Institut de Mécanique Céleste et de Calcul d'Éphémérides
Observatoire de Paris — Bureau Des Longitudes
UMR 8028 du CNRS

CALCUL DES CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE PARTIELLE DE SOLEIL

DU 14 OCTOBRE 2004

le : 7 mai 2002

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 de l'I.M.C.C.E. : ftp.bdl.fr
dans le répertoire /pub/ephem/eclipses/oct2004 ; dans le fichier oct2004.general.Texte.ps

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT

Information

La présente note contient les prédictions pour l'éclipse annulaire du 31 mai 2003.

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 recommande 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'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'obscuration* 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 $-90°$ à $+90°$. 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°, ouest = 90°, nord = 180°, est = 270°).

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 ΔT_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'obscuration (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'obscuration (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. Dans ce document, on donne uniquement les circonstances locales pour les plus grandes villes des pays. Les circonstances locales pour toutes les villes comprisent dans les bandes de centralit se trouvent dans des documents spécifiques, ces documents pouvant être très volumineux en fonction de la densité de l'urbanisation.

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 ΔT_e. Les prévisions étant parfois faites de nombreuses années à l'avance, il arrive que la valeur réelle de cet écart ΔT_r différe 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 phénoménes doivent être corrigées de $\delta\lambda = -1,002\,738 \times \delta t$ (λ et δt 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 λ (positive à l'ouest et négative à l'est du méridien de Greenwich), sa latitude φ 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 :

$$u_e = z \cdot \tan f_e + k \cdot \text{séc}\, f_e,$$
$$u_i = z \cdot \tan f_i + k \cdot \text{séc}\, f_i,$$

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

Les coordonnées ξ, η, ζ du lieu d'observation dans le système $Oxyz$ sont :

$$\xi = \rho \cdot \cos\varphi' \cdot \sin(H - \lambda),$$
$$\eta = \rho \cdot \sin\varphi' \cdot \cos d - \rho \cdot \cos\varphi' \cdot \sin d \cdot \cos(H - \lambda),$$
$$\zeta = \rho \cdot \sin\varphi' \cdot \sin d + \rho \cdot \cos\varphi' \cdot \cos d \cdot \cos(H - \lambda),$$

avec :

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

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 $\dot{\xi}, \dot{n}, \dot{\zeta}$ 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,

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

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 :

$$l_e = u_e - \zeta \cdot \tan f_e,$$
$$l_i = u_i - \zeta \cdot \tan f_i.$$

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 :

$$U = x - \xi, \qquad \dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi},$$
$$V = y - \eta, \qquad \dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}.$$

— 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 τ_m donnée par :

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

On doit réitérer 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 :

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

avec $l = l_e$ ou $l = l_i$ et θ étant du signe de β.

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 :

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

et :

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

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 Γ l'angle parallactique défini d'une façon approchée par :

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

$\sin \Gamma$ étant du signe de ξ.

ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 14 OCTOBRE 2004

Instants en UT.	Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes du Soleil		Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes de la Lune		Écart en ascension droite
	ascension droite	déclinaison	ascension droite	déclinaison	Lune − Soleil
h	h m s	° ′ ″	h m s	° ′ ″	h m s
0	13 17 32,7671	− 8 11 24,0569	13 13 42,5511	− 6 33 22,5458	− 0 3 50,2159
1	13 17 42,0484	− 8 12 19,8394	13 15 46,4064	− 6 49 14,5697	− 0 1 55,6420
2	13 17 51,3307	− 8 13 15,6101	13 17 50,5058	− 7 5 5,4460	− 0 0 0,8249
3	13 18 0,6139	− 8 14 11,3688	13 19 54,8538	− 7 20 55,0825	+ 0 1 54,2399
4	13 18 9,8981	− 8 15 7,1155	13 21 59,4551	− 7 36 43,3861	+ 0 3 49,5570
5	13 18 19,1832	− 8 16 2,8502	13 24 4,3143	− 7 52 30,2630	+ 0 5 45,1311
6	13 18 28,4693	− 8 16 58,5729	13 26 9,4359	− 8 8 15,6191	+ 0 7 40,9666
7	13 18 37,7564	− 8 17 54,2835	13 28 14,8244	− 8 23 59,3593	+ 0 9 37,0680
8	13 18 47,0444	− 8 18 49,9820	13 30 20,4844	− 8 39 41,3880	+ 0 11 33,4400
9	13 18 56,3333	− 8 19 45,6684	13 32 26,4203	− 8 55 21,6089	+ 0 13 30,0870
10	13 19 5,6233	− 8 20 41,3426	13 34 32,6366	− 9 10 59,9251	+ 0 15 27,0133
11	13 19 14,9141	− 8 21 37,0046	13 36 39,1378	− 9 26 36,2392	+ 0 17 24,2236
12	13 19 24,2060	− 8 22 32,6544	13 38 45,9281	− 9 42 10,4530	+ 0 19 21,7222
13	13 19 33,4988	− 8 23 28,2920	13 40 53,0122	− 9 57 42,4676	+ 0 21 19,5134
14	13 19 42,7925	− 8 24 23,9173	13 43 0,3941	−10 13 12,1838	+ 0 23 17,6016
15	13 19 52,0873	− 8 25 19,5302	13 45 8,0784	−10 28 39,5014	+ 0 25 15,9911
16	13 20 1,3830	− 8 26 15,1309	13 47 16,0692	−10 44 4,3199	+ 0 27 14,6862
17	13 20 10,6796	− 8 27 10,7192	13 49 24,3707	−10 59 26,5382	+ 0 29 13,6911
18	13 20 19,9773	− 8 28 6,2951	13 51 32,9872	−11 14 46,0542	+ 0 31 13,0099
19	13 20 29,2759	− 8 29 1,8585	13 53 41,9228	−11 30 2,7658	+ 0 33 12,6469
20	13 20 38,5754	− 8 29 57,4095	13 55 51,1816	−11 45 16,5699	+ 0 35 12,6062
21	13 20 47,8760	− 8 30 52,9481	13 58 0,7676	−12 0 27,3630	+ 0 37 12,8916
22	13 20 57,1775	− 8 31 48,4741	14 0 10,6849	−12 15 35,0410	+ 0 39 13,5074
23	13 21 6,4799	− 8 32 43,9876	14 2 20,9373	−12 30 39,4992	+ 0 41 14,4574

ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 15 OCTOBRE 2004

Instants en UT.	Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes du Soleil		Coordonnées équatoriales géocentriques apparentes de la Lune		Écart en ascension droite
	ascension droite	déclinaison	ascension droite	déclinaison	Lune − Soleil
h	h m s	° ′ ″	h m s	° ′ ″	h m s
0	13 21 15,7834	− 8 33 39,4885	14 4 31,5288	−12 45 40,6325	+ 0 43 15,7454
1	13 21 25,0878	− 8 34 34,9768	14 6 42,4632	−13 0 38,3353	+ 0 45 17,3754
2	13 21 34,3932	− 8 35 30,4525	14 8 53,7443	−13 15 32,5011	+ 0 47 19,3511
3	13 21 43,6996	− 8 36 25,9156	14 11 5,3758	−13 30 23,0234	+ 0 49 21,6762
4	13 21 53,0070	− 8 37 21,3659	14 13 17,3613	−13 45 9,7950	+ 0 51 24,3543
5	13 22 2,3153	− 8 38 16,8036	14 15 29,7043	−13 59 52,7080	+ 0 53 27,3890
6	13 22 11,6246	− 8 39 12,2285	14 17 42,4084	−14 14 31,6545	+ 0 55 30,7838
7	13 22 20,9349	− 8 40 7,6406	14 19 55,4770	−14 29 6,5257	+ 0 57 34,5421
8	13 22 30,2462	− 8 41 3,0399	14 22 8,9135	−14 43 37,2126	+ 0 59 38,6673
9	13 22 39,5584	− 8 41 58,4264	14 24 22,7210	−14 58 3,6058	+ 1 1 43,1626
10	13 22 48,8717	− 8 42 53,8000	14 26 36,9029	−15 12 25,5954	+ 1 3 48,0312
11	13 22 58,1859	− 8 43 49,1607	14 28 51,4621	−15 26 43,0711	+ 1 5 53,2761
12	13 23 7,5011	− 8 44 44,5085	14 31 6,4016	−15 40 55,9224	+ 1 7 58,9005
13	13 23 16,8173	− 8 45 39,8434	14 33 21,7244	−15 55 4,0382	+ 1 10 4,9071
14	13 23 26,1345	− 8 46 35,1652	14 35 37,4334	−16 9 7,3074	+ 1 12 11,2988
15	13 23 35,4527	− 8 47 30,4741	14 37 53,5311	−16 23 5,6182	+ 1 14 18,0783
16	13 23 44,7719	− 8 48 25,7699	14 40 10,0202	−16 36 58,8588	+ 1 16 25,2483
17	13 23 54,0920	− 8 49 21,0527	14 42 26,9032	−16 50 46,9171	+ 1 18 32,8111
18	13 24 3,4132	− 8 50 16,3223	14 44 44,1825	−17 4 29,6807	+ 1 20 40,7693
19	13 24 12,7353	− 8 51 11,5789	14 47 1,8603	−17 18 7,0368	+ 1 22 49,1250
20	13 24 22,0585	− 8 52 6,8222	14 49 19,9389	−17 31 38,8728	+ 1 24 57,8804
21	13 24 31,3826	− 8 53 2,0524	14 51 38,4203	−17 45 5,0756	+ 1 27 7,0376
22	13 24 40,7078	− 8 53 57,2694	14 53 57,3063	−17 58 25,5321	+ 1 29 16,5986
23	13 24 50,0339	− 8 54 52,4731	14 56 16,5988	−18 11 40,1290	+ 1 31 26,5649
24	13 24 59,3610	− 8 55 47,6635	14 58 36,2995	−18 24 48,7531	+ 1 33 36,9385

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 : $r_0 = 6\,378\,140\,\mathrm{m}$
– 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) : $\Delta T_e = 65,18\,\mathrm{s}$
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 le 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. Dans la théorie de la Lune le terme de marée a été modifié, cette modification est issue d'un ajustement avec les observations. Cette modification n'a aucune incidence dans le calcul des éclipses récentes mais elle est nécessaire pour le calcul des éclipses anciennes. Dans ce cas la valeur de la différence TE-TU est choisie en fonction de la modification effectuée. Pour ce calcul la valeur du TE-TU a été exceptionnellement forcée. 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 PARTIELLE DU 14 OCTOBRE 2004

Instant de la conjonction géocentrique en ascension droite
le 14 octobre 2004 à 2h 0m 25,836s UT.

Ascension droite du Soleil	: 13h 17m 51,397s.
Déclinaison du Soleil	: – 8° 13′ 16,01″.
Ascension droite de la Lune	: 13h 17m 51,397s.
Déclinaison de la Lune	: – 7° 5′ 12,27″.
Parallaxe équatoriale du Soleil	: 8,82″.
Parallaxe équatoriale de la Lune	: 58′ 24,89″.
Demi-diamètre vrai du Soleil	: 16′ 2,16″.
Demi-diamètre vrai de la Lune	: 15′ 55,01″.

CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE GÉNÉRALE

magnitude : 0,9287

	UT	Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale	: le 14 à 0h 54,6m	– 94° 3,6′	+68° 15,3′
Maximum de l'éclipse	: le 14 à 2h 59,3m	+153° 43,0′	+61° 23,8′
Fin de l'éclipse générale	: le 14 à 5h 4,3m	+171° 41,4′	+14° 15,1′

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 $t = (T - 0\text{h}) + \delta T/3600$, T est exprimé en heures et fraction d'heure. Ces équations ne sont valides que sur l'intervalle $0\text{h} < T < 6\text{h}$, ne pas les utiliser pour des valeurs extérieures à cet intervalle. δT représente la différence entre ΔT_r et ΔT_e, ΔT_e représente la différence estimée de TT−UT et ΔT_r la différence réelle de TT−UT.

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

$$
\begin{aligned}
x &= -0,982\,152\,58 + 0,489\,190\,94 \times t + 0,000\,078\,58 \times t^2 - 0,000\,007\,01 \times t^3 \\
y &= 1,682\,457\,17 - 0,256\,205\,38 \times t - 0,000\,040\,54 \times t^2 + 0,000\,003\,84 \times t^3 \\
\sin d &= -0,142\,527\,64 - 0,000\,256\,87 \times t + 0,000\,000\,04 \times t^2 \\
\cos d &= 0,989\,790\,82 - 0,000\,036\,99 \times t - 0,000\,000\,03 \times t^2 \\
H &= 183,487\,803\,37 + 15,003\,607\,41 \times t - 0,000\,001\,70 \times t^2 - 0,000\,000\,02 \times t^3 - 0,004\,178\,07\,\delta T \\
u_e &= 0,548\,502\,35 - 0,000\,044\,54 \times t - 0,000\,011\,64 \times t^2 \\
u_i &= -0,002\,106\,13 + 0,000\,044\,32 \times t + 0,000\,011\,58 \times t^2
\end{aligned}
$$

ÉLÉMENTS DE BESSEL (notation française)

Instant	Coordonnées de l'axe dans le plan fondamental		Direction de l'axe du cône d'ombre			Rayons des ombres dans le plan fondamental	
UT	x	y	$\sin d$	$\cos d$	H	u_e	u_i
h m					°		
0 0	−0,982 153	1,682 457	−0,142 528	0,989 791	183,487 80	0,548 502	−0,002 106
0 10	−0,900 619	1,639 755	−0,142 570	0,989 785	185,988 40	0,548 495	−0,002 098
0 20	−0,819 080	1,597 051	−0,142 613	0,989 778	188,489 01	0,548 486	−0,002 090
0 30	−0,737 538	1,554 345	−0,142 656	0,989 772	190,989 61	0,548 477	−0,002 081
0 40	−0,655 992	1,511 637	−0,142 699	0,989 766	193,490 21	0,548 467	−0,002 071
0 50	−0,574 443	1,468 927	−0,142 742	0,989 760	195,990 81	0,548 457	−0,002 061
1 0	−0,492 890	1,426 215	−0,142 784	0,989 754	198,491 41	0,548 446	−0,002 050
1 10	−0,411 334	1,383 502	−0,142 827	0,989 748	200,992 01	0,548 435	−0,002 039
1 20	−0,329 775	1,340 787	−0,142 870	0,989 741	203,492 61	0,548 422	−0,002 026
1 30	−0,248 213	1,298 071	−0,142 913	0,989 735	205,993 21	0,548 409	−0,002 014
1 40	−0,166 648	1,255 353	−0,142 956	0,989 729	208,493 81	0,548 396	−0,002 000
1 50	−0,085 082	1,212 635	−0,142 998	0,989 723	210,994 41	0,548 382	−0,001 986
2 0	−0,003 512	1,169 915	−0,143 041	0,989 717	213,495 01	0,548 367	−0,001 971
2 10	0,078 059	1,127 194	−0,143 084	0,989 711	215,995 61	0,548 351	−0,001 956
2 20	0,159 632	1,084 473	−0,143 127	0,989 704	218,496 21	0,548 335	−0,001 940
2 30	0,241 206	1,041 750	−0,143 170	0,989 698	220,996 81	0,548 318	−0,001 923
2 40	0,322 782	0,999 027	−0,143 212	0,989 692	223,497 41	0,548 301	−0,001 906
2 50	0,404 360	0,956 304	−0,143 255	0,989 686	225,998 01	0,548 283	−0,001 888
3 0	0,485 938	0,913 580	−0,143 298	0,989 680	228,498 61	0,548 264	−0,001 869
3 10	0,567 517	0,870 856	−0,143 341	0,989 673	230,999 21	0,548 245	−0,001 850
3 20	0,649 097	0,828 131	−0,143 383	0,989 667	233,499 81	0,548 224	−0,001 830
3 30	0,730 678	0,785 406	−0,143 426	0,989 661	236,000 41	0,548 204	−0,001 809
3 40	0,812 258	0,742 682	−0,143 469	0,989 655	238,501 01	0,548 182	−0,001 788
3 50	0,893 839	0,699 957	−0,143 512	0,989 649	241,001 61	0,548 160	−0,001 766
4 0	0,975 420	0,657 233	−0,143 555	0,989 642	243,502 20	0,548 138	−0,001 743
4 10	1,057 000	0,614 509	−0,143 597	0,989 636	246,002 80	0,548 114	−0,001 720
4 20	1,138 580	0,571 785	−0,143 640	0,989 630	248,503 40	0,548 091	−0,001 696
4 30	1,220 159	0,529 062	−0,143 683	0,989 624	251,004 00	0,548 066	−0,001 672
4 40	1,301 737	0,486 340	−0,143 726	0,989 618	253,504 60	0,548 041	−0,001 647
4 50	1,383 315	0,443 618	−0,143 768	0,989 611	256,005 20	0,548 015	−0,001 621
5 0	1,464 891	0,400 897	−0,143 811	0,989 605	258,505 80	0,547 988	−0,001 595
5 10	1,546 465	0,358 177	−0,143 854	0,989 599	261,006 39	0,547 961	−0,001 568
5 20	1,628 038	0,315 458	−0,143 897	0,989 593	263,506 99	0,547 933	−0,001 540
5 30	1,709 609	0,272 740	−0,143 939	0,989 587	266,007 59	0,547 905	−0,001 512
5 40	1,791 177	0,230 024	−0,143 982	0,989 580	268,508 19	0,547 876	−0,001 483
5 50	1,872 744	0,187 309	−0,144 025	0,989 574	271,008 78	0,547 846	−0,001 453
6 0	1,954 308	0,144 595	−0,144 068	0,989 568	273,509 38	0,547 815	−0,001 423

$$\tan f_e = +0,004\,688\,08$$
$$\tan f_i = -0,004\,664\,72$$
$$H' = +0,261\,862\,22\ \mathrm{rd/h}$$
$$d' = -0,000\,259\,39\ \mathrm{rd/h}$$

ÉLÉMENTS DE BESSEL (notation américaine)

Instant	Coordonnées de l'axe dans le plan fondamental		Direction de l'axe du cône d'ombre			Rayons des ombres dans le plan fondamental	
UT	x	y	$\sin d$	$\cos d$	μ	l_e	l_i
h m					°		
0 0	−0,982 153	1,682 457	−0,142 528	0,989 791	183,487 80	0,548 502	0,002 106
0 10	−0,900 619	1,639 755	−0,142 570	0,989 785	185,988 40	0,548 495	0,002 098
0 20	−0,819 080	1,597 051	−0,142 613	0,989 778	188,489 01	0,548 486	0,002 090
0 30	−0,737 538	1,554 345	−0,142 656	0,989 772	190,989 61	0,548 477	0,002 081
0 40	−0,655 992	1,511 637	−0,142 699	0,989 766	193,490 21	0,548 467	0,002 071
0 50	−0,574 443	1,468 927	−0,142 742	0,989 760	195,990 81	0,548 457	0,002 061
1 0	−0,492 890	1,426 215	−0,142 784	0,989 754	198,491 41	0,548 446	0,002 050
1 10	−0,411 334	1,383 502	−0,142 827	0,989 748	200,992 01	0,548 435	0,002 039
1 20	−0,329 775	1,340 787	−0,142 870	0,989 741	203,492 61	0,548 422	0,002 026
1 30	−0,248 213	1,298 071	−0,142 913	0,989 735	205,993 21	0,548 409	0,002 014
1 40	−0,166 648	1,255 353	−0,142 956	0,989 729	208,493 81	0,548 396	0,002 000
1 50	−0,085 082	1,212 635	−0,142 998	0,989 723	210,994 41	0,548 382	0,001 986
2 0	−0,003 512	1,169 915	−0,143 041	0,989 717	213,495 01	0,548 367	0,001 971
2 10	0,078 059	1,127 194	−0,143 084	0,989 711	215,995 61	0,548 351	0,001 956
2 20	0,159 632	1,084 473	−0,143 127	0,989 704	218,496 21	0,548 335	0,001 940
2 30	0,241 206	1,041 750	−0,143 170	0,989 698	220,996 81	0,548 318	0,001 923
2 40	0,322 782	0,999 027	−0,143 212	0,989 692	223,497 41	0,548 301	0,001 906
2 50	0,404 360	0,956 304	−0,143 255	0,989 686	225,998 01	0,548 283	0,001 888
3 0	0,485 938	0,913 580	−0,143 298	0,989 680	228,498 61	0,548 264	0,001 869
3 10	0,567 517	0,870 856	−0,143 341	0,989 673	230,999 21	0,548 245	0,001 850
3 20	0,649 097	0,828 131	−0,143 383	0,989 667	233,499 81	0,548 224	0,001 830
3 30	0,730 678	0,785 406	−0,143 426	0,989 661	236,000 41	0,548 204	0,001 809
3 40	0,812 258	0,742 682	−0,143 469	0,989 655	238,501 01	0,548 182	0,001 788
3 50	0,893 839	0,699 957	−0,143 512	0,989 649	241,001 61	0,548 160	0,001 766
4 0	0,975 420	0,657 233	−0,143 555	0,989 642	243,502 20	0,548 138	0,001 743
4 10	1,057 000	0,614 509	−0,143 597	0,989 636	246,002 80	0,548 114	0,001 720
4 20	1,138 580	0,571 785	−0,143 640	0,989 630	248,503 40	0,548 091	0,001 696
4 30	1,220 159	0,529 062	−0,143 683	0,989 624	251,004 00	0,548 066	0,001 672
4 40	1,301 737	0,486 340	−0,143 726	0,989 618	253,504 60	0,548 041	0,001 647
4 50	1,383 315	0,443 618	−0,143 768	0,989 611	256,005 20	0,548 015	0,001 621
5 0	1,464 891	0,400 897	−0,143 811	0,989 605	258,505 80	0,547 988	0,001 595
5 10	1,546 465	0,358 177	−0,143 854	0,989 599	261,006 39	0,547 961	0,001 568
5 20	1,628 038	0,315 458	−0,143 897	0,989 593	263,506 99	0,547 933	0,001 540
5 30	1,709 609	0,272 740	−0,143 939	0,989 587	266,007 59	0,547 905	0,001 512
5 40	1,791 177	0,230 024	−0,143 982	0,989 580	268,508 19	0,547 876	0,001 483
5 50	1,872 744	0,187 309	−0,144 025	0,989 574	271,008 78	0,547 846	0,001 453
6 0	1,954 308	0,144 595	−0,144 068	0,989 568	273,509 38	0,547 815	0,001 423

$$\tan f_1 = +0,004\,688\,08$$
$$\tan f_2 = +0,004\,664\,72$$
$$\mu' = +0,261\,862\,22 \text{ rd/h}$$
$$d' = -0,000\,259\,39 \text{ rd/h}$$

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

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

Les coordonnées de Sapporo sont les suivantes :

$$\varphi = 43^\circ \quad 5' \ 0,0'' \ \mathrm{N} \qquad \lambda = \ 9\,\mathrm{h} \ 25\,\mathrm{m} \ 24,0\,\mathrm{s} \ \mathrm{E} \qquad h = \ 0,0\,\mathrm{m}\ ,$$

ce qui donne $\rho \sin\varphi' = 0,679\,55$ et $\rho\cos\varphi' = 0,731\,50$.

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 :

	1er contact extérieur	Maximum	2e contact extérieur
t (UT.)	1 h30 m	2 h30 m	3 h30 m
H	205,993 21°	220,996 81°	236,000 41°
$\sin d$	−0,142 91	−0,143 17	−0,143 43
$\cos d$	0,989 74	0,989 70	0,989 66
x	−0,248 21	0,241 21	0,730 68
ξ	−0,160 28	0,029 95	0,218 15
$U = x - \xi$	−0,087 93	0,211 25	0,512 53
y	1,298 07	1,041 75	0,785 41
η	0,774 58	0,777 19	0,772 67
$V = y - \eta$	0,523 49	0,264 56	0,012 74
$\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$	0,302 48	0,298 06	0,306 65
$\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$	−0,262 30	−0,255 21	−0,248 15
l_e	0,545 55	0,545 38	0,545 42
β	−1,022 55	−0,029 57	0,989 67
γ	−0,098 88		−0,222 56
$\theta = \pm\sqrt{\beta^2 - \gamma}$	−1,069 81		1,096 36
$\tau = -\beta + \theta$	−0,047 26 h		0,106 69 h
$\tau_m = -\beta$		0,029 57 h	
$t + \tau$	1 h 27 m 9,9 s		3 h 36 m 24,1 s
$t + \tau_m$		2 h 31 m 46,5 s	

Deuxième approximation :

	1^{er} contact extérieur	Maximum	2^{e} contact extérieur
t (UT.)	1 h 27 m 9,9 s	2 h 31 m 46,5 s	3 h 36 m 24,1 s
H	205,284 20°	221,440 47°	237,601 13°
$\sin d$	−0,142 90	−0,143 18	−0,143 45
$\cos d$	0,989 74	0,989 70	0,989 66
x	−0,271 34	0,255 68	0,782 90
ξ	−0,169 10	0,035 61	0,237 56
$U = x - \xi$	−0,102 24	0,220 07	0,545 34
y	1,310 18	1,034 17	0,758 06
η	0,774 28	0,777 16	0,771 77
$V = y - \eta$	0,535 90	0,257 01	−0,013 71
$\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$	0,303 01	0,298 13	0,308 31
$\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$	−0,262 63	−0,255 00	−0,247 42
l_e	0,545 57	0,545 38	0,545 44
β	−1,068 01	0,000 46	1,097 60
γ	0,000 03		0,000 50
$\theta = \pm\sqrt{\beta^2 - \gamma}$	−1,067 99		1,097 37
$\tau = -\beta + \theta$	0,000 01 h		−0,000 23 h
$\tau_m = -\beta$		−0,000 46 h	
$t + \tau$	1 h 27 m 9,9 s		3 h 36 m 23,3 s
$t + \tau_m$		2 h 31 m 44,8 s	
g		0,380 4	
P	349,2°		91,4°
Γ	347,7°		17,1°
$Z = P - \Gamma$	1,5°		74,3°

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Chine

n°	Position: Latitude	Position: Longitude	Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse: UT	Obs.	*g*	*h*	*a*
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+46 37	−124 59	Anda	·· ···	2 5 42,8	10,2	0,198	32	336
2	+41 5	−122 58	Anshan	·· ···	2 8 1,8	1,6	0,055	37	333
3	+45 37	−122 48	Baicheng...	·· ···	2 3 42,0	6,6	0,147	32	333
4	+43 50	−125 20	Changchun.	·· ···	2 8 35,0	6,7	0,148	35	337
5	+42 17	−118 56	Chifeng	·· ···	2 1 17,7	0,3	0,020	34	327
6	+45 45	−126 41	Harbin.....	·· ···	2 8 37,7	10,8	0,205	34	339
7	+47 36	−130 30	Hegang	·· ···	2 11 55,4	18,2	0,293	33	345
8	+46 59	−130 29	Jiamusi	·· ···	2 12 27,7	17,2	0,282	34	345
9	+41 16	−123 12	Liaoyang...	·· ···	2 8 10,2	1,9	0,063	37	333
10	+49 36	−117 28	Manzhouli .	·· ···	1 54 59,3	7,5	0,160	26	326
11	+41 50	−123 26	Shenyang ..	·· ···	2 7 55,2	2,6	0,078	36	334
12	+43 15	−124 25	Siping......	·· ···	2 7 53,5	5,1	0,122	35	335
13	+44 25	−131 6	Suifenhe ...	·· ···	2 15 50,9	14,1	0,246	36	346
14	+43 37	−122 15	Tongliao ...	·· ···	2 4 37,3	3,6	0,098	34	332
15	+44 35	−127 30	Xiangyang .	·· ···	2 10 47,5	10,0	0,195	35	340
16	+42 52	−129 32	Yanji.......	·· ···	2 15 23,0	9,9	0,194	38	344
17	+40 40	−122 17	Yingkou....	·· ···	2 7 29,3	0,8	0,036	37	332

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Corée du Nord

n°	Position: Latitude	Position: Longitude	Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse: UT	Obs.	*g*	*h*	*a*
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+39 36	−125 42	Anju	·· ···	2 13 39,5	2,1	0,069	40	337
2	+38 51	−125 10	Chinnamp'O	·· ···	2 13 46,7	1,1	0,045	40	337
3	+41 50	−129 55	Ch'Ongjin ..	·· ···	2 17 7,2	9,0	0,181	39	344
4	+38 4	−125 40	Haeju	·· ···	2 15 31,2	0,8	0,037	41	337
5	+39 54	−127 35	Hamhung...	·· ···	2 16 4,4	4,1	0,106	40	341
6	+39 49	−127 40	Hungnam...	·· ···	2 16 18,0	4,1	0,106	40	341
7	+37 59	−126 30	Kaesong	·· ···	2 16 53,8	1,3	0,049	41	339
8	+40 55	−129 21	Kilchu......	·· ···	2 17 24,6	7,1	0,154	39	343
9	+42 10	−130 20	Najin.......	·· ···	2 17 19,2	9,9	0,193	38	345
10	+41 44	−129 40	Nanam	·· ···	2 16 52,9	8,5	0,175	39	344
11	+39 0	−125 47	Pyongyang .	·· ···	2 14 30,9	1,7	0,058	40	338
12	+38 30	−125 45	Sariwon	·· ···	2 15 5,5	1,2	0,047	41	338
13	+40 0	−128 13	Sinp'O	·· ···	2 16 53,0	4,8	0,118	40	342
14	+40 4	−124 25	Sinuiju	·· ···	2 11 13,6	1,6	0,057	39	335
15	+40 50	−129 5	Songjin.....	·· ···	2 17 7,4	6,7	0,148	39	343
16	+42 19	−130 24	Unggi	·· ···	2 17 14,3	10,2	0,197	38	345
17	+39 7	−127 26	Wonsan	·· ···	2 16 50,1	3,1	0,088	41	340
18	+39 31	−127 18	Yonghung ..	·· ···	2 16 7,9	3,4	0,094	40	340

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Chine

n°	1er contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 19 1,0	3	27	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 53 29,8	76	83
2	1 41 24,7	22	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 34 55,4	60	75
3	1 22 48,5	8	34	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 45 29,4	71	82
4	1 26 48,1	9	33	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 51 11,6	72	80
5	1 45 26,3	29	56	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 17 8,8	52	73
6	1 20 41,1	2	26	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 57 37,1	77	82
7	1 16 15,4	354	15	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 8 42,3	84	84
8	1 17 27,2	355	16	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 8 33,4	84	83
9	1 39 53,7	20	46	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 36 46,7	62	75
10	1 14 12,8	5	32	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 36 49,5	71	86
11	1 36 37,0	18	43	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 39 40,0	64	77
12	1 29 32,1	12	37	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 46 57,4	69	79
13	1 23 0,8	359	20	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 9 36,8	81	80
14	1 30 23,9	14	41	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 39 26,6	66	79
15	1 23 28,2	4	27	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 59 4,7	77	81
16	1 27 27,1	4	27	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 4 9,5	77	78
17	1 45 54,7	26	51	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 29 11,5	57	73

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Corée du Nord

n°	1er contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 43 39,1	20	44	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 43 59,7	63	73
2	1 49 19,4	25	48	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 38 24,1	59	72
3	1 30 19,4	6	28	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 4 40,8	76	77
4	1 53 3,4	26	49	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 38 5,5	58	70
5	1 39 11,4	15	38	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 53 27,8	68	74
6	1 39 25,9	15	38	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 53 40,1	68	74
7	1 50 58,1	24	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 43 0,6	60	70
8	1 33 37,1	9	31	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 1 52,6	74	75
9	1 29 8,1	5	26	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 6 17,6	77	77
10	1 30 45,9	7	29	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 3 45,0	76	77
11	1 46 45,3	22	46	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 42 31,8	62	72
12	1 49 51,8	24	48	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 40 30,1	60	71
13	1 38 0,9	13	36	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 56 18,1	70	74
14	1 43 53,2	22	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 38 50,4	61	74
15	1 34 6,4	10	32	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 0 48,2	73	75
16	1 28 40,5	4	26	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 6 36,1	78	77
17	1 42 52,7	18	41	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 51 11,9	66	73
18	1 41 15,2	17	40	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 51 27,1	67	74

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Corée du Sud

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	*g*	*h*	*a*
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+36 37	−128 44	Andong	·· ···	2 22 13,8	1,8	0,061	44	343
2	+35 10	−128 6	Chinju	·· ···	2 23 22,8	0,4	0,021	45	342
3	+35 50	−127 5	Chonju	·· ···	2 20 46,8	0,3	0,016	44	340
4	+37 56	−127 40	Ch'Unch'On	·· ···	2 18 44,5	2,1	0,068	42	341
5	+36 59	−127 53	Ch'Ungju . .	·· ···	2 20 23,1	1,5	0,053	43	342
6	+37 30	−126 38	Inch'On	·· ···	2 17 44,7	1,0	0,042	42	339
7	+35 57	−126 42	Kunsan	·· ···	2 20 0,4	0,2	0,012	44	340
8	+35 5	−129 2	Pusan	·· ···	2 24 59,6	0,8	0,037	45	344
9	+36 25	−128 8	Sangju	·· ···	2 21 35,0	1,2	0,047	44	342
10	+37 32	−127 0	Seoul	·· ···	2 18 15,7	1,3	0,049	42	340
11	+37 16	−126 59	Suwon	·· ···	2 18 36,0	1,1	0,043	42	340
12	+35 52	−128 36	Taegu	·· ···	2 23 7,3	1,1	0,044	44	343
13	+36 20	−127 26	Taejon	·· ···	2 20 36,5	0,7	0,033	44	341
14	+35 32	−129 21	Ulsan	·· ···	2 24 48,4	1,4	0,051	45	345

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Corée du Sud

	1^{er} contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
n°	UT	P	Z	UT	P	Z	UT	P	Z	UT	P	Z
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 53 9,1	23	44	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 51 31,1	63	68
2	2 5 50,8	31	51	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 40 54,0	55	65
3	2 5 27,8	32	53	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 36 3,2	53	65
4	1 48 21,1	21	43	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 49 24,8	64	71
5	1 53 14,4	24	45	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 47 42,9	61	69
6	1 53 42,5	26	48	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 41 54,8	59	69
7	2 6 56,1	34	54	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 33 0,4	52	65
8	2 2 6,4	28	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 47 56,7	59	65
9	1 56 4,0	25	46	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 47 14,2	60	68
10	1 52 21,1	24	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 44 20,8	61	70
11	1 54 8,2	25	48	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 43 12,0	60	69
12	1 58 11,1	26	46	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 48 10,5	60	67
13	1 59 11,1	28	49	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 42 5,5	58	67
14	1 57 57,2	25	45	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 51 48,1	61	66

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Japon

n°	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
	Latitude	Longitude			UT	Obs.	*g*	*h*	*a*
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+39 44	−140 5	Akita.......	·· ···	2 34 49,3	19,8	0,310	42	3
2	+43 46	−142 23	Asahikawa..	·· ···	2 32 15,6	29,1	0,406	38	5
3	+35 23	−138 42	Fuji San....	·· ···	2 39 43,6	11,7	0,217	46	3
4	+36 4	−136 12	Fukui.......	·· ···	2 34 42,5	9,2	0,184	46	358
5	+40 16	−141 20	Fukuoka....	·· ···	2 35 50,8	22,4	0,338	41	5
6	+37 44	−140 28	Fukushima .	·· ···	2 38 32,2	17,5	0,285	44	5
7	+35 27	−136 46	Gifu........	·· ···	2 36 36,3	9,2	0,183	46	359
8	+40 30	−141 30	Hachinohe..	·· ···	2 35 44,1	23,0	0,344	41	5
9	+41 46	−140 44	Hakodate...	·· ···	2 32 45,2	23,7	0,351	40	3
10	+34 42	−137 42	Hamamatsu	·· ···	2 39 19,8	9,5	0,187	47	1
11	+34 50	−134 40	Himeji......	·· ···	2 34 19,9	5,8	0,135	47	355
12	+40 34	−140 28	Hirosaki....	·· ···	2 34 7,6	21,5	0,329	41	3
13	+34 23	−132 27	Hiroshima..	·· ···	2 31 33,3	3,0	0,086	47	351
14	+39 18	−141 52	Kamaishi...	·· ···	2 38 7,6	21,8	0,332	42	7
15	+36 35	−136 38	Kanazawa..	·· ···	2 34 32,6	10,4	0,200	45	358
16	+35 32	−139 41	Kawasaki...	·· ···	2 40 59,7	13,3	0,236	46	5
17	+36 26	−139 18	Kiryu......	·· ···	2 38 53,5	14,0	0,244	45	4
18	+33 52	−130 49	Kita Kyushu	·· ···	2 29 47,0	1,2	0,046	47	348
19	+34 40	−135 12	Kobe.......	·· ···	2 35 27,1	6,3	0,141	47	356
20	+33 33	−133 32	Kochi......	·· ···	2 34 40,9	3,2	0,091	48	354
21	+37 23	−140 22	Koriyama...	·· ···	2 38 57,3	16,9	0,278	44	5
22	+32 50	−130 42	Kumamoto .	·· ···	2 31 18,7	0,4	0,024	48	348
23	+33 20	−130 29	Kurume....	·· ···	2 30 7,4	0,6	0,029	48	347
24	+42 58	−144 24	Kushiro....	·· ···	2 36 12,8	31,0	0,424	38	9
25	+35 2	−135 45	Kyoto......	·· ···	2 35 42,4	7,4	0,158	47	357
26	+35 30	−135 20	Maizuru....	·· ···	2 34 16,9	7,4	0,158	46	356
27	+35 29	−133 4	Matsue.....	·· ···	2 30 45,0	4,7	0,117	46	352
28	+36 18	−137 58	Matsumoto .	·· ···	2 37 3,7	11,9	0,219	45	1
29	+33 50	−132 47	Matsuyama .	·· ···	2 33 0,0	2,8	0,082	48	352
30	+36 22	−140 29	Mito.......	·· ···	2 40 49,0	15,6	0,264	45	6
31	+39 38	−141 59	Miyako.....	·· ···	2 37 46,6	22,5	0,339	42	7
32	+31 56	−131 27	Miyasaki...	·· ···	2 34 5,0	0,4	0,021	49	350
33	+39 43	−141 8	Morioka....	·· ···	2 36 23,7	21,3	0,327	42	5
34	+42 21	−140 59	Muroran....	·· ···	2 32 16,5	24,9	0,364	39	3
35	+36 39	−138 10	Nagano.....	·· ···	2 36 47,7	12,6	0,228	45	1
36	+37 27	−138 50	Nagaoka....	·· ···	2 36 31,2	14,7	0,253	44	2
37	+32 45	−129 52	Nagasaki...	·· ···	2 30 5,5	0,1	0,007	48	346
38	+35 8	−136 53	Nagoya.....	·· ···	2 37 19,0	8,9	0,180	47	360
39	+37 58	−139 2	Niigata.....	·· ···	2 35 59,9	15,7	0,265	44	2
40	+33 15	−131 36	Oita........	·· ···	2 32 4,4	1,3	0,049	48	350
41	+31 22	−130 57	Okasaki....	·· ···	2 34 15,2	0,0	0,001	50	349
42	+34 40	−133 54	Okayama...	·· ···	2 33 23,7	4,8	0,118	47	354

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Japon

	1er contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
n°	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 34 10,1	356	9	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 35 30,3	87	70
2	1 26 16,8	347	359	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 38 9,2	93	75
3	1 46 29,6	5	18	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 32 56,5	80	63
4	1 45 28,1	8	23	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 24 9,7	78	65
5	1 33 8,6	353	5	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 38 26,7	89	70
6	1 39 18,2	358	10	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 37 39,6	86	66
7	1 47 14,7	8	23	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 26 6,5	78	64
8	1 32 39,3	353	4	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 38 42,0	89	70
9	1 29 39,8	352	5	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 35 53,4	90	73
10	1 49 16,7	8	21	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 29 25,4	78	62
11	1 51 22,9	13	30	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 17 29,6	73	64
12	1 32 15,7	354	7	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 1,0	88	71
13	1 56 46,0	20	37	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 6 32,0	67	64
14	1 35 31,4	354	5	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 40 30,3	89	68
15	1 43 30,1	6	21	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 25 47,8	79	66
16	1 45 42,5	3	15	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 9,9	82	63
17	1 43 4,2	2	15	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 34 40,8	83	64
18	2 4 0,5	26	44	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 55 38,4	61	63
19	1 51 27,8	13	28	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 19 37,5	74	63
20	1 58 48,4	19	35	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 10 42,4	68	62
21	1 40 15,0	359	11	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 37 32,8	85	66
22	2 12 27,5	31	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 50 9,2	56	61
23	2 9 18,5	30	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 50 57,2	58	62
24	1 28 43,6	346	355	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 43 16,4	94	73
25	1 49 30,8	11	26	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 22 4,8	75	64
26	1 48 7,7	10	27	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 20 39,7	75	65
27	1 50 39,6	15	33	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 11 6,9	71	66
28	1 43 50,9	4	18	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 30 22,0	81	65
29	1 58 53,2	20	37	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 7 16,4	67	63
30	1 43 5,6	0	12	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 38 21,9	84	64
31	1 34 45,9	353	4	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 40 33,7	89	69
32	2 16 18,4	32	47	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 51 50,0	56	59
33	1 34 22,8	354	6	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 38 18,4	88	69
34	1 28 30,8	351	3	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 4,8	90	73
35	1 42 41,9	3	17	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 30 59,1	81	65
36	1 40 11,2	1	15	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 32 55,0	83	66
37	2 20 8,1	37	52	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 39 57,5	50	59
38	1 48 16,8	8	23	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 26 28,5	77	63
39	1 38 42,9	360	13	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 33 21,0	84	67
40	2 5 24,4	26	42	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 58 48,9	62	62
41	2 31 15,6	42	53	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 37 8,4	46	55
42	1 53 2,6	15	32	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 13 57,8	71	64

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Japon

	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
n°	Latitude	Longitude			UT	Obs.	g	h	a
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+34 40	−135 30	Osaka......	.. ...	2 35 55,5	6,6	0,147	47	357
2	+34 35	−135 28	Sakai.......	.. ...	2 36 0,8	6,5	0,145	47	357
3	+38 55	−139 51	Sakata.....	.. ...	2 35 43,9	18,2	0,293	43	3
4	+43 5	−141 21	Sapporo....	.. ...	2 31 45,8	26,5	0,380	39	4
5	+33 10	−129 42	Sasebo.....	.. ...	2 29 7,5	0,1	0,012	48	346
6	+33 59	−130 58	Shimonoseki	.. ...	2 29 50,0	1,4	0,051	47	348
7	+34 59	−138 24	Shizuoka...	.. ...	2 39 56,4	10,8	0,205	47	3
8	+36 47	−137 0	Takaoka....	.. ...	2 34 47,2	11,2	0,210	45	359
9	+34 3	−134 34	Tokushima.	.. ...	2 35 29,1	4,8	0,119	48	355
10	+35 40	−139 45	Tokyo......	.. ...	2 40 52,3	13,6	0,240	46	5
11	+36 33	−139 52	Utsunomiya	.. ...	2 39 34,0	15,0	0,256	45	5
12	+45 26	−141 43	Wakkanai..	.. ...	2 29 6,9	30,5	0,419	36	3
13	+35 28	−139 38	Yokohama.	.. ...	2 41 1,9	13,2	0,234	46	5
14	+39 20	−140 31	Yokote.....	.. ...	2 36 4,6	19,8	0,311	42	4

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Mongolie

	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
n°	Latitude	Longitude			UT	Obs.	g	h	a
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+48 2	−114 32	Choybalsan	.. ...	1 52 19,4	3,2	0,090	26	322
2	+49 30	−105 58	Darhan....	.. ...	1 43 7,5	0,5	0,027	20	312

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Etats-Unis

	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
n°	Latitude	Longitude			UT	Obs.	g	h	a
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+21 19	+157 50	Honolulu...	.. ...	.. ..	...	...	..	...

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Japon

	1^{er} contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
n°	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 51 9,3	12	28	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 20 52,3	74	63
2	1 51 30,9	12	28	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 20 40,9	74	63
3	1 36 11,0	357	10	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 35 18,1	86	68
4	1 27 9,9	349	2	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 23,3	91	74
5	2 16 0,2	35	51	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 42 10,8	52	60
6	2 2 44,7	25	43	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 57 1,4	62	63
7	1 47 55,9	6	19	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 31 56,5	80	62
8	1 42 41,7	5	20	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 27 4,5	80	66
9	1 54 48,0	15	31	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 16 20,5	71	63
10	1 45 17,0	2	15	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 20,5	82	63
11	1 42 38,0	1	13	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 24,5	83	64
12	1 23 1,2	346	358	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 35 17,4	94	78
13	1 45 55,7	3	15	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 1,3	82	63
14	1 35 12,2	356	8	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	3 36 54,5	87	69

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Mongolie

	1^{er} contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
n°	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 21 8,7	13	42	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 24 7,2	63	83
2	1 26 12,4	23	54	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	2 0 6,8	50	78

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Etats-Unis

	1^{er} contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
n°	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	3 13 58,2	327	261	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Russie

	Position		Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse				
n°	Latitude	Longitude			UT	Obs.	*g*	*h*	*a*
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	+53 43	− 91 25	Abakan	.. ...	1 32 59,8	0,2	0,012	9	298
2	+64 45	−177 29	Anadyr	.. ...	2 39 27,0	82,5	0,863	11	41
3	+52 31	−103 55	Angarsk..................	.. ...	1 41 26,0	2,8	0,082	17	310
4	+56 20	−101 50	Bratsk	.. ...	1 40 47,1	7,2	0,156	14	309
5	+52 3	−113 35	Chita	.. ...	1 50 14,9	8,1	0,169	23	322
6	+52 18	−104 15	Irkutsk...................	.. ...	1 41 41,1	2,6	0,079	18	311
7	+55 25	− 86 5	Kemerovo	.. ...	1 31 11,5	0,4	0,024	6	293
8	+48 32	−135 8	Khabarovsk	.. ...	2 16 57,0	25,7	0,372	33	352
9	+50 32	−136 59	Komsomolsk-sur-Amour ..	.. ...	2 17 21,4	31,3	0,427	31	354
10	+56 5	− 92 46	Krasnoyarsk..............	.. ...	1 34 56,9	2,8	0,083	9	300
11	+59 38	−150 50	Magadan.................	.. ...	2 24 8,8	59,3	0,675	22	11
12	+53 3	−158 43	Petropavlosk-Kamchatskiy	.. ...	2 40 1,0	62,7	0,703	26	25
13	+56 30	− 85 5	Tomsk	.. ...	1 31 27,5	1,2	0,048	5	292
14	+51 55	−107 40	Ulan-Ude	.. ...	1 44 38,7	3,9	0,103	20	315
15	+43 9	−131 53	Vladivostok	.. ...	2 18 21,3	13,2	0,235	38	347
16	+62 10	−129 50	Yakutsk..................	.. ...	2 3 39,3	40,4	0,512	19	344

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Russie

	1er contact			2^{e} contact			3^{e} contact			4^{e} contact		
n°	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*	UT	*P*	*Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	1 22 42,0	25	57	.. ..	...	...	.. ..	...	...	1 43 12,4	42	74
2	1 29 49,8	310	300	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 46 43,3	113	91
3	1 13 31,7	12	43	.. ..	...	...	.. ..	...	...	2 9 53,0	59	84
4	1 4 3,8	2	30	.. ..	...	...	.. ..	...	...	2 18 31,9	67	90
5	1 9 40,4	3	30	.. ..	...	...	.. ..	...	...	2 31 57,3	71	88
6	1 14 4,2	12	43	.. ..	...	...	.. ..	...	...	2 9 49,6	59	84
7	1 16 56,7	20	52	.. ..	...	...	.. ..	...	...	1 45 27,5	45	76
8	1 15 30,2	348	5	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 19 16,6	90	83
9	1 13 19,1	344	359	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 22 9,7	93	85
10	1 8 28,6	9	41	.. ..	...	...	.. ..	...	...	2 1 55,4	57	85
11	1 13 44,0	325	329	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 34 0,7	106	91
12	1 25 54,0	324	322	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 52 6,9	107	83
13	1 11 46,0	14	46	.. ..	...	...	.. ..	...	...	1 51 21,6	50	80
14	1 12 53,7	9	39	.. ..	...	...	.. ..	...	...	2 17 7,0	63	85
15	1 25 60,0	1	21	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 11 32,5	81	78
16	1 1 14,4	334	349	.. ..	...	...	.. ..	...	...	3 7 13,9	96	96