toutes les planètes. Au-delà de l'onde de choc, le vent solaire s'écoule autour de la planète et est dévié sous l'action des particules ionisées de l'atmosphère. Avant Venus Express, les scientifiques ne savaient pas si le vent solaire atteignait l'atmosphère au cours d'un minimum solaire. MAG a montré qu'il était dévié quasi dans sa totalité. La planète est protégée par le champ magnétique induit par le vent solaire lui-même. Ces mesures ont en outre permis la détermination de la position de la magnétopause de Vénus. Crédits: ESA / MAG team

l'on a attribué au tonnerre, gronde- ment constant causé par l'atmosphère vénusienne très dense qui augmente la propagation du son. La sonde Cassini-Huygens survola à deux reprises Vénus avant de s'éloigner vers Saturne, et enregistra toutes les émissions provenant de Vénus afin de déceler d'éventuelles décharges électriques. Mais absolument rien ne fut détecté. Trois hypothèses sont actuellement admises : soit il n'y a finalement pas d'éclairs d'orage dans l'atmosphère de Vénus, soit ils sont cent fois plus faibles que sur Terre (et n'ont donc pas pu être enregistrés), soit ils sont extrêmement rares et ne se sont pas produits lors des survols de la sonde.

Venus Express permettent aux scientifiques de mieux comprendre les processus mis en œuvre sur Vénus. La mission, estimée positive par l'ESA, a déjà été prolongée. La sonde a assez d'énergie pour tenir jusqu'en 2013. Dans un avenir proche son orbite sera en outre légèrement modifiée de sorte à diminuer la distance de son apocentre. De plus, le satellite japonais Planet-C est attendu autour de Vénus vers 2011, et on ne peut qu'espérer que la combinaison des deux plate-formes permettra d'enregistrer de nouvelles données sur cette planète assez étonnante qu'est Vénus.

Des ondes de sifflements, qui peuvent être considérées comme une preuve de l'existence d'éclairs, ont été détectées par l'instrument MAG à bord de Venus Express, et ce au cours de 10% des passages au péricentre. Ces résultats indiquent un taux d'éclairs équivalent à la moitié de celui existant sur Terre. Les éclairs peuvent représenter une source d'énergie non négligeable et jouent un rôle certain dans la chimie de l'atmosphère, en tout cas sur Terre. Il pourrait donc en être de même sur Vénus.

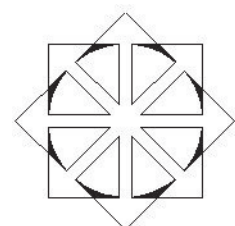
## Conclusions

On l'a vu les résultats apportés par les instruments à bord de

Pour en savoir plus:

Numéro spécial de Nature :  
<http://www.nature.com/nature/focus/venusexpress/index.html>  
 où l'on peut trouver le texte complet des neuf articles sur lesquels se base notre article

Site de l'ESA:  
[http://www.esa.int/SPECIALS/Venus\\_Express](http://www.esa.int/SPECIALS/Venus_Express)



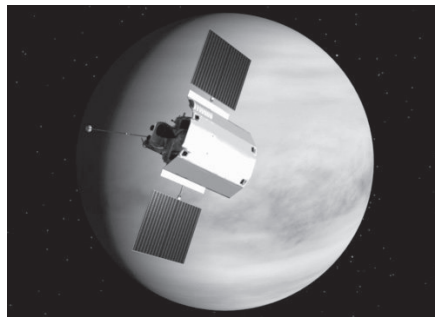
# VENUS EXPRESS ET MESSENGER S'ALLIENT POUR OBSERVER VÉNUS

Ann C. Vandaele

Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique

Le 5 juin 2007, la sonde américaine Messenger de la NASA, en route pour Mercure, a survolé Vénus pour la seconde fois, à seulement 340 km de la surface de la planète. Les scientifiques de la mission en ont profité pour tester certains des instruments embarqués. Ces observations, combinées avec celles réalisées par les instruments de Venus Express, vont permettre de comparer les données prises presque au même endroit, presque au même moment, par deux sondes différentes. Le tandem spatial a en outre été complété par un réseau de mesures terrestres.

Messenger (MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging) a été mis en orbite depuis Cap Canaveral en Floride le 3 août 2004. De retour vers la Terre un an plus tard pour une poussée gravitationnelle, elle survole ensuite Vénus par deux fois, en octobre 2006 et en juin 2007. Trois survols de Mercure, chacun suivi environ deux mois plus tard, d'une manœuvre de cor-



Lors de son approche, Messenger est resté dans l'ombre de la planète pendant 20 minutes, et, en absence d'énergie solaire, elle a utilisé avec succès pour la première fois sa batterie interne. Mais, les instruments scientifiques ont eux aussi été testés avec succès.

rection de trajectoire, mettront Messenger en bonne position pour son insertion sur son orbite finale autour de Mercure en mars 2011. Lors des survols, prévus en janvier 2008, octobre 2008 et septembre 2009, Messenger cartographiera quasi l'entièreté de la planète et effectuera des mesures de la composition de la surface, de l'atmosphère et de la magnétosphère. Messenger sera la première sonde à renvoyer des images de Mercure depuis 30 ans et surtout la première à se mettre en orbite autour de la planète la plus proche du Soleil.

Pour la sonde, le passage près de Vénus est une répétition générale des survols futurs de Mercure.

La géométrie particulière de l'orbite de Venus Express et la trajectoire de Messenger (voir Figure 1) n'ont malheureusement pas permis le sondage d'exactly la même région de Vénus par les deux plate-formes. Au moment où Messenger a été au plus près de la planète, il en était séparé de 337 km juste au-dessus du point situé 12,25°S- 165°E sur Vénus. A ce moment, Venus Express était caché derrière Vénus, mais des observations de la région sondée par Messenger ont été réalisées avant et après son passage. Les scientifiques ont pu ainsi comparer des observations pas trop distantes temporellement. En fait, les scientifiques ont utilisé des simulations informatiques basées sur l'ensemble des don-

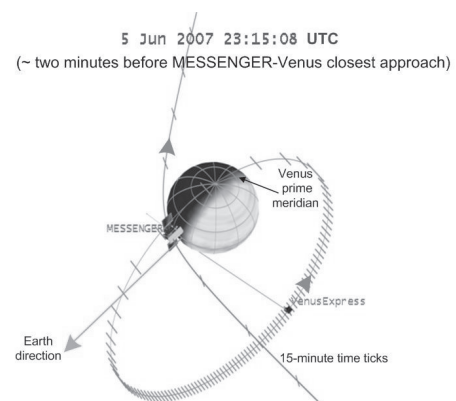
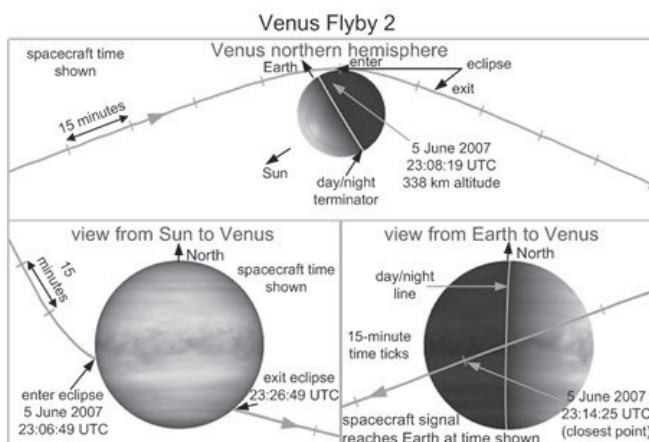


Figure 1 : Venus Express de l'ESA en orbite autour de Vénus depuis le 11 avril 2006 a été accompagnée pendant quelques heures par la sonde américaine Messenger de la NASA, en survol au-dessus de Vénus alors qu'elle se dirige vers Mercure. Crédits : NASA/JPL



Figure 2 : Messenger a réalisé une série de prises de vue lors de son approche de Vénus le 5 juin 2007. La planète est enveloppée d'une couche de nuages qui masque sa surface aux caméras de Messenger. Cette vue fait partie d'une séquence enregistrée pour calibrer la caméra en prévision de sa mission future autour de Mercure. Durant les mois qui viennent, les centaines de photos prises de Vénus permettront aux scientifiques de déterminer la sensibilité aux couleurs et les propriétés optiques de la caméra. Crédits : NASA / JHUAPL / Carnegie Institution of Washington

nées recueillies sur l'atmosphère de Vénus, depuis le sol terrestre et l'espace. Connaissant la vitesse des vents locaux, qui dépendent de la latitude et de l'altitude, ils ont pu prédire où se trouverait un nuage particulier à un temps déterminé. Les scientifiques de Venus Express ont donc sélectionné un nuage particulier se déplaçant vers l'ouest, observé par Venus Express et qui le serait par Messenger 12 heures plus tard. Ce même nuage serait à nouveau visible par Venus Express 12 plus tard, cette fois du côté nuit.

Le spectromètre imageur VIRTIS à bord de Venus Express a analysé ce nuage (voir Figure 3) à différentes longueurs d'onde. Ces observations ont permis d'obtenir une vue du nuage vers 40-50 km d'altitude. L'instrument MLA (Mercury Laser Altimeter) de Messenger a sondé ce même nuage à 50-75 km de la surface. Une telle observation, qui combine divers instruments sur différentes plate-formes et sondent des altitudes différentes, sera certainement une occasion unique pour tenter de résoudre la dynamique complexe de l'atmosphère de Vénus.

D'autres mesures, concernant par exemple l'environnement plasmique, ou la composition de

l'atmosphère, ont également été réalisées et devront être analysées et comparées avec les résultats de Venus Express dans les mois qui viennent.

Alors qu'elle s'éloignait de Vénus, la caméra à large champ a pris une cinquantaine de clichés de la planète disparaissant progressivement au lointain. Les premières images correspondent à une distance de 60 688 km et les dernières à environ 89 000 km.

Le survol de Vénus a donné l'occasion à l'équipe des ingénieurs et

des scientifiques de la mission Messenger de réaliser un test complet d'une série compliquée de mouvements du satellite et d'obtenir des images à haute résolution. La sonde semble être prête pour sa destination finale, Mercure.

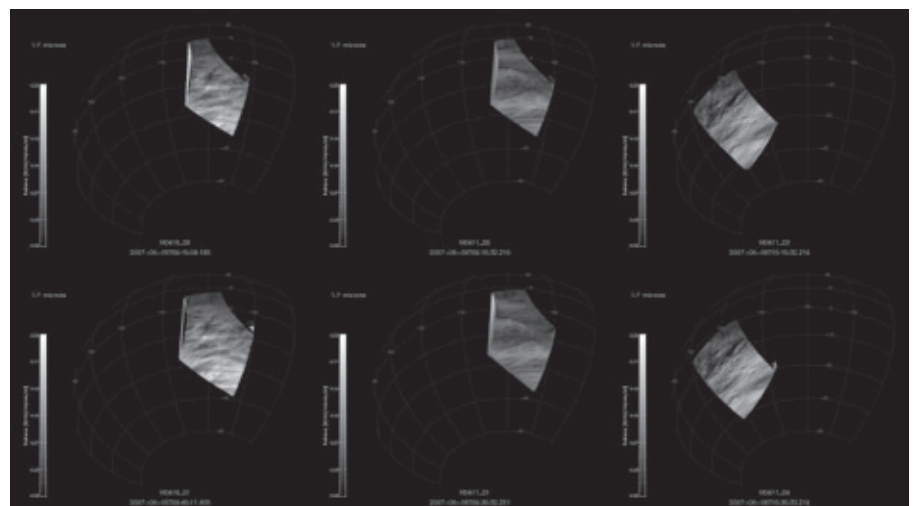
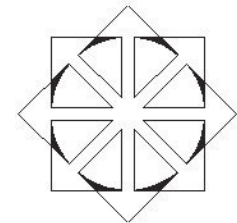


Figure 3 : Ces images ont été réalisées grâce à l'instrument VIRTIS à bord de Venus Express, les 5 et 6 juin 2007, juste avant et après le passage au plus près de la planète par la sonde Messenger. Elles représentent une vue du côté nuit de la même région survolée par Messenger et ont été obtenues à 1,7  $\mu\text{m}$ , révélant les détails atmosphériques jusqu'à des altitudes de 50 km. Le laser altimétrique (MAL) à bord de Messenger a sondé la même région mais à des altitudes de 50 à 75 km. Ces observations conjointes permettront de mieux comprendre la dynamique des nuages sur Vénus. Crédits: ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA

MDIS Venus Departure Sequence (480 nm)

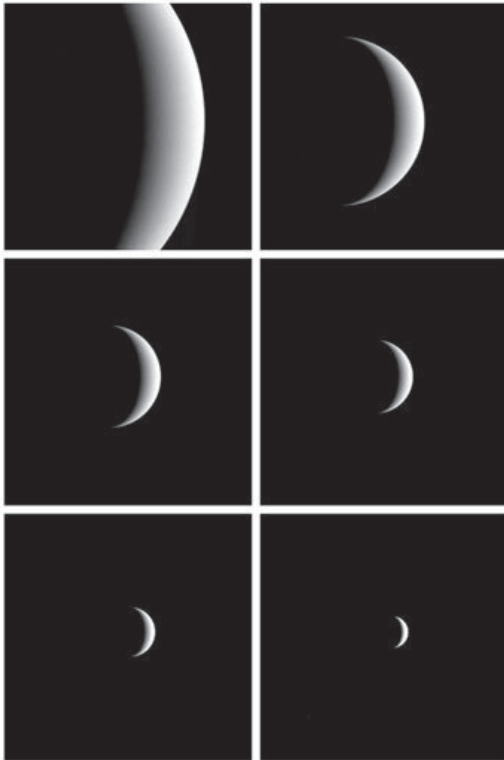


Figure 4 : Images obtenues par la caméra à grand angle WAC alors que la sonde Messenger s'éloigne de Vénus. La première image a été prise le 6 juin à 12:58 UTC, et la dernière le 7 juin à 02:18 UTC. Crédits : NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington

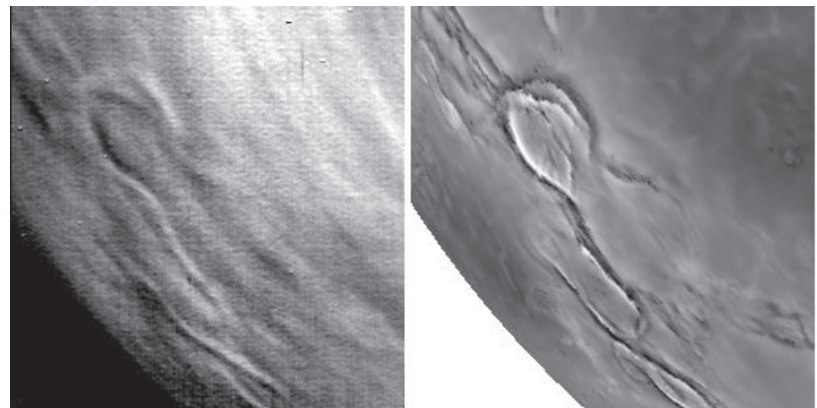
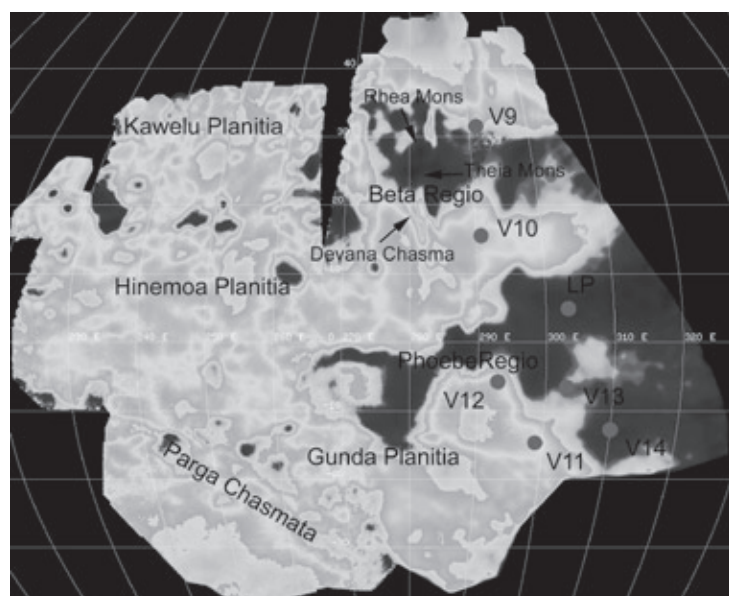


Figure 5 : Comparaison entre une image obtenue par VIRTIS le 5 juin 2007 (à gauche) avec une image de la même région réalisée par la sonde Magellan de la NASA dans les années 1990 (à droite). L'image de VIRTIS a été obtenue à 1 micromètre, une longueur d'onde qui permet de détecter le rayonnement émis par la surface. La région choisie correspond à la zone qu'a survolée la sonde Messenger lorsqu'elle est passée au plus près de la planète. Les cartes altimétriques et radar de Magellan ont permis de mesurer l'élévation et les propriétés radio-optiques de la surface. Venus Express permettra de réaliser des cartes thermiques de la surface. La corrélation entre la topographie et les données thermiques permettront aux scientifiques de comprendre si la température au sol ne dépend que de l'altitude (plus haut, plus froid) ou si elles sont influencées par la présence de sources chaudes, comme des volcans, jusqu'ici non détectées. Crédits: ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA (à gauche), NASA (à droite)

Image en fausses couleurs de la surface de Vénus déduite d'environ 1000 images individuelles enregistrées par la caméra VMC entre avril et août 2007. Les images ont été obtenues dans le domaine infrarouge (1  $\mu\text{m}$ ). La région couverte comprend les régions de Beta et Phoebe entre l'équateur et les latitudes moyennes.

Les gros points indiquent les sites où se sont posés l'atterrisseur Venera (V) et celui de Pioneer Venus (LP). Les plaines sont caractérisées par des températures plus élevées et donc une émission plus intense. Les hauts plateaux et les montagnes sont en moyenne 40 degrés plus froids. La cartographie de Vénus est plus difficile à obtenir que celles de Mars ou de la Lune en raison de son atmosphère dense et des nuages. Ces derniers limitent la résolution spatiale au sol à environ 50 km. Crédits: ESA/VMC/MPS/IPF-DLR



# BIBLIOGRAPHIE

## GUIDE DE DONNEES ASTRONOMIQUES 2008

Bureau des longitudes

Un vol. de 384 pages (15,5 x 24 cm)  
Paris, IMC/BDL et EDP Sciences,  
2007

Broché : EUR 29,00

ISBN : 978-2-7598-0027-8

Ce Guide de données astronomiques n'est autre chose que la nouvelle appellation sous laquelle, depuis quelques années déjà, paraît actuellement l'ancien Annuaire du Bureau des longitudes, cette éphéméride de moindre précision que la *Connaissance des Temps* sur laquelle il est fondé, avec les garanties d'exactitude inhérentes.

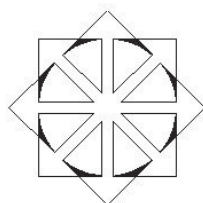
Publié sans interruption depuis 1796, an IV de la République française, mais non sans des modifications, parfois profondes au fil du temps, comme la mise en œuvre des recommandations faites par l'UAI en 2000 relatives aux échelles de temps, aux systèmes de référence et à la théorie de précession-nutation dans l'édition pour 2006 ou encore celle des recommandations concernant le nouveau paradigme (pôle céleste intermédiaire, origine non-tournante et angle de rotation de la Terre) pour l'édition 2007, ce véritable guide de données astronomiques pour l'observation du ciel en 2008 n'est plus à présenter à la communauté astronomique. Conçu selon le même schéma bien défini que les éditions précédentes, on y trouve donc d'abord trois chapitres traditionnels contenant des données sur les calendriers, des définitions générales d'astronomie et des notes relatives à l'emploi des éphémérides – calculées principalement pour Paris dans la plupart des cas - qui

occupent les huit chapitres suivants consacrés dans l'ordre aux positions apparentes du Soleil et de la Lune, des planètes, des petites planètes et astéroïdes, puis à des données pour l'observation des surfaces du Soleil, de la Lune et des planètes, des satellites, des comètes, des étoiles, et enfin relatives aux éclipses (de Soleil et de Lune) et aux principaux phénomènes célestes.

Le cahier thématique de la présente édition 2008, dû à F. Arenou, traite des multiples étoiles doubles.

Comme d'habitude et moyennant les restrictions inhérentes au fait que cet annuaire soit, selon ses attributions même, publié sous un régime statutaire et donc limité au territoire de la République, il constitue par excellence à la fois un outil de travail pour les astronomes professionnels et amateurs et une référence pour des utilisateurs qui souhaiteraient en approfondir l'emploi. Comme tous les précédents, il est essentiellement destiné à préparer à l'avance des programmes d'observation portant sur les planètes, astéroïdes, satellites, étoiles, galaxies, etc. et se termine par la publication des coordonnées des principales villes de France ainsi que d'une série d'observatoires répartis dans le monde, un index, des cartes de visibilité des éclipses et de position des planètes.

R. DEJAIFFE



## 50 ANS D'AVENTURE SPATIALE

Centre National d'Etudes spatiales (CNES)

Un vol. de 256 pages (28 x 33 cm)  
Neuilly s/S, Michel-Lafon, 2007  
Relié : EUR 44,65  
ISBN : 978-2-7499-0691-1

Un « beau livre » au format discutable quelque peu incommode, vraisemblablement conçu comme un éventuel cadeau de fin d'année, bénéficiant pourtant d'une potentielle iconographie unique au monde mais souffrant avant tout d'un agrandissement pas toujours heureux de splendides clichés pris de l'espace et d'un commentaire pas toujours à la hauteur de la remarquable préface de Claudie Haigneré ni du mot de président du CNES.

Un beau livre illustré certes, mais qui n'a pas toujours gagné – notamment par le format retenu – à des agrandissements parfois démesurés d'images initiales de très haute qualité (par exemple lorsque l'on peut comparer l'extraordinaire qualité des documents photographiques originaux de l'ESO – p. 196 – avec celle des reproductions ici publiées).

Par ailleurs, ce livre aurait voulu rendre compte de l'extraordinaire aventure scientifique, technologique et humaine à travers les plus belles images qu'elle a générées. Mais qui donne finalement davantage l'impression d'une histoire orientée – biaisée à plus d'un point de vue – que d'un livre de référence historique. A moins que ce livre ait été écrit pour défendre avant tout les cinquante prochaines années sur la base de quelques résultats remarquables obtenus au cours des cin-



quante années précédentes dont on entendait a priori célébrer les réussites éclatantes – sans trop mentionner les quelques échecs retentissants peut-être mais toujours instructifs et remplis d'enseignements utiles et féconds qui ont conduit l'homme dans l'espace et sur la Lune.

Un livre qui est donc loin d'être un modèle d'optimisation des photos disponibles pour célébrer dignement un demi-siècle unique d'exploration spatiale, hormis – mais est-ce un hasard ? - les images de très haute qualité de ... SPOT Image, dont un autre exemple peut être trouvé dans la piètre qualité de la reproduction de la seule photographie retenue pour illustrer le lanceur Saturn V, autant qu'un mélange ou un décalage quelque peu inapproprié, au moins en quantité, entre les images de projets futurs et de robots du passé par exemple dans le cas de clichés de robots martiens.

Bref, un ouvrage dont le louable objectif initial aurait certes pu facilement être bien mieux rencontré, ne fut-ce que par la quantité phénoménale d'images merveilleuses à plus d'un point de vue que l'on peut trouver dans d'autres références.

R. DEJAIFFE

## LE CIEL A L'OEIL NU EN 2008

Guillaume CANNAT

Un vol. de 142 pages (17 x 24 cm)

Paris, Nathan, 2007

Broché : EUR 16,50

ISBN : 978-2-09-278122-7

Il s'agit ici de la sixième édition d'un livre passant en revue, de janvier à décembre, les phénomènes célestes les plus intéressants accessibles à tous et les présentant en s'appuyant parfois

sur des encadrés toujours intéressants ou quelques illustrations toujours soignées et agréables à regarder.

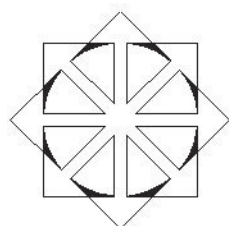
Une bonne occasion pour se préparer à contempler, avec un maximum de profit et de plaisir, les plus beaux spectacles – gratuits - fournis par la sphère céleste à l'aide de l'ensemble de ses acteurs : Lune, planètes, constellations et étoiles.

On ne fera donc pas trop grief à l'auteur de recourir occasionnellement à un langage très peu astronomique mais inutilement poétique car n'ajoutant strictement rien au spectacle (comme l'ovale lunaire, lamelle lunaire et diamant mercurien, ou encore le lustre de Saturne ou les lunes galiléennes de Jupiter, voire la barque s'élève ... pour parler ici d'une partie éclairée de la Lune).

Le lecteur prendra toutefois soin de bien faire attention au fait que les heures exprimées dans le livre sont directement données en heure légale française (UT + une ou deux heures selon la date). L'auteur aurait peut-être pu utilement préciser – dans les grandes lignes par exemple en mentionnant seulement la région - quelque peu le lieu de l'observation correspondant aux montages ou clichés présentés.

Une publication soignée fondée sur une présentation d'ensemble impeccable et une impression sur papier glacé (peut-être quelque peu excessive).

R. DEJAIFFE



## COMMENT DEFINIR LA VIE ?

Collectif

Un vol. de xii + 126 pages (15,5 x 24 cm)

Paris, Vuibert, 2007

Broché : EUR 18,00

ISBN : 978-2-7117-4865-5

Ouvrage collectif dirigé par H. Bersini et J. Reisse, regroupant les contributions de seize scientifiques et philosophes tentant d'apporter « les réponses de la biologie, de l'intelligence artificielle et de la philosophie des sciences » à la question, peut-être aussi vieille que le monde pensant, posée dans le titre.

L'introduction de J. Reisse et la conclusion de H. Bersini ne sont pas les contributions les moins intéressantes dans ce livre. Jacques Reisse pose dès le départ la bonne question : *Est-il nécessaire de définir la vie ?* Du moins d'une façon rigoureuse, dans la mesure où l'on peut certainement « pratiquer la biologie sans disposer d'une définition de la vie que partageraient tous les biologistes ». Au terme de l'ouvrage, Hugues Bersini y répond finalement par un nombre variable de fonctionnalités – deux, trois, quatre, cinq ou six – selon leur séquence d'apparition, reconnaissant implicitement que l'arrivée de chacune de ces fonctionnalités a dû être conditionnée par la présence et le fonctionnement des précédentes.

Entre ces deux contributions, et dans l'impossibilité de résumer chacun des articles dont certains n'amorcent que de simples réflexions – d'autant plus que plusieurs d'entre eux se terminent par la mention du genre *le texte original de cet article est disponible sur le site de la maison d'édition du présent ouvrage* -, on se contentera d'énumérer simplement l'ensemble des résumés ou

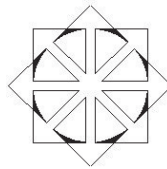
des articles figurant dans l'ouvrage, à savoir : un article du philosophe américain Mark Bedau sur *Une vue fonctionnelle de la cellule vivante minimale*, un article du biochimiste français André Brack autour du thème *A propos d'auto-organisation, d'autocatalyse, d'autoreproduction et d'auto-réplication*, une brève réflexion du neurobiologiste français Jean-Pierre Changeux sur *Qu'est-ce que la vie ? Organisation et régulation*, quelques réflexions plus ou moins brèves et très générales du biochimiste belge Hubert Chantrenne, des biologistes italiens Luisa Damiano (?) et Pier Luigi Luisi, du Prix Nobel de médecine 1974 et biochimiste belge Christian de Duve, de la philosophe américaine Evelyn Fox Keller, du biologiste mexicain Antonio Lazcano sur le thème *Vers une définition évolutionniste de la vie*, de la microbiologiste française Purification Lopez-Garcia, du biologiste et philosophe français Michel Morange sur *La principale difficulté pour une définition de la vie*, du philosophe espagnol Alvaro Moreno, du biochimiste français François Raulin sur *La vie chimique*, de la philosophe belge Isabelle Stengers sur *Quelles questions poser aux vivants ?*, du biologiste John Stewart sur les *Théories fondamentales du vivant*, et du biologiste hongrois Eörs Szathmari.

Au terme de ces différentes lectures, on ne peut s'empêcher de penser qu'il en est ou qu'il en va probablement de la question originelle – apparemment simple – de la définition de la vie comme de la question de la définition du temps, c'est-à-dire qu'il semble impossible de dégager une réponse commune. On peut dès lors légitimement se demander si, en fin de compte, et afin de permettre au moins de pouvoir travailler sur cette question, la définition ouverte - ou

un ensemble de caractéristiques a minima – sur laquelle peut se rallier un plus grand nombre de suffrages ne reste pas celle donnée par la NASA, dès octobre 1992 dans son programme d'exobiologie, suivant laquelle : « La vie est un système chimique auto-entretenu qui obéit à l'évolution darwinienne », probablement insatisfaisante certes et pour autant qu'il s'agisse d'une véritable « définition », au sens mathématique du mot.

Ouvrage très intéressant voire passionnant à lire pour alimenter une réflexion en profondeur, tant personnelle que collégiale, sur ce problème d'une certaine définition de la notion plus vaste de « vivant ». Ou tout simplement pour renseigner et instruire sur la pertinence éventuelle d'une telle démarche.

A. HAUBRECHTS



### **A WALK THROUGH THE SOUTHERN SKY (2<sup>nd</sup> Ed.)**

Milton D. HEIFETZ et Wil TIRION

Un vol. de 118 pages (19 x 24,5 cm)  
New York, Cambridge University Press, 2007  
Broché : GBP 12,99/USD 22,99  
ISBN : 978-0-521-68945-8

Il s'agit ici de la deuxième édition d'un véritable guide de la plus grande utilité et du plus grand intérêt répertoriant des étoiles et les constellations du ciel austral, ainsi que les légendes associées.

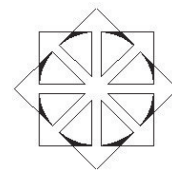
Ce petit livre d'une lec-

ture très agréable et d'une présentation impeccable est divisé en quatre parties dont les deux principales permettent au lecteur d'une part, de se retrouver assez simplement ou de localiser assez facilement différents objets dans le ciel de l'hémisphère sud à l'aide d'un petit texte clair et d'une carte auxiliaire bien dessinée, et d'autre part d'apprendre ou de relire les légendes associées à quelque 44 constellations du ciel austral (et du ciel boréal), soit à la moitié des constellations existantes.

Cette nouvelle édition a été mise à jour en intégrant des informations mythologiques supplémentaires ainsi qu'une liste des positions planétaires mensuelles relatives aux quatre planètes principales pour la période allant de 2006 à 2016.

Ce livre, dont l'auteur principal est un professeur de neurochirurgie également connu en tant qu'astronome amateur et auteur de la version similaire sur l'hémisphère Nord qui a été vendue à plus de 45.000 exemplaires, constitue une introduction idéale pour tout jeune astronome ou observateur néophyte qui aurait entrepris de partir à la découverte des merveilles du ciel de l'hémisphère austral.

R. DEJAIFFE



*A TOUS LES MEMBRES DE LA SRBA  
Pour diffusion auprès des jeunes que ceci intéresserait*



*Vous aimez l'astronomie,  
Vous avez entre 15 et 24 ans  
ou vous êtes dans le deuxième degré de l'enseignement secondaire,  
Vous souhaiteriez observer le ciel à l'aide d'un bel instrument ... si l'opportunité s'en présentait,*

Alors,  
**POURQUOI NE PAS SAISIR UNE OCCASION DE GAGNER VOTRE PROPRE TELESCOPE ?**

Comment ?

En prenant part au CONCOURS organisé par la SOCIÉTÉ ROYALE BELGE D'ASTRONOMIE, DE  
MÉTÉOROLOGIE ET DE PHYSIQUE DU GLOBE SRBA a.s.b.l. dans le cadre du

## **CINQUIÈME GRAND PRIX LUCIE DEKEYZER**

pour jeunes astronomes amateurs

sur le thème : « SI J'AVAIS UN TELESCOPE, J'OBSERVERAIS ... »

qui sera décerné le samedi 15 mars 2008 lors de l'assemblée générale de la Société.

**Premier Prix : un télescope de marque CELESTRON avec accessoires  
d'une valeur de l'ordre de 1500 euros**

**Du deuxième au dixième prix : des livres et des abonnements à la revue  
« CIEL ET TERRE »**

Le concours se déroulera du 01 septembre 2007 au 29 janvier 2008

Demandez votre fiche d'inscription, le règlement du prix et les conditions de participation auprès du Secrétariat de la  
SRBA *exclusivement en écrivant* à l'adresse suivante :

SOCIÉTÉ ROYALE BELGE D'ASTRONOMIE  
SRBA – Secrétariat AH/LD  
Avenue Circulaire, 3  
1180 BRUXELLES

Il sera répondu sous quinzaine à toute demande de renseignement concernant l'attribution de ce prix.

## JANVIER 2008

L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	NL	9	10	11	12	13
14	PQ	16	17	18	19	20
21	PL	23	24	25	26	27
28	29	DQ	31			

Toutes les heures sont exprimées en temps universel pour Uccle (UTC) Pour la Belgique, ajoutez UNE heure afin d'obtenir l'heure officielle

### 1<sup>er</sup> janvier 2008 :

Temps sidéral de Greenwich TSG à 0h UTC : 6 h 40 m 07,1 s

Jour julien à 0 h UTC : 2 454 466,5

### Phénomène céleste important

22 jan Mercure en plus grande élongation (soir)

### Visibilité des planètes

Visibles à l'œil nu :

Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne

Difficiles à observer :

Uranus, Neptune

### Petites planètes en opposition

10 jan (15) Eumomies

### Comète au périhélie

26 jan 8P/Tuttle

### Comète en opposition

-

### Satellites de Jupiter

-

### Essaim météorique

1-5 jan Quadrantides

### Occultations (Jour/Nombre)

12 (2) - 14 (1) - 15 (1) - 16 (1) - 17 (2) - 18 (1) - 19 (1) - 24 (1) - 25 (1) - 26 (2) - 27 (1) - 29 (1) - 31 (2)

### Phénomènes célestes intéressants

**1** La comète périodique 8P/Tuttle (+5,8) au plus près de la Terre à 0,251 unité astronomique UA ou 37,549 millions de kilomètres

La Lune à 2° au sud de l'étoile Spica (+1,2) à 15 h (*A regarder le matin avant le lever du jour*)

**2** La Terre au périhélie - au plus près du Soleil - à une distance de 0,983 280 UA ou 147,097 millions de kilomètres à 24 h

**3** La Lune à l'apogée (à 405 331 km de la Terre - Diamètre apparent : 29'29") à 8 h

Du **01** au **05** janvier, période optimale pour l'observation en seconde partie de nuit de l'essaim de météores (*étoiles filantes*) des **Quadrantides** avec un maximum théorique

d'activité prévu le **04** janvier vers 7 h dans des conditions d'observation particulièrement favorables

**5** La Lune à 8° au sud de Vénus (-4,1) à 5 h (*A Uccle, lever du croissant de Lune à 5 h 38 m, un peu plus de deux heures avant le lever du Soleil*)

La Lune en conjonction avec l'étoile Antares (+1,2) à 10 h

**7** Vénus (-4,1) en rapprochement à 6°29' au nord de l'étoile Antares (+1,2) à 2 h

Mars (-1,4) en plus grande déclinaison boréale (+26°59') à 4 h (*soit 3°33' plus au nord que le Soleil au moment du solstice d'été*)

**8** Nouvelle Lune à 11 h 37 m

**9** Mince croissant de Lune à 1° au sud de Mercure (-0,9) à 16 h 37 m (*Observation difficile - coucher du Soleil à 15 h 56 m et coucher de Lune à 16 h 54 m - mais à tenter à l'aide d'une paire de jumelles*)

**10** Premier jour (1 Mouharram) de l'année 1429 - commune (354 jours) - du calendrier musulman

La petite planète (15) Eumomia (+8,3) en opposition avec le Soleil à 17 h (*dans la constellation des Gémeaux*)

**15** Premier Quartier de Lune à 19 h 46 m

**19** La Lune au périgée (à 366 430 km de la Terre - Diamètre apparent : 32'37") à 9 h

**20** La Lune en conjonction remarquable à ½° au nord de Mars (-1,0) à 0 h

Le Soleil entre dans le signe du Verseau à 16 h 44 m alors qu'il passe de la constellation du Sagittaire dans laquelle il se trouvait depuis le 19 décembre dans la constellation du Capricorne vers le 22 janvier

**21** La Lune au sud des étoiles Castor (+1,6) et Pollux (+1,2) au soir

**22** Mercure (-0,5) en plus grande élongation orientale - 18°39' à l'est du centre du disque solaire - à 5 h (*Elongation du soir favorable*)

Pleine Lune à 13 h 35 m

**23** Mercure (-0,5) à 0°20' au nord de Neptune (+8,0) à 4 h

**24** La Lune en conjonction avec l'étoile Régulus (+1,3) à 15 h

**25** La Lune à 4° au sud de Saturne (+0,4) à 7 h

**26** La comète périodique 8P/Tuttle en passage au périhélie à 1,0271 UA du Soleil à 22 h

**27** La petite planète (24) Themis (+10,7) en conjonction serrée à 8" seulement au nord de l'étoile SAO 80112 (+5,9) à 2 h 39 m

**28** Occultation *rasante* de l'étoile SAO 157550 (+6,5) au bord éclairé de la Lune à proximité immédiate d'une ligne passant par Gand, Soignies et Brûly vers 5 h 11 m

La Lune à 3° au sud de l'étoile Spica (+1,2) à 23 h

**30** Dernier Quartier de Lune à 5 h 03 m Mars (-0,7) stationnaire à 21 h

**31** La Lune à l'apogée (à 404 533 km de la Terre - Diamètre apparent : 29'32") à 4 h

### Visibilité des planètes

**Mercure** (-0,9/+1,5), en plus grande élongation orientale le 22, le soir au-dessus de l'horizon sud-ouest du 11 au 29 janvier environ, se couche le 1 à 16 h 17 m, le 16 à 17 h 34 m et le 31 à 17 h 44 m, soit respectivement 0 h 30 m, 1 h 28 m et 1 h 13 m après le Soleil

**Vénus** (-4,1/-4,0), le matin au-dessus de l'horizon sud-est, se lève le 1 à 4 h 35 m, le 16 à 5 h 11 m et le 31 à 5 h 37 m, soit respectivement 3 h 10 m, 2 h 27 m et 1 h 44 m avant le Soleil

**Mars** (-1,5/-0,7), pratiquement pendant toute la durée de la nuit dans la constellation du Taureau, passe au méridien le 1 à 22 h 57 m, le 16 à 21 h 39 m et le 31 à 20 h 34 m

**Jupiter** (-1,8/-1,9), à partir de la mi-janvier environ le matin au-dessus de l'horizon sud-est dans la constellation du Sagittaire, se lève le 1 à 7 h 17 m, le 16 à 6 h 32 m et le 31 à 5 h 46 m, soit respectivement 0 h 28 m, 1 h 06 m et 1 h 35 m avant le Soleil

**Saturne** (+0,6/+0,3), dès la fin de la soirée et jusqu'au lever du jour dans la constellation du Lion, se lève le 1 à 20 h 48 m, le 16 à 19 h 46 m et le 31 à 18 h 42 m

**Uranus** (+5,9/+5,9), le soir au-dessus de l'horizon sud-ouest dans la constellation du Verseau, se couche le 1 à 21 h 39 m, le 16 à 20 h 42 m et le 31 à 19 h 47 m

**Neptune** (+8,0/+8,0), le soir au-dessus de l'horizon sud-ouest dans la constellation du Capricorne, se couche le 1 à 19 h 18 m, le 16 à 18 h 21 m et le 31 à 17 h 26 m

*Pour ceux qui veulent en savoir plus :*

**Annuaire 2008 de l'Observatoire Royal de Belgique ORB**  
(en vente à l'Observatoire :  
EUR 13,00)

Soleil en janvier 2008		A 0 h UTC						A 0 h UT										
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Durée crép.	Eq tps	Asc dr	Déclin.	Tps sid. Greenwich	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	Age	Termin	Asc. dr.	Déclin.	Fract. illum.	Demi-diam	Par. horiz.
1	7 45	11 45,9	15 47	39	3 04	18 43	-23 04	6 40 07	2,4	-2,9	321,2	22,3	-7,2	12 58	-10 21	0,44	14 52	"
6	7 44	11 48,2	15 53	39	5 23	19 05	-22 36	6 59 50	0,1	-3,5	255,3	27,3	-61,9	17 01	-27 39	0,06	14 52	54 33
11	7 42	11 50,3	15 59	38	7 32	19 27	-21 56	7 19 33	-2,5	-4,1	189,5	2,5	+60,3	21 30	-15 36	0,07	15 29	54 34
16	7 38	11 52,2	16 06	38	9 25	19 49	-21 06	7 39 15	-4,8	-4,6	123,6	7,5	+2,4	1 36	-14 46	0,52	16 06	59 08
21	7 34	11 53,7	16 14	37	11 02	20 10	-20 05	7 58 58	-7,2	-5,1	57,8	12,5	-69,4	6 43	+26 59	0,97	16 14	59 35
26	7 28	11 55,0	16 23	36	12 19	20 31	-18 55	8 18 41	-9,4	-5,5	352,0	17,5	+47,5	11 13	+3 02	0,87	15 22	56 24
31	7 21	11 55,9	16 31	36	13 18	20 52	-17 37	8 38 24	-11,5	-5,9	286,1	22,5	-8,4	15 00	-22 29	0,43	14 46	54 12

Apogée le 03 à 8 h  
Périgée le 19 à 9 h  
Apogée le 31 à 4 h

Nouvelle Lune le 08 à 11 h 37 m  
Premier Quartier le 15 à 19 h 46 m  
Pleine Lune le 22 à 13 h 35 m  
Dernier Quartier le 30 à 05 h 03 m

Début de la rotation de Carrington n° 2066 le 25,39 janvier

Mercure en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
0	8 32	12 21	16 12	19 13	-24 30	Sgr	1,382	8 E	4,9	-0,9
10	8 40	12 51	17 03	20 23	-21 25	Cap	1,250	14 E	5,4	-0,9
20	8 27	13 09	17 52	21 21	-16 11	Cap	1,030	18 E	6,5	-0,7
30	7 43	12 47	17 51	21 42	-11 46	Cap	0,766	14 E	8,8	+1,0

Vénus en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
0	4 32	9 01	13 29	15 54	-18 12	Lib	1,144	39 W	14,6	-4,1
10	4 58	9 12	13 27	16 45	-20 34	Oph	1,207	37 W	13,8	-4,0
20	5 19	9 25	13 31	17 37	-22 01	Oph	1,267	35 W	13,2	-4,0
30	5 36	9 39	13 42	18 30	-22 25	Sgr	1,325	33 W	12,6	-4,0

Mars en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
0	14 25	23 02	7 45	6 01	+26 56	Tau	0,605	171 E	15,5	-1,5
10	13 31	22 09	6 52	5 46	+26 59	Tau	0,640	158 E	14,6	-1,3
20	12 43	21 20	6 02	5 37	+26 52	Tau	0,694	145 E	13,5	-1,0
30	12 02	20 38	5 18	5 34	+26 42	Tau	0,763	135 E	12,3	-0,7

Jupiter en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-5)	7 35	11 32	15 29	18 07	-23 15	Sgr	6,232	2 W	31,6	-1,8
5	7 05	11 02	15 00	18 17	-23 13	Sgr	6,212	10 W	31,7	-1,8
15	6 35	10 33	14 31	18 27	-23 09	Sgr	6,169	18 W	31,9	-1,8
25	6 05	10 03	14 01	18 37	-23 02	Sgr	6,106	26 W	32,2	-1,9

Saturne en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-5)	21 12	4 09	11 01	10 43	+9 55	Leo	8,802	115 W	18,8	+0,6
5	20 32	3 29	10 21	10 42	+10 02	Leo	8,659	126 W	19,1	+0,6
15	19 50	2 48	9 41	10 41	+10 12	Leo	8,534	136 W	19,4	+0,5
25	19 08	2 07	9 01	10 39	+10 26	Leo	8,432	147 W	19,6	+0,4

Uranus en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-5)	11 00	16 30	22 01	23 07	-6 32	Aqr	20,388	71 E	3,4	+5,9
15	9 42	15 14	20 46	23 09	-6 16	Aqr	20,691	52 E	3,4	+5,9
(35)	8 25	13 59	19 32	23 13	-5 54	Aqr	20,923	32 E	3,3	+5,9

Neptune en janvier 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-5)	10 08	14 54	19 40	21 30	-15 04	Cap	30,714	46 E	2,2	+8,0
15	8 51	13 38	18 25	21 33	-14 52	Cap	30,919	27 E	2,2	+8,0
(35)	7 34	12 22	17 11	21 36	-14 38	Cap	31,020	7 E	2,2	+8,0

## FEVRIER 2008

L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	NL	8	9	10
11	12	13	PQ	15	16	17
18	19	20	PL	22	23	24
25	26	27	DQ			

Toutes les heures sont exprimées en temps universel pour Uccle (UTC) Pour la Belgique, ajoutez UNE heure afin d'obtenir l'heure officielle

### 1<sup>er</sup> février 2008 :

Temps sidéral de Greenwich TSG à 0 h

UTC : 8h 42 m 20,3 s

Jour julien à 0 h UTC : 2 454 497,5

### Phénomènes célestes importants

7 fév Eclipsé annulaire de Soleil (non visible en Europe)

21 fév Eclipsé totale de Lune (matin)

24 fév Saturne en opposition

### Visibilité des planètes

Visibles à l'œil nu : Vénus, Mars, Jupiter, Saturne

Difficiles à observer : Uranus

Inobservables : Mercure, Neptune

### Petites planètes en opposition

6 fév (6) Hebe

### Comète au périhélie

2 fév 46P/Wirtanen

### Comète en opposition

-

### Satellites de Jupiter

-

### Essaim météorique

-

### Occultations (Jour/Nombre)

14 (1) - 15 (2) - 16 (1) - 17 (2) - 18 (1) - 22 (2) - 27 (1) - 29 (1)

### Phénomènes célestes intéressants

**1** Vénus (-4,0) en conjonction remarquable à 0°35' au nord de Jupiter (-1,9) à 13 h (*Rapprochement spectaculaire visible à l'œil nu des deux planètes les plus brillantes du ciel, à observer - malheureusement - peu avant le lever du jour, bas au-dessus de l'horizon sud-est, le matin vers 6 h 30 m*)

La Lune en conjonction avec l'étoile Antarès (+1,2) à 18 h

**2** La comète périodique 46P/Wirtanen (+12,3) en passage au périhélie à 1,031 unité astronomique UA du Soleil à 13 h (*dans des conditions relativement favorables en début de soirée*)

**4** La Lune à 4° au sud de Jupiter (-1,9) à 6 h

**6** Mercure en conjonction inférieure - dès lors non observable - avec le Soleil à 18 h

La petite planète (6) Hebe (+8,9) en opposition avec le Soleil à proximité de la limite entre les constellations du Cancer et du Lion à 24 h

**7** Eclipsé annulaire de Soleil, invisible en Belgique et en Europe, de 1 h 39 m à 6 h 12 m

**Nouvelle Lune** à 3 h 44 m

**8** Mercure au plus près de la Terre à 0,6494 UA ou 97,149 millions de kilomètres

**11** Neptune en conjonction - *dès lors non observable* - avec le Soleil à 2 h et par ailleurs au plus loin de la Terre à 31,0284 UA ou 4641,783 millions de kilomètres

**12** Plus tardive culmination du Soleil (pour Uccle à 11 h 56 m 49,2 s). L'équation du temps - c'est-à-dire la différence entre les ascensions droites du Soleil moyen et du Soleil vrai - atteint son minimum absolu ou sa plus grande valeur négative (-14 m 15 s)

**14** La Lune au périégée (à 370 219 km de la Terre - Diamètre apparent : 32'17") à 1 h

**Premier Quartier** de Lune à 3 h 33 m

**15** Occultation *rasante* de l'étoile SAO 76941 (+6,5) au bord éclairé de la Lune à proximité immédiate d'une ligne passant par Rance, Pessoux et Bürgenbach vers 18 h 25 m

**16** La Lune à 1° au sud de l'étoile Bêta Tauri (+1,6) à 4 h

La Lune à 2° au nord de Mars (-0,2) à 8 h

**17** La comète périodique 46P/Wirtanen (+12,3) au plus près de la Terre à 0,917 UA ou 137,181 millions de kilomètres

**18** La Lune au sud des étoiles Castor (+1,6) et Pollux (+1,2) à 4 h

**19** Le **Soleil** entre dans le *signe* des Poissons à 6 h 50 m alors qu'il est passé de la *constellation* du Capricorne dans laquelle il se trouvait depuis le 22 janvier dans la *constellation* du Verseau aux environs du 17 février

Occultation de la petite planète (6) Hebe (+9,3) - *par ailleurs observable durant quelques jours dans la constellation du Cancer à l'aide d'un petit instrument* - par la Lune avec disparition vers 18 h 25 m et réapparition vers 18 h 55 m (*dans des conditions défavorables : Lune éclairée à 95%*)

La petite planète (4450) Pan à 0,0408 UA ou 6,104 millions de kilomètres de la Terre à 22 h

**21** Eclipsé totale de Lune, visible en Belgique et en Europe [Données pour Uccle - Grandeur : 1,111 - Entrée dans la pénombre : 0 h 35 m / hauteur : +49° - Entrée dans l'ombre : 1 h 42 m / +43° - Commencement de la totalité : 3 h 00 m / +34° - Maximum de l'éclipsé : 3 h 26 m / +30° - Fin de la totalité : 3 h 51 m / +27° - Sortie de l'ombre : 5 h 09 m / +15° - Sortie de la pénombre : 6 h 17 m / +4°]

**Pleine Lune** à 3 h 30 m

La Lune en conjonction à 3° au sud de Saturne (+0,2) à 12 h

**24** Saturne (+0,2) en opposition avec le Soleil - *dès lors observable pendant toute la durée de la*

*nuit* - à 10 h et par ailleurs au plus près de la Terre à 8,2914 UA ou 1240,376 millions de kilomètres

**25** La Lune à 3° au sud de l'étoile Spica (+1,2) à 8 h

**26** Mercure (+0,3) en conjonction - non observable - à 1°20' au nord de Vénus (-3,9) à 3 h

**27** Occultation *rasante* de l'étoile SAO 182861 (+7,5) au bord obscur de la Lune à proximité immédiate d'une ligne passant par Poppel, Achel et Maaseik vers 1 h 09 m

**28** La Lune à l'apogée (à 404 443 km de la Terre - Diamètre apparent : 29'33") à 1 h

**29** La Lune en conjonction avec l'étoile Antarès (+1,2) à 2 h

**Dernier Quartier** de Lune à 2 h 18 m

Occultation de l'étoile Tau Scorpii (+2,8) par la Lune avec disparition de l'étoile au bord éclairé vers 4 h 47 m et réapparition au bord obscur vers 5 h 58 m (*A observer à l'aide de jumelles ou d'un petit instrument*)

### Visibilité des planètes

**Mercury** (+2,0/+0,2), en conjonction inférieure le 6 et dès lors non observable, passe au méridien le 1 à 12 h 33 m, le 15 à 10 h 47 m et le 29 à 10 h 11 m

**Vénus** (-4,0/-3,9), en conjonction avec Jupiter le 1<sup>er</sup>, le matin au-dessus de l'horizon sud-est, se lève le 1 à 5 h 38 m, le 15 à 5 h 46 m et le 29 à 5 h 41 m, soit respectivement 1 h 42 m, 1 h 10 m et 0 h 47 m avant le Soleil

**Mars** (-0,6/+0,2), le soir et longtemps encore après minuit dans la partie orientale de la constellation du Taureau, passe au méridien le 1 à 20 h 30 m, le 15 à 19 h 42 m et le 29 à 19 h 02 m

**Jupiter** (-1,9/-1,9), le matin au-dessus de l'horizon sud-est dans la constellation du Sagittaire et en début de mois au voisinage de Vénus, se lève le 1 à 5 h 43 m, le 15 à 4 h 59 m et le 29 à 4 h 14 m, soit respectivement 1 h 37 m, 1 h 57 m et 2 h 14 m avant le Soleil

**Saturne** (+0,3/+0,2), en opposition avec le Soleil le 24 et dès lors observable pratiquement pendant toute la durée de la nuit (*à l'est en début de nuit, au sud en milieu de nuit et à l'ouest en fin de nuit*) dans la constellation du Lion à quelque 6° de l'étoile Régulus (+1,3), se lève le 1 à 18 h 37 m, le 15 à 17 h 37 m et le 29 à 16 h 35 m

**Uranus** (+5,9/+5,9), le soir au-dessus de l'horizon sud-ouest dans la constellation du Verseau, se couche le 1 à 19 h 43 m, le 15 à 18 h 52 m et le 29 à 18 h 02 m

**Neptune** (+8,0/+8,0), en conjonction avec le Soleil le 11 et dès lors non observable, passe au méridien le 1 à 12 h 33 m, le 15 à 11 h 40 m et le 29 à 10 h 47 m

Lune en février 2008						A 0 h UT					
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Age	Termin	Asc. dr.	Déclin.	Fract. illum.	Demi-diam	Par. horiz.	
1	3 23	7 05	10 41	23,5	- 19,3	15 50	- 25 29	0,33	14 47	54 16	
6	7 07	11 25	15 55	28,5	- 76,1	20 22	- 21 46	0,02	15 24	56 30	
11	8 23	15 23	22 44	3,8	+ 41,3	0 32	+ 7 22	0,17	16 02	58 52	
16	11 07	20 11	4 13	8,8	- 24,6	5 20	+ 27 59	0,71	16 06	59 03	
21	17 48	---	6 49	13,8	- 88,2	10 08	+ 11 18	1,00	15 35	57 15	
26	23 55	3 24	7 55	18,8	+ 34,0	13 56	- 17 00	0,78	14 52	54 34	
29	2 14	5 46	9 14	21,8	+ 1,2	16 24	- 26 52	0,51	14 48	54 18	

Périgée le 14 à 01 h  
Apogée le 28 à 01 h

Nouvelle Lune le 07 à 03 h 44 m  
Premier Quartier le 14 à 03 h 33 m  
Pleine Lune le 21 à 03 h 30 m  
Dernier Quartier le 29 à 02 h 18 m

Soleil en février 2008						A 0 h UTC					
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Durée crép.	Eq tps	Asc dr	Déclin.	Tps sid. Greenwich	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
1	7 20	11 56,1	16 33	36	- 13 27	20 56	- 17 20	8 42 20	- 11,9	- 6,0	273,0
6	7 12	11 56,6	16 42	35	- 14 01	21 16	- 15 52	9 02 03	- 13,9	- 6,3	207,1
11	7 03	11 56,8	16 51	34	- 14 15	21 36	- 14 18	9 21 46	- 15,8	- 6,6	141,3
16	6 54	11 56,7	17 00	34	- 14 09	21 56	- 12 37	9 41 29	- 17,5	- 6,8	75,5
21	6 45	11 56,3	17 09	34	- 13 45	22 15	- 10 52	10 01 11	- 19,1	- 7,0	9,6
26	6 35	11 55,6	17 17	33	- 13 05	22 34	- 9 02	10 20 54	- 20,6	- 7,2	303,8
29	6 28	11 55,0	17 23	33	- 12 34	22 45	- 7 54	10 32 44	- 21,4	- 7,2	264,3

Début de la rotation de Carrington n° 2067 le 21,73 février

Mercure en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-1)	7 43	12 47	17 51	21 42	- 11 46	Cap	0,766	14 E	8,8	+ 1,0
9	6 32	11 29	16 24	21 04	- 12 55	Aqr	0,650	6 W	10,4	+ 3,9
19	5 47	10 28	15 09	20 41	- 15 58	Cap	0,740	22 W	9,1	+ 0,8
29	5 33	10 11	14 49	21 01	- 16 42	Cap	0,895	27 W	7,5	+ 0,2

Vénus en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-1)	5 36	9 39	13 42	18 30	- 22 25	Sgr	1,325	33 W	12,6	- 4,0
9	5 45	9 53	14 01	19 23	- 21 43	Sgr	1,379	30 W	12,1	- 4,0
19	5 46	10 05	14 25	20 16	- 19 57	Cap	1,430	28 W	11,7	- 3,9
29	5 41	10 17	14 53	21 07	- 17 12	Cap	1,478	26 W	11,3	- 3,9

Mars en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
(-1)	12 02	20 38	5 18	5 34	+ 26 42	Tau	0,763	135 E	12,3	- 0,7
9	11 27	20 02	4 40	5 36	+ 26 33	Tau	0,843	125 E	11,1	- 0,4
19	10 56	19 30	4 07	5 43	+ 26 25	Tau	0,931	116 E	10,1	- 0,1
29	10 29	19 02	3 38	5 54	+ 26 17	Tau	1,024	109 E	9,1	+ 0,2

Jupiter en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
4	5 34	9 33	13 32	18 46	- 22 54	Sgr	6,024	34 W	32,7	- 1,9
14	5 02	9 02	13 03	18 55	- 22 44	Sgr	5,923	42 W	33,2	- 1,9
24	4 30	8 31	12 33	19 03	- 22 34	Sgr	5,805	50 W	33,9	- 1,9
(34)	3 57	8 00	12 02	19 11	- 22 22	Sgr	5,674	59 W	34,7	- 2,0

Saturne en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
4	18 24	1 25	8 21	10 37	+ 10 43	Leo	8,355	158 W	19,8	+ 0,3
14	17 41	0 43	7 40	10 34	+ 11 01	Leo	8,308	169 W	19,9	+ 0,3
24	16 57	23 56	7 00	10 31	+ 11 19	Leo	8,291	178 W	20,0	+ 0,2
(34)	16 13	23 14	6 19	10 28	+ 11 37	Leo	8,306	169 E	19,9	+ 0,2

Uranus en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
4	8 25	13 59	19 32	23 13	- 5 54	Aqr	20,923	32 E	3,3	+ 5,9
24	7 08	12 44	18 20	23 17	- 5 29	Aqr	21,059	13 E	3,3	+ 5,9
(44)	5 52	11 30	17 08	23 21	- 5 02	Aqr	21,086	6 W	3,3	+ 5,9

Neptune en février 2008				A 0 h UT						
D	Lever	Passage Mérid	Coucher	Asc dr	Déclin.	Const	Dist Terre	Elong	Diam appar	Mag
4	7 34	12 22	17 11	21 36	- 14 38	Cap	31,020	7 E	2,2	+ 8,0
24	6 17	11 06	15 56	21 39	- 14 23	Cap	31,006	13 W	2,2	+ 8,0
(44)	5 00	9 51	14 42	21 41	- 14 10	Cap	30,881	32 W	2,2	+ 8,0

Communications du secrétariat

**Programme des activités 2007 – 2008**

*Activités des mois de janvier et février 2008  
Attention aux changements de jour et d'heures*

**Samedi 19 janvier 2008**

**14h45 – 16h15 : CSA3 / RMA3 Cours de Climatologie (6)**

**Chapitre 6: Les hydrométéores  
(Marc VANDIEPENBEECK)**

**16h30 – 18h00 : CM4 : Conférence mensuelle**  
**« La tomographie au service de la science:  
du scanner médical aux étoiles doubles »**  
**(Hervé LAMY)**

**Samedi 16 février 2008**

**14h45-16h15 : CSA4 / CIA2 : Cours d'initiation à l'astronomie (2)**  
**« Lunettes et télescopes: Guide d'achats et conseils pratiques »**  
**(René DEJAIFFE)**

**16h30 – 18h00 : CM5 : Conférence mensuelle**  
**« Collaborations entre astronomes professionnels et amateurs dans le cadre  
d'une meilleure compréhension de certaines étoiles doubles particulières »**  
**(Patricia LAMPENS)**

**Samedi 24 mai 2008**

**Visite du laboratoire souterrain européen de géodynamique de Walferdange  
(G.D. Luxembourg)**

Départ prévu à 8h30 – Retour prévu pour 19 h au plus tard  
Une possibilité de déjeuner/dîner dans un cadre agréable sera offerte  
pour tous les participants selon leur propre budget

Nombre de places STRICTEMENT limité à TRENTE participants (30)  
Déplacement en autocar de luxe

Ordre des priorités : 1. Membres SRBA – 2. Conjointes Membres – 3. Parents Membres  
Attribution automatique dans l'ordre de réception des paiements  
Prix : Membres SRBA 29 EUR – Non-membres SRBA 34 EUR

*En haut: Six images en fausses couleurs obtenues à 5 µm par VIRTIS à bord de Venus Express pendant sa première orbite autour de Vénus, de haut en bas et de gauche à droite : le 12 avril, à 210 000 kilomètres, le 13 avril, à 280 000 kilomètres, le 14 avril, à 315 000 kilomètres, le 16 avril, à 315 000 kilomètres, le 17 avril, à 270 000 kilomètres, et le 19 avril, à 190 000 kilomètres. On y discerne l'évolution de la structure en forme de S du vortex ainsi que celle du terminateur, la limite entre les côtés jour et nuit sur la planète. On voit également l'anneau froid entourant le vortex. Crédits : ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA*

*En bas: Vue de Vénus obtenue par la caméra VMC à bord de Venus Express. On y voit l'ensemble de l'hémisphère sud depuis l'équateur (à droite) jusqu'au pôle. Celui-ci est entouré d'une structure ovale plus sombre. En se dirigeant du pôle vers l'équateur, on rencontre des nuages en forme de bandes, une bande brillante aux latitudes moyennes et des nuages moutonneux dans la région de convection subsolaire. Cette image a été obtenue dans le domaine ultraviolet (365 nm) le 23 juillet 2007, Venus Express étant distant de la planète de 35 000 km. Crédits: ESA © 2007 MPS/DLR-PF/IDA*