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 19 AVRIL 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/avril2004 ; dans le fichier avril2004.general.Texte.ps

©I.M.C.C.E — Observatoire de Paris, Paris 2002

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 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 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 19 AVRIL 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	1 48 52,1273	+11 12 59,4654	1 27 20,0584	+ 7 22 34,1632	− 0 21 32,0689
1	1 49 1,4454	+11 13 51,3118	1 29 12,4700	+ 7 36 33,3657	− 0 19 48,9755
2	1 49 10,7643	+11 14 43,1390	1 31 4,9324	+ 7 50 30,2337	− 0 18 5,8319
3	1 49 20,0838	+11 15 34,9468	1 32 57,4491	+ 8 4 24,7136	− 0 16 22,6348
4	1 49 29,4041	+11 16 26,7354	1 34 50,0236	+ 8 18 16,7521	− 0 14 39,3805
5	1 49 38,7251	+11 17 18,5047	1 36 42,6596	+ 8 32 6,2961	− 0 12 56,0656
6	1 49 48,0468	+11 18 10,2546	1 38 35,3603	+ 8 45 53,2924	− 0 11 12,6865
7	1 49 57,3693	+11 19 1,9851	1 40 28,1293	+ 8 59 37,6881	− 0 9 29,2400
8	1 50 6,6925	+11 19 53,6962	1 42 20,9700	+ 9 13 19,4303	− 0 7 45,7225
9	1 50 16,0164	+11 20 45,3879	1 44 13,8857	+ 9 26 58,4662	− 0 6 2,1307
10	1 50 25,3410	+11 21 37,0601	1 46 6,8798	+ 9 40 34,7430	− 0 4 18,4613
11	1 50 34,6664	+11 22 28,7129	1 47 59,9556	+ 9 54 8,2082	− 0 2 34,7108
12	1 50 43,9925	+11 23 20,3462	1 49 53,1164	+10 7 38,8094	− 0 0 50,8761
13	1 50 53,3194	+11 24 11,9599	1 51 46,3656	+10 21 6,4939	+ 0 0 53,0462
14	1 51 2,6469	+11 25 3,5541	1 53 39,7061	+10 34 31,2097	+ 0 2 37,0592
15	1 51 11,9752	+11 25 55,1287	1 55 33,1414	+10 47 52,9043	+ 0 4 21,1662
16	1 51 21,3043	+11 26 46,6837	1 57 26,6746	+11 1 11,5257	+ 0 6 5,3703
17	1 51 30,6340	+11 27 38,2191	1 59 20,3087	+11 14 27,0219	+ 0 7 49,6746
18	1 51 39,9645	+11 28 29,7348	2 1 14,0468	+11 27 39,3408	+ 0 9 34,0823
19	1 51 49,2958	+11 29 21,2309	2 3 7,8921	+11 40 48,4305	+ 0 11 18,5963
20	1 51 58,6277	+11 30 12,7072	2 5 1,8475	+11 53 54,2394	+ 0 13 3,2198
21	1 52 7,9605	+11 31 4,1638	2 6 55,9161	+12 6 56,7155	+ 0 14 47,9557
22	1 52 17,2939	+11 31 55,6007	2 8 50,1008	+12 19 55,8074	+ 0 16 32,8069
23	1 52 26,6281	+11 32 47,0178	2 10 44,4044	+12 32 51,4635	+ 0 18 17,7763

ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 20 AVRIL 2004

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	1 52 35,9630	+11 33 38,4150	2 12 38,8300	+12 45 43,6322	+ 0 20 2,8670
1	1 52 45,2987	+11 34 29,7925	2 14 33,3802	+12 58 32,2622	+ 0 21 48,0815
2	1 52 54,6351	+11 35 21,1501	2 16 28,0580	+13 11 17,3023	+ 0 23 33,4229
3	1 53 3,9723	+11 36 12,4878	2 18 22,8661	+13 23 58,7011	+ 0 25 18,8938
4	1 53 13,3102	+11 37 3,8056	2 20 17,8072	+13 36 36,4076	+ 0 27 4,4970
5	1 53 22,6488	+11 37 55,1034	2 22 12,8839	+13 49 10,3706	+ 0 28 50,2352
6	1 53 31,9882	+11 38 46,3813	2 24 8,0990	+14 1 40,5393	+ 0 30 36,1109
7	1 53 41,3283	+11 39 37,6392	2 26 3,4551	+14 14 6,8627	+ 0 32 22,1268
8	1 53 50,6692	+11 40 28,8771	2 27 58,9546	+14 26 29,2900	+ 0 34 8,2854
9	1 54 0,0108	+11 41 20,0950	2 29 54,6001	+14 38 47,7705	+ 0 35 54,5893
10	1 54 9,3532	+11 42 11,2928	2 31 50,3941	+14 51 2,2535	+ 0 37 41,0409
11	1 54 18,6963	+11 43 2,4705	2 33 46,3390	+15 3 12,6886	+ 0 39 27,6427
12	1 54 28,0401	+11 43 53,6282	2 35 42,4371	+15 15 19,0252	+ 0 41 14,3970
13	1 54 37,3848	+11 44 44,7656	2 37 38,6909	+15 27 21,2131	+ 0 43 1,3062
14	1 54 46,7301	+11 45 35,8830	2 39 35,1026	+15 39 19,2018	+ 0 44 48,3725
15	1 54 56,0762	+11 46 26,9801	2 41 31,6744	+15 51 12,9412	+ 0 46 35,5982
16	1 55 5,4231	+11 47 18,0570	2 43 28,4086	+16 3 2,3813	+ 0 48 22,9855
17	1 55 14,7707	+11 48 9,1137	2 45 25,3072	+16 14 47,4720	+ 0 50 10,5365
18	1 55 24,1191	+11 49 0,1501	2 47 22,3724	+16 26 28,1635	+ 0 51 58,2534
19	1 55 33,4682	+11 49 51,1663	2 49 19,6063	+16 38 4,4059	+ 0 53 46,1381
20	1 55 42,8181	+11 50 42,1621	2 51 17,0108	+16 49 36,1496	+ 0 55 34,1927
21	1 55 52,1687	+11 51 33,1376	2 53 14,5878	+17 1 3,3450	+ 0 57 22,4191
22	1 56 1,5201	+11 52 24,0927	2 55 12,3393	+17 12 25,9425	+ 0 59 10,8192
23	1 56 10,8722	+11 53 15,0274	2 57 10,2671	+17 23 43,8930	+ 1 0 59,3948
24	1 56 20,2251	+11 54 5,9417	2 59 8,3729	+17 34 57,1470	+ 1 2 48,1478

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) : $\Delta T_e = 65,184\,\mathrm{s}$

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. 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 19 AVRIL 2004

Instant de la conjonction géocentrique en ascension droite
le 19 avril 2004 à 12h 29m 22,798s UT.

Ascension droite du Soleil	: 1h 50m 48,559s.
Déclinaison du Soleil	: +11° 23′ 45,62″.
Ascension droite de la Lune	: 1h 50m 48,559s.
Déclinaison de la Lune	: +10° 14′ 14,67″.
Parallaxe équatoriale du Soleil	: 8,75″.
Parallaxe équatoriale de la Lune	: 55′ 10,39″.
Demi-diamètre vrai du Soleil	: 15′ 55,24″.
Demi-diamètre vrai de la Lune	: 15′ 2,02″.

CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE GÉNÉRALE

magnitude : 0,7369

	UT	Longitude	Latitude
Commencement de l'éclipse générale	: le 19 à 11h 29,9m	+ 49° 59,1′	−69° 34,3′
Maximum de l'éclipse	: le 19 à 13h 34,0m	− 44° 12,8′	−61° 43,5′
Fin de l'éclipse générale	: le 19 à 15h 38,6m	− 30° 52,5′	−20° 1,5′

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 $t = (T - 11\mathrm{h}) + \delta T/3600$, T est exprimé en heures et fraction d'heure. Ces équations ne sont valides que sur l'intervalle $11\mathrm{h} < T < 16\mathrm{h}$, 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.

$$x = -0,692\,112\,43 + 0,464\,563\,17 \times t + 0,000\,039\,03 \times t^2 - 0,000\,005\,49 \times t^3$$
$$y = -1,603\,788\,04 + 0,228\,597\,40 \times t - 0,000\,000\,15 \times t^2 - 0,000\,002\,88 \times t^3$$
$$\sin d = 0,197\,290\,21 + 0,000\,235\,94 \times t - 0,000\,000\,05 \times t^2$$
$$\cos d = 0,980\,345\,12 - 0,000\,047\,48 \times t - 0,000\,000\,02 \times t^2$$
$$H = -14,763\,407\,30 + 15,003\,362\,68 \times t - 0,000\,001\,38 \times t^2 - 0,000\,000\,01 \times t^3 - 0,004\,178\,07\,\delta T$$
$$u_e = 0,562\,322\,89 + 0,000\,139\,16 \times t - 0,000\,010\,25 \times t^2$$
$$u_i = -0,015\,857\,90 - 0,000\,138\,47 \times t + 0,000\,010\,20 \times t^2$$

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					°		
11 0	−0,692 112	−1,603 788	0,197 290	0,980 345	345,236 59	0,562 323	−0,015 858
11 10	−0,614 684	−1,565 688	0,197 330	0,980 337	347,737 15	0,562 346	−0,015 881
11 20	−0,537 254	−1,527 589	0,197 369	0,980 329	350,237 71	0,562 368	−0,015 903
11 30	−0,459 822	−1,489 490	0,197 408	0,980 321	352,738 27	0,562 390	−0,015 925
11 40	−0,382 388	−1,451 391	0,197 447	0,980 313	355,238 83	0,562 411	−0,015 946
11 50	−0,304 953	−1,413 292	0,197 487	0,980 306	357,739 39	0,562 432	−0,015 966
12 0	−0,227 516	−1,375 194	0,197 526	0,980 298	0,239 95	0,562 452	−0,015 986
12 10	−0,150 078	−1,337 096	0,197 565	0,980 290	2,740 51	0,562 471	−0,016 006
12 20	−0,072 639	−1,298 999	0,197 605	0,980 282	5,241 07	0,562 490	−0,016 024
12 30	0,004 802	−1,260 902	0,197 644	0,980 274	7,741 63	0,562 509	−0,016 043
12 40	0,082 243	−1,222 806	0,197 683	0,980 266	10,242 19	0,562 526	−0,016 060
12 50	0,159 684	−1,184 711	0,197 723	0,980 258	12,742 75	0,562 544	−0,016 077
13 0	0,237 126	−1,146 617	0,197 762	0,980 250	15,243 31	0,562 560	−0,016 094
13 10	0,314 568	−1,108 524	0,197 801	0,980 242	17,743 87	0,562 576	−0,016 110
13 20	0,392 011	−1,070 432	0,197 840	0,980 234	20,244 43	0,562 592	−0,016 126
13 30	0,469 454	−1,032 341	0,197 880	0,980 226	22,744 99	0,562 607	−0,016 140
13 40	0,546 896	−0,994 251	0,197 919	0,980 218	25,245 55	0,562 621	−0,016 155
13 50	0,624 338	−0,956 162	0,197 958	0,980 210	27,746 11	0,562 635	−0,016 168
14 0	0,701 780	−0,918 075	0,197 998	0,980 203	30,246 67	0,562 648	−0,016 182
14 10	0,779 221	−0,879 989	0,198 037	0,980 195	32,747 23	0,562 661	−0,016 194
14 20	0,856 662	−0,841 905	0,198 076	0,980 187	35,247 79	0,562 673	−0,016 206
14 30	0,934 101	−0,803 823	0,198 115	0,980 179	37,748 34	0,562 685	−0,016 218
14 40	1,011 540	−0,765 742	0,198 155	0,980 171	40,248 90	0,562 695	−0,016 229
14 50	1,088 977	−0,727 663	0,198 194	0,980 163	42,749 46	0,562 706	−0,016 239
15 0	1,166 413	−0,689 585	0,198 233	0,980 155	45,250 02	0,562 716	−0,016 249
15 10	1,243 848	−0,651 510	0,198 272	0,980 147	47,750 58	0,562 725	−0,016 258
15 20	1,321 281	−0,613 437	0,198 312	0,980 139	50,251 14	0,562 734	−0,016 267
15 30	1,398 712	−0,575 365	0,198 351	0,980 131	52,751 70	0,562 742	−0,016 275
15 40	1,476 141	−0,537 296	0,198 390	0,980 123	55,252 25	0,562 749	−0,016 282
15 50	1,553 568	−0,499 230	0,198 429	0,980 115	57,752 81	0,562 756	−0,016 289
16 0	1,630 993	−0,461 165	0,198 469	0,980 107	60,253 37	0,562 763	−0,016 296

$$\tan f_e = +0,004\,654\,99$$
$$\tan f_i = -0,004\,631\,79$$
$$H' = +0,261\,858\,00\ \mathrm{rd/h}$$
$$d' = +0,000\,240\,52\ \mathrm{rd/h}$$

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					°		
11 0	−0,692 112	−1,603 788	0,197 290	0,980 345	345,236 59	0,562 323	0,015 858
11 10	−0,614 684	−1,565 688	0,197 330	0,980 337	347,737 15	0,562 346	0,015 881
11 20	−0,537 254	−1,527 589	0,197 369	0,980 329	350,237 71	0,562 368	0,015 903
11 30	−0,459 822	−1,489 490	0,197 408	0,980 321	352,738 27	0,562 390	0,015 925
11 40	−0,382 388	−1,451 391	0,197 447	0,980 313	355,238 83	0,562 411	0,015 946
11 50	−0,304 953	−1,413 292	0,197 487	0,980 306	357,739 39	0,562 432	0,015 966
12 0	−0,227 516	−1,375 194	0,197 526	0,980 298	0,239 95	0,562 452	0,015 986
12 10	−0,150 078	−1,337 096	0,197 565	0,980 290	2,740 51	0,562 471	0,016 006
12 20	−0,072 639	−1,298 999	0,197 605	0,980 282	5,241 07	0,562 490	0,016 024
12 30	0,004 802	−1,260 902	0,197 644	0,980 274	7,741 63	0,562 509	0,016 043
12 40	0,082 243	−1,222 806	0,197 683	0,980 266	10,242 19	0,562 526	0,016 060
12 50	0,159 684	−1,184 711	0,197 723	0,980 258	12,742 75	0,562 544	0,016 077
13 0	0,237 126	−1,146 617	0,197 762	0,980 250	15,243 31	0,562 560	0,016 094
13 10	0,314 568	−1,108 524	0,197 801	0,980 242	17,743 87	0,562 576	0,016 110
13 20	0,392 011	−1,070 432	0,197 840	0,980 234	20,244 43	0,562 592	0,016 126
13 30	0,469 454	−1,032 341	0,197 880	0,980 226	22,744 99	0,562 607	0,016 140
13 40	0,546 896	−0,994 251	0,197 919	0,980 218	25,245 55	0,562 621	0,016 155
13 50	0,624 338	−0,956 162	0,197 958	0,980 210	27,746 11	0,562 635	0,016 168
14 0	0,701 780	−0,918 075	0,197 998	0,980 203	30,246 67	0,562 648	0,016 182
14 10	0,779 221	−0,879 989	0,198 037	0,980 195	32,747 23	0,562 661	0,016 194
14 20	0,856 662	−0,841 905	0,198 076	0,980 187	35,247 79	0,562 673	0,016 206
14 30	0,934 101	−0,803 823	0,198 115	0,980 179	37,748 34	0,562 685	0,016 218
14 40	1,011 540	−0,765 742	0,198 155	0,980 171	40,248 90	0,562 695	0,016 229
14 50	1,088 977	−0,727 663	0,198 194	0,980 163	42,749 46	0,562 706	0,016 239
15 0	1,166 413	−0,689 585	0,198 233	0,980 155	45,250 02	0,562 716	0,016 249
15 10	1,243 848	−0,651 510	0,198 272	0,980 147	47,750 58	0,562 725	0,016 258
15 20	1,321 281	−0,613 437	0,198 312	0,980 139	50,251 14	0,562 734	0,016 267
15 30	1,398 712	−0,575 365	0,198 351	0,980 131	52,751 70	0,562 742	0,016 275
15 40	1,476 141	−0,537 296	0,198 390	0,980 123	55,252 25	0,562 749	0,016 282
15 50	1,553 568	−0,499 230	0,198 429	0,980 115	57,752 81	0,562 756	0,016 289
16 0	1,630 993	−0,461 165	0,198 469	0,980 107	60,253 37	0,562 763	0,016 296

$$\tan f_1 = +0,004\,654\,99$$
$$\tan f_2 = +0,004\,631\,79$$
$$\mu' = +0,261\,858\,00 \text{ rd/h}$$
$$d' = +0,000\,240\,52 \text{ rd/h}$$

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

Calculer à Le Cap (Afrique du sud), les époques des contacts extérieurs et du maximum de l'éclipse.

Les coordonnées de Le Cap sont les suivantes :

$$\varphi = 33^\circ\ 56'\ 0{,}0''\ \mathrm{S} \qquad \lambda = \ 1\,\mathrm{h}\ 13\,\mathrm{m}\ 48{,}0\,\mathrm{s}\ \mathrm{E} \qquad h = \ 0{,}0\,\mathrm{m}\ ,$$

ce qui donne $\rho \sin\varphi' = -0{,}555\,07$ et $\rho\cos\varphi' = 0{,}830\,55$.

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.)	13 h 0 m	14 h10 m	15 h20 m
H	15,243 31°	32,747 23°	50,251 14°
$\sin d$	0,197 76	0,198 04	0,198 31
$\cos d$	0,980 25	0,980 19	0,980 14
x	0,237 13	0,779 22	1,321 28
ξ	0,460 75	0,647 26	0,773 83
$U = x - \xi$	−0,223 62	0,131 96	0,547 45
y	−1,146 62	−0,879 99	−0,613 44
η	−0,680 77	−0,647 15	−0,603 87
$V = y - \eta$	−0,465 85	−0,232 84	−0,009 56
$\dot U = \dot x - \dot\xi$	0,283 70	0,328 36	0,385 59
$\dot V = \dot y - \dot\eta$	0,204 70	0,194 94	0,188 25
l_e	0,559 92	0,560 80	0,561 87
β	−1,297 52	−0,014 13	1,136 73
γ	−0,379 83		−0,086 36
$\theta = \pm\sqrt{\beta^2 - \gamma}$	−1,436 45		1,174 10
$\tau = -\beta + \theta$	−0,138 93 h		0,037 37 h
$\tau_m = -\beta$		0,014 13 h	
$t + \tau$	12 h 51 m 39,9 s		15 h 22 m 14,5 s
$t + \tau_m$		14 h 10 m 50,9 s	

Deuxième approximation :

	1$^{\text{er}}$ contact extérieur	Maximum	2$^{\text{e}}$ contact extérieur
t (UT.)	12 h 51 m 39,9 s	14 h 10 m 50,9 s	15 h 22 m 14,5 s
H	13,158 91°	32,959 16°	50,811 81°
$\sin d$	0,197 73	0,198 04	0,198 32
$\cos d$	0,980 26	0,980 19	0,980 14
x	0,172 57	0,785 78	1,338 64
ξ	0,435 31	0,649 18	0,776 74
$U = x - \xi$	−0,262 74	0,136 61	0,561 90
y	−1,178 37	−0,876 76	−0,604 90
η	−0,683 97	−0,646 67	−0,602 37
$V = y - \eta$	−0,494 40	−0,230 09	−0,002 53
$\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$	0,279 43	0,328 99	0,387 58
$\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$	0,206 03	0,194 84	0,188 09
l_e	0,559 83	0,560 81	0,561 91
β	−1,454 23	0,000 76	1,170 85
γ	0,000 42		0,000 00
$\theta = \pm\sqrt{\beta^2 - \gamma}$	−1,454 09		1,170 85
$\tau = -\beta + \theta$	0,000 15 h		−0,000 00 h
$\tau_m = -\beta$		−0,000 76 h	
$t + \tau$	12 h 51 m 40,4 s		15 h 22 m 14,5 s
$t + \tau_m$		14 h 10 m 48,1 s	
g		0,509 8	
P	208,0°		90,3°
Γ	147,5°		127,8°
$Z = P - \Gamma$	60,5°		322,5°

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Afrique du Sud

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	−26 12	− 28 18	Benoni	.. ...	14 34 41,1	29,9	0,418	15	111
2	−29 7	− 26 14	Bloemfontein ...	.. ...	14 27 49,4	34,7	0,465	17	114
3	−26 13	− 28 15	Boksburg	.. ...	14 34 37,2	29,9	0,418	15	111
4	−26 15	− 28 22	Brakpan	.. ...	14 34 38,6	30,0	0,419	15	111
5	−26 22	− 27 25	Carletonville	.. ...	14 33 44,9	30,1	0,421	16	112
6	−29 53	− 31 0	Durban	.. ...	14 29 57,2	36,3	0,480	12	111
7	−33 0	− 27 54	East London	.. ...	14 21 50,5	41,1	0,525	15	115
8	−26 15	− 28 10	Germiston	.. ...	14 34 30,1	29,9	0,419	15	111
9	−26 10	− 28 2	Johannesburg ...	.. ...	14 34 33,2	29,8	0,417	15	111
10	−28 45	− 24 46	Kimberley	.. ...	14 27 15,9	33,9	0,457	18	115
11	−27 40	− 27 15	Kroonstad	.. ...	14 31 17,6	32,4	0,442	16	112
12	−26 6	− 27 45	Krugersdorp	.. ...	14 34 27,9	29,7	0,416	15	111
13	−33 56	− 18 28	Le Cap	.. ...	14 10 50,0	39,6	0,510	23	123
14	−29 36	− 34 24	Pietermaritzburg	.. ...	14 32 30,0	35,5	0,473	9	109
15	−33 58	− 25 36	Port Elisabeth ..	.. ...	14 18 0,4	42,2	0,534	17	117
16	−26 42	− 27 6	Potchefstroom ..	.. ...	14 32 55,1	30,7	0,426	16	112
17	−25 45	− 28 12	Pretoria	.. ...	14 35 24,1	29,1	0,410	15	111
18	−26 10	− 27 53	Roodepoort	.. ...	14 34 26,7	29,8	0,417	15	111
19	−26 16	− 28 26	Springs	.. ...	14 34 39,7	30,0	0,419	15	111
20	−33 46	− 25 25	Uitenhage	.. ...	14 18 14,0	41,9	0,531	17	117
21	−26 41	− 27 50	Vanderbijlpark ..	.. ...	14 33 29,7	30,7	0,426	15	111
22	−26 41	− 27 56	Vereeniging	.. ...	14 33 34,0	30,7	0,426	15	111
23	−27 59	− 26 44	Welkom	.. ...	14 30 18,9	32,9	0,447	16	113

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Afrique du Sud

n°	1^er contact UT	P	Z	2^e contact UT	P	Z	3^e contact UT	P	Z	4^e contact UT	P	Z
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	13 26 17,5	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 50,0	100	343
2	13 15 12,3	208	75	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 32 40,2	96	336
3	13 26 10,8	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 48,6	100	343
4	13 26 13,7	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 48,8	100	343
5	13 24 41,1	206	77	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 29,0	100	342
6	13 19 9,3	211	80	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
7	13 6 50,6	213	75	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 28 51,6	92	328
8	13 25 58,6	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 45,9	100	343
9	13 26 3,4	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 47,7	100	343
10	13 14 18,8	207	73	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 32 26,6	96	336
11	13 20 39,9	207	76	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 34 22,5	98	339
12	13 25 53,9	206	77	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 46,3	100	343
13	12 51 41,8	208	60	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 22 15,4	90	322
14	13 24 0,2	212	83	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
15	13 1 17,5	212	72	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 26 40,8	91	325
16	13 23 17,8	206	76	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 8,1	99	342
17	13 27 30,5	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 36 7,8	101	344
18	13 25 52,1	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 45,4	100	343
19	13 26 15,7	206	78	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 49,0	100	343
20	13 1 33,7	212	71	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 26 51,8	91	326
21	13 24 16,6	207	77	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 21,2	99	342
22	13 24 24,2	207	77	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 35 22,8	99	342
23	13 19 5,1	208	76	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 33 55,7	98	338

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Angola

n°	Position Latitude	 Longitude	Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse UT	 Obs.	 *g*	 *h*	 *a*
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	−11 54	− 14 34	Atome........	.. ...	14 46 55,5	4,1	0,108	29	110
2	−12 34	− 13 24	Benguela......	.. ...	14 44 45,0	4,7	0,118	31	112
3	−12 25	− 16 58	Bie	.. ...	14 48 17,1	5,3	0,128	27	110
4	− 5 34	− 12 12	Cabinda	.. ...	.. ..	...	...	..	...
5	−13 5	− 16 44	Cachingues....	.. ...	14 47 4,3	6,2	0,142	27	110
6	−11 4	− 13 51	Carimba	.. ...	14 47 32,6	3,0	0,087	30	110
7	−14 16	− 19 9	Cassindre.....	.. ...	14 47 17,5	8,4	0,174	24	110
8	−11 43	− 14 26	Catanga	.. ...	14 47 5,8	3,9	0,104	29	110
9	−13 58	− 17 23	Catota........	.. ...	14 46 15,9	7,6	0,163	26	110
10	−13 6	− 16 26	Chihama......	.. ...	14 46 45,5	6,2	0,141	27	110
11	−12 4	− 14 29	Chila	.. ...	14 46 34,9	4,4	0,112	29	111
12	−12 34	− 15 44	Chipipa.......	.. ...	14 46 57,8	5,3	0,127	28	110
13	−13 31	− 16 46	Chitempo.....	.. ...	14 46 24,9	6,8	0,151	27	110
14	−16 36	− 22 4	Cuando.......	.. ...	14 46 1,0	12,5	0,229	21	110
15	−15 10	− 19 10	Cuito Canavale	.. ...	14 45 55,5	9,8	0,193	24	110
16	−15 22	− 20 8	Cunjamba.....	.. ...	14 46 24,0	10,3	0,200	23	110
17	−11 29	− 13 47	Dengue	.. ...	14 46 49,6	3,5	0,096	30	111
18	−11 57	− 13 46	Egito Praia ...	.. ...	14 46 4,4	4,0	0,106	30	111
19	−12 41	− 15 30	Ehunha.......	.. ...	14 46 34,5	5,4	0,129	28	111
20	−12 47	− 15 46	Huambo	.. ...	14 46 39,6	5,6	0,132	28	110
21	−17 36	− 23 23	Kangabwe.....	.. ...	14 45 27,1	14,3	0,251	20	109
22	−12 25	− 16 58	Kuito.........	.. ...	14 48 17,1	5,3	0,128	27	110
23	−17 31	− 23 12	Kulubuza.....	.. ...	14 45 26,7	14,2	0,250	20	110
24	−12 20	− 13 34	Lobito	.. ...	14 45 17,2	4,5	0,114	30	111
25	−12 14	− 15 19	Londuimbali ..	.. ...	14 47 4,8	4,8	0,119	28	110
26	−14 37	− 18 38	Longa.........	.. ...	14 46 20,2	8,8	0,180	25	110
27	− 8 50	− 13 15	Luanda	.. ...	14 50 21,1	0,7	0,034	31	109
28	−14 55	− 13 30	Lubango	.. ...	14 40 59,8	7,9	0,168	30	113
29	−17 23	− 23 0	Luiana........	.. ...	14 45 31,0	13,9	0,247	20	110
30	−16 34	− 22 4	Lumbala......	.. ...	14 46 4,1	12,5	0,228	21	110
31	−14 38	− 19 36	Lupire	.. ...	14 47 6,2	9,0	0,183	24	110
32	− 9 36	− 16 21	Malanje.......	.. ...	14 51 55,7	1,9	0,063	27	108
33	−17 17	− 22 53	Matende	.. ...	14 45 34,3	13,8	0,244	20	110
34	−15 48	− 20 21	Mavinga	.. ...	14 45 55,3	11,0	0,209	23	110
35	−14 39	− 17 39	Menongue.....	.. ...	14 45 25,5	8,7	0,178	26	111
36	−15 10	− 12 10	Mocamedes ...	.. ...	14 39 10,3	7,8	0,166	32	114
37	−13 54	− 17 17	Mumbue	.. ...	14 46 17,2	7,5	0,161	26	110
38	−11 49	− 14 8	N'gungo	.. ...	14 46 39,3	4,0	0,105	30	111
39	−12 47	− 15 44	Nova Lisboa ..	.. ...	14 46 37,3	5,6	0,132	28	110
40	−11 20	− 13 49	Quirombo.....	.. ...	14 47 6,2	3,3	0,093	30	110
41	−16 20	− 22 2	Rivengo.......	.. ...	14 46 24,7	12,1	0,224	21	109
42	−17 38	− 23 25	Sambile.......	.. ...	14 45 25,3	14,4	0,252	20	109

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Angola

n°	1er contact UT	1er contact *P*	1er contact *Z*	2e contact UT	2e contact *P*	2e contact *Z*	3e contact UT	3e contact *P*	3e contact *Z*	4e contact UT	4e contact *P*	4e contact *Z*
	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°	h m s	°	°
1	14 6 50,6	175	60	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 24 42,6	124	17
2	14 2 30,5	176	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 24 27,9	123	14
3	14 5 30,6	179	64	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 28 19,0	123	16
4	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
5	14 1 58,7	180	64	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 29 6,4	121	14
6	14 11 24,1	173	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 21 53,5	127	20
7	13 58 20,2	184	68	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 32 31,0	118	11
8	14 7 48,8	175	60	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 24 11,1	125	18
9	13 58 12,6	182	65	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 30 48,0	119	11
10	14 1 37,7	180	64	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 28 50,2	121	13
11	14 5 47,8	176	60	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 24 58,7	124	16
12	14 3 52,7	178	62	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 27 18,5	122	15
13	13 59 50,7	181	64	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 29 42,6	120	12
14	13 51 24,8	190	72	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 35 52,0	114	5
15	13 54 24,5	186	68	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 18,5	117	8
16	13 54 27,9	187	69	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 5,8	116	8
17	14 8 49,7	174	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 22 48,9	126	18
18	14 6 5,7	175	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 23 47,9	124	16
19	14 3 7,7	178	62	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 27 14,6	122	14
20	14 2 46,1	179	63	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 27 41,9	122	14
21	13 48 59,5	193	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 48,1	113	3
22	14 5 30,6	179	64	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 28 19,0	123	16
23	13 49 5,9	192	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 42,3	113	3
24	14 3 52,6	176	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 24 16,1	123	15
25	14 5 20,7	177	62	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 26 16,3	123	16
26	13 56 20,2	185	67	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 32 27,9	118	9
27	14 27 47,1	164	54	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 12 27,7	135	30
28	13 50 39,5	181	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 27 41,5	117	6
29	13 49 24,6	192	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 35,1	113	3
30	13 51 33,2	190	72	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 35 50,8	114	5
31	13 57 7,6	185	68	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 10,4	118	10
32	14 21 54,9	170	60	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 20 45,6	131	27
33	13 49 38,2	192	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 30,0	113	3
34	13 52 54,6	188	70	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 30,6	115	7
35	13 55 16,9	184	66	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 31 43,2	118	9
36	13 48 34,3	180	57	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 26 11,0	117	5
37	13 58 26,8	182	65	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 30 38,5	119	11
38	14 7 5,1	175	60	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 24 0,4	125	17
39	14 2 44,4	179	62	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 27 39,2	122	14
40	14 9 48,2	173	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 22 28,5	126	19
41	13 52 27,3	190	72	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 35 43,4	115	6
42	13 48 53,6	193	74	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 49,5	112	3

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Angola

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	−13 4	− 16 7	Sambo	.. ...	14 46 32,7	6,0	0,140	27	110
2	−17 39	− 23 22	Sifuma	.. ...	14 45 21,7	14,4	0,252	20	110
3	−11 13	− 13 51	Sumbe	.. ...	14 47 18,7	3,2	0,090	30	110
4	−11 24	− 14 18	Uku	.. ...	14 47 26,0	3,5	0,096	30	110

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Madagascar

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	−17 49	− 48 28	Ambatondrazaka	.. ...	.. ..	...	...	..	...
2	−21 21	− 43 31	Ambohilé	.. ...	14 48 25,9	17,7	0,291	-0	102
3	−22 17	− 44 30	Ankazoabo	.. ...	.. ..	...	...	..	...
4	−18 52	− 47 30	Antananarivo ...	.. ...	.. ..	...	...	..	...
5	−12 19	− 49 17	Antsiranan	.. ...	.. ..	...	...	..	...
6	−23 16	− 46 1	Betroka	.. ...	.. ..	...	...	..	...
7	−12 19	− 49 17	Diego-Suare	.. ...	.. ..	...	...	..	...
8	−22 49	− 47 49	Farafangana	.. ...	.. ..	...	...	..	...
9	−21 27	− 47 5	Fianarantsoa ...	.. ...	.. ..	...	...	..	...
10	−22 24	− 46 7	Ihosy	.. ...	.. ..	...	...	..	...
11	−15 40	− 46 20	Mahajanga	.. ...	.. ..	...	...	..	...
12	−21 12	− 46 5	Mahasoa	.. ...	.. ..	...	...	..	...
13	−15 40	− 46 20	Majunga	.. ...	.. ..	...	...	..	...
14	−21 26	− 44 20	Manja	.. ...	.. ..	...	...	..	...
15	−22 9	− 48 0	Manakara	.. ...	.. ..	...	...	..	...
16	−20 19	− 44 17	Morondava	.. ...	.. ..	...	...	..	...
17	−18 10	− 49 23	Tamatave	.. ...	.. ..	...	...	..	...
18	−18 52	− 47 30	Tananarive	.. ...	.. ..	...	...	..	...
19	−18 10	− 49 23	Toamasina	.. ...	.. ..	...	...	..	...
20	−23 20	− 43 41	Toliara	.. ...	14 45 39,6	21,4	0,331	-0	102
21	−23 21	− 47 36	Vangaindrano ...	.. ...	.. ..	...	...	..	...
22	−23 20	− 43 41	Tulear	.. ...	14 45 39,6	21,4	0,331	-0	102

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Angola

	1er contact			2e contact			3e contact			4e 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	14 1 36,0	180	63	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 28 28,5	121	13
2	13 48 46,9	193	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 48,6	112	3
3	14 10 31,2	173	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 22 14,1	126	19
4	14 9 31,8	174	59	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 23 19,2	126	19

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Madagascar

	1er contact			2e contact			3e contact			4e 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	14 12 56,5	195	86	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
2	13 57 10,8	202	87	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
3	13 55 7,4	203	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
4	14 8 31,5	197	86	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
5	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
6	13 53 23,7	205	89	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
7	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
8	13 56 9,4	204	89	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
9	13 59 47,2	202	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
10	13 56 5,6	203	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
11	14 19 17,7	190	83	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
12	13 59 46,9	202	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
13	14 19 17,7	190	83	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
14	13 57 36,8	202	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
15	13 58 19,3	203	89	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
16	14 1 7,3	200	87	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
17	14 12 23,9	195	86	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
18	14 8 31,5	197	86	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
19	14 12 23,9	195	86	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
20	13 51 15,2	205	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
21	13 54 23,7	205	89	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
22	13 51 15,2	205	88	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Botswana

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	−21 58	− 28 26	Bobonong . .	. . . . .	14 41 57,0	22,2	0,340	14	109
2	−21 11	− 27 32	Francistown	. . . . .	14 42 38,4	20,8	0,325	15	109
3	−24 45	− 25 55	Gaborone . .	. . . . .	14 35 27,7	27,2	0,391	17	112
4	−24 59	− 25 19	Kanye	. . . . .	14 34 34,8	27,5	0,395	18	112
5	−25 11	− 25 40	Lobatsi	. . . . .	14 34 30,2	27,9	0,399	17	112
6	−23 5	− 26 51	Mahalapye .	. . . . .	14 39 1,5	24,3	0,362	16	110
7	−20 0	− 23 25	Maun	. . . . .	14 41 36,0	18,5	0,300	20	111
8	−24 28	− 26 5	Mochudi . . .	. . . . .	14 36 5,1	26,7	0,386	17	111
9	−24 25	− 25 30	Molepolole .	. . . . .	14 35 43,3	26,5	0,385	17	112
10	−24 56	− 25 50	Ramotswa . .	. . . . .	14 35 4,5	27,5	0,394	17	112
11	−22 1	− 27 50	Selebi-Pikwe	. . . . .	14 41 28,7	22,3	0,342	15	109
12	−22 25	− 26 44	Serowe	. . . . .	14 40 3,8	23,1	0,349	16	110
13	−20 26	− 27 2	Tutume	. . . . .	14 43 31,1	19,5	0,311	16	109

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Comores

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	−12 18	− 43 46	Fombomi . . .	. . . . .	. . . .	. . .	. . .	. .	. . .
2	−11 22	− 43 21	Mitsamiouli	. . . . .	. . . .	. . .	. . .	. .	. . .
3	−11 40	− 43 16	Moroni	. . . . .	. . . .	. . .	. . .	. .	. . .
4	−12 5	− 44 25	Mutsamudu	. . . . .	. . . .	. . .	. . .	. .	. . .

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Lesotho

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	−28 52	− 28 3	Leribe	. . . . .	14 29 43,1	34,5	0,463	15	112
2	−29 49	− 27 14	Mafeteng	. . . . .	14 27 19,8	36,0	0,477	16	113
3	−29 19	− 27 29	Maseru	. . . . .	14 28 27,3	35,2	0,469	15	113
4	−30 9	− 27 29	Mohales Hoek	. . . . .	14 26 54,5	36,6	0,482	15	113
5	−29 9	− 27 45	Teyateyaneng	. . . . .	14 28 58,2	34,9	0,467	15	113

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Botswana

	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	13 39 34,9	201	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 3,5	106	354
2	13 41 5,3	200	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 5,3	107	355
3	13 27 40,7	204	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 8,8	102	346
4	13 26 11,9	204	75	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 35 47,3	101	345
5	13 26 1,7	204	75	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 35 46,8	101	344
6	13 34 4,4	202	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 18,7	104	350
7	13 40 14,6	196	74	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 0,5	108	356
8	13 28 46,0	203	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 22,4	102	346
9	13 28 11,2	203	75	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 12,5	102	346
10	13 27 0,5	204	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 0,1	101	345
11	13 38 42,2	201	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 56,1	106	353
12	13 36 4,5	201	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 33,0	105	352
13	13 43 1,4	199	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 6,3	108	357

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Comores

	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	14 31 58,2	182	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
2	14 36 37,9	179	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
3	14 34 49,7	180	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
4	14 33 47,8	181	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Lesotho

	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	13 18 15,9	209	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 30,5	97	337
2	13 14 33,1	210	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 32 18,3	95	335
3	13 16 16,2	209	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 32 53,9	96	336
4	13 13 57,3	210	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 32 2,1	95	334
5	13 17 4,9	209	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 8,7	96	336

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Malawi

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	−15 46	− 35 0	Blantyre . . .	.. ...	14 54 10,8	10,2	0,200	7	104
2	− 9 54	− 33 55	Karonga . . .	.. ...	15 1 2,7	1,9	0,065	8	103
3	−13 58	− 33 49	Lilongwe . . .	.. ...	14 56 8,5	7,5	0,162	9	104
4	−11 31	− 34 0	Mzuzu	.. ...	14 59 12,1	3,9	0,104	8	104
5	−12 55	− 34 19	Nkhotakota	.. ...	14 57 36,2	5,8	0,136	8	104
6	−15 22	− 35 22	Zomba	.. ...	14 54 48,7	9,5	0,190	7	104

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Mozambique

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	−19 49	− 34 52	Beira	.. ...	14 48 31,1	17,5	0,288	8	105
2	−24 40	− 33 33	Chibuto	.. ...	14 40 26,8	26,7	0,387	9	107
3	−23 51	− 35 29	Inhambane .	.. ...	14 42 38,4	24,9	0,368	8	106
4	−13 40	− 35 13	Lichinga . . .	.. ...	14 56 55,5	6,8	0,151	7	104
5	−16 30	− 33 31	Mandie	.. ...	14 52 41,9	11,8	0,220	9	105
6	−25 58	− 32 35	Maputo	.. ...	14 37 46,9	29,2	0,412	10	108
7	−13 20	− 34 59	Meponda . . .	.. ...	14 57 16,5	6,3	0,144	7	104
8	−14 30	− 40 37	Nacala	.. ...	14 56 54,5	6,7	0,150	2	102
9	−15 9	− 39 14	Nampula . . .	.. ...	14 55 56,5	8,2	0,171	3	103
10	−17 53	− 36 51	Quelimane .	.. ...	14 51 53,2	13,5	0,241	6	104
11	−16 10	− 33 35	Tete	.. ...	14 53 10,5	11,2	0,213	9	105
12	−25 4	− 33 38	Xai Xai	.. ...	14 39 50,0	27,5	0,394	9	107

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Malawi

	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	14 8 26,0	192	82	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
2	14 34 45,6	177	74	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 26 21,2	136	36
3	14 14 29,1	189	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
4	14 25 54,2	182	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 30 44,9	131	29
5	14 19 33,6	186	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 16,9	127	24
6	14 10 21,1	192	82	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Mozambique

	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	13 53 51,2	200	84	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
2	13 37 8,0	206	83	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
3	13 41 43,6	205	85	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
4	14 17 9,7	188	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
5	14 4 8,7	194	81	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
6	13 32 10,3	207	82	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
7	14 18 22,5	187	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
8	14 18 53,3	189	82	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
9	14 14 57,5	191	82	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
10	14 2 29,5	197	84	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
11	14 5 28,1	193	81	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
12	13 36 2,1	207	83	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Namibie

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	−17 31	− 24 16	Katima Mulilo	·· ···	14 46 14,2	14,2	0,250	19	109
2	−26 36	− 18 8	Keetmanshoop	·· ···	14 24 51,7	28,4	0,403	25	118
3	−17 47	− 23 23	Kongola......	·· ···	14 45 10,1	14,7	0,255	20	110
4	−26 38	− 15 10	Luderitz......	·· ···	14 21 28,0	27,0	0,390	28	121
5	−17 59	− 24 7	Marulakuta...	·· ···	14 45 23,2	15,1	0,260	19	109
6	−17 57	− 24 9	Mopolino.....	·· ···	14 45 27,7	15,0	0,259	19	109
7	−20 29	− 16 36	Otjiwarongo..	·· ···	14 34 33,1	17,7	0,291	27	115
8	−22 40	− 14 34	Swakopmund.	·· ···	14 28 21,1	20,4	0,321	29	118
9	−19 13	− 17 42	Tsumeb......	·· ···	14 37 52,9	16,0	0,271	26	114
10	−22 59	− 14 31	Walvis Bay...	·· ···	14 27 42,0	20,9	0,326	29	119
11	−22 34	− 17 6	Windhoek....	·· ···	14 31 18,4	21,4	0,331	26	116
12	−17 52	− 24 24	Zitilene.......	·· ···	14 45 46,6	14,9	0,258	19	109
13	−17 31	− 24 16	Katima Mulilo	·· ···	14 46 14,2	14,2	0,250	19	109

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Swaziland

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	−26 48	− 31 56	Big-Bend...	·· ···	14 35 59,6	30,8	0,428	11	109
2	−27 6	− 31 12	Goedgegun.	·· ···	14 35 2,0	31,4	0,433	12	110
3	−26 30	− 31 22	Manzini....	·· ···	14 36 10,3	30,3	0,423	12	109
4	−26 20	− 31 8	Mbabane...	·· ···	14 36 19,1	30,0	0,420	12	109
5	−26 2	− 31 50	Mhlume....	·· ···	14 37 14,8	29,4	0,414	11	109
6	−27 6	− 31 12	Nhlangano.	·· ···	14 35 2,0	31,4	0,433	12	110
7	−25 58	− 31 17	Pigg'S Peak	·· ···	14 37 2,2	29,4	0,413	12	109

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Namibie

	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	13 50 19,0	193	74	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 37 6,4	113	3
2	13 11 55,7	201	64	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 30 26,6	98	338
3	13 48 18,6	193	74	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 36 51,0	112	2
4	13 8 4,1	199	58	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 27 47,8	98	337
5	13 48 22,1	194	74	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 37 10,5	112	2
6	13 48 31,5	194	74	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 37 10,8	112	2
7	13 30 34,8	193	64	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 32 34,1	107	352
8	13 20 28,5	194	59	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 29 54,3	103	346
9	13 36 30,9	192	66	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 33 37,1	109	356
10	13 19 18,8	194	59	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 29 42,0	103	345
11	13 23 45,5	196	64	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 32 18,9	104	347
12	13 49 7,9	194	75	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 37 14,7	112	3
13	13 50 19,0	193	74	.. ..	...	...	.. ..	...	...	15 37 6,4	113	3

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Swaziland

	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	13 28 58,7	208	81	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
2	13 27 14,0	208	81	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
3	13 29 10,4	208	81	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
4	13 29 22,8	207	81	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
5	13 31 5,6	207	82	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
6	13 27 14,0	208	81	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...
7	13 30 38,1	207	81	.. ..	...	...	.. ..	...	...	.. ..	...	...

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
République Démocratique du Congo

n°	Position Latitude	Longitude	Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse UT	Obs.	g	h	a
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	− 3 20	− 17 24	Bandundu .	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
2	− 2 30	− 28 50	Bukavu	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
3	+ 3 13	− 19 48	Gemena....	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
4	− 5 53	− 22 26	Kananga...	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
5	− 5 2	− 18 51	Kikwit.....	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
6	− 4 18	− 15 18	Kinshasa...	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
7	+ 0 33	− 25 14	Kisangani..	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
8	−10 45	− 25 25	Kolwezi....	·· ···	14 56 37,8	3,7	0,101	17	106
9	−10 58	− 26 47	Likasi......	·· ···	14 57 4,3	4,0	0,105	16	105
10	−11 41	− 27 29	Lubumbashi	·· ···	14 56 29,9	4,9	0,121	15	105
11	− 5 50	− 13 32	Matadi.....	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
12	+ 0 3	− 18 28	Mbandaka .	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···
13	− 6 10	− 23 39	Mbuji-Mayi	·· ···	·· ·· ···	···	···	··	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Zambie

n°	Position Latitude	Longitude	Nom du lieu	Durée de la phase centrale	Maximum de l'éclipse UT	Obs.	g	h	a
	° ′	° ′		m s	h m s	%		°	°
1	−12 20	− 27 52	Chilabombwe	·· ···	14 55 50,4	5,8	0,136	15	105
2	−12 31	− 27 53	Chingola....	·· ···	14 55 36,4	6,1	0,140	15	106
3	−13 40	− 32 42	Chipata.....	·· ···	14 56 9,1	7,2	0,158	10	104
4	−17 32	− 23 15	Imusho......	·· ···	14 45 26,9	14,2	0,250	20	110
5	−14 29	− 28 25	Kabwe......	·· ···	14 53 13,3	9,1	0,184	14	106
6	−12 50	− 28 3	Kalulushi...	·· ···	14 55 16,2	6,5	0,147	14	106
7	−13 40	− 32 42	Katolala....	·· ···	14 56 9,1	7,2	0,158	10	104
8	−12 50	− 28 11	Kitwe-Nkana	·· ···	14 55 20,2	6,5	0,147	14	106
9	−17 50	− 25 53	Livingstone .	·· ···	14 46 50,7	14,9	0,258	17	108
10	−13 9	− 28 24	Luanshya...	·· ···	14 55 1,3	7,0	0,154	14	106
11	−17 19	− 23 1	Sinjembela..	·· ···	14 45 37,9	13,8	0,245	20	110
12	−15 26	− 28 20	Lusaka......	·· ···	14 51 51,1	10,7	0,205	14	106
13	−17 50	− 25 53	Maramba...	·· ···	14 46 50,7	14,9	0,258	17	108
14	−12 30	− 28 12	Mufulira....	·· ···	14 55 47,1	6,0	0,139	14	105
15	−13 0	− 28 39	Ndola.......	·· ···	14 55 20,5	6,7	0,150	14	105

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
République Démocratique du Congo

	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	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
2	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
3	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
4	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
5	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
6	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
7	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
8	14 21 24,4	179	71	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 29 55,1	129	26
9	14 21 31,9	180	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 30 37,4	129	26
10	14 18 31,7	182	74	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 32 9,2	127	24
11	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
12	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
13	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Zambie

	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	14 15 45,2	184	75	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 19,0	125	22
2	14 14 54,4	184	75	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 36,5	125	21
3	14 14 38,1	188	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 49,0	124	20
4	13 49 4,2	193	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 44,0	113	3
5	14 6 47,0	189	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 5,6	120	15
6	14 13 36,5	185	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 5,6	124	20
7	14 14 38,1	188	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 49,0	124	20
8	14 13 44,6	185	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 6,0	124	20
9	13 50 55,3	194	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 40,6	113	3
10	14 12 31,6	186	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 33,1	124	19
11	13 49 40,7	192	73	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 34,3	113	3
12	14 2 49,1	191	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 36 54,1	118	12
13	13 50 55,3	194	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 40,6	113	3
14	14 15 18,1	185	75	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 33 35,8	125	21
15	14 13 27,4	186	76	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 34 21,0	124	20

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Zimbabwe

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	−20 10	− 28 43	Bulawayo . . .	.. ...	14 45 0,3	19,0	0,305	14	108
2	−19 47	− 27 13	Butabubili . .	.. ...	14 44 41,3	18,3	0,297	16	109
3	−18 10	− 30 14	Chegutu	.. ...	14 48 53,4	15,2	0,262	12	107
4	−17 22	− 30 12	Chinhoyi . . .	.. ...	14 50 2,6	13,8	0,245	12	106
5	−18 0	− 31 6	Chitungwiza	.. ...	14 49 33,7	14,8	0,257	12	106
6	−20 10	− 30 49	Fort Victoria	.. ...	14 46 10,9	18,8	0,303	12	107
7	−18 16	− 29 55	Gatooma . . .	.. ...	14 48 34,7	15,4	0,265	13	107
8	−19 25	− 29 50	Gwelo	.. ...	14 46 48,2	17,5	0,289	13	107
9	−19 25	− 29 50	Gweru	.. ...	14 46 48,2	17,5	0,289	13	107
10	−17 43	− 31 5	Harare	.. ...	14 49 57,9	14,3	0,251	12	106
11	−19 32	− 26 55	Pelendaba . .	.. ...	14 44 52,6	17,9	0,293	16	109
12	−18 10	− 30 14	Hartley	.. ...	14 48 53,4	15,2	0,262	12	107
13	−18 20	− 26 25	Hwange	.. ...	14 46 25,4	15,7	0,268	16	108
14	−18 16	− 29 55	Kadoma	.. ...	14 48 34,7	15,4	0,265	13	107
15	−20 20	− 28 30	Khami	.. ...	14 44 36,7	19,3	0,308	14	108
16	−20 10	− 30 49	Masvingo . . .	.. ...	14 46 10,9	18,8	0,303	12	107
17	−19 0	− 32 40	Mutare	.. ...	14 48 49,1	16,4	0,276	10	106
18	−18 55	− 29 51	Que Que	.. ...	14 47 34,2	16,6	0,278	13	107
19	−20 20	− 30 5	Shabani	.. ...	14 45 31,8	19,2	0,307	13	107
20	−18 20	− 26 25	Wankie	.. ...	14 46 25,4	15,7	0,268	16	108
21	−20 16	− 30 54	Zimbabwe . .	.. ...	14 46 4,3	19,0	0,305	12	107
22	−20 20	− 30 5	Zvishavane . .	.. ...	14 45 31,8	19,2	0,307	13	107

CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
Zimbabwe

	1er contact			2e contact			3e contact			4e 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	13 45 53,5	199	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 25,0	109	358
2	13 45 29,8	198	78	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 11,4	110	359
3	13 54 33,8	196	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 19,6	113	5
4	13 57 25,6	195	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 3,8	115	7
5	13 56 6,4	196	81	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 16,2	114	6
6	13 48 17,0	199	81	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 34,0	110	360
7	13 53 51,5	196	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 20,6	113	4
8	13 49 43,9	198	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 30,9	111	1
9	13 49 43,9	198	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 30,9	111	1
10	13 57 6,4	196	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 10,7	115	7
11	13 45 59,5	197	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 7,9	110	359
12	13 54 33,8	196	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 19,6	113	5
13	13 49 41,4	195	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 54,7	112	2
14	13 53 51,5	196	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 20,6	113	4
15	13 45 4,6	199	79	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 22,5	109	358
16	13 48 17,0	199	81	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 34,0	110	360
17	13 54 17,2	198	82	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···
18	13 51 29,2	197	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 27,9	112	2
19	13 46 53,7	199	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 31,9	110	359
20	13 49 41,4	195	77	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 37 54,7	112	2
21	13 48 2,5	200	81	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 33,9	110	359
22	13 46 53,7	199	80	·· ·· ···	···	···	·· ·· ···	···	···	15 38 31,9	110	359