

Astrolabe plan

W. O.

Manuel Maria Valdés

Madrid, octobre 1993

COMMENT LIRE L'HEURE DANS UN CADRAN SOLAIRE

Les lignes horaires d'un cadran solaire ne sont pas autre chose que l'intersection d'un faisceau de plans, formant entre eux un angle de 15° (plans horaires), avec la surface plane ou face du cadran. La ligne commune d'intersection des plans forme le style, le gnomon ou indicateur du cadran et doit être parallèle à l'axe de la Terre.

De cela on en déduit qu'un cadran solaire marquera correctement le temps seulement du lieu pour lequel il a été dessiné. Naturellement cette règle a ses exceptions, depuis qu'un humain ingénieux a imaginé des cadrans solaires, plus ou moins compliqués qui peuvent s'adapter à différentes latitudes.

Dans la majeure partie des cadrans solaires on ne lit pas la même heure que dans les horloges mécaniques. Naturellement la différence ne se rapporte pas à l'avance de l'heure légale (une ou deux selon l'époque de l'année) ni à la qualité des cadrans solaires, qui sont supposées d'une précision absolue.

La différence se produit parce que chaque cadran mesure une heure différente. Les horloges mécaniques marquent le « temps moyen du fuseau horaire » dans lequel il se trouve, et le cadran solaire le « temps vrai » en ce même lieu.

TEMPS MOYEN.

Le temps que marque l'horloge mécanique est un temps uniforme. Les douze heures correspondant au passage du Soleil au méridien origine du fuseau horaire dans lequel se trouve l'observateur prend en compte l'avance ou le retard dû à l'équation du temps comme il est indiqué dans le paragraphe du même nom.

TEMPS VRAI.

Le temps vrai, celui du cadran solaire, marque les douze heures quand le soleil passe par le méridien local et chaque heure est la vingt-quatrième partie de l'intervalle écoulé entre les passages successifs du soleil par ce méridien.

C'est pourquoi les douze heures ne sont pas plus simultanées que les points situés dans le même méridien. Comme entre les longitudes de Minorque et La Corogne il y a approximativement une différence de 13° , le Soleil mettra 52 minutes pour couvrir la distance qui les sépare.

L'amplitude du temps écoulé entre deux passages consécutifs du Soleil par le méridien local dépend de deux mouvements de Terre : la rotation (uniforme) et le déplacement sur son orbite (variable tout au long de l'année). Par conséquent les douze heures du Soleil et celles des horloges mécaniques sont déphasées toute l'année. La valeur de ce déphasage s'appelle l'équation du temps ».

Afin de se mettre en accord les deux types d'horloges précisons :

- Prendre en compte la longitude. Le méridien zéro de notre fuseau (Greenwich) passe par la verticale de Benicasim (Plaine de Castellon).
- Ajouter ou retirer la valeur de l'équation du temps.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

La différence de longitude entre un lieu déterminé et le méridien de Greenwich se trouve dans un plan. Cette différence, exprimée en degré sexagésimal ($^\circ$), se multiplie par quatre, afin de la

transformer en minutes de temps, et s'ajoute à l'heure solaire afin de retrouver l'heure des horloge si le lieu se trouve à l'ouest du méridien origine (Benicasim).

EQUATION DU TEMPS

L'équation du temps se trouve dans les tables de l'annuaire de l'Observatoire Astronomique (la différence entre les années successives perd toute importance pour le calcul de l'heure).

Dans le cadran que l'on accompagne il a été inclus une courbe qui, en fonction de la date, permet d'avoir « l'équation du temps ». Le 15 octobre on peut lire la valeur -15 min (la valeur exacte pour l'année 1993 est 14 min 13 s), c'est pourquoi la lecture du cadran solaire, après correction de la différence de longitude, doit être augmentée d'un quart d'heure pour être égale à celle de la montre.

L'ASTROLABE HORIZONTAL

L'ASTROLABE

L'astrolabe est un instrument de mesure et de calcul qui a été utilisé en astronomie jusqu'au XVI^e siècle. Son nom dérive du grec « *astrolabon* » (cueilleur d'étoiles).

Son origine se perd dans la nuit des temps. Les premières références se trouvent chez Vitruve, qui l'attribue, pas de façon indiscutable, à Eudoxe de Cnide (milieu du IV^e siècle avant J.C.). La description de la projection stéréographique, qui est la base géométrique du dessin de l'astrolabe, se trouve pour la première fois de l'histoire dans l'oeuvre de Ptolémée (100-170 après J.C.). Toutefois dans les fragments conservés de son oeuvre il n'apparaît pas de description complète de l'astrolabe plan.

Cet appareil nous est parvenu à travers les documents des traducteurs et des astronomes arabes, qui leur ont donné la forme sous lequel nous le connaissons aujourd'hui. Il a été utilisé jusqu'à l'apparition du télescope (XVI^e siècle), après avoir rendu d'importants services à l'élaboration de l'astronomie.

Il existe diverses catégories et types d'astrolabes qui, la plupart du temps, peuvent seulement s'utiliser en des lieux géographiques d'égale latitude. Cette caractéristique constitue le principal défaut de l'appareil.

Nous pouvons définir l'astrolabe comme une projection (en général stéréographique) de la sphère céleste sur un plan.

Tous les astrolabes ont quasiment comme plan de projection le plan de l'équateur ou le plan du colure des solstices (le plan méridien qui passe ce lieu (?)).

DOUBLE CADRAN D'OUGHTRIED

Le cadran qui est joint à ce feuillet explicatif est une projection stéréographique sur le plan de l'horizon (le sol) depuis un point situé au Nadir (les antipodes), et par conséquent c'est un *instrument local*.

Pour être un astrolabe complet il manque l'alidade de mesure des angles. Toutefois on l'appellera Astrolabe parce qu'il permet de réaliser la plupart des calculs typiques de cet instrument.

HISTOIRE

La plus ancienne référence à ce type de projection se trouve chez l'astronome arabe **Habu-l-Hassan Ali b. Umar al-Marrakushi** (*1256 – †1321).

Bien qu'au XVI^e siècle apparaît quelques travaux qui se réfèrent à la projection avec laquelle se réalise un astrolabe, ce fut William Oughtred, en 1632, qui a publié la description et l'usage de cet instrument, qu'il appelle **double cadran horizontal**. La double dénomination se doit l'existence de deux cadrans qui permettent d'auto-orienter l'appareil. Pour cela il se désigne sous le

nom de double cadran, ou cadran de William Oughtred ou encore comme « W.O. ».

FABRICATION

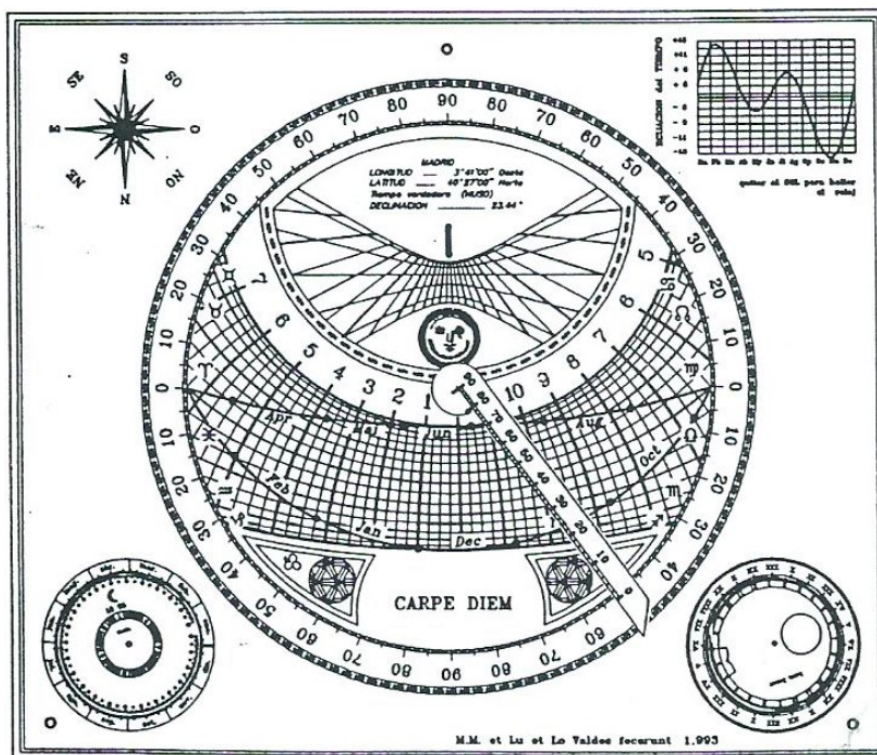
Une judicieuse sélection des matériaux associé à l'emploi des techniques de gravure les plus modernes ont permis la réalisation de cette petite œuvre d'art.

Certaines des informations que l'astrolabe fournit doivent être lues à la loupe vu la finesse de la gravure.

GRAVURE

Sur la plaque de laiton est gravé :

- un astrolabe horizontal qui dispose d'une règle tournante et d'un gnomon
- dans la zone intérieure de l'astrolabe un cadran solaire conventionnel
- la courbe de l'équation du temps (angle supérieur droit)
- un calendrier lunaire pour déterminer l'âge de la Lune de n'importe quel jour de l'année (angle inférieur gauche)
- une roue qui permet de déterminer l'heure lunaire en fonction de l'heure solaire ou vice versa (angle inférieur droit).



ASTROLABE HORIZONTAL

Le cercle extérieur de l'*astrolabe* est formé d'une échelle circulaire divisée en 360 parties (quatre cadrans de 90°) qui, joint à la règle graduée, permet de déterminer les coordonnées d'un point du ciel par rapport aux axes locaux de l'observateur. Dans la figure 3 – l'heure pour la hauteur – le point indiqué a un « *azimut* » de 233° (90°+90°+53°), par rapport à une origine situé plein Est, et une hauteur au-dessus de l'horizon de 42°. Le cercle qui limite intérieurement l'échelle est aussi la projection de l'horizon local.

La série de courbe marquée avec les numéros 5 à 7 sont les courbes horaires, projection des

cercles horaires maximum de la sphère, et séparées par des lignes plus fines indiquant les quart de l'heure.

Les cercles qui ont leurs centres sur l'axe de symétrie, représentent la projection du chemin quotidien du Soleil sur la sphère céleste. En trait épais est indiqué la séparation entre les signes du zodiaque et en trait plus fin la division de chaque signe en trois parties égales (10° chacune).

Les deux arcs de cercles qui portent les numéros des mois, sont la projection de l'écliptique (le chemin suivi par la Soleil sur une année) et permettent de déterminer la courbe journalière par laquelle le Soleil doit se déplacer chaque jour, en cherchant la date correspondante dans l'écliptique et la ligne par laquelle il passe.

Le point marqué dans la figure 3 – l'heure pour la hauteur – est la position du Soleil à 10 heures dans la matinée du 15 octobre, quand le Soleil se trouve dans les 20° de la « Balance ».

Dans l'intérieur de l'astrolabe se trouve un cadran conventionnel, qui a des heures marquées (bien que non numérotées) et les demi-heures (qui s'identifient facilement) et des courbes d'arcs diurnes, également tracées pour les changements du signe du zodiaque (approximativement les 21 de chaque mois).

HEURE LUNAIRE

La roue des heures lunaires dispose de deux disques horaires complets qui peuvent tourner l'un par rapport à l'autre suivant les indications d'un index qui comprend une échelle de 29 ½ jours (le cercle lunaire).

CALENDRIER LUNAIRE

Le calendrier lunaire fixe l'âge de la Lune une fois placé dans la position adéquate., qui varie chaque année en fonction de l'épacte (âge de la Lune le premier jour de l'année) et qui se détermine par le disque central.

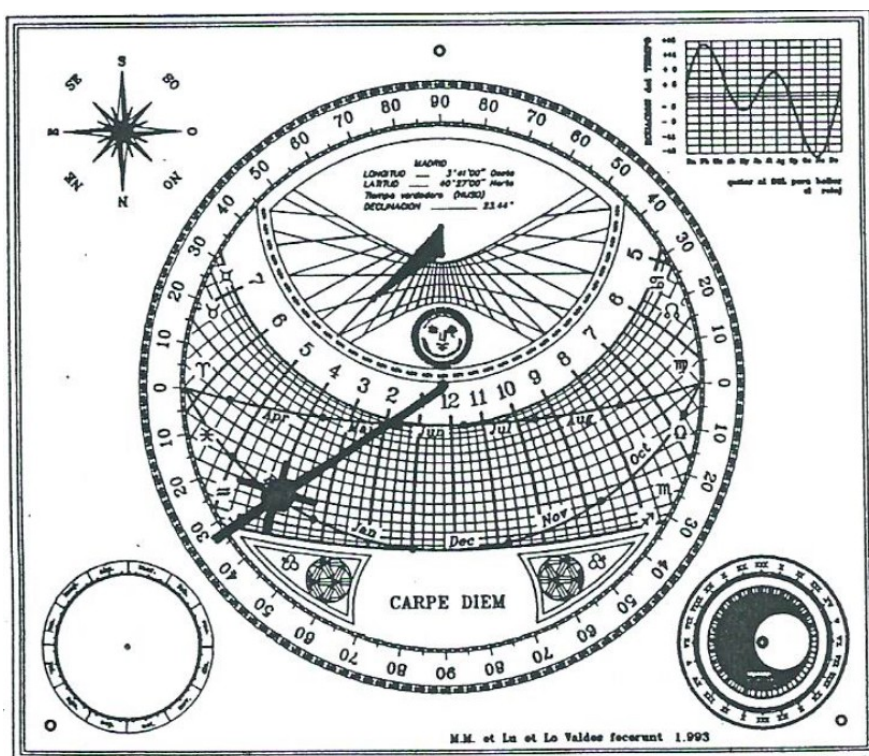


Figure 2 – Orientation

ORIENTATION

Pour qu'un cadran solaire indique correctement l'heure, il doit être bien orienté. Pour que cela arrive dans cet astrolabe, l'axe de symétrie doit être orienté dans la direction N-S.

Le « W.O. » peut s'orienter de différentes manières, celle qui confère sa personnalité est celle qui utilise simultanément la lecture de l'heure dans les deux cadrans solaires gravés sur la plaque. Si l'instrument est orienté jusqu'à ce que les deux cadrans solaires marquent la même heure figure 2 – orientation – alors il apparaîtra placé dans sa position correcte.

On peut aussi l'orienter connaissant la hauteur du Soleil, mesuré depuis l'horizon avec un autre instrument. Pour pratiquer cette méthode, on commence par identifier le point dans lequel le cercle de hauteur tracé pour le point correspondant de la réglette mobile, coupe la courbe de date.

Il est marqué sur la figure 3 le jour du 15 octobre pour une hauteur du Soleil de 43° . Une fois ce point déterminé, on tourne la base jusqu'à ce que l'ombre du gnomon passe par ce point.

En supposant que l'on connaisse l'orientation des points cardinaux il suffit de placer l'axe de symétrie dans la direction N-S.

LIEU ET HORAIRE DU DESSIN

On dessiné l'Astrolabe pour le centre de la péninsule. L'heure choisie a été le **temps vrai incluant la correction du fuseau**. C'est-à-dire que le cadran marque 12 heures lorsque le Soleil passe par le méridien de Greenwich. C'est pour cela que la ligne horaire de 12h ne coïncide pas avec l'axe de symétrie du cadran.

Pour trouver le temps moyen (celui des horloges mécaniques) il est précisé d'additionner ou de soustraire les minutes qui se déduisent de la courbe de l'équation du temps (angle supérieur droit), en fonction de la date.

L'HEURE PAR L'OMBRE

Si l'astrolabe est orienté, il suffit de rechercher l'intersection de l'ombre avec la courbe diurne qui représente le chemin du Soleil de la date courante pour lire l'heure.

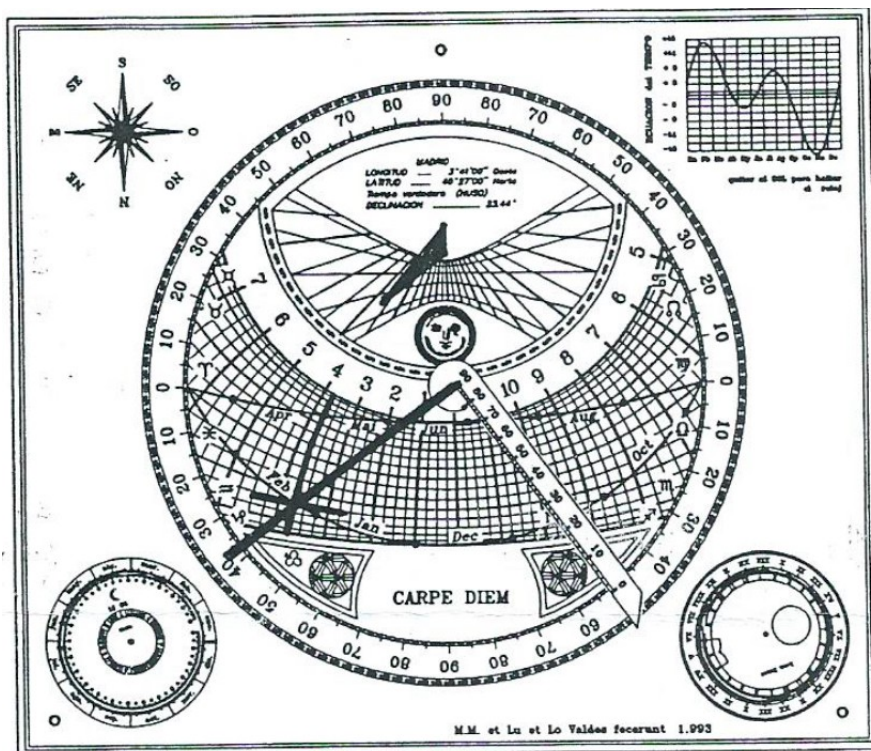


Figure 1 – L'heure par l'ombre

L'HEURE PAR LA HAUTEUR DU SOLEIL

Même si le Soleil n'éclaire (?) pas l'astrolabe, on peut connaître l'heure locale. Pour cela il faut examiner la hauteur du Soleil au moyen d'un autre instrument (quadrant, ballestilla (??), tachéomètre...). Une fois la hauteur déterminée, on doit rechercher l'intersection du cercle décrit par ce point qui correspond cette hauteur sur la règlette mobile, avec la courbe diurne. Dans le cercle extérieur on peut lire en même temps l'azimut du Soleil.

On peut aussi connaître la hauteur du Soleil en mesurant la hauteur du gnomon et celle de son ombre (il importe peu que l'appareil soit orienté). En divisant la première quantité par la seconde on trouve la tangente de l'angle recherché. Une table des fonctions trigonométriques ou une calculatrice scientifique permet de calculer la hauteur du Soleil.

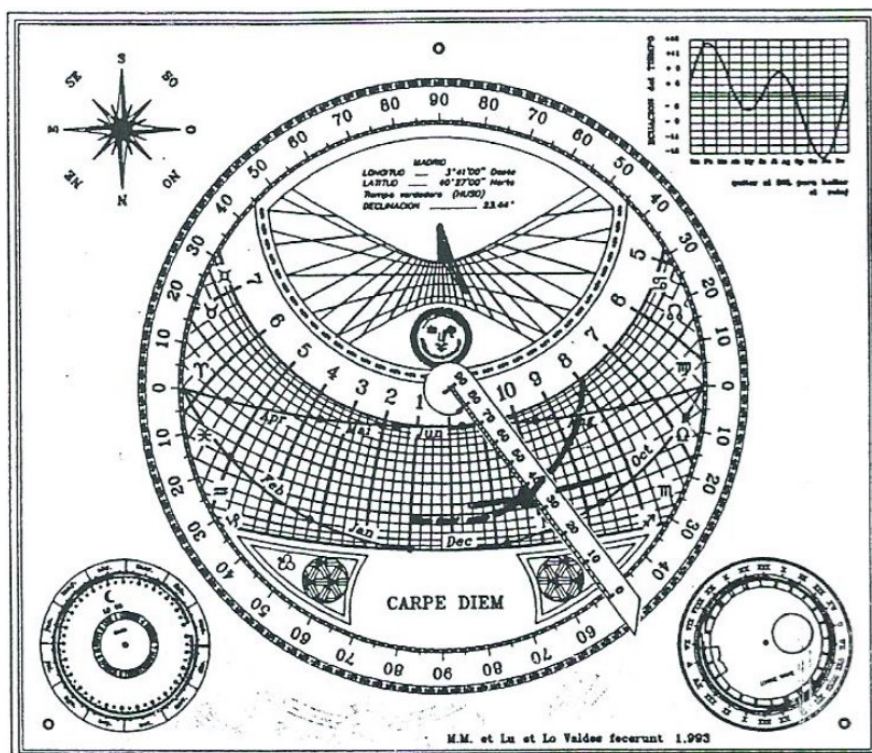


Figure 3 – L'heure par la hauteur

LEVER ET COUCHER

L'intersection des lignes diurnes avec l'horizon (cercle extérieur) indique l'heure du lever et du coucher. Le jour du premier novembre le Soleil se lèvera à 7 heures et se couchera à 5 heures et demi (temps vrai), en un lieu pour lequel l'astrolabe a été dessiné.

Comme en ce jour l'équation du temps a une valeur de -16 min., on aura besoin d'ajouter 15 min. approximativement à cette heure. Le Soleil se lèvera à 6 heure et quart et se couchera à 6 heures moins le quart.

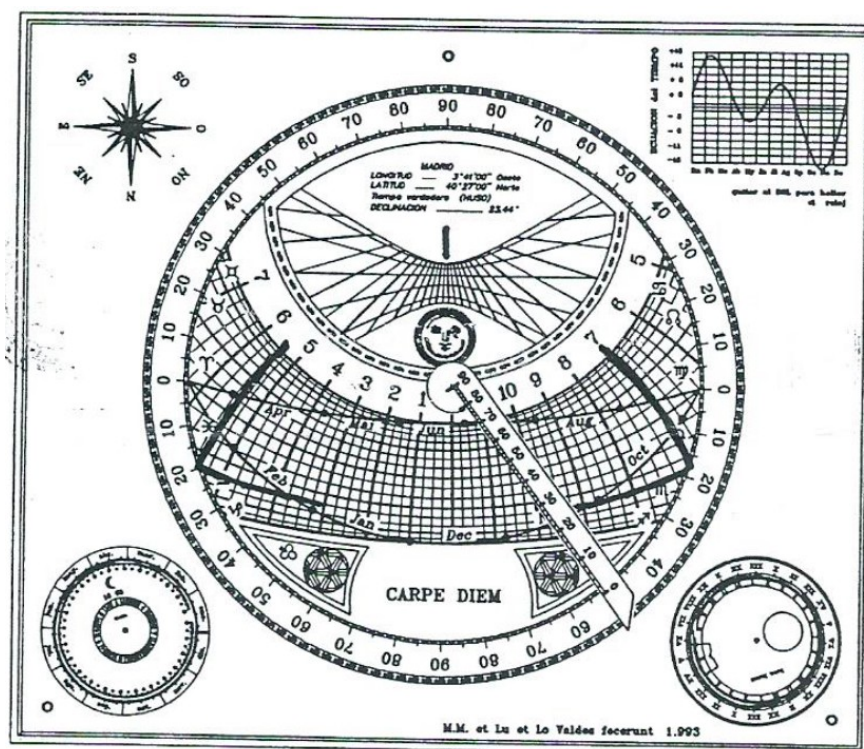


Figure 4 – Lever et coucher

ÂGE DE LA LUNE

Dans le calendrier lunaire on peut rechercher, dans le disque central, l'épacte (*âge de la Lune le premier jour de l'année*) correspondant à chaque année. Pour la trouver on doit compter dans le sens des aiguilles d'une montre, les années en ordre croissant à partir de 1995..

Une fois l'épacte connu, on tourne la roue jusqu'à ce que le 1 de janvier coïncide avec l'âge qui a été déterminé.

Le calendrier reste préparé pour l'année sélectionnée, et à côté de chaque date se trouve l'âge de la Lune dans chaque jour de l'année.

HEURE À PARTIR DE L'OMBRE DE LA LUNE

Si dans la roue inférieure droite on place l'indice sur le nombre qui indique l'âge de la Lune, alors on peut établir une correspondance entre l'heure solaire du cercle extérieur et la Lune.

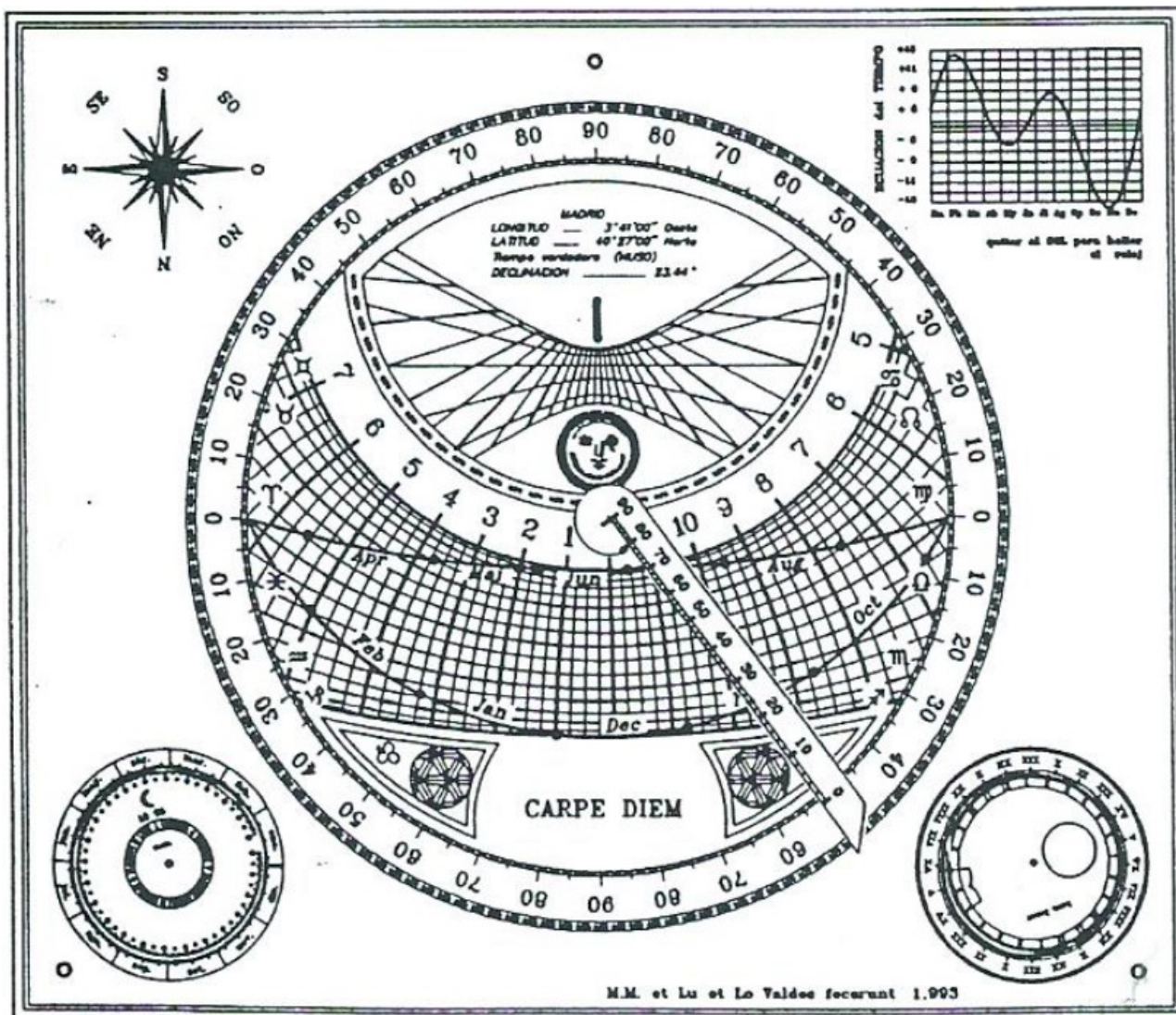
Cette relation permet de trouver l'heure solaire au moyen de la lecture de l'ombre de la Lune, pour les nuits proches de la pleine Lune.

Elle permet aussi de trouver le méridien dans lequel se trouve la Lune à partir de l'heure solaire. Par exemple, le jour du 10 octobre 1993 (épacte de l'année : 8) l'âge de la Lune sera de 25 jours. À midi la Lune se trouvera dans le plan horaire de 5 heures.

MARÉES

Les heures des marées sont en relation avec le passage de la Lune au méridien du lieu à travers « l'établissement du port ». Sous ce nom, on connaît un temps, caractéristique de chaque port qui marque le retard avec lequel la marée est produite en ce lieu, compté depuis le passage de la Lune par le méridien local.

Si nous connaissons ce temps, nous pourrions connaître, au moyen des indications de l'astrolabe plan, l'état de la marée.



BIBLIOGRAPHIE

Abu-al-Hassan Ali b. Umar al-Marrakushi (1256-1321).

Vécu au Maroc. Tables astronomiques, traité sur la sphère de Azarquiel. Traité sur les instrument astronomiques (Sédillot)

Apianus Phillip

(1586). *De Utilitate Trientis Tubinga*.

Oughtred Williams

(1636). *The description and use of the double horizontal dial*.

Ozanam J.

(1685) Méthode générale pour tracer des cadrans sur toutes sortes de plans.

(1694) Récréations mathématiques et physiques

Janin Louis.

(1979) Astrolabe et cadran solaire en projection stéréographique horizontale. Centaurus.

Kennedy E. S.

(1988) Two medieval approaches to the Equation of Time. Centaurus

Rohr René R.J.

(1986) Les cadrans solaires. Strasbourg.

(1979) Astrolabische Sonnenuhren. Schriften Freuden Alter Uhren.