

Institut de Mécanique Céleste et de Calcul d'Éphémérides  
Observatoire de Paris — Bureau Des Longitudes  
URA 707 du CNRS

**CALCUL DES CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE ANNULAIRE DE SOLEIL  
DU 14 DÉCEMBRE 2001**

**le : 30 août 2001**

---

**P. ROCHER**

Tél : (33) 1 40 51 22 72

Fax : (33) 1 46 33 28 34

Email : rocher@bdl.fr

---

Ce document se trouve également sur le serveur ftp du Bureau des longitudes, ftp.bdl.fr  
dans le répertoire /pub/ephem/eclipses/dec2001 ; dans le fichier dec2001.Texte.ps

©I.M.C.C.E — *Bureau des longitudes, Paris 1998*

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Avertissement</b>	
Information . . . . .	3
Précision dans le calcul des prédictions d'éclipses . . . . .	3
Recommandation . . . . .	4
<b>Généralités et définitions</b>	
Généralités et définitions . . . . .	5
Liste des tableaux et cartes contenus dans ce document . . . . .	6
Calcul des phases d'une éclipse pour un lieu donné . . . . .	7
<b>Données relatives à l'éclipse</b>	
Éphémérides de la Lune et du Soleil le 14 décembre 2001 . . . . .	11
Éphémérides de la Lune et du Soleil le 15 décembre 2001 . . . . .	12
Paramètres physiques utilisés dans les calculs . . . . .	13
Éléments de l'éclipse annulaire du 14 décembre 2001 . . . . .	13
Circonstances de l'éclipse générale . . . . .	13
Éléments de Bessel sous forme polynomiale . . . . .	14
Éléments de Bessel (notation française) . . . . .	15
Éléments de Bessel (notation américaine) . . . . .	16
<b>Exemple de calcul</b>	
<b>Ligne de centralité</b>	
Ligne de centralité . . . . .	21
Circonstances locales sur la ligne de centralité . . . . .	22
<b>Circonstances locales</b>	
Circonstances locales pour des lieux géographiques donnés . . . . .	24
Colombie . . . . .	26
Bélice . . . . .	28
Costa-Rica . . . . .	30
Équateur . . . . .	30
Cuba . . . . .	32
État-Unis . . . . .	34
Jamaïque . . . . .	38
Guatémala . . . . .	40
Honduras . . . . .	40
Mexique . . . . .	42
Nicaragua . . . . .	44
Panama . . . . .	46
Salvador . . . . .	46
Pérou . . . . .	48
Venezuela . . . . .	50
<b>Hors-Textes</b>	
Figures . . . . .	52
Carte générale . . . . .	54
Carte locale . . . . .	55
Le ciel à l'instant du maximum . . . . .	56



## AVERTISSEMENT

**Information**

La présente note contient les prédictions pour l'éclipse annulaire du 14 décembre 2001.

**Précision dans le calcul des prédictions d'éclipses**

Les différents organismes nationaux producteurs d'éphémérides publient dans leurs éphémérides et dans des bulletins spécifiques les circonstances générales et locales des éclipses de Lune et de Soleil. Parmi ces organismes figurent entre autres :

- l'**U.S. Naval Observatory**, qui publie l'*Astronomical Almanac*,
- la **Division Astronomie du Département d'Hydrographie de Tokyo**, qui publie les *Éphémérides Japonaises*,
- le **Département de Météorologie Indienne** qui publie les *Éphémérides Astronomiques Indiennes*,
- le **Bureau des longitudes** qui publie la *Connaissance des Temps* et les *Éphémérides Astronomiques*. A cette liste il convient d'ajouter, la **NASA** qui publie et diffuse régulièrement des bulletins spécifiques aux éclipses de Soleil.

Si on compare les prédictions de ces différentes publications, on constate des écarts, sur les instants des conjonctions en longitudes, sur les limites des bandes de centralité et sur les circonstances locales des éclipses. Ces écarts proviennent des différences entre les paramètres utilisés dans les calculs de prédiction.

Le premier choix porte sur les éphémérides et les théories utilisées dans le calcul des positions apparentes de la Lune et du Soleil. Tous les organismes cités ci-dessus, à l'exception du Bureau des longitudes, utilisent pour le calcul des éphémérides de la Lune et du Soleil les résultats de l'intégration numérique américaine DE200/LE200 du **Jet Propulsion Laboratory**. Au Bureau des longitudes, nous utilisons, pour la Lune la théorie analytique ELP2000-82B élaborée par M. Chapront-Touzé et J. Chapront, et pour le Soleil la théorie analytique VSOP87 élaborée par P. Bretagnon. Ces deux théories et les éphémérides américaines sont suffisamment proches pour ne pas entraîner des écarts dans les prédictions. Par contre tous les organismes nationaux, à l'exception de la NASA, effectuent une correction empirique en latitude et en longitude dans le calcul des éphémérides des positions apparentes de la Lune. Cette correction a pour but de passer des coordonnées du centre de masse de la Lune aux coordonnées du centre optique de la Lune. Cette correction est de  $+0,50''$  en longitude et de  $-0,25''$  en latitude. L'absence de cette correction dans les bulletins de la NASA, explique les écarts constatés sur les instants de conjonction et une partie des écarts dans la détermination des lignes de centralité (décalage de la ligne de centralité).

Un deuxième paramètre important dans l'explication des écarts constatés entre les différentes prédictions, est la valeur du paramètre  $k$  utilisée dans les calculs.  $k$  est la valeur du rayon moyen de la Lune exprimé en rayon terrestre. Jusqu'en 1982, on utilisait deux valeurs distinctes de  $k$ , une première ( $k = 0,272\,488\,0$ ) dans le cas général et une spécifique ( $k = 0,272\,281$ ) uniquement pour le calcul des quantités liées à l'ombre dans le cas des éclipses totales. Le fait d'utiliser deux valeurs différentes pour les éclipses centrales posait des problèmes de discontinuité pour les éclipses mixtes. En 1982 l'Union Astronomique Internationale a recommandé d'adopter une valeur unique pour  $k$  ( $k = 0,272\,507\,6$ ) dans tous les calculs relatifs aux éclipses. Cette recommandation a été suivie par tous les organismes à l'exception de la NASA qui continue à utiliser deux paramètres distincts, en prenant comme première valeur de  $k$  la valeur recommandée par l'UAI ( $k = 0,272\,507\,6$ ) et en étendant l'utilisation de la deuxième valeur de  $k$  ( $k = 0,272\,281$ ) au cas des éclipses annulaires. Cela produit donc de nouveaux écarts entre les résultats des Bulletins de la NASA et les prédictions des autres organismes, cela se traduit dans les bulletins de la NASA par une ligne de centralité plus large dans le cas des éclipses annulaires et moins large dans le cas des éclipses totales, de même cela affecte les calculs relatifs aux durées des phases centrales.

Ces choix sont la source des écarts observés entre les différentes publications et les bulletins de la NASA.

La valeur de l'aplatissement terrestre entre également dans les calculs des coordonnées géographiques des différentes lignes calculées. Mais les écarts produits par les variations possibles de cette valeur sont négligeables.

Par contre, les différences d'estimation de l'écart entre le temps terrestre et le temps universel affectent les résultats publiés. Cela modifie l'instant de la conjonction et les valeurs des instants et des longitudes dans

les phases de l'éclipse.

### **Recommandation**

Ces écarts entre diverses publications sont source d'erreurs et de confusions, surtout aux voisinages des limites de la bande de totalité. Il convient donc d'être prudent lors de l'utilisation ou lors des calculs des données relatives aux circonstances locales aux voisinages des limites de cette bande de centralité. En fonction de la publication utilisée, un lieu peut être ou ne pas être dans cette bande. Il faut savoir qu'en ces lieux, une variation de position de quelques kilomètres, peut changer de manière significative l'observation de la centralité. **Pour une bonne observation de l'éclipse et pour minimiser les conséquences liées aux incertitudes sur ces calculs, il convient de se rapprocher le plus possible de la ligne de centralité.** De plus pour un calcul rigoureux des instants et des positions des contacts intérieurs il est nécessaire de tenir compte de l'aspect réel du profil du limbe lunaire.

## GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

**Définitions**

Les éclipses de Soleil se produisent à la nouvelle Lune, lorsque la Terre passe dans le cône d'ombre ou dans le cône de pénombre de la Lune (Fig. 1). Lorsque la Terre passe uniquement dans la pénombre de la Lune il y a *éclipse partielle* du Soleil, lorsque la Terre passe dans l'ombre de la Lune il y a *éclipse centrale* du Soleil. La distance Terre-Lune n'étant pas constante, le diamètre apparent de la Lune est variable, il peut être plus petit ou plus grand que le diamètre apparent du Soleil, il y a donc deux types d'éclipses centrales : les *éclipses totales*, lorsque le diamètre apparent de la Lune est plus grand que le diamètre apparent du Soleil (le Soleil est complètement éclipsé), et les *éclipses annulaires* lorsque le diamètre de la Lune est plus petit que le diamètre apparent du Soleil. Il existe un cas limite lorsque le diamètre apparent de la Lune est inférieur au diamètre apparent du Soleil au début de l'éclipse, puis supérieur (autour du maximum) puis de nouveau inférieur au diamètre apparent du Soleil, dans ce cas l'éclipse est appelée *éclipse totale-annulaire*.

Durant une éclipse, l'ombre et la pénombre se déplacent sur la surface du globe terrestre par suite du mouvement synodique de la Lune et de la rotation terrestre. L'aire balayée par l'ombre, très étroite (quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres), s'appelle la *bande de centralité*, la ligne parcourue par l'axe du cône d'ombre s'appelle la *ligne de centralité*, c'est sur cette ligne que se situe le maximum de l'éclipse. Un observateur placé dans la bande de centralité voit d'abord une éclipse partielle puis, pendant un court instant (quelques minutes) une éclipse totale ou annulaire, puis de nouveau une éclipse partielle. L'aire balayée par la pénombre, à l'intérieur de laquelle l'éclipse est vue comme partielle, est beaucoup plus large (plusieurs milliers de kilomètres).

**Circonstances générales d'une éclipse**

Les circonstances générales d'une éclipse correspondent aux différentes phases de l'éclipse, qui sont le commencement et la fin de l'éclipse générale, le commencement et la fin de l'éclipse totale ou annulaire, le commencement et la fin de la centralité, le maximum de l'éclipse et l'éclipse centrale à midi ou minuit vrai. Ces phases sont liées aux mouvements relatifs du Soleil, de la Lune et de la Terre. Elles correspondent chacune à un instant particulier et à un lieu unique sur Terre. Par exemple, le commencement de l'éclipse générale correspond à l'instant où la Terre entre dans le cône de pénombre de la Lune et le lieu est le point de contact de ce cône de pénombre avec la Terre (ce point est un point de la courbe "commencement au lever du Soleil"). Le maximum de l'éclipse correspond à l'instant et au lieu où l'éclipse a une grandeur maximum. Cette valeur maximum de la grandeur de l'éclipse est appelée *magnitude* de l'éclipse. L'éclipse centrale à midi ou minuit vrai correspond à l'instant et au lieu où l'éclipse est centrale et où le Soleil est au méridien.

**Circonstances locales d'une éclipse**

Il ne faut pas les confondre avec les circonstances générales décrites dans le chapitre précédent. Les circonstances locales d'une éclipse décrivent, en un lieu donné, les différentes phases de l'éclipse, observables par un observateur situé en ce lieu (Fig. 2 et 3).

Ces phases sont les suivantes :

- le début de l'éclipse partielle, appelé également *premier contact* (parfois premier contact extérieur),
- le début de l'éclipse totale ou annulaire (si l'observateur est dans la bande de centralité), appelé également *deuxième contact* (parfois premier contact intérieur),
- le maximum de l'éclipse, instant où la grandeur est maximum en ce lieu,
- la fin de l'éclipse totale ou annulaire (si l'observateur est dans la ligne de centralité), appelée également le *troisième contact* (parfois deuxième contact intérieur),
- la fin de l'éclipse partielle, appelée également *quatrième contact* (parfois deuxième contact extérieur).

Pour chacun des contacts, en plus des instants du contact, on donne *l'angle au pôle P* et *l'angle au zénith Z*.

*L'angle au pôle P* d'un contact est l'angle de la direction  $SN$  (partie boréale du cercle horaire du centre  $S$  du Soleil) avec l'arc de grand cercle joignant les centres  $S$  et  $L$  du Soleil et de la Lune, compté positivement dans le sens nord-est-sud-ouest (Fig. 4).

L'angle au zénith  $Z$  d'un contact a une définition analogue à celle de  $P$ , en remplaçant le cercle horaire du centre  $S$  du Soleil par le vertical du même point (Fig. 5).

Pour le maximum on donne également la *grandeur de l'éclipse*, le *degré d'obscurité* (en anglais obscuration), la *hauteur  $h$*  et l'*azimut  $a$*  du Soleil.

À un instant donné la *grandeur  $g$*  de l'éclipse est l'inverse du rapport du diamètre du Soleil sur la distance du bord du Soleil le plus rapproché du centre de la Lune au bord de la Lune le plus rapproché du centre du Soleil (Fig. 6).

Le *degré d'obscurité* est le pourcentage de la surface du disque solaire éclipsé par la Lune (Fig. 7).

La *hauteur  $h$*  du Soleil est l'angle de la direction du Soleil et du plan horizontal, compté en degrés de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ . Dans nos tableaux, on ne tient pas compte de la réfraction atmosphérique.

L'*azimut* est l'angle formé par la projection de la direction du Soleil dans le plan horizontal avec la direction du Sud, compté en degré dans le sens rétrograde (sud =  $0^\circ$ , ouest =  $90^\circ$ , nord =  $180^\circ$ , est =  $270^\circ$ ).

Les circonstances locales d'une éclipse peuvent être calculées à l'aide des éléments de Bessel.

### LISTE DES TABLEAUX ET CARTES CONTENUS DANS CE DOCUMENT

Tous les instants publiés sont en **Temps universel**, toutes les longitudes sont comptées à partir du **méridien de Greenwich, positivement vers l'ouest et négativement vers l'est**.

Pour chaque éclipse de Soleil on publie les renseignements suivants :

- Les éphémérides de la Lune et du Soleil le jour et le lendemain de l'éclipse, ce sont les coordonnées équatoriales géocentriques apparentes calculées à l'aide des éphémérides du Bureau des Longitudes BDL82. On donne également l'écart en ascension droite entre la Lune et le Soleil.

- Les différents paramètres utilisés dans le calcul, notamment la valeur  $\Delta T_e$  qui est la différence estimée entre le Temps Terrestre et le Temps Universel le jour de l'éclipse.

- Les circonstances générales de l'éclipse.

- Les éléments de Bessel sous forme polynômiale et sous forme tabulée (notation française et américaine).

- Les limites de la bande de centralité (limites nord et sud de l'ombre), la ligne de centralité, la durée de l'éclipse sur la ligne de centralité, ainsi que la hauteur ( $h$ ) du Soleil au moment du maximum.

- Les circonstances locales sur la ligne centrale. Pour un instant donné on fournit : la durée de la phase centrale (totale ou annulaire),  $L$  la largeur de l'ombre sur la Terre dans la direction perpendiculaire à son déplacement, le degré d'obscurité (Obs.), la grandeur de l'éclipse ( $g$ ), la hauteur ( $h$ ) et l'azimut ( $a$ ) du Soleil, les coordonnées géographiques du point correspondant. Pour chaque contact on donne : l'instant du contact, l'angle au pôle  $P$  et l'angle au zénith  $Z$ . Toutes ces données tiennent compte de l'aplatissement du globe terrestre mais ne tiennent pas compte de l'altitude des lieux au-dessus du niveau de la mer.

- Des tableaux de circonstances locales pour différents pays. Pour chaque ville on donne les coordonnées géographiques de la ville (en degré et minute de degré), le nom de la ville, la durée de la phase centrale (si elle existe), l'instant du maximum avec le degré d'obscurité (Obs.), la grandeur de l'éclipse (Mag.), la hauteur ( $h$ ) et l'azimut ( $a$ ) du Soleil. Pour chaque contact l'instant du contact ; on donne également : l'angle au pôle  $P$  et l'angle au zénith  $Z$ . Toutes ces données tiennent compte de l'aplatissement du globe terrestre mais ne tiennent pas compte de l'altitude des lieux au-dessus du niveau de la mer.

Remarque : l'utilisation du formulaire et des éléments de Bessel permet des calculs plus précis, tenant compte d'une meilleure précision dans la latitude et longitude du lieu, ainsi que de l'altitude du lieu.

### Corrections liées à l'échelle de temps utilisée

Ce sont les corrections à effectuer pour tenir compte d'une meilleure connaissance de l'écart Temps terrestre (TT) - Temps universel (UT).

En effet, tous les calculs sont faits à partir d'une estimation de cet écart  $\Delta T_e$ . Les prévisions étant parfois faites de nombreuses années à l'avance, il arrive que la valeur réelle de cet écart  $\Delta T_r$  diffère de sa valeur estimée. Dans ce cas on doit corriger les résultats publiés de la manière suivante :

Soit  $\delta t = \Delta T_r - \Delta T_e$  la différence entre la valeur réelle et la valeur estimée.

Les instants des phénomènes doivent être corrigés de  $-\delta t$ , et les longitudes géographiques des phénomènes doivent être corrigées de  $\delta\lambda = -1,002\,738 \times \delta t$  ( $\lambda$  et  $\delta t$  étant dans la même unité). Attention, on corrige les longitudes des lieux liés aux différentes phases et courbes et non les longitudes des lieux des villes dans les tableaux de circonstances locales.

### Cartes générales et locales

En fin de document on trouvera une carte générale de l'éclipse. Sur cette carte on fait figurer les courbes suivantes : la bande de centralité (lorsqu'elle existe), les limites boréale et australe de l'éclipse, les courbes de commencement, de fin et de maximum aux lever et coucher du Soleil, ainsi que les courbes de commencement et fin pour un instant donné (toutes les heures en général). Sur les cartes locales, lorsqu'elles sont présentes, on donne, en plus, les courbes de commencement, de fin et de maximum à un instant donné (avec un pas plus adapté à la carte), et parfois la projection de l'ombre à des instants donnés.

## CALCUL DES PHASES D'UNE ÉCLIPSE POUR UN LIEU DONNÉ

### Définition des éléments de Bessel

Pour un lieu donné il y a lieu de déterminer :

Les instants des différents contacts.

L'instant du maximum de l'éclipse et la valeur de ce maximum.

Les angles au pôle et au zénith de chacun des contacts.

Le lieu d'observation est défini par sa longitude  $\lambda$  (positive à l'ouest et négative à l'est du méridien de Greenwich), sa latitude  $\varphi$  et son altitude  $h$  au-dessus du niveau de la mer.

On définit à chaque instant un système de coordonnées  $Oxyz$  de sens direct, dans lequel :

$O$  est le centre de la Terre.

L'axe  $Oz$  est parallèle à l'axe des cônes de pénombre et d'ombre, le sens positif étant celui qui va de la Terre à la Lune.

L'axe  $Ox$  est l'intersection du plan fondamental  $Oxy$  perpendiculaire à  $Oz$  et du plan de l'équateur terrestre, le sens positif étant vers l'est.

L'axe  $Oy$  est normal à  $Ox$  dans le plan fondamental, le sens positif étant vers le Nord.

En utilisant comme unité de longueur le rayon équatorial terrestre, les éléments de Bessel sont définis de la manière suivante :

$x, y, z$  sont les coordonnées du centre de la Lune.

$d$  et  $H$  sont la déclinaison de l'axe  $Oz$  et son angle horaire par rapport au méridien de Greenwich.

$f_e$  et  $f_i$  sont les demi-angles au sommet des cônes de pénombre et d'ombre,  $f_e$  étant pris par convention positif et  $f_i$  négatif.

$u_e$  et  $u_i$  sont les rayons des sections circulaires des cônes de pénombre et d'ombre par le plan fondamental  $Oxy$  et s'obtiennent par les formules suivantes :

$$u_e = z \cdot \tan f_e + k \cdot \sec f_e,$$

$$u_i = z \cdot \tan f_i + k \cdot \sec f_i,$$

où  $k$  est le rayon de la Lune exprimé en rayon équatorial terrestre.

Les coordonnées  $\xi, \eta, \zeta$  du lieu d'observation dans le système  $Oxyz$  sont :

$$\begin{aligned}\xi &= \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \sin(H - \lambda), \\ \eta &= \rho \cdot \sin \varphi' \cdot \cos d - \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \sin d \cdot \cos(H - \lambda), \\ \zeta &= \rho \cdot \sin \varphi' \cdot \sin d + \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \cos d \cdot \cos(H - \lambda),\end{aligned}$$

avec :

$$\begin{aligned}\rho \cdot \cos \varphi' &= \cos u + \frac{h}{r_0} \cdot \cos \varphi, \\ \rho \cdot \sin \varphi' &= (1 - f) \cdot \sin u + \frac{h}{r_0} \cdot \sin \varphi,\end{aligned}$$

et

$$\tan u = (1 - f) \cdot \tan \varphi,$$

où  $h$  est l'altitude du lieu exprimée en mètres,  $r_0$  est le rayon équatorial terrestre exprimée en mètres et  $f$  l'aplatissement de l'ellipsoïde terrestre ( $f = 1/298,257 = 0,003\,352\,81$ ).

Les variations horaires  $\dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}$  de ces coordonnées sont fournies avec une précision de l'ordre de la seconde de temps par les formules suivantes :

$\dot{H}$  étant exprimé en radians par heure,

$$\begin{aligned}\dot{\xi} &= \dot{H} \cdot \rho \cdot \cos \varphi' \cdot \cos(H - \lambda), \\ \dot{\eta} &= \dot{H} \cdot \xi \cdot \sin d, \\ \dot{\zeta} &= -\dot{H} \cdot \xi \cdot \cos d.\end{aligned}$$

Les rayons  $l_e$  et  $l_i$  des sections circulaires des cônes de pénombre et d'ombre par le plan mené par le lieu d'observation parallèlement au plan fondamental s'obtiennent par les formules suivantes :

$$\begin{aligned}l_e &= u_e - \zeta \cdot \tan f_e, \\ l_i &= u_i - \zeta \cdot \tan f_i.\end{aligned}$$

### Calculs des circonstances locales

Chaque élément de Bessel  $b$  est représenté sur un intervalle de temps  $(t_0, t_1)$  par des coefficients de développements en polynômes du temps, à l'exception des valeurs  $\tan f_e$  et  $\tan f_i$  qui sont considérées comme constantes sur l'intervalle. Un élément de Bessel se calcule à un instant  $t$  par la formule :

$$b = b_0 + b_1 \cdot T + b_2 \cdot T^2 + b_3 \cdot T^3.$$

avec  $T = t - t_0$ .

$T$ , exprimé en heure, représente le temps écoulé depuis l'instant origine  $t_0$ .

La variation horaire  $\dot{b}$  d'un élément de Bessel se calcule par la formule :

$$\dot{b} = b_1 + 2b_2 \cdot T + 3b_3 \cdot T^2.$$

Soient :

$$\begin{aligned}U &= x - \xi, & \dot{U} &= \dot{x} - \dot{\xi}, \\ V &= y - \eta, & \dot{V} &= \dot{y} - \dot{\eta}.\end{aligned}$$

— Calcul de la grandeur maximale :

On prend comme valeur de départ  $t_d$  l'époque du maximum de l'éclipse, l'instant du maximum  $t_m$  se calcule en ajoutant à  $t_d$  la valeur  $\tau_m$  donnée par :

$$\tau_m = - \frac{U\dot{U} + V\dot{V}}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2}.$$

On doit répéter le calcul en prenant comme nouvelle valeur de départ la valeur de  $t_m$ .

La grandeur maximale est donnée par :

$$g = \frac{l_e - l_m}{l_e - l_i},$$

pour une éclipse annulaire ou totale au lieu considéré, ou :

$$g = \frac{l_e - l_m}{2l_e - 0,5465},$$

pour une éclipse partielle, avec :

$$l_m = \sqrt{U^2 + V^2}.$$

— Calcul des contacts :

On prend comme valeurs de départ  $t_d$  du premier et du quatrième contacts (contacts extérieurs) des valeurs approchées déduites de la carte de l'éclipse et l'on prend comme valeurs de départ du second et du troisième contacts (contacts intérieurs), lorsqu'ils existent, la valeur  $t_m$  du maximum calculée précédemment.

Pour chaque valeur  $t_d$  de départ on calcule les quantités suivantes :

$$\beta = \frac{U\dot{U} + V\dot{V}}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2}, \quad \gamma = \frac{U^2 + V^2 - l^2}{\dot{U}^2 + \dot{V}^2}, \quad \theta = \pm \sqrt{\beta^2 - \gamma},$$

avec  $l = l_e$  ou  $l = l_i$  et  $\theta$  étant du signe de  $\beta$ .

Les instants du premier et du quatrième contacts se calculent par la formule :

$$t = t_d - \beta + \theta$$

et les instants du second et du troisième contacts se calculent par les formules :

$$t = t_d - \beta - |\theta| \text{ pour le second contact,}$$

et :

$$t = t_d - \beta + |\theta| \text{ pour le troisième contact.}$$

Comme pour le calcul du maximum on doit réitérer les calculs en prenant comme nouvelles valeurs de départ les valeurs  $t$ .

— Calcul de l'angle au pôle et de l'angle au zénith :

La valeur de l'angle au pôle  $P$  d'un point de contact est donnée par :

$$\operatorname{tg} P = \frac{U}{V},$$

où  $\sin P$  a le signe de  $U$ , sauf pour les second et troisième contacts (contacts intérieurs) d'une éclipse totale pour lesquels  $\sin P$  est de signe contraire à  $U$ .

L'angle au zénith  $Z$  d'un point de contact est donné par :

$$Z = P - \Gamma,$$

en désignant par  $\Gamma$  l'angle parallactique défini d'une façon approchée par :

$$\tan \Gamma = \frac{\xi}{\eta},$$

$\sin \Gamma$  étant du signe de  $\xi$ .



## ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 14 DÉCEMBRE 2001

Instants en UT.	Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes du Soleil		Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes de la Lune		Écart en ascension droite Lune – Soleil
	ascension droite	déclinaison	ascension droite	déclinaison	
h	h m s	° / ′ ″	h m s	° / ′ ″	h m s
0	17 25 23,5004	–23 12 1,8587	16 40 36,2128	–20 44 32,4199	– 0 44 47,2877
1	17 25 34,5506	–23 12 10,9712	16 42 55,7917	–20 51 55,1305	– 0 42 38,7589
2	17 25 45,6014	–23 12 20,0356	16 45 15,4934	–20 59 10,4382	– 0 40 30,1079
3	17 25 56,6526	–23 12 29,0519	16 47 35,3147	–21 6 18,3004	– 0 38 21,3379
4	17 26 7,7044	–23 12 38,0200	16 49 55,2526	–21 13 18,6758	– 0 36 12,4518
5	17 26 18,7566	–23 12 46,9400	16 52 15,3038	–21 20 11,5238	– 0 34 3,4528
6	17 26 29,8094	–23 12 55,8119	16 54 35,4651	–21 26 56,8052	– 0 31 54,3443
7	17 26 40,8627	–23 13 4,6356	16 56 55,7331	–21 33 34,4816	– 0 29 45,1296
8	17 26 51,9165	–23 13 13,4111	16 59 16,1043	–21 40 4,5158	– 0 27 35,8123
9	17 27 2,9708	–23 13 22,1385	17 1 36,5751	–21 46 26,8715	– 0 25 26,3958
10	17 27 14,0257	–23 13 30,8177	17 3 57,1419	–21 52 41,5137	– 0 23 16,8838
11	17 27 25,0810	–23 13 39,4487	17 6 17,8009	–21 58 48,4085	– 0 21 7,2800
12	17 27 36,1368	–23 13 48,0315	17 8 38,5485	–22 4 47,5229	– 0 18 57,5883
13	17 27 47,1931	–23 13 56,5661	17 10 59,3806	–22 10 38,8253	– 0 16 47,8125
14	17 27 58,2499	–23 14 5,0524	17 13 20,2932	–22 16 22,2851	– 0 14 37,9566
15	17 28 9,3071	–23 14 13,4906	17 15 41,2825	–22 21 57,8729	– 0 12 28,0247
16	17 28 20,3649	–23 14 21,8805	17 18 2,3441	–22 27 25,5604	– 0 10 18,0208
17	17 28 31,4231	–23 14 30,2221	17 20 23,4740	–22 32 45,3205	– 0 8 7,9491
18	17 28 42,4819	–23 14 38,5155	17 22 44,6679	–22 37 57,1275	– 0 5 57,8140
19	17 28 53,5411	–23 14 46,7607	17 25 5,9214	–22 43 0,9565	– 0 3 47,6197
20	17 29 4,6007	–23 14 54,9575	17 27 27,2302	–22 47 56,7842	– 0 1 37,3706
21	17 29 15,6609	–23 15 3,1061	17 29 48,5897	–22 52 44,5882	+ 0 0 32,9289
22	17 29 26,7215	–23 15 11,2064	17 32 9,9956	–22 57 24,3474	+ 0 2 43,2741
23	17 29 37,7826	–23 15 19,2584	17 34 31,4432	–23 1 56,0421	+ 0 4 53,6606

## ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 15 DÉCEMBRE 2001

Instants en UT.	Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes du Soleil		Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes de la Lune		Écart en ascension droite Lune – Soleil
	ascension droite	déclinaison	ascension droite	déclinaison	
	h m s	° ′ ″	h m s	° ′ ″	
0	17 29 48,8441	-23 15 27,2620	17 36 52,9278	-23 6 19,6536	+ 0 7 4,0837
1	17 29 59,9061	-23 15 35,2174	17 39 14,4448	-23 10 35,1647	+ 0 9 14,5387
2	17 30 10,9685	-23 15 43,1244	17 41 35,9895	-23 14 42,5591	+ 0 11 25,0209
3	17 30 22,0315	-23 15 50,9831	17 43 57,5570	-23 18 41,8220	+ 0 13 35,5255
4	17 30 33,0948	-23 15 58,7935	17 46 19,1426	-23 22 32,9399	+ 0 15 46,0477
5	17 30 44,1586	-23 16 6,5555	17 48 40,7413	-23 26 15,9002	+ 0 17 56,5827
6	17 30 55,2229	-23 16 14,2691	17 51 2,3483	-23 29 50,6921	+ 0 20 7,1254
7	17 31 6,2876	-23 16 21,9344	17 53 23,9586	-23 33 17,3055	+ 0 22 17,6710
8	17 31 17,3527	-23 16 29,5512	17 55 45,5672	-23 36 35,7319	+ 0 24 28,2145
9	17 31 28,4183	-23 16 37,1197	17 58 7,1692	-23 39 45,9640	+ 0 26 38,7509
10	17 31 39,4843	-23 16 44,6398	18 0 28,7594	-23 42 47,9957	+ 0 28 49,2752
11	17 31 50,5507	-23 16 52,1115	18 2 50,3329	-23 45 41,8223	+ 0 30 59,7822
12	17 32 1,6176	-23 16 59,5348	18 5 11,8845	-23 48 27,4402	+ 0 33 10,2669
13	17 32 12,6849	-23 17 6,9097	18 7 33,4091	-23 51 4,8471	+ 0 35 20,7242
14	17 32 23,7526	-23 17 14,2361	18 9 54,9016	-23 53 34,0420	+ 0 37 31,1491
15	17 32 34,8207	-23 17 21,5141	18 12 16,3569	-23 55 55,0252	+ 0 39 41,5362
16	17 32 45,8893	-23 17 28,7437	18 14 37,7699	-23 58 7,7980	+ 0 41 51,8806
17	17 32 56,9582	-23 17 35,9247	18 16 59,1353	-24 0 12,3633	+ 0 44 2,1771
18	17 33 8,0276	-23 17 43,0574	18 19 20,4481	-24 2 8,7250	+ 0 46 12,4205
19	17 33 19,0974	-23 17 50,1415	18 21 41,7031	-24 3 56,8883	+ 0 48 22,6057
20	17 33 30,1676	-23 17 57,1772	18 24 2,8950	-24 5 36,8596	+ 0 50 32,7274
21	17 33 41,2382	-23 18 4,1644	18 26 24,0189	-24 7 8,6465	+ 0 52 42,7807
22	17 33 52,3092	-23 18 11,1031	18 28 45,0696	-24 8 32,2579	+ 0 54 52,7604
23	17 34 3,3806	-23 18 17,9933	18 31 6,0418	-24 9 47,7039	+ 0 57 2,6612
24	17 34 14,4524	-23 18 24,8350	18 33 26,9306	-24 10 54,9956	+ 0 59 12,4782

**PARAMÈTRES PHYSIQUES UTILISÉS DANS CES CALCULS**

- la parallaxe horizontale du Soleil à une unité astronomique :  $\pi_0 = 8,794\,148''$ .
- le demi-diamètre solaire :  $s_0 = 15' 59,63''$ .
- le rapport du rayon lunaire sur le rayon équatorial terrestre :  $k = 0,272\,507\,6$ .
- le rayon équatorial terrestre :  $r_0 = 6\,378\,140\text{ m}$
- le carré de l'ellipticité de l'ellipsoïde terrestre :  $e^2 = 0,006\,694\,38$ .
- la différence estimée entre le Temps terrestre (TT) et le Temps universel (UT) :  $\Delta T_e = 67,00\text{ s}$

Remarque : les instants sont donnés en Temps universel et les longitudes sont comptées à partir du méridien de Greenwich, positivement vers l'ouest et négativement vers l'est.

Pour tenir compte des écarts en la centre optique et le centre de masse de la Lune les positions de la Lune ont été corrigées de  $0,50''$  en longitude et de  $-0,25''$  en latitude.

Les éphémérides utilisées pour le calcul des positions du Soleil et de la Terre sont les éphémérides SLP98 (G. Francou, 1998) élaborées au Bureau des longitudes. Pour le calcul des positions apparentes nous avons utilisé les théories suivantes : la théorie de la précession de Lieske, la théorie de la nutation de Wahr (1981) et la formule du calcul du temps sidéral d'Aoki (1992).

**ÉLÉMENTS DE L'ÉCLIPSE ANNULAIRE DU 14 DÉCEMBRE 2001**

Instant de la conjonction géocentrique en ascension droite  
le 14 décembre 2001 à 20h 44m 50,343s UT.

Ascension droite du Soleil .....	: 17h 29m 12,866s.
Déclinaison du Soleil .....	: $-23^\circ 15' 1,05''$ .
Ascension droite de la Lune .....	: 17h 29m 12,866s.
Déclinaison de la Lune .....	: $-22^\circ 51' 32,62''$ .
Parallaxe équatoriale du Soleil .....	: $8,93''$ .
Parallaxe équatoriale de la Lune .....	: $56' 54,33''$ .
Demi-diamètre vrai du Soleil .....	: $16' 14,93''$ .
Demi-diamètre vrai de la Lune .....	: $15' 30,33''$ .

**CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE GÉNÉRALE**

magnitude : 0,9845

	UT	Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale .....	: le 14 à 18h 3,3m	+172° 5,6'	+22° 2,7'
Commencement de l'éclipse annulaire .....	: le 14 à 19h 8,1m	-175° 55,7'	+29° 47,8'
Commencement de l'éclipse centrale .....	: le 14 à 19h 9,7m	-175° 42,3'	+30° 5,2'
Éclipse centrale à midi ou minuit vrai .....	: le 14 à 20h 44,8m	+132° 29,3'	+ 1° 11,3'
Maximum de l'éclipse .....	: le 14 à 20h 51,9m	+130° 41,2'	+ 0° 37,9'
Fin de l'éclipse centrale .....	: le 14 à 22h 34,2m	+ 76° 3,8'	+14° 12,9'
Fin de l'éclipse annulaire .....	: le 14 à 22h 35,8m	+ 76° 19,8'	+13° 54,4'
Fin de l'éclipse générale .....	: le 14 à 23h 40,6m	+ 89° 1,1'	+ 5° 60,0'

## ÉLÉMENTS DE BESSEL SOUS FORME POLYNOMIALE

(notation française)

Les séries suivantes représentent un ajustement polynomial par la méthode des moindres carrés des éléments de Bessel de la page suivante. Pour calculer la valeur de ces coefficients pour un instant  $T$ , prendre  $t = (T - 18\text{h}) + \delta T/3600$ ,  $T$  est exprimé en heures et fraction d'heure. Ces équations ne sont valides que sur l'intervalle  $18\text{h} < T < 24\text{h}$ , ne pas les utiliser pour des valeurs extérieures à cet intervalle.  $\delta T$  représente la différence entre  $\Delta T_r$  et  $\Delta T_e$ ,  $\Delta T_e$  représente la différence estimée de TT-UT et  $\Delta T_r$  la différence réelle de TT-UT.

Remarque :  $H$  est donné en degré par rapport au méridien de Greenwich.

$$\begin{aligned}
 x &= -1,452\,974\,52 + 0,528\,747\,22 \times t + 0,000\,063\,95 \times t^2 - 0,000\,006\,98 \times t^3 \\
 y &= 0,638\,219\,33 - 0,082\,137\,68 \times t + 0,000\,134\,68 \times t^2 + 0,000\,001\,21 \times t^3 \\
 \sin d &= -0,394\,673\,55 - 0,000\,033\,57 \times t + 0,000\,000\,10 \times t^2 \\
 \cos d &= 0,918\,821\,41 - 0,000\,014\,42 \times t + 0,000\,000\,04 \times t^2 \\
 H &= 91,288\,186\,65 + 14,996\,419\,18 \times t - 0,000\,000\,77 \times t^2 - 0,000\,000\,02 \times t^3 - 0,004\,178\,07 \delta T \\
 u_e &= 0,559\,096\,84 + 0,000\,184\,78 \times t - 0,000\,011\,13 \times t^2 \\
 u_i &= -0,012\,647\,67 - 0,000\,183\,85 \times t + 0,000\,011\,08 \times t^2
 \end{aligned}$$

## ÉLÉMENTS DE BESSEL (notation française)

Instant UT	Coordonnées de l'axe dans le plan fondamental		Direction de l'axe du cône d'ombre			Rayons des ombres dans le plan fondamental	
	$x$	$y$	$\sin d$	$\cos d$	$H$	$u_e$	$u_i$
h m					°		
18 0	-1,452 974	0,638 219	-0,394 674	0,918 821	91,288 19	0,559 097	-0,012 648
18 10	-1,364 848	0,624 533	-0,394 679	0,918 819	93,787 59	0,559 127	-0,012 678
18 20	-1,276 719	0,610 855	-0,394 685	0,918 817	96,286 99	0,559 157	-0,012 708
18 30	-1,188 586	0,597 184	-0,394 690	0,918 814	98,786 40	0,559 186	-0,012 737
18 40	-1,100 450	0,583 521	-0,394 696	0,918 812	101,285 80	0,559 215	-0,012 765
18 50	-1,012 312	0,569 866	-0,394 701	0,918 809	103,785 20	0,559 243	-0,012 793
19 0	-0,924 170	0,556 218	-0,394 707	0,918 807	106,284 60	0,559 270	-0,012 820
19 10	-0,836 027	0,542 577	-0,394 713	0,918 805	108,784 01	0,559 297	-0,012 847
19 20	-0,747 881	0,528 945	-0,394 718	0,918 802	111,283 41	0,559 323	-0,012 873
19 30	-0,659 733	0,515 320	-0,394 724	0,918 800	113,782 81	0,559 349	-0,012 899
19 40	-0,571 584	0,501 703	-0,394 729	0,918 797	116,282 22	0,559 374	-0,012 923
19 50	-0,483 433	0,488 094	-0,394 735	0,918 795	118,781 62	0,559 398	-0,012 948
20 0	-0,395 280	0,474 492	-0,394 740	0,918 793	121,281 02	0,559 422	-0,012 971
20 10	-0,307 126	0,460 899	-0,394 746	0,918 790	123,780 42	0,559 445	-0,012 994
20 20	-0,218 972	0,447 313	-0,394 751	0,918 788	126,279 83	0,559 467	-0,013 016
20 30	-0,130 816	0,433 736	-0,394 757	0,918 786	128,779 23	0,559 489	-0,013 038
20 40	-0,042 660	0,420 166	-0,394 762	0,918 783	131,278 63	0,559 510	-0,013 059
20 50	0,045 497	0,406 604	-0,394 768	0,918 781	133,778 03	0,559 531	-0,013 080
21 0	0,133 654	0,393 051	-0,394 773	0,918 779	136,277 44	0,559 551	-0,013 100
21 10	0,221 811	0,379 505	-0,394 779	0,918 776	138,776 84	0,559 570	-0,013 119
21 20	0,309 968	0,365 968	-0,394 784	0,918 774	141,276 24	0,559 589	-0,013 138
21 30	0,398 125	0,352 439	-0,394 790	0,918 771	143,775 64	0,559 607	-0,013 156
21 40	0,486 281	0,338 918	-0,394 795	0,918 769	146,275 05	0,559 625	-0,013 173
21 50	0,574 436	0,325 405	-0,394 801	0,918 767	148,774 45	0,559 642	-0,013 190
22 0	0,662 591	0,311 901	-0,394 806	0,918 764	151,273 85	0,559 658	-0,013 206
22 10	0,750 744	0,298 404	-0,394 812	0,918 762	153,773 25	0,559 674	-0,013 222
22 20	0,838 896	0,284 916	-0,394 817	0,918 760	156,272 65	0,559 689	-0,013 237
22 30	0,927 047	0,271 437	-0,394 823	0,918 757	158,772 06	0,559 703	-0,013 251
22 40	1,015 196	0,257 966	-0,394 828	0,918 755	161,271 46	0,559 717	-0,013 265
22 50	1,103 343	0,244 503	-0,394 833	0,918 753	163,770 86	0,559 730	-0,013 278
23 0	1,191 488	0,231 049	-0,394 839	0,918 750	166,270 26	0,559 743	-0,013 290
23 10	1,279 630	0,217 603	-0,394 844	0,918 748	168,769 66	0,559 755	-0,013 302
23 20	1,367 771	0,204 165	-0,394 850	0,918 746	171,269 06	0,559 766	-0,013 314
23 30	1,455 908	0,190 737	-0,394 855	0,918 743	173,768 47	0,559 777	-0,013 324
23 40	1,544 043	0,177 316	-0,394 860	0,918 741	176,267 87	0,559 787	-0,013 334
23 50	1,632 175	0,163 905	-0,394 866	0,918 739	178,767 27	0,559 797	-0,013 344
0 0	1,720 303	0,150 502	-0,394 871	0,918 736	181,266 67	0,559 806	-0,013 353

$$\tan f_e = +0,004\,750\,81$$

$$\tan f_i = -0,004\,727\,14$$

$$H' = +0,261\,736\,81 \text{ rd/h}$$

$$d' = -0,000\,035\,91 \text{ rd/h}$$

## ÉLÉMENTS DE BESSEL (notation américaine)

Instant UT	Coordonnées de l'axe dans le plan fondamental		Direction de l'axe du cône d'ombre			Rayons des ombres dans le plan fondamental	
	$x$	$y$	$\sin d$	$\cos d$	$\mu$	$l_e$	$l_i$
h m					°		
18 0	-1,452 974	0,638 219	-0,394 674	0,918 821	91,288 19	0,559 097	0,012 648
18 10	-1,364 848	0,624 533	-0,394 679	0,918 819	93,787 59	0,559 127	0,012 678
18 20	-1,276 719	0,610 855	-0,394 685	0,918 817	96,286 99	0,559 157	0,012 708
18 30	-1,188 586	0,597 184	-0,394 690	0,918 814	98,786 40	0,559 186	0,012 737
18 40	-1,100 450	0,583 521	-0,394 696	0,918 812	101,285 80	0,559 215	0,012 765
18 50	-1,012 312	0,569 866	-0,394 701	0,918 809	103,785 20	0,559 243	0,012 793
19 0	-0,924 170	0,556 218	-0,394 707	0,918 807	106,284 60	0,559 270	0,012 820
19 10	-0,836 027	0,542 577	-0,394 713	0,918 805	108,784 01	0,559 297	0,012 847
19 20	-0,747 881	0,528 945	-0,394 718	0,918 802	111,283 41	0,559 323	0,012 873
19 30	-0,659 733	0,515 320	-0,394 724	0,918 800	113,782 81	0,559 349	0,012 899
19 40	-0,571 584	0,501 703	-0,394 729	0,918 797	116,282 22	0,559 374	0,012 923
19 50	-0,483 433	0,488 094	-0,394 735	0,918 795	118,781 62	0,559 398	0,012 948
20 0	-0,395 280	0,474 492	-0,394 740	0,918 793	121,281 02	0,559 422	0,012 971
20 10	-0,307 126	0,460 899	-0,394 746	0,918 790	123,780 42	0,559 445	0,012 994
20 20	-0,218 972	0,447 313	-0,394 751	0,918 788	126,279 83	0,559 467	0,013 016
20 30	-0,130 816	0,433 736	-0,394 757	0,918 786	128,779 23	0,559 489	0,013 038
20 40	-0,042 660	0,420 166	-0,394 762	0,918 783	131,278 63	0,559 510	0,013 059
20 50	0,045 497	0,406 604	-0,394 768	0,918 781	133,778 03	0,559 531	0,013 080
21 0	0,133 654	0,393 051	-0,394 773	0,918 779	136,277 44	0,559 551	0,013 100
21 10	0,221 811	0,379 505	-0,394 779	0,918 776	138,776 84	0,559 570	0,013 119
21 20	0,309 968	0,365 968	-0,394 784	0,918 774	141,276 24	0,559 589	0,013 138
21 30	0,398 125	0,352 439	-0,394 790	0,918 771	143,775 64	0,559 607	0,013 156
21 40	0,486 281	0,338 918	-0,394 795	0,918 769	146,275 05	0,559 625	0,013 173
21 50	0,574 436	0,325 405	-0,394 801	0,918 767	148,774 45	0,559 642	0,013 190
22 0	0,662 591	0,311 901	-0,394 806	0,918 764	151,273 85	0,559 658	0,013 206
22 10	0,750 744	0,298 404	-0,394 812	0,918 762	153,773 25	0,559 674	0,013 222
22 20	0,838 896	0,284 916	-0,394 817	0,918 760	156,272 65	0,559 689	0,013 237
22 30	0,927 047	0,271 437	-0,394 823	0,918 757	158,772 06	0,559 703	0,013 251
22 40	1,015 196	0,257 966	-0,394 828	0,918 755	161,271 46	0,559 717	0,013 265
22 50	1,103 343	0,244 503	-0,394 833	0,918 753	163,770 86	0,559 730	0,013 278
23 0	1,191 488	0,231 049	-0,394 839	0,918 750	166,270 26	0,559 743	0,013 290
23 10	1,279 630	0,217 603	-0,394 844	0,918 748	168,769 66	0,559 755	0,013 302
23 20	1,367 771	0,204 165	-0,394 850	0,918 746	171,269 06	0,559 766	0,013 314
23 30	1,455 908	0,190 737	-0,394 855	0,918 743	173,768 47	0,559 777	0,013 324
23 40	1,544 043	0,177 316	-0,394 860	0,918 741	176,267 87	0,559 787	0,013 334
23 50	1,632 175	0,163 905	-0,394 866	0,918 739	178,767 27	0,559 797	0,013 344
0 0	1,720 303	0,150 502	-0,394 871	0,918 736	181,266 67	0,559 806	0,013 353

$$\tan f_1 = +0,004\,750\,81$$

$$\tan f_2 = +0,004\,727\,14$$

$$\mu' = +0,261\,736\,81 \text{ rd/h}$$

$$d' = -0,000\,035\,91 \text{ rd/h}$$

**Exemple de calcul avec les développements en séries des éléments de Bessel**

Calculer à Mexico (Mexique), les époques des contacts extérieurs et du maximum de l'éclipse.

Les coordonnées de Mexico sont les suivantes :

$$\varphi = 19^\circ 25' 0,0'' \text{ N} \quad \lambda = 6 \text{ h } 36 \text{ m } 40,0 \text{ s O} \quad h = 0,0 \text{ m},$$

ce qui donne  $\rho \sin \varphi' = 0,33033$  et  $\rho \cos \varphi' = 0,94348$ .

Voici les résultats des deux premières approximations, les calculs intermédiaires sont fournis avec cinq chiffres décimaux. À la fin de la deuxième approximation on peut estimer que la précision est de l'ordre de quelques secondes de temps.

**Première approximation :**

	1 <sup>er</sup> contact extérieur	Maximum	2 <sup>e</sup> contact extérieur
$t$ (UT.) .....	20 h50 m	22 h15 m	23 h30 m
$H$ .....	133,778 03°	155,022 95°	173,768 47°
$\sin d$ .....	-0,394 77	-0,394 81	-0,394 86
$\cos d$ .....	0,918 78	0,918 76	0,918 74
$x$ .....	0,045 50	0,794 82	1,455 91
$\xi$ .....	0,535 90	0,780 85	0,909 61
$U = x - \xi$ .....	-0,490 40	0,013 97	0,546 30
$y$ .....	0,406 60	0,291 66	0,190 74
$\eta$ .....	0,610 04	0,512 57	0,402 41
$V = y - \eta$ .....	-0,203 44	-0,220 91	-0,211 67
$\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$ .....	0,325 70	0,390 31	0,463 25
$\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$ .....	-0,025 97	-0,000 24	0,013 46
$l_e$ .....	0,556 76	0,557 99	0,559 30
$\beta$ .....	-1,446 67	0,036 13	1,165 02
$\gamma$ .....	-0,263 23		0,141 68
$\theta = \pm \sqrt{\beta^2 - \gamma}$ .....	-1,534 95		1,102 55
$\tau = -\beta + \theta$ .....	-0,088 28 h		-0,062 48 h
$\tau_m = -\beta$ .....		-0,036 13 h	
$t + \tau$ .....	20 h 44 m 42,2 s		23 h 26 m 15,1 s
$t + \tau_m$ .....		22 h 12 m 49,9 s	

## Deuxième approximation :

	1 <sup>er</sup> contact extérieur	Maximum	2 <sup>e</sup> contact extérieur
$t$ (UT.) .....	20 h 44 m 42,2 s	22 h 12 m 49,9 s	23 h 26 m 15,1 s
$H$ .....	132,454 10°	154,481 06°	172,831 50°
$\sin d$ .....	-0,394 76	-0,394 81	-0,394 85
$\cos d$ .....	0,918 78	0,918 76	0,918 74
$x$ .....	-0,001 20	0,775 71	1,422 87
$\xi$ .....	0,517 82	0,775 81	0,905 39
$U = x - \xi$ .....	-0,519 02	-0,000 10	0,517 48
$y$ .....	0,413 79	0,294 58	0,195 77
$\eta$ .....	0,614 85	0,515 47	0,408 27
$V = y - \eta$ .....	-0,201 06	-0,220 89	-0,212 50
$\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$ .....	0,322 51	0,388 39	0,459 37
$\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$ .....	-0,027 87	-0,000 77	0,013 00
$l_e$ .....	0,556 70	0,557 95	0,559 23
$\beta$ .....	-1,543 88	0,000 87	1,112 51
$\gamma$ .....	-0,001 05		0,000 93
$\theta = \pm \sqrt{\beta^2 - \gamma}$ .....	-1,544 22		1,112 09
$\tau = -\beta + \theta$ .....	-0,000 34 h		-0,000 42 h
$\tau_m = -\beta$ .....		-0,000 87 h	
$t + \tau$ .....	20 h 44 m 41,0 s		23 h 26 m 13,6 s
$t + \tau_m$ .....		22 h 12 m 46,8 s	
$g$ .....		0,591 9	
$P$ .....	248,8°		112,3°
$\Gamma$ .....	40,1°		65,7°
$Z = P - \Gamma$ .....	208,7°		46,6°

**LIGNE DE CENTRALITÉ**

**CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ**

**Rappel des notations**

- $h$  : hauteur du Soleil au moment du maximum.
- $L$  : largeur de l'ombre dans la direction perpendiculaire à son déplacement.
- Obs. : degré d'obscurité.
- $g$  : grandeur de l'éclipse.
- $a$  : azimut du soleil au moment du maximum.
- $P$  : angle au pôle.
- $Z$  : angle au zénith.

## LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant	Limite nord		Ligne centrale		Limite sud		Ligne centrale	
	UT	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Durée
h m	° /	° /	° /	° /	° /	° /	m s	°
Limites	+30 47,8	-176 2,1	+30 5,2	-175 42,3	+29 22,9	-175 22,8	3 4,3	...
19 10	+30 47,0	-176 2,6	+28 13,5	-179 45,0	+26 45,1	+178 54,6	3 5,4	4
19 15	+23 7,9	+168 54,5	+22 18,8	+168 51,9	+21 31,3	+168 51,2	3 9,9	17
19 20	+19 59,0	+163 33,4	+19 16,6	+163 39,4	+18 35,0	+163 46,3	3 12,8	24
19 25	+17 36,7	+159 44,2	+16 57,6	+159 53,5	+16 19,1	+160 3,2	3 15,4	29
19 30	+15 39,1	+156 40,8	+15 2,1	+156 51,5	+14 25,6	+157 2,6	3 17,8	33
19 35	+13 57,7	+154 5,4	+13 22,1	+154 16,9	+12 47,1	+154 28,6	3 20,2	37
19 40	+12 28,1	+151 49,2	+11 53,6	+152 1,1	+11 19,6	+152 13,1	3 22,5	40
19 45	+11 7,7	+149 46,8	+10 34,1	+149 58,9	+10 0,9	+150 11,0	3 24,7	44
19 50	+ 9 54,9	+147 55,0	+ 9 21,9	+148 7,0	+ 8 49,3	+148 19,2	3 26,9	47
19 55	+ 8 48,5	+146 11,3	+ 8 16,0	+146 23,2	+ 7 43,9	+146 35,2	3 29,1	49
20 0	+ 7 47,7	+144 34,0	+ 7 15,5	+144 45,8	+ 6 43,8	+144 57,6	3 31,2	52
20 5	+ 6 51,7	+143 1,8	+ 6 19,9	+143 13,4	+ 5 48,4	+143 25,0	3 33,2	54
20 10	+ 6 0,3	+141 33,8	+ 5 28,6	+141 45,0	+ 4 57,3	+141 56,4	3 35,2	56
20 15	+ 5 13,0	+140 9,0	+ 4 41,4	+140 20,0	+ 4 10,1	+140 31,1	3 37,1	58
20 20	+ 4 29,4	+138 46,9	+ 3 57,9	+138 57,5	+ 3 26,7	+139 8,3	3 38,9	60
20 25	+ 3 49,5	+137 26,8	+ 3 17,9	+137 37,1	+ 2 46,7	+137 47,5	3 40,6	62
20 30	+ 3 12,9	+136 8,3	+ 2 41,3	+136 18,3	+ 2 10,0	+136 28,3	3 42,2	63
20 35	+ 2 39,6	+134 50,9	+ 2 7,9	+135 0,5	+ 1 36,5	+135 10,1	3 43,6	64
20 40	+ 2 9,5	+133 34,3	+ 1 37,7	+133 43,5	+ 1 6,1	+133 52,7	3 44,8	65
20 45	+ 1 42,5	+132 18,1	+ 1 10,5	+132 26,8	+ 0 38,7	+132 35,6	3 45,9	66
20 50	+ 1 18,5	+131 1,9	+ 0 46,3	+131 10,2	+ 0 14,3	+131 18,6	3 46,8	66
20 55	+ 0 57,6	+129 45,4	+ 0 25,1	+129 53,3	- 0 7,1	+130 1,2	3 47,5	66
21 0	+ 0 39,6	+128 28,4	+ 0 6,9	+128 35,8	- 0 25,6	+128 43,2	3 48,0	65
21 5	+ 0 24,7	+127 10,4	- 0 8,3	+127 17,4	- 0 41,1	+127 24,3	3 48,2	65
21 10	+ 0 12,9	+125 51,2	- 0 20,5	+125 57,7	- 0 53,5	+126 4,2	3 48,3	64
21 15	+ 0 4,3	+124 30,4	- 0 29,5	+124 36,4	- 1 2,9	+124 42,4	3 48,0	63
21 20	- 0 1,1	+123 7,6	- 0 35,2	+123 13,1	- 1 9,0	+123 18,6	3 47,6	61
21 25	- 0 3,1	+121 42,4	- 0 37,6	+121 47,4	- 1 11,8	+121 52,4	3 46,9	60
21 30	- 0 1,6	+120 14,2	- 0 36,5	+120 18,8	- 1 11,1	+120 23,3	3 46,0	58
21 35	+ 0 3,8	+118 42,7	- 0 31,6	+118 46,8	- 1 6,7	+118 50,9	3 44,8	56
21 40	+ 0 13,2	+117 7,0	- 0 22,8	+117 10,7	- 0 58,4	+117 14,3	3 43,4	54
21 45	+ 0 26,9	+115 26,4	- 0 9,6	+115 29,7	- 0 45,7	+115 32,9	3 41,8	51
21 50	+ 0 45,6	+113 40,0	+ 0 8,4	+113 42,9	- 0 28,3	+113 45,7	3 40,0	49
21 55	+ 1 9,7	+111 46,3	+ 0 31,8	+111 48,9	- 0 5,7	+111 51,4	3 38,0	46
22 0	+ 1 40,0	+109 43,7	+ 1 1,3	+109 46,1	+ 0 23,0	+109 48,3	3 35,8	43
22 5	+ 2 17,7	+107 29,8	+ 1 38,1	+107 32,2	+ 0 58,8	+107 34,3	3 33,4	40
22 10	+ 3 4,5	+105 1,1	+ 2 23,6	+105 3,7	+ 1 43,2	+105 6,0	3 30,8	36
22 15	+ 4 2,8	+102 12,2	+ 3 20,4	+102 15,5	+ 2 38,5	+102 18,3	3 28,0	32
22 20	+ 5 17,1	+ 98 53,6	+ 4 32,6	+ 98 58,3	+ 3 48,8	+ 99 2,4	3 24,9	28
22 25	+ 6 56,4	+ 94 45,5	+ 6 8,7	+ 94 53,7	+ 5 21,8	+ 95 0,8	3 21,5	22
22 30	+ 9 27,0	+ 88 50,6	+ 8 31,9	+ 89 9,6	+ 7 38,6	+ 89 26,0	3 17,3	15
22 34	+14 55,5	+ 76 21,0	+12 59,6	+ 78 52,1	+11 22,3	+ 80 40,9	3 11,5	3
Limites	+14 58,1	+ 76 18,9	+14 12,9	+ 76 3,8	+13 28,0	+ 75 48,8	3 10,2	...

## CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

Instant	Maximum de l'éclipse						Ligne centrale				Premier contact		
	UT	Durée	<i>L</i>	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>	Latitude		Longitude		UT	<i>P</i>
h m	m s	km	%		°	°	°	'	°	'	h m s	°	°
Limites	3 4,3	168	91,2	0,978	...	297	+30	5,2	-175	42,3	...	...	...
19 10	3 5,4	164	91,4	0,978	4	299	+28	13,5	-179	45,0	...	...	...
19 15	3 9,9	150	92,1	0,980	17	305	+22	18,8	+168	51,9	18 3	33,7	291 356
19 20	3 12,8	143	92,4	0,981	24	307	+19	16,6	+163	39,4	18 4	44,6	292 357
19 25	3 15,4	138	92,7	0,981	29	310	+16	57,6	+159	53,5	18 6	32,2	293 358
19 30	3 17,8	135	92,9	0,982	33	312	+15	2,1	+156	51,5	18 8	38,9	293 358
19 35	3 20,2	132	93,0	0,982	37	313	+13	22,1	+154	16,9	18 10	57,7	293 358
19 40	3 22,5	129	93,2	0,983	40	315	+11	53,6	+152	1,1	18 13	25,3	294 358
19 45	3 24,7	127	93,3	0,983	44	317	+10	34,1	+149	58,9	18 15	59,6	294 358
19 50	3 26,9	126	93,4	0,983	47	319	+ 9	21,9	+148	7,0	18 18	39,5	294 357
19 55	3 29,1	124	93,5	0,983	49	321	+ 8	16,0	+146	23,2	18 21	24,3	294 357
20 0	3 31,2	123	93,6	0,984	52	324	+ 7	15,5	+144	45,8	18 24	13,3	294 356
20 5	3 33,2	122	93,6	0,984	54	326	+ 6	19,9	+143	13,4	18 27	6,5	294 356
20 10	3 35,2	122	93,7	0,984	56	329	+ 5	28,6	+141	45,0	18 30	3,7	294 355
20 15	3 37,1	121	93,7	0,984	58	333	+ 4	41,4	+140	20,0	18 33	4,9	293 354
20 20	3 38,9	121	93,8	0,984	60	336	+ 3	57,9	+138	57,5	18 36	10,3	293 352
20 25	3 40,6	121	93,8	0,984	62	340	+ 3	17,9	+137	37,1	18 39	20,0	293 351
20 30	3 42,2	121	93,8	0,984	63	345	+ 2	41,3	+136	18,3	18 42	34,4	292 349
20 35	3 43,6	121	93,9	0,984	64	349	+ 2	7,9	+135	0,5	18 45	53,9	292 347
20 40	3 44,8	121	93,9	0,984	65	355	+ 1	37,7	+133	43,5	18 49	19,0	291 345
20 45	3 45,9	122	93,9	0,984	66	0	+ 1	10,5	+132	26,8	18 52	50,1	291 343
20 50	3 46,8	122	93,9	0,984	66	6	+ 0	46,3	+131	10,2	18 56	28,0	290 340
20 55	3 47,5	123	93,9	0,984	66	12	+ 0	25,1	+129	53,3	19 0	13,4	290 337
21 0	3 48,0	123	93,9	0,984	65	17	+ 0	6,9	+128	35,8	19 4	7,2	289 334
21 5	3 48,2	124	93,8	0,984	65	23	- 0	8,3	+127	17,4	19 8	10,4	288 329
21 10	3 48,3	125	93,8	0,984	64	28	- 0	20,5	+125	57,7	19 12	24,0	287 325
21 15	3 48,0	125	93,8	0,984	63	32	- 0	29,5	+124	36,4	19 16	49,2	287 320
21 20	3 47,6	126	93,7	0,984	61	36	- 0	35,2	+123	13,1	19 21	27,4	286 314
21 25	3 46,9	127	93,7	0,984	60	40	- 0	37,6	+121	47,4	19 26	19,9	285 307
21 30	3 46,0	128	93,6	0,984	58	43	- 0	36,5	+120	18,8	19 31	28,4	284 299
21 35	3 44,8	129	93,6	0,984	56	46	- 0	31,6	+118	46,8	19 36	54,3	283 291
21 40	3 43,4	130	93,5	0,983	54	49	- 0	22,8	+117	10,7	19 42	39,5	281 282
21 45	3 41,8	131	93,4	0,983	51	51	- 0	9,6	+115	29,7	19 48	45,7	280 273
21 50	3 40,0	132	93,3	0,983	49	53	+ 0	8,4	+113	42,9	19 55	14,5	279 263
21 55	3 38,0	134	93,2	0,983	46	55	+ 0	31,8	+111	48,9	20 2	7,7	278 254
22 0	3 35,8	135	93,1	0,982	43	56	+ 1	1,3	+109	46,1	20 9	26,9	276 245
22 5	3 33,4	137	92,9	0,982	40	58	+ 1	38,1	+107	32,2	20 17	14,0	275 237
22 10	3 30,8	140	92,8	0,982	36	59	+ 2	23,6	+105	3,7	20 25	30,9	274 230
22 15	3 28,0	143	92,6	0,981	32	60	+ 3	20,4	+102	15,5	20 34	20,5	273 224
22 20	3 24,9	146	92,4	0,981	28	61	+ 4	32,6	+ 98	58,3	20 43	47,8	271 218
22 25	3 21,5	151	92,1	0,980	22	62	+ 6	8,7	+ 94	53,7	20 54	4,4	270 212
22 30	3 17,3	158	91,7	0,979	15	63	+ 8	31,9	+ 89	9,6	21 5	45,8	269 207
22 34	3 11,5	170	91,1	0,977	3	65	+12	59,6	+ 78	52,1	21 19	24,9	268 202
Limites	3 10,2	174	91,0	0,977	...	66	+14	12,9	+ 76	3,8	21 21	44,4	268 202





**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Colombie

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse									
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>					
	°	'	°	'	m	s	h	m	s	%	°	°		
1	+ 5	36	+ 75	30	Aguadas . . . . .	..	..	22	36	37,3	65,5	0,735	2	66
2	+ 7	4	+ 70	41	Arauca . . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	+11	10	+ 74	50	Barranquilla . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
4	+ 6	20	+ 75	41	Bello . . . . .	..	..	22	36	30,1	68,3	0,757	2	66
5	+ 4	31	+ 69	40	Bisinaca . . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
6	+ 4	38	+ 74	5	Bogota . . . . .	..	..	22	36	53,3	60,3	0,691	1	67
7	+ 7	8	+ 73	10	Bucaramanga .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
8	+ 3	54	+ 77	2	Buenaventura .	..	..	22	36	29,6	62,2	0,706	5	66
9	+ 3	53	+ 76	17	Buga . . . . .	..	..	22	36	38,3	61,0	0,697	4	66
10	+10	16	+ 74	55	Calamar . . . . .	..	..	22	35	46,7	80,2	0,856	0	66
11	+ 3	24	+ 76	30	Cali . . . . .	..	..	22	36	37,2	59,7	0,686	4	66
12	+ 9	46	+ 75	6	Carmen . . . . .	..	..	22	35	53,5	78,8	0,845	1	66
13	+10	24	+ 75	33	Cartagena . . . .	..	..	22	35	38,9	81,6	0,867	1	66
14	+11	1	+ 74	15	Cienaga . . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
15	+11	1	+ 74	15	Cienaga . . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
16	+ 6	18	+ 73	27	Contratacion . .	..	..	22	36	45,8	64,9	0,729	0	67
17	+ 7	55	+ 72	31	Cucuta . . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
18	+ 2	14	+ 75	37	Garzon . . . . .	..	..	22	36	47,2	54,7	0,643	4	67
19	+ 4	25	+ 75	20	Ibague . . . . .	..	..	22	36	45,4	61,4	0,700	3	66
20	+ 6	7	+ 68	49	La Venturosa . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
21	- 4	9	+ 69	57	Leticia . . . . .	..	..	22	36	23,9	27,8	0,397	1	67
22	+ 9	14	+ 75	50	Lorica . . . . .	..	..	22	35	54,9	78,1	0,839	1	66
23	+ 5	3	+ 75	32	Manizales . . . .	..	..	22	36	40,5	63,8	0,720	3	66
24	+ 6	15	+ 75	36	Medellin . . . . .	..	..	22	36	31,5	67,9	0,754	2	66
25	+ 8	45	+ 75	54	Monteria . . . . .	..	..	22	36	1,2	76,6	0,826	2	66
26	+ 8	45	+ 75	54	Monteria . . . . .	..	..	22	36	1,2	76,6	0,826	2	66
27	+ 2	58	+ 75	15	Neiva . . . . .	..	..	22	36	50,0	56,5	0,659	3	66
28	+ 3	33	+ 76	17	Palmira . . . . .	..	..	22	36	39,2	59,9	0,687	4	66
29	+ 7	24	+ 72	38	Pamplona . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
30	+ 1	12	+ 77	17	Pasto . . . . .	..	..	22	36	27,4	53,7	0,634	6	66
31	+ 4	47	+ 75	46	Pereira . . . . .	..	..	22	36	39,8	63,2	0,715	3	66
32	+ 2	27	+ 76	32	Popayan . . . . .	..	..	22	36	37,9	56,7	0,660	5	66
33	- 2	9	+ 71	1	Puerto Alfonso .	..	..	22	36	46,4	34,8	0,465	1	67
34	+ 6	8	+ 69	27	Puerto Carreno .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
35	+ 0	8	+ 75	53	Puerto Ospina .	..	..	22	36	39,4	48,3	0,588	5	67
36	+ 5	40	+ 76	38	Quibdo . . . . .	..	..	22	36	25,3	67,4	0,750	3	66
37	+11	34	+ 72	58	Riohacha . . . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
38	- 2	18	+ 73	2	San Cristobal .	..	..	22	36	41,4	37,0	0,486	3	67
39	+ 0	8	+ 75	53	San Miguel . . .	..	..	22	36	39,4	48,3	0,588	5	67
40	+11	18	+ 74	10	Santa Marta . . .	..	..	..	..	..	..	..	..	..
41	+ 3	0	+ 76	25	Santander . . . .	..	..	22	36	38,8	58,3	0,674	4	66
42	+ 4	16	+ 75	58	Sevilla . . . . .	..	..	22	36	40,2	61,8	0,703	3	66



**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Colombie

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>
	° /	° /		m s	h m s	%		°	°
1	+ 9 17	+ 75 23	Sincelejo ...	... ..	22 35 58,4	77,6	0,835	1	66
2	+ 6 30	+ 73 16	Socorro ....	... ..	22 36 44,9	65,3	0,733	0	67
3	+ 0 45	+ 69 26	Teresita ....	... ..	... ..	...	...	...	...
4	+ 4 5	+ 76 12	Tulua .....	... ..	22 36 38,5	61,6	0,701	4	66
5	+ 1 51	+ 78 46	Tumaco ....	... ..	22 36 6,8	57,9	0,670	7	66
6	+ 5 33	+ 73 23	Tunja .....	... ..	22 36 51,6	62,3	0,708	0	67
7	+ 1 6	+ 77 37	Tuquerres ..	... ..	22 36 22,7	53,8	0,636	6	66
8	+10 31	+ 73 16	Valledupar .	... ..	... ..	...	...	...	...
9	+ 4 9	+ 73 38	Villavicencio	... ..	22 36 57,7	58,1	0,672	1	67
10	+ 6 59	+ 75 25	Yarumal....	... ..	22 36 26,6	70,0	0,772	2	66

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Belize

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>
	° /	° /		m s	h m s	%		°	°
1	+17 29	+ 88 10	Belize.....	... ..	22 26 48,0	67,8	0,753	11	61
2	+17 13	+ 88 48	Belmopan...	... ..	22 26 27,8	67,8	0,753	11	61
3	+18 28	+ 88 19	Consejo.....	... ..	22 26 2,2	64,6	0,726	10	61
4	+18 23	+ 88 23	Corozal.....	... ..	22 26 2,4	64,8	0,728	11	61
5	+17 37	+ 88 40	Hill Bank...	... ..	22 26 19,0	66,8	0,744	11	61
6	+16 21	+ 88 58	Lubaantum .	... ..	22 26 51,2	70,3	0,774	12	61
7	+18 6	+ 88 31	Orange Walk	... ..	22 26 7,3	65,5	0,734	11	61
8	+17 0	+ 88 20	Pomona ....	... ..	22 26 58,2	69,1	0,764	11	61
9	+16 10	+ 88 45	Punta Gorda	... ..	22 27 8,2	71,2	0,781	12	61
10	+17 14	+ 89 3	San Ignacio .	... ..	22 26 14,8	67,4	0,750	12	61
11	+18 0	+ 87 53	San Pedro ..	... ..	22 26 41,1	66,6	0,743	10	61
12	+16 59	+ 88 13	Stann Creek	... ..	22 27 4,3	69,3	0,765	11	61



**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Costa Rica

n°	Position				Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude		Longitude				UT	Obs.	g	h	a
	o	'	o	'							
1	+10	0	+ 84	12	Alajuela .....	1 48,8	22 32 51,3	91,4	0,960	9	64
2	+10	32	+ 84	27	Boca Arenal .....	3 14,3	22 32 33,3	91,5	0,977	9	64
3	+ 9	36	+ 85	5	Cabuya .....	1 41,0	22 32 29,0	91,5	0,960	10	64
4	+ 9	50	+ 83	52	Cartago .....	.. ..	22 33 4,7	91,2	0,952	9	64
5	+ 8	42	+ 83	10	Golfito .....	.. ..	22 33 43,8	87,1	0,912	9	65
6	+10	0	+ 84	8	Heredia .....	1 37,9	22 32 53,4	91,4	0,959	9	64
7	+11	5	+ 85	39	La Cruz .....	.. ..	22 31 40,6	91,1	0,950	10	64
8	+10	39	+ 85	28	Liberia .....	2 26,7	22 31 56,1	91,5	0,964	10	64
9	+10	0	+ 83	1	Limon .....	.. ..	22 33 27,0	90,7	0,946	8	65
10	+10	0	+ 84	50	Puntarenas .....	2 49,6	22 32 30,5	91,5	0,968	10	64
11	+ 9	28	+ 83	42	San Isidro .....	.. ..	22 33 16,1	90,1	0,940	9	64
12	+ 9	59	+ 84	4	San Jose .....	1 16,3	22 32 55,8	91,4	0,958	9	64
13	+10	55	+ 83	43	San Juan del Norte	3 13,8	22 32 48,9	91,4	0,977	8	64
14	+ 9	56	+ 83	40	Turrialba .....	.. ..	22 33 9,1	91,2	0,952	9	64

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Équateur

n°	Position				Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude		Longitude				UT	Obs.	g	h	a
	o	'	o	'							
1	- 1	18	+ 78	39	Ambato .....	.. ..	22 35 54,6	47,6	0,581	8	67
2	- 0	41	+ 90	20	Bellavista (Ile Santa Cruz)	.. ..	22 29 44,1	66,1	0,739	20	65
3	+ 0	2	+ 78	8	Cayambe .....	.. ..	22 36 11,1	51,1	0,612	7	67
4	- 2	54	+ 79	0	Cuenca .....	.. ..	22 35 33,6	43,1	0,541	9	67
5	+ 0	56	+ 79	40	Esmeraldas .....	.. ..	22 35 49,1	56,2	0,656	8	66
6	- 2	13	+ 79	54	Guayaquil .....	.. ..	22 35 24,3	46,4	0,571	10	67
7	+ 0	23	+ 78	5	Ibarra .....	.. ..	22 36 13,5	52,2	0,621	7	67
8	+ 0	50	+ 76	54	Lago Agrio .....	.. ..	22 36 31,1	52,0	0,619	6	67
9	- 3	59	+ 79	16	Loja .....	.. ..	22 35 15,7	40,1	0,514	10	67
10	- 3	20	+ 79	57	Machala .....	.. ..	22 35 11,1	43,0	0,540	10	67
11	- 0	59	+ 80	44	Manta .....	.. ..	22 35 17,8	51,5	0,615	10	67
12	- 1	7	+ 80	28	Portoviejo .....	.. ..	22 35 22,4	50,7	0,608	10	67
13	- 3	19	+ 79	59	Puerto Bolivar .....	.. ..	22 35 10,7	43,1	0,541	10	67
14	- 0	14	+ 78	30	Quito .....	.. ..	22 36 4,1	50,8	0,609	8	67
15	- 1	44	+ 78	40	Riobamba .....	.. ..	22 35 50,7	46,3	0,569	8	67
16	- 1	44	+ 78	40	Rio Bamba .....	.. ..	22 35 50,7	46,3	0,569	8	67
17	+ 1	15	+ 78	51	San Lorenzo .....	.. ..	22 36 4,4	56,1	0,655	7	66











**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**États-Unis**

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse									
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>					
	°	'	°	'	m	s	h	m	s	%	°	'		
1	+58	20	+134	20	Juneau	..	..	20	23	33,4	0,0	0,005	8	353
2	+39	5	+ 94	37	Kansas City	..	..	21	55	52,1	12,0	0,222	9	50
3	+30	0	+ 90	3	La Nouvelle Orleans	..	..	22	13	41,5	31,8	0,436	8	57
4	+42	44	+ 85	34	Lansing	..	..	21	59	33,9	12,6	0,230	1	57
5	+36	10	+115	10	Las Vegas	..	..	21	17	12,8	8,0	0,168	26	26
6	+40	49	+ 96	41	Lincoln	..	..	21	50	18,2	8,8	0,179	10	47
7	+34	42	+ 92	17	Little Rock	..	..	22	5	12,9	20,4	0,320	9	54
8	+33	47	+118	15	Long Beach	..	..	21	10	16,4	10,6	0,203	30	22
9	+34	0	+118	15	Los Angeles	..	..	21	10	3,7	10,3	0,200	30	22
10	+38	13	+ 85	48	Louisville	..	..	22	6	26,8	19,3	0,308	2	58
11	+43	4	+ 89	22	Madison	..	..	21	55	32,3	9,9	0,196	3	53
12	+35	10	+ 90	0	Memphis	..	..	22	7	2,2	21,3	0,330	6	56
13	+25	45	+ 80	15	Miami	..	..	22	25	2,1	53,5	0,633	1	64
14	+43	3	+ 87	56	Milwaukee	..	..	21	56	57,7	10,8	0,207	2	55
15	+45	0	+ 93	15	Minneapolis	..	..	21	47	57,5	6,1	0,140	5	49
16	+30	40	+ 88	5	Mobile	..	..	22	14	43,0	32,2	0,440	6	58
17	+32	22	+ 86	20	Montgomery	..	..	22	14	4,4	30,2	0,421	4	59
18	+44	16	+ 72	34	Montpelier	..	..	..	..	..	..	..	..	..
19	+36	10	+ 86	50	Nashville	..	..	22	8	34,2	22,1	0,338	4	58
20	+30	0	+ 90	3	New Orleans	..	..	22	13	41,5	31,8	0,436	8	57
21	+40	40	+ 73	50	New-York	..	..	..	..	..	..	..	..	..
22	+36	54	+ 76	18	Norfolk	..	..	..	..	..	..	..	..	..
23	+37	50	+122	15	Oakland	..	..	20	54	5,8	6,7	0,149	28	13
24	+35	28	+ 97	33	Oklahoma City	..	..	21	57	7,7	15,4	0,263	13	49
25	+47	3	+122	53	Olympia	..	..	20	46	48,6	1,1	0,043	19	10
26	+41	15	+ 96	0	Omaha	..	..	21	50	34,8	8,6	0,177	9	48
27	+40	0	+ 75	10	Philadelphie	..	..	..	..	..	..	..	..	..
28	+33	30	+112	3	Phoenix	..	..	21	29	12,0	11,6	0,217	26	32
29	+44	23	+100	20	Pierre	..	..	21	38	56,9	4,1	0,107	11	42
30	+40	26	+ 80	0	Pittsburgh	..	..	..	..	..	..	..	..	..
31	+45	32	+122	40	Portland	..	..	20	48	8,5	1,6	0,057	21	10
32	+41	50	+ 71	28	Providence	..	..	..	..	..	..	..	..	..
33	+35	42	+ 78	40	Raleigh	..	..	..	..	..	..	..	..	..
34	+37	34	+ 77	27	Richmond	..	..	..	..	..	..	..	..	..
35	+43	12	+ 77	37	Rochester	..	..	..	..	..	..	..	..	..
36	+38	33	+121	30	Sacramento	..	..	20	55	53,9	5,9	0,137	27	14
37	+38	40	+ 90	15	Saint-Louis	..	..	22	1	39,2	15,3	0,263	6	54
38	+45	0	+ 93	10	Saint-Paul	..	..	21	48	3,5	6,1	0,140	5	49
39	+44	57	+123	1	Salem	..	..	20	47	32,5	1,9	0,064	21	10
40	+40	45	+111	55	Salt Lake City	..	..	21	20	31,7	4,2	0,110	20	29
41	+29	25	+ 98	30	San Antonio	..	..	22	3	42,3	25,5	0,373	16	50
42	+32	45	+117	10	San Diego	..	..	21	14	47,0	11,9	0,220	30	24

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**États-Unis**

n°	1 <sup>er</sup> contact					2 <sup>e</sup> contact					3 <sup>e</sup> contact					4 <sup>e</sup> contact				
	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z
	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o
1	20	14	49,3	199	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	20	32	20,1	187	189	
2	21	1	9,9	222	189	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	45	49,4	142	96	
3	21	3	38,7	237	195	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
4	21	8	51,9	222	186	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
5	20	18	8,5	224	214	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	12	55,7	152	119	
6	20	59	53,7	219	189	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	36	53,2	147	104	
7	21	2	4,2	230	192	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
8	20	3	50,2	229	225	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	13	15,8	149	117	
9	20	4	14,1	229	224	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	12	31,8	149	117	
10	21	8	29,8	228	189	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
11	21	6	49,6	219	186	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
12	21	4	37,4	230	191	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
13	21	13	56,0	249	195	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
14	21	7	39,5	220	185	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
15	21	5	2,0	215	184	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	28	19,1	151	111	
16	21	5	59,0	237	194	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
17	21	7	50,1	236	192	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
19	21	7	36,3	230	190	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
20	21	3	38,7	237	195	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
21	21	13	20,4	232	188	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
22	21	13	41,8	236	190	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
23	19	58	1,6	225	226	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21	49	12,9	157	134	
24	20	55	39,4	226	194	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	52	20,5	138	89	
25	20	18	22,6	209	207	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21	15	13,3	173	161	
26	21	0	51,2	219	188	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	36	35,7	147	104	
27	21	13	12,6	232	188	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
28	20	23	5,7	227	212	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	29	49,3	145	106	
29	20	58	44,0	212	186	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	17	5,5	156	120	
30	21	11	28,7	229	187	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
31	20	14	57,0	212	210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21	21	13,8	170	156	
32	21	13	21,5	232	188	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
33	21	12	55,4	236	190	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
34	21	13	4,1	234	189	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
35	21	11	44,1	226	186	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
36	20	2	12,1	223	223	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21	48	33,7	158	135	
37	21	5	9,6	225	189	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
38	21	5	5,2	215	184	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	28	27,5	151	111	
39	20	12	16,2	213	212	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21	22	42,3	169	155	
40	20	34	50,2	215	201	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	4	8,5	158	127	
41	20	50	41,9	235	200	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	7	15,1	128	73	
42	20	5	42,7	230	224	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	19	32,4	147	112	









**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**Mexique**

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>
	° /	° /		m s	h m s	%		°	°
1	+16 51	+ 99 56	Acapulco . . . . .	.. ..	22 13 27,9	55,3	0,648	23	55
2	+21 51	+102 18	Aguascalientes .	.. ..	22 5 17,9	39,4	0,507	23	50
3	+19 50	+ 90 30	Campeche . . . . .	.. ..	22 23 10,3	57,8	0,669	12	60
4	+20 32	+100 48	Celaya . . . . .	.. ..	22 9 10,0	44,2	0,550	22	52
5	+18 30	+ 88 17	Chetumal . . . . .	.. ..	22 26 2,4	64,6	0,726	10	61
6	+20 40	+ 88 32	Chichen Itza . . .	.. ..	22 24 15,7	57,8	0,669	10	60
7	+28 40	+106 6	Chihuahua . . . . .	.. ..	21 50 8,6	21,6	0,333	24	43
8	+17 33	+ 99 30	Chilpancingo . .	.. ..	22 13 40,0	53,8	0,634	22	55
9	+31 42	+106 29	Ciudad Juarez . .	.. ..	21 45 30,7	16,2	0,273	22	41
10	+22 19	+ 97 50	Ciudad Madero . .	.. ..	22 12 19,6	42,5	0,535	19	54
11	+23 43	+ 99 10	Ciudad Victoria .	.. ..	22 8 56,5	37,6	0,491	19	52
12	+18 10	+ 94 25	Coatzacoalcos . .	.. ..	22 20 14,5	57,8	0,669	17	58
13	+19 14	+103 41	Colima . . . . .	.. ..	22 4 55,1	44,9	0,557	26	50
14	+26 18	+103 23	Cordoba . . . . .	.. ..	21 58 39,5	28,1	0,400	22	47
15	+18 57	+ 99 15	Cuernavaca . . . .	.. ..	22 13 1,0	50,1	0,602	22	54
16	+24 50	+107 23	Culiacan . . . . .	.. ..	21 51 29,3	28,5	0,404	27	43
17	+24 1	+104 40	Durango . . . . .	.. ..	21 58 28,0	32,2	0,440	25	47
18	+31 53	+116 38	Ensenada . . . . .	.. ..	21 17 23,4	13,1	0,235	30	26
19	+20 40	+103 20	Guadalajara . . .	.. ..	22 4 23,3	41,4	0,526	25	50
20	+21 0	+101 16	Guanajuato . . . .	.. ..	22 7 56,8	42,5	0,535	23	52
21	+27 59	+110 54	Guaymas . . . . .	.. ..	21 38 55,5	20,5	0,321	29	37
22	+29 15	+110 59	Hermosillo . . . .	.. ..	21 37 14,0	18,3	0,297	28	36
23	+20 40	+101 30	Irapuato . . . . .	.. ..	22 7 49,4	43,1	0,541	23	52
24	+17 45	+ 92 48	Jalapa . . . . .	.. ..	22 22 21,3	61,1	0,697	15	59
25	+24 10	+110 17	La Paz . . . . .	.. ..	21 44 46,7	28,3	0,401	30	40
26	+21 10	+101 42	Leon . . . . .	.. ..	22 7 1,4	41,7	0,528	23	51
27	+25 48	+109 0	Los Mochis . . . .	.. ..	21 46 25,8	25,6	0,374	28	41
28	+25 50	+ 97 31	Matamoros . . . .	.. ..	22 9 18,3	34,1	0,458	17	53
29	+23 11	+106 25	Mazatlan . . . . .	.. ..	21 55 27,5	32,8	0,446	27	45
30	+20 59	+ 89 39	Merida . . . . .	.. ..	22 23 3,3	55,5	0,649	11	60
31	+32 38	+115 27	Mexicali . . . . .	.. ..	21 20 17,3	12,2	0,224	29	27
32	+19 25	+ 99 10	Mexico . . . . .	.. ..	22 12 46,8	48,9	0,592	21	54
33	+17 59	+ 94 32	Minatitlan . . . .	.. ..	22 20 13,9	58,2	0,673	17	58
34	+26 55	+101 25	Monclova . . . . .	.. ..	22 1 42,5	28,3	0,402	20	49
35	+25 40	+100 20	Monterrey . . . . .	.. ..	22 4 59,8	32,0	0,438	20	50
36	+19 40	+101 11	Morelia . . . . .	.. ..	22 9 13,8	46,1	0,568	23	52
37	+31 20	+111 0	Nogales . . . . .	.. ..	21 34 42,5	15,0	0,258	26	35
38	+27 30	+ 99 30	Nuevo Laredo . . .	.. ..	22 4 21,6	28,6	0,405	18	50
39	+17 5	+ 96 41	Oaxaca . . . . .	.. ..	22 18 7,1	58,3	0,673	20	57
40	+18 51	+ 97 8	Orizaba . . . . .	.. ..	22 16 14,1	52,7	0,625	19	56
41	+20 10	+ 98 44	Pachuca . . . . .	.. ..	22 12 50,6	47,3	0,578	20	54
42	+18 48	+ 96 12	Piedras Negras . .	.. ..	22 17 32,6	53,9	0,636	18	56

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Mexique

n°	1 <sup>er</sup> contact					2 <sup>e</sup> contact					3 <sup>e</sup> contact					4 <sup>e</sup> contact				
	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z
	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o
1	20	41	56,1	252	212	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	29	6,5	109	41	
2	20	38	5,2	245	211	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	18	36,9	119	57	
3	21	2	0,4	252	201	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
4	20	41	11,0	247	210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	22	44,7	115	52	
5	21	5	33,3	255	201	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
6	21	5	4,1	251	200	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
7	20	33	30,5	234	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	57	8,8	133	82	
8	20	43	14,6	251	211	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	28	34,9	110	42	
9	20	35	36,1	230	206	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	47	47,8	138	91	
10	20	48	44,6	245	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	22	49,0	116	53	
11	20	46	27,9	243	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	18	50,7	119	58	
12	20	54	44,9	252	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	31	41,3	107	37	
13	20	32	54,2	248	215	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	21	29,1	115	52	
14	20	38	18,1	238	208	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	7	42,5	127	71	
15	20	44	19,1	249	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	26	50,5	112	45	
16	20	26	22,8	240	216	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	4	32,1	127	73	
17	20	33	18,5	241	212	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	10	54,1	124	67	
18	20	6	3,4	231	225	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	23	46,1	145	108	
19	20	34	40,9	246	213	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	19	27,1	117	55	
20	20	40	14,8	246	210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	21	24,8	116	54	
21	20	19	9,0	235	218	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	49	24,7	135	87	
22	20	20	27,9	233	217	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	45	35,5	137	91	
23	20	39	29,6	246	211	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	21	43,1	116	53	
24	20	57	51,2	254	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	33	6,2	105	35	
25	20	16	47,5	241	223	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	0	41,7	128	75	
26	20	39	14,5	246	211	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	20	36,3	117	55	
27	20	22	31,0	238	218	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	59	9,3	130	78	
28	20	50	48,2	240	202	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	16	29,1	122	62	
29	20	27	46,0	242	216	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	9	56,2	124	67	
30	21	3	23,0	250	200	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
31	20	11	15,7	229	221	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	24	19,1	146	109	
32	20	44	41,0	249	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	26	13,6	112	47	
33	20	54	29,3	252	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	31	50,4	107	37	
34	20	43	18,4	237	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	9	11,0	126	70	
35	20	44	55,7	239	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	13	27,3	123	65	
36	20	39	49,5	248	211	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	23	44,8	114	50	
37	20	23	7,0	230	214	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	39	15,2	141	97	
38	20	47	42,9	237	202	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	10	27,7	126	69	
39	20	49	45,9	253	208	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	31	28,8	107	37	
40	20	49	9,8	250	207	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	28	51,0	110	43	
41	20	45	57,8	248	208	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	25	29,3	113	48	
42	20	51	10,5	251	206	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	29	38,9	109	41	

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Mexique

n°	Position				Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse							
	Latitude		Longitude				UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>			
	°	'	°	'		m	s	h	m	s	%	°	°	
1	+20	34	+ 97	26	Poza Rica .....	..	..	22	14	26,6	47,6	0,581	19	55
2	+19	3	+ 98	10	Puebla .....	..	..	22	14	35,6	51,0	0,610	20	55
3	+20	38	+100	23	Queretaro .....	..	..	22	9	47,5	44,3	0,552	22	53
4	+26	5	+ 98	18	Reynosa .....	..	..	22	7	51,2	32,8	0,446	17	52
5	+20	34	+101	12	Salamanca .....	..	..	22	8	26,5	43,7	0,546	23	52
6	+25	30	+101	0	Saltillo .....	..	..	22	4	0,9	31,8	0,436	20	50
7	+22	10	+101	0	San Luis Potosi .....	..	..	22	7	21,4	39,8	0,511	22	51
8	+20	56	+100	48	San Miguel De Allende .....	..	..	22	8	49,2	43,1	0,541	22	52
9	+22	18	+ 97	52	Tampico .....	..	..	22	12	17,5	42,5	0,536	19	54
10	+14	54	+ 92	15	Tapuchula .....	..	..	22	24	40,3	70,5	0,775	16	60
11	+21	30	+104	51	Tepic .....	..	..	22	0	32,3	38,0	0,495	26	48
12	+32	29	+117	10	Tijuana .....	..	..	21	15	3,5	12,2	0,225	30	24
13	+19	20	+ 98	12	Tlaxcala .....	..	..	22	14	19,4	50,1	0,603	20	55
14	+19	20	+ 99	40	Toluca .....	..	..	22	12	3,0	48,6	0,589	22	54
15	+25	34	+103	25	Torreón .....	..	..	21	59	23,8	29,7	0,415	23	47
16	+16	45	+ 93	9	Tuxtla Gutierrez .....	..	..	22	22	38,0	63,7	0,718	16	59
17	+19	26	+102	4	Uruapan .....	..	..	22	7	50,4	45,9	0,565	24	52
18	+19	11	+ 96	10	Veracruz .....	..	..	22	17	17,9	52,8	0,626	18	56
19	+18	0	+ 92	53	Villahermosa .....	..	..	22	22	5,7	60,2	0,689	15	59
20	+22	48	+102	33	Zacatecas .....	..	..	22	3	55,6	36,8	0,483	23	50

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Nicaragua

n°	Position				Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse							
	Latitude		Longitude				UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>			
	°	'	°	'		m	s	h	m	s	%	°	°	
1	+14	43	+ 83	51	Bilwascarma .....	..	..	22	31	10,5	82,4	0,874	7	64
2	+12	0	+ 83	49	Bluefields .....	..	..	22	32	22,6	90,8	0,947	8	64
3	+12	35	+ 87	10	Chinandega .....	..	..	22	30	6,8	84,8	0,893	11	63
4	+11	58	+ 85	59	Granada .....	..	..	22	31	8,7	88,3	0,923	10	63
5	+13	56	+ 86	11	Jalapa .....	..	..	22	30	10,4	81,8	0,868	10	63
6	+13	5	+ 85	59	Jinotega .....	..	..	22	30	41,2	84,8	0,893	10	63
7	+11	50	+ 86	10	Jinotepe .....	..	..	22	31	4,8	88,5	0,924	11	63
8	+12	12	+ 85	10	La Libertad .....	..	..	22	31	33,1	88,6	0,926	9	64
9	+12	24	+ 86	52	Leon .....	..	..	22	30	23,7	85,7	0,901	11	63
10	+12	6	+ 86	18	Managua .....	..	..	22	30	53,5	87,5	0,915	11	63
11	+11	59	+ 86	3	Masaya .....	..	..	22	31	5,8	88,1	0,921	10	63
12	+12	52	+ 85	58	Matagalpa .....	..	..	22	30	47,4	85,5	0,899	10	63
13	+13	19	+ 83	35	Prinza Polca .....	..	..	22	31	57,7	87,2	0,914	7	64
14	+10	58	+ 83	40	San Juan Del Norte .....	3	13,4	22	32	49,5	91,4	0,976	8	64

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Mexique

n°	1 <sup>er</sup> contact					2 <sup>e</sup> contact					3 <sup>e</sup> contact					4 <sup>e</sup> contact				
	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z
	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o
1	20	48	59,9	248	206	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	26	4,3	113	48
2	20	46	53,6	250	208	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	27	41,5	111	44
3	20	42	15,1	247	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	23	2,3	115	51
4	20	49	22,9	239	202	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	15	4,3	123	64
5	20	40	12,1	247	210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	22	14,2	116	52
6	20	43	21,2	239	206	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	12	56,4	124	66
7	20	41	29,6	244	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	19	38,0	118	56
8	20	41	22,2	246	210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	22	3,9	116	53
9	20	48	39,9	245	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	22	48,7	116	53
10	20	58	50,6	258	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	36	12,1	100	26
11	20	31	0,1	245	215	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	15	48,7	120	60
12	20	5	15,0	230	225	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	22	20	25,4	146	111
13	20	46	54,3	249	208	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	27	15,0	112	45
14	20	43	27,3	249	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	25	51,8	113	47
15	20	37	40,9	239	209	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	9	21,2	126	69
16	20	57	7,2	255	205	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	34	1,2	104	32
17	20	37	25,2	248	213	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	23	7,3	114	50
18	20	51	19,9	250	206	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	29	9,0	110	42
19	20	57	42,8	253	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	32	46,4	106	35
20	20	38	0,5	243	210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	23	16	27,9	120	60

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
Nicaragua

n°	1 <sup>er</sup> contact					2 <sup>e</sup> contact					3 <sup>e</sup> contact					4 <sup>e</sup> contact				
	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z	UT			P	Z
	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o	h	m	s	o	o
1	21	12	38,3	263	202	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	21	13	31,3	267	203	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	21	8	13,6	264	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	21	10	16,9	266	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5	21	9	28,1	262	203	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6	21	9	59,0	264	203	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
7	21	10	1,8	266	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	21	11	28,4	266	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
9	21	8	45,5	264	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	21	9	44,7	265	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	21	10	10,4	265	204	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
12	21	10	3,9	264	203	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13	21	13	25,2	265	203	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14	21	14	6,1	268	204	22	31	12,8	263	189	22	34	26,2	93	18	...	...	...	...	...

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**Panama**

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse									
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>					
	o	'	o	'	m	s	h	m	s	%	o	o		
1	+ 8	16	+ 80	31	Aguadulce . . . . .	..	..	22	34	55,9	81,8	0,869	6	65
2	+ 9	15	+ 78	5	Ailigandi . . . . .	..	..	22	35	26,3	81,5	0,866	4	66
3	+ 9	20	+ 82	22	Almirante . . . . .	..	..	22	33	56,1	88,0	0,920	8	65
4	+ 7	59	+ 80	25	Chitre . . . . .	..	..	22	35	1,6	80,7	0,860	6	65
5	+ 9	21	+ 79	54	Colon . . . . .	..	..	22	34	52,9	84,5	0,891	5	65
6	+ 8	31	+ 82	39	Concepcion . . . . .	..	..	22	34	0,8	85,7	0,901	8	65
7	+ 8	26	+ 82	26	David . . . . .	..	..	22	34	7,8	85,2	0,896	8	65
8	+ 7	31	+ 78	8	Jaque . . . . .	..	..	22	35	48,5	75,8	0,819	4	66
9	+ 8	51	+ 79	46	La Chorrera . . . . .	..	..	22	35	3,0	82,6	0,876	5	65
10	+ 8	57	+ 79	30	Panama . . . . .	..	..	22	35	6,7	82,6	0,875	5	65
11	+ 9	33	+ 79	37	Portobello . . . . .	..	..	22	34	55,2	84,7	0,893	5	65
12	+ 8	19	+ 82	51	Puerto Armuelles . . . . .	..	..	22	33	58,1	85,4	0,898	9	65
13	+ 8	27	+ 78	51	San Miguel . . . . .	..	..	22	35	25,4	80,0	0,854	5	66
14	+ 8	8	+ 80	59	Santiago . . . . .	..	..	22	34	47,4	82,1	0,871	7	65

**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**Salvador**

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse									
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>					
	o	'	o	'	m	s	h	m	s	%	o	o		
1	+14	4	+ 88	53	Chalatenango . . . . .	..	..	22	28	9,3	77,7	0,834	13	62
2	+14	0	+ 89	41	Chalcuapa . . . . .	..	..	22	27	31,6	76,8	0,827	13	61
3	+13	42	+ 88	58	Cojutepeque . . . . .	..	..	22	28	15,9	78,7	0,843	13	62
4	+14	20	+ 89	10	La Palma . . . . .	..	..	22	27	47,5	76,4	0,824	13	62
5	+13	40	+ 89	18	Nueva San Salvador . . . . .	..	..	22	28	0,5	78,4	0,840	13	62
6	+13	28	+ 88	10	San Miguel . . . . .	..	..	22	28	59,9	80,6	0,858	12	62
7	+13	40	+ 89	10	San Salvador . . . . .	..	..	22	28	7,1	78,6	0,841	13	62
8	+14	0	+ 89	31	Santa Ana . . . . .	..	..	22	27	40,1	77,0	0,829	13	62
9	+13	43	+ 89	44	Sonsonate . . . . .	..	..	22	27	37,4	77,6	0,834	14	62
10	+13	20	+ 88	25	Usulután . . . . .	..	..	22	28	52,1	80,6	0,859	12	62
11	+13	29	+ 88	51	Zacatecoluca . . . . .	..	..	22	28	27,6	79,6	0,850	13	62



**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**Pérou**

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse									
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>					
	°	'	°	'	m	s	h	m	s	%	°	°		
1	-16	25	+ 71	32	Arequipa.....	..	..	22	31	32,7	2,8	0,082	9	68
2	- 4	28	+ 77	35	Borja .....	..	..	22	35	35,9	36,4	0,480	9	67
3	- 3	55	+ 70	30	Caballocha....	..	..	22	36	27,6	29,1	0,410	2	67
4	-12	5	+ 77	8	Callao.....	..	..	22	32	59,6	15,5	0,265	12	68
5	-10	43	+ 76	15	Cerro De Pasco	..	..	22	33	48,1	17,8	0,292	10	68
6	- 6	47	+ 79	47	Chiclayo .....	..	..	22	34	20,9	32,5	0,442	12	68
7	- 9	4	+ 78	34	Chimbote.....	..	..	22	33	55,0	24,6	0,365	12	68
8	-13	32	+ 71	57	Cuzco.....	..	..	22	33	3,4	7,7	0,164	7	68
9	-12	5	+ 75	12	Huancayo .....	..	..	22	33	22,9	13,6	0,242	10	68
10	-14	2	+ 75	48	Ica.....	..	..	22	32	18,6	10,0	0,196	11	69
11	- 3	51	+ 73	13	Iquitos.....	..	..	22	36	23,8	32,7	0,445	4	67
12	-16	15	+ 69	30	Juli.....	..	..	22	31	42,1	1,9	0,063	7	68
13	- 6	36	+ 79	45	Lambayeque...	..	..	22	34	25,0	32,9	0,447	12	68
14	-12	6	+ 77	3	Lima.....	..	..	22	33	0,3	15,4	0,263	12	68
15	- 3	10	+ 71	46	Pebas.....	..	..	22	36	35,9	32,8	0,446	2	67
16	- 5	15	+ 80	38	Piura.....	..	..	22	34	30,3	38,1	0,495	12	67
17	- 8	21	+ 74	33	Pucallpa .....	..	..	22	35	0,2	21,9	0,336	7	67
18	- 2	18	+ 71	53	Puca Urco....	..	..	22	36	44,5	35,5	0,472	2	67
19	-15	53	+ 70	3	Puno.....	..	..	22	31	54,1	2,6	0,079	7	68
20	- 4	52	+ 80	39	Sullana.....	..	..	22	34	35,9	39,3	0,506	12	67
21	-18	0	+ 70	15	Tacna.....	..	..	22	30	40,2	0,5	0,026	8	68
22	- 6	31	+ 76	23	Tarapoto.....	..	..	22	35	18,3	29,0	0,409	8	67
23	- 8	6	+ 79	0	Trujillo.....	..	..	22	34	9,0	27,8	0,397	12	68
24	- 1	10	+ 73	55	Yabuyanos....	..	..	22	36	46,6	41,6	0,528	4	67
25	- 5	54	+ 76	7	Yurimaguas...	..	..	22	35	32,0	30,4	0,423	8	67



**CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS**  
**Venezuela**

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse							
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>a</i>			
	°	'	°	'	m	s	h	m	s	%	°	°
1	+ 9	35	+ 69	12	Acariagua.....	..	..	..	..	..	..	..
2	+10	8	+ 64	43	Barcelona.....	..	..	..	..	..	..	..
3	+10	3	+ 69	18	Barquisimeto.....	..	..	..	..	..	..	..
4	+10	26	+ 71	27	Cabimas.....	..	..	..	..	..	..	..
5	+10	35	+ 66	56	Caracas.....	..	..	..	..	..	..	..
6	+ 8	6	+ 63	36	Ciudad Bolivar.....	..	..	..	..	..	..	..
7	+ 8	22	+ 62	37	Ciudad Guayana.....	..	..	..	..	..	..	..
8	+10	12	+ 71	17	Ciudad Ojeda.....	..	..	..	..	..	..	..
9	+11	27	+ 69	41	Coro.....	..	..	..	..	..	..	..
10	+10	29	+ 64	12	Cumana.....	..	..	..	..	..	..	..
11	+ 8	44	+ 64	18	El Tigre.....	..	..	..	..	..	..	..
12	+10	7	+ 71	16	Lagunillas.....	..	..	..	..	..	..	..
13	+ 6	53	+ 63	22	La Paragua.....	..	..	..	..	..	..	..
14	+10	25	+ 67	1	Los Teques.....	..	..	..	..	..	..	..
15	+10	38	+ 66	59	Maiquetia.....	..	..	..	..	..	..	..
16	+10	44	+ 71	37	Maracaibo.....	..	..	..	..	..	..	..
17	+10	20	+ 67	28	Maracay.....	..	..	..	..	..	..	..
18	+ 9	45	+ 63	10	Maturin.....	..	..	..	..	..	..	..
19	+ 8	24	+ 71	8	Merida.....	..	..	..	..	..	..	..
20	+10	29	+ 68	2	Puerto Cabello.....	..	..	..	..	..	..	..
21	+10	14	+ 64	40	Puerto La Cruz.....	..	..	..	..	..	..	..
22	+ 6	14	+ 67	26	Puerto Paez.....	..	..	..	..	..	..	..
23	+11	50	+ 70	16	Punto Fijo.....	..	..	..	..	..	..	..
24	+ 7	48	+ 72	28	San Antonio.....	..	..	..	..	..	..	..
25	+ 7	46	+ 72	15	San Cristobal.....	..	..	..	..	..	..	..
26	+ 4	3	+ 67	45	San Fernando De Atabapo.....	..	..	..	..	..	..	..
27	+ 4	37	+ 61	7	Santa Elena De Uairen ...	..	..	..	..	..	..	..
28	+ 9	2	+ 62	4	Tucupita.....	..	..	..	..	..	..	..
29	+10	14	+ 67	59	Valencia.....	..	..	..	..	..	..	..
30	+ 9	21	+ 70	38	Valera.....	..	..	..	..	..	..	..

