

LES PRÉDICTIONS DU PASSAGE DE VÉNUS DU 5 ET 6 JUIN 2012

P. Rocher (IMCCE) PR05

vendredi 9 mars 2012

I. INTRODUCTION

Nous donnons dans ce document les prédictions du passage de Vénus devant le Soleil du 5 et 6 juin 2012. Ces prédictions sont faites à l'aide des théories planétaires INPOP06 élaborées à l'IMCCE. Les précisions des positions des planètes intérieures dans ces théories est de l'ordre de 0,005 seconde de degré. L'obtention des coordonnées apparentes des astres nécessite l'usage de théories de la précession et de la nutation et du temps sidéral. Nous avons utilisé la théorie de la précession UAI 2000, la théorie de la nutation 2000A (2003) et le temps sidéral UAI 2000.

Ces prédictions dépendent également d'un certain nombre de paramètres physiques qui doivent être cohérents entre eux et avec les théories planétaires utilisées.

Comme les théories INPOP06 utilisent la valeur de l'unité astronomique de l'IERS 1992 ($a = 149\,597\,870,610$ km) nous avons utilisé également les constantes IERS 1992 pour le demi-diamètre équatorial terrestre ($R = 6378,1363$ km) et pour la valeur de la parallaxe équatoriale horizontale moyenne du Soleil ($\pi_0 = 8,794143'' = \arcsin(R/a)$). Nous avons également pris pour le demi-diamètre solaire à une unité astronomique ($d = 15^\circ 59,63'$) et pour le demi-diamètre de Vénus ($d' = 6051,8$ km). L'aplatissement terrestre est pris égal à $1/298,257$ (IERS 1992). Pour ces calculs, comme pour l'élaboration de nos canons de passages de Mercure et Vénus, nous avons utilisé un formulaire identique à celui des éclipses solaires utilisant les éléments de Bessel.

Il existe trois types d'information : les circonstances générales du passage, les circonstances géocentriques du passage et enfin les circonstances locales du passage. Dans tous les cas l'échelle de temps utilisée dans les prédictions est le **temps universel coordonné** (UTC ou UT), l'écart entre le temps terrestre (TT) et le temps universel coordonné (TT-UTC) a été pris égal à 67,184s.

Dans nos tableaux les longitudes géographiques sont toujours comptées positivement vers l'ouest et négativement vers l'est.

II. LES CIRCONSTANCES GÉNÉRALES.

On donne les caractéristiques de la conjonction en longitude entre Vénus et le Soleil, c'est l'instant où les longitudes apparentes géocentriques de Vénus et du Soleil sont égales. Les circonstances générales du passage décrivent les contacts de l'ellipsoïde terrestre avec les bords des cônes de pénombre et d'ombre. Chaque contact correspond donc à un lieu particulier et à un instant particulier. Ce lieu de la surface terrestre est le point de tangence entre l'ellipsoïde et le cône d'ombre ou de pénombre au moment du contact. Le maximum du contact correspond à l'instant et au lieu sur Terre, où la distance entre ce lieu et l'axe des cônes est minimale ; ce lieu a Vénus à l'horizon à l'instant considéré. Nous donnons également pour chaque contact le lieu sur Terre qui a Vénus (ou le Soleil) à son zénith, cette direction permet de tracer le cercle de visibilité de Vénus à l'instant considéré.

Conjonction le 6 juin 2012 à 1h 8m 57,91s UTC.	
Longitude géocentrique de Vénus	75° 44' 46,330"
Latitude géocentrique de Vénus	0° 9' 20,52"
Longitude géocentrique du Soleil	75° 44' 46,330"
Latitude géocentrique du Soleil	0° 0' 0,01"
Parallaxe équatoriale du Soleil	8,666"
Parallaxe équatoriale de Vénus	30,461"
Demi-diamètre vrai du Soleil	15' 45,690"
Demi-diamètre vrai de Vénus	28,902"

Le diamètre apparent de Vénus correspond à trois centièmes du diamètre apparent du Soleil.

PHASES GÉNÉRALES

Phases	Instant en UTC	Position des contacts		Lieu ayant la planète au zénith	
		Longitude	Latitude	Longitude	Latitude
Premier contact de la pénombre	le 5 à 22h 3m 6,9s	+37° 38,6'	+43° 51,7'	+150° 55,2'	+22° 52,1'
Premier contact de l'ombre	le 5 à 22h 20m 42,8s	+40° 12,3'	+45° 52,0'	+155° 20,3'	+22° 51,8'
Maximum du passage	le 6 à 1h 29m 35,0s	-11° 10,5'	+63° 21,1'	-157° 13,7'	+22° 49,5'
Dernier contact de l'ombre	le 6 à 4h 38m 28,9s	-11° 23,0'	+20° 4,5'	-109° 47,3'	+22° 47,1'
Dernier contact de la pénombre	le 6 à 4h 56m 4,8s	-8° 1,5'	+17° 53,0'	-105° 22,2'	+22° 46,9'

DURÉES DES PHASES GÉNÉRALES

Durée du passage général : 6h 52m 57,88s.

Durée du passage dans l'ombre : 6h 17m 46,14s.

PARAMÈTRES PHYSIQUES DES CÔNES D'OMBRE ET DE PÉNOMBRE ET ÉLONGATION MINIMALE

Distance géocentrique du bord de l'ombre : -16,63 R

Rayon de cône d'ombre : 42,07 R

Distance géocentrique du bord de la pénombre : -19,28 R

Rayon de cône de pénombre : 44,72 R

Distance minimale topocentrique : 8' 52,637"

III. CIRCONSTANCES GÉOCENTRIQUES.

Les circonstances géocentriques sont liées à un point bien particulier : le centre de l'ellipsoïde terrestre. On donne les instants des différents contacts, ces instants correspondent aux instants où, vu depuis le centre de la Terre, le disque apparent de Vénus est tangent extérieur ou intérieur au disque solaire. Ce sont également les instants où le centre de la Terre entre et sort des cônes d'ombre et de pénombre. Le maximum du passage est l'instant où, toujours vue depuis le centre de la Terre, la distance entre les centres de Vénus et du Soleil est minimale.

Comme pour les circonstances générales, on donne également les lieux de la surface terrestre ayant Vénus à son zénith au moment des contacts.

On donne également pour chaque contact, l'angle au pôle du contact, c'est l'angle entre le segment joignant le centre du Soleil et le point de contact sur le limbe solaire et la direction du nord céleste et compté positivement à partir du nord vers l'est (figure 1).

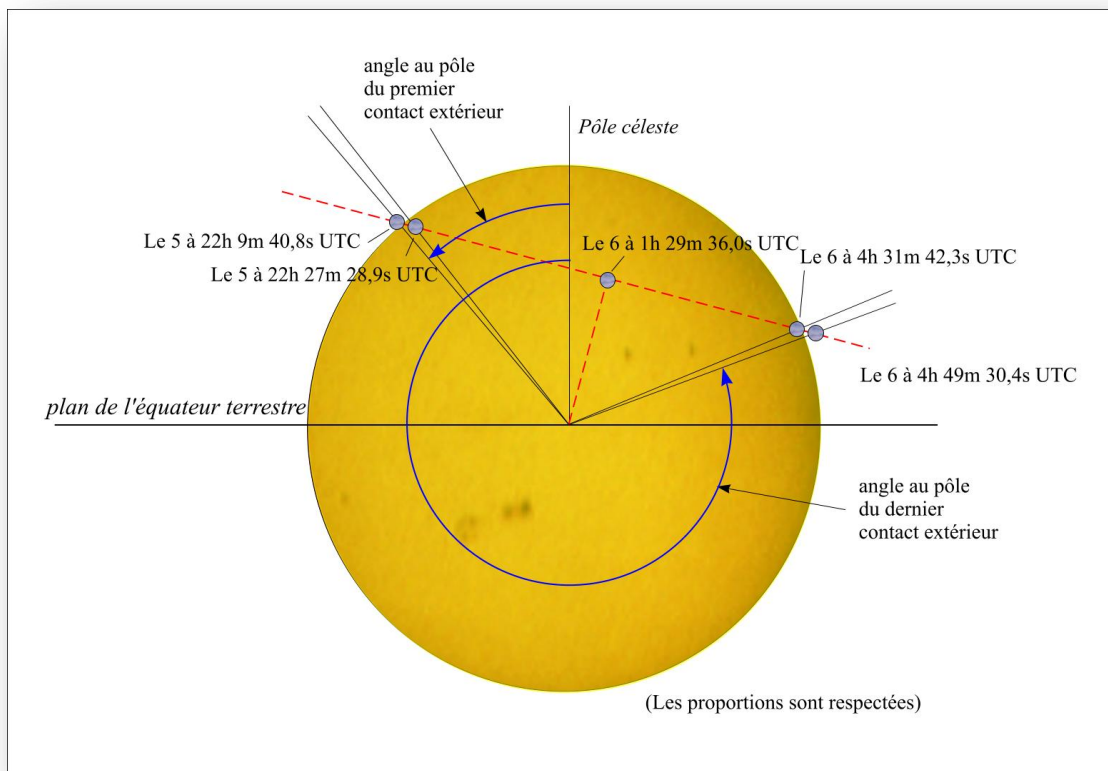


FIGURE 1 - CIRCONSTANCES GÉOCENTRIQUES.

Phases géocentriques	Instant en UTC	Lieu ayant la planète au zénith		Angle au Pôle
		Longitude	Latitude	
Premier contact extérieur	le 5 à 22h 9m 40,8s	+152° 34,1'	+22° 52,0'	+ 40° 40,5'
Premier contact intérieur	le 5 à 22h 27m 28,9s	+157° 2,3'	+22° 51,8'	+ 38° 8,7'
Maximum du passage	le 6 à 1h 29m 36,0s	-157° 13,5'	+22° 49,5'	---
Dernier contact intérieur	le 6 à 4h 31m 42,3s	-111° 29,5'	+22° 47,2'	+292° 43,4'
Dernier contact extérieur	le 6 à 4h 49m 30,4s	-107° 1,2'	+22° 46,9'	+290° 11,6'

DURÉES DES PHASES GÉOCENTRIQUES

Durée du passage général : 6h 39m 49,67s.

Durée du passage de l'ombre : 6h 4m 13,45s.

Distance angulaire géocentrique minimale : 9' 14,374"

REMARQUES

Les durées des phases géocentriques sont plus courtes que les durées des phases générales, cette différence correspond au temps que mettent les bords des cônes d'ombre et de pénombre pour parcourir un rayon terrestre.

La différence entre la distance angulaire géocentrique minimale et la distance angulaire topocentrique minimale correspond à la différence de parallaxe entre le centre de la Terre et un lieu voyant le minimum à l'horizon, donc les deux corps près de l'horizon. Cette différence doit donc être de l'ordre des différences des parallaxes horizontales équatoriales de Vénus et du Soleil. C'est bien le cas, on a $9' 14,374'' - 8' 52,637'' = 21,737''$ et la différence des parallaxes équatoriales vraies (au moment de la conjonction) est de $30,461'' - 8,666'' = 21,795''$.

IV. LES CIRCONSTANCES LOCALES

Les circonstances locales sont en tous points semblables aux circonstances géocentriques, mais elles se rapportent à un lieu particulier. Nous ne donnerons pas ici les circonstances locales pour de nombreux lieux à la surface de la Terre, par manque de place et aussi parce que nous ne voulons pas influencer les mesures que vous désirez faire. Nous donnons les valeurs, pour chaque contact, des coefficients E, F et G décrits dans les fiches précédentes. Ces coefficients permettent de calculer les valeurs approchées des contacts en un lieu quelconque à partir des instants des contacts géocentriques.

Phase	E	F	G
Premier contact extérieur	-3,6890min	-2,9485min	-4,6233min
Premier contact intérieur	-3,5397min	-3,0877min	-4,9510min
Dernier contact intérieur	6,2248min	-1,3899min	2,4283min
Dernier contact extérieur	6,1850min	-1,0061min	2,1005min

L'écart avec les instants des contacts géocentriques est donné par la formule suivante :

$$\Delta t = (E \cos \varphi \cos \lambda + F \cos \varphi \sin \lambda + G \sin \varphi) \quad (1)$$

où λ et φ représentent les longitude et latitude du lieu d'observation.

Exemple : Calcul des circonstances locales pour Tokyo :

Les coordonnées géographiques de Tokyo sont les suivantes :

Latitude : +35° 40' 0,0" nord = 35,6666°

Longitude : -139° 45' 0,0" (est) = -139,75°

Contact topocentriques	Δt calculés à l'aide de la formule (1)	Instants calculés à l'aide de la formule (1)	Instants calculés à l'aide des formules exactes
Premier contact extérieur	1,1395min	22h 10m 49,2s	22h 10m 53,5s
Premier contact intérieur	0,9289min	22h 28m 24,6s	22h 28m 29,2s
Dernier contact intérieur	-1,7143min	4h 29m 59,4s	4h 29m 58,8s
Dernier contact extérieur	-2,0823min	4h 47m 25,5s	4h 47m 25,3s

On constate que les écarts entre les valeurs approchées et les valeurs calculées avec les formules rigoureuses, donc sans approximation, sont bien de l'ordre du dixième de minute.

V. LES CARTES DE VISIBILITÉ.

Ces cartes sont faites en utilisant la projection de Mercator. Cette projection classique en géographie, élaborée par Mercator en 1569, porte à tort le nom de projection, il s'agit en réalité d'un développement cylindrique conforme. Cette projection est bien adaptée à la navigation maritime, car les routes à azimut constant sont représentées par des droites. Par contre, elle présente l'inconvénient de dilater les latitudes au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Les cercles ne sont donc pas représentés par des cercles, mais par des courbes allongées vers les pôles.

Le tracé des cartes publiées a été fait à l'aide du logiciel GMT (Generic Mapping Tools Graphics) élaboré par Paul Wessel (School of Ocean and Earth Science and Technology, University of Hawaiï at Manoa) et Walter. H. F. Smith (Laboratory for Satellite Altimetry, NOAA/NESDIS/NODC).

Nous donnons trois cartes :

Une carte de visibilité comportant les limites de visibilité du phénomène. Nous sommes proches du début de l'été, il existe donc une zone proche du pôle terrestre nord où le Soleil ne se couche pas, la totalité du passage est donc visible dans cette zone, mais le Soleil est bas sur l'horizon. Inversement, proche du pôle terrestre sud, il existe une zone où le Soleil ne se lève pas, le passage y est donc invisible. On remarquera également deux zones, une au sud où le Soleil va se lever puis se recoucher et une au nord où le Soleil va se coucher puis se relever durant le passage.

La deuxième carte est identique à la première, mais comporte en plus trois types de courbes, les courbes de début et de fin du passage à un instant donné et les courbes d'égales durées du passage total. Les courbes début et fin à un instant donné sont les lieux sur Terre où les contacts extérieurs ont lieu à un même instant. Les courbes d'égales durées sont les lieux sur Terre où la totalité du passage, c'est-à-dire la différence de temps entre le dernier contact extérieur et le premier contact extérieur est égale. On remarque que ces courbes ne sont pas parallèles aux méridiens terrestres.

La troisième carte est identique à la seconde, mais les courbes de début et de fin du passage à un instant donné et les courbes d'égales durées du passage correspondent aux contacts intérieurs et à la durée du passage intérieur.

Attention les instants sont donnés en Temps universel coordonné, dans cette échelle de temps le passage recouvre la fin du 5 juin et le début du 6 juin. On constate que la carte de visibilité est traversée par la ligne de changement de date (au voisinage du méridien 180°). Pour tous les lieux situés à l'est de la ligne de changement de date, le passage a lieu le 5 juin (en heure locale des différents pays) et pour tous les lieux situés à l'ouest de la ligne de changement de date, le passage a lieu le 6 juin (heure locale des différents pays).

LE PHÉNOMÈNE QUE L'ON VA OBSERVER

Depuis un lieu quelconque de la zone de visibilité complète du phénomène, un observateur va assister au passage du disque de Vénus devant le disque solaire. La trajectoire apparente du passage de Vénus sur le disque va dépendre de deux choses :

Du lieu d'observation puisque l'on va exploiter la différence observée d'un lieu à l'autre pour déterminer la parallaxe.

Du repère dans lequel on se place pour observer. En effet, si l'on utilise un repère d'observation équatorial (lunette ou télescope sur une monture équatoriale suivant le Soleil dans son mouvement diurne) la trajectoire de Vénus sera quasi-rectiligne. Si par contre on utilise un repère d'observation azimutal (solarscope, vénuscope ou tout système de projection sur un écran fixe, donc fixe par rapport au zénith du lieu d'observation), la trajectoire de Vénus sera plus complexe.

C'est pourquoi on donne deux paramètres utiles à la détermination des points de contact du passage :

L'angle au pôle « P » d'un contact est l'angle ayant pour sommet le centre du Soleil et pour côtés la direction du pôle nord céleste et la direction du contact. Il est compté positivement vers l'est à partir de la direction du pôle.

L'angle au zénith « Z » d'un contact est l'angle ayant pour sommet le centre du Soleil et pour côtés la direction du zénith du lieu et la direction du contact. Il est compté positivement vers l'est à partir de la direction du zénith.

On donne ci-dessous les circonstances locales et les trajectoires observables à Tokyo pour ces deux types d'observations.

Tokyo : latitude : $+35^{\circ} 40' 0.0''$, longitude : $-139^{\circ} 45' 0.0''$.

Phase	Instant en UTC	P	Z
Premier contact extérieur	22h 10m 53,51s	$41,6^{\circ}$	$102,7^{\circ}$
Premier contact intérieur	22h 28m 29,24s	$39,1^{\circ}$	$100,6^{\circ}$
Dernier contact intérieur	4h 29m 58,78s	$292,5^{\circ}$	$236,9^{\circ}$
Dernier contact extérieur	4h 47m 25,27s	$290,0^{\circ}$	$232,0^{\circ}$

Instant du maximum : 1h 29m 38.07s, hauteur du centre du Soleil : $70,1^{\circ}$ azimut du centre du Soleil : $305,5^{\circ}$, minimum de distance topocentrique : $9,14'$

Durée de la phase centrale : 6h 01m 29,54s.

Durée de la phase générale : 6h 36m 31,76s.

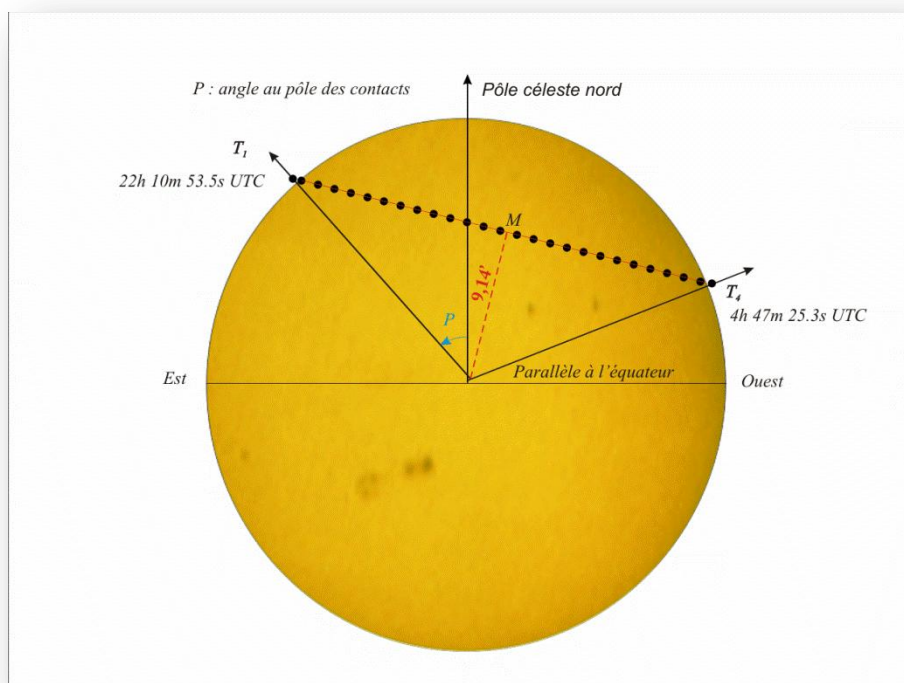


FIGURE 2. – ASPECT DU PASSAGE DE VÉNUS À TOKYO DANS LE REPÈRE ÉQUATORIAL PAR EXEMPLE VUE À L'AIDE D'UNE LUNETTE MUNIE D'UNE MONTURE ÉQUATORIALE.

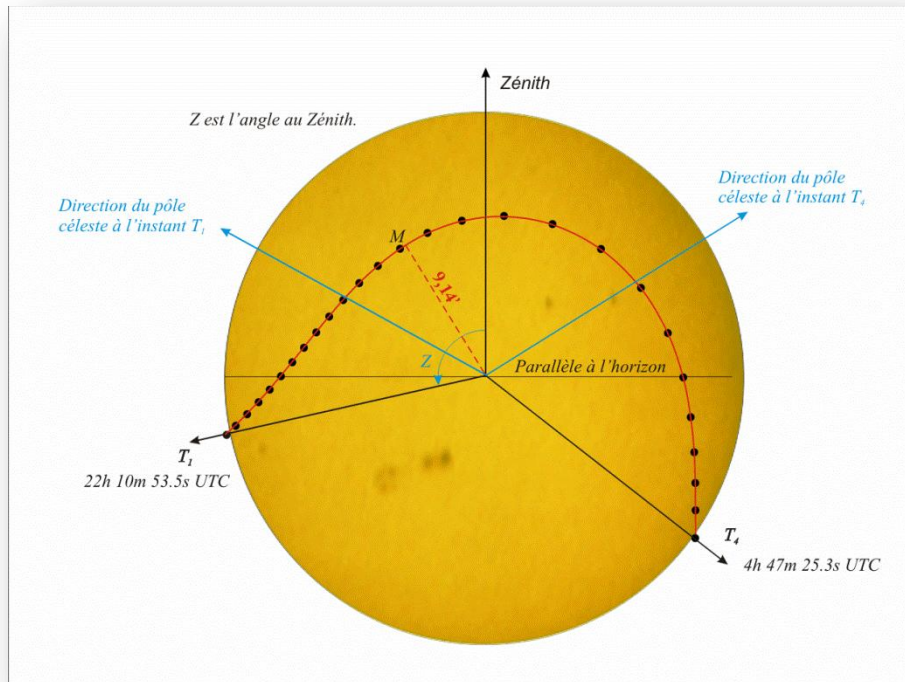


FIGURE 3. – ASPECT DU PASSAGE DE VÉNUS À TOKYO DANS LE REPÈRE HORIZONTAL PAR EXEMPLE VUE À L'AIDE D'UN SOLARSCOPE.

On constate que la mesure du minimum de distance dans le cas d'une trajectoire rectiligne est beaucoup plus « facile » que la mesure du minimum de distance dans le cas d'une trajectoire curviligne.