

Comment choisir le meilleur partenariat pour l'observation du passage de Vénus du 8 juin 2004 depuis deux lieux distincts.

P. Rocher (IMCCE) PR09

Vendredi 12 mars 2004

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 identique 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^e et XIX^e siècles en firent l'amère 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 France Métropolitaine, la durée du passage intérieur est de l'ordre de 5h 25min avec un premier contact intérieur tôt le matin donc un Soleil relativement bas sur l'horizon. Les pays plus à l'est de la France, vers la longitude 60°E, sont favorisés car les deux contacts intérieurs ont lieu avec un Soleil plus haut au-dessus de l'horizon. Dans l'hémisphère sud, les îles proches de la Réunion sont également particulièrement favorisées pour les mêmes raisons.

Ainsi le lieu de longitude 60°00 Est et de latitude 50°00 Nord voit le premier contact intérieur à 5h 37m 9,9s UTC avec un Soleil 51,2° au-dessus de l'horizon et voit le dernier contact intérieur à 11h 1m 24,2s UTC avec un Soleil 45,4° au-dessus de l'horizon (la durée du passage intérieur est de 5h 24m 14,3s). Pour la ville de St Denis de la Réunion le premier contact intérieur a lieu à 5h 34m 37,8s UTC avec un Soleil 31,0° au-dessus de l'horizon et le dernier contact a lieu à 11h 7m 38,3s avec un Soleil 29,6° au-dessus de l'horizon (la durée du passage intérieur est de 5h 33m 0,5s). La différence de temps des passages intérieurs entre ces deux lieux est donc de 8m 46,2s.

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.

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 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, les premiers contacts intérieurs ayant lieu vers 5h 40m, il est intéressant de combiner l'observation du premier contact avec des observateurs situés à l'est, proches de la ligne début au coucher du Soleil, par exemple en Australie où les premiers contacts ont lieu entre 5h 26m UTC et 5h 28m UTC. On aura alors une différence de temps entre les contacts de l'ordre de 12 à 14 minutes. De même les derniers contacts ont lieu en France entre 11h 4m UTC et 11h 5m UTC. La France est située sensiblement au milieu de la zone de visibilité des derniers contacts, on peut donc choisir comme deuxième lieu d'observation des lieux situés soit à l'ouest, soit à l'est. Par exemple en Amérique du sud où les derniers contacts ont lieu après 11h 11m UTC : les écarts seront alors de l'ordre de 6 à 8

minutes. On remarquera que, compte tenu de la forme des courbes, nous ne sommes pas toujours forcés de choisir des lieux à l'ouest pour avoir un dernier contact postérieur aux contacts observés en France. Ainsi, la ligne « fin à 11h 11m UTC » traverse également l'Afrique du sud. Pour les lieux d'observations ayant un contact antérieur aux contacts français, on pourra se placer à l'est, mais l'écart ne dépassera pas 5 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.

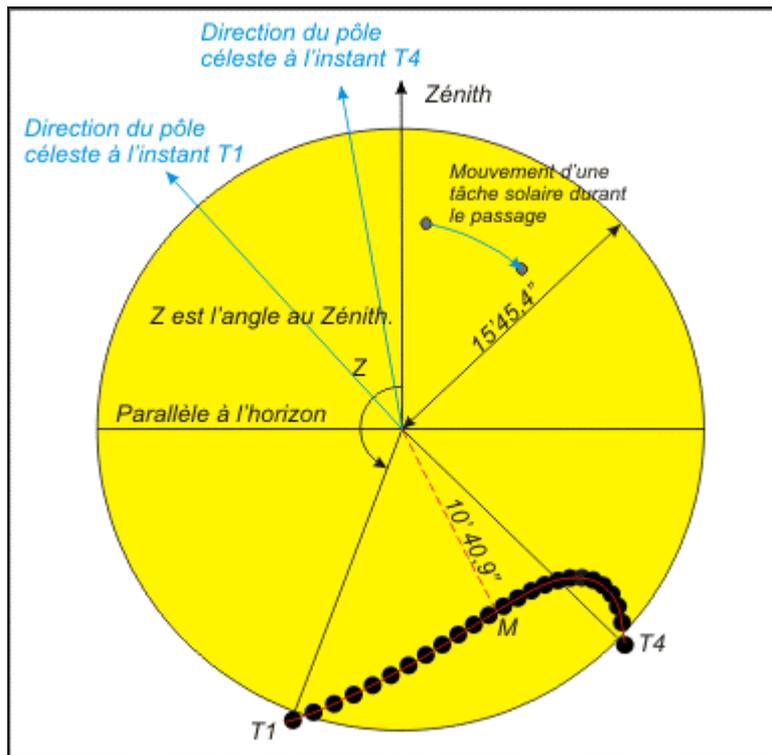


FIGURE 1. – Tracé du passage de Vénus à Paris dans le repère horizontal local.

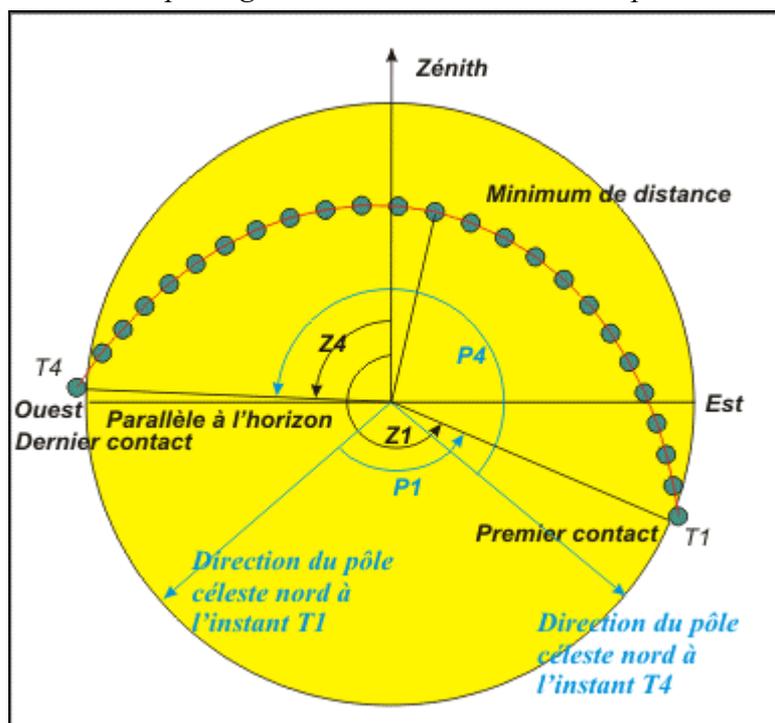


FIGURE 2. – Tracé du passage de Vénus à St Denis de la Réunion dans le repère horizontal local.

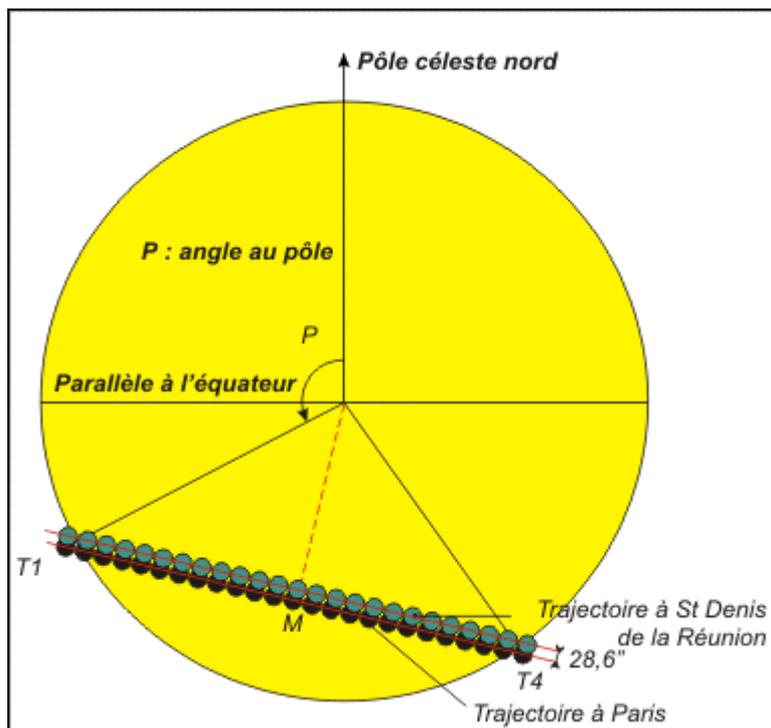


FIGURE 3. – *Tracé des passages de Vénus à St Denis de la Réunion et à Paris dans le repère équatorial.*

Les trois figures ci-dessus donnent les tracés du passage de Vénus observé depuis Paris et depuis St Denis de la Réunion ; chaque position de Vénus est donnée avec un intervalle de temps de 15 minutes, la première position de Vénus correspond à 5h 20m UTC. Les figures 1 et 2 montrent la différence des tracés dans les repères horizontaux de chaque lieu (zénith en haut). À Paris, Vénus reste toujours sous le centre du Soleil et parcourt le disque de gauche à droite. À St Denis, Vénus passe au-dessus 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 Paris le Soleil passe au méridien sud alors que pour St Denis le Soleil passe au méridien 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 28,6". 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 décrite 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. 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 aplatissement asymétrique ce qui complique 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° et 270° , avec des extrema dissymétriques pour un angle au zénith de 0° et de 180° . 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 une même hauteur du Soleil.

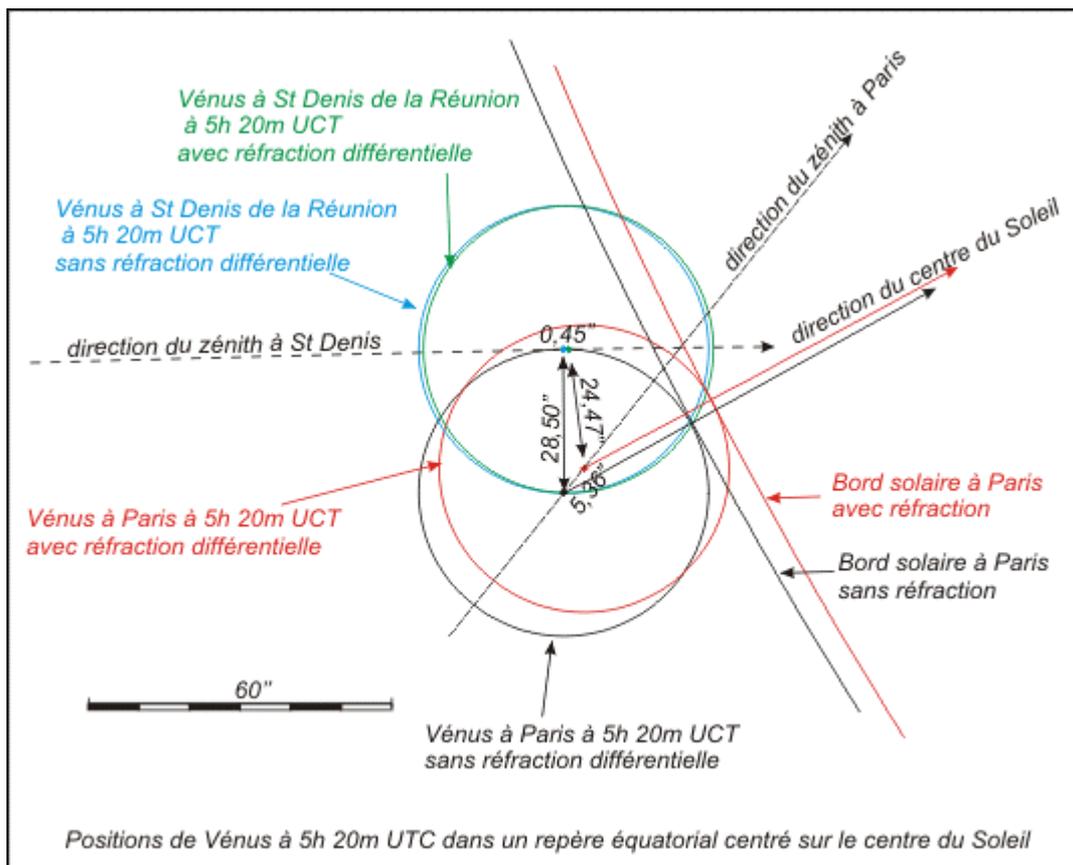


FIGURE 4. – Effet de la réfraction différentielle sur les positions enregistrées lors d'un passage.

La figure 4 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 5h 20m

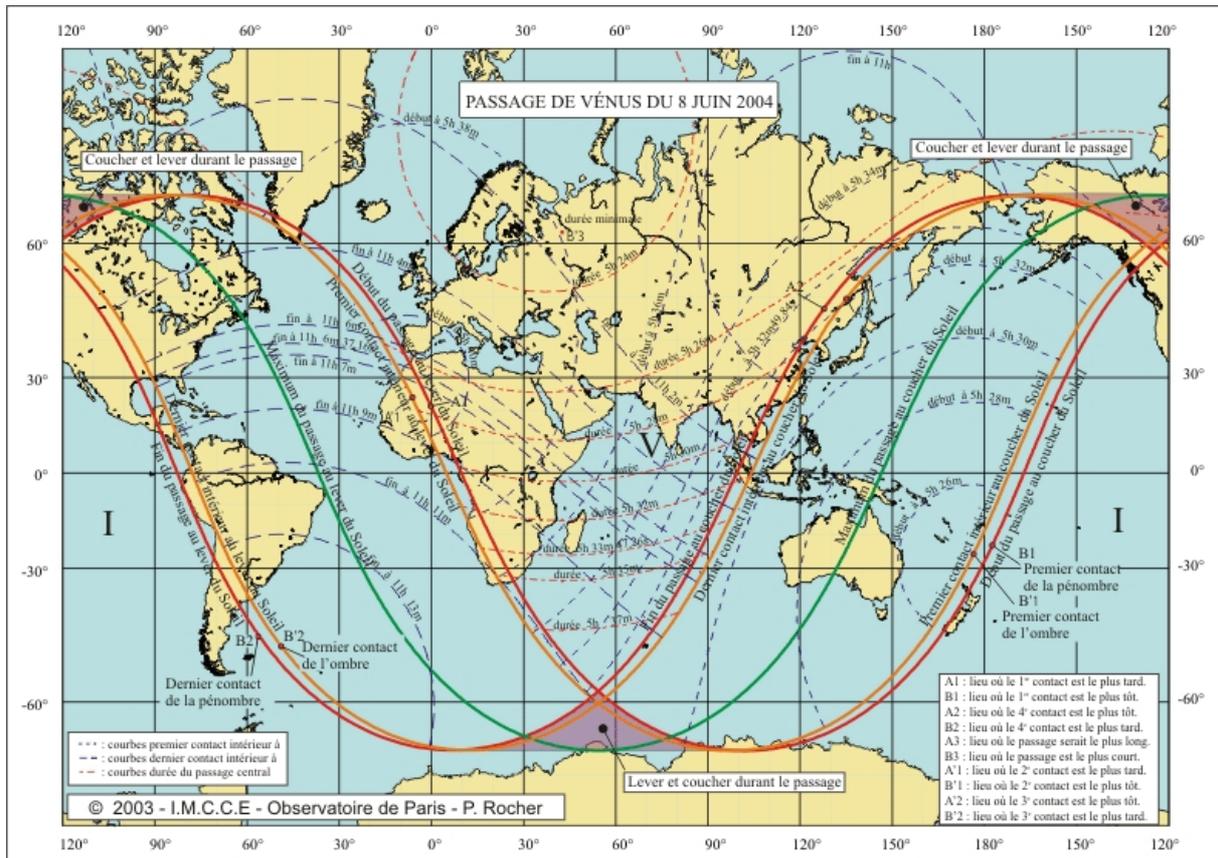
UTC proche du premier contact extérieur depuis Paris. On constate qu'à Paris l'effet de la réfraction différentielle est fort, la hauteur de Vénus par rapport au centre du Soleil varie de 5,36", car le Soleil et la planète sont bas sur l'horizon (~12°). Par contre à St Denis au même moment la réfraction différentielle est quasi nulle (0,45") car le Soleil et la planète sont déjà haut sur l'horizon (~28,5°). 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 24,47" alors que la distance vraie, en absence de réfraction, est de 28,50" soit un écart de 16%. 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 ($H = D1 + D2$)

SUD NORD	Amérique du Sud	Sud de l'Afrique	Iles de l'océan Indien	Australie
Amérique du Nord	D2 +	D2	D2	
Europe	D2 +	H ++	H ++	D1 ++
Inde	D2 ++	H ++	H ++	D1 +
Asie du Nord	D2 ++	H ++	H ++	D1

VII. Carte du passage.

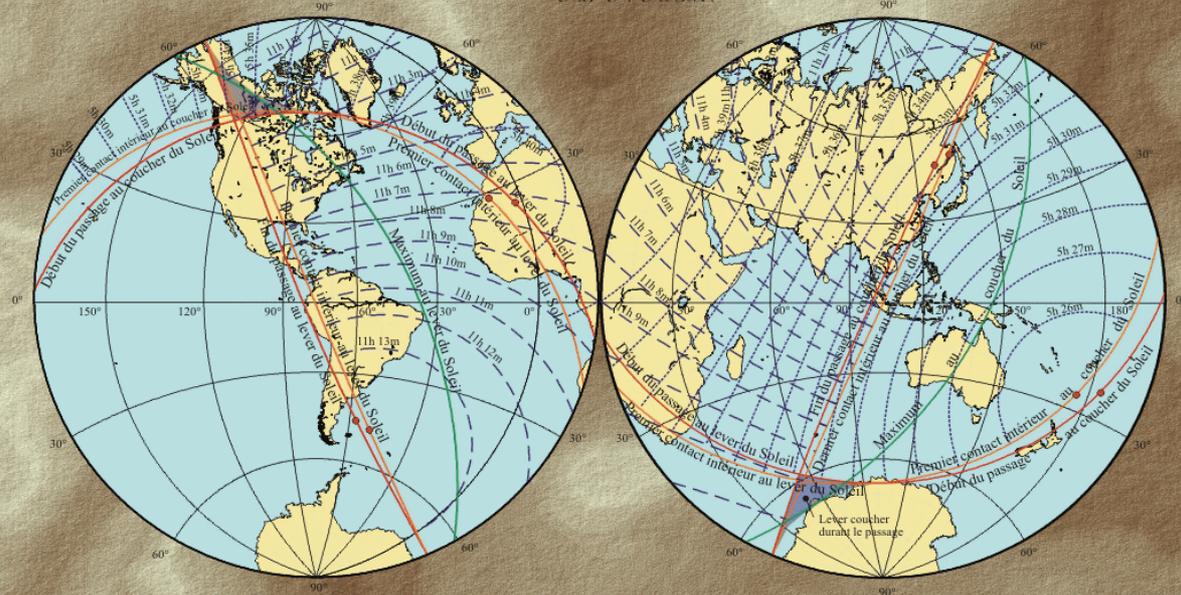


VIII. Mappemonde du passage.

Cette représentation est identique à la carte précédente, mais le globe terrestre est représenté par une mappemonde et les lignes des débuts et fins des contacts intérieurs sont données toutes les minutes. Il est parfois plus facile de voir l'évolution des instants de débuts et de fins sur ce type de projection qui rappelle plus l'aspect sphérique de la Terre que la projection de Mercator. La projection utilisée est une projection de Wulff, c'est une projection stéréographique conforme qui conserve les angles.

MAPPEMONDE

Dans laquelle est indiqué l'effet que produira la Parallaxe sur le temps de l'entrée et de la sortie de Vénus en 2004
Par P. Rocher.



Projection de Wulff

© 2003 - I.M.C.C.E - Observatoire de Paris

--- courbes premier contact intérieur
 — courbes dernier contact intérieur