

## COMMENT CHOISIR LE MEILLEUR PARTENARIAT POUR L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS DES 5 - 6 JUIN 2012 DEPUIS DEUX LIEUX DISTINCTS.

---

P. Rocher (IMCCE) PR09

vendredi 18 novembre 2011

### I. INTRODUCTION.

---

Il existe trois méthodes principales pour calculer la parallaxe solaire à partir des observations combinées en deux lieux distincts du passage de Vénus devant le Soleil.

**La première méthode est la méthode de Halley**, elle consiste à observer et comparer la durée du phénomène.

**La seconde est la méthode de Delisle**, elle consiste à observer et comparer un même contact entre le disque de Vénus et le disque solaire. Les contacts extérieurs étant souvent difficiles à observer nous nous limiterons dans nos explications aux contacts intérieurs, mais le raisonnement est en tous points identiques pour les contacts extérieurs.

**La dernière méthode consiste à mesurer directement sur deux clichés superposés la différence de positions de Vénus.**

Ces trois méthodes ne sont pas identiques et, en fonction d'un lieu d'observation donné, le choix du second lieu d'observation doit être optimisé si l'on veut décorrélérer au maximum les deux observations et obtenir un résultat final précis.

Dans cette fiche nous allons présenter la meilleure relation possible entre couple d'observateurs et méthode à choisir.

**Un principe fondamental à bien noter : la méthode quelle qu'elle soit, donnera des résultats d'autant plus précis et satisfaisants que les observateurs seront distants en latitude**, soit un observateur dans l'hémisphère nord, l'autre dans l'hémisphère sud pour que les quantités mesurées soient bien différentes.

Nous utiliserons dans nos explications la carte de visibilité du passage donnant également les débuts, les fins des contacts intérieurs ainsi que les durées des passages intérieurs.

### II. LA MÉTHODE DE HALLEY.

---

Cette méthode consiste à mesurer les instants des contacts extérieurs ou des contacts intérieurs du disque de Vénus avec le disque solaire. Elle nécessite d'être en deux lieux sur Terre où la durée totale du passage soit observable – et observés – ce qui n'est pas toujours possible pour de simples raisons météorologiques : les observateurs des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles en firent l'amer constat.

Il convient de se situer sur la carte de visibilité dans la partie centrale « V » où la totalité du passage est observable. La mesure sera d'autant meilleure que la différence des durées

observées sera grande. On a donc intérêt à regrouper deux lieux d'observations présentant les plus grandes différences de durées de passages. Pour cela il convient de prendre un lieu le plus au nord possible et un second lieu le plus au sud possible dans la zone de visibilité totale. En gardant bien à l'esprit que les risques de mauvais temps augmentent au fur et à mesure que l'on descend en latitude dans l'hémisphère sud pour les passages de juin.

**Exemple :** Pour des lieux situés en Sibérie occidentale (vers Tomsk), la durée du passage est de l'ordre de 6h 44,5m avec un premier contact intérieur vers 22h 25m UTC (soit à 5h 25m en heure locale, le décalage horaire étant de UTC +7h) donc tôt le matin c'est-à-dire avec un Soleil relativement bas sur l'horizon. Les pays plus à l'est sont favorisés car les deux contacts intérieurs ont lieu avec un Soleil plus haut au-dessus de l'horizon. Dans l'hémisphère sud, la Nouvelle Zélande et le sud de l'Australie sont également particulièrement favorisés pour les mêmes raisons.

### III. LA MÉTHODE DE DELISLE.

---

Cette méthode consiste à observer en deux lieux distincts le même contact intérieur ou le même contact extérieur.

Elle présente l'avantage par rapport à la méthode de Halley d'étendre la zone d'observation aux zones où un seul des contacts est visible de part et d'autre de la zone « V ». Elle demandait par le passé de connaître avec une grande précision les longitudes des lieux. Ce n'est plus le cas de nos jours où le temps universel est disponible en tout point du globe, de plus on obtient facilement les coordonnées d'un lieu à l'aide d'un GPS.

L'extension de la zone d'observation se fait en ajoutant la zone « passage partiellement visible » située à l'est de la zone de visibilité totale pour les premiers contacts et en ajoutant la zone « passage partiellement visible » située à l'ouest de la zone de visibilité totale pour les derniers contacts. Les observateurs situés dans chacune de ces deux zones « passage partiellement visible » ne peuvent pas comparer leurs observations car ceux de la zone est ne voient que les premiers contacts, alors que ceux situés dans la zone ouest ne voient que les derniers contacts. Il convient également de signaler que lorsque l'on s'approche des courbes de début et fin au lever ou au coucher du Soleil, les contacts ont lieu avec un Soleil de plus en plus bas sur l'horizon.

De nouveau pour que cette méthode soit optimale, il faut que la différence des instants de contact soit la plus grande possible. Sur la carte, si l'on observe les lignes de début et de fin des contacts à un instant donné, on constate que ces courbes sont des cercles de la sphère terrestre ayant pour pôles les premiers et derniers points de contacts. Ces courbes parcourent la sphère terrestre d'ouest en est. On choisira donc, à l'aide de la carte, les lieux qui présentent la plus grande différence de temps des instants de contacts. **On évitera de prendre deux lieux d'observation proches l'un de l'autre.**

**Exemple :** En France métropolitaine, seules les derniers contacts sont visibles (à Paris le dernier contact intérieur a lieu à 4h 37m 34,6s UTC et le dernier contact extérieur a lieu à 4h 55m 6,3s UTC), il est intéressant de combiner l'observation de ces derniers contacts avec des observateurs situés à l'est, proches de la ligne fin au coucher du Soleil, par exemple en Nouvelle-Zélande (à Auckland le dernier contact intérieur a lieu à 4h 25m 20,4s UTC et le dernier contact extérieur a lieu à 4h 43m 21,0s UTC, attention ce sera le soir le décalage horaire étant UCT +12h en période d'hiver). On aura alors une différence de temps entre les contacts de l'ordre de 12 minutes. Pour les lieux situés dans la zone de visibilité totale du phénomène, les deux méthodes précédentes ne sont pas exclusives, on pourra donc cumuler les deux types d'observations. Une observation de

durée de passage avec un autre lieu de la zone de totalité, et deux mesures de contact avec des lieux situés dans les zones de visibilité partielle.

#### IV. LA MESURE DIRECTE DE LA PARALLAXE DIFFÉRENTIELLE DE VÉNUS SUR DES CLICHÉS SUPERPOSÉS À PARTIR DES POSITIONS RELATIVES VÉNUS/SOLEIL.

---

Cette méthode peut s'appliquer de deux manières.

- On photographie le passage en deux lieux distincts **exactement au même instant**, avec le même type d'instrument, puis on superpose les deux clichés et l'on mesure la distance angulaire entre les deux centres de Vénus. On réduit alors l'observation comme indiqué dans la note n°5 « méthodes simplifiées du calcul de la parallaxe ».
- On fait des séries de clichés en deux lieux distincts, puis l'on trace les trajectoires (sensiblement des cordes) du centre de Vénus sur le disque solaire. Enfin on superpose les deux tracés et l'on mesure la distance angulaire entre les deux cordes.

Ces deux méthodes ne sont pas totalement identiques.

Avec une position unique, la réduction doit être faite pour l'instant  $t$  de l'observation. Avec la seconde méthode utilisant des cordes, la réduction utilise deux instants, correspondant respectivement aux deux instants d'observations des distances minimales au centre du Soleil en chaque lieu. On réduit de nouveau l'observation comme indiqué dans la note n°5 « méthodes simplifiées du calcul de la parallaxe » en prenant les coordonnées des deux lieux à l'instant du minimum qui lui correspond et en prenant comme parallaxe différentielle de Vénus la distance entre les deux cordes.

Pour le choix des lieux d'observations, on retrouve exactement les mêmes considérations que dans les méthodes de Halley et de Delisle. La méthode de photographie unique correspond à la méthode de Delisle et la méthode des cordes correspond à la méthode de Halley. Pour la méthode des cordes on prendra soin d'avoir des prises de vue de part et d'autre du minimum de distance.

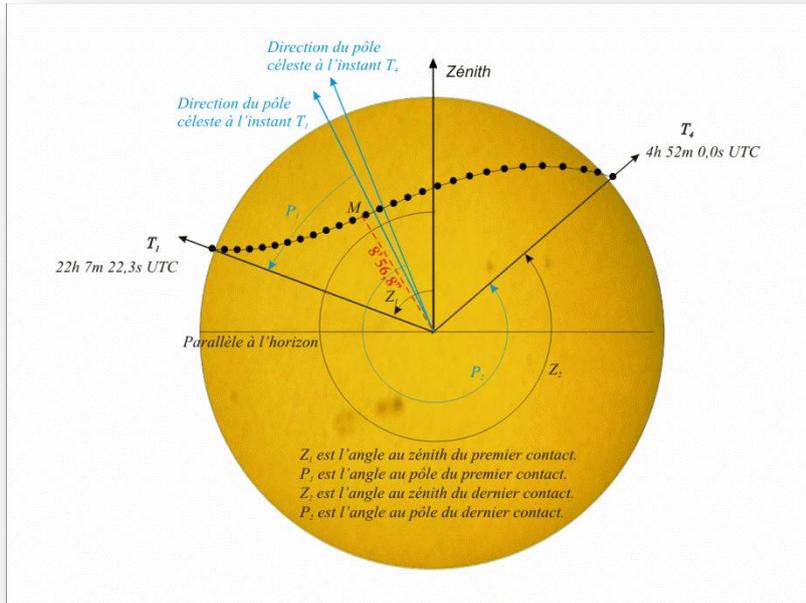


FIGURE 1 : - TRACÉ DU PASSAGE DE VÉNUS À TOMKS DANS LE REPÈRE HORIZONTAL LOCAL.

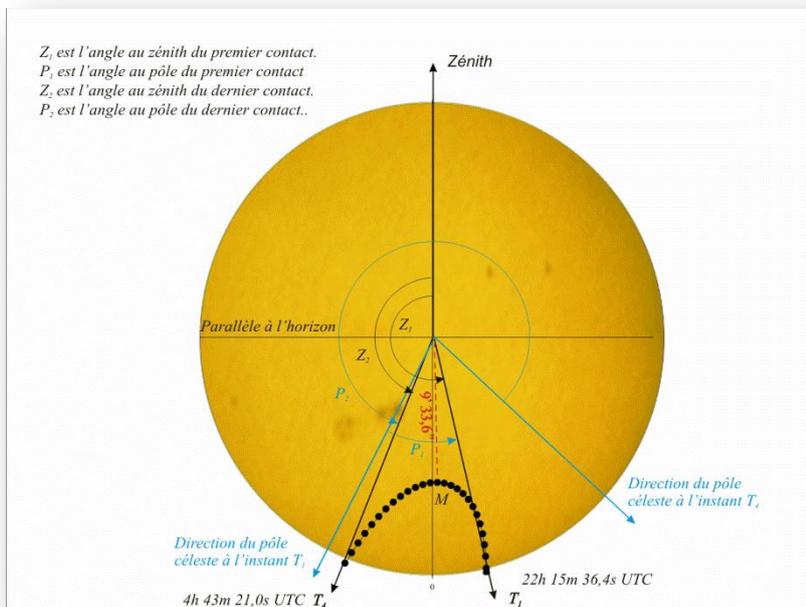


FIGURE 2 : - TRACÉ DU PASSAGE DE VÉNUS À AUCKLAND DANS LE REPÈRE HORIZONTAL LOCAL.

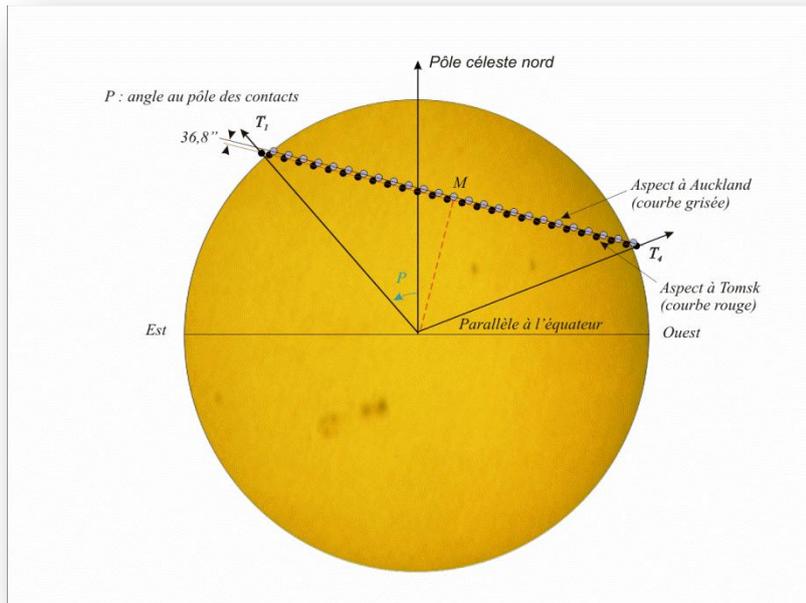


FIGURE 3 : - TRACÉ DES PASSAGES DE VÉNUS À AUCKLAND ET À TOMSK DANS LE REPÈRE ÉQUATORIAL.

Les trois figures ci-dessus donnent les tracés du passage de Vénus observé depuis Tomsk (Russie) et depuis Auckland (Nouvelle-Zélande); chaque position de Vénus est donnée avec un intervalle de temps de 15 minutes. Les figures 1 et 2 montrent la différence des tracés dans les repères horizontaux de chaque lieu (zénith en haut). À Tomsk, Vénus reste toujours au-dessus du centre du Soleil et parcourt le disque de gauche à droite. À Auckland, Vénus passe en-dessous du centre du Soleil et parcourt le disque solaire de droite à gauche. Dans les deux cas le parcours de Vénus sur le disque solaire va d'est en l'ouest, mais dans le cas de Tomsk le Soleil passe au méridien vers le sud alors que pour Auckland le Soleil passe au méridien vers le nord. Ce qui explique les deux sens opposés du passage.

La figure 3 donne les tracés du passage de Vénus dans le repère équatorial. Dans ce cas les deux tracés sont des cordes quasi parallèles. La distance entre ces deux cordes est de l'ordre de 36,8". Cette valeur est égale à la différence des distances minimales du centre de la planète au centre du Soleil observées depuis les deux villes. Cette valeur n'est pas exactement égale à la différence de parallaxe différentielle entre Vénus et le Soleil. La différence de parallaxe différentielle entre Vénus et le Soleil est la distance entre les deux centres apparents de Vénus à un instant donné.

Un protocole de mesure pour déterminer la distance Terre-Soleil par une méthode photographique est décrit sur le site du CLEA (<http://www.ac-nice.fr/clea/Venus01.html>).

## V. QUELQUES REMARQUES IMPORTANTES

Les deux méthodes photographiques ont un intérêt pédagogique certain, elles utilisent pour le calcul de la parallaxe une méthode assez complexe mais que l'on peut expliquer en totalité. Inversement, le calcul de la parallaxe par les méthodes de Halley et de Delisle est très simple car il utilise toujours les mêmes coefficients, par contre les explications sont beaucoup plus complexes.

Les méthodes photographiques ne sont pas faciles à mettre en œuvre : on doit avoir des images ayant les mêmes caractéristiques dans les deux lieux d'observations. Pour l'obtention des tracés, on doit compenser la rotation terrestre en utilisant des montures équatoriales motorisées. De plus, les positions et les astres photographiés subissent les effets de la réfraction atmosphérique.

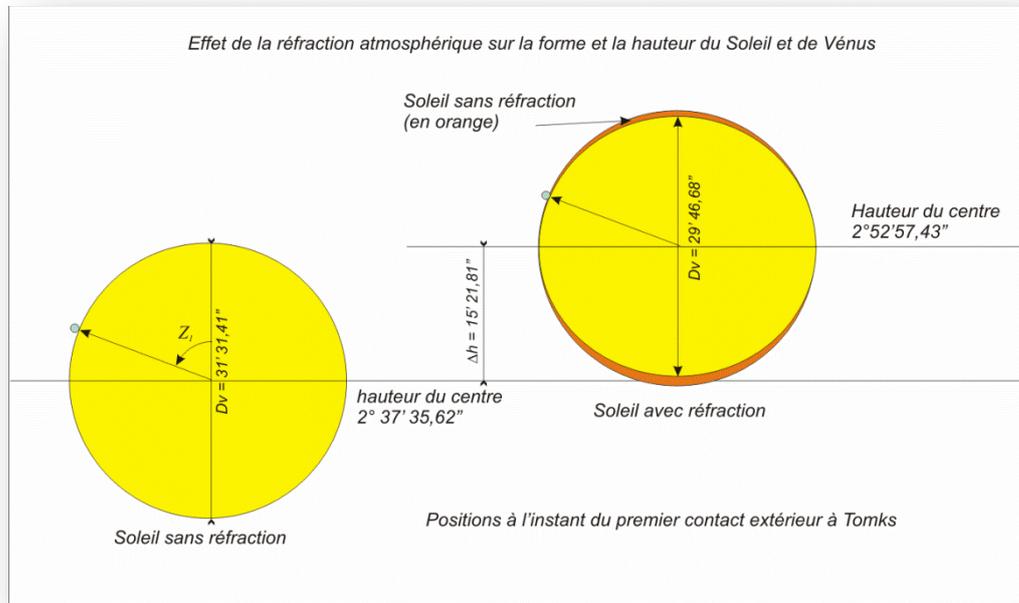


FIGURE 4 : ASPECT DU SOLEIL ET DE VÉNUS AVEC ET SANS LA RÉFRACTION À TOMKS.

La réfraction atmosphérique est la déviation par l'atmosphère terrestre des rayons lumineux issus des astres observés. Elle agit uniquement sur la hauteur apparente des astres. Elle est maximale lorsque l'astre est à l'horizon et décroît avec la hauteur de l'astre. Les effets de la réfraction ne sont pas identiques d'un lieu à l'autre. Les images du Soleil prises avec un Soleil bas sur l'horizon présentent un astre avec un aplatissement asymétrique ce qui complique énormément la réduction et la superposition des images. L'effet de la réfraction sur la distance apparente des centres du Soleil et de Vénus porte le nom de réfraction différentielle. Elle varie avec le lieu et l'instant d'observation et doit être pris en compte lors des réductions photographiques. Elle est nulle lorsque l'angle au zénith vaut  $90^\circ$  et  $270^\circ$ , avec des extrema dissymétriques pour un angle au zénith de  $0^\circ$  et de  $180^\circ$ . Comme on a intérêt à observer depuis les deux hémisphères nord et sud, la position horizontale du centre de Vénus par rapport au centre du Soleil, ainsi que les effets de la réfraction différentielle, sont inversés d'un hémisphère à l'autre. L'effet global, c'est-à-dire la différence de réfraction différentielle entre les deux lieux, est un rapprochement des deux cordes observées. Cela agit donc dans le sens inverse de la parallaxe. Pour minimiser cela, on aura intérêt à choisir des instants et des lieux de prises de vue qui correspondent à un Soleil haut sur l'horizon et à sensiblement une même hauteur du Soleil.

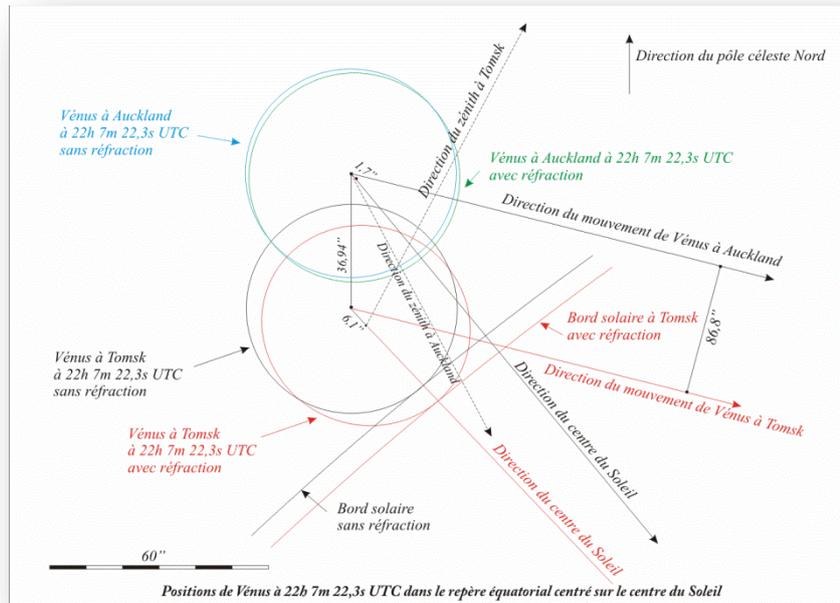


FIGURE 5 : - EFFET DE LA RÉFRACTION DIFFÉRENTIELLE SUR LES POSITIONS ENREGISTRÉES LORS D'UN PASSAGE.

La figure 5 nous montre les effets de la réfraction différentielle sur les positions apparentes de Vénus dans un repère équatorial centré sur le Soleil. La figure est tracée pour l'instant 22h 7m 22,3s UTC du premier contact extérieur à Tomsk Paris. On constate qu'à Tomsk l'effet de la réfraction différentielle est fort, la hauteur de Vénus par rapport au centre du Soleil varie de 6,1", car le Soleil et la planète sont bas sur l'horizon ( $\sim 3^\circ$ ). Par contre à Auckland au même moment la réfraction différentielle est quasi nulle (1,7") car le Soleil et la planète sont déjà haut sur l'horizon ( $\sim 22,5^\circ$ ). Deux clichés photographiques pris respectivement dans ces deux villes à cet instant, après superposition des deux centres du Soleil, présenteront en absence de correction de la réfraction différentielle une distance apparente entre les deux centres de Vénus de 41,7" alors que la distance vraie, en absence de réfraction, est de 36,94" soit un écart de 11%. Nous avons volontairement choisi un instant où les corps seront bas sur l'horizon dans l'un des lieux pour montrer l'amplitude que peut présenter l'effet dû à la réfraction différentielle. Dans la pratique on limitera cet effet en privilégiant les clichés pris lorsque les deux corps sont hauts sur l'horizon.

## VI. RÉCAPITULATIF DES MÉTHODES ET PARTENARIATS GÉOGRAPHIQUES ASSOCIÉS.

Le tableau ci-dessous donne les conditions optimales d'observation du phénomène pour deux lieux du globe terrestre. Nous avons privilégié une séparation Nord-Sud pour optimiser les écarts de durées ou les écarts entre les cordes. Nous donnons en abscisses les pays de la zone Nord et en ordonnées les pays de la zone Sud. Un H indique que la méthode de Halley est possible, un D1 ou un D2 que la méthode de Delisle est possible respectivement pour les premiers contacts ou les derniers contacts. Un symbole simple indique une observation possible, un symbole suivi d'un + indique une observation plus optimale et enfin un symbole suivi d'un ++ indique une observation très favorable. On rappelle que la méthode de Halley est équivalente à la méthode de Delisle pour les deux contacts ( $H = D1 + D2$ )

NORD \ SUD	Nord-ouest de l'Amérique du Sud	Nord-Est de l'Afrique	Iles de l'océan Pacifique	Australie Nouvelle-Zélande
Amérique du Nord	D1 +		D1	D1++
Europe		D2	D2	D2++
Asie	D1++	D2++	H ++	H ++
Alaska et nord-ouest Canada	D1++	D2 ++	H +	H ++

### VII. CARTE DU PASSAGE.

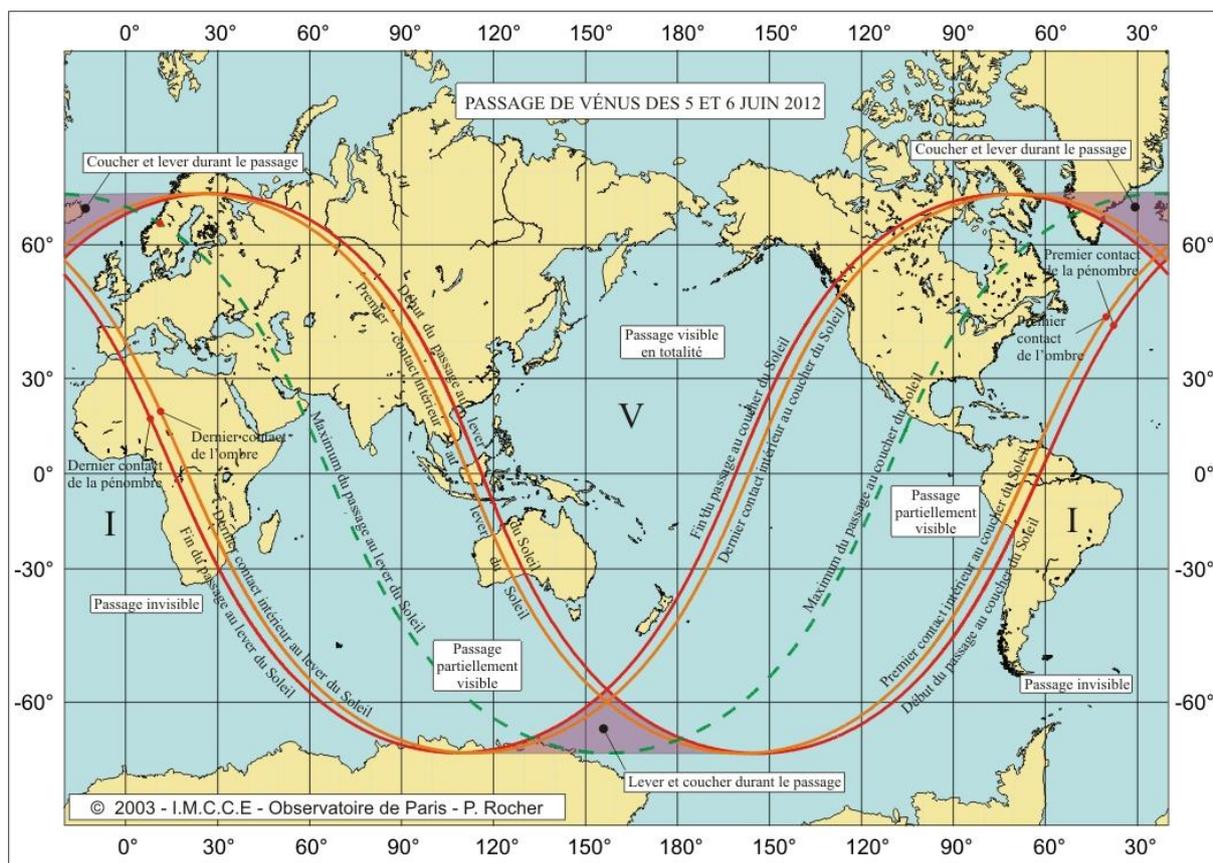


FIGURE 6 : ZONE DE VISIBILITÉ DU PASSAGE DE JUIN 2012.

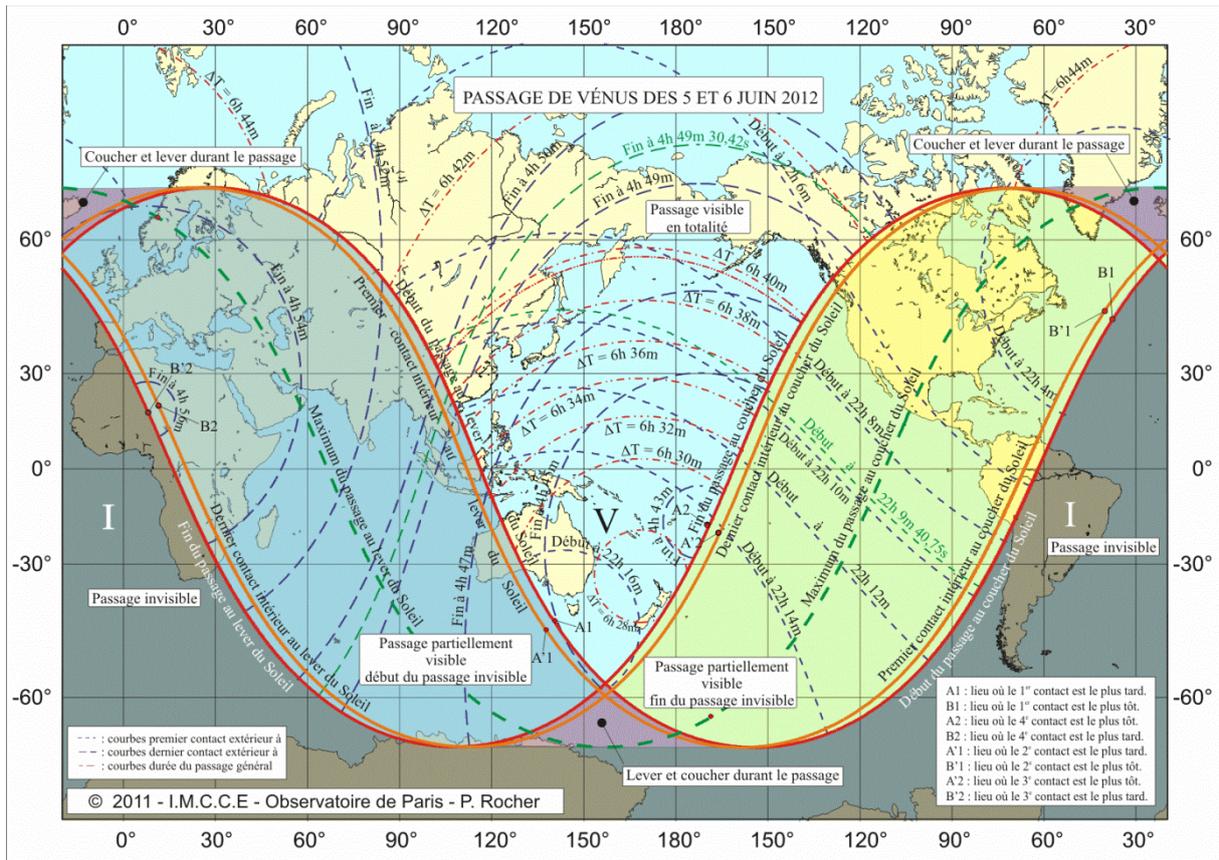


FIGURE 7 : COURBES DES INSTANTS DE CONTACTS EXTÉRIEURS ET DE DURÉE TOTALE DU PASSAGE.

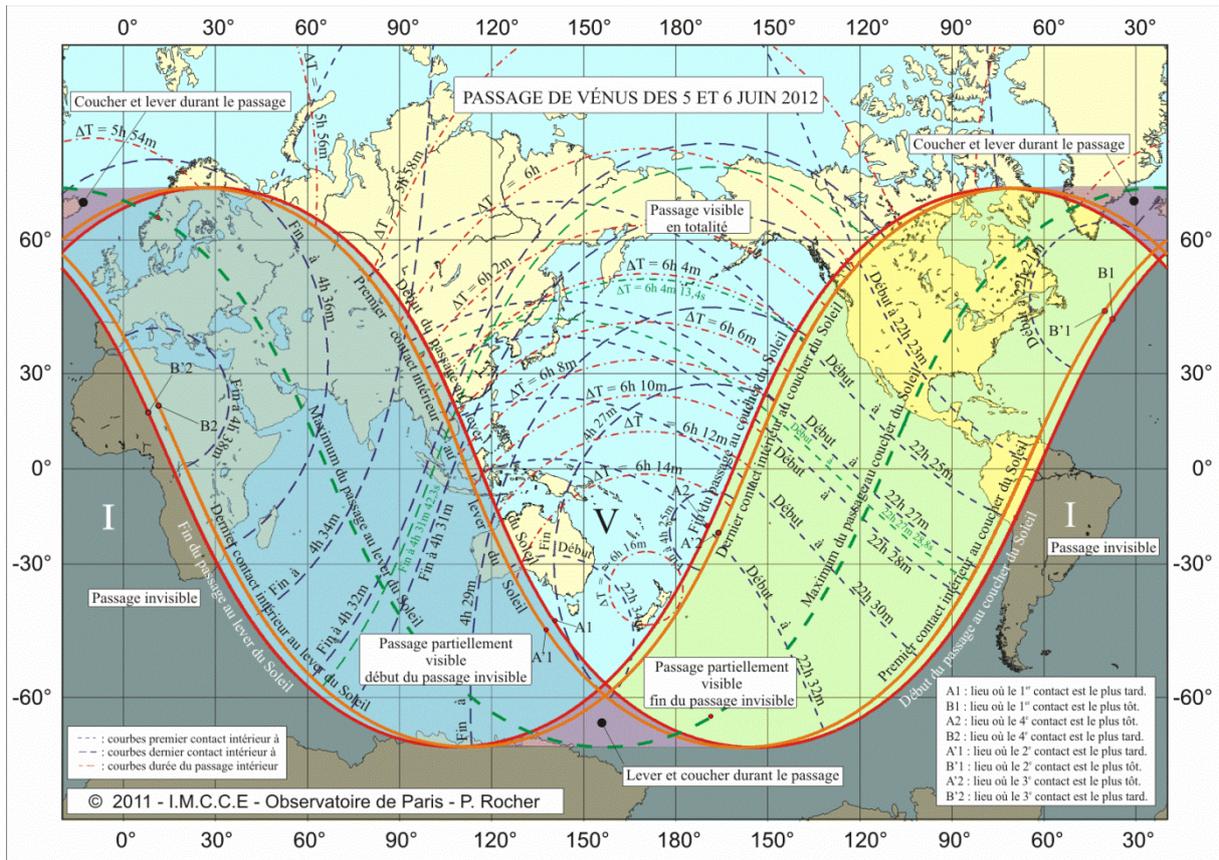


FIGURE 8 : COURBES DES INSTANTS DE CONTACTS INTÉRIEURS ET DE DURÉE DU PASSAGE INTÉRIEUR.