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

# CALCUL DES CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL

# DU 21 JUIN 2001

**le : 10 novembre 1999**

**P. ROCHER**
Tél : (33) 1 40 51 22 72
Fax : (33) 1 46 33 28 34
Email : rocher@bdl.fr

Ce document se trouve également sur le serveur ftp du Bureau des longitudes, ftp.bdl.fr
dans le répertoire /pub/ephem/eclipses/juin2001 ; dans le fichier juin2001.Texte.ps

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

## TABLE DES MATIÈRES

**Avertissement**
Information . . . . . 3
Précision dans le calcul des prédictions d'éclipses . . . . . 3
Recommandation . . . . . 4
**Généralités et définitions**
Généralités et définitions . . . . . 5
Liste des tableaux et cartes contenus dans ce document . . . . . 6
Calcul des phases d'une éclipse pour un lieu donné . . . . . 7
**Données relatives à l'éclipse**
Éphémérides de la Lune et du Soleil le 21 juin 2001 . . . . . 11
Éphémérides de la Lune et du Soleil le 22 juin 2001 . . . . . 12
Paramètres physiques utilisés dans les calculs . . . . . 13
Éléments de l'éclipse totale du 21 juin 2001 . . . . . 13
Circonstances de l'éclipse générale . . . . . 13
Éléments de Bessel sous forme polynomiale . . . . . 14
Éléments de Bessel (notation française) . . . . . 15
Éléments de Bessel (notation américaine) . . . . . 16
**Exemple de calcul**
**Ligne de centralité**
Ligne de centralité . . . . . 21
Circonstances locales sur la ligne de centralité . . . . . 22
**Circonstances locales**
Circonstances locales pour des lieux géographiques donnés . . . . . 24
**Afrique**
Afrique du Sud . . . . . 26
Angola . . . . . 26
Botswana . . . . . 28
Congo . . . . . 28
Gabon . . . . . 30
Namibie . . . . . 30
Lesotho . . . . . 32
Malawi . . . . . 32
Madagascar . . . . . 34
Mozambique . . . . . 36
Swaziland . . . . . 36
Tanzanie . . . . . 38
République démocratique du Congo . . . . . 38
Zambie . . . . . 40
Zimbabwe . . . . . 40
**Hors-Textes**
Figures . . . . . 42
Carte générale . . . . . 44
Cartes locales . . . . . 45
Le ciel à l'instant du maximum . . . . . 48

## AVERTISSEMENT

**Information**

La présente note contient les prédictions pour l'éclipse totale du 21 juin 2001.

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

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

– l'**U.S. Naval Observatory**, qui publie l'*Astronomical Almanac*,

– la **Division Astronomie du Département d'Hydrographie de Tokyo**, qui publie les *Éphémérides Japonaises*,

– le **Département de Météorologie Indienne** qui publie les *Éphémérides Astronomiques Indiennes*,

– le **Bureau des longitudes** qui publie la *Connaissance des Temps* et les *Éphémérides Astronomiques*. A cette liste il convient d'ajouter, la **NASA** qui publie et diffuse régulièrement des bulletins spécifiques aux éclipses de Soleil.

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

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

Un deuxième paramètre important dans l'explication des écarts constatés entre les différentes prédictions, est la valeur du paramètre $k$ utilisée dans les calculs. $k$ est la valeur du rayon moyen de la Lune exprimé en rayon terrestre. Jusqu'en 1982, on utilisait deux valeurs distinctes de $k$, une première ($k = 0,272\,488\,0$) dans le cas général et une spécifique ($k = 0,272\,281$) uniquement pour le calcul des quantités liées à l'ombre dans le cas des éclipses totales. Le fait d'utiliser deux valeurs différentes pour les éclipses centrales posait des problèmes de discontinuité pour les éclipses mixtes. En 1982 l'Union Astronomique Internationale a recommandé d'adopter une valeur unique pour $k$ ($k = 0,272\,507\,6$) dans tous les calculs relatifs aux éclipses. Cette recommandation a été suivie par tous les organismes à l'exception de la NASA qui continue à utiliser deux paramètres distincts, en prenant comme première valeur de $k$ la valeur 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'obscurité* (en anglais obscuration), la *hauteur* $h$ et l'*azimut* $a$ du Soleil.

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

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

La *hauteur* $h$ du Soleil est l'angle de la direction du Soleil et du plan horizontal, compté en degrés de $-90°$ 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 $\Delta T_e$ qui est la différence estimée entre le Temps Terrestre et le Temps Universel le jour de l'éclipse.

– Les circonstances générales de l'éclipse.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Cartes générales et locales**

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

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

**Définition des éléments de Bessel**

Pour un lieu donné il y a lieu de déterminer :

Les instants des différents contacts.

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

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

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

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

$O$ est le centre de la Terre.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

avec :

$$\rho \cdot \cos\varphi' = \cos u + \frac{h}{r_0} \cdot \cos\varphi,$$

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

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

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

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

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

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

**Calculs des circonstances locales**

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

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

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

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

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

Soient :

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

— Calcul de la grandeur maximale :

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

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

On doit 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 $\theta$ étant du signe de $\beta$.

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

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

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

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

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

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

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

## ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 21 JUIN 2001

| 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 | 5 58 40,6221 | +23 26 17,3014 | 5 29 48,3076 | +22 1 58,9596 | − 0 28 52,3145 |
| 1 | 5 58 51,0282 | +23 26 17,6139 | 5 32 21,9209 | +22 6 59,6356 | − 0 26 29,1074 |
| 2 | 5 59 1,4343 | +23 26 17,8832 | 5 34 55,8466 | +22 11 51,5748 | − 0 24 5,5877 |
| 3 | 5 59 11,8404 | +23 26 18,1096 | 5 37 30,0790 | +22 16 34,7036 | − 0 21 41,7614 |
| 4 | 5 59 22,2465 | +23 26 18,2928 | 5 40 4,6119 | +22 21 8,9498 | − 0 19 17,6345 |
| 5 | 5 59 32,6525 | +23 26 18,4331 | 5 42 39,4392 | +22 25 34,2425 | − 0 16 53,2133 |
| 6 | 5 59 43,0584 | +23 26 18,5302 | 5 45 14,5544 | +22 29 50,5124 | − 0 14 28,5040 |
| 7 | 5 59 53,4643 | +23 26 18,5843 | 5 47 49,9510 | +22 33 57,6919 | − 0 12 3,5133 |
| 8 | 6 0 3,8702 | +23 26 18,5954 | 5 50 25,6223 | +22 37 55,7148 | − 0 9 38,2479 |
| 9 | 6 0 14,2760 | +23 26 18,5634 | 5 53 1,5614 | +22 41 44,5165 | − 0 7 12,7146 |
| 10 | 6 0 24,6818 | +23 26 18,4884 | 5 55 37,7614 | +22 45 24,0343 | − 0 4 46,9204 |
| 11 | 6 0 35,0875 | +23 26 18,3703 | 5 58 14,2150 | +22 48 54,2070 | − 0 2 20,8724 |
| 12 | 6 0 45,4931 | +23 26 18,2091 | 6 0 50,9151 | +22 52 14,9754 | + 0 0 5,4220 |
| 13 | 6 0 55,8987 | +23 26 18,0049 | 6 3 27,8541 | +22 55 26,2819 | + 0 2 31,9554 |
| 14 | 6 1 6,3042 | +23 26 17,7577 | 6 6 5,0244 | +22 58 28,0709 | + 0 4 58,7202 |
| 15 | 6 1 16,7097 | +23 26 17,4674 | 6 8 42,4185 | +23 1 20,2886 | + 0 7 25,7088 |
| 16 | 6 1 27,1151 | +23 26 17,1341 | 6 11 20,0283 | +23 4 2,8833 | + 0 9 52,9133 |
| 17 | 6 1 37,5204 | +23 26 16,7577 | 6 13 57,8461 | +23 6 35,8050 | + 0 12 20,3257 |
| 18 | 6 1 47,9257 | +23 26 16,3382 | 6 16 35,8638 | +23 8 59,0060 | + 0 14 47,9381 |
| 19 | 6 1 58,3308 | +23 26 15,8757 | 6 19 14,0730 | +23 11 12,4404 | + 0 17 15,7422 |
| 20 | 6 2 8,7359 | +23 26 15,3702 | 6 21 52,4657 | +23 13 16,0646 | + 0 19 43,7297 |
| 21 | 6 2 19,1410 | +23 26 14,8216 | 6 24 31,0333 | +23 15 9,8369 | + 0 22 11,8923 |
| 22 | 6 2 29,5459 | +23 26 14,2300 | 6 27 9,7673 | +23 16 53,7180 | + 0 24 40,2214 |
| 23 | 6 2 39,9508 | +23 26 13,5953 | 6 29 48,6593 | +23 18 27,6706 | + 0 27 8,7085 |

## ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET DU SOLEIL LE 22 JUIN 2001

| 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 | 6 2 50,3556 | +23 26 12,9176 | 6 32 27,7005 | +23 19 51,6596 | + 0 29 37,3450 |
| 1 | 6 3 0,7602 | +23 26 12,1969 | 6 35 6,8822 | +23 21 5,6523 | + 0 32 6,1219 |
| 2 | 6 3 11,1648 | +23 26 11,4331 | 6 37 46,1955 | +23 22 9,6180 | + 0 34 35,0307 |
| 3 | 6 3 21,5694 | +23 26 10,6262 | 6 40 25,6316 | +23 23 3,5286 | + 0 37 4,0622 |
| 4 | 6 3 31,9738 | +23 26 9,7763 | 6 43 5,1814 | +23 23 47,3580 | + 0 39 33,2077 |
| 5 | 6 3 42,3781 | +23 26 8,8834 | 6 45 44,8361 | +23 24 21,0826 | + 0 42 2,4580 |
| 6 | 6 3 52,7823 | +23 26 7,9475 | 6 48 24,5864 | +23 24 44,6811 | + 0 44 31,8041 |
| 7 | 6 4 3,1864 | +23 26 6,9685 | 6 51 4,4234 | +23 24 58,1347 | + 0 47 1,2370 |
| 8 | 6 4 13,5904 | +23 26 5,9464 | 6 53 44,3378 | +23 25 1,4267 | + 0 49 30,7474 |
| 9 | 6 4 23,9944 | +23 26 4,8813 | 6 56 24,3205 | +23 24 54,5431 | + 0 52 0,3262 |
| 10 | 6 4 34,3982 | +23 26 3,7732 | 6 59 4,3623 | +23 24 37,4721 | + 0 54 29,9641 |
| 11 | 6 4 44,8018 | +23 26 2,6221 | 7 1 44,4539 | +23 24 10,2044 | + 0 56 59,6520 |
| 12 | 6 4 55,2054 | +23 26 1,4279 | 7 4 24,5861 | +23 23 32,7331 | + 0 59 29,3807 |
| 13 | 6 5 5,6089 | +23 26 0,1907 | 7 7 4,7497 | +23 22 45,0537 | + 1 1 59,1408 |
| 14 | 6 5 16,0122 | +23 25 58,9104 | 7 9 44,9354 | +23 21 47,1642 | + 1 4 28,9231 |
| 15 | 6 5 26,4155 | +23 25 57,5871 | 7 12 25,1340 | +23 20 39,0650 | + 1 6 58,7185 |
| 16 | 6 5 36,8186 | +23 25 56,2208 | 7 15 5,3362 | +23 19 20,7590 | + 1 9 28,5177 |
| 17 | 6 5 47,2215 | +23 25 54,8115 | 7 17 45,5330 | +23 17 52,2515 | + 1 11 58,3114 |
| 18 | 6 5 57,6244 | +23 25 53,3591 | 7 20 25,7150 | +23 16 13,5501 | + 1 14 28,0906 |
| 19 | 6 6 8,0271 | +23 25 51,8637 | 7 23 5,8732 | +23 14 24,6650 | + 1 16 57,8461 |
| 20 | 6 6 18,4297 | +23 25 50,3253 | 7 25 45,9984 | +23 12 25,6088 | + 1 19 27,5687 |
| 21 | 6 6 28,8322 | +23 25 48,7438 | 7 28 26,0817 | +23 10 16,3965 | + 1 21 57,2495 |
| 22 | 6 6 39,2345 | +23 25 47,1193 | 7 31 6,1140 | +23 7 57,0454 | + 1 24 26,8795 |
| 23 | 6 6 49,6367 | +23 25 45,4518 | 7 33 46,0864 | +23 5 27,5753 | + 1 26 56,4497 |
| 24 | 6 7 0,0387 | +23 25 43,7413 | 7 36 25,9900 | +23 2 48,0083 | + 1 29 25,9512 |

## 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 : $r_0 = 6\,378\,140$ 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) : $\Delta T_e = 66,50$ 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 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 TOTALE DU 21 JUIN 2001

Instant de la conjonction géocentrique en ascension droite
le 21 juin 2001 à 11h 57m 46,683s UT.

| | | |
|---|---|---|
| Ascension droite du Soleil | : | 6h 0m 45,108s. |
| Déclinaison du Soleil | : | +23° 26′ 18,22″. |
| Ascension droite de la Lune | : | 6h 0m 45,108s. |
| Déclinaison de la Lune | : | +22° 52′ 7,71″. |
| Parallaxe équatoriale du Soleil | : | 8,65″. |
| Parallaxe équatoriale de la Lune | : | 59′ 47,80″. |
| Demi-diamètre vrai du Soleil | : | 15′ 44,27″. |
| Demi-diamètre vrai de la Lune | : | 16′ 17,60″. |

## CIRCONSTANCES DE L'ÉCLIPSE GÉNÉRALE

magnitude : 1,0252

| | | UT | Longitude | Latitude |
|---|---|---|---|---|
| Commencement de l'éclipse générale | : | le 21 à 9h 33,0m | + 41° 5,6′ | −25° 4,8′ |
| Commencement de l'éclipse totale | : | le 21 à 10h 35,9m | + 49° 56,9′ | −36° 18,5′ |
| Commencement de l'éclipse centrale | : | le 21 à 10h 37,0m | + 50° 1,3′ | −36° 37,5′ |
| Éclipse centrale à midi ou minuit vrai | : | le 21 à 11h 57,8m | − 0° 59,8′ | −11° 35,7′ |
| Maximum de l'éclipse | : | le 21 à 12h 3,6m | − 2° 45,7′ | −11° 15,6′ |
| Fin de l'éclipse centrale | : | le 21 à 13h 30,3m | − 55° 14,4′ | −26° 45,3′ |
| Fin de l'éclipse totale | : | le 21 à 13h 31,5m | − 55° 7,3′ | −26° 25,1′ |
| Fin de l'éclipse générale | : | le 21 à 14h 34,3m | − 45° 12,8′ | −14° 57,5′ |

## 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 $t = (T - 9\text{h}) + \delta T/3600$, $T$ est exprimé en heures et fraction d'heure. Ces équations ne sont valides que sur l'intervalle $9\text{h} < T < 15\text{h}$, ne pas les utiliser pour des valeurs extérieures à cet intervalle. $\delta T$ représente la différence entre $\Delta T_r$ et $\Delta T_e$, $\Delta T_e$ représente la différence estimée de TT−UT et $\Delta T_r$ la différence réelle de TT−UT.

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

$$
\begin{aligned}
x &= -1,674\,726\,67 + 0,564\,975\,88 \times t + 0,000\,108\,45 \times t^2 - 0,000\,008\,86 \times t^3 \\
y &= -0,737\,423\,01 + 0,055\,898\,11 \times t - 0,000\,125\,14 \times t^2 - 0,000\,000\,98 \times t^3 \\
\sin d &= 0,397\,792\,71 - 0,000\,002\,39 \times t - 0,000\,000\,09 \times t^2 \\
\cos d &= 0,917\,475\,31 + 0,000\,001\,04 \times t + 0,000\,000\,04 \times t^2 \\
H &= -45,438\,202\,81 + 14,999\,193\,18 \times t + 0,000\,000\,41 \times t^2 - 0,000\,000\,02 \times t^3 - 0,004\,178\,07\,\delta T \\
u_e &= 0,537\,165\,65 - 0,000\,022\,21 \times t - 0,000\,012\,09 \times t^2 \\
u_i &= 0,009\,173\,87 + 0,000\,022\,09 \times t + 0,000\,012\,03 \times t^2
\end{aligned}
$$

**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 | | | | | ° | | |
| 9 0 | −1,674 727 | −0,737 423 | 0,397 793 | 0,917 475 | 314,561 80 | 0,537 166 | 0,009 174 |
| 9 10 | −1,580 561 | −0,728 110 | 0,397 792 | 0,917 475 | 317,061 66 | 0,537 162 | 0,009 178 |
| 9 20 | −1,486 390 | −0,718 804 | 0,397 792 | 0,917 476 | 319,561 53 | 0,537 157 | 0,009 183 |
| 9 30 | −1,392 213 | −0,709 505 | 0,397 791 | 0,917 476 | 322,061 39 | 0,537 152 | 0,009 188 |
| 9 40 | −1,298 030 | −0,700 214 | 0,397 791 | 0,917 476 | 324,561 26 | 0,537 145 | 0,009 194 |
| 9 50 | −1,203 843 | −0,690 929 | 0,397 791 | 0,917 476 | 327,061 13 | 0,537 139 | 0,009 201 |
| 10 0 | −1,109 651 | −0,681 651 | 0,397 790 | 0,917 476 | 329,560 99 | 0,537 131 | 0,009 208 |
| 10 10 | −1,015 455 | −0,672 380 | 0,397 790 | 0,917 477 | 332,060 86 | 0,537 123 | 0,009 216 |
| 10 20 | −0,921 254 | −0,663 117 | 0,397 789 | 0,917 477 | 334,560 72 | 0,537 115 | 0,009 225 |
| 10 30 | −0,827 049 | −0,653 861 | 0,397 789 | 0,917 477 | 337,060 59 | 0,537 105 | 0,009 234 |
| 10 40 | −0,732 840 | −0,644 612 | 0,397 788 | 0,917 477 | 339,560 45 | 0,537 095 | 0,009 244 |
| 10 50 | −0,638 628 | −0,635 370 | 0,397 788 | 0,917 477 | 342,060 32 | 0,537 084 | 0,009 255 |
| 11 0 | −0,544 412 | −0,626 135 | 0,397 788 | 0,917 478 | 344,560 19 | 0,537 073 | 0,009 266 |
| 11 10 | −0,450 193 | −0,616 908 | 0,397 787 | 0,917 478 | 347,060 05 | 0,537 061 | 0,009 278 |
| 11 20 | −0,355 972 | −0,607 688 | 0,397 787 | 0,917 478 | 349,559 92 | 0,537 048 | 0,009 291 |
| 11 30 | −0,261 748 | −0,598 475 | 0,397 786 | 0,917 478 | 352,059 78 | 0,537 035 | 0,009 304 |
| 11 40 | −0,167 521 | −0,589 270 | 0,397 786 | 0,917 478 | 354,559 65 | 0,537 020 | 0,009 318 |
| 11 50 | −0,073 293 | −0,580 072 | 0,397 785 | 0,917 479 | 357,059 51 | 0,537 006 | 0,009 333 |
| 12 0 | 0,020 938 | −0,570 881 | 0,397 785 | 0,917 479 | 359,559 38 | 0,536 990 | 0,009 348 |
| 12 10 | 0,115 170 | −0,561 698 | 0,397 784 | 0,917 479 | 2,059 25 | 0,536 974 | 0,009 365 |
| 12 20 | 0,209 403 | −0,552 523 | 0,397 784 | 0,917 479 | 4,559 11 | 0,536 957 | 0,009 381 |
| 12 30 | 0,303 637 | −0,543 355 | 0,397 783 | 0,917 479 | 7,058 98 | 0,536 940 | 0,009 399 |
| 12 40 | 0,397 873 | −0,534 194 | 0,397 783 | 0,917 480 | 9,558 84 | 0,536 922 | 0,009 417 |
| 12 50 | 0,492 109 | −0,525 041 | 0,397 782 | 0,917 480 | 12,058 71 | 0,536 903 | 0,009 435 |
| 13 0 | 0,586 345 | −0,515 896 | 0,397 782 | 0,917 480 | 14,558 57 | 0,536 883 | 0,009 455 |
| 13 10 | 0,680 581 | −0,506 758 | 0,397 781 | 0,917 480 | 17,058 44 | 0,536 863 | 0,009 475 |
| 13 20 | 0,774 818 | −0,497 628 | 0,397 781 | 0,917 481 | 19,558 31 | 0,536 842 | 0,009 496 |
| 13 30 | 0,869 053 | −0,488 505 | 0,397 780 | 0,917 481 | 22,058 17 | 0,536 821 | 0,009 517 |
| 13 40 | 0,963 289 | −0,479 390 | 0,397 780 | 0,917 481 | 24,558 04 | 0,536 798 | 0,009 539 |
| 13 50 | 1,057 523 | −0,470 283 | 0,397 779 | 0,917 481 | 27,057 90 | 0,536 776 | 0,009 562 |
| 14 0 | 1,151 756 | −0,461 184 | 0,397 778 | 0,917 481 | 29,557 77 | 0,536 752 | 0,009 585 |
| 14 10 | 1,245 988 | −0,452 092 | 0,397 778 | 0,917 482 | 32,057 64 | 0,536 728 | 0,009 610 |
| 14 20 | 1,340 219 | −0,443 008 | 0,397 777 | 0,917 482 | 34,557 50 | 0,536 703 | 0,009 634 |
| 14 30 | 1,434 447 | −0,433 932 | 0,397 777 | 0,917 482 | 37,057 37 | 0,536 677 | 0,009 660 |
| 14 40 | 1,528 673 | −0,424 864 | 0,397 776 | 0,917 482 | 39,557 23 | 0,536 651 | 0,009 686 |
| 14 50 | 1,622 897 | −0,415 804 | 0,397 776 | 0,917 483 | 42,057 10 | 0,536 624 | 0,009 713 |
| 15 0 | 1,717 119 | −0,406 751 | 0,397 775 | 0,917 483 | 44,556 97 | 0,536 597 | 0,009 740 |

$$\tan f_e = +0,004\,600\,46$$
$$\tan f_i = -0,004\,577\,54$$
$$H' = +0,261\,785\,34\,\mathrm{rd/h}$$
$$d' = -0,000\,003\,21\,\mathrm{rd/h}$$

## 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 | $x$ | $y$ | $\sin d$ | $\cos d$ | $\mu$ | $l_e$ | $l_i$ |
| h m | | | | | ° | | |
| 9 0 | −1,674 727 | −0,737 423 | 0,397 793 | 0,917 475 | 314,561 80 | 0,537 166 | −0,009 174 |
| 9 10 | −1,580 561 | −0,728 110 | 0,397 792 | 0,917 475 | 317,061 66 | 0,537 162 | −0,009 178 |
| 9 20 | −1,486 390 | −0,718 804 | 0,397 792 | 0,917 476 | 319,561 53 | 0,537 157 | −0,009 183 |
| 9 30 | −1,392 213 | −0,709 505 | 0,397 791 | 0,917 476 | 322,061 39 | 0,537 152 | −0,009 188 |
| 9 40 | −1,298 030 | −0,700 214 | 0,397 791 | 0,917 476 | 324,561 26 | 0,537 145 | −0,009 194 |
| 9 50 | −1,203 843 | −0,690 929 | 0,397 791 | 0,917 476 | 327,061 13 | 0,537 139 | −0,009 201 |
| 10 0 | −1,109 651 | −0,681 651 | 0,397 790 | 0,917 476 | 329,560 99 | 0,537 131 | −0,009 208 |
| 10 10 | −1,015 455 | −0,672 380 | 0,397 790 | 0,917 477 | 332,060 86 | 0,537 123 | −0,009 216 |
| 10 20 | −0,921 254 | −0,663 117 | 0,397 789 | 0,917 477 | 334,560 72 | 0,537 115 | −0,009 225 |
| 10 30 | −0,827 049 | −0,653 861 | 0,397 789 | 0,917 477 | 337,060 59 | 0,537 105 | −0,009 234 |
| 10 40 | −0,732 840 | −0,644 612 | 0,397 788 | 0,917 477 | 339,560 45 | 0,537 095 | −0,009 244 |
| 10 50 | −0,638 628 | −0,635 370 | 0,397 788 | 0,917 477 | 342,060 32 | 0,537 084 | −0,009 255 |
| 11 0 | −0,544 412 | −0,626 135 | 0,397 788 | 0,917 478 | 344,560 19 | 0,537 073 | −0,009 266 |
| 11 10 | −0,450 193 | −0,616 908 | 0,397 787 | 0,917 478 | 347,060 05 | 0,537 061 | −0,009 278 |
| 11 20 | −0,355 972 | −0,607 688 | 0,397 787 | 0,917 478 | 349,559 92 | 0,537 048 | −0,009 291 |
| 11 30 | −0,261 748 | −0,598 475 | 0,397 786 | 0,917 478 | 352,059 78 | 0,537 035 | −0,009 304 |
| 11 40 | −0,167 521 | −0,589 270 | 0,397 786 | 0,917 478 | 354,559 65 | 0,537 020 | −0,009 318 |
| 11 50 | −0,073 293 | −0,580 072 | 0,397 785 | 0,917 479 | 357,059 51 | 0,537 006 | −0,009 333 |
| 12 0 | 0,020 938 | −0,570 881 | 0,397 785 | 0,917 479 | 359,559 38 | 0,536 990 | −0,009 348 |
| 12 10 | 0,115 170 | −0,561 698 | 0,397 784 | 0,917 479 | 2,059 25 | 0,536 974 | −0,009 365 |
| 12 20 | 0,209 403 | −0,552 523 | 0,397 784 | 0,917 479 | 4,559 11 | 0,536 957 | −0,009 381 |
| 12 30 | 0,303 637 | −0,543 355 | 0,397 783 | 0,917 479 | 7,058 98 | 0,536 940 | −0,009 399 |
| 12 40 | 0,397 873 | −0,534 194 | 0,397 783 | 0,917 480 | 9,558 84 | 0,536 922 | −0,009 417 |
| 12 50 | 0,492 109 | −0,525 041 | 0,397 782 | 0,917 480 | 12,058 71 | 0,536 903 | −0,009 435 |
| 13 0 | 0,586 345 | −0,515 896 | 0,397 782 | 0,917 480 | 14,558 57 | 0,536 883 | −0,009 455 |
| 13 10 | 0,680 581 | −0,506 758 | 0,397 781 | 0,917 480 | 17,058 44 | 0,536 863 | −0,009 475 |
| 13 20 | 0,774 818 | −0,497 628 | 0,397 781 | 0,917 481 | 19,558 31 | 0,536 842 | −0,009 496 |
| 13 30 | 0,869 053 | −0,488 505 | 0,397 780 | 0,917 481 | 22,058 17 | 0,536 821 | −0,009 517 |
| 13 40 | 0,963 289 | −0,479 390 | 0,397 780 | 0,917 481 | 24,558 04 | 0,536 798 | −0,009 539 |
| 13 50 | 1,057 523 | −0,470 283 | 0,397 779 | 0,917 481 | 27,057 90 | 0,536 776 | −0,009 562 |
| 14 0 | 1,151 756 | −0,461 184 | 0,397 778 | 0,917 481 | 29,557 77 | 0,536 752 | −0,009 585 |
| 14 10 | 1,245 988 | −0,452 092 | 0,397 778 | 0,917 482 | 32,057 64 | 0,536 728 | −0,009 610 |
| 14 20 | 1,340 219 | −0,443 008 | 0,397 777 | 0,917 482 | 34,557 50 | 0,536 703 | −0,009 634 |
| 14 30 | 1,434 447 | −0,433 932 | 0,397 777 | 0,917 482 | 37,057 37 | 0,536 677 | −0,009 660 |
| 14 40 | 1,528 673 | −0,424 864 | 0,397 776 | 0,917 482 | 39,557 23 | 0,536 651 | −0,009 686 |
| 14 50 | 1,622 897 | −0,415 804 | 0,397 776 | 0,917 483 | 42,057 10 | 0,536 624 | −0,009 713 |
| 15 0 | 1,717 119 | −0,406 751 | 0,397 775 | 0,917 483 | 44,556 97 | 0,536 597 | −0,009 740 |

$$\tan f_1 = +0,004\,600\,46$$
$$\tan f_2 = +0,004\,577\,54$$
$$\mu' = +0,261\,785\,34\,\text{rd/h}$$
$$d' = -0,000\,003\,21\,\text{rd/h}$$

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

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

Les coordonnées de Lichinga sont les suivantes :

$$\varphi = 13^\circ\ 40'\ 0,0''\ \text{S} \qquad \lambda = 2\,\text{h}\ 20\,\text{m}\ 52,0\,\text{s}\ \text{E} \qquad h = 0,0\,\text{m}\,,$$

ce qui donne $\rho\sin\varphi' = -0,234\,74$ et $\rho\cos\varphi' = 0,971\,87$.

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.) ..... | 12 h 0 m | 13 h30 m | 14 h30 m |
| $H$ ..... | −0,440 62° | 22,058 17° | 37,057 37° |
| $\sin d$ ..... | 0,397 78 | 0,397 78 | 0,397 78 |
| $\cos d$ ..... | 0,917 48 | 0,917 48 | 0,917 48 |
| $x$ ..... | 0,020 94 | 0,869 05 | 1,434 45 |
| $\xi$ ..... | 0,554 32 | 0,817 61 | 0,925 73 |
| $U = x - \xi$ ..... | −0,533 39 | 0,051 45 | 0,508 72 |
| $y$ ..... | −0,570 88 | −0,488 51 | −0,433 93 |
| $\eta$ ..... | −0,532 91 | −0,424 36 | −0,333 07 |
| $V = y - \eta$ ..... | −0,037 97 | −0,064 15 | −0,100 86 |
| $\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$ ..... | 0,356 41 | 0,427 87 | 0,487 90 |
| $\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$ ..... | −0,002 60 | −0,030 43 | −0,041 97 |
| $l_e$ ..... | 0,534 05 | 0,535 03 | 0,535 86 |
| $\beta$ ..... | −1,495 70 | 0,130 24 | 1,052 66 |
| $\gamma$ ..... | 0,005 78 | | −0,075 79 |
| $\theta = \pm\sqrt{\beta^2 - \gamma}$ ..... | −1,493 77 | | 1,088 06 |
| $\tau = -\beta + \theta$ ..... | 0,001 93 h | | 0,035 40 h |
| $\tau_m = -\beta$ ..... | | −0,130 24 h | |
| $t + \tau$ ..... | 12 h 0 m 7,0 s | | 14 h 32 m 7,4 s |
| $t + \tau_m$ ..... | | 13 h 22 m 11,1 s | |

**Deuxième approximation :**

| | 1er contact extérieur | Maximum | 2e contact extérieur |
|---|---|---|---|
| $t$ (UT.) ..... | 12 h 0 m 7,0 s | 13 h 22 m 11,1 s | 14 h 32 m 7,4 s |
| $H$ ..... | −0,411 63° | 20,104 67° | 37,588 38° |
| $\sin d$ ..... | 0,397 78 | 0,397 78 | 0,397 78 |
| $\cos d$ ..... | 0,917 48 | 0,917 48 | 0,917 48 |
| $x$ ..... | 0,022 03 | 0,795 41 | 1,454 46 |
| $\xi$ ..... | 0,554 73 | 0,799 22 | 0,928 43 |
| $U = x - \xi$ ..... | −0,532 70 | −0,003 81 | 0,526 03 |
| $y$ ..... | −0,570 77 | −0,495 63 | −0,432 01 |
| $\eta$ ..... | −0,532 80 | −0,435 32 | −0,329 65 |
| $V = y - \eta$ ..... | −0,037 98 | −0,060 31 | −0,102 36 |
| $\dot{U} = \dot{x} - \dot{\xi}$ ..... | 0,356 48 | 0,420 66 | 0,490 15 |
| $\dot{V} = \dot{y} - \dot{\eta}$ ..... | −0,002 65 | −0,028 48 | −0,042 26 |
| $l_e$ ..... | 0,534 05 | 0,534 93 | 0,535 89 |
| $\beta$ ..... | −1,493 44 | 0,000 65 | 1,083 16 |
| $\gamma$ ..... | −0,000 01 | | 0,000 04 |
| $\theta = \pm\sqrt{\beta^2 - \gamma}$ ..... | −1,493 45 | | 1,083 14 |
| $\tau = -\beta + \theta$ ..... | −0,000 00 h | | −0,000 02 h |
| $\tau_m = -\beta$ ..... | | −0,000 65 h | |
| $t + \tau$ ..... | 12 h 0 m 6,9 s | | 14 h 32 m 7,4 s |
| $t + \tau_m$ ..... | | 13 h 22 m 8,8 s | |
| $g$ ..... | | 0,906 3 | |
| $P$ ..... | 265,9° | | 101,0° |
| $\Gamma$ ..... | 133,8° | | 109,5° |
| $Z = P - \Gamma$ ..... | 132,1° | | 351,5° |

## LIGNE DE CENTRALITÉ

## CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

**Rappel des notations**

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

## LIGNE DE CENTRALITÉ

| Instant | Limite nord | | Ligne centrale | | Limite sud | | Ligne centrale | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UT | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude | Durée | $h$ |
| h m | ° ′ | ° ′ | ° ′ | ° ′ | ° ′ | ° ′ | m s | ° |
| Limites | −36 4,3 | + 50 17,2 | −36 37,5 | + 50 1,3 | −37 10,9 | + 49 45,2 | 2 9,2 | ··· |
| 10 38 | −31 47,1 | + 41 31,7 | −33 11,4 | + 42 52,0 | −34 54,7 | + 44 54,9 | 2 24,9 | 7 |
| 10 40 | −29 31,3 | + 37 13,3 | −30 37,3 | + 37 51,9 | −31 47,4 | + 38 39,6 | 2 38,0 | 12 |
| 10 45 | −25 59,1 | + 30 48,1 | −26 55,3 | + 31 2,1 | −27 53,1 | + 31 19,3 | 2 59,3 | 20 |
| 10 50 | −23 31,4 | + 26 28,3 | −24 24,8 | + 26 33,7 | −25 19,2 | + 26 41,1 | 3 15,6 | 26 |
| 10 55 | −21 34,0 | + 23 3,8 | −22 26,2 | + 23 4,6 | −23 19,3 | + 23 6,9 | 3 29,6 | 30 |
| 11 0 | −19 55,7 | + 20 11,6 | −20 47,4 | + 20 9,5 | −21 39,9 | + 20 8,5 | 3 42,2 | 34 |
| 11 5 | −18 31,0 | + 17 40,8 | −19 22,6 | + 17 36,7 | −20 14,9 | + 17 33,6 | 3 53,6 | 37 |
| 11 10 | −17 16,9 | + 15 25,2 | −18 8,6 | + 15 19,7 | −19 0,8 | + 15 15,0 | 4 4,0 | 40 |
| 11 15 | −16 11,3 | + 13 20,9 | −17 3,2 | + 13 14,4 | −17 55,6 | + 13 8,6 | 4 13,5 | 43 |
| 11 20 | −15 13,0 | + 11 25,3 | −16 5,1 | + 11 17,9 | −16 57,7 | + 11 11,3 | 4 22,3 | 45 |
| 11 25 | −14 21,0 | + 9 36,3 | −15 13,4 | + 9 28,4 | −16 6,2 | + 9 21,2 | 4 30,1 | 47 |
| 11 30 | −13 34,6 | + 7 52,5 | −14 27,3 | + 7 44,3 | −15 20,4 | + 7 36,7 | 4 37,2 | 49 |
| 11 35 | −12 53,3 | + 6 12,8 | −13 46,3 | + 6 4,5 | −14 39,8 | + 5 56,5 | 4 43,4 | 51 |
| 11 40 | −12 16,8 | + 4 36,3 | −13 10,1 | + 4 27,9 | −14 3,8 | + 4 19,8 | 4 48,8 | 52 |
| 11 45 | −11 44,6 | + 3 2,3 | −12 38,3 | + 2 53,8 | −13 32,3 | + 2 45,7 | 4 53,3 | 53 |
| 11 50 | −11 16,7 | + 1 29,9 | −12 10,7 | + 1 21,5 | −13 4,9 | + 1 13,4 | 4 56,8 | 54 |
| 11 55 | −10 52,9 | − 0 1,3 | −11 47,1 | − 0 9,5 | −12 41,6 | − 0 17,6 | 4 59,5 | 55 |
| 12 0 | −10 33,1 | − 1 31,8 | −11 27,5 | − 1 39,9 | −12 22,2 | − 1 47,8 | 5 1,1 | 55 |
| 12 5 | −10 17,1 | − 3 2,3 | −11 11,7 | − 3 10,1 | −12 6,6 | − 3 17,9 | 5 1,8 | 55 |
| 12 10 | −10 5,1 | − 4 33,1 | −10 59,8 | − 4 40,7 | −11 54,8 | − 4 48,3 | 5 1,5 | 55 |
| 12 15 | − 9 57,0 | − 6 4,7 | −10 51,8 | − 6 12,1 | −11 46,9 | − 6 19,5 | 5 0,3 | 54 |
| 12 20 | − 9 52,8 | − 7 37,8 | −10 47,7 | − 7 44,9 | −11 42,9 | − 7 52,2 | 4 58,0 | 54 |
| 12 25 | − 9 52,8 | − 9 12,7 | −10 47,7 | − 9 19,6 | −11 42,8 | − 9 26,8 | 4 54,7 | 53 |
| 12 30 | − 9 57,0 | − 10 50,2 | −10 51,9 | − 10 56,9 | −11 47,0 | − 11 4,0 | 4 50,5 | 51 |
| 12 35 | −10 5,7 | − 12 30,9 | −11 0,5 | − 12 37,5 | −11 55,5 | − 12 44,5 | 4 45,3 | 50 |
| 12 40 | −10 19,2 | − 14 15,6 | −11 13,8 | − 14 22,2 | −12 8,8 | − 14 29,2 | 4 39,1 | 48 |
| 12 45 | −10 37,9 | − 16 5,3 | −11 32,4 | − 16 11,9 | −12 27,2 | − 16 19,2 | 4 32,0 | 46 |
| 12 50 | −11 2,2 | − 18 1,2 | −11 56,6 | − 18 8,1 | −12 51,3 | − 18 15,7 | 4 24,0 | 44 |
| 12 55 | −11 33,1 | − 20 5,0 | −12 27,3 | − 20 12,3 | −13 21,8 | − 20 20,4 | 4 15,0 | 41 |
| 13 0 | −12 11,3 | − 22 18,7 | −13 5,4 | − 22 26,8 | −13 59,9 | − 22 35,8 | 4 5,0 | 39 |
| 13 5 | −12 58,5 | − 24 45,6 | −13 52,5 | − 24 54,8 | −14 47,0 | − 25 5,1 | 3 54,0 | 35 |
| 13 10 | −13 56,8 | − 27 30,1 | −14 51,0 | − 27 41,1 | −15 45,6 | − 27 53,6 | 3 41,9 | 32 |
| 13 15 | −15 10,0 | − 30 40,1 | −16 4,6 | − 30 54,2 | −16 59,9 | − 31 9,9 | 3 28,4 | 28 |
| 13 20 | −16 45,0 | − 34 30,4 | −17 40,9 | − 34 49,8 | −18 37,7 | − 35 11,7 | 3 12,9 | 23 |
| 13 25 | −18 58,7 | − 39 36,9 | −19 58,6 | − 40 8,7 | −21 0,4 | − 40 45,0 | 2 54,1 | 16 |
| 13 30 | −23 17,1 | − 49 6,3 | −25 1,0 | − 51 22,0 | −27 16,9 | − 55 1,3 | 2 22,0 | 4 |
| Limites | −26 10,0 | − 55 26,2 | −26 45,3 | − 55 14,4 | −27 20,8 | − 55 2,6 | 2 13,0 | ··· |

## CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

| Instant | Maximum de l'éclipse | | | | | | Ligne centrale | | Premier contact | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UT | Durée | $L$ | Obs. | $g$ | $h$ | $a$ | Latitude | Longitude | UT | $P$ | $Z$ |
| h m | m s | km | % | | ° | ° | ° ′ | ° ′ | h m s | ° | ° |
| Limites | 2 9,2 | 131 | 100,0 | 1,018 | ··· | 240 | −36 37,5 | + 50 1,3 | ·· ·· ··· | ··· | ··· |
| 10 38 | 2 24,9 | 138 | 100,0 | 1,019 | 7 | 236 | −33 11,4 | + 42 52,0 | ·· ·· ··· | ··· | ··· |
| 10 40 | 2 38,0 | 143 | 100,0 | 1,019 | 12 | 233 | −30 37,3 | + 37 51,9 | 9 34 52,8 | 254 | 18 |
| 10 45 | 2 59,3 | 152 | 100,0 | 1,021 | 20 | 229 | −26 55,3 | + 31 2,1 | 9 35 45,4 | 253 | 17 |
| 10 50 | 3 15,6 | 158 | 100,0 | 1,021 | 26 | 225 | −24 24,8 | + 26 33,7 | 9 37 33,5 | 253 | 17 |
| 10 55 | 3 29,6 | 163 | 100,0 | 1,022 | 30 | 223 | −22 26,2 | + 23 4,6 | 9 39 45,8 | 253 | 17 |
| 11 0 | 3 42,2 | 168 | 100,0 | 1,023 | 34 | 220 | −20 47,4 | + 20 9,5 | 9 42 12,9 | 252 | 17 |
| 11 5 | 3 53,6 | 172 | 100,0 | 1,023 | 37 | 217 | −19 22,6 | + 17 36,7 | 9 44 50,5 | 252 | 18 |
| 11 10 | 4 4,0 | 176 | 100,0 | 1,023 | 40 | 215 | −18 8,6 | + 15 19,7 | 9 47 36,5 | 253 | 19 |
| 11 15 | 4 13,5 | 180 | 100,0 | 1,024 | 43 | 212 | −17 3,2 | + 13 14,4 | 9 50 29,6 | 253 | 20 |
| 11 20 | 4 22,3 | 184 | 100,0 | 1,024 | 45 | 209 | −16 5,1 | + 11 17,9 | 9 53 29,1 | 253 | 22 |
| 11 25 | 4 30,1 | 187 | 100,0 | 1,024 | 47 | 206 | −15 13,4 | + 9 28,4 | 9 56 34,7 | 253 | 23 |
| 11 30 | 4 37,2 | 190 | 100,0 | 1,025 | 49 | 202 | −14 27,3 | + 7 44,3 | 9 59 46,2 | 254 | 25 |
| 11 35 | 4 43,4 | 193 | 100,0 | 1,025 | 51 | 199 | −13 46,3 | + 6 4,5 | 10 3 3,8 | 254 | 27 |
| 11 40 | 4 48,8 | 196 | 100,0 | 1,025 | 52 | 195 | −13 10,1 | + 4 27,9 | 10 6 27,6 | 254 | 29 |
| 11 45 | 4 53,3 | 198 | 100,0 | 1,025 | 53 | 191 | −12 38,3 | + 2 53,8 | 10 9 58,1 | 255 | 32 |
| 11 50 | 4 56,8 | 200 | 100,0 | 1,025 | 54 | 187 | −12 10,7 | + 1 21,5 | 10 13 35,7 | 255 | 34 |
| 11 55 | 4 59,5 | 202 | 100,0 | 1,025 | 55 | 182 | −11 47,1 | − 0 9,5 | 10 17 21,0 | 256 | 37 |
| 12 0 | 5 1,1 | 203 | 100,0 | 1,025 | 55 | 178 | −11 27,5 | − 1 39,9 | 10 21 14,6 | 257 | 41 |
| 12 5 | 5 1,8 | 204 | 100,0 | 1,025 | 55 | 174 | −11 11,7 | − 3 10,1 | 10 25 17,3 | 257 | 44 |
| 12 10 | 5 1,5 | 204 | 100,0 | 1,025 | 55 | 169 | −10 59,8 | − 4 40,7 | 10 29 30,0 | 258 | 48 |
| 12 15 | 5 0,3 | 204 | 100,0 | 1,025 | 54 | 165 | −10 51,8 | − 6 12,1 | 10 33 53,6 | 259 | 53 |
| 12 20 | 4 58,0 | 203 | 100,0 | 1,025 | 54 | 161 | −10 47,7 | − 7 44,9 | 10 38 29,2 | 260 | 58 |
| 12 25 | 4 54,7 | 202 | 100,0 | 1,025 | 53 | 157 | −10 47,7 | − 9 19,6 | 10 43 17,8 | 261 | 63 |
| 12 30 | 4 50,5 | 201 | 100,0 | 1,025 | 51 | 153 | −10 51,9 | − 10 56,9 | 10 48 20,7 | 262 | 69 |
| 12 35 | 4 45,3 | 198 | 100,0 | 1,025 | 50 | 149 | −11 0,5 | − 12 37,5 | 10 53 39,2 | 263 | 75 |
| 12 40 | 4 39,1 | 196 | 100,0 | 1,025 | 48 | 146 | −11 13,8 | − 14 22,2 | 10 59 14,4 | 264 | 81 |
| 12 45 | 4 32,0 | 193 | 100,0 | 1,024 | 46 | 143 | −11 32,4 | − 16 11,9 | 11 5 7,7 | 265 | 88 |
| 12 50 | 4 24,0 | 190 | 100,0 | 1,024 | 44 | 140 | −11 56,6 | − 18 8,1 | 11 11 20,5 | 266 | 95 |
| 12 55 | 4 15,0 | 186 | 100,0 | 1,024 | 41 | 138 | −12 27,3 | − 20 12,3 | 11 17 54,2 | 267 | 102 |
| 13 0 | 4 5,0 | 182 | 100,0 | 1,024 | 39 | 135 | −13 5,4 | − 22 26,8 | 11 24 50,4 | 268 | 109 |
| 13 5 | 3 54,0 | 178 | 100,0 | 1,023 | 35 | 133 | −13 52,5 | − 24 54,8 | 11 32 10,8 | 269 | 115 |
| 13 10 | 3 41,9 | 173 | 100,0 | 1,023 | 32 | 130 | −14 51,0 | − 27 41,1 | 11 39 58,1 | 270 | 122 |
| 13 15 | 3 28,4 | 167 | 100,0 | 1,022 | 28 | 128 | −16 4,6 | − 30 54,2 | 11 48 16,4 | 271 | 128 |
| 13 20 | 3 12,9 | 161 | 100,0 | 1,022 | 23 | 126 | −17 40,9 | − 34 49,8 | 11 57 14,3 | 272 | 134 |
| 13 25 | 2 54,1 | 153 | 100,0 | 1,021 | 16 | 123 | −19 58,6 | − 40 8,7 | 12 7 15,0 | 273 | 139 |
| 13 30 | 2 22,0 | 139 | 100,0 | 1,019 | 4 | 118 | −25 1,0 | − 51 22,0 | 12 20 59,8 | 274 | 146 |
| Limites | 2 13,0 | 134 | 100,0 | 1,018 | ··· | 116 | −26 45,3 | − 55 14,4 | 12 23 45,0 | 274 | 147 |

## CIRCONSTANCES LOCALES SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ

| Instant maximum UT | Deuxième contact | | | Troisième contact | | | Quatrième contact | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | UT | $P$ | $Z$ | UT | $P$ | $Z$ | UT | $P$ | $Z$ |
| h m | h m s | ° | ° | h m s | ° | ° | h m s | ° | ° |
| Limites | .. .. ... | ... | ... | 10 38 7,7 | 255 | 25 | 11 43 1,9 | 75 | 213 |
| 10 38 | 10 36 47,8 | 74 | 205 | 10 39 12,7 | 254 | 25 | 11 48 9,9 | 74 | 214 |
| 10 40 | 10 38 41,2 | 74 | 205 | 10 41 19,2 | 254 | 25 | 11 53 38,7 | 74 | 216 |
| 10 45 | 10 43 30,6 | 73 | 206 | 10 46 29,9 | 253 | 26 | 12 4 13,4 | 73 | 221 |
| 10 50 | 10 48 22,5 | 73 | 207 | 10 51 38,1 | 253 | 28 | 12 13 22,9 | 74 | 226 |
| 10 55 | 10 53 15,5 | 73 | 209 | 10 56 45,2 | 253 | 30 | 12 21 49,9 | 74 | 232 |
| 11 0 | 10 58 9,3 | 73 | 212 | 11 1 51,5 | 253 | 32 | 12 29 46,9 | 75 | 237 |
| 11 5 | 11 3 3,6 | 73 | 214 | 11 6 57,2 | 253 | 35 | 12 37 19,3 | 75 | 243 |
| 11 10 | 11 7 58,4 | 74 | 217 | 11 12 2,4 | 254 | 38 | 12 44 29,8 | 76 | 249 |
| 11 15 | 11 12 53,6 | 74 | 220 | 11 17 7,2 | 254 | 41 | 12 51 20,0 | 77 | 255 |
| 11 20 | 11 17 49,3 | 74 | 223 | 11 22 11,5 | 254 | 45 | 12 57 51,0 | 77 | 261 |
| 11 25 | 11 22 45,3 | 75 | 227 | 11 27 15,4 | 255 | 49 | 13 4 3,7 | 78 | 268 |
| 11 30 | 11 27 41,7 | 76 | 231 | 11 32 18,9 | 256 | 53 | 13 9 58,9 | 79 | 274 |
| 11 35 | 11 32 38,6 | 76 | 235 | 11 37 22,0 | 256 | 57 | 13 15 37,4 | 80 | 279 |
| 11 40 | 11 37 35,9 | 77 | 240 | 11 42 24,7 | 257 | 62 | 13 21 0,0 | 81 | 285 |
| 11 45 | 11 42 33,6 | 78 | 245 | 11 47 26,8 | 258 | 67 | 13 26 7,6 | 82 | 290 |
| 11 50 | 11 47 31,8 | 78 | 250 | 11 52 28,6 | 259 | 72 | 13 31 0,9 | 83 | 295 |
| 11 55 | 11 52 30,4 | 79 | 256 | 11 57 29,8 | 259 | 78 | 13 35 40,9 | 84 | 299 |
| 12 0 | 11 57 29,5 | 80 | 261 | 12 2 30,6 | 260 | 84 | 13 40 8,4 | 84 | 304 |
| 12 5 | 12 2 29,1 | 81 | 267 | 12 7 30,9 | 261 | 89 | 13 44 24,3 | 85 | 308 |
| 12 10 | 12 7 29,2 | 82 | 273 | 12 12 30,7 | 262 | 95 | 13 48 29,3 | 86 | 311 |
| 12 15 | 12 12 29,8 | 83 | 278 | 12 17 30,0 | 263 | 100 | 13 52 24,2 | 87 | 315 |
| 12 20 | 12 17 30,8 | 84 | 284 | 12 22 28,8 | 264 | 106 | 13 56 9,8 | 88 | 318 |
| 12 25 | 12 22 32,4 | 85 | 289 | 12 27 27,1 | 265 | 111 | 13 59 46,7 | 89 | 321 |
| 12 30 | 12 27 34,5 | 86 | 294 | 12 32 25,0 | 266 | 116 | 14 3 15,4 | 89 | 324 |
| 12 35 | 12 32 37,0 | 87 | 299 | 12 37 22,3 | 267 | 121 | 14 6 36,3 | 90 | 326 |
| 12 40 | 12 37 40,1 | 88 | 304 | 12 42 19,2 | 268 | 125 | 14 9 50,0 | 91 | 328 |
| 12 45 | 12 42 43,6 | 88 | 308 | 12 47 15,6 | 269 | 129 | 14 12 56,5 | 91 | 331 |
| 12 50 | 12 47 47,6 | 89 | 312 | 12 52 11,6 | 269 | 133 | 14 15 56,1 | 92 | 333 |
| 12 55 | 12 52 52,1 | 90 | 316 | 12 57 7,1 | 270 | 137 | 14 18 48,5 | 92 | 334 |
| 13 0 | 12 57 57,1 | 91 | 319 | 13 2 2,1 | 271 | 140 | 14 21 33,4 | 93 | 336 |
| 13 5 | 13 3 2,6 | 92 | 322 | 13 6 56,6 | 272 | 143 | 14 24 9,8 | 93 | 337 |
| 13 10 | 13 8 8,7 | 92 | 325 | 13 11 50,6 | 272 | 146 | 14 26 36,2 | 94 | 339 |
| 13 15 | 13 13 15,5 | 93 | 328 | 13 16 43,8 | 273 | 149 | 14 28 49,6 | 94 | 340 |
| 13 20 | 13 18 23,2 | 94 | 331 | 13 21 36,1 | 274 | 151 | 14 30 43,5 | 94 | 341 |
| 13 25 | 13 23 32,7 | 94 | 333 | 13 26 26,7 | 274 | 153 | 14 32 1,4 | 94 | 341 |
| 13 30 | 13 28 48,8 | 94 | 335 | 13 31 10,8 | 274 | 155 | .. .. ... | ... | ... |
| Limites | 13 29 11,7 | 94 | 335 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Afrique 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** | −26 12 | − 28 18 | Benoni ..... | ·· ··· | 13 4 16,5 | 68,1 | 0,739 | 25 | 136 |
| **2** | −29 7 | − 26 14 | Bloemfontein ... | ·· ··· | 12 57 59,0 | 57,8 | 0,656 | 25 | 139 |
| **3** | −26 13 | − 28 15 | Boksburg ..... | ·· ··· | 13 4 10,3 | 67,9 | 0,738 | 25 | 136 |
| **4** | −26 15 | − 28 22 | Brakpan ..... | ·· ··· | 13 4 21,2 | 68,0 | 0,739 | 25 | 135 |
| **5** | −26 22 | − 27 25 | Carletonville .... | ·· ··· | 13 2 32,3 | 66,6 | 0,728 | 25 | 137 |
| **6** | −29 53 | − 31 0 | Durban ..... | ·· ··· | 13 5 36,1 | 60,6 | 0,679 | 20 | 134 |
| **7** | −33 0 | − 27 54 | East London .... | ·· ··· | 12 57 21,8 | 49,6 | 0,587 | 21 | 139 |
| **8** | −26 15 | − 28 10 | Germiston ..... | ·· ··· | 13 3 59,8 | 67,8 | 0,737 | 25 | 136 |
| **9** | −26 10 | − 28 2 | Johannesburg ... | ·· ··· | 13 3 49,4 | 67,9 | 0,738 | 25 | 136 |
| **10** | −28 45 | − 24 46 | Kimberley ..... | ·· ··· | 12 55 25,1 | 57,5 | 0,653 | 26 | 141 |
| **11** | −27 40 | − 27 15 | Kroonstad ..... | ·· ··· | 13 1 9,2 | 62,8 | 0,697 | 25 | 137 |
| **12** | −26 6 | − 27 45 | Krugersdorp .... | ·· ··· | 13 3 21,8 | 67,8 | 0,737 | 25 | 136 |
| **13** | −33 56 | − 18 28 | Le Cap ..... | ·· ··· | 12 37 0,9 | 41,1 | 0,513 | 27 | 152 |
| **14** | −29 36 | − 34 24 | Pietermaritzburg | ·· ··· | 13 10 52,5 | 65,3 | 0,717 | 17 | 131 |
| **15** | −33 58 | − 25 36 | Port Elisabeth .. | ·· ··· | 12 52 10,3 | 45,4 | 0,552 | 22 | 142 |
| **16** | −26 42 | − 27 6 | Potchefstroom .. | ·· ··· | 13 1 40,8 | 65,3 | 0,717 | 25 | 137 |
| **17** | −25 45 | − 28 12 | Pretoria ..... | ·· ··· | 13 4 27,3 | 69,3 | 0,749 | 25 | 135 |
| **18** | −26 10 | − 27 53 | Roodepoort ..... | ·· ··· | 13 3 33,1 | 67,7 | 0,736 | 25 | 136 |
| **19** | −26 16 | − 28 26 | Springs ..... | ·· ··· | 13 4 27,5 | 68,0 | 0,739 | 25 | 135 |
| **20** | −33 46 | − 25 25 | Uitenhage ..... | ·· ··· | 12 52 1,3 | 45,7 | 0,554 | 22 | 142 |
| **21** | −26 41 | − 27 50 | Vanderbijlpark .. | ·· ··· | 13 3 2,6 | 66,2 | 0,724 | 25 | 136 |
| **22** | −26 41 | − 27 56 | Vereeniging ..... | ·· ··· | 13 3 13,4 | 66,3 | 0,725 | 25 | 136 |
| **23** | −27 59 | − 26 44 | Welkom ..... | ·· ··· | 12 59 55,2 | 61,4 | 0,685 | 25 | 138 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Angola (Villes principales

| 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 34 | − 13 24 | Benguela ... | ·· ··· | 12 36 41,7 | 98,8 | 0,985 | 48 | 149 |
| **2** | −12 25 | − 16 58 | Bie ..... | 2 34,2 | 12 46 45,8 | 100,0 | 1,004 | 45 | 142 |
| **3** | − 5 34 | − 12 12 | Cabinda ... | ·· ··· | 12 35 28,1 | 85,0 | 0,872 | 55 | 146 |
| **4** | −12 47 | − 15 44 | Huambo ... | ·· ··· | 12 43 16,1 | 99,2 | 0,988 | 46 | 145 |
| **5** | −12 25 | − 16 58 | Kuito ..... | 2 34,2 | 12 46 45,8 | 100,0 | 1,004 | 45 | 142 |
| **6** | −12 20 | − 13 34 | Lobito ..... | ·· ··· | 12 37 16,5 | 99,5 | 0,992 | 48 | 148 |
| **7** | − 8 50 | − 13 15 | Luanda .... | ·· ··· | 12 37 34,6 | 96,3 | 0,962 | 51 | 146 |
| **8** | −14 55 | − 13 30 | Lubango ... | ·· ··· | 12 36 0,6 | 91,3 | 0,922 | 46 | 150 |
| **9** | − 9 36 | − 16 21 | Malanje .... | ·· ··· | 12 46 1,7 | 97,2 | 0,970 | 47 | 141 |
| **10** | −15 10 | − 12 10 | Mocamedes | ·· ··· | 12 31 55,5 | 90,0 | 0,912 | 47 | 153 |
| **11** | −12 47 | − 15 44 | Nova Lisboa | ·· ··· | 12 43 16,1 | 99,2 | 0,988 | 46 | 145 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Afrique du Sud

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 40 13,8 | 285 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 22,4 | 77 | 311 |
| **2** | 11 35 32,4 | 289 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 10 35,2 | 71 | 301 |
| **3** | 11 40 6,6 | 286 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 17,6 | 77 | 311 |
| **4** | 11 40 23,4 | 286 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 23,1 | 77 | 311 |
| **5** | 11 38 6,0 | 286 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 6,1 | 76 | 309 |
| **6** | 11 46 16,2 | 289 | 137 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 15 12,1 | 73 | 305 |
| **7** | 11 39 51,3 | 294 | 136 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 6 21,1 | 67 | 294 |
| **8** | 11 39 54,7 | 286 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 9,1 | 76 | 311 |
| **9** | 11 39 35,3 | 285 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 6,3 | 77 | 311 |
| **10** | 11 31 53,4 | 289 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 9 7,2 | 71 | 300 |
| **11** | 11 37 47,8 | 288 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 14 5,2 | 74 | 306 |
| **12** | 11 38 53,9 | 285 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 51,4 | 76 | 311 |
| **13** | 11 17 57,1 | 295 | 123 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 13 49 34,6 | 60 | 278 |
| **14** | 11 53 4,9 | 288 | 140 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 18 57,8 | 76 | 310 |
| **15** | 11 35 1,4 | 295 | 133 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 1 23,4 | 64 | 288 |
| **16** | 11 37 21,0 | 286 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 15 15,5 | 75 | 308 |
| **17** | 11 39 58,8 | 285 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 50,4 | 77 | 312 |
| **18** | 11 39 13,5 | 286 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 55,7 | 76 | 311 |
| **19** | 11 40 33,0 | 286 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 17 26,4 | 77 | 311 |
| **20** | 11 34 34,2 | 295 | 133 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 1 29,5 | 64 | 288 |
| **21** | 11 39 7,7 | 286 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 10,7 | 76 | 309 |
| **22** | 11 39 22,1 | 286 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 17,8 | 76 | 309 |
| **23** | 11 36 35,3 | 288 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 12 57,9 | 73 | 304 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Angola (Villes principales

| n° | 1$^{er}$ 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** | 10 55 45,9 | 265 | 80 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 7 27,0 | 88 | 323 |
| **2** | 11 7 24,7 | 266 | 92 | 12 45 28,4 | 144 | 4 | 12 48 2,7 | 214 | 75 | 14 13 53,5 | 90 | 330 |
| **3** | 10 55 15,5 | 254 | 65 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 6 16,7 | 99 | 340 |
| **4** | 11 3 18,7 | 266 | 88 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 11 38,2 | 89 | 327 |
| **5** | 11 7 24,7 | 266 | 92 | 12 45 28,4 | 144 | 4 | 12 48 2,7 | 214 | 75 | 14 13 53,5 | 90 | 330 |
| **6** | 10 56 21,1 | 265 | 80 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 7 53,0 | 88 | 324 |
| **7** | 10 56 32,7 | 260 | 74 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 8 20,5 | 94 | 333 |
| **8** | 10 55 50,6 | 269 | 84 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 6 14,2 | 84 | 318 |
| **9** | 11 6 19,2 | 262 | 86 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 13 40,4 | 94 | 336 |
| **10** | 10 51 33,9 | 269 | 80 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 3 22,1 | 83 | 315 |
| **11** | 11 3 18,7 | 266 | 88 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 11 38,2 | 89 | 327 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Botswana

| 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** | −21 58 | − 28 26 | Bobonong . . | · · · · | 13 7 36,6 | 81,2 | 0,843 | 27 | 133 |
| **2** | −21 11 | − 27 32 | Francistown | · · · · | 13 6 28,7 | 82,6 | 0,855 | 28 | 134 |
| **3** | −24 45 | − 25 55 | Gaborone . . | · · · · | 13 0 56,3 | 69,8 | 0,753 | 28 | 137 |
| **4** | −24 59 | − 25 19 | Kanye . . . . . | · · · · | 12 59 34,3 | 68,5 | 0,743 | 28 | 138 |
| **5** | −25 11 | − 25 40 | Lobatsi. . . . . | · · · · | 13 0 7,1 | 68,3 | 0,741 | 28 | 138 |
| **6** | −23 5 | − 26 51 | Mahalapye . | · · · · | 13 3 56,5 | 75,8 | 0,801 | 28 | 136 |
| **7** | −20 0 | − 23 25 | Maun . . . . . | · · · · | 12 58 55,3 | 82,0 | 0,849 | 33 | 138 |
| **8** | −24 28 | − 26 5 | Mochudi . . . | · · · · | 13 1 28,5 | 70,8 | 0,761 | 28 | 137 |
| **9** | −24 25 | − 25 30 | Molepolole . | · · · · | 13 0 21,6 | 70,4 | 0,758 | 28 | 138 |
| **10** | −24 56 | − 25 50 | Ramotswa . . | · · · · | 13 0 38,2 | 69,2 | 0,748 | 28 | 138 |
| **11** | −22 1 | − 27 50 | Selebi-Pikwe | · · · · | 13 6 29,7 | 80,3 | 0,836 | 28 | 134 |
| **12** | −22 25 | − 26 44 | Serowe . . . . . | · · · · | 13 4 10,5 | 77,8 | 0,817 | 28 | 135 |
| **13** | −20 26 | − 27 2 | Tutume . . . . | · · · · | 13 6 0,3 | 84,5 | 0,869 | 29 | 134 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Congo

| 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** | − 4 14 | − 15 14 | Brazzaville . | · · · · | 12 44 15,7 | 78,5 | 0,821 | 53 | 139 |
| **2** | − 4 44 | − 11 52 | Loandjili . . . | · · · · | 12 34 42,9 | 82,0 | 0,849 | 56 | 146 |
| **3** | − 4 9 | − 12 47 | Loubomo . . . | · · · · | 12 37 29,5 | 79,5 | 0,829 | 55 | 143 |
| **4** | − 2 55 | − 12 48 | Mossendjo . . | · · · · | 12 37 48,0 | 74,9 | 0,792 | 56 | 142 |
| **5** | − 4 6 | − 15 5 | Ngamaba . . . | · · · · | 12 43 52,9 | 78,1 | 0,818 | 53 | 139 |
| **6** | − 4 7 | − 13 17 | N'Kayi . . . . . | · · · · | 12 38 54,8 | 79,2 | 0,826 | 55 | 142 |
| **7** | − 4 46 | − 11 53 | Pointe-Noire | · · · · | 12 34 45,3 | 82,2 | 0,850 | 56 | 146 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Botswana**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 40 39,9 | 280 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 22 23,4 | 83 | 322 |
| **2** | 11 38 23,5 | 279 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 22 10,6 | 84 | 323 |
| **3** | 11 34 12,2 | 284 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 19,8 | 77 | 311 |
| **4** | 11 32 39,9 | 284 | 125 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 15 15,2 | 76 | 310 |
| **5** | 11 33 35,9 | 285 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 15 27,3 | 76 | 310 |
| **6** | 11 36 32,8 | 282 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 19 27,0 | 80 | 317 |
| **7** | 11 27 0,8 | 278 | 117 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 18 17,6 | 83 | 320 |
| **8** | 11 34 36,8 | 284 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 53,7 | 78 | 312 |
| **9** | 11 33 5,1 | 284 | 125 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 16 12,6 | 77 | 312 |
| **10** | 11 34 0,2 | 284 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 15 59,5 | 77 | 311 |
| **11** | 11 39 7,3 | 280 | 127 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 21 41,7 | 83 | 321 |
| **12** | 11 36 14,4 | 281 | 126 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 20 2,2 | 81 | 318 |
| **13** | 11 37 7,0 | 278 | 125 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 22 18,9 | 84 | 324 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Congo**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 6 10,8 | 253 | 76 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 11 14,6 | 103 | 348 |
| **2** | 10 54 53,7 | 252 | 62 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 5 27,0 | 100 | 341 |
| **3** | 10 58 20,0 | 252 | 65 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 6 59,1 | 101 | 344 |
| **4** | 10 59 36,0 | 250 | 64 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 6 29,6 | 103 | 348 |
| **5** | 11 5 48,6 | 253 | 75 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 10 56,7 | 103 | 348 |
| **6** | 10 59 57,9 | 252 | 67 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 7 52,5 | 102 | 345 |
| **7** | 10 54 55,1 | 253 | 62 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 5 29,5 | 100 | 341 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Gabon

| 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** | − 1 40 | − 13 31 | Franceville . . | · · ··· | 12 40 0,8 | 69,8 | 0,752 | 56 | 140 |
| **2** | − 1 12 | − 12 29 | Koulamoutou | · · ··· | 12 37 13,8 | 68,5 | 0,742 | 58 | 141 |
| **3** | − 0 41 | − 10 13 | Lambarene . . | · · ··· | 12 30 53,8 | 67,3 | 0,732 | 60 | 146 |
| **4** | + 0 30 | − 9 25 | Libreville . . . . | · · ··· | 12 28 51,6 | 62,9 | 0,697 | 62 | 147 |
| **5** | − 1 50 | − 11 2 | Mouila . . . . . | · · ··· | 12 32 59,6 | 71,4 | 0,765 | 59 | 145 |
| **6** | + 1 34 | − 11 31 | Oyama . . . . . | · · ··· | 12 34 59,3 | 58,4 | 0,660 | 61 | 140 |
| **7** | + 1 34 | − 11 31 | Oyem . . . . . | · · ··· | 12 34 59,3 | 58,4 | 0,660 | 61 | 140 |
| **8** | − 0 40 | − 8 50 | Port Gentil . . | · · ··· | 12 26 52,3 | 67,4 | 0,733 | 62 | 150 |
| **9** | − 2 49 | − 11 0 | Tchibanga . . . | · · ··· | 12 32 40,2 | 75,1 | 0,794 | 58 | 146 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Namibie

| 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** | −26 36 | − 18 8 | Keetmanshoop | · · ··· | 12 42 2,4 | 58,3 | 0,660 | 33 | 149 |
| **2** | −26 38 | − 15 10 | Luderitz . . . . . | · · ··· | 12 34 13,0 | 56,8 | 0,647 | 35 | 154 |
| **3** | −20 29 | − 16 36 | Otjiwarongo . . | · · ··· | 12 41 59,1 | 75,0 | 0,794 | 39 | 148 |
| **4** | −22 40 | − 14 34 | Swakopmund . | · · ··· | 12 35 4,2 | 67,4 | 0,734 | 39 | 153 |
| **5** | −19 13 | − 17 42 | Tsumeb . . . . . | · · ··· | 12 45 37,7 | 79,6 | 0,830 | 39 | 146 |
| **6** | −22 59 | − 14 31 | Walvis Bay . . . | · · ··· | 12 34 44,4 | 66,5 | 0,726 | 39 | 153 |
| **7** | −22 34 | − 17 6 | Windhoek . . . . | · · ··· | 12 42 4,9 | 69,0 | 0,746 | 37 | 148 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Gabon**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 3 16,1 | 248 | 65 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 7 2,6 | 106 | 352 |
| **2** | 11 0 33,0 | 247 | 60 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 4 54,6 | 106 | 352 |
| **3** | 10 54 12,4 | 245 | 49 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 0 14,9 | 106 | 349 |
| **4** | 10 53 27,8 | 243 | 43 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 13 57 42,6 | 107 | 351 |
| **5** | 10 55 15,9 | 247 | 54 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 2 36,1 | 104 | 348 |
| **6** | 11 1 23,5 | 242 | 52 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 0 47,9 | 110 | 358 |
| **7** | 11 1 23,5 | 242 | 52 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 0 47,9 | 110 | 358 |
| **8** | 10 50 6,2 | 244 | 43 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 13 57 23,7 | 105 | 347 |
| **9** | 10 54 3,1 | 249 | 56 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 3 3,5 | 102 | 345 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Namibie**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 13 16,1 | 286 | 113 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 1 41,3 | 70 | 296 |
| **2** | 11 4 36,8 | 285 | 107 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 13 55 58,1 | 68 | 291 |
| **3** | 11 6 26,9 | 278 | 101 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 7 1,1 | 78 | 308 |
| **4** | 11 0 52,0 | 280 | 99 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 0 28,4 | 73 | 300 |
| **5** | 11 9 37,2 | 276 | 103 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 10 18,5 | 80 | 313 |
| **6** | 11 0 50,8 | 280 | 100 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 13 59 57,4 | 73 | 299 |
| **7** | 11 8 36,6 | 281 | 106 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 5 27,1 | 75 | 304 |

## 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 ..... | ·· ··· | 13 1 33,9 | 60,3 | 0,676 | 23 | 137 |
| **2** | −29 49 | − 27 14 | Mafeteng .... | ·· ··· | 12 59 13,7 | 56,9 | 0,649 | 23 | 138 |
| **3** | −29 19 | − 27 29 | Maseru ..... | ·· ··· | 13 0 8,4 | 58,5 | 0,662 | 24 | 138 |
| **4** | −30 9 | − 27 29 | Mohales Hoek | ·· ··· | 12 59 22,7 | 56,3 | 0,644 | 23 | 138 |
| **5** | −29 9 | − 27 45 | Teyateyaneng | ·· ··· | 13 0 46,4 | 59,2 | 0,668 | 23 | 138 |

## 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 ... | ·· ··· | 13 21 5,1 | 96,8 | 0,967 | 24 | 125 |
| **2** | − 9 54 | − 33 55 | Karonga ... | ·· ··· | 13 21 23,2 | 77,6 | 0,815 | 28 | 123 |
| **3** | −13 58 | − 33 49 | Lilongwe ... | ·· ··· | 13 20 9,9 | 92,4 | 0,931 | 26 | 125 |
| **4** | −11 31 | − 34 0 | Mzuzu ..... | ·· ··· | 13 21 8,8 | 83,3 | 0,860 | 27 | 124 |
| **5** | −12 55 | − 34 19 | Nkhotakota | ·· ··· | 13 21 11,4 | 87,9 | 0,896 | 26 | 124 |
| **6** | −15 22 | − 35 22 | Zomba ..... | ·· ··· | 13 21 43,5 | 94,9 | 0,952 | 23 | 125 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Lesotho**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 39 46,6 | 289 | 133 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 13 19,0 | 73 | 304 |
| **2** | 11 37 59,3 | 290 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 10 48,8 | 71 | 301 |
| **3** | 11 38 30,6 | 290 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 11 55,1 | 72 | 302 |
| **4** | 11 38 36,1 | 291 | 133 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 10 36,5 | 70 | 300 |
| **5** | 11 39 6,6 | 289 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 12 30,8 | 72 | 303 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Malawi**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 58 29,8 | 269 | 133 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 31 34,2 | 97 | 346 |
| **2** | 11 59 17,3 | 261 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 31 22,4 | 106 | 359 |
| **3** | 11 56 33,6 | 267 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 31 22,4 | 99 | 349 |
| **4** | 11 58 25,3 | 263 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 31 37,2 | 104 | 355 |
| **5** | 11 58 22,0 | 265 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 31 45,7 | 102 | 352 |
| **6** | 11 59 33,0 | 268 | 133 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 31 52,3 | 98 | 347 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Madagascar (Villes principales

| 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** | −17 49 | − 48 28 | Ambatondrazaka | ·· ··· | 13 32 43,2 | 82,9 | 0,857 | 9 | 118 |
| **2** | −21 21 | − 43 31 | Ambohilé..... | 2 41,0 | 13 27 18,4 | 100,0 | 1,017 | 13 | 122 |
| **3** | −22 17 | − 44 30 | Ankazoabo ..... | 2 19,5 | 13 27 31,2 | 100,0 | 1,010 | 11 | 121 |
| **4** | −18 52 | − 47 30 | Antananarivo... | ·· ··· | 13 31 37,2 | 88,2 | 0,899 | 10 | 119 |
| **5** | −12 19 | − 49 17 | Antsiranan ..... | ·· ··· | 13 35 8,5 | 61,7 | 0,689 | 11 | 117 |
| **6** | −23 16 | − 46 1 | Betroka..... | 1 3,4 | 13 28 0,5 | 100,0 | 1,002 | 9 | 121 |
| **7** | −12 19 | − 49 17 | Diego-Suare .... | ·· ··· | 13 35 8,5 | 61,7 | 0,689 | 11 | 117 |
| **8** | −22 49 | − 47 49 | Farafangana .... | 1 23,9 | 13 29 31,9 | 100,0 | 1,003 | 8 | 120 |
| **9** | −21 27 | − 47 5 | Fianarantsoa ... | ·· ··· | 13 29 55,0 | 97,7 | 0,975 | 9 | 120 |
| **10** | −22 24 | − 46 7 | Ihosy ..... | 2 26,6 | 13 28 39,5 | 100,0 | 1,013 | 10 | 120 |
| **11** | −15 40 | − 46 20 | Mahajanga ..... | ·· ··· | 13 32 16,2 | 78,6 | 0,824 | 12 | 119 |
| **12** | −21 12 | − 46 5 | Mahasoa ..... | ·· ··· | 13 29 22,9 | 98,3 | 0,981 | 10 | 120 |
| **13** | −15 40 | − 46 20 | Majunga ..... | ·· ··· | 13 32 16,2 | 78,6 | 0,824 | 12 | 119 |
| **14** | −21 26 | − 44 20 | Manja ..... | 2 13,8 | 13 27 55,4 | 100,0 | 1,009 | 12 | 121 |
| **15** | −22 9 | − 48 0 | Manakara ..... | ·· ··· | 13 30 4,5 | 98,5 | 0,983 | 8 | 119 |
| **16** | −20 19 | − 44 17 | Morondava ..... | ·· ··· | 13 28 32,6 | 98,1 | 0,979 | 12 | 121 |
| **17** | −18 10 | − 49 23 | Toamasina..... | ·· ··· | 13 33 4,8 | 82,6 | 0,855 | 8 | 118 |
| **18** | −23 20 | − 43 41 | Toliara ..... | ·· ··· | 13 26 9,4 | 97,3 | 0,972 | 12 | 122 |
| **19** | −23 21 | − 47 36 | Vangaindrano... | 2 31,5 | 13 29 2,2 | 100,0 | 1,018 | 8 | 120 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Madagascar (Villes Principales

| n° | 1$^{er}$ 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** | 12 22 38,6 | 265 | 142 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **2** | 12 12 27,2 | 273 | 142 | 13 25 57,7 | 84 | 324 | 13 28 38,7 | 284 | 164 | .. .. ... | ... | ... |
| **3** | 12 13 29,1 | 274 | 143 | 13 26 21,3 | 124 | 3 | 13 28 40,8 | 245 | 124 | .. .. ... | ... | ... |
| **4** | 12 20 23,4 | 267 | 142 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **5** | 12 28 47,1 | 256 | 139 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **6** | 12 15 10,6 | 274 | 144 | 13 27 28,7 | 160 | 39 | 13 28 32,1 | 208 | 88 | .. .. ... | ... | ... |
| **7** | 12 28 47,1 | 256 | 139 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **8** | 12 18 2,4 | 273 | 144 | 13 28 49,8 | 38 | 279 | 13 30 13,7 | 331 | 212 | .. .. ... | ... | ... |
| **9** | 12 17 55,7 | 271 | 143 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **10** | 12 15 52,8 | 273 | 143 | 13 27 26,0 | 74 | 315 | 13 29 52,6 | 294 | 175 | .. .. ... | ... | ... |
| **11** | 12 21 1,9 | 263 | 140 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **12** | 12 16 36,6 | 271 | 143 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **13** | 12 21 1,9 | 263 | 140 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **14** | 12 13 44,0 | 273 | 142 | 13 26 48,3 | 60 | 301 | 13 29 2,1 | 308 | 189 | .. .. ... | ... | ... |
| **15** | 12 18 45,1 | 272 | 144 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **16** | 12 14 20,6 | 271 | 142 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **17** | 12 23 41,4 | 265 | 142 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **18** | 12 11 35,4 | 276 | 143 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... |
| **19** | 12 17 23,0 | 274 | 144 | 13 27 46,3 | 97 | 337 | 13 30 17,8 | 271 | 152 | .. .. ... | ... | ... |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Mozambique (Villes Principales

| 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 ..... | ·· ··· | 13 18 55,2 | 96,5 | 0,965 | 22 | 127 |
| **2** | −24 40 | − 33 33 | Chibuto.... | ·· ··· | 13 13 52,7 | 79,0 | 0,826 | 21 | 130 |
| **3** | −22 20 | − 40 20 | Europa (île) | ·· ··· | 13 23 44,9 | 95,9 | 0,960 | 15 | 124 |
| **4** | −23 51 | − 35 29 | Inhambane. | ·· ··· | 13 17 6,9 | 84,1 | 0,867 | 19 | 128 |
| **5** | −13 40 | − 35 13 | Lichinga ... | ·· ··· | 13 22 8,8 | 89,2 | 0,906 | 24 | 124 |
| **6** | −16 30 | − 33 31 | Mandie .... | 2 1,5 | 13 18 44,8 | 100,0 | 1,005 | 25 | 126 |
| **7** | −25 58 | − 32 35 | Maputo .... | ·· ··· | 13 11 27,3 | 73,7 | 0,785 | 21 | 131 |
| **8** | −13 20 | − 34 59 | Meponda... | ·· ··· | 13 21 57,0 | 88,4 | 0,900 | 25 | 124 |
| **9** | −14 30 | − 40 37 | Nacala ..... | ·· ··· | 13 27 58,7 | 83,7 | 0,864 | 18 | 121 |
| **10** | −15 9 | − 39 14 | Nampula... | ·· ··· | 13 26 20,2 | 88,2 | 0,899 | 19 | 122 |
| **11** | −17 53 | − 36 51 | Quelimane . | 1 40,8 | 13 22 27,6 | 100,0 | 1,003 | 21 | 125 |
| **12** | −16 10 | − 33 35 | Tete ..... | ·· ··· | 13 18 59,2 | 99,7 | 0,995 | 25 | 126 |
| **13** | −25 4 | − 33 38 | Xai Xai.... | ·· ··· | 13 13 41,4 | 77,8 | 0,817 | 20 | 130 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Swaziland

| 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** | −26 48 | − 31 56 | Big-Bend... | ·· ··· | 13 9 47,5 | 70,4 | 0,758 | 21 | 132 |
| **2** | −27 6 | − 31 12 | Goedgegun. | ·· ··· | 13 8 24,0 | 68,7 | 0,744 | 22 | 133 |
| **3** | −26 30 | − 31 22 | Manzini.... | ·· ··· | 13 9 9,8 | 70,7 | 0,760 | 22 | 133 |
| **4** | −26 20 | − 31 8 | Mbabane... | ·· ··· | 13 8 55,9 | 70,9 | 0,762 | 22 | 133 |
| **5** | −26 2 | − 31 50 | Mhlume.... | ·· ··· | 13 10 16,1 | 72,6 | 0,776 | 22 | 132 |
| **6** | −27 6 | − 31 12 | Nhlangano. | ·· ··· | 13 8 24,0 | 68,7 | 0,744 | 22 | 133 |
| **7** | −25 58 | − 31 17 | Pigg'S Peak | ·· ··· | 13 9 28,0 | 72,1 | 0,772 | 22 | 132 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Mozambique (Villes Principales

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 56 29,6 | 275 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 29 32,3 | 91 | 335 |
| **2** | 11 52 16,4 | 282 | 136 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 24 23,2 | 83 | 322 |
| **3** | 12 6 25,9 | 276 | 141 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 30 36,1 | 91 | 336 |
| **4** | 11 56 31,0 | 280 | 138 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 40,4 | 85 | 326 |
| **5** | 12 0 6,9 | 266 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 32 7,4 | 101 | 351 |
| **6** | 11 54 38,8 | 271 | 132 | 13 17 43,8 | 41 | 278 | 13 19 45,3 | 326 | 203 | 14 30 27,6 | 95 | 342 |
| **7** | 11 49 58,5 | 284 | 136 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 22 4,8 | 80 | 317 |
| **8** | 11 59 44,9 | 266 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 32 3,0 | 101 | 352 |
| **9** | 12 11 27,2 | 265 | 137 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 33 50,1 | 104 | 356 |
| **10** | 12 8 11,4 | 266 | 136 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 33 25,3 | 102 | 353 |
| **11** | 12 1 38,1 | 271 | 136 | 13 21 37,0 | 37 | 275 | 13 23 17,7 | 331 | 210 | 14 31 41,6 | 95 | 343 |
| **12** | 11 54 56,9 | 270 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 30 37,9 | 96 | 343 |
| **13** | 11 52 22,1 | 283 | 137 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 24 1,2 | 82 | 321 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Swaziland

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 48 28,2 | 285 | 136 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 20 26,9 | 78 | 314 |
| **2** | 11 46 51,0 | 286 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 19 20,3 | 77 | 313 |
| **3** | 11 47 16,0 | 285 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 20 16,6 | 78 | 314 |
| **4** | 11 46 46,0 | 285 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 20 15,3 | 78 | 314 |
| **5** | 11 48 20,4 | 284 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 21 18,4 | 79 | 316 |
| **6** | 11 46 51,0 | 286 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 19 20,3 | 77 | 313 |
| **7** | 11 47 8,0 | 284 | 135 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 20 51,5 | 79 | 315 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Tanzanie

| 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** | − 3 23 | − 36 40 | Arusha ..... | ·· ··· | 13 25 18,8 | 49,8 | 0,589 | 28 | 119 |
| **2** | − 6 51 | − 39 18 | Dar Es Salaam | ·· ··· | 13 28 13,4 | 58,1 | 0,659 | 23 | 119 |
| **3** | − 6 10 | − 35 40 | Dodoma ..... | ·· ··· | 13 24 6,8 | 61,3 | 0,684 | 28 | 121 |
| **4** | − 7 49 | − 35 39 | Iringa ..... | ·· ··· | 13 23 58,1 | 67,3 | 0,733 | 27 | 121 |
| **5** | − 4 52 | − 29 36 | Kigoma..... | ·· ··· | 13 15 24,0 | 65,4 | 0,718 | 35 | 123 |
| **6** | − 7 56 | − 39 40 | Kilindoni ..... | ·· ··· | 13 28 30,6 | 61,5 | 0,686 | 22 | 119 |
| **7** | − 4 5 | − 37 55 | Kisiwani..... | ·· ··· | 13 26 46,6 | 50,4 | 0,594 | 26 | 119 |
| **8** | − 4 45 | − 35 49 | Kolo..... | ·· ··· | 13 24 19,7 | 55,9 | 0,640 | 28 | 120 |
| **9** | − 8 54 | − 33 29 | Mbeya..... | ·· ··· | 13 20 57,4 | 74,6 | 0,791 | 29 | 123 |
| **10** | −10 50 | − 39 14 | Mkoma..... | ·· ··· | 13 27 36,5 | 72,7 | 0,776 | 21 | 121 |
| **11** | − 6 49 | − 37 40 | Morogoro..... | ·· ··· | 13 26 27,4 | 60,6 | 0,679 | 25 | 120 |
| **12** | − 3 21 | − 37 19 | Moshi ..... | ·· ··· | 13 26 4,0 | 48,7 | 0,580 | 27 | 119 |
| **13** | −10 17 | − 40 11 | Mtwara..... | ·· ··· | 13 28 41,2 | 69,1 | 0,748 | 21 | 120 |
| **14** | − 1 31 | − 33 49 | Musoma..... | ·· ··· | 13 21 33,0 | 47,4 | 0,568 | 32 | 119 |
| **15** | − 2 31 | − 32 56 | Mwanza ..... | ·· ··· | 13 20 25,4 | 52,2 | 0,609 | 33 | 120 |
| **16** | − 5 1 | − 32 48 | Tabora ..... | ·· ··· | 13 20 18,6 | 61,4 | 0,685 | 31 | 121 |
| **17** | − 5 7 | − 39 5 | Tanga ..... | ·· ··· | 13 28 3,1 | 52,3 | 0,610 | 24 | 119 |
| **18** | − 5 3 | − 39 41 | Wete ..... | ·· ··· | 13 28 40,2 | 51,1 | 0,600 | 24 | 118 |
| **19** | − 6 10 | − 39 12 | Zanzibar..... | ·· ··· | 13 28 9,2 | 55,8 | 0,640 | 24 | 119 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### République Démocratique du Congo

| 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** | − 3 20 | − 17 24 | Bandundu . | ·· ··· | 12 50 2,7 | 73,6 | 0,782 | 51 | 134 |
| **2** | − 2 30 | − 28 50 | Bukavu .... | ·· ··· | 13 14 5,3 | 57,8 | 0,655 | 38 | 122 |
| **3** | + 3 13 | − 19 48 | Gemena .... | ·· ··· | 12 55 47,7 | 47,2 | 0,566 | 52 | 125 |
| **4** | − 5 53 | − 22 26 | Kananga ... | ·· ··· | 13 1 38,5 | 78,2 | 0,819 | 43 | 130 |
| **5** | − 5 2 | − 18 51 | Kikwit ..... | ·· ··· | 12 53 26,6 | 78,7 | 0,823 | 48 | 134 |
| **6** | − 4 18 | − 15 18 | Kinshasa... | ·· ··· | 12 44 25,8 | 78,7 | 0,823 | 52 | 139 |
| **7** | + 0 33 | − 25 14 | Kisangani.. | ·· ··· | 13 7 21,8 | 51,2 | 0,601 | 44 | 123 |
| **8** | −10 45 | − 25 25 | Kolwezi.... | ·· ··· | 13 6 59,4 | 92,5 | 0,932 | 37 | 130 |
| **9** | −10 58 | − 26 47 | Likasi..... | ·· ··· | 13 9 35,0 | 91,5 | 0,924 | 35 | 129 |
| **10** | −11 41 | − 27 29 | Lubumbashi | ·· ··· | 13 10 41,6 | 93,2 | 0,937 | 34 | 129 |
| **11** | − 5 50 | − 13 32 | Matadi..... | ·· ··· | 12 39 13,7 | 85,4 | 0,876 | 53 | 143 |
| **12** | + 0 3 | − 18 28 | Mbandaka . | ·· ··· | 12 52 51,8 | 60,0 | 0,673 | 52 | 130 |
| **13** | − 6 10 | − 23 39 | Mbuji-Mayi | ·· ··· | 13 4 12,8 | 77,9 | 0,817 | 42 | 129 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Tanzanie

| n° | 1$^{er}$ 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** | 12 12 17,2 | 248 | 128 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 28 29,7 | 120 | 20 |
| **2** | 12 14 56,4 | 253 | 132 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 31 32,4 | 116 | 14 |
| **3** | 12 6 49,7 | 254 | 129 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 30 28,0 | 114 | 11 |
| **4** | 12 5 17,9 | 256 | 130 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 31 20,6 | 111 | 7 |
| **5** | 11 51 26,6 | 254 | 120 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 27 5,8 | 112 | 7 |
| **6** | 12 14 43,3 | 254 | 133 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 32 12,3 | 114 | 12 |
| **7** | 12 14 35,9 | 249 | 130 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 29 17,5 | 120 | 20 |
| **8** | 12 8 37,3 | 251 | 128 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 29 31,0 | 117 | 15 |
| **9** | 11 58 53,5 | 259 | 128 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 30 55,8 | 108 | 2 |
| **10** | 12 11 14,7 | 260 | 134 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 33 15,2 | 109 | 4 |
| **11** | 12 11 8,5 | 254 | 131 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 31 18,1 | 115 | 12 |
| **12** | 12 13 57,7 | 248 | 129 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 28 32,7 | 121 | 21 |
| **13** | 12 13 45,7 | 258 | 134 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 33 15,2 | 110 | 6 |
| **14** | 12 6 59,8 | 246 | 125 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 26 0,9 | 121 | 21 |
| **15** | 12 3 22,0 | 248 | 124 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 26 46,9 | 119 | 18 |
| **16** | 12 0 22,0 | 253 | 125 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 28 46,3 | 114 | 11 |
| **17** | 12 16 14,6 | 250 | 131 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 30 16,1 | 119 | 18 |
| **18** | 12 17 43,0 | 249 | 131 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 30 14,5 | 119 | 19 |
| **19** | 12 15 24,1 | 252 | 132 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 31 4,4 | 117 | 16 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### République Démocratique du Congo

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 14 7,7 | 252 | 84 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 14 8,1 | 105 | 354 |
| **2** | 11 51 32,5 | 250 | 118 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 24 53,5 | 115 | 12 |
| **3** | 11 30 26,3 | 241 | 92 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 10 59,0 | 119 | 15 |
| **4** | 11 28 26,4 | 257 | 104 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 21 35,9 | 105 | 355 |
| **5** | 11 17 23,6 | 255 | 91 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 16 55,0 | 104 | 352 |
| **6** | 11 6 20,3 | 253 | 76 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 11 22,6 | 102 | 348 |
| **7** | 11 44 4,4 | 245 | 110 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 19 24,7 | 118 | 15 |
| **8** | 11 34 52,9 | 264 | 114 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 25 23,1 | 99 | 346 |
| **9** | 11 38 53,1 | 264 | 118 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 26 40,1 | 99 | 347 |
| **10** | 11 40 36,3 | 265 | 119 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 27 13,8 | 99 | 347 |
| **11** | 10 59 19,9 | 255 | 71 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 8 47,6 | 99 | 341 |
| **12** | 11 21 27,3 | 246 | 87 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 13 5,0 | 112 | 5 |
| **13** | 11 32 7,8 | 257 | 107 | ·· ·· ··· | ··· | ··· | ·· ·· ··· | ··· | ··· | 14 22 58,9 | 105 | 355 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Zambie (Villes Principales

| 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 20 | − 27 52 | Chilabombwe | · · · · | 13 11 12,2 | 94,9 | 0,952 | 33 | 129 |
| **2** | −12 31 | − 27 53 | Chingola . . . . | · · · · | 13 11 10,7 | 95,5 | 0,957 | 33 | 129 |
| **3** | −13 40 | − 32 42 | Chipata . . . . . | · · · · | 13 18 40,5 | 92,9 | 0,936 | 27 | 126 |
| **4** | −14 29 | − 28 25 | Kabwe . . . . . | 2 20,8 | 13 11 27,6 | 100,0 | 1,005 | 31 | 130 |
| **5** | −12 50 | − 28 3 | Kalulushi . . . | · · · · | 13 11 22,8 | 96,4 | 0,964 | 33 | 129 |
| **6** | −13 40 | − 32 42 | Katolala . . . . | · · · · | 13 18 40,5 | 92,9 | 0,936 | 27 | 126 |
| **7** | −12 50 | − 28 11 | Kitwe-Nkana | · · · · | 13 11 37,1 | 96,2 | 0,962 | 32 | 129 |
| **8** | −17 50 | − 25 53 | Livingstone . | · · · · | 13 5 13,3 | 91,7 | 0,926 | 32 | 134 |
| **9** | −13 9 | − 28 24 | Luanshya . . . | · · · · | 13 11 54,1 | 97,0 | 0,969 | 32 | 129 |
| **10** | −15 26 | − 28 20 | Lusaka . . . . . | 3 19,2 | 13 10 56,0 | 100,0 | 1,013 | 31 | 130 |
| **11** | −17 50 | − 25 53 | Maramba . . . | · · · · | 13 5 13,3 | 91,7 | 0,926 | 32 | 134 |
| **12** | −12 30 | − 28 12 | Mufulira . . . . | · · · · | 13 11 45,1 | 95,1 | 0,953 | 33 | 129 |
| **13** | −13 0 | − 28 39 | Ndola . . . . . | · · · · | 13 12 23,4 | 96,2 | 0,962 | 32 | 129 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
### Zimbabwe (Villes Principales

| 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 . . . | · · · · | 13 9 14,1 | 87,3 | 0,892 | 28 | 132 |
| **2** | −18 10 | − 30 14 | Chegutu . . . . | · · · · | 13 12 55,5 | 95,8 | 0,959 | 27 | 130 |
| **3** | −17 22 | − 30 12 | Chinhoyi . . . | · · · · | 13 13 16,1 | 98,3 | 0,980 | 28 | 129 |
| **4** | −18 0 | − 31 6 | Chitungwiza | · · · · | 13 14 24,6 | 97,4 | 0,972 | 27 | 129 |
| **5** | −20 10 | − 30 49 | Fort Victoria | · · · · | 13 12 46,3 | 90,0 | 0,912 | 26 | 130 |
| **6** | −18 16 | − 29 55 | Gatooma . . . | · · · · | 13 12 20,9 | 95,1 | 0,953 | 28 | 130 |
| **7** | −19 25 | − 29 50 | Gwelo . . . . . | · · · · | 13 11 35,2 | 91,2 | 0,922 | 27 | 131 |
| **8** | −19 25 | − 29 50 | Gweru . . . . . | · · · · | 13 11 35,2 | 91,2 | 0,922 | 27 | 131 |
| **9** | −17 43 | − 31 5 | Harare . . . . . | · · · · | 13 14 31,6 | 98,2 | 0,980 | 27 | 129 |
| **10** | −18 10 | − 30 14 | Hartley . . . . . | · · · · | 13 12 55,5 | 95,8 | 0,959 | 27 | 130 |
| **11** | −18 20 | − 26 25 | Hwange . . . . . | · · · · | 13 6 0,4 | 90,6 | 0,918 | 31 | 134 |
| **12** | −18 16 | − 29 55 | Kadoma . . . . | · · · · | 13 12 20,9 | 95,1 | 0,953 | 28 | 130 |
| **13** | −20 20 | − 28 30 | Khami . . . . . | · · · · | 13 8 45,1 | 86,5 | 0,885 | 28 | 133 |
| **14** | −20 10 | − 30 49 | Masvingo . . . | · · · · | 13 12 46,3 | 90,0 | 0,912 | 26 | 130 |
| **15** | −19 0 | − 32 40 | Mutare . . . . . | · · · · | 13 16 17,1 | 96,2 | 0,962 | 24 | 128 |
| **16** | −18 55 | − 29 51 | Que Que . . . . | · · · · | 13 11 53,5 | 92,9 | 0,935 | 27 | 131 |
| **17** | −20 20 | − 30 5 | Shabani . . . . | · · · · | 13 11 28,4 | 88,5 | 0,901 | 26 | 131 |
| **18** | −18 20 | − 26 25 | Wankie . . . . . | · · · · | 13 6 0,4 | 90,6 | 0,918 | 31 | 134 |
| **19** | −20 16 | − 30 54 | Zimbabwe . . | · · · · | 13 12 50,7 | 89,7 | 0,911 | 26 | 130 |
| **20** | −20 20 | − 30 5 | Zvishavane . . | · · · · | 13 11 28,4 | 88,5 | 0,901 | 26 | 131 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Zambie (Villes Principales**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 41 25,4 | 266 | 121 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 28,5 | 98 | 345 |
| **2** | 11 41 23,5 | 267 | 121 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 27,5 | 98 | 345 |
| **3** | 11 53 55,1 | 267 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 30 47,1 | 99 | 348 |
| **4** | 11 42 8,4 | 269 | 123 | 13 10 16,9 | 43 | 277 | 13 12 37,7 | 323 | 197 | 14 27 24,3 | 95 | 341 |
| **5** | 11 41 44,1 | 267 | 121 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 32,5 | 97 | 344 |
| **6** | 11 53 55,1 | 267 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 30 47,1 | 99 | 348 |
| **7** | 11 42 6,9 | 267 | 122 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 39,4 | 97 | 345 |
| **8** | 11 34 12,2 | 275 | 121 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 23 6,4 | 88 | 329 |
| **9** | 11 42 35,9 | 267 | 122 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 46,4 | 97 | 344 |
| **10** | 11 41 35,9 | 271 | 123 | 13 9 16,1 | 117 | 350 | 13 12 35,3 | 248 | 122 | 14 26 57,5 | 93 | 338 |
| **11** | 11 34 12,2 | 275 | 121 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 23 6,4 | 88 | 329 |
| **12** | 11 42 18,3 | 266 | 121 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 44,0 | 98 | 345 |
| **13** | 11 43 21,9 | 267 | 122 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 28 1,0 | 97 | 345 |

## CIRCONSTANCES LOCALES POUR DES LIEUX GÉOGRAPHIQUES DONNÉS
**Zimbabwe (Villes Principales**

| n° | 1$^{er}$ 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** | 11 41 35,5 | 277 | 127 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 24 18,9 | 86 | 327 |
| **2** | 11 45 54,5 | 274 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 10,6 | 90 | 334 |
| **3** | 11 46 2,4 | 273 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 37,4 | 91 | 336 |
| **4** | 11 48 9,5 | 274 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 59,7 | 91 | 335 |
| **5** | 11 46 54,4 | 277 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 16,2 | 88 | 329 |
| **6** | 11 45 4,1 | 274 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 50,4 | 90 | 333 |
| **7** | 11 44 35,8 | 276 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 25 58,1 | 88 | 330 |
| **8** | 11 44 35,8 | 276 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 25 58,1 | 88 | 330 |
| **9** | 11 48 12,0 | 273 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 28 8,8 | 92 | 336 |
| **10** | 11 45 54,5 | 274 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 27 10,6 | 90 | 334 |
| **11** | 11 35 38,3 | 275 | 122 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 23 20,5 | 87 | 328 |
| **12** | 11 45 4,1 | 274 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 50,4 | 90 | 333 |
| **13** | 11 41 0,4 | 278 | 127 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 23 57,4 | 86 | 326 |
| **14** | 11 46 54,4 | 277 | 130 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 16,2 | 88 | 329 |
| **15** | 11 51 42,0 | 275 | 132 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 28 34,5 | 91 | 335 |
| **16** | 11 44 44,7 | 275 | 128 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 20,6 | 89 | 331 |
| **17** | 11 45 3,1 | 277 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 25 29,0 | 87 | 328 |
| **18** | 11 35 38,3 | 275 | 122 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 23 20,5 | 87 | 328 |
| **19** | 11 47 5,4 | 277 | 131 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 26 15,8 | 87 | 329 |
| **20** | 11 45 3,1 | 277 | 129 | .. .. ... | ... | ... | .. .. ... | ... | ... | 14 25 29,0 | 87 | 328 |