Sylvain DUPERTUIS[1]

LE CALCUL DU CALENDRIER LAOTIEN

INTRODUCTION

Un jour, à la fête du That Louang à Vientiane (c'était en 1974 ou 1975), j'ai eu la chance de tomber sur un ouvrage en laotien passionnant *Horasat Lao*, première partie du prince Phetsarath, complété par Maha Silaviravong. *Horasat* signifie « astrologie », cependant il s'agit davantage d'un ouvrage d'astronomie. Ce livre de 150 pages, format 20 * 27 cm.[2] a été publié en 1973 par le Ministère de l'Éducation Nationale. J'ignore si le 2e tome a jamais paru.

Cet ouvrage est une mine de renseignements sur le calcul du calendrier laotien, et c'est la source principale des données qui seront fournies dans cet article. Le calcul du calendrier est également expliqué, plus succinctement, dans *Présence du Royaume Lao* (numéro spécial de la revue *France-Asie*, mars-avril-mai 1956), dans un article également signé du prince Phetsarath, pp. 787 à 814.

---

[1] Licencié en mathématiques de l'Université de Lausanne (Suisse) en 1968, Silvain Dupertuis a d'abord été professeur pendant quatre ans dans l'enseignement secondaire. De 1972 à 1976, il a passé trois ans au Laos dans le cadre de la Mission évangélique Suisse, où il s'est initié à la langue et à la civilisation laotiennes et a notamment entrepris une recherche personnelle sur le calendrier laotien. Il nous livre ici une description détaillée et commentée de ce calendrier et des calculs nécessaires pour l'établir, en le mettant en parallèle avec les données modernes de l'astronomie.

[2] Pour ne pas confondre la multiplication et le signe 'x', elle est indiquée par une * dans le corps du texte.

L'ensemble de la description des calculs astronomiques nécessaires à l'établissement du calendrier est excellent. J'ai relevé quelques incohérences de détail ou erreurs dans les explications que je signalerai au passage.

Si le calendrier laotien apparaît comme une curiosité mathématique pleine de charme et de saveur à l'observateur occidental, il joue dans la vie traditionnelle des Laotiens un rôle essentiel : c'est lui qui rythme à la fois la vie religieuse et sociale, avec son cycle annuel de fêtes, et la vie agricole, centrée sur la riziculture, occupation principale des 4/5 de la population. À cela s'ajoutent les prédictions faites à partir de ces calculs en particulier sur les conditions climatiques de l'année : sécheresse, inondations, etc. Je n'aborderai pas cette question ici, ni pour en étudier les méthodes, ni pour en faire une évaluation. Mais avant d'aborder le calcul du calendrier laotien, il sera intéressant de le replacer dans un cadre plus général.

1. QUELQUES GÉNÉRALITÉS SUR LES CALENDRIERS

Dès les temps les plus reculés les hommes se sont intéressés au mouvement des astres qui nous entourent et ont essayé de les décrire et de les prédire. Ils en ont établi des systèmes qui rythmaient leur vie sociale, des calendriers, tous basés sur les trois cycles suivants :

- *le jour,* durée de la révolution apparente du soleil autour de la terre ;
- *l'année*, durée du cycle des saisons, liée aux variations de la durée du jour et de la nuit et qui correspond (en première approximation) à la durée de la révolution du soleil sur la « sphère des fixes », c'est-à-dire son mouvement apparent dans le ciel par rapport aux étoiles ;
- *le mois*, durée d'un cycle des phases de la lune.

Or les rapports des durées de ces trois cycles ne sont pas simples, et ces cycles eux-mêmes ne sont pas parfaitement réguliers. Ainsi la duréede1'année est approximativement de 356 et ¼ jours et de 12 et 2/5 de mois (une valeur plus précise est 12 et 7/19). Le mois lunaire, lui, vaut en moyenne un peu moins de 29 et 1/2 jours.

1. DIFFÉRENTES DÉFINITIONS DE L'ANNÉE

L'année peut être définie de plusieurs manières :

- L'année *tropique*, liée au cycle des saisons et des variations du jour et de la nuit, vaut 365 jours 5h 48' 46". Techniquement, elle est définie comme la durée d'une équinoxe de printemps au suivant. Elle est un peu plus courte que l'année sidérale à cause de la « précession des équinoxes », due au mouvement de précession de l'axe de rotation de la terre comme une toupie.

- L'année sidérale, liée au mouvement du soleil relativement aux étoiles fixes, est un peu plus longue; elle vaut 365 jours 6h 9' 10". Techniquement, c'est la durée d'une révolution du soleil le long de l'écliptique. C'est encore la durée que le soleil met à parcourir les douze constellations du zodiaque. Or les 20' 24" d'écart entre l'année sidérale et l'année tropique produisent un décalage d'environ un mois en deux millénaires (une année entière en 26 000 ans environ). Ce fait suffit à rendre vaines les prédictions astrologiques basées sur la date de naissance repérée dans le calendrier occidental, qui suit les années tropiques, puisque la position réelle du soleil relativement aux différentes constellations s'est décalée d'un mois entier depuis 2 000 ans !
- L'année anomalistique, beaucoup plus rarement utilisée. C'est la durée qui sépare deux passages de la terre au périhélie de son orbite (le point le plus rapproché du soleil sur l'orbite). La valeur de l'année anomalistique est de 365 jours 6h 13' 53", soit 4' 43" de plus que l'année sidérale. Cet écart est dû au fait que le grand axe de l'ellipse de l'orbite terrestre tourne lentement sur lui-même.

2. Trois types de calendriers

Le calendrier solaire

La première manière de simplifier le calendrier est de renoncer à faire coïncider les mois avec les cycles lunaires. On observe alors une année de 12 mois d'environ 30 jours, l'année comptant 365 jours les années ordinaires, et 366 les années bissextiles.

Le calendrier occidental suit ce schéma : jusqu'en 1582 on comptait exactement une année bissextile tous les quatre ans (les multiples de 4). Les mois suivaient le nombre de jours du calendrier actuel, le calendrier grégorien. Comme le calendrier prenait ainsi un retard sur l'année tropique d'un jour environ tous les 128 ans, et que les fêtes se décalaient par rapport aux saisons, le pape Grégoire VIII décida en 1582 que le lendemain du 4 octobre serait le 15 au lieu du 5 octobre (pour rattraper les dix jours de retard), et qu'une année bissextile serait supprimée 3 fois par 4 siècles, c'est-à-dire chaque année dont le millésime est multiple de 100 sans être multiple de 400. Ainsi 1700, 1800, 1900, 2100 ne sont pas bissextiles, mais l'an 2000 le sera. La durée de l'année du calendrier grégorien en jours est ainsi de :

$$365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400} = 365{,}2425$$

L'année ainsi définie est encore trop longue de 26”, et le calendrier grégorien prend un jour de retard au bout de 3 300 ans environ...

Le calendrier lunaire

Une deuxième manière de simplifier les choses est de renoncer à faire coïncider l'année avec le cycle des saisons, et de suivre les cycles lunaires avec une année de 12 mois lunaires. On obtient des années de 354 jours (années communes) ou 355 jours (années abondantes), trop courtes d'environ 11 jours. C'est le cas du calendrier musulman. Ainsi les fêtes musulmanes se déplacent-elles constamment par rapport au cycle de l'année astronomique, revenant à leur point de départ au bout de 33 ou 34 ans, et l'ère musulmane prend une année d'avance au bout de la même période.

Le calendrier luni-solaire

Le troisième type de calendrier essaie de concilier les mois lunaires et les années solaires, au prix de calculs relativement complexes. Le schéma général est toujours le même, imposé par les rapports entre les trois grands cycles astronomiques :
- Les années ont 12 ou 13 mois. L'année de 13 mois, dite embolismique[3], intervient à peine plus souvent qu'une fois tous les trois ans, de sorte que la durée moyenne de l'année coïncide avec l'année astronomique.
- Les mois ont 29 ou 30 jours, selon un rythme adapté aux phases réelles de la lune ou selon un mode de calcul qui donne une durée moyenne du mois égale à la valeur moyenne du cycle lunaire.

De nombreux peuples observent un calendrier luni-solaire. Citons comme exemples actuels :

Le calendrier israélite

À l'origine, le changement de mois intervenait dès que l'on observait le retour de la nouvelle lune. Plus tard, les Israélites ont adopté un calendrier basé sur un cycle de 19 ans comportant 7 années embolismiques, suivant le schéma suivant (E = année embolismique, et C = année commune) :

---

[3] Embolismique et non *embolistique* comme on peut le lire dans Thao BOUN SOUK (P.-M. Gagneux), *Notre calendrier*, p. 12.

ECC ECC EC ECC ECC ECC EC

Les mois ont 29 ou 30 jours selon des règles compliquées et les années communes comportent ainsi 353, 354 ou 355 jours, les années embolismiques 383, 384 ou 385 jours, selon que le nombre de mois de 29 jours est égal à 7, 6 ou 5. Les années sont alors dites *défectives*, *régulières* ou *abondantes*.

Le système assure une durée moyenne de l'année de 365,2468 j (7 min. de plus que l'année tropique) et une durée moyenne des mois de 29,530594 j (0,4 s de plus que la valeur du cycle lunaire).

Le calendrier chinois

Le calendrier traditionnel chinois suit un modèle très semblable, ayant également 7 années embolismiques réparties sur un cycle de 19 ans. L'année commune compte 354 ou 355 jours, l'année embolismique 384 ou 385 jours.

Le début de l'année est ainsi variable dans le calendrier grégorien, et se situe entre le 21 janvier et le 20 février.

Dans la péninsule indochinoise

Tous les peuples de la péninsule indochinoise ont également un calendrier luni-solaire. Les Vietnamiens ont un calendrier semblable au calendrier chinois ; les Laotiens, les Cambodgiens, les Thaïlandais ont des calendriers presque identiques, de provenance indienne.

2. LE CALENDRIER LAO, DESCRIPTION GÉNÉRALE

1. LES ÈRES

L'année civile est numérotée selon l'une ou l'autre des trois ères en usage dans le monde bouddhiste. Nous donnons ci-dessous les formules de comparaison de ces différents systèmes de numérotation avec l'ère chrétienne, posant AD = *anno domini i.e.* numéro de l'année dans l'ère chrétienne. Remarquons que ces formules sont valables pour la partie de l'année qui va du Nouvel-An lao à la fin de l'année julienne/grégorienne. (Voir schéma sous la rubrique "année lunaire").

a) L'ère bouddhiste commence en 544 avant Jésus-Christ. C'est cette ère qui est en usage général dans les calendriers publiés récemment ; elle est également l'ère officielle en Thaïlande.

AB = AD + 543 *AD = AB – 543*

b) La *grande ère* ou *ère çaka*, qui commence le 15 mars 78 AD.

AG = AD - 78 *AD = AG + 78*

c) La petite ère ou ère *Cullasakaraja* commence le 21 mars 638 AD. C'est celle-ci qui est en usage dans les formules servant à établir le calendrier.

AP = AD – 638 *AD = AP + 638*

2. LE REPÉRAGE CYCLIQUE DES ANNÉES

Le système des « ères » est relativement récent. Autrefois on se repérait en utilisant des cycles d'années :

À un « cycle primaire » (ແມ່ປີ *mè pi*) de 10 années se superpose un « cycle secondaire » (ລູກປີ *louk pi*) de douze années, plus couramment utilisé, et qui attribue aux années une série de 12 animaux mythiques : le Rat, le Boeuf, le Tigre, le Lièvre, le Dragon, le Serpent, le Cheval, le Bouc, le Singe, le Coq, le Chien, et le Porc.

La combinaison de ces deux cycles donne un cycle de 60 ans (60 étant le plus petit commun multiple de 10 et 12).

À la campagne, il arrive que les gens ignorent leur âge mais savent à quelle année du cycle secondaire ils sont nés. Cela permet de déterminer leur âge à une douzaine d'années près. Par exemple, une personne dans la trentaine en 1981, née l'année du Porc, est née soit en 1935-36, ou en 1947-48, ou en 1959-60... Cette personne ayant moins de quarante ans et au moins vingt-cinq ou trente ans, sa date de naissance se situe donc en 1947-48 (entre les deux dates du Nouvel-An).

Années et mois

Le calendrier laotien est luni-solaire. Ses mois ont donc 29 ou 30 jours, suivant en moyenne les phases de la lune. L'année se conforme à l'année astronomique. Nous verrons plus loin à quel type d'année astronomique il faut se référer.

La fête du *Pi may* (Nouvel-An), peut-être la plus importante de l'année, ne se situe pas au 1^{er} jour du 1^{er} mois, comme on s'y attendrait. Elle est fixée

« entre le 6^{e} jour du 5^{e} mois et le 5^{e} jour du 6^{e} mois », à une petite exception près que nous verrons plus loin.

Pour bien comprendre ce fait, il est préférable de faire une distinction – que ne font pas clairement les textes cités – entre les types d'années qui sont utilisés dans ce calendrier, et de clarifier l'usage des termes.

L'année civile et l'année astronomique

L'année *astronomique*, déterminée par le mouvement du soleil sur l'écliptique, commence au passage du soleil de la constellation *Mina* (Poissons) à la constellation *Mesa* (Bélier), qui devait correspondre à l'équinoxe de printemps à l'époque où fut établi le calendrier. Le changement d'année astronomique se fait à une heure précise, déterminée par les calculs. L'année astronomique du calendrier laotien comporte 325,25875 jours.

L'année *civile* commence au début du jour où commence l'année astronomique. Elle comporte ordinairement 365 jours (années communes, que j'appellerai *ordinaires* par la suite). À intervalles de 4 ans – et de temps en temps de 3 ans – intervient une année bissextile de 366 jours. C'est évidemment l'année civile qu'on repère par le système des ères et des cycles.

L'année *lunaire* comporte 12 ou 13 mois lunaires, ordinairement elle se compose de 12 mois (années communes) qui comportent alternativement 29 et 30 jours, soit un total de 354 jours (années régulières). Une fois tous les 5 ou 6 ans, pour rester en accord avec le cycle lunaire, il faut ajouter un jour à un mois de l'année : c'est alors le 7^{e} mois qui comporte 30 jours au lieu de 29, et l'année est dite *athikavane* (abondante). Elle totalise alors 355 jours. Une fois tous les deux ou trois ans, pour rester en accord avec l'année solaire, on ajoute un mois à l'année : c'est alors le 8^{e} mois qui est répété (8^{e} mois bis, comportant 30 jours, comme le 8$^{e)}$. L'année est dite *athikamat* (*embolismique*), et totalise 384 jours (la règle veut qu'on évite d'ajouter le jour supplémentaire les années embolismiques, qui sont donc nécessairement régulières).

Comme le mois supplémentaire ou le jour supplémentaire interviennent toujours après le Nouvel-An, le décalage entre l'année civile et l'année lunaire ne crée pas de confusion quant à la numérotation de l'année. Quant à l'année civile occidentale, elle vient se placer entre l'année lunaire et l'année civile laotiennes, comme l'illustre le schéma ci-après :

<table>
<tr><td></td><td colspan="13">année embolismique</td><td colspan="12">année commune</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="6">1341
Petite Ère</td><td colspan="13">1342
(année solaire)</td><td colspan="10">1343</td></tr>
<tr><td colspan="2">1979</td><td colspan="13">1980
Ère chrétienne</td><td colspan="12">1981</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Pour éviter toute confusion, en l’absence d’autres précisions, on fera se correspondre les années, du point de vue de leur numérotation ou de leurs caractéristiques, sur leur plus grande partie commune. Par exemple :

-1980 Ère chrétienne (de mi-avril à la fin), avec

-1342 Petite Ère (du début au milieu du 2^{e} mois)

et on dira que cette année est embolismique bien que ce terme s’applique proprement à l’année lunaire formée de 13 mois et commençant en l’an 1341 de la Petite Ère – vers mi-novembre 1979.

Le mois

Le mois est lunaire, et comporte 29 ou 30 jours. D’ailleurs le même terme désigne en laotien le mois et la lune (ເດືອນ *deuane*).

Les mois sont numérotés de 1 à 12, les mois de rang impair étant des mois *réduits* de 29 jours, et les mois de rang pair des mois *pleins* de 30 jours. Comme il a été dit plus haut, le 8^{e} mois est répété les années embolismiques, et le 7^{e} mois est exceptionnellement plein les années abondantes.

Le mois est divisé en deux parties : la lune croissante, d’une durée de 15 jours, et la lune décroissante, d’une durée de 14 ou 15 jours. Les jours sont désignés sous la forme suivante : 12^{e} jour de la lune croissante du 5^{e} mois, 5^{e} jour de la lune décroissante du 7^{e} mois (ce dernier étant donc le 22^{e} jour du 7^{e} mois ; 22 = 15 + 7).

La semaine

Les jours sont repérés selon le même cycle des 7 jours de la semaine qu’en Occident. Ce cycle ne correspond à aucun cycle astronomique (bien que le fait qu’il représente environ le quart d’un mois ait peut-être un rapport avec son origine).

Les noms laotiens des jours suivent les mêmes noms d’astres que les noms des jours dans les langues indoeuropéennes (voir tableau des jours de la semaine).

Le jour

Le jour civil traditionnel laotien commençait à 6 heures du matin, et était divisé en 16 veilles (ຍາມ *gnam*) d'une heure et demie. Mais le jour en usage général est le « jour civil moyen », qui commence à minuit et qui est adopté internationalement. C'est également ce jour civil qui est utilisé dans le calcul du calendrier tel qu'il est décrit par le prince Phetsarath,

Ce fait d'ailleurs pose une question : puisque le jour civil débutant à minuit est d'introduction récente, les calculs ont dû à l'origine être fixés en fonction du jour civil traditionnel débutant à 6 h. Or je n'ai pas trouvé trace d'une correction tenant compte de ce fait. N'y aurait-il pas là un décalage de 6 h. pour les heures calculées – partant, un décalage d'un jour une fois sur quatre pour la date de chacun des jours de la fête du Nouvel-An ?

Le Nouvel-An

Le Nouvel-An comporte en fait trois ou quatre jours. En effet, comme le soleil ne décrit pas sur l'écliptique un mouvement uniforme, on a considéré un 'soleil moyen', astre fictif qui accomplit uniformément une révolution en une année le long de l'écliptique, et le 'soleil vrai', qui prend de l'avance ou du retard sur le 'soleil moyen'. Or il se trouve qu'à l'époque du Nouvel-An le 'soleil vrai' a environ deux jours d'avance sur le 'soleil moyen', et entre donc dans le signe du Bélier deux jours plus tôt que le 'soleil moyen'.

Le jour où le 'soleil vrai' passe la frontière est le jour de 'l'année qui s'en va' (ມື້ສັງຂານໄປ *sangkhane pay*). C'est le dernier jour de l'année précédente et le 1er jour la fête. Le 'soleil moyen' passe la frontière environ 2 jours plus tard : c'est le jour où 'l'année monte' (ສັງຂານຂຶ້ນ *sangkhane khûne*) premier jour de l'An Nouveau et dernier de la fête.

Entre deux, il y a un jour (quelquefois deux) 'mort' (ສັງຂານເນົາ *sangkhane nao*), qui n'appartient en principe à aucune année et lors duquel aucune activité n'est permise. Notons toutefois que ce jour est compté dans l'année qui s'achève pour déterminer si celle-ci est ordinaire ou bissextile

2. ÉTABLISSEMENT DU CALENDRIER

Établir le calendrier nécessite l'application d'un ensemble de formules compliquées bien qu'elles ne fassent intervenir que les opérations d'arithmétique élémentaire. Je m'efforcerai d'en présenter les éléments essentiels en y adjoignant des formules algébriques, des explications et des schémas qui en éclairent la signification.

Le but de ce calcul est de déterminer les jours du Nouvel-An et les heures du changement d'année, ainsi que les caractéristiques de l'année lunaire et la date du Nouvel-An dans l'année lunaire.

Le principe consiste à calculer la valeur d'une série de variables à partir du numéro de l'année qui commence. Il faut également calculer de combien ces variables augmentent ou diminuent pour l'année suivante, et les comparer également avec les valeurs de l'année précédente pour la détermination correcte des années abondantes et de la date lunaire du Nouvel-An.

Petit rappel arithmétique

Dans ce calcul, on utilise constamment la 'division euclidienne' (division avec quotient entier et reste). Par abus de langage, on dit par exemple : '43 divisé par 8 égale 5, reste 3'. Le terme 'égale' étant parfaitement impropre, je ne l'écris qu'en toutes lettres... Mais on peut trouver de vraies égalités pour exprimer les relations entre ces quatre nombres :

D = Dividende (43) Q = Quotient (5)
d = Diviseur (8) R = Reste (3)

$$43 : 8 = 5 + \frac{3}{8} \qquad D : d = Q + \frac{R}{d}$$

$$\frac{43}{8} = 5 + \frac{3}{8} \qquad \frac{D}{d} = Q + \frac{R}{d}$$

$$43 = (5 * 8) + 3 \qquad D = Q * d + R$$

Si l'on a ceci présent à l'esprit, il est plus facile de comprendre les calculs qui suivront.

Il faut cependant souligner que les règles traditionnelles ne se servent *que de nombres entiers*.

Pour mesurer de petites valeurs, ils fractionnaient les unités, mais les nombres eux-mêmes restaient toujours entiers ; on ne trouve pas trace ni de fractions décimales ni de fractions ordinaires. Toutes les égalités que nous écrivons ici avec des fractions sont donc des transpositions culturelles à l'usage du lecteur moderne, destinées à rendre plus compréhensibles l'exposé et la signification des formules.

***Calcul des variables servant à établir le calendrier* (sourya theung sok)**

1. Horakhoune (H) et *Kammanchaphol (K)*

Règle : multiplier le millésime par 292 207, ajouter 373, et diviser par 800. Le quotient augmenté de 1 est le *horakhoune* ; le complément du reste à 800 est le *kammanchaphol* .

FORMULE : ‘a’ représentant le numéro de l’année qui commence, on a :

$$X_1 = \frac{292207 * a + 373}{800} = Q_1 + \frac{R1}{800} = H - \frac{K}{800}$$

$H = Q_1$ (*Horakhoune)*

$K = 800 - R_1$ (*Kammanchaphol)*

EXEMPLE : pour le Nouvel-An tombant en avril 1981, a = 1981-638 = 1343 (voir § ‘Ères’)

$$X_1 = \frac{292207 * 1343 + 373}{800} = \frac{393434001 + 373}{800}$$

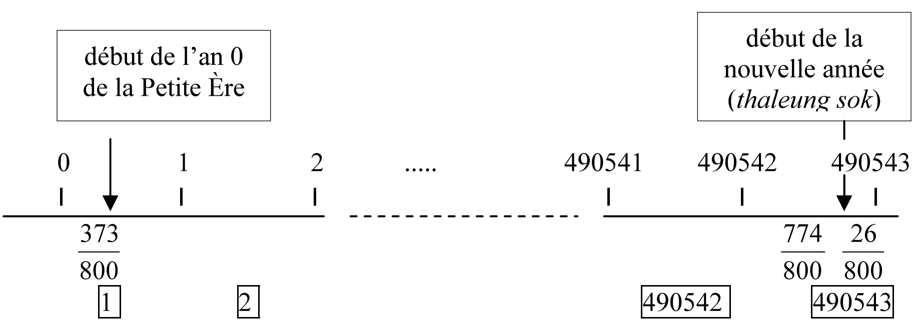
$$= \frac{392434374}{800} = 490542 + \frac{774}{800} = 490543 - \frac{26}{800}$$

H = 490 543

K = 26

Commentaire

La quantité X_1 représente en jours le moment du changement de l’année astronomique, calculé dans un repère dont le point de départ se situe au début du 1er jour de l’an zéro de la Petite Ère.



La valeur $\frac{373}{800}$ représente en jours le moment du commencement de l'année zéro (et non l'avance du soleil comme l'avance le Prince Pethsarat).

H représente le numéro du jour où se produit le changement d'année, le 1[er] jour de l'an zéro portant le numéro 1.

R_1 représente l'heure du changement d'année, exprimée en 800[e] de jour. Pour l'exprimer en heures et minutes, il suffit de faire des opérations simples que j'illustre par l'exemple :

Valeur en heures $\frac{R1 * 24h}{800} = \frac{774 * 24h}{800} = 23{,}22h = 23h\ 13"$

Minutes $0{,}22 * 60 \approx 13$

La valeur $\frac{292207}{800} = 365\ \frac{207}{800}$ est la durée de l'année astronomique du calendrier. Exprimons-la en fraction décimale et comparons-la aux valeurs de l'année des différents types cités plus haut :

Année lao : $365\ \frac{207}{800}$ j = 365,25875 j =	365 j	6 h 12' 36"
Année anomalistique	365 j	6 h 13' 53"
Année sidérale	365 j	6 h 9' 9"
Année tropique	365 j	5 h 48' 46"
Année grégorienne $(365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400})$ j = 365,2425 j =	365 j	5 h 49' 12"

Dressons un tableau des écarts de l'année lao et de l'année grégorienne par rapport aux trois types d'année astronomique :

	Année lao	Année grégorienne
Année anomalistique	- 1' 17"	- 24' 41"
Année sidérale	+ 3' 27"	- 19' 57"
Année tropique	+ 23' 50"	- 26"

Si l'année grégorienne est très proche de l'année tropique (il faut 3 300 années grégoriennes pour prendre un jour d'avance), l'année lao se rapproche de l'année anomalistique. Le Prince Phetsarath et P.M. Gagneux en infèrent que l'année lao est anomalistique. Cependant, il est invraisemblable que les anciens aient pu calculer l'année anomalistique. Il est par contre vraisemblable qu'ils aient pris pour base l'année sidérale, que l'on peut mesurer en observant le retour de la même position du soleil relativement aux étoiles. Ceci demandait des observations sur de nombreuses années, étant donnés l'absence d'instrument de mesure du temps et le fait que le soleil et les étoiles ne sont pas visibles en même temps.

La précision avec laquelle la durée du cycle lunaire a été calculée semble bien suggérer que c'est l'année sidérale qui a été prise pour base et non l'année tropique, avec laquelle l'écart est de presque 24'. Sur la base de ces données, il semble donc que l'année laotienne doive probablement être considérée comme une approximation de l'année sidérale, qui se trouve par hasard plus proche de l'année anomalistique.

1. Variation d'une année à la suivante

Comme $\frac{292207}{800} = 365\ \frac{207}{800}$, la quantité X_1 augmente de cette valeur chaque année. D'une année à la suivante, on peut ainsi avoir les deux combinaisons suivantes :

a) si $R_1 < 593$, ou $K > 207$,
H augmente de 365 ($H = 365$)
R_1 augmente de 207 ($R_1 = 207$)
K augmente de 207 ($K = -207$)
et l'année est *ordinaire*.

b) si $R_1 \geq 593$, ou $K \leq 207$,
H augmente de 366 ($\Delta H = 366$)
R_1 augmente de 593 ($\Delta R_1 = -593$)
K augmente de 593 ($\Delta K = 593$)
et l'année est *bissextile*.

Ainsi, le *kammanchaphol* peut-il être décrit comme l'indicateur d'années bissextiles. Remarquons toutefois qu'on aurait très bien pu faire les calculs en fonction de R_1 et Q_1 au lieu de H et K. Mais ce n'est pas nous qui l'avons inventé.

*2. L'*avamane (A)

Règle : « Multiplier le *Horakhoune* par 11, ajouter 650 et diviser par 692. Le reste est l'*avamane.* »

FORMULE :

$$X_2 = \frac{(H*11)+650}{692} = Q_2 + \frac{R2}{692} = Q_2 + \frac{A}{692}$$

$$R_2 = A = \textit{Avamane}$$

EXEMPLE : pour le Nouvel-An de 1981, nous avons :

$a = 1343$

$H = 490543$

$$X_2 = \frac{490543*11+650}{692} = \frac{5395973+650}{692}$$

$$= \frac{5396623}{692} = 7798\ \frac{407}{692}$$

L'*avamane* est donc 407. Le quotient, 7798, ne porte pas de nom. Il a cependant une signification et sera utilisé dans la suite des calculs.

Commentaire

Pour un jour H quelconque (qu'il soit ou non le jour du Nouvel-An), la quantité X_2 représente l'avance de la lune, dans son mouvement moyen, par rapport à un astre fictif qui accomplirait son cycle en 30 j, et exprimée en trentième de cycle. Sur ce point, l'explication du prince Phetsarath est fantaisiste. Il affirme qu'en 692 jours, la lune gagne 11 jours sur le soleil. Mais les termes de cette formule n'ont rien à voir avec le soleil, sinon que c'est bien la position de la lune par rapport au soleil qui en détermine les phases. Il faut bien admettre toutefois qu'il n'était pas évident de retrouver la signification de formules transmises sans explication de génération en génération, spécialement pour celle-ci.

Ainsi, en un jour, notre astre fictif accomplit 1/30 de cycle, et la lune (1 + 11/692) * 1/30 de cycle. En 30 jours, l'astre fictif accomplit un cycle et la lune en accomplit 1 + 11/692. Le cycle lunaire a donc une durée, dans le calendrier, de :

$$\frac{30 \text{ jours} = \dfrac{692 * 30 \text{ jours}}{703}}{1 + \dfrac{11}{692}}$$

La valeur obtenue est remarquablement précise :

$\dfrac{692 * 30}{703}$ j = 29,530583 j = 29 j 12 h 44' 2,39"

Or l'astronomie moderne donne à la révolution synodique de la lune la valeur moyenne suivante :

29,53059962 j = 29j 12h 44' 2,86"

L'écart n'est que de 0,47", soit environ d'une demi-seconde, ce qui est proprement extraordinaire, quand on sait que la valeur des cycles lunaires réels varie de plusieurs heures au cours d'une même année et que ces variations suivent des lois compliquées.

Cependant on ne peut en déduire que les Anciens avaient calculé la valeur du cycle lunaire à la précision d'une 1/2 seconde, car l'approximation est faite par fractions. L'étude de la question permet de conclure à une précision de leur calcul de l'ordre de 2" (l'écart n'étant que de 1/2 sec., par le hasard des fractions, (voir Annexe § 1). Avec les variations importantes du cycle réel de la lune, cette évaluation a dû nécessiter des observations durant plusieurs siècles, peut-être un millénaire, pour obtenir une moyenne aussi précise.

Signification de Q_2 et de A

Chaque fois que X_2 augmente d'un entier, la lune prend 1/30 de cycle d'avance sur son homologue fictif à 30 jours. Considérons donc une période de 692 mois de 30 jours : l'homologue fictif a effectué 692 cycles. En un jour la lune a pris une avance de $\dfrac{11}{692} + \dfrac{1}{30}$ de cycle. Pendant cette période, elle a donc effectué 11 cycles de plus, soit 703 cycles. Or 703 mois de 30 jours comporteraient 11 * 30 jours de trop, soit 330 jours de trop. Il faut donc raccourcir 330 mois d'un jour. Ainsi il y a en moyenne 330 mois défectifs par période de 703 mois. Or pendant cette période, Q_2 a également augmenté de 30 * 11 = 330. Ainsi, ΔQ_2 représente le *nombre de mois défectifs* du calendrier depuis le début de l'ère considérée :

X_2 augmente de $\frac{11}{692} * 692 * 30 = 11 * 30 = 330$

692 + 11 = 703 : il y a 703 cycles lunaires

692 * 30 jours

$$\underbrace{330 * 29 \text{ jours} + 373 * 30 \text{ jours}}_{\substack{\text{703 mois lunaires} \\ \text{(dont 330 à 29 j)}}}$$

Variation d'une année à la suivante

Il ressort de ce qu'on vient de montrer que l'augmentation de Q_2 d'une année à la suivante (ΔQ_2) représente le nombre de mois défectifs. Pour calculer cette variation, comme H lui-même peut augmenter de 365 ou 366, deux cas sont à considérer :

a) <u>Années ordinaires</u>

H augmente de 365

X_2 augmente de $\frac{365*11}{692} = \frac{4015}{692} = 5\,\frac{555}{692} = 6 - \frac{137}{692}$

a1) si $A \geq 137$
Q_2 augmente de 6 ($\Delta Q_2 = 6$)
A augmente de 137 ($\Delta A = - 137$)
L'année est régulière et comporte 6 mois défectifs (6 mois de 29 jours se terminant entre le Nouvel-An calculé et le suivant).

a2) si $A < 137$
Q_2 augmente de 5 ($\Delta Q_2 = 5$) .
A augmente de 555 ($\Delta A = + 555$)
L'année est alors abondante et ne comporte que 5 mois défectifs ; c'est le 7^e^ mois qui aura dans ce cas 7 jours.

b) Années bissextiles

H augmente de 366.
Les autres valeurs présentent un écart de 11 pour les valeurs des restes ou des numérateurs, mais le schéma est le même :

X_2 augmente de $\dfrac{366*11}{692} = \dfrac{4026}{692} = 5\ \dfrac{566}{692} = 6 - \dfrac{126}{692}$

bl) si $A \geq 126$
Q_2 augmente de 6 ($\Delta Q_2 = 6$)
A diminue de 126 ($\Delta A = - 126$)
L'année est régulière.

b2) si $A<126$
Q_2 augmente de 5 ($\Delta Q_2 = 5$)
A diminue de 566 ($\Delta A = + 566$)
L'année est alors abondante.

Mais il faudra remarquer que l'année abondante ainsi indiquée pourra être déplacée pour deux raisons :

1. La date du Nouvel-An tombant de temps en temps au 6e mois, ce qui fait varier le nombre de mois défectifs entre deux Nouvel-Ans consécutifs lorsqu'on passe d'un 6e mois à un 5e ou inversement.
2. Les années embolismiques ne peuvent être abondantes.

En conclusion, l'*avamane* est donc un indicateur d'années abondantes.

3. Le *Masaakéne* (M) et le *Dithy* (D)

RÈGLE : Ajouter le *horakhoune* au quotient de la division donnant l'*avamane*, et diviser par 30. Le quotient est le *massakéne* et le reste le *dithy,* qui donne la date du Nouvel-An dans l'année lunaire, le mois étant fixé par la règle suivante : le Nouvel-An tombe entre le 6e jour du 5e mois et le 5e jour du 6e mois.

FORMULE

$$X_3 = \frac{Q2 + H}{30} = Q_3 + \frac{R3}{30} = M + \frac{D}{30}$$

$M = Q_3$ *(Massakéne)*
$D = R_3$ *(Dithy)*

Exemple : pour le Nouvel-An de 1981, nous avons trouvé :

a	=	1 343	
H	=	490 543	$Q_2 = 7\ 798$
K	=	26	A = 407

$$\text{donc } X_3 = \frac{7798+490543}{30} = \frac{498341}{30} = 16611\ \frac{11}{30}$$

M = 16 611
D = 11

Le Nouvel-An doit être le 11^e^ jour du 5^e^ mois, mais nous verrons que ce chiffre doit être corrigé dans certains cas.

Commentaire

X_3 représente, arrondi au nombre entier de trentièmes, le nombre de cycles lunaires depuis le début de l'ère.

Ainsi M représente le nombre de cycles terminés et D le numéro du jour du cycle en cours au jour H (à un jour près, parce que l'on a des mois de 29 jours).

Comme indiqué plus haut, la règle veut que le Nouvel-An se place entre le 6^e^ jour du 5^e^ mois et le 5^e^ jour du 6^e^ mois, et que D représente le quantième. Mais ce quantième peut être augmenté de 1 lorsque c'est nécessaire pour « conserver l'ordre des jours ». Sur ce point, les explications du Prince Phetsarath sont confuses. La méthode de vérification traditionnelle, basée sur le jour de la semaine, est ingénieuse, mais elle passe à côté de la véritable question. Et la règle indiquée ne permet pas de déterminer exactement quand le *Dithy* doit être « augmenté de 1 ».

Variation d'une année à la suivante

H augmente de 365 ou 366
Q_2 augmente de 6 ou 5
$H + Q_2$ augmente donc de 370, 371 ou 372.
X_3 augmente donc de $12\frac{10}{30}$, $12\frac{11}{30}$ ou $12\frac{12}{30}$

Pour M et D, on a donc les augmentations suivantes :
1) M augmente de 12 ($\Delta M = 12$)
D augmente de 10, 11 ou 12 ($\Delta D \leq 10$, 11 ou 12)
2) M augmente de 13 ($\Delta M = 13$)
D augmente de 20, 19 ou 18 ($\Delta D = -20$, -19 ou -18)
ΔM représentant le nombre de mois entre deux dates successives de Nouvel-An, il sert à indiquer si l'année est commune ($\Delta M = 12$) ou embolismique ($\Delta M = 13$).

Mais en fait il y a un décalage d'une année chaque fois que le Nouvel-An tombe au 6^e mois (c'est-à-dire quand $D \leq 5$). Dans ce cas, ΔM valait 13 l'année précédente et vaut 12 pour l'année qui commence, mais c'est celle-ci qui est embolismique et non la précédente.

Dressons un petit tableau des variations de M et de D pour les différents types d'années :

type solaire / type lunaire		ΔM	ΔD	
			année ordinaire	année bissextile
commune	régulière abondante	+ 12	+11 +10	+12 +11
embolismique	régulière (abondante)	+13	-19 (-20)	-18 (-19)

On voit que la valeur ordinaire est, pour ΔD, +11 ou -19. Il faut ajouter 1 les années bissextiles, et soustraire 1 les années abondantes. La quatrième ligne est entre parenthèses, car la règle exclut les années embolismiques abondantes, et oblige pour cela à une correction du *dithy*.

4. *Vara* (V)

RÈGLE : Diviser le *horakhoune* par 7, le reste est le *vara* (V) et indique le jour de la semaine, dimanche étant considéré comme le numéro 1.

FORMULE

$$X_4 = \frac{H}{7} = Q_4 + \frac{R4}{7} = Q_4 + \frac{V}{7}$$

$$V = R_4 \ (\textit{vara})$$

Exemple : pour 1981, H = 490 543.

$$X_4 = \frac{490543}{7} = 70077\ \frac{4}{7}$$

V = 4 Le Nouvel-An est un mercredi.

COMMENTAIRE

Q_4 représente le nombre de semaines écoulée depuis le début de l'ère, et le reste indique le jour de la semaine du jour H. Ce jour de la semaine est traditionnellement utilisé à des fins de vérification, ainsi que pour déterminer quand le *dithy* doit être augmenté de 1, comme il a été dit plus haut.

5. Ouchaphon

Cette variable, qui concerne la marche de la lune, est donnée par la formule suivante :

$$X_5 = \frac{2611+H}{3232} = Q_5 + \frac{R5}{3232}$$

Le reste R_5 est l'*ouchaphon.* Cette variable a un cycle de 3232 jours, soit 8 ans et 310 jours, et caractérise l'angle du grand axe de l'orbite lunaire (c'est-à-dire l'angle de son apogée ou de son périgée), qui fait un tour complet en 3232 jours, soit 8,850 ans d'après les données astronomiques actuelles. Là encore la précision est remarquable, car l'évaluation de ce facteur à un jour près nécessite d'estimer à quelques secondes près la durée du mois lunaire embolismique (durée moyenne du passage successif de la lune à son périgée ou à son apogée, c'est-à-dire au point le plus proche – ou le plus éloigné – de la terre sur sa trajectoire). Or cette durée varie d'une manière très complexe entre 27 jours et 27 jours 21 heures, et n'a certainement pu être évaluée à cette précision qu'à la suite d'observations accumulées pendant plusieurs siècles, sinon plus d'un millénaire.

Fixation de la date du Nouvel-An

EXEMPLE

Reprenons notre exemple du Nouvel-An tombant en 1981, et donnons les valeurs des variables du *Sourya theung sok* pour cette année (1343 Petite Ère), ainsi que pour la suivante. Remarquons que l'on peut tirer les valeurs pour l'année suivante de celles de cette année sans peine et sans recommencer les calculs, grâce aux indications données sur les variations. Il peut cependant être utile de refaire les calculs pour l'année suivante, à des fins de vérification. C'est moins nécessaire si l'on dispose d'une calculatrice.

Voici le tableau des valeurs trouvées pour 1343, ainsi que les variations et les valeurs pour l'année suivante :

	1343	variation	1344
1. X	490 543	+366	490 909
H	26	+593	619
	l'année est	bissextile	
2. Q2	7 798	+6	7 804
A	407	-126	281
	l'année	est régulière	
	(7^e mois	défectif : 29 j)	
3. M	16 611	+12	16 623
D	11	+12	23
	l'année	est commune	(12 mois)
4. V	4	+2	6

De ce tableau, on déduit que le Nouvel-An aura lieu au 12^e jour du 5^e mois, que c'est un mercredi, que l'année en question est bissextile, régulière et commune. À condition toutefois qu'aucune correction ne soit nécessaire, ce qui exige une vérification, à effectuer sur l'année en cours et la précédente.

Remarquons que les dates du Nouvel-An s'énoncent ainsi dans la tradition laotienne :

Pour 1343 : 11^e jour de la lune croissante du 5^e mois Pour 1344 : 8^e jour de la lune décroissante du 5^e mois (la lune est croissante les 15 premiers jours ; comme 23-15 = 8, le 23^e jour du mois est le 8^e de la lune décroissante). Mais pour les calculs, nous comptons simplement les jours de 1 à 29 ou 30, ce qui simplifie le raisonnement.

Calculons ici l'écart entre les deux dates lunaires données par le tableau : du 11^e jour du 5^e mois au 23^e jour du 5^e mois suivant, il y a 12 mois ($\Delta M = +12$) et 12 jours ($\Delta D = +12$). De plus, il y a 6 mois de 29 jours, $\Delta Q_2 = 6$. Si tous les mois avaient 30 jours, l'écart en jours serait de :

$$(30 * 12) + 12$$

Comme 6 mois n'ont que 29 jours, l'écart est en réalité de :

$$(30 * 12) + 12 - 6 = 360 + 12 - 6 = 366$$

Ce chiffre correspond aux 366 jours d'écart donnés par la variation du *horakhoune*. En fait cette année ne nécessite aucune correction (nous examinerons plus loin les valeurs de l'année précédente, qui elles, font intervenir une correction ; mais celle-ci ne porte pas de conséquence pour l'année présente dans ce cas).

Un problème va cependant se poser dans les cas suivants : lorsque $D \leq 5$, et que par conséquent le Nouvel-An tombe sur le 6e mois, et lorsqu'une année est censée être à la fois embolismique et abondante.

Supposons que la règle ait fixé le Nouvel-An comme devant tomber toujours le même mois : montrons que dans ce cas la correspondance serait parfaite. Calculons l'écart du nombre de jours de la date lunaire du Nouvel-An à la suivante :

- Nombre de mois : ΔM
- Si tous les mois avaient 30 jours, le nombre de jours serait : $30\Delta M + \Delta D$
- Nombre de mois de 29 jours : $\Delta Q2$
- Écart réel entre les deux dates données par les *Dithy* $30\,\Delta M + \Delta D - \Delta Q_2$

Or la formule 3 indique : $\dfrac{Q2+H}{30} = M - \dfrac{D}{30}$

On a donc : $Q_2 + H = 30M + D$.

La même relation est vraie pour les variations :

$\Delta Q_2 + \Delta H = 30\Delta M + \Delta D$

D'où : $\Delta H = 30\Delta M + \Delta D - \Delta Q_2$

Illustrons cela par un petit tableau arithmétique pour ceux qui ne sont pas familiers de l'algèbre :

Année ordinaire	$H = 365$		$30\,\Delta M - \Delta Q_2 + \Delta D = ?$
$A < 137$ $\Delta Q_2 = 6$	$\Delta M = 12$	$\Delta D = +11$	$360 - 6 + 11 = 365$
(année régulière)	$\Delta M = 13$	$\Delta D = -19$	$390 - 6 - 19 = 365$
$A \geq 137$ $\Delta Q_2 = 5$	$\Delta M = 12$	$\Delta D = +10$	$360 - 5 + 10 = 365$
(année abondante)	$\Delta M = 13$	$\Delta D = -20$	$390 - 5 - 20 = 365$

Pour l'année bissextile, les valeurs de ΔD sont augmentées chacune de 1, et l'écart en jours donne à chaque ligne 366. La correspondance est parfaite. Resterait à décider que, pour $D = 0$, on prend le dernier jour du mois précédent, et aucune correction ne serait nécessaire.

Cas du Nouvel-An au 6^e^ mois

Mais en réalité, le Nouvel-An tombe généralement au 5^e^ mois et de temps en temps au 6^e^ mois. Remarquons d'abord qu'il ne peut tomber deux fois de suite au 6^e^ mois : en effet, cela se produit lorsque $D \leq 5$, et $\Delta D = 10$, 11 ou 12. Au bout de 3 ans, le calcul montre que D augmente de 2, 3 ou 4. On peut donc retrouver une date au 6^e^ mois. Au bout de 5 ans, D diminue de 3, 4 ou 5 (modulo 30) ; on peut donc également retrouver une date au 6^e^ mois. Au bout de 8 ans, D diminue de 0,1 ou 2, et on peut encore retrouver une date au 6^e^ mois. Par contre la chose est impossible à intervalles de 2, 4, 6 ou 7 ans. Ainsi ces dates au 6^e^ mois se retrouvent à intervalles de 3, 5 ou 8 ans.

Supposons donc que $D \leq 5$, et faisons la même évaluation que tout à l'heure sur le nombre de jours d'écart. L'année précédente et l'année suivante, on a une date au 5^e^ mois. L'année précédente, avec $\Delta M = 13$, devrait être embolismique, mais c'est celle en cours qui l'est. Indiquons dans le tableau ci-dessous les mois pleins par le chiffre du mois suivi de ¯ et les mois défectifs par des italiques. La situation se présente ainsi (cas d'années ordinaires et régulières) :

6¯ 8¯ 10¯ 12¯ 2¯ 4¯ 6¯ 8¯ 8¯ 10¯ 12¯ 2¯ 4¯
5 *7* *9* *11* *1* *3* *5* *7* *9* *11* *1* *3v* *5*
22 ***3*** ***14***

◀ $\Delta D = -19$ ▶
$\Delta Q_2 = 6$
$\Delta M = 13$
13 mois moins 19 jours
7 mois à 29 jours

◀ $\Delta D = 11$ ▶
$\Delta Q_2 = 6$
$\Delta M = 12$
12 mois plus 11 jours
5 mois à 29 jours

On observe deux choses :

Bien que $\Delta M = 13$ pour la 1^ère^ année, c'est la deuxième qui est embolismique. Le déplacement de date au 6^e^ mois reporte d'une année le 8^e^ mois bis, donc l'année embolismique.

Bien que $\Delta Q_2 = 6$ dans les deux cas, il y a 7 mois à 29 jours dans la 1^ère^ année et 5 dans la 2^e^. (On compte les mois qui *se terminent* dans l'intervalle considéré, parce que c'est ceux-ci qui comptent pour calculer le nombre de jours d'écart entre deux dates). Cette différence provient du fait que le 8^e^ mois bis, plein, a été déplacé et est remplacé dans la 1^ère^ année par le 5^e^ mois du milieu, qui n'a que 29 jours. Autrement, ce 5^e^ mois se serait terminé dans la 2^e^ année.

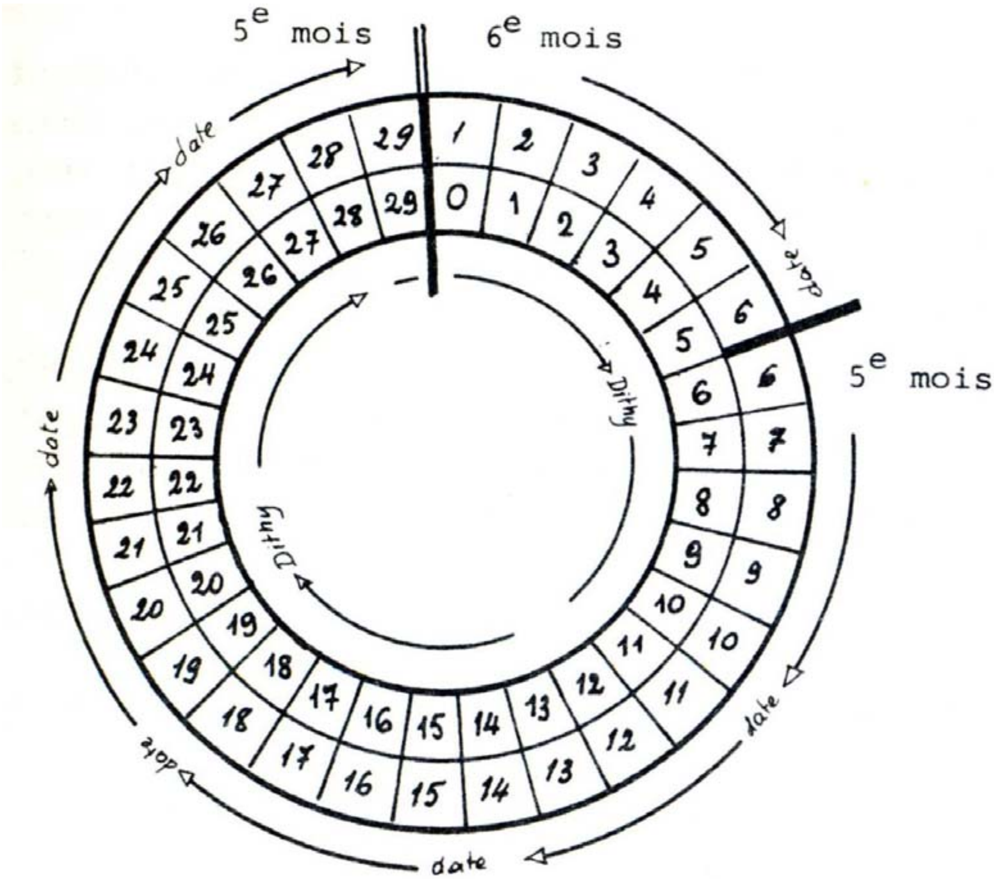
Calculons alors l’écart en jours entre les dates :
- du 22^e jour du 5^e mois au 3^e jour du 6^e mois, on a
13 * 30 – 19 – 7 – 390 – 26 = 64
- du 3^e jour du 6^e mois au 14^e jour du 5^e mois, on a
12 * 30 + 11 – 5 = 360 + 6 = 366

On a donc un jour qui manque dans la 1ère année et un jour en trop dans la 2^e. Le raisonnement et le résultat seraient identiques si l’une ou l’autre de ces deux années était bissextile ou abondante.

On corrige simplement *en augmentant de 1 le dithy,* ce qui ramène les écarts aux valeurs données par le ΔH. Cela pose un problème lorsque D = 5. Dans ce cas, D + 1 = 6 et la correction donne comme date le 6^e jour du 6^e mois, contrairement à la règle. Mais si l’on prend comme date le 6^e jour du 5^e mois, on a alors un écart entre les dates qui est trop grand la première année et trop petit la 2^e. Ceci pourrait être compensé par le report de l’année abondante, s’il se trouve que la première des deux est abondante. Sinon il faudrait se reporter en arrière et augmenter de 1 les *dithy* jusqu’à la dernière année abondante, et reporter celle-ci à la 2^e année des deux années considérées, solution compliquée qui n’est certainement jamais appliquée.
De fait, ceci s’est produit en 1956 et en 1975 : on avait une valeur 5 pour le Dithy et le Nouvel-An a effectivement eu lieu le 6^e jour du 6^e mois en 1956 – je n’ai pas les données sur 1975.

Voici (p. suivante) un petit schéma qui illustre à la fois le pourquoi et le comment de cette correction. Les valeurs du *Dithy* varient dans un ensemble cyclique de nombres (les restes modulo 30), que l’on peut représenter sur un cercle avec les dates correspondantes.

Chaque mois, la date ‘tourne’ de 11 unités dans le sens indiqué (une de plus les années bissextiles, une de moins les années abondantes), et l’année est embolismique chaque fois que l’on ‘traverse’ la barre séparant les deux chiffres 6. ΔM vaut 13 quand on ‘traverse’ la barre intérieure séparant 29 de 0, ce qui illustre le décalage de l’année embolismique lorsqu’on ‘tombe’ sur une date au sixième mois. On voit également, dans ce cas, comment la date est le *Dithy* augmenté de 1.



On peut alors énoncer la règle suivante : l’année est commune lorsque D est compris entre 6 et 24, et embolismique dans le cas contraire, c’est-à-dire lorsqu’il est inférieur ou égal à 5 ou supérieur ou égal à 25. Ceci à deux exceptions près :

a) Lorsque les *dithy* de deux années consécutives sont respectivement 24 et 6, on n’a pas deux années communes, mais l’une des deux est embolismique. Cette exception est mentionnée par le Prince Phetsarath, mais ce qu’il en dit n’est pas très clair.

b) Lorsque les *dithy* de deux années consécutives sont respectivement 25 et 5, on n'a pas deux années embolismiques, mais seule l'une des deux l'est. Le Prince Phetsarath omet cette exception-là.
Voir dans l'annexe n°6 la discussion de ces deux cas.

Cas de l'année abondante tombant sur l'année embolismique

Dans ce cas, on effectue la correction en reportant d'une année le 7^e^ mois plein, et en augmentant de 1 le *dithy* du milieu, comme on le voit dans le tableau ci-dessous (avec des exemples de dates dans le cas d'années ordinaires).

6 7 8 8 10 12 2 4 6 8 10 12 2 4
5 9 11 1 3 5 7 9 11 1 3 5
26 **17**

◀ année abondante et embolismique ▶ 6 ◀ ▶

ΔM = 13 ΔM = 13
ΔQ = 5 ΔQ = 16
ΔD = -20 ΔD = + 11

est corrigé ainsi

6 8 8 10 12 2 4 6 7 8 10 12 2 4
5 7 9 11 1 3 5 9 11 1 3 5
26 **17**

◀ année embolismique ▶ 7 ◀ année abondante ▶

6 mois défectifs 6 mois défectifs
ΔD' = -19 ΔD' = +10

Si dans ce cas, la date du milieu tombait au 6^e^ mois, la 1^ère^ année ne serait plus embolismique, le 8^e^ mois bis étant reporté la 2^e^ année, et on appliquerait simplement la correction signalée plus haut.

Dressons un tableau des formules et des règles qui permettent de fixer le calendrier :

TABLEAU DES FORMULES ET DES RÈGLES

FORMULES	*VARIATIONS*
$X_1 = \frac{292207a + 373}{800}$ $= Q_1 + \frac{R1}{800} = H - \frac{K}{800}$ $H = Q_1 + 1$ $K = 800 - R_1$	$K > 207$ $\Delta K = -207$ $\Delta H = 365$ année ordinaire $K \leq 207$ $\Delta K = +593$ $\Delta H = 366$ année bissextile si $K \geq 668$, deux *mu nao*
$X_2 = \frac{11H + 650}{692}$ $= Q_2 + \frac{A}{692}$	$A \geq 137$ (126) $\Delta Q_2 = 6$ $\Delta A = -137$ (-126) année régulière (7^e^ mois à 29 j.) $A < 137$ (126) $\Delta Q_2 = 5$ $\Delta A = +555$ (+566) année abondante (7^e^ mois à 30 j.) *entre parenthèses, valeurs pour les années bissextiles*
$X_2 = \frac{Q2 + H}{30}$ $= M + \frac{D}{30}$	$\Delta M = 12$ $\Delta D = +11$ ($\pm$ 1*) $\Delta M = 13$ $\Delta D = -19$ ($\pm$ 1*) * *ajouter 1 pour une année bissextile, soustraire 1 pour une année abondante – les deux corrections s'annulent dans le cas d'une année bissextile abondante*
année embolismique (13 mois) dans les cas suivants : $D \leq 5$ ou $D \geq 26$ $D = 24$ ou $D = 25$ si $D + \Delta D \leq 5$	
$X_4 = \frac{H}{7} = Q_4 + \frac{V}{7}$	$\Delta V = 1$ année ordinaire $\Delta V = 2$ année bissextile
V = jour de la semaine (dimanche = 1 ; lundi = 2, etc.) D = jour du mois $D \leq 5$ 6^e^ mois (av. correct.) $D \geq 6$ 5^e^ mois	

Corrections :
1. Si $D \leq 5$, la date est le *Dithy* augmenté de 1, et le Nouvel-An est au 6^e^ mois (D' = D+l)
2. Si $\Delta Q_2 = 5$ ($A < 137$ ou 126) pour une année embolismique, c'est l'année

suivante qui sera abondante: le 7e mois plein est reporté à l'année suivante, et la date de l'année suivante sera son *Dithy* augmenté de 1.

La règle que je donne ici pour les corrections diffère sensiblement dans sa formulation de celle donnée par le prince Phetsarath. Il serait intéressant de retrouver des archives pour en comparer les résultats aux calendriers publiés officiellement.

Corrélation avec le calendrier julien/grégorien

Le Nouvel-An de l'an zéro, point de départ pour le calcul du calendrier, correspondant à H = 1, est le 22 mars 638 du calendrier julien (correspondant au 25 mars du calendrier grégorien fictivement prolongé en arrière). D'après les données astronomiques actuelles, l'équinoxe de printemps a eu lieu cette année le 17 mars du calendrier julien, vers 10 h GMT, à quelques heures près (correspondant au 20 mars grégorien fictif !), donc vers 17 h heure locale du Laos. La date de départ est donc proche de l'équinoxe de printemps, l'écart étant de 5 jours. Ces 5 jours correspondent au décalage de la date de l'équinoxe en 300 ans par rapport à l'année utilisée dans le calendrier laotien. Il se pourrait donc que les données en aient été calculés trois siècles avant le début de la Petite Ère, et reprises au début de l'Ère par le roi Phra Ruang, qui, selon P.M. Gagneux, a légué à cette époque aux Laotiens leur calendrier.

À partir de cette date ou de tout autre point de repère, il est donc possible de calculer la date dans le calendrier julien/grégorien de n'importe quelle date donnée par son *Horakhoune*.

Donnons ici une méthode qui s'applique au calendrier grégorien supposé prolongé en arrière jusqu'au début de l'ère chrétienne :

a) Numéro grégorien du 24 mars 638

637 * 365 = 232 505

$\frac{637}{4} = 159{,}25$ + 159 jours en plus (années bissextiles)

– 6 années bissextiles supprimées

$\frac{6}{4} = 1{,}5 \quad + \frac{+1}{232659}$ ” ” réintroduites

Janvier		31
Février		28
24 mars		<u>24</u>
	J	= 232 742 correspond à H = 0

b) Date du Nouvel-An en 1981
H = 490 543
J = 490 543 + 232 742 = 723 285
1980 * 365 = 722 700
1980 : 4 = + 495
– 19
19 : 4 = + 4
723 180
723 285 – 723 180 = 105
105 – (31 + 28 + 31) = 105 – 90 = 15
janv. - mars

La date est le *15 avril 1981,* qui est bien un mercredi.

Avec ce repérage, J = H + 232 742 donne le “numéro grégorien” du jour H, qui permet de retrouver facilement la date, vu que l'année est connue, avec le procédé indiqué,

Si l'on fait le calcul pour une série d'années successives, on remarquera que la date ne varie que d'un jour en plus ou en moins, à cause du décalage des années bissextiles entre les deux calendriers, La date grégorienne est diminuée de 1 si l'année grégorienne en cours est bissextile (le 29 février se plaçant avant la date du Nouvel-An), et augmentée de 1 si l'année laotienne précédente est bissextile.

Dans le tableau ci-dessous, où l'on indique les valeurs de K, A et D pour la série de 1300 à 1350 (Petite Ère) des années bissextiles, abondantes et embolismiques, et les dates grégoriennes, on observe le glissement progressif de la date : jusqu'en 1317 on a trois fois de suite le 15 avril et une fois le 16 de 1318 à 1345, on a deux fois de suite le 15 et deux fois le 16 ; dès 1346 on n'aura plus qu'une année le 15 avril pour trois années le 16. L'année laotienne étant plus longue que la grégorienne, la date du Nouvel-An est progressivement retardée d'un jour tous les 61 1/2 ans en moyenne ; très exactement 13 jours tous les 800 ans, 800 années laotiennes comportant 207 années bissextiles, et 800 années grégoriennes n'en comptant que 194.

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES ANNÉES 1300 À 1350 (1938-1988)

année Petite ère	*Kammanchaphol*	*Avamane*	*Dithy* (*dithy* corrigé)	Date calendrier lao	Date calendrier grégorien
	* année bissextile + + 2 *mu nao*	année abondante (7^{e} mois plein)	année embolismique (13 mois)	+ lune croissante – lune décroissante	* année bissextile
1300	127	641	15	15 + 5	ve 15.4.1938
1301	720	515	27*	12 – 5	di 16.4.1939
1302	513	378	8	8 + 5	lu 15.4.1940*
1303	306	241	19	4 – 5	ma 15.4.1941
1304	99*	l04*↕	0* (l) a	1 + 6	me 15.4.1942
1305	692 + +	670	11 (12)b	12 + 5	ve 16.4.1943
1306	485	533	22	7. –.5	sa 15.4.1944*
1307	278	396	3* (4)a	4.+ .6	di 15.4.1945
1308	71*	259	14	14.+.5	lu 15.4.1946
1309	664	133* ↕	26*	11. –.5	me 16.4.1947
1310	457	688	6 (7)b	7.+ .5	je 15.4.1948*
1311	250	551	17	2.–.5	ve 15.4.1949
1312	43*	414	28*	13.–.5	sa 15.4.1950
1313	636	288	10	10.+.5	lu 16,4,1951
1314	429	151	21	6.–.5	ma 15.4.1952*
1315	222	14* ↕	2*(3)a	3.+ .6	me 15.4.1953
1316	15*	569	12 (13)b	13.+.5	je 15.4.1954
1317	608	443	24	9. –.5	sa 16.4.1955
1318	401	306	5* (6)a	6.+ .6	di 15.4.1956*
1319	194*	169	16	1.–.5	lu 15.4.1957
1320	787 ++	43*↕	28*	13.–.5	ma 16.4.1958
1321	580	598	8 (9)b	9.+ .5	je 16.4.1959
1322	373	461	19	4.–.5	ve 15.4.1960*
1323	166*	324	0* (1)a	1. + .6	sa 15.4.1961
1324	759 ++	198	12	12.+.5	lu 16.4.1962
1325	552	61*	23	8. –.5	ma 16.4.1963
1326	345	616	3*(4)a	4.+ .6	me 15.4.1964*
1327	138*	479	14	14.+.5	je 15.4.1965
1328	731 ++	353	26*	11. –.5	sa 16.4.1966
1329	524	216	7	7.+ .5	di 16.4.1967
1330	317	79*	18	3.–.5	lu 15.4.1968*
1331	110*	634	28*	13.–.5	ma 15.4.1969
1332	703 ++	508	10	10.+.5	je 16.4.1970
1333	496	371	21	6.–.5	ve 16.4.1971
1334	289	234	2*(3)a	3.+ .6	sa 15.4.1972*
1335	82*	97*	13	13.+.5	di 15.4.1973
1336	675 ++	663	24	9.–.5	ma 16.4.1974
1337	468	526	5*(6)a	6.+ .6	me 16.4.1975
1338	261	389	16	1.–.5	je 15.4.1976*

1339	54*	252	27*	12.-.5	ve 15.4.1977
1340	647	126*	9	9.+ .5	di 16.4.1978
1341	440	681	19	4.-.5	lu 16.4.1979
1342	233	544	0*(1) a	1. + .6	ma 15.4.1980*
1343	26*	407	11	11.+.5	me 15.4.1981
1344	619	281	23	8.-.5	ve 16.4.1982
1345	412	144	4* (5) a	5.+ .6	sa 16.4.1983
1346	205*	7*	15	15.+.5	di 15.4.1984*
1347	798	573	26*	11.-.5	ma 16.4.1985
1348	591	436	7	7 + 5	me 16.4.1986
1349	384	299	18	3.-.5	je 16.4.1987
1350	177*	162	29	14.-.5	ve 15.4.1988*

Les flèches indiquent le report d'une année de l'année abondante lorsqu'elle tombe sur une année embolismique.

Corrections du *Dithy.* a) lorsque le Nouvel-An est au 6e mois.
b) lorsque l'année abondante est reportée.

Remarque : à partir d'une ligne quelconque du tableau, il est facile de le prolonger sans recalculer tous les éléments du *sourya theung sok.* Il suffit de savoir de combien chacune des trois variables utilisées dans le tableau *(Y.=Kammanchaphol, A=Avamane, D=Dithy)* varie d'une ligne à la suivante (ou à la précédente). Les pages qui précèdent contiennent toutes les indications nécessaires pour cela. On pourrait d'ailleurs donner tel quel ce tableau à une personne non informée et lui demander de le prolonger. Ce serait un très joli problème de logique mathématique. Il n'y a que la manière de déterminer les années comportant deux 'jours intermédiaires' qui ne peut être inférée des données contenues dans ce tableau. On en trouvera l'explication dans les pages qui suivent.

Moment exact du changement de l'année astronomique

Le soleil, dans sa position sur l'écliptique relativement aux étoiles, effectue un tour de son mouvement apparent en une année. Les Anciens ont cependant déjà pu observer que ce mouvement n'était pas uniforme. La cause en est la trajectoire elliptique de la terre dans sa révolution autour du soleil, découverte par Kepler au début du 16e siècle. Mais depuis longtemps, tant en Asie qu'en Occident, on avait pu mesurer cet écart par rapport à un mouvement uniforme.

On a aussi un 'soleil moyen', astre fictif qui effectue un tour en une année à une vitesse uniforme, et un 'soleil vrai', qui prend de l'avance ou du retard au cours de l'année. Cette avance ou ce retard sont appelés « équation du soleil ». La position du soleil est appelée anomalie ; l'anomalie vraie et l'anomalie moyenne sont liés par la relation :

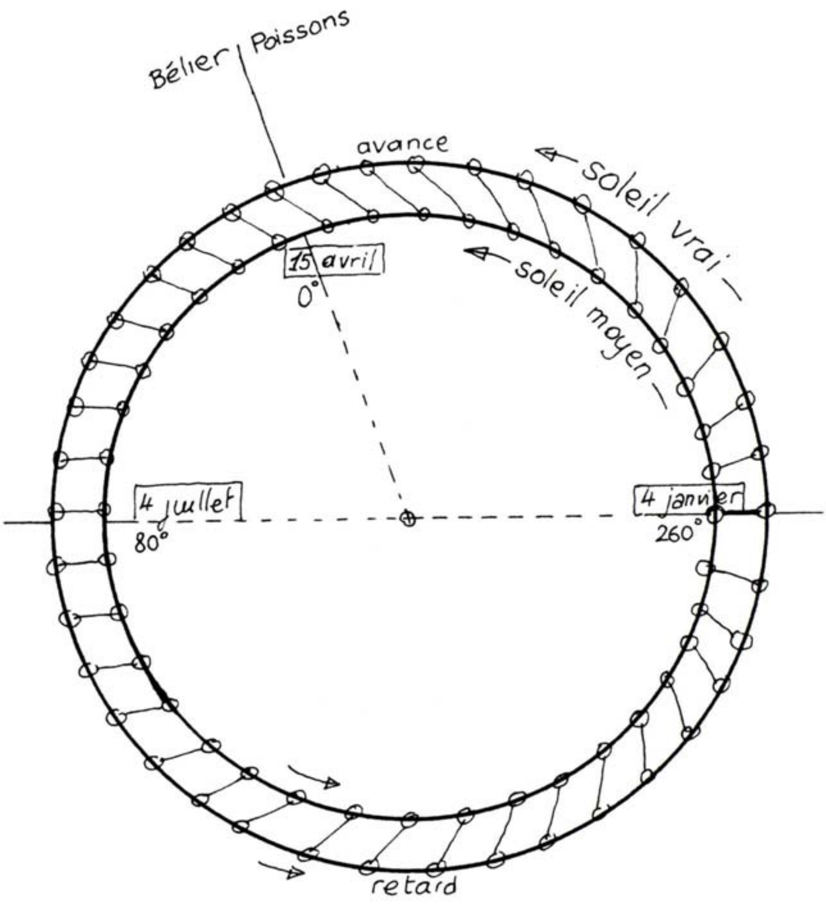
anomalie vraie = anomalie moyenne + équation

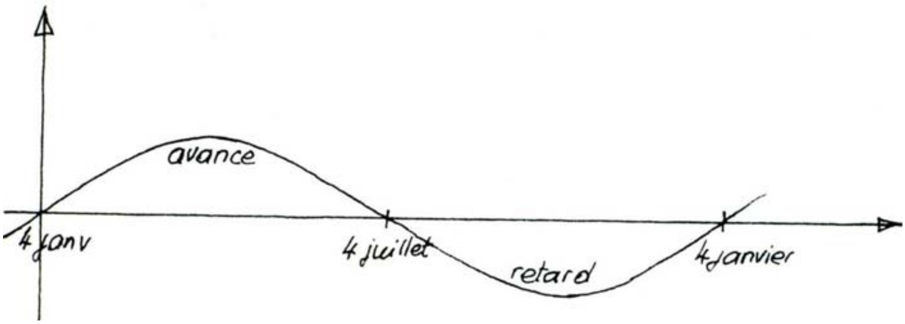
v = m + é

ສົມພຸດ = ມັທຍົມ + ຜົນ

somphout = matthagnom + phol

Voici une illustration du mouvement apparent du soleil le long de l'écliptique et l'allure du graphique de l'équation du soleil :





Courbe représentant « l'équation du soleil » c'est-à-dire son avance ou son retard par rapport au 'soleil moyen'

On voit d'après ce graphique que le soleil vrai, en avance sur le soleil moyen au voisinage du Nouvel-An, passe le premier dans la constellation du Bélier. Le jour où cela se produit est appelé *mû sangkhane pay* (ມື້ສັງຂານໄປ jour où l'année s'en va), et est considéré comme le dernier jour de l'année précédente. Le soleil moyen entre à son tour dans la constellation du Bélier environ deux jours plus tard : ce sera le *mû sangkhane khune* (ມື້ສັງຂານຂຶ້ນ = jour où l'année arrive), qui sera le premier jour de l'année qui commence. Entre deux restent un ou deux jours 'morts' (ມື້ເນົາ = *mû nao*), qui ont le malheur de n'appartenir aucune année, sorte de *no man's land* temporel où toute activité doit être suspendue.

Heure du début de la Nouvelle Année

Le moment exact du début de la Nouvelle Année, dit *thaleung sok,* est donné par le facteur X_1 des formules de calcul des variables. C'est l'heure où le soleil moyen entre dans la constellation du Bélier. Comme le schéma déjà utilisé plus haut le montre, l'heure est déterminée par le reste de la division, R_1, soit 800 – K, par la formule

$$\text{Heure } \textit{thaleung sok} = \frac{R1}{800} * 24 \text{ h}$$

On trouvera donc les heures en multipliant R_1 par 24 et en divisant par 800. Le quotient donne le nombre entier d'heures ; le reste, multiplié par 60 et divisé par 800, donne les minutes. Le reste de cette dernière division, multiplié par 60 et divisé par 800, donne les secondes.

Exemple : pour cette année, $K = 26$, $R_1 = 774$

$$\frac{774x24}{800} = \frac{18576}{800} = 13\ \frac{176}{800}$$

$$\frac{176x60}{800} = \frac{10560}{800} = 13\ \frac{160}{800}$$

$$\frac{160x60}{800} = \frac{9600}{800} = 12$$

L'heure cherchée est donc 23 h 13' 12".

On pourrait d'ailleurs simplifier le calcul ainsi : multiplier R_1 par 3 et diviser par 100. Le quotient donne les heures. Multiplier le reste par 3 et diviser par 5 : le quotient donne les minutes. Multiplier le dernier reste par 12, le produit donne les secondes :

$$\frac{774x3}{100} = \frac{2332}{100} = 23\ \frac{22}{100}$$

$$\frac{22x3}{5} = \frac{66}{5} = 13\ \frac{1}{5}$$

$1 * 12 = 12$

Heure de la fin de l'année précédente

L'heure de la fin de l'année précédente est l'heure où le *soleil vrai* entre dans la constellation du Bélier. C'est le véritable moment du changement de l'année astronomique. Le calcul de ce moment donne lieu à des formules compliquées, que je n'expliquerai pas dans tous les détails dans le cadre de cet article. Il vaut cependant la peine d'en dégager la lignification et d'en dresser un graphique, où l'on reconnaîtra sans peine une sinusoïde, dont les caractéristiques ont certainement été trouvées par des voies tout à fait empiriques. C'est l'occasion encore une fois d'admirer le génie et la patience de ces anciens astronomes, qui ne disposaient ni des outils techniques ni des outils mathématiques d'aujourd'hui.

Pour repérer les angles, les Anciens utilisaient comme nous des degrés, minutes et secondes ; mais ils utilisaient en plus une unité supérieure de 30 degrés (le rasi, correspondant à un signe du zodiaque), et le khane, représentant 15e, soit un demi *rasi*. Pour simplifier l'exposé, je traduirai directement les règles en degrés, minutes et secondes.

Le point origine sur l'écliptique est la frontière entre les constellations des Poissons et du Bélier. Ainsi l'anomalie moyenne du soleil est précisément 0 au moment appelé *thaleung sok.*

Méthode de calcul

a) Anomalie moyenne

Par définition, l'anomalie moyenne est nulle au moment *thaleung sok.* La méthode traditionnelle consiste à calculer l'anomalie moyenne à la fin de chacun des jours de la période du Nouvel-An. Malheureusement, le point de départ est pris au *thaleung sok* de l'année précédente et utilise des valeurs arrondies qui fournissent un résultat peu précis.

Pour chacun des jours de la période considérée, on calcule d'abord le *southine* (S), nombre de jours du Nouvel-An précédent au jour considéré, Puis un facteur X obtenu en multipliant S par 500 et en ajoutant le *kammanchaphol* de l'année précédente. Ce facteur représente, en huit-centièmes de jours, le temps écoulé du *thaleung sok* précédent jusqu'à la fin du jour considéré. Jusque-là, tout est exact

Reste à évaluer la course du soleil dans ces x huit centièmes de jour, sachant qu'il parcourt 360° en 365 207/800 jours, soit en 292 207 huit-centièmes de jour. Le calcul est simple avec une calculatrice. La méthode traditionnelle évalue le résultat ainsi :

> Diviser le facteur x par 24 350 ; le quotient représente les *rasi* (30°) ; diviser le reste par 811 ; le quotient représente les degrés ; diviser le reste par 14 ; le quotient, diminué de 3, représente les minutes.

Voici, à titre d'exemple, le calcul pour le jour présumé du *sangkhane pay* précédant le Nouvel-An de cette année. (Il n'est pas nécessaire d'utiliser la méthode compliquée indiquée par le prince Phetsarath pour évaluer le *Southine* ; il suffit de savoir si l'année précédente est bissextile ou non) :

Southine	Nouvel-An (*Sangkhane Khune*)	: 365
	Mû nao	: 364
	Mû sangkhane pay (présumé)	: 363
Kammanchaphol de l'année précédente		

$X = (363 * 800) + 233 = 290\,633$

$\frac{290633}{24350} = 11\ \frac{22783}{24350}$ $11 * 30° = 330°$

$\frac{22783}{811} = 28\ \frac{75}{811}$ 28°

$\frac{75}{14} = 5\ \frac{5}{14}$ 5-3 = 2 2’

Anomalie moyenne : 358° 2’ donnée par cette méthode. Par une ‘règle de trois’, on obtient :

$$\frac{290633 \text{x} 360°}{292207} = 358{,}06083° = 358°\ 3'\ 39''$$

La méthode traditionnelle trouve des valeurs trop petites de 1 à 3 minutes. Cela vient de ce qu’elle utilise des facteurs simplifiés :

$\frac{292207}{12} = 24350{,}583$ approché par 24350

$\frac{24350{,}583}{30} = 811{,}68611$ approché par 811

$\frac{811{,}68611}{60} = 13{,}528$ approché par 14

Le dernier quotient est vraisemblablement diminué de 3 pour compenser les valeurs trop grandes trouvées aux quotients précédents, mais cette correction est plus élevée que nécessaire, et l’erreur n’est pas constante.

TABLE DES VALEURS POUR L'ANOMALIE MOYENNE DU SOLEIL À LA FIN DES JOURS DE LA PÉRIODE DE NOUVEL-AN 1342 (1980 AD)

	Southine Matthagnom			
	Jour et date (avril 1981)	S	Anomalie méthode laotienne	moyenne règle de trois
	di 12	362	357° 3'	357° 4'31"
Avant *sangkhane pay*	lu 13	363	358° 2'	358° 3'39"
mu sankhane pay	ma 14	364	359° 1'	359° 2'47"
	me 15	365	360° – 1'?	(360°) 1'55"
mu nao				
mu sanngkhane khune				

La dernière valeur par la méthode laotienne est évidemment inacceptable, puisque le soleil doit avoir accompli plus d'un tour (360°) à la fin du jour du Nouvel-An *(mû sangkhane khûne).*

b) Équation du soleil

L'équation du soleil s'évalue ainsi à partir du *matthagnom* (anomalie moyenne). Règle traduite en langage moderne :

Calculer le *kéne,* en soustrayant 80° au *matthagnom.*

Transformer ce *kéne* d'après la règle ci-dessous :

* S'il est compris entre 0° et 90°, pas de changement.
* S'il est compris entre 90° et 180°, soustraire le *kéne* de 180°.
* S'il est compris entre 180° et 270°, lui soustraire 180.
* S'il est compris entre 270° et 360*, le soustraire de 360^{e}.

Le signe de l'équation est déterminé ainsi :

* Il est négatif si le *kéne* est compris entre 0° et 180°.
* Il est positif si le *kéne* est compris entre 180° et 360°

La valeur absolue de l'équation est donnée par la table suivante, établie pour les multiples de 15°, de 0° à 90°, et donnant les valeurs en minutes :

TABLE DE L'ÉQUATION DU SOLEIL
(TCHAGNA PHRA ATHIT)

Kéne (transformé)	*Phol* Équation (en valeur absolue) unité : 1 minute = 1'	Écart entre deux valeurs successives
0°	0	
15°	35	35
30°	67	32
45°	94	27
60°	116	22
75°	129	13
90°	134	5

- Entre les valeurs de la table, on procède à une interpolation linéaire de la manière suivante : l'équation entre le *kéne* et la valeur de la table immédiatement inférieure, exprimé en minutes, s'appelle le *phouttialub.* On multiplie ce terme par l'écart entre les valeurs successives de l'équation et on divise par 900 ; le quotient est le nombre de minutes à ajouter à la valeur immédiatement inférieure indiquée par la table.

Appliqué au 13 avril 81, la méthode donne ceci :
Anomalie moyenne : 358° 2'
Kéne : 358° 2' – 80° = 278° 2'
Kéne transformé : 360° – 278° 2' = 81° 58'
Signe de l'équation + (car 278° est compris entre 180° et 360°)

Valeur absolue de l'équation :

$$\left.\begin{array}{ll} 75° & 129' \\ 90° & 134' \end{array}\right\} \text{écart : } 5'$$

81° 58'– 75° = 6° 58' = 360' + 58' = 418

$$\frac{418x5}{900} = \frac{2090}{900} = 2\,\frac{...}{900}$$

Équation : 129' +2' = 131' = 2° 11'

Anomalie vraie : 358° 2’ + 2’ 11’ = 360° 13’ = 0° 13’

Ainsi, à la fin du *mû sangkhane pay,* le soleil a déjà dépassé de 13’ le point origine sur l’écliptique. Sachant qu’il parcourt 360° en 365,25 jours en moyenne, soit un peu moins d’un degré par jour en moyenne (59 minutes), on peut en déduire l’heure du *sangkhane pay* :

$$\frac{13x24h}{59} = 5h\ 16'$$

Il s’ensuit que l’heure du *sangkhane pay* devrait se situer avant minuit, soit à 18h 43. Dans la pratique, on simplifie le calcul en partant de l’idée que le soleil parcourt 1°, soit 60’ par jour. On trouve alors la valeur suivante :

60’ – 13’ = 47’;

$$\frac{47}{60} * 24h = 18h\ 48'$$

Dans *Présence du Royaume Lao*, le raisonnement fait pour le *sangkhane pay* du 13 avril 1939 est erroné : le *somphout* de 3’ indique que le *sangkhane pay* a lieu, non à 1h 12, mais 1h 12 avant minuit, soit à 22h 48. Le principe indiqué dans l’ouvrage laotien (pp. 77 à 81) est correct.

Si l’on calcule le *somphout* – l’anomalie vraie – pour les 4 jours déjà cités, on obtient le tableau suivant :

	anomalie moyenne *matthagnom*	équation *phol*	anomalie vraie *somphout*
avant *mu sangkhane pay*	357°3’	131’	359° 14
mu sangkhane pay	358°2’	131’	(360°) 13’
mu nao	359°1’	130’	1°11’
mu sangkhane khune	360° – 1’	130’	2°10’

Ce tableau confirme la date du *mû sangkhane pay,* qui est le jour auquel l’anomalie vraie, ayant fait ‘un tour complet’, retrouve une valeur de 0° et quelques minutes.

Quand y a-t-il deux *mû nao* ? Dans *Présence du Royaume Lao* (Revue France-Asie), le prince Phetsarath affirme que c’est lorsque le *Kammanchaphol* est supérieur à 700. Mais dans son ouvrage laotien, il explique qu'il a trouvé par expérience (en faisant les calculs sur 400 ans, ce qui est un immense travail !), que c'est lorsque le *kammanchaphol* est supérieur ou égal à 668. Cette valeur est exacte en fonction de la méthode de calcul de l'anomalie moyenne et de l'anomalie vraie. Vous trouverez la démonstration dans l'annexe 7 ainsi que l'indication des heures avec une méthode rapide pour les trouver à partir du *kammanchaphol.*

Autre remarque : si l'on néglige la lente rotation du grand axe de l'orbite terrestre, probablement inconnue des Anciens, et qui n'entre de toutes manière pas en jeu dans les formules données, l'équation du soleil *doit* être toujours la même au moment du *sangkhane khûne* ou du *sangkhane pay*. Pourquoi alors faire de si fastidieux calculs pour un résultat connu d'avance ? Cette question est restée pour moi sans réponse. Les fastidieux calculs en question suivent d'ailleurs des formules simplifiées, qui ne sont pas assez précises pour calculer les éclipses. Je n'ai pas de documentation sur les formules plus exactes utilisées dans ce dernier cas, mais le prince Phethsarath affirme qu'elles ont donné récemment encore des résultats très précis pour l'éclipse de lune de novembre 1938.

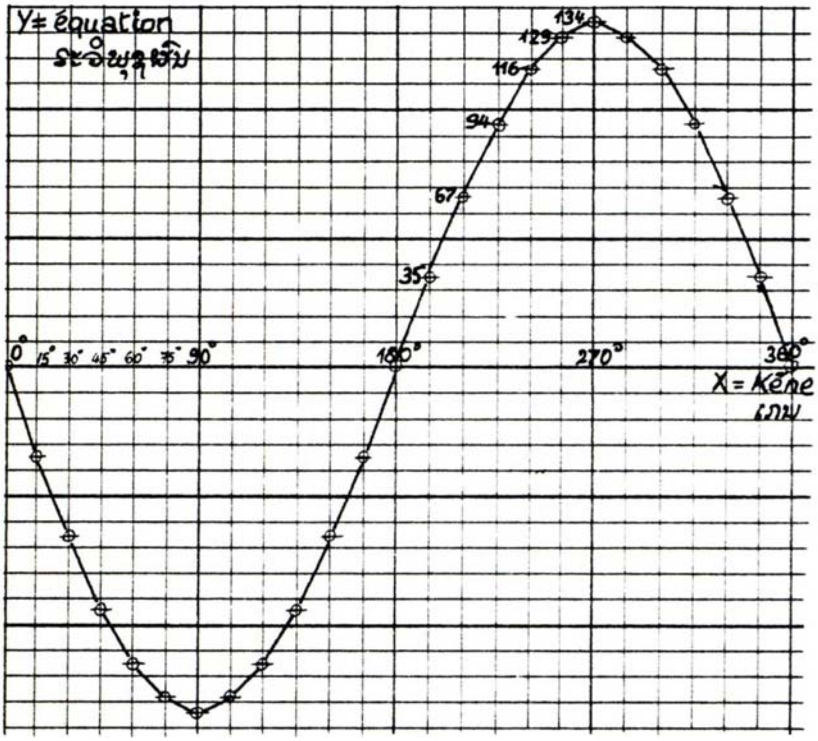
Notons que l'équation vaut, d'après ces formules, 131' pour toutes les valeurs du *matthagnom* comprises entre 356 et 358° 95'. Le *matthagnom* du *mû sangkhane pay* étant toujours compris entre ces valeurs, l'équation vaut toujours 131' pour ce jour-là et on peut se contenter, pour en évaluer le *somphout,* d'en calculer le *matthagnom* et d'ajouter 131'. S'il n'y avait pas d'imprécision dans la formule d'établissement du *matthagnom* et l'approximation pour calculer l'heure à partir du *somphout,* on pourrait simplement affirmer que le *sangkhane pay* a lieu 2j 5h 10 min avant le *sangkhane khûne.* En effet,

$$\frac{131'}{360°} \text{ x 1 an} = \frac{2°11'}{360°} \text{ x 365,25 j = 2 j 5 h 10 min}$$

Les imprécisions des formules le retardent d'environ une demi-heure à une heure.

c) *Équation du soleil et astronomie*

Si l'on reporte sur un graphique les valeurs de l'équation du soleil données par la méthode ci-dessus, on voit apparaître une approximation polygonale d'une courbe que nous reconnaissons bien. Prenons les valeurs données par la table et complétons les dans l'intervalle 0° à 360° selon les règles de transformation du *kéne* (qui expriment, en langue moderne, les symétries de la fonction – et de son graphique).



Cette courbe polygonale est une excellente approximation d'une sinusoïde. Le point maximum sur la courbe est à 134. En tenant compte de l'ensemble des valeurs, on trouve que l'amplitude de la sinusoïde correspondante est 133 (la méthode des moindres carrés donne 132,93).

Équation dans le calendrier laotien

Si l'on compare cette courbe à une sinusoïde, le point-origine correspond à un *khéne* de 180°, donc à un *matthagnom* de 180° + 80° = 260°. L'équation du soleil est ainsi donnée par la formule :

$$v - m = 133'* \sin(m - 260°)$$

Équation donnée par l'astronomie

Or la formule que donne l'astronomie est la suivante (en première approximation) :

$$v - m = \frac{360° * e}{\pi} * - \sin(m - m_{\text{périgée}})$$

« e » représentant l'excentricité de l'orbite terrestre, qui vaut 0,016720 (cette valeur indique de combien l'orbite est aplatie par rapport à un cercle).

Comparaison

Pour ce qu'on appelle *l'amplitude*, le calendrier laotien a pour valeur 133'. L'astronomie donne :

$$\frac{360° * e}{\pi} = 1° \ 54' \ 57'' \approx 115'$$

La formule pour le calendrier laotien utilise donc une valeur supérieure de 18', soit de 16% de plus.

Pour ce qu'on appelle la *phase*, la formule du calendrier laotien utilise la valeur de 260°, qui correspond à la date du 4 janvier actuel.

0° correspond au 15-16 avril.

260° = -100°

$$\frac{100 \text{x} 365{,}25}{360} \approx 101{,}5$$

La date s'obtient en soustrayant 101,5 du 15-16 avril, et on trouve comme date le 4 janvier.

Or l'astronomie indique que cette date doit correspondre au périgée de l'orbite terrestre, c'est-à-dire au moment où la terre est le plus près du soleil. Ce périgée se situait en 1981 le 4 janvier à 11 h GMT (soit 18h heure laotienne). Comme l'année laotienne ne diffère de l'année anomalistique que de 1' 17'', le décalage de date depuis le début du calendrier pour cet élément du calcul ne représente qu'un jour et quelques heures. L'accord avec les données astronomiques est donc excellent, l'équation du soleil ne variant que d'un peu plus de 2' en un jour.

L'accord est moins bon pour l'amplitude, mais il faut remarquer que 1' représente déjà un angle très petit. C'est à peine un trentième du diamètre apparent du soleil ou de la lune. C'est par exemple l'angle sous lequel on voit un homme de hauteur moyenne d'une distance de 5 ou 6 km. Il n'en est pas moins surprenant que la date correspondant à la phase soit exactement déterminée (correspondant à une erreur insulaire maximum de 2 ou 3') alors que l'amplitude contient une erreur de 18', soit 36' d'erreur si l'on considère l'écart entre le maximum et le minimum.

S'il ne s'agit pas d'une imprécision de mesure, ce serait une donnée permettant de conclure que l'excentricité de l'orbite terrestre avait à l'époque une valeur sensiblement plus grande. Mais cela me semble peu vraisemblable, et je n'ai pas encore réussi à vérifier les données astronomiques à ce sujet.

Il faut aussi insister sur le fait que la mesure de la position exacte du soleil était difficile en l'absence d'horloge, puisqu'il s'agissait de mesurer sa position par rapport aux étoiles, et qu'on ne voit guère ces dernières en plein jour, à moins de monter à 5000 m d'altitude ou plus... et il est fort peu vraisemblable que les Anciens astronomes aient travaillé à cette altitude !

RÉSUMÉ DES CALCULS POUR 1981

$a = 1981 - 638 = 1343$

$$X_1 = \frac{292207 \mathrm{x} 1343 + 373}{800} = 490\,542\ \frac{774}{800} = 490\,543 - \frac{26}{800}$$

$H = 490\,543$
$K = 26 \leq 207$: l'année sera bissextile

$$X_2 = \frac{490543 * 11 + 650}{692} = 7798\ \frac{407}{692}$$

$A = 407 \geq 126$: l'année sera régulière* (7^e mois à 29 j)

$$X_3 = \frac{7798 + 490543}{30} = 16611\ \frac{11}{30}$$

$M = 16611$
$D = 11$* $\quad 6 \leq D \leq 23$ l'année sera commune (12 mois)

$$X_4 = \frac{490543}{7} = 70077\ \frac{4}{7}$$

$V = 4$ *di-lu-ma-me* : le Nouvel-An est un mercredi (il s'agit du 15 avril 1981)

* On vérifie qu'il n'y a pas de report d'année abondante de l'année précédente ; d'autre part D 6. Donc l'année est bien régulière et il n'y a pas de correction de D à opérer.

HEURES DU CHANGEMENT D'ANNÉE

Sanghane khune : $\frac{774x24h}{800}$ = 23 h 13 min 12 sec

Comme K < 668, il y a un seul *mu nao.* L'année précédente n'est pas bissextile, le *mu sangkhane pay* porte donc le numéro 363, et c'est le 13 avril 1981.

Pour l'année précédente, K = 26 + 207 = 233
X = 233 + (800 * 363) = 290 633

$\frac{290633}{24350} = 11 \frac{22783}{24350}$ *matthagnom* : (11 * 30°) + 28° + 2' = 358° 2'

$\frac{22783}{811} = 28 \frac{75}{811}$ équation *(phol)* $\frac{2°11'}{(360°)13'}$

somphout

$\frac{75}{14} = 5 \frac{5}{14}$ 5 – 3 = 2 heure :

60 – 13 = 47 ; $\frac{47}{60}$ * 24 h = 18 h 48 min

Ainsi, le Nouvel-An 1343 (Petite Ère) est le mercredi 15 avril 1981, 11e jour de la lune croissante du 5e mois ; l'année 1343 sera bissextile, régulière et commune. Le *sangkhane khune* ou *thaleung sok* aura lieu à 23 h 13 min 12 sec. Le jour précédent est le seul jour intermédiaire *(mu nao)*. C'est le jour d'avant, soit le lundi 13 avril, à 18 h 48, que le soleil achève sa révolution, quittant la constellation des Poissons pour entrer dans celle du Bélier, moment où se termine l'An 1342 de la Petite Ère.

Les données publiées se trouvent en facsimilé dans *Présence du Royaune Lao* pour les années 1955, 1956, et dans le dictionnaire laotien-français de Marc Reinhorn pour l'année 1967. Tout concorde avec la méthode de calcul donnée pour les dates ; mais pour ce qui concerne les heures indiquées, deux par année *(sangkhane pay* et *sangkhane khune),* soit six au total, seules trois correspondent aux calculs.

<u>*1955 A.D. - 1317 Petite Ère*</u>

Sangkhane pay : 7^e jour de la lune décroissante du 5^e mois à 2h 24 – 14 avril 1955

Sangkhane khûne : 9^e jour de la lune décroissante du 5^e mois à 8h 45 – 16 avril 1945

<u>*Vérification*</u>

Dates : D = 24 ; 24 – 15 = 9 ; correspond au 9^e jour ; lune décroissante. La date du 16 avril correspond également au tableau

Heures : *Sangkhane pay*

K = 608 R_2 = 800 – 608 = 192

$$\frac{192}{800} * 24h = 5h\ 45'\ 36''$$

Est-ce une erreur typographique ?

Heures : *Sangkhane pay*

Le calcul donne un *somphout* de 54’ à minuit. Le calcul approché identifiant 1° de marche du soleil à 1 jour donne 2h 24 (en réalité, 24h ne correspondent qu’à 59’ de marche du soleil à cette époque).

<u>*1956 A.D. - 1318 Petite Ère*</u>

sangkhane pay : 4^e jour de la lune croissante du 6^e mois, à 8h, le 13 avril 1956

sangkhane khûne : 6^e jour de la lune croissante du 6^e mois à 8h 40’ 12” le 15 avril 1956

<u>*Vérification*</u>

Dates : D - 5 ; D corrigé = 6 : cela correspond. La date du 15 avril 1956 correspond également au tableau.

Heures : *Sangkhane khune*

K = 401 R_2 = 399

$$\frac{399}{800} * 24h = 11h\ 58'\ 12''$$

L’heure indiquée est fantaisiste. De plus, elle doit être de 6h 12’ 36” plus tard que l’heure de l’année précédente, l’année lao étant de 365j 6h 12’ 36”. Il y a manifestement incohérence.

Sangkhane pay
Le même calcul approché que ci-dessus donne la valeur de 8h : le *somphout* à la fin du jour est 40'.

<u>*1967 A.D. - 1329 Petite Ère*</u>

Sangkhane pay : 5^e^ jour de lune croissante du 5^e^ mois, à 10h 24' 34" le 14 avril 1967.

Sangkhane khûne : 7^e^ jour de la lune croissante du 5^e^ mois à 8h 16' 48" le 16 avril 1967.

<u>*Vérification*</u>

Dates : D = 7 : correspond bien au 7^e^ jour, lune croissante, 5^e^ mois ; le 16 avril 1967 correspond au tableau.

Heures : *Sangkhane khune*

$$K = 524 \quad \frac{524}{800} \quad * 24 \text{ h} = 8\text{h } 16' \ 48''$$

Sangkhane pay
Le *somphout* à la fin de la journée est de 48', ce qui donne par la méthode approchée 4h 48'. Le calendrier publié donne 10h 24' 34", ce qui ne correspond à rien du point de vue de la méthode de calcul. A-t-on corrigé l'équation du soleil en fonction des données astronomiques ? Probablement pas. Peut-être est-ce une erreur d'année, le *sangkhane pay* ayant lieu l'année suivante à 10h 24...

CONCLUSION

Il est temps de conclure cette étude, incomplète sur bien des points encore, par une note d'admiration pour le travail des anciens astronomes, et par quelques questions qui restent à approfondir.

On ne peut qu'admirer la précision avec laquelle les Anciens ont observé et décrit le mouvement des astres, en l'absence des outils techniques et mathématiques dont nous disposons aujourd'hui. La manière dont ils sont parvenus à établir un calendrier qui suive si fidèlement les mouvements de la lune et du soleil est étonnante, même si les procédés de calcul sont parfois compliqués. Il semble bien que, si les techniques de calcul se sont fidèlement transmises génération en génération depuis 14 siècles, la signification des formules, qui était certainement connue des astronomes qui les ont fixées, s'est perdue en cours de route. Je n'ai fait ici que poursuivre et prolonger le travail du prince Phetsarath pour retrouver cette signification.

Restent plusieurs questions qui mériteraient d'être approfondies : qui a véritablement mis au point ce calendrier ? Comment a-t-il été transmis? Quelles sont ses relations avec les autres calendriers de l'Antiquité, en Inde ou en Grèce, avec les calendriers des Phéniciens ou des Hébreux ? Les concordances ou les analogies indiquent-elles des parentés historiques ou ne sont-elles que le reflet des préoccupations communes d'astronomes de peuples différents fascinés par le mouvement des astres ?

Cet article a laissé de côté tout l'aspect mythologique et astrologique du calendrier laotien, insistant davantage sur sa structure mathématique et astronomique, Il y a donc matière à réflexion pour d'autres études ou d'autres publications. Puisse cette étude stimuler l'intérêt pour ce joyau parmi d'autres dans les traditions laotiennes qu'est son calendrier.

BIBLIOGRAPHIE

S.A. le Prince PHETSARATH, « Le calendrier Lao », *Présence du Royaume lao*, numéro 118-120 de la revue *France-Asie* (mars-mai 1956 - tome XII), pp. 787-814.

S.A. le Prince PHETSARATH, ໂຫຣາສາດລາວພາກຕົ້ນ (*Hooraasaad laav phaak ton$_2$*), *Astrologie laotienne*, première partie, complété par Maha Sila Vilavong, Vientiane, 1973 (lycée Fangoum), 149 p., 20 x 27 cm. C'est le document le plus complet à notre connaissance sur le sujet.

Thao BOUN SOUK (P.-M. Gagneux), *Notre calendrier*, collection d'articles publiés dans *Lao-Presse*, mars-avril 1966, 30 p. de texte français, avec un additif de 10 p. en laotien.

Ouvrages ou articles plus anciens, non consultés, cités dans la bibliographie de *Présence du Royaume lao*

FARAUT, D.-G., *Astronomie cambodgienne*, (références omises).

FINOT, Louis, « Notes sommaires », [*in*] « Recherches sur la littérature laotienne », *BEFEO*, 1917, tome XVII.

TABLEAUX HORS-TEXTE

1. TABLEAU COMPARATIF DES VALEURS DE QUELQUES GRANDEURS

Année

Astronomie	
- année tropique	365,242192 j = 365 j/ 5 h / 48 m / 45 s
- année sidérale	365,25636 j =365 j / 6 h / 9 m / 10 s
- année anomalistique	365,25964 j = 365 j / 6 h / 13 m / 53 s
Calendriers	
- julien	365,25 j = 365 j / 6 h
- gégorien	365,2425 j = 365 j / 5 h / 49 m / 12 s
- lao	365,25875 j = 365 j / 6 h / 12 m / 36 s

Mois

Révolution synodique (cycle des phases de la lunes)	29,5305886 j = 29 j / 12 h / 44 m / 2,86 s
- mois laotien moyen	29 /5305832 j = 29 j / 12 h / 44 m / 2,39 s
- mois sidéral	27,321661 j = 27 j / 7 h / 43 m / 5s
- mois anomalistique	27,554549 j = 27 j / 13 h / 18 m / 33s

Durée d'une révolution du grand axe de l'orbite lunaire :	3232,6 j
Facteur correspondant dans les formules astronomiques laotiennes	3232 j

Équation du soleil

Amplitude dans le calendrier laotien	133'
Amplitude réelle actuelle	115'
Date du périgée :	env. 4/5 janvier

2. Tableau du cycle duodécimal des années (cycle secondaire)

lao origine lao		origine pâli		français – années correspondantes (ère chrétienne)	
ໃຈ້	*cae*^{2}	ຊວດ	*ŝwd*	Rat	36 48 60 72 84
ເປົ້າ	*pao*^{2}	ສລຸ	*salu*	Boeuf	37 49 61 73 85
ຍີ່	*ñii*^{1}	ຂານ	*khaan*	Tigre	38 50 62 74 86
ເຫມົ້າ	*hmao*^{2}	ເຖາະ	*th0*	Lièvre	39 51 63 75 87
ສີ	*sii*	ມະໂລງ	*maloong*	Dragon	40 52 64 76 88
ໃສ້	*sae*^{2}	ມະເສງ	*maseng*	Serpent	41 53 65 77 89
ສງ້າ	*sngaa*^{2}	ມະເມັຽ	*mamie*	Cheval	42 54 66 78 90
ມົດ	*mod*	ມະແມ	*mamEE*	Bouc	43 55 67 79 91
ສັນ	*san*	ວອກ	*v00k*	Singe	44 56 68 80 92
ເຮົ້າ	*ĥao*^{2}	ລະກາ	*lakaa*	Coq	45 57 69 81 93
ເສັດ	*sed*	ຈໍ	*c00*	Chien	46 58 70 82 94
ໃຄ້	*k̂hae*^{2}	ກຸນ	*kun*	Porc	47 59 71 83. 95

3. LEXIQUE

Dans le corps de cet article, nous avons adopté une simple transcription des termes laotiens, afin de faciliter la lecture, car la translittération aurait trop alourdi le texte. Nous la donnons cependant dans le lexique ci-dessous, en suivant le système de translittération du professeur Marc Reinhorn.

Laotien	**Translittération**	**Transcription et traduction ou explication**
ປະຕິທິນ	*patit̂hin*	*patithine* calendrier
ວິນາທີ	*vinaat̂hii*	*vinathi* seconde (mesure de temps)
ນາທີ	*naat̂hii*	*nathi* minute (mesure de temps)
ຊົ່ວໂມງ	*sw*^{1}*moong*	*souamong* heure
ມື້ - ວັນ	*mùù*^{2}*-van*	*mu-vanh* jour
ອາທິດ	*9aat̂hid*	*athit* semaine
ເດືອນ	*dùùan*	*deuane* mois
ເດືອນຈຽງ	*dùùan cieng*	” *tyieng* le 1er mois
ເດືອນກຽງ	*dùùan kieng*	” *kieng* ”
ເດືອນອ້າຍ	*dùùan 9aa*^{2}*y*	” *ay* ”
ເດືອນຍີ່	*dùùan n̂ii*^{1}	” *gni* le 2^{e} mois
ເດືອນຢຸດ	*dùùan yud*	*yout* le mois défectif (impair, 29 j)
ເດືອນເຕັມ	*dùùan tem*	*tém* le mois plein (pair, 30 j)
ເດືອນ ໕ ຂຶ້ນ ໗ ຄ່ຳ	*dùùan haa*^{2} *khùn*^{2} *ced k̂haṁ*^{1}	*deuan ha khunh 7 kham* le 7^{e} jour de la lune croissante du 7^{e} mois
- ແຮມ ໖ ຄ່ຳ	*ĥEEm hok k̂haṁ*^{1}	*hème hok kham* le 6^{e} jour de la lune croissante
ປີ	*pii*	*pi* années
ປີໃໝ່	*pii hmae*^{1}	

ມື້ສັງຂານຂຶ້ນ	*mùù² sangkhaan khùn²*	*mu sanghane khune* le jour où l'année arrive (premier jour de l'an nouveau
ຖເລີງສົກ	*thlōng sok*	*thaleung sok* l'année arrive
ມື້ເນົາ	*mùù² nao*	*mu nao* le jour intermédiaire, ou jour mort (entre l'ancienne et la nouvelle année)
ມື້ສັງຂານໄປ	*mùù² saangkhaan pai*	*mu sangkhane pay* le jour où l'année s'en va, dernier de l'année finissante
ປົກຕິສຸຣະທິນ	*poktisuraţ̂hin*	*pokkatisourathinh* ordinaire (se dit de l'année de 365 j)
ອະທິກະສຸຣະທິນ	*9aţ̂hika-surathin*	*athikasourathinh* bissextile (366 j)
ປົກຕິວານ	*poktivaan*	*pokkativane* régulière (année dont le 7e mois est défectif – 29 jours)
ອະທິກະວານ	*9aţ̂hikavaan*	*athikavane* abondante (année dont le 7e mois est plein)
ປົກຕິມາດ	*poktimaad*	*pokkatimat* commune (12 mois)
ອະທິກະມາດ	*9aţ̂hikamaad*	*athikamat* embolismique (13 m)
ສັກຣາດ	*sakraad*	*sakkarat* ère
ຈຸຣສັກຣາດ	*cursakraad*	*tiounlasakkarat* Petite Ère
ມະຫາສັກຣາດ	*mahaasakraad*	*mahasakkarat* Grande Ère
ພຸທສັກຣາດ	*p̂huţ̂sakraad*	*phoutthasakkarat* Ère bouddhiste
ຄຣິສຕະສັກຣາດ	*k̂hristasakraad*	*khristasakkarat* Ère chrétienne
ໂຫຣະສາດ	*horasaad*	*horasat* astrologie
ດາຣະສາດ	*daarasaad*	*darasat* astronomie
ມັທຍົມ	*maţ̂hgnom*	*matthagnom* anomalie moyenne
ສັມຜຸດ	*samphud*	*samphout (somphout)** anomalie vraie
ຣະວິພຸຊຜົນ	*ravip̂huŝphon*	*(raviphoutsa)phon = phol** équation (d'un astre)

ຜົນ	*phon*	
ຫໍຣະຄຸນ	*h00rak̂hun*	*horakhoune* indique le numéro du jour du Nouvel-An depuis le début de l'ère
ກັມມັຊຜົນ	*kammaŝp̂hon*	*kammanchaphol* indique l'avance du soleil à minuit, en 1/800 jour
ອະວະມານ	*9avamaan*	*avamane* indicateur d'années abondantes
ມາສເກນ	*maasken*	*massakéne* indique le nombre de mois écoulés depuis le début de l'ère
ດິຖີ່ (ດິຖີ)	*dithii*(1)	*dithy* indique le jour de mois
ວາຣະ	*vaara*	*vara* indique le jour de la semaine
ອຸຈພົນ	*9ucp̂hon*	*ouchaphon* indique la phase pour établir l'équation de la lune
ສາຍາພຣະອາທິດ	*saan̂aa p̂hra9aat̂hid*	*tchagna phra athit* table de l'équation du soleil
ຈັກກະຣາສີ	*cakkaraasii*	*tiakkarasi* tour complet (360°)
ອັທຈັກ	*9at̂hcak*	*atthatiak* demi-tour (180°)
ຕຣີຈັກ	*triicak*	*tritiak* quart de tour (90°)
ຣາສີ	*raasii*	*rasi* unité de 30° (1/12 tour)
ຂັນ	*khan*	*khane* demi-*rasi*
ອົງສາ	*ongsaa*	*ongsa* degré
ລິບດາ	*libdaa*	*libda* minute
ພິລິບດາ	*p̂hiilibda*	*philibda* seconde

(*) Les transcriptions de ces termes ne sont pas très correctes, mais je les ai reprises telles quelles de l'article du prince Phetsarath dans Présence du Royaume lao.

4. NOMS DES JOURS DE LA SEMAINE

TABLEAU DE CORRESPONDANCE

Laotien	**Français**	**Anglais**
1. ວັນ(ອາ)ທິດ *van 9aaĥhid* jour du soleil	dimanche jour du Seigneur (latin: *dies domini)*	*Sunday* jour du soleil *(the Sun)*
2. ວັນຈັນ *van can* jour de la lune	lundi jour de la lune	*Monday* jour de la lune *(the Moon)*
3. ວັນ(ອັງ)ຄານ *van 9angk̂haan* jour de Mars	mardi jour de Mars (dieu romain de la guerre)	*Tuesday* jour de *Tiv* (dieu de la guerre, anglais ancien)
4. ວັນພຸດ *van p̂hud* jour de Mercure	mercredi jour de Mercure	*Wednesday* jour de *Woden,* dieu principal de la mythologie germanique
5. ວັນພະຫັດ *van p̂hahad* jour de Jupiter	jeudi jour de Jupiter	*Thursday* jour de *donar,* dieu germanique du ciel
6. ວັນສຸກ *van suk* jour de Vénus	vendredi jour de Vénus, déesse grecque de l'amour	*Friday* jour de *Pria,* dieu germanique de l'amour
7. ວັນເສົາ *van sao* jour de Saturne	samedi jour du Sabbat (latin: *sabbati dies)*	*Saturday* jour de Saturne *(Saturn)*

Pour chaque langue, on a donné le nom du jour de la semaine, avec la translittération pour le laotien, ainsi que la signification ou l'étymologie.

5. TABLE DE CONCORDANCE ENTRE PHASES DE LA LUNE ET CALENDIER LAO (1979 ET 1980)

Sur ce tableau, nous indiquons :
- la date et l'heure de la nouvelle lune, donnée en heure locale laotienne (GMT + 7 h) ;
- l'intervalle entre deux nouvelles lunes successives (on remarque qu'il varie, pour cette période de 2 ans, entre 29 j 8 h 13 min. et 29 j 17 h 53 min.) ;
- la date du dernier jour du mois laotien correspondant (en partant de l'hypothèse que le 1er jour du mois est censé être celui qui suit l'apparition de la nouvelle lune).

Nouvelle lune année date heure			*Durée du cycle*	*Dernier jour du mois laotien*	
1979	28.01	13h20		28.01	2e mois
	26.02	23h 45	29j 10h 25	26.02	3e mois
	28.03	10h 00	29j 10h 15	28.03	4e mois
	26.04	20h 15	29j 10h 15	26.04	5e mois
	26.05	7h 00	29j 10h 45	26.05	6e mois
	24.06	18h 00	29j 11h 58	24.06	7e mois
	24.07	8h 41	29j 13h 43	24.07	8e mois
	23.08	0h 11	29j 15h 30	*22.08	9e mois
	21.09	16h 47	29j 16h 36	21.09	10e mois
	21.10	9h 23	29j 16h 36	*20.10	11e mois
	20.11	1h 04	29j 15h 41	*19.11	12e mois
	19.12	15h 23	29j 14h 19	*18.12	1er mois
1980	17.01	4h 20	29j 12h 57	17.01	2e mois
	16.02	2h 51	29j 11h 31	*15.02	3e mois
	17.03	1h 56	29j 10h 05	*16.03	4e mois
	15.04	10h 47	29j 8h 51	*14.04	5e mois
	14.05	19h 00	29j 8h 13	14.05	6e mois
	13.06	3h 39	29j 8h 39	*12.06	7e mois

	12.07	13h 46	29j 10h 07	12.07	8e mois
	11.08	2h 10	29j 12h 24	11.08	9e mois
	9.09	17h 01	29j 14h 51	9.09	10e mois
	9.10	9h 50	29j 14h 49	9.10	11e mois
	8.11	3h 43	29j 17h 53	*7.11	12e mois
	7.12	21h 35	29j 16h 52	7.12	

* Pour 9 mois sur 24 seulement, le dernier jour du mois laotien se situe un jour avant la nouvelle lune (donc la nouvelle lune a lieu le premier jour du mois suivant). On remarquera l'étonnante précision de la concordance entre le calendrier et les phases de la lune. Comme nous l'avons déjà noté dans cet article, l'écart entre la révolution synodique moyenne et la valeur moyenne du mois du calendrier n'est que de 0,47 sec, ce qui représente un écart de 9 min 40 sec par siècle et à peine plus de 2 h en 13 siècles et demi (soit l'âge probable du calendrier laotien).

6. PRÉCISION DE L'ÉVALUATION DU CYCLE LUNAIRE

La fraction $\frac{11}{692}$ est utilisée pour l'égalité suivante :

30 jours = 1 $\frac{11}{692}$ cycles.

Si on appelle **m** la durée exacte d'un cycle lunaire (révolution synodique) exprimée en jours, et x le facteur dont 11/692 est la valeur approchée, on aura les égalités suivantes :

$$30 \approx (1 + \frac{11}{692})\ m$$

$$30 = (1 + x)\ m\ ;\ \frac{30}{m} = 1 + x\ ;\ x = \frac{30}{m} - 1\ ;\ m = \frac{30}{1+x}$$

Or m= 29,5305886 ; donc $x = \frac{30}{29,5305886} - 1$

$$x = 0,0158957678$$

Les approximations optimales de ce nombre par des fractions sont données par le développement en « fractions continues » et sont les suivantes :

$$\frac{1}{62}\ ;\ \frac{1}{63}\ ;\ \frac{11}{692}\ ;\ \frac{122}{7675}\ ...$$

Les deux fractions voisines de $\frac{11}{692}$ ayant des termes de même ordre de grandeur sont $\frac{10}{629}$ et $\frac{12}{755}$, et il n'y a pas d'autre fraction entre ces deux nombres dont le dénominateur soit inférieur à 1000.

Ces fractions correspondent aux valeurs suivantes du mois, avec ces écarts par rapport à la valeur précise donnée par l'astronomie :

Fraction (f)	mois = $\frac{30}{1+f}$		écart
$\frac{1}{62}$	$\frac{30x62}{63}$	= 29,52381	- 9 min 46 sec
$\frac{10}{629}$	$\frac{30x629}{639}$	= 29,530516	- 6,24 sec
$\frac{11}{692}$	$\frac{30x692}{703}$	= 29,530583	- 0,47 sec
$\frac{12}{755}$ ↓	$\frac{30x755}{767}$	= 29,530639	+ 4,34 sec
$\frac{1}{63}$	$\frac{30x63}{64}$	= 29,53125	1 + 57 sec

$$\frac{1}{63} \qquad \frac{12}{755} \quad \frac{11}{692} \quad \frac{10}{629} \quad \frac{1}{62}$$

$$x$$

On voit que les Anciens ont su choisir la bonne fraction parmi les trois fractions du milieu du tableau : il leur a suffi pour cela d'évaluer la révolution synodique avec une erreur inférieure à deux ou trois secondes, ce qui est déjà une précision étonnante.

7. CAS PARTICULIER DE FIXATION DES ANNÉES EMBOLISMIQUES SELON LA VALEUR DU *DITHY*

Appelons D le *Dithy* d'une année et D' sa valeur pour l'année suivante.

(a) D= 24 et D' = 6

6 = 24 – 18 : le *Dithy* diminue de 18. Ce cas se produit donc lorsque le *Dithy* d'une année est 24 et que cette année est bissextile et régulière. La première des deux années devrait alors être embolismique, la date du Nouvel-An de l'année suivante étant le 6^{e} jour du 5^{e} mois. Si on reportait à la deuxième année le 13^{e} mois (8^{e} mois bis), cela mettrait la date de ce Nouvel-An au 7^{e} jour du 6^{e} mois, ce qui n'est pas admissible. Le Prince Phetsarath semble affirmer que dans ce cas le Nouvel-An a lieu au 6^{e} jour du 6^{e} mois, mais cela est en contradiction avec le jour fixé par le *Horakhoune*

(b) D= 25 et D' = 5

5 = 25 – 20 : le *Dithy* diminue de 20. Ce cas se produit donc lorsque le *Dithy* d'une année est 25 et que cette année est ordinaire et abondante. Il y alors deux manières possibles de fixer l'année embolismique:

(b.1)

La première des deux années est embolismique. La date du Nouvel-An suivant tombe donc au 5^{e} mois. Mais comme l'*Avamane* de la première année indique une année abondante, il faut reporter l'année abondante, et la date du Nouvel-An suivant est D' + 1 : ce sera le 6^{e} jour du 5^{e} mois.

(b.2)

La deuxième des deux années est embolismique. La date du Nouvel-An suivant tombe donc au 6^{e} mois, et vaut par conséquent également D' +1: ce sera le 6^{e} jour du 6^{e} mois, ce qui semble moins bon, mais c'est admissible tout de même.

Rien dans mes sources ne me permet d'affirmer quelle solution est adoptée dans le cas *(b)*, cette exception n'étant pas mentionnée. Par contre, dans le cas *(a),* il n'y a qu'une solution qui soit compatible avec les règles. Dans le cas (a), si l'année suivante est abondante, on pourrait à la rigueur reculer l'année abondante et placer la deuxième année le mois supplémentaire, ce qui mettrait le Nouvel-An de la deuxième année au 6^{e} jour du 6^{e} mois, mais je ne vois aucune raison de le faire.

(a) *Dithy*	(a.1) date	(a.2) date	(b) *Dithy*	(b.1) date	(b.2) date
24	24.5	~~24.5~~	25	25.5	25.5
biss. regul. -18	embol.	~~com.~~	ord. abond. -20	embol. régul.	comm. abond.
6	6.5	~~7.6~~	5	6.5	6.6
ordinaire +11	comm.	~~embol.~~	regul. +11	comm. abond.	embol. régul.
17 (16)*	17.5 (16.5)	17.5 (16.5)	16 (17)*	16.5 (17.5)	16.5 (17.5)
* si la 2^e année est abo			* si la 2^e année est bissextile		

8. Valeur du facteur X

Des formules de calcul du *matthagnom,* on peut déduire la valeur du facteur X :
X = 800*S + K' (K' étant le *Kammanchaphol* de l'année précédente)

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{x}{24350} = q_1 + \dfrac{r1}{24350} \\[2ex] \dfrac{r1}{811} = q_2 + \dfrac{r2}{811} \\[2ex] \dfrac{r2}{14} = q_3 + \dfrac{r3}{14} \end{array}\right\} \rightarrow \left\{\begin{array}{l} x = 24350\, q_1 + 811\, q_2 + 14\, q_3 + r_4 \\ \uparrow \\ r_1 = 811\, q_2 + 14\, q_3 + r_3 \\ \uparrow \\ r_2 = 14\, q_3 + r_3 \end{array}\right.$$

$$q_4 = q_3 - 3 \longrightarrow q_3 = q_4 + 3$$

Comme, d'après les remarques faites dans le texte, l'équation vaut toujours 2° 11' pour le *mu sangkhane pay,* la valeur minimum du *matthagnom* pour ce jour est de 360° – 2°11', soit 357°49', ou encore, en unités laotiennes, 11 *rasi* 27°49'.

Donc :
$q_1 = 11$ $q_2 = 27$ $q_3 = 49 + 3 = 52$

On doit donc avoir :
$x \geq 24350 * 11 + 811 * 27 + 52 * 14 = 290\,475$
$= 363 * 800 + 75$

Mais le facteur x pour le jour précédent doit être strictement inférieur à cette valeur :
$x - 800 < 290475$
$x < 290475 + 800 = 364 * 800 + 75$

On peut en déduire ceci :
Lorsque K' ≥ 75, le *mu sangkhane pay* porte le numéro 363 (son *southine* est 363).
Lorsque K' < 75, le *mu sangkhane pay* porte le numéro 364 (son *southine* est 364).

Or l'année qui se termine est bissextile lorsque K' ≤ 207. On a ainsi 3 cas à considérer :

1 ≤ K' < 75 594 ≤ K < 668 K = K' + 593	S = 364 l'année qui se termine est bissextile un seul *mu nao*	364 365 0 /////
75 ≤ K' ≤ 207 668 ≤ K < 800 K = K' + 593	S = 363 l'année qui se termine est bissextile deux *mu nao*	363 364 365 0 ///// /////
207 < K' ≤ 800 1 ≤ K ≤ 593 K = K' – 207	S = 363 l'année qui se termine est ordinaire un seul *mu nao*	363 364 0 /////

Pour trouver une formule pour calculer directement le *somphout* et l'heure à partir du *kammanchaphol,* il faut d'abord distinguer deux cas : selon que le *matthagnom* est inférieur ou non à 358°, soit 11 *rasi* 28°.

<u>*1^er^ cas*</u> : $11^r 28°$ $\boxed{(s\text{-}11)'}$ *matthagnom*

$2°\ 11'$ *phol*

$(11^r 30°)$ s' *somphout = s*

$q_1 = 11$ $\boxed{q_2 = 28}$ $q_4 = s - 11$ $q_3 = s - 11 + 3$

$= s - 8$

$$X = \underbrace{24350 * 11 + 811 * 28}_{290558} + \underbrace{14 * (s - 8) + r_3}$$

$$363 * 800 + 158$$

$$364 * 800 \underbrace{- 642 \qquad\qquad\qquad}$$

$$= s * 800 + K'$$

<u>*2^e^ cas*</u> : $11^r 27°$ $(?)'$ *matthagnom*

$2°\ 11'$ *phol*

$(11^r 30°)$ s' *somphout = s*

$\boxed{? = s - 11 + 60}$

$q_1 = 11$ $\boxed{q_2 = 27}$ $q_4 = s\ 49$ $q_3 = s + 52$

$$X = \underbrace{24350 * 11 + 811 * 27}_{289747} + 14 * (s + 52) + r_3$$

$$363 * 800 \underbrace{- 653 \qquad\qquad\qquad}_{K'}$$

Ces deux cas, combinés avec les cas examinés plus haut, nous conduisent à considérer maintenant 4 cas, selon les valeurs de K' (ou de K) :

$$\boxed{\begin{array}{l} 1 \le K' < 75 \\ 594 \le K < 688 \\ K = K' + 593 \end{array}}$$

$Q_2 = 28$

$S = 364$

$K' = 14\,(s - 8) + r_3 - 642$

$14\,(s - 8) + r_3 = K' + 642$

$$s - 8 = E\left(\frac{K'+642}{14}\right)$$

$$\boxed{s = 8 + E\left(\frac{K'+642}{14}\right)}$$

$$\boxed{s = 8 + E\left(\frac{K+49}{14}\right)}$$

Valeurs extrêmes :	s = 53	t = 2h 48
	S = 58	t = 0h 24

$$\boxed{\begin{array}{l} 75 \leq K' < 158 \\ 658 \leq K < 751 \\ K = K' + 593 \end{array}}$$

$Q_2 = 27$
S = 363

$$K' = 14\,(s + 52) + r_3 - 653$$

$$14\,(s = 52) + r_3 = K' + 65$$

$$s + 52 = E\left(\frac{K'+653}{14}\right)$$

$$\boxed{\begin{array}{l} s = 52 + E\left(\dfrac{K'+653}{14}\right) \\ s = 52 + E\left(\dfrac{K+60}{14}\right) \end{array}}$$

Valeurs extrêmes :	s = 0	t = 24h
	s = 5	t = 22h

$$\boxed{\begin{array}{l} 158 \leq K' \leq 207 \\ 751 \leq K \leq 800 \\ K = K' + 593 \end{array}}$$

$Q_2 = 28$
S = 363

$$K' = 14\,(s - 8) + r_3 + 158$$

$$14\,(s - 8) + r_3 = K' - 158$$

$$s - 8 = E\left(\frac{K'-158}{14}\right)$$

$$\boxed{\begin{array}{l} s = 8 + E\left(\dfrac{K'-158}{14}\right) \\ = 8 + E\left(\dfrac{K-751}{14}\right) \end{array}}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} 207 \leq K' \leq 800 \\ 1 < K \leq 593 \\ K = K' - 207 \end{array}}$$

même calcul en fonction de K'
seule change la formule en fonction de K :

$$\boxed{s = 8 + E\left(\frac{K'+49}{14}\right)}$$

$Q_2 = 28$
S = 363

Valeurs extrêmes : $s = 8$ $t = 20$ h 48
$s = 53$ $t = 2$ h 48

On remarquera le trou entre 20h 48 et 22h pour les heures possibles du *sangkhane pay.* Ceci est dû à la discontinuité des imprécisions de la formule de calcul du *matthagnom* lorsqu'on passe de 357° 59' à 358° 0'.

La formule qui a été appliquée pour calculer l'heure est donc la formule simplifiée :

$$T = \frac{(60 - s) * 24h}{60}$$
$$= (60 - s) * 24 \text{ min.}$$