

LEVER, COUCHER ET HAUTEUR MERIDIENNE DU SOLEIL A L'ILE AUX MOINES 47°34'N, G=002°51,5W : SUR PENHAP).

EN DEGRES DECIMAUX +47.57,-2.86, $\Delta T=11$ MINUTES 26SECONDES

CET ARTICLE PROVIENT D'UN TP PROPOSE AUX ELEVES D'UNE ECOLE MARITIME, REMIS
AU GOUTS DU JOUR, LOCALISATION DIFFERENTE, ANNEE DIFFERENTE

Introduction

Nous proposons dans cet article de calculer les azimuts (*directions données en degrés décimaux à partir du nord géographique*) et heures (*exprimées en Temps universel*) des levers et couchers du soleil pour **l'île aux Moines** (*En pratique valable sur tout le golfe*). Ainsi que la hauteur méridienne (*exprimée en degrés au dessus de l'horizon sud*) du soleil ces jours là, hauteur méridienne que nous confondrons avec la culmination (*Cette approximation n'est exacte que pour un observateur immobile en longitude et un astre dont le $\frac{\Delta D}{dt}$ est nul Avec D déclinaison de l'astre, donc stricto sensu, cette approximation n'est valable qu'aux solstices ou la variation de déclinaison est nulle. En pratique, l'erreur n'est que de quelques secondes.*

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux solstices et équinoxes

Les éphémérides de l'institut de mécanique céleste indiquent que :

L'équinoxe de printemps a eu lieu le jeudi 20 mars 2008 à 05h48 temps universel (UT), à ce moment, le soleil est à la verticale de l'équateur (*C'est-à-dire que sa déclinaison, devient nulle en passant des déclinaisons sud aux déclinaisons nord*) il est au point où l'écliptique recoupe l'équateur céleste, ce lieu est nommé « point vernal, noté γ (gamma) » et est à l'origine des systèmes de coordonnées célestes, L'angle que fait le soleil avec ce point c'est le AHsp des marins et des astronomes de position. A cette période la durée du jour et de la nuit sont à peu près égales (ont expliquera cet à peu près plus loin) .

Le lundi 22 septembre 2008 à 15h44 UT, c'est l'équinoxe d'automne, la déclinaison du soleil s'annule, en passant cette fois des déclinaisons nord aux déclinaisons sud.

Le soleil est alors à l'opposée du point Vernal (AHsp=180°) à l'intersection de l'écliptique et de l'équateur céleste.

Le vendredi 20 juin 2008 à 23h59 UT le soleil est à la verticale du tropique vrai de l'hémisphère nord de latitude 23°26.4' Nord (23,44° décimaux), sa déclinaison est donc égale à23°26.4'N.. C'est le jour le plus long de l'année, le soleil est en quadrature avec le point vernal (90°)., c'est le solstice d'été

Le dimanche 21 décembre 2008 à 12h03min UT, le soleil est à la verticale du tropique vrai de l'hémisphère sud, sa déclinaison est de 23°26',4S. C'est le jour le plus court de l'année, le solstice d'hiver. (*la position des tropiques vrais changent tout le temps avec les déclinaisons maximales que peut prendre le soleil au court du temps, leurs latitudes peuvent être très légèrement différentes des tropiques conventionnels, tropique du cancer et du capricorne, qui sont des positions moyennes*)

Méthode de calcul simplifié (trigonométrie sphérique)

Note sur l'équation du temps

Le soleil moyen dans son mouvement apparent, fait 1 tour de la terre (360°) en 24H, il se déplace donc de 15° par heure (360/24). Le soleil vrai (celui que l'on voit) peut prendre du retard ou de l'avance sur le soleil moyen, ainsi entre 2 culminations ou midi vrai, (qui diffère du midi de la montre, par le décalage horaire, 1h en hiver 2h en été, et par le temps mis par le soleil moyen à passer de la verticale du méridien de Greenwich, de longitude 0, à celui de l'île aux Moines de longitude 002°51',5W soit 11 minutes et 26 secondes, calculé par une règle de 3 entre 360° et 24h), il se passe 24H14m16s le 11 février 2008, et 23h43m34s le 3 novembre 2006. Quatre fois par an le soleil moyen se confond avec le soleil vrai) en 2008 ce sera les 16 avril, 13 juin, 2 septembre, 25 décembre.

Cela est dû aux faits que :

1) la terre ne se déplace pas à vitesse constante sur son orbite, **étant plus proche du soleil l'hiver** elle se déplace plus vite. **L'été, plus loin du soleil**, elle va moins vite (loi des Aires de Kepler). La courbe tenant compte de ce mouvement s'appelle « Equation du centre »

2) Le soleil apparent se déplace sur l'écliptique, incliné de 23,44° par rapport à l'équateur, or la durée du jour se mesure dans le plan équatorial, il faut donc projeter orthogonalement le soleil sur le plan équatorial.

Cela s'appelle la « Réduction à l'équateur ». La combinaison de ces 2 facteurs donne l'équation du temps. On trouvera en annexe un graphique de cette équation (qui mériterait un article à elle seule)

1) Calcul de la hauteur méridienne (Hv_{midi}) à l'île aux Moines

$$Hv_{midi} = 90 - \varphi + D \text{ (unité en degrés d'angle)}$$

Par définition, L'azimut de la méridienne est Zv=180° (Soleil au sud), C'est l'instant où le soleil est le plus haut dans le ciel, c'est le midi vrai du lieu (à l'approximation près donnée dans l'introduction).

Hv_{midi} représente la hauteur vraie du centre de l'astre, à l'instant de la méridienne

Hv_{midi} est obtenue au sextant, puis corrigé des erreurs instrumentales des erreurs de réfraction, de parallaxe, de demi-diamètre à l'aide de différentes formules ou tables.

φ représente la latitude du lieu **47°34'N pour PenHap** soit +47,57 degrés décimaux.

D représente la déclinaison du soleil au moment du passage au méridien supérieur (plein sud).

En application numérique (degrés décimaux)

$$Hv_{midi} = 90 - 47,57 + D = 42,43 + D$$

a) Solstice d'été $D=23,44^\circ$

Hauteur vrai maximale possible du centre du soleil à **l'île aux moines** au midi vrai du solstice d'été,

$$H_{max \text{ solstice été } iom} = 65,87^\circ$$

Valable pour tous les lieux de même latitude φ

De la même manière :

b) Solstice d'hiver $D=-23,44^\circ$

Hauteur vrai minimale possible du centre du soleil à **l'île aux moines** au midi vrai du solstice d'hiver

$$H_{min \text{ solstice hiver } IOM} = 18,99^\circ$$

Valable pour tous les lieux de même latitude φ

c) Equinoxes $D=0$

Hauteur moyennes du centre du soleil à **L'île aux Moines** au midi vrai des deux équinoxes

$$H_{moy \text{ équinoxes } IOM} = 42,03^\circ$$

Valable pour tous les lieux de même latitude φ . La hauteur précise, dépend de la valeur exacte de la déclinaison au midi vrai du lieu

2) Calcul de l'heure des levers et des couchers vrai du centre du soleil

($H_v=0$)

La formule fondamentale de la trigonométrie sphérique nous donne :

$$H_v = \sin^{-1}(\sin \varphi \sin D + \cos \varphi \cos D \cos P) \xrightarrow{\text{si } H_v=0} P = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan D)$$

(Attention au signe et au modulo !)

P : représente l'angle au pôle du soleil, P est une fonction du temps et de la longitude du lieu. De la connaissance de P, on en déduit l'heure solaire locale du lever ou du coucher.

D représente la déclinaison du soleil $D = 0^\circ$ aux équinoxes et de $\pm 23,44^\circ$ aux solstices ($\pm 23,44^\circ$ décimaux)

φ étant constant (47°34'N pour l'île aux Moines) on remarque que pour un lieu fixé, l'heure des levés et couchers ne dépend que de la déclinaison du soleil, c'est-à-dire que de l'instant de l'année.

a) Application numérique, Equinoxes $D=0$

$$P = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan D) \text{ avec } D = 0 : P = 90^\circ \text{ mod}(180)$$

En convertissant les degrés décimaux en heures ($360^\circ=24H$), *Le soleil moyen dans son mouvement apparent fait 1 tour de la terre (360°) en 24H*

Heure locale_{lever}=6h00
Heure locale_{coucher}=18h00

Il S'agit la de l'heure solaire locale qui diverge de l'heure TU entre autre par la différence de longitude 2,85°W en décimale c'est-à-dire de 11m26s (selon le principe $360^\circ=24h$) ainsi que par l'équation du temps (7m12s ce jour là).

Nous y ajoutons donc la longitude exprimée en heure minutes 11min 26 s et l'équation du temps **+7min 23s** en mars et **-7min 44s** en septembre, (a l'erreur d'interpolation près), nous trouvons :

Heure TU_{lever printemps}=6h19m
Heure TU_{coucher printemps}=18h19m

Heure TU_{lever automne}=06h04m
Heure TU_{coucher automne}=18h04m

b) Application numérique, solstice $D=\pm 23,44^\circ$

On garde la même formule que précédemment avec $D=\pm 23.44$ selon que l'on s'intéresse au solstice d'été ou a celui d'hiver.

On trouve :

P=04h07m et P= 07h57m

Il S'agit la de l'heure solaire locale (au modulo près) qui diverge de l'heure TU par la différence de longitude ainsi que par l'équation du temps).

Nous y ajoutons donc la longitude exprimée en heure minutes 11min 26 s et l'équation du temps +2min en juin et -2 min en septembre on obtient.

<p>Heure TU_{leve été}=4h20m (04h07+11m26s+2, valeur arrondie) Heure TU_{coucher été} =20h10m (12h+07h57m++11m26s+2m valeur arrondie)</p> <p>Heure TU_{leve hiver}=08h06 (07h57+11m26s-2, valeur arrondie) Heure TU_{coucher hiver} =16h16m (12h+4h07m+11m26s-2m valeur arrondie)</p>

3) Calcul de L'azimut des levers et des couchers pour l'île aux Moines

Azimut : angle que fait le vertical d'un corps céleste ou un repère terrestre (amer) avec la direction du nord géographique compté de 0 à 360 dans le sens des aiguilles d'une montre (pour les géodésiens et les marins, les astronomes comptent les azimuts à partir du sud)

A partir de la formule fondamentale on obtient

$$AZ = \cos^{-1} \frac{\sin D - \sin \varphi \sin Hv}{\cos \varphi \cos Hv}$$

Si l'on s'intéresse au lever vrai du centre du soleil (Hv=0)

$$AZ = \cos^{-1} \frac{\sin D}{\cos \varphi}$$

Dans le cas d'un lever l'azimut Z=Az (astre à l'est)

Dans le cas d'un coucher Z= 360°-Az (astre à l'ouest).

a)Application numérique, aux équinoxes D=0

Si les levers/couchers se produisent *juste aux moments des équinoxes*

$$\cos(AZ)=0 \rightarrow AZ=\pm 90^\circ$$

Lever	Z=90°	(plein est)
Coucher	Z= 360-90=270°	(plein ouest)

b)Application numérique, aux solstices D=±23,44

$$AZ = \cos^{-1} \frac{\sin D}{\cos \varphi} = \cos^{-1} \frac{\sin \pm 23,44}{\cos 47,57} = \cos^{-1} \frac{\pm 0,3978}{0,6747} = 53,87^{\circ} \text{mod}(180)$$

AZ=53,87° → Z=53,87 et Z= 360-53,87=306,13

AZ=126,13° → Z=126,13 e Z= 360-126,13=233,87

A l'Île au Moines à Déclinaisons solaire extrémales (D=±23,44°) :

le soleil vrai peut se **lever au 53,87° (+ nord possible au solstice d'été)** .
 Le soleil vrai peut se **coucher au 306,13 (+ nord possible au solstice d'été)**
 Le soleil vrai peut se **lever au 126,13 (+ sud possible au solstice d'hiver)**.
 Le soleil vrai peut se **coucher au 233,87 (+ sud possible au solstice d'hiver)**

On remarquera que 53,87+180=233,87 et que 306,13-180=126,13

Les extremums possibles des levers /couchers aux solstices forment sur la carte une croix parfaite (cela est due à la valeur constante de l'obliquité de l'écliptique, en pratique celle-ci varie très lentement dans le temps : 1° en plusieurs milliers d'années, nous sommes actuellement en phase de décroissance de l'obliquité de l'écliptique)

EPHEMERIDES DE L'IMCCE

Les données ci-dessus sont idéales : on considère la hauteur du centre du soleil en absence de toute parallaxe , réfraction atmosphérique et dépression de l'horizon .

Ci-dessous nous allons nous intéresser aux éphémérides données par l'institut de mécanique céleste d'après la théorie planétaire VSOP87, et calculée pour l'île aux Moines : les résultats sont un peu différents de ceux ci- dessus mais plus précis

Car :

1) Les levers et couchers des corps célestes sont calculés pour leur centre et correspondent à une hauteur sous l'horizon égale à la réfraction horizontale normale (36'.6) corrigée de la parallaxe horizontale du corps (angle sous lequel le rayon de la Terre est vu depuis le corps céleste). Le rayon apparent des astres et l'altitude de l'observateur ne sont pas pris en compte. La première approximation n'a d'incidence que si l'on veut connaître le lever ou le coucher du bord supérieur du Soleil ou de la Lune : l'erreur commise est alors de l'ordre de 1 à 2 minutes de temps. La seconde approximation modifie la hauteur vraie de l'astre au lever et au coucher d'une quantité environ égale à $-1'56'' \sqrt{A}$ où A représente l'altitude au dessus du niveau de la mer et est exprimée en mètres. Les instants de lever et de coucher calculés pour une altitude nulle peuvent alors différer de plusieurs minutes par rapport aux instants observés si l'observateur n'est pas au niveau de la mer. Si de plus l'horizon de l'observateur est limité par des collines ou des montagnes d'altitude D situées à la distance l, la hauteur vraie de l'astre au lever et au coucher est augmentée de $\arctan(D/l)$ ce qui peut modifier les instants de lever et de coucher de plusieurs minutes à plusieurs dizaines de minutes. Enfin, les instants de lever et de coucher des astres peuvent différer des instants observés à cause des variations de la réfraction atmosphérique par rapport à la valeur utilisée dans les calculs (constante de Radau). L'estimation de la réfraction atmosphérique nécessite de connaître, à une époque donnée, les conditions atmosphériques du lieu d'observation. Or il n'est pas possible de prédire à l'avance et de manière satisfaisante l'état de l'atmosphère en un lieu quelconque de la Terre. C'est pourquoi une constante est adoptée représentant de manière empirique la réfraction atmosphérique dans des conditions normales de pression (P = 101 325 Pa), de température (T = 15°C), de pression de vapeur sèche (e0 = 0 Pa) et de longueur d'onde ($\lambda = 0.590 \mu\text{m}$). La précision sur le calcul des instants du lever et du coucher des astres est alors de l'ordre de 1 à 2 minutes.

Source : Article sur la constante de Radau de l'Institut de Mécanique céleste et de calcul des Ephémérides.

2) Les solstices et équinoxes ne se produisent pas en général aux moments précis de la culmination et/ou des lever coucher. Durant le temps séparant les levers/couchers/culmination des moments précis des solstices/ équinoxes, la déclinaison du soleil varie et donc les résultats ne sont pas exactement ceux donnés plus haut.

3) La méthode de calcul utilisée est nettement plus complexe que celle donnée plus haut

Notes : D'autres documents peuvent donner des heures très légèrement différentes pour les solstices et équinoxes, cela dépend de la théorie utilisée (ici on utilise la théorie VSOP 87,), de la référence de temps utilisé (UT et ses différentes variantes, ou TT ainsi que du point vernal (γ) retenu, γ moyen de la date.. γ vrai..... Stricto sensu aux équinoxes, le jour est égal à la nuit, mais cela n'est vrai qu'en absence de réfraction atmosphérique, pour un astre ponctuel ; et pour un observateur situé idéalement au centre de la terre. En moyenne, lorsque l'on voit le bord supérieur du soleil se lever ou se coucher à l'horizon, celui-ci est déjà à plus d'un demi degré sous cet horizon (pour un observateur situé au niveau de la mer)

I) LES SOLSTICES SUR L'ILE AUX MOINES:

Le solstice d'été est le jour le plus long de l'année. Pour un observateur situé au centre de la terre ce serait aussi le jour où le soleil se lèverait le plus tôt et se coucherait le plus tard dans les azimuts les plus nord. Tout en culminant le plus haut dans le ciel

Réciproquement le solstice d'hiver est le jour le plus court de l'année. Mais pour la même raison que précédemment ce n'est pas le jour où le soleil se lève le plus tard ni se couche le plus tôt dans les azimuts les plus sud. Tout en culminant au plus bas dans le ciel

Voici un extrait des éphémérides 2008 (version complète dans un document joint)

A) SOLSTICE D'ETE (éléments pour l'île aux moines)(Heure en TU)

DATE	Heure lever	Azimut lever	Hauteur Max	Heure coucher	Azimut coucher	Durée du jour
15-juin	4:14:47	53.23	65.75	20:09:17	306.81	15:54:30
16-juin	4:14:47	53.17	65.79	20:09:42	306.87	15:54:55
17-juin	4:14:49	53.12	65.81	20:10:04	306.91	15:55:15
18-juin	4:14:54	53.08	65.83	20:10:23	306.94	15:55:29
19-juin	4:15:01	53.05	65.85	20:10:40	306.96	15:55:39
20-juin	4:15:11	53.04	65.85	20:10:55	306.97	15:55:44
21-juin	4:15:23	53.03	65.85	20:11:07	306.96	15:55:44
22-juin	4:15:38	53.04	65.85	20:11:17	306.95	15:55:39
23-juin	4:15:55	53.06	65.83	20:11:24	306.92	15:55:29
24-juin	4:16:14	53.09	65.81	20:11:28	306.88	15:55:14
25-juin	4:16:36	53.13	65.79	20:11:30	306.83	15:54:54
26-juin	4:17:00	53.19	65.75	20:11:30	306.77	15:54:30

20 juin 2008 23h59 TU: Solstice d'été

1)Durée du jour : **15h55m44s**, c'est les 20 et 21 juin sont les jours les plus long de l'année 2008

(durée calculée pour l'île aux moines pour un observateur au niveau de la mer observant un horizon dégagé, les levers et couchers sont ceux du centre du soleil, corrigés de la parallaxe et de la constante de Radau).

2)Hauteur méridienne : **65,85°** (à comparer au 65,87° de notre calcul simplifié), calculé du centre du soleil à la ligne d'horizon, c'est la hauteur maximale qu'aura le soleil au midi vrai du lieu(quand il passera plein sud)en 2008, c'est-à-dire à 12h13m15s TU ou encore à 14h13m15s , heure de la montre (voir à ce sujet la note sur l'équation du temps).

3) Azimut lever et coucher : **Z_{lever}= 53,03°** (à comparer au 53,87° de notre calcul simplifié). Le 21 juin 2008 'est le jour où le soleil se lève le plus au nord

Z_{coucher}= 306,97° (à comparer au 306,13° de notre calcul simplifié). Le 20 juin 2008 'est le jour où le soleil se couche le plus au nord

4) **Heure des levers et des couchers** : L'erreur de quelques minutes commise dans notre calcul simplifié est principalement due à la non prise en compte de la réfraction horizontale normale (36'.6) et de la parallaxe horizontale du corps (angle sous lequel le rayon de la Terre est vu depuis le corps céleste)

15 juin 2008

Lever du soleil : **4h14m47s TU** (6h14m47s à la montre), C'est le jour de l'année ou le soleil se lève le plus tôt (*Heure calculée pour l'île aux moines pour un observateur au niveau de la mer observant un horizon dégagé, les levers et couchers sont ceux du centre du soleil, corrigés de la parallaxe et de la constante de Radau*).

25 juin 2008

Coucher du soleil : **20h11m30s TU** (22h11m30s à la montre), C'est le jour de l'année ou le soleil se couche le plus tard. On trouve ici peut être l'explication des feux de la saint Jean, qui ont lieu non le jour du solstice, mais le soir ou le soleil se couche le plus tard. (*Heure calculée pour l'île aux moines pour un observateur au niveau de la mer observant un horizon dégagé, les levers et couchers sont ceux du centre du soleil, corrigés de la parallaxe et de la constante de Radau*).

B) SOLSTICE D'HIVER (éléments pour l'île aux moines) (Heure en TU)

DATE	Heure lever	Azimut lever	Hauteur méridienne	Heure coucher	Azimut couché	Durée du jour
10-déc.	07:50:23	124.51	19.45	16:18:14	235.44	08:27:51
11-déc.	07:51:19	124.65	19.36	16:18:14	235.31	08:26:55
12-déc.	07:52:13	124.77	19.29	16:18:17	235.18	08:26:04
13-déc.	07:53:05	124.89	19.22	16:18:23	235.08	08:25:18
14-déc.	07:53:54	124.99	19.17	16:18:32	234.98	08:24:38
15-déc.	07:54:41	125.07	19.12	16:18:44	234.9	08:24:03
16-déc.	07:55:25	125.15	19.07	16:18:58	234.83	08:23:33
17-déc.	07:56:07	125.21	19.04	16:19:16	234.77	08:23:09
18-déc.	07:56:47	125.26	19.01	16:19:36	234.73	08:22:49
19-déc.	07:57:24	125.29	18.99	16:20:00	234.7	08:22:36
20-déc.	07:57:58	125.31	18.98	16:20:26	234.68	08:22:28
21-déc.	07:58:30	125.32	18.97	16:20:55	234.68	08:22:25
22-déc.	07:58:59	125.32	18.98	16:21:27	234.69	08:22:28
23-déc.	07:59:25	125.3	18.99	16:22:01	234.71	08:22:36
24-déc.	07:59:49	125.27	19.01	16:22:38	234.74	08:22:49
25-déc.	08:00:09	125.23	19.04	16:23:18	234.79	08:23:09
26-déc.	08:00:27	125.17	19.07	16:24:01	234.85	08:23:34
27-déc.	08:00:42	125.1	19.12	16:24:46	234.93	08:24:04
28-déc.	08:00:55	125.02	19.17	16:25:34	235.02	08:24:39
29-déc.	08:01:04	124.92	19.23	16:26:24	235.12	08:25:20
30-déc.	08:01:11	124.81	19.29	16:27:16	235.23	08:26:05
31-déc.	08:01:14	124.69	19.37	16:28:11	235.35	08:26:57

21 décembre 2008: solstice d'hiver

1) **Durée du jour** : **08h22m25s TU**, c'est le jour le plus court de l'année

2) **Hauteur méridienne** : **18,97°** (à comparer au 18,99° de notre calcul simplifié), calculé du centre du soleil à la ligne d'horizon, c'est la hauteur minimale qu'aura le soleil au midi vrai du lieu (quand il passera plein sud) en 2008, c'est-à-dire à 12h09m42s TU ou encore à 13h09m42s, heure de la montre (voir à ce sujet la note sur l'équation du temps)

3) **Azimut lever et coucher** : **Z_{lever}=125,32°** (à comparer 126,13° de notre calcul simplifié), c'est le jour où le soleil se lève le plus sud

Z_{coucher}=234,68° (à comparer au 233,87° de notre calcul simplifié), C'est aussi le jour où le soleil se couche le plus au sud.

4) **Heure des levers et des couchers** : L'erreur de quelques minutes commise dans notre calcul simplifié est principalement due à la non prise en compte de la réfraction horizontale normale (36'.6) et de la parallaxe horizontale du corps (angle sous lequel le rayon de la Terre est vu depuis le corps céleste)

10 décembre 2008

Coucher du soleil : **16h18m14s TU** (17h18m16s à la montre), c'est le jour où le soleil se couche le plus tôt. (même remarque que précédemment sur la parallaxe et la constante de Radau)

On trouve ici peut être l'explication de l'adage « A (aux environs de) la sainte Luce les jours progressent d'un saut de puce » En effet, à partir de ce jour que le soleil se couche de plus en plus tard.

31 décembre 2008

Lever du soleil : **08h01m14s** C'est le jour de l'année où le soleil se lève le plus tard (même remarque que précédemment sur la parallaxe et la constante de Radau)

Ainsi à l'île aux Moines en 2008 le jour le plus long dure 07h33m19s de plus que le jour le plus court, ceci est vrai sur les 2 parallèles terrestres de latitude 47°34'N et 47°34'S. Ce paramètre reste à peu près constant d'une année sur l'autre.

II) LES EQUINOXES SUR L'ILE AUX MOINES (20/03 et 22/09):

Voici un extrait des éphémérides 2008 (version complète dans un document joint)

DATE	Heure lever	Azimut lever	Heure méridienne	Hauteur méridienne	Heure coucher	Azimut coucher	Durée du jour
20-mars	6:15:13	89.32	12:18:46	42,52	18:23:12	270.97	12:07:59
22-sept.	5:59:45	89.10	12:03:57	42,47	18:07:18	270.61	12:07:33

On remarquera que les **valeurs données** par l'institut de mécanique céleste (IMCCE) sont très proches des valeurs approximées que nous avons **calculés** (**42,03°** contre **42.52°** et **42.47°** pour les hauteurs méridiennes, **90°** contre **89.32°** et **89.10°** pour les azimuts des levers, **270** contre **270.97** et **270.61** pour les azimuts des couchers, **06h19** contre **06h15** pour le lever à l'équinoxe de printemps, **18h19** contre **18h23** pour le coucher à ce même équinoxe, **06h04** contre **06h00** pour le lever à l'équinoxe d'automne , **18h04** contre **18h07** pour le coucher a ce même équinoxe). Comme précédemment, ces erreurs de quelques minutes dans notre calcul simplifié sont principalement dues à la non prise en compte de la réfraction horizontale normale (36'.6) et de la parallaxe horizontale du corps (angle sous lequel le rayon de la Terre est vu depuis le corps céleste)

La moindre dispersion des résultats (comparée aux solstices) est due au fait que c'est aux équinoxes que la variation de déclinaison solaire est la plus importante)

Hervé Créquer

Pièces jointes

-Un fichier présentant les levers couchers et culminations du soleil sur **L'ILE** jours par jours pour toute l'année 2008. Accompagné d'une analyse graphique des données présentées.

-Un fichier présentant de 15 minutes en 15 minutes la position du soleil les jours de solstices et d'équinoxes **sur L'ILE**. Analyse graphique des données.

-un fichier représentant sur une carte les azimuts des levers et couchers du soleil.

Perspectives.

La période de validité des calculs dépend de la théorie planétaire utilisée :

VSOP82 : du 28 mars 1599 au 02 janvier 2050

VSOP87 : du 21 décembre 1549 au 30 janvier 2350 . (**C'est celle qui est utilisée ici**)

DE200 : Du 9 décembre 1599 au 2 mai 2169.

DE403 : du 29 avril 1599 au 22 juin 2199 .

DE405 : du 9 décembre 1599 au 20 février 2201

DE406 : du **23 février -3000** au **6 mai 3000**.

Cette dernière théorie est particulièrement intéressante car elle permet de travailler sur le ciel que voyaient nos ancêtres constructeurs de mégalithes (travail en cours)

Bibliographie

- Ephémérides astronomiques – Connaissance des temps
- Introduction aux éphémérides astronomiques
- Supplément à la connaissance des temps.

Ces trois ouvrages plutôt ardu sont des publications officielles disponibles auprès de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides(IMCCE).

-Calculs astronomiques à l'usage des amateurs par Jean Meeus. Edité par la société astronomique de France. ISBN-13 978-2901730033

Ouvrage abordable par un 1^{er} cycle universitaire maths Physique