

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

ARXIU DE LES SECCIONS DE CIÈNCIES. CIV  
SECCIÓ DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

JOSEP CHABÀS I BERGON

amb la col·laboració

d'ANTONI ROCA I ROSELL i XAVIER RODRÍGUEZ I GIL

L'ASTRONOMIA DE  
JACOB BEN DAVID BONJORN

BARCELONA

1992



L'ASTRONOMIA DE  
JACOB BEN DAVID BONJORN



INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

ARXIU DE LES SECCIONS DE CIÈNCIES. CIV  
SECCIÓ DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

JOSEP CHABÀS I BERGON

amb la col·laboració

d'ANTONI ROCA I ROSELL i XAVIER RODRÍGUEZ I GIL

L'ASTRONOMIA DE  
JACOB BEN DAVID BONJORN

BARCELONA

1992

INSTITUT CATALÀ DE BIBLIOGRAFIA. DADES CIP:

**Chabàs i Bergon, Josep**

L'Astronomia de Jacob ben David Bonjorn

Bibliografia. – index

ISBN 84-7283-216-3

I. Roca i Rosell, Antoni II. Rodríguez i Gil, Xavier

III. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències i Tecnologia

IV. Col·lecció V. Títol 1. Ben David Bonjorn, Jacob

2. Astronomia – Catalunya – S. XIV

52Ben David Bonjorn, Jacob

© 1992, Institut d'Estudis Catalans

Editat per l'Institut d'Estudis Catalans

Carme, 47 – 08001 Barcelona

Primera edició: octubre de 1992

Tiratge: 600 exemplars

Compost i imprès per Romargraf, SA

Joventut, 55 – 08904 L'Hospitalet de Llobregat

ISBN: 84-7283-216-3

Dipòsit legal: B. 36.820-1992

En la sessió tinguda el 8 de març de 1991 l'Institut decidí publicar aquesta obra, la qual és editada a cura del senyor Enric Casassas i Simó.

**This One**



D46S-475-8YWU





## PRESENTACIÓ

El treball que teniu a les mans és una síntesi dels estudis portats a terme pels autors entre 1985 i 1989, centrats en la interpretació històrica de l'obra de Jacob ben David Bonjorn, astrònom jueu català, de Perpinyà, de mitjan segle XIV. Malgrat que no coneixem gaire fets de la seva vida, tot indica que era astrònom. Només es coneix una única obra astronòmica, datada cap al 1361, atribuïda a Bonjorn, que és estudiada i publicada en aquest volum.

Els cànons i les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn presenten una sèrie de caràcters originals que els donen rellevància. En primer lloc, el treball de Bonjorn s'inscriu en l'activitat astronòmica impulsada pel rei Pere el Cerimoniós, el monarca més actiu en aquest terreny a la Corona d'Aragó. En aquest sentit, donar a conèixer i estudiar l'aportació de Bonjorn representa complementar els estudis sobre aquesta etapa de la nostra història.

En segon lloc, i segurament pel seu origen, l'obra de Bonjorn es vincula no solament amb el moviment científic de la seva època sinó concretament amb el "grup" de destacats astrònoms jueus que treballaren al Llenguadoc els segles XIII i XIV. En els darrers anys, aquest grup ha centrat l'atenció d'alguns estudiosos tant per la qualitat de les seves aportacions a l'astronomia com pel fet que el seu pensament contribuï a posar en qüestió les idees de Ptolemeu, el marc conceptual per a l'astronomia al llarg de tota l'Edat Mitjana.

En tercer lloc, darrera la presentació fonamentalment instrumental que Bonjorn donà al seu treball, és clar que hi ha algunes aportacions originals a l'astronomia del seu temps. Finalment, i molt probablement per la relativa facilitat de l'ús de les taules de Bonjorn, la seva obra es troba reproduïda en força manuscrits de caràcter astronòmic, de vegades presumiblement orientats a la docència. En aquests manuscrits, l'obra de Bonjorn sembla ocupar el lloc del capítol dedicat a l'estudi de la Lluna i dels seus eclipsis.

Arribarem a l'estudi de l'obra de Bonjorn com a derivació d'un treball portat a terme per dos de nosaltres, l'estudi d'una obra astronòmica, aparentment de pura divulgació, que fou un autèntic best-seller des del final del segle XV fins a ben entrat el segle XVI: el *Lunari* de Bernat de Grano-

llachs, un metge català que tingué una participació força activa en la vida pública barcelonina del final del segle XV (Chabàs-Roca, 1985).

Es produïren dues circumstàncies que afavoriren la continuació de la recerca en història de l'astronomia. La primera, que el treball sobre el *Lunari* mereixés el premi "Eduard Fontserè" de 1984 de la Fundació Salvador Vives i Casajuana, cosa que comportà la seva publicació.

D'altra banda, el fet que l'Institut d'Estudis Catalans aprovés el 1985 la creació d'un Grup de Treball d'Història de la Ciència (que nosaltres, amb altres col·legues, havíem proposat) suposà que comptéssim amb mitjans més adequats de treball i, al mateix temps, obrí una via natural de relació amb el grup d'historiadors de l'astronomia medieval de la Universitat de Barcelona, encapçalats per Joan Vernet, que fou anomenat ponent del nou programa de recerca de l'IEC.

El treball sobre el *Lunari* de Granollachs ens havia plantejat el problema dels seus antecedents, problema que queda obert encara. En un primer moment considerarem, a partir d'un treball de Josep M. Millàs Vallicrosa (1959a), que l'obra astronòmica de Bonjorn ho podria ser. Ben aviat ens adonarem de dues coses: en primer lloc, que utilitzant les taules de Bonjorn no es reproduïen els resultats de Granollachs i, en segon lloc, que l'obra de Bonjorn tenia un interès en ella mateixa. El 1985 s'incorporà a l'equip el tercer dels autors del present treball, Xavier Rodríguez Gil.

La culminació del procés tingué lloc el 24 de maig de 1989, amb motiu de la lectura de la tesi doctoral de Josep Chabàs. Fou presentada al Departament de Física Fonamental de la Universitat de Barcelona, sota la direcció de Lluís Navarro Veguillas. Composaren el tribunal, Josep M. Codina, president, M. Assumpta Català, secretària, i Bernard R. Goldstein, Julio Samsó i José Manuel Sánchez Ron, vocals. La part II del present llibre representa la publicació de la major part del contingut de la memòria defensada, un resum de la qual ja ha estat publicat (Chabàs, 1991).

## CONTINGUT

El present treball consta de tres parts. En la primera s'emmarca l'obra de Bonjorn en el panorama astronòmic de la Catalunya de la seva època, així com en un context més restringit, el de la seva tradició cultural i familiar.

La segona part consisteix en l'anàlisi dels aspectes matemàtics de les taules, fent ús de les lleugeres indicacions contingudes en els cànons. Partim de la discussió dels models matemàtics vigents a la seva època i provem d'obtenir els valors oferts per Bonjorn. Podem avançar que totes les seves taules han estat recalculades amb un marge d'error molt satisfactori, el que

permet situar l'astrònom de Perpinyà en la línia del grup d'astrònoms jueus del Llenguadoc. De fet, Bonjorn es revela com el principal seguidor de Levi ben Gerson, d'Aurenja, el més destacat dels membres del grup.

La tercera part consta de tres apèndixs. En el primer, descrivim els manuscrits de l'obra de Bonjorn que s'han conservat i que hem localitzat a diverses biblioteques, en la mesura en què informen sobre el contingut o l'ús que es féu d'aquesta obra. La majoria dels manuscrits trobats coincideix a presentar una obra configurada en forma de taules astronòmiques, precedides per uns cànons explicatius del seu maneig. Els segon i tercer apèndixs tracten dels cànons i les taules. Pel que fa als cànons, en reproduïm dues versions, una en català i l'altre en llatí. Es troben en el manuscrit Ayer 746 de la Newberry Library de Chicago i en el ms. 634 de la Biblioteca de Catalunya de Barcelona, respectivament. Finalment, editem les taules astronòmiques atribuïbles a Jacob ben David Bonjorn, tal com es desprenen dels manuscrits que hem treballat.

#### L'OBRA DE BONJORN EN LA HISTÒRIA DE L'ASTRONOMIA MEDIEVAL

L'obra de l'astrònom Jacob ben David Bonjorn no ha estat ni editada ni estudiada amb profunditat anteriorment, tot i que apareix mencionada en diverses ocasions en la literatura especialitzada per historiadors de l'astronomia medieval i per hebraïstes estudiosos de l'Edat Mitjana.

Com hem dit, fou Millàs qui portà a terme el primer estudi de l'obra de Bonjorn. Tanmateix, el nom de Bonjorn ja havia aparegut en escrits moderns sobre història de la ciència en relació amb l'inici d'una etapa d'aclariment d'allò que pot considerar-se com el passat astronòmic més rellevant de la nostra història.

En efecte, el 1867, Manuel Rico Sinobas féu una edició dels *Libros del Saber de Astronomía* del rei Alfons X i mencionà un manuscrit dipositat a la Bibliothèque Nationale de París (ms. 10263 del fons llatí) que conté les *Taules de Barcelona* realitzades sota l'auspici del rei Pere el Cerimoniós. Però Rico, portat pel desig d'engrandir l'obra d'Alfons, les considerà una falsificació de les taules alfonsines, a les quals hom hauria afegit un pròleg atribuïble al rei Pere III d'Aragó i IV de Catalunya (Rico, 1863-1867, vol. 5, pàg. 62).

Uns anys més tard l'insigne bibliògraf Moritz Steinschneider (1880-1882) replicà a aquesta interpretació i suggerí que Rico s'havia equivocat en identificar el que en realitat eren dues obres diferents: les taules alfonsines i les taules de Barcelona. Per a avalar el seu punt de vista, Steinschneider aportà un manuscrit hebreu (ms. 356 de la Biblioteca Apostòlica Vaticana)

que conté els cànons de les taules del rei Cerimoniós, tot i aclarint que al catàleg de la biblioteca fet per Assemani les dites taules havien estat consignades com a obra de Jacob ben David Bonjorn, dividida en 13 capítols.

A aquests primers elements de discussió aclaridora seguiren diverses aportacions (Balaguer, 1882; Thorndike, 1937) que Millàs recollí en el llibre que venia a posar punt final a aquest debat, l'edició crítica de *Las Tablas Astronómicas del Rey Don Pedro el Ceremonioso* (Millàs, 1962).

Tanmateix, aquí no interessa tant aquest debat com seguir la pista concreta de Jacob ben David Bonjorn, l'obra del qual apareix vinculada en un primer moment a les taules alfonsines i a les taules de Barcelona.

Lynn Thorndike, que havia realitzat un intens treball de recerca de manuscrits científics medievals, publicà un article (Thorndike, 1942) on donava a conèixer unes taules astronòmiques que s'inicien el 1361, el mateix any que altres taules confeccionades sota la protecció del rei Pere, però ben diferents d'aquestes. No identificà l'autor d'aquestes "noves" taules i es limità a suposar que devia tractar-se d'algun súbdit jueu del monarca d'Aragó, resident al sud de França. Poc després, Millàs (1943) proporcionà el nom d'aquest autor: Ya'qob b. David b. Yomtob (Bonjorn), del qual Renan (1877), Renan i Neubauer (1893), Steinschneider (1893), Gross (1897) i altres treballs històrics del final del segle XIX havien fet menció en els repertoris de personalitats hebraiques.

Fou novament Thorndike (1950) qui, en un escrit dedicat a les taules realitzades a Barcelona el segle XIV, tornà a mencionar aquesta vegada "Jacobus filius David o Jacob Poel" i assenyala que els cànons de l'obra d'aquest es troben en un manuscrit de la Bibliothèque Nationale de Paris (ms. 7287 del fons llatí). Posteriorment, al seu *A Catalogue of Incipits of Medieval Scientific Writings in Latin* (Thorndike-Kibre, 1963) hi afegí altres dos manuscrits al que començava a ser una llista incipient de manuscrits amb l'obra de Bonjorn.

L'únic autor que ha dedicat més d'una pàgina a Jacob ben David Bonjorn ha estat Millàs, quan el 1959 donà a conèixer una versió catalana dels cànons de Bonjorn, continguda al ms. 39 de la Biblioteca de Catalunya. En un article curt, Millàs (1959a) descriví el manuscrit esmentat i reuní la informació escassa i dispersa existent sobre aquest astrònom medieval català.

Des d'aleshores, alguns estudiosos de l'astronomia medieval, coneixedors de la literatura que hem citat, han mencionat en els seus escrits el nom de Bonjorn, però sense aturar-se específicament en ell. Aquest és fins ara l'estat de la qüestió sobre l'obra de Jacob ben David Bonjorn. Ja fa més d'un segle, aquesta obra fou associada a les principals taules astronòmiques

elaborades a la Península Ibèrica durant la Baixa Edat Mitjana, però ha anat adquirint carta de naturalesa pròpia. Una obra, la de Jacob ben David Bonjorn, a la qual dedicarem alguns articles (Chabàs, 1988, 1990a; Chabàs-Roca-Rodríguez, 1987, 1988a i b), però que requeria un tractament més complet.

#### AGRAÏMENTS

Diferents persones ens han ofert un ajut valuosíssim: Joan Vernet i, particularment, Julio Samsó, del Departament d'Àrab de la Universitat de Barcelona, que ens han donat consells molt útils i han posat al nostre abast les fonts bibliogràfiques fonamentals per a avançar en aquest terreny. A més, els hem d'agrair que ens hagin fet participar en diverses activitats del seu departament, amb la qual cosa hem tingut ocasió de conèixer i aprendre de diversos especialistes internacionals, convocats a Barcelona pel mencionat departament. També ens posaren en contacte amb David Romano, que ens facilità informacions la importància de les quals s'ha anat desvetllant en el curs del treball.

Hem tingut la possibilitat de convidar destacats estudiosos de la història de l'astronomia medieval, com ara Edward S. Kennedy i Bernard R. Goldstein, gràcies al fet que la Comissió Interdepartamental per a la Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT) de la Generalitat de Catalunya ajuda a finançar cursos de professors estrangers convidats per filials i seccions de l'Institut d'Estudis Catalans. El contacte directe amb altres investigadors mai pot ser substituït per un altre mitjà de relació.

Hem de destacar molt especialment el treball que portarem a terme amb el professor Goldstein el maig de 1988, ja que ha estat una de les fites indiscutibles del nostre estudi sobre Bonjorn. En efecte, els seus suggeriments foren decisius per la continuació del treball. Tinguem present que Goldstein havia iniciat més de deu anys abans l'anàlisi de les contribucions de Levi ben Gerson, iniciada amb la recalculació i edició de les seves taules (Goldstein, 1974). S'havia trobat amb la contradicció que un treball científic de primera magnitud com el que havia realitzat Levi semblava no haver tingut pràcticament cap influència ni en el seu temps ni posteriorment. El treball sobre Bonjorn que portàvem a terme a Barcelona estava aclarint la qüestió ja que el llegat de Levi havia estat recollit pel seu seguidor perpinyanès. Mencionem, finalment, la circumstància -igualmente rellevant- que el treball sobre Bonjorn ha iniciat una col·laboració investigadora amb Goldstein que està resultant molt fructífera.

La llista de les persones que ens han donat suport és força àmplia. Pau

Cateura, de la Universitat de Mallorca, ha col·laborat intensament en la comprensió i transcripció dels textos llatins i catalans de l'obra de Bonjorn. José Luis Mancha, de la Universitat de Sevilla, ha revisat amb meticulositat el text llatí. Manuel Sánchez, del Consell Superior de Investigacions Científiques, de Barcelona, ens ha ajudat a aclarir diversos passatges dels textos. Lluís Navarro Veguillas, amb el qual col·laborarem en la creació d'un Grup d'Història de la Física en el si de la Societat Catalana de Física, ens donà el seu suport com a professor del Departament de Física Fonamental de la Universitat de Barcelona; l'anàlisi del contingut astronòmic de l'obra de Bonjorn constituí, com hem dit, la tesi doctoral d'un de nosaltres, Josep Chabàs, realitzada sota la seva direcció.

Hem comptat, a més, amb la col·laboració de Jaume Riera, de l'Arxiu de la Corona d'Aragó. Ha llegit els nostres esborranys, i les seves observacions, generalment tan crítiques com útils, estan incorporades en diversos indrets del text; també ha tingut l'amabilitat de donar-nos suport en qüestions que ens sobrepassaven, com ara l'edició dels textos dels cànons en català i llatí que apareixen a l'apèndix II d'aquest treball. En un altre ordre, voldríem agrair a Tzvi Langermann de l'Institute of Microfilmed Hebrew Manuscripts de Jerusalem les comprovacions de xifres que ha fet per a nosaltres en algunes versions hebraïques de l'obra de Bonjorn.

Així mateix, volem agrair especialment l'eficaç col·laboració amb què hem comptat per part del personal del Centre d'Estudis i Desenvolupaments Informàtics (CEDI) de l'Institut d'Estudis Catalans: hem utilitzat les seves instal·lacions per editar les taules, amb la qual cosa hem pogut portar a terme alguns càlculs, que altrament hauriem d'haver descartat.

Només ens resta agrair el personal de les biblioteques i institucions on es troben els manuscrits que contenen l'obra de Bonjorn i dels quals hem obtingut reproduccions i, en especial, les facilitats rebudes per part de la Newberry Library, de Chicago. D'entre aquestes persones, hem de destacar especialment Rosa M. Olivella, de la Secció de Reserva de la Biblioteca de Catalunya, l'eficàcia de la qual ens ha permès de resoldre fàcilment molts problemes.

J. Chabàs, A. Roca, X. Rodríguez, novembre 1991

PART I

JACOB BEN DAVID BONJORN  
I LA SEVA ÈPOCA





## CAPÍTOL 1

### L'ACTIVITAT ASTRONÒMICA A LA CORONA D'ARAGÓ

#### 1.1. TRETOS GENERALS

A mitjan segle XIV, Catalunya i, en general, els territoris sota la Corona d'Aragó viuen una època de trànsit, prèvia a la depressió que havia de perdurar amb alts i baixos fins a gairebé el segle XVI. La ruptura progressiva dels equilibris econòmics i socials deixa enrera èpoques de creixement ininterromput, basat en l'expansió demogràfica i el desenvolupament de l'activitat econòmica, especialment el comerç i la producció, en un país de base agrícola sòlida.

Amb l'inici de la segona meitat del segle, les calamitats naturals, la intensa caiguda demogràfica, la disminució de la producció agrícola, les càrregues sobre la població induïdes per les polítiques de prestigi i bel·licistes de la Corona, l'augment dels preus, són alguns dels fenòmens que s'interrelacionen i precipiten l'empobriment de la població, l'afebliment econòmic i l'esclat de conflictes socials. Una crisi de la qual Catalunya trigaria molt de temps a recuperar-se i que necessàriament afectaria tots els àmbits de l'activitat humana (Batlle, 1988).

En aquest marc d'instabilitat es desenvolupa l'activitat científica i cultural: és possible, fins i tot, establir correlacions entre algunes manifestacions d'aquesta activitat i l'extensió de les calamitats socials i naturals. Tanmateix, la reconstrucció de la vida científica d'aquest període és, en bona part, un estudi pendent de realitzar, tot i les valuoses contribucions existents. En la nostra tradició erudita, voldriem destacar l'obra editada per l'Institut d'Estudis Catalans, a càrrec d'Antoni Rubió i Lluch (1908-1921), una recopilació de documents del període dels quals es desprenen tant un ambient de treball científic com unes realitzacions, sobretot en l'àmbit de l'astronomia i les ciències afins.

## 1.2. PERE EL CERIMONIÓS: ASTRONOMIA MATEMÀTICA

A la Corona d'Aragó, durant el regnat de Pere el Cerimoniós, es desenvolupa una activitat astronòmica de base, de caràcter no exclusivament divulgatiu, sinó orientada a la confecció de taules, de vegades en forma d'almanac, dels moviments dels planetes, a partir de les obres d'astrònoms anteriors, però també a partir d'observacions pròpies. Aquesta producció astronòmica es realitza des del 1360 i dona lloc, almenys, a les tres obres següents (Chabàs, 1990a).

1. *Taules i almanac*, obra basada en les observacions fetes per Pere Gilbert i Dalmau Ses Planes.
2. Les anomenades *Taules de Barcelona*, obra redactada per Jacob Corsuno i prologada pel propi rei.
3. Cànon i Taules de Jacob ben David Bonjorn.

1.2.1. En un document datat el 24 d'octubre de 1359 (Arxiu de la Corona d'Aragó [ACA], reg. 1071, f. 176v; Rubió, 1908-21, I, pàg. 190), el rei ordena al seu arxiver que deixi a Dalmau Ses Planes, astrònom procedent de Perpinyà, tots els "llibres d'art d'estrologia" de la seva biblioteca que aquest sol·liciti, tret de dos llibres d'Alí Abenragel. Deu tractar-se de la cèlebre obra *El libro conplido de los iudizios de las estrellas* d'Alī ibn abī-l-Rijāl al-Maghribī, astrònom de la primera meitat del segle XI. El rei especifica una forma curiosa de préstec dels seus llibres, que reflecteix una voluntat clara, tal vegada ingènua, de protegir la seva biblioteca: "en Dalmau vos demanarà un après altre succesivament, ço és, ell reten a vos lo que primerament li haurets liurat e vos liurats a ell un après altre" (ACA, reg. 1071, f. 177; Rubió, 1908-21, I, pàg. 191).

En el document no queda aclarit perquè el rei impedeix la consulta de l'obra d'Alí Abenragel, però sí que queda explicada la raó per la qual li són facilitats els llibres. El rei desitja que "nos faça alcuna obra de la dita art". El mateix dia, el rei Pere escriu a Dalmau Ses Planes. De la carta se'n dedueix clarament que l'obra encarregada ha d'ésser realitzada conjuntament amb mestre Pere Gilbert. Aquest era un "*magistrum in artibus et in astrorum scienciam peritissimum*". Segons els manuscrits en els quals consta el seu nom, apareix designat com a "Engelbert" o "Engisberti de Connchena", però, com digué Millàs (1962, pàg. 64), aquesta última apel·lació ha d'ésser interpretada com a una errada i cal corregir la grafia errònia del manuscrit per "Barchinona".

L'obra a la qual fa referència el document deu ésser la que hem anomenat *Taules i almanac*. Tan sols s'ha conservat, i només parcialment, en un únic text. Es tracta d'un manuscrit de lletra no catalana, del principi

del segle XV, escrit en llatí i recuperat per Thorndike (1937, 1946, 1950). Actualment es troba a la Biblioteca de Berna i porta el número 227 (folis 40r-43r). El manuscrit conté una introducció o pròleg, uns cànons (incomplets) i manca de les taules. Sembla que el text fou redactat per Dalmau Ses Planes.

En la introducció hom diu que el pas del temps i els errors nombrosos detectats en les taules astronòmiques anteriors (són mencionades explícitament les taules toledanes i les alfonsines) aconsellaren la confecció d'unes altres taules, aquestes calculades per a la ciutat de Barcelona. Evidentment, aquest devia ésser l'argument esgrimit per l'autor de les taules per tal d'obtenir la protecció reial per al seu treball. Per altra banda, la realització d'observacions astronòmiques no era pas una novetat a Barcelona, ja que el 1302 el rei Jaume II havia impulsat aquest tipus d'activitats.

Per a aquest treball, foren emprats diversos instruments d'observació, alguns d'ells de grandària considerable:

*“Quiquidem mandatum regum exequentes de libris veterum non confisi, cum armillis pro maximis et aliis magnis, multis et sumptuosis instrumentis numero 13, quarum quedam 16 cubitos et ultra in dyametrum, quedam et quedam minus habeant, per multa et magna tempora, nocte et die inspectantes diligentissime, loca vera dictorum planetarum et stellarum fixarum non sine multis laboribus et vigiliis invenerunt et per modum infra contentum notaverunt”.* (Millàs, 1962, pàg. 90)

Gilbert i Ses Planes inicien el treball d'observació passat l'u de gener de 1360 i el completen cap al final de 1366, segons que es dedueix del propi pròleg (f. 41v). Les observacions es feren simultàniament a la construcció d'una gran esfera, de set pams de diàmetre, que el rei havia ordenat instal·lar a la biblioteca del palau de Barcelona, i a la qual s'incorporaren algunes dades d'observació relatives a les posicions dels planetes (ACA, reg. 1179, f. 106; Rubió, 1908-21, I, pàgs. 199-200). La construcció de l'esfera quedà enllestida el desembre de 1361. Poc després, el rei ordenà el pagament de les despeses generades per la construcció esmentada. Als llibres de comptabilitat de la casa reial apareix un assentament a favor “den Dalmau Ses Planes e de maestre P. Engenbert de les armilles e la spera que an feta al senyor rey” (ACA, RP, reg. 943, f. 247; Rubió, 1908-21, II, pàg. 118).

També s'ha conservat un altre document, datat el 15 de gener del 1362, que conté una relació d'alguns dels elements que devien constituir l'esmentat instrument, així com els preus dels materials emprats per a la decoració d'aquest (ACA, RP, reg. 871, f. 186v; Rubió, 1908-21, II, pàgs. 139-142). En aquest esplèndid albarà de despeses, hom especifica que la quantitat a pagar a Dalmau Ses Planes era de 1.570 sous i 1 diner, per totes les despeses

efectuades per ell, junt amb 50 florins d'or, tot afegint que quedaven reservats uns altres 50 florins per a Dalmau "per un altre hobra que fa per ops del dit senyor".

Pere Gilbert morí poc després. S'obre aquí un episodi revelador de les relacions que mantenia Dalmau amb el seu mestre. Com a resposta a una súplica plantejada per Bernardum, germà de l'astrònom tot just finat, el rei ordena al veguer de Barcelona, el 24 de març del 1362, que investigui la intervenció de Dalmau Ses Planes en la mort de Pere Gilbert i que, en cas que quedés provada aquesta, sigui castigat amb duresa i exemplaritat (ACA, reg. 707, f. 159v; Rubió, 1908-21, II, pàgs. 142-143). De fet, Dalmau era acusat explícitament d'haver enverinat (al document es diu "*pocionavit*") el seu mestre. En aquest mateix document figura una carta, també adreçada al veguer de Barcelona, en la qual se'ns informa de l'existència d'una altra reclamació contra Dalmau Ses Planes, el qual s'hauria apropiat dels béns de Pere Gilbert. Cal assenyalar aquí que Gilbert devia gaudir d'una situació econòmica pròspera, ja que des de feia dos anys estava al servei del rei i, a més, acabava de cobrar, com Ses Planes, el treball sobre l'esfera.

Dalmau degué superar amb èxit les investigacions i continuà durant molt de temps al servei del rei i del seu fill Joan. Dalmau completà en solitari el treball d'observació iniciat amb Pere Gilbert, tot donant-li, primer, forma de taules astronòmiques i, després, d'almanac, segons es dedueix del mateix pròleg (f. 41v). L'obra té validesa "*pro nunc a 1360 anno Domini exclusive usque annum eiusdem Domini 1433 inclusive ex quo patet quod hoc opus solum ad 60 annos extenditur de presenti*". D'aquesta indicació pot deduir-se que el pròleg a l'obra *Taules i almanac* fou redactat vers 1373.

Unes ratlles més endavant, Dalmau adverteix que hom pot perllongar la validesa de las taules mitjançant unes regles determinades, que no especifica.

Dels cànons es dedueix que l'obra *Taules i almanac* proporcionava els instants (fins al minut de temps) de les conjuncions i oposicions vertaderes del Sol i de la Lluna, així com les posicions vertaderes (fins al minut d'arc) dels cinc planetes (Mercuri, Venus, Mart, Júpiter i Saturn, per aquest ordre) i del Cap del Dragó (node ascendent de l'òrbita lunar). En altres de les columnes que apareixien a les taules s'especificaven "*deinde centrum porcionem, latitudinem etiam lune et partes ascensionis et descensionis cum meridionalitate et septentrionalitate ipsius. Ulterius centra et porciones et latitudines et partes septentrionalitatis et meridionalitatis necnon partes ascensionis et descensionis Saturni, Iovis, Martis, Veneris et Mercurii ad annos predictos 60 et ad menses diesque mensium singulorum*".

Unes línies abans de quedar truncat el text, Dalmau indica que, per al càlcul de les posicions dels planetes, cal afegir 0 graus 0 minuts 28 segons

14 tercers per any si hom vol tenir en compte el moviment de l'eix de l'octava esfera. El valor indicat correspon a 1 grau per cada 120 anys, que és el valor clàssic. Així, queda aclarit que en les *Taules i almanac* les posicions i els moviments dels planetes són calculats segons la novena esfera, és a dir, s'opta per les coordenades tròpiques i no pas per les sidèries.

1.2.2. Les anomenades *Taules de Barcelona* consten d'un pròleg, redactat o inspirat pel rei, uns cànons, possiblement redactats pel jueu de procedència sevillana Jacob Corsuno i dividits en 13 capítols i unes taules, fins a 53 en l'edició que en féu Millàs (1962). Els cànons foren objecte d'una edició per J. Massó Torrents (1890).

Existeixen tres versions d'aquesta obra: en català, en llatí i en hebreu. La versió catalana és en un únic manuscrit, del segle XV, el número 21 de la Biblioteca Municipal de Ripoll, i procedeix de la col·lecció de llibres i manuscrits que Lambert Mata donà a l'esmentada biblioteca. El manuscrit conté dues vegades el pròleg i els cànons, però un únic joc de taules. La versió llatina només es troba en un manuscrit (ms. 10.236 del fons llatí) de la Bibliothèque Nationale de París, en el qual no figuren les taules corresponents. De la versió hebrea n'existeixen diversos manuscrits: Biblioteca de Catalunya 1664 (Barcelona), Biblioteca Rossi 165 (Parma), Biblioteca Apostòlica Vaticana 356 i 379 (Roma) i Biblioteca Nacional 132 (Viena). La versió en hebreu devia realitzar-la el propi Jacob Corsuno.

Al pròleg de les *Taules de Barcelona* el rei parla en primera persona majestàtica. La versió catalana té un íncipit molt revelador que no volem deixar de transcriure:

“Segons doctrina de filosofia tots los homens naturalment desigen perfectió. E com la maior perfectió que l'om posque auer en aquesta vida natural, sens gratia special de Deu faent l'om acceptable, sia sciència, per so tots los homens a natura desigen saber e ésser científichs, e per consagüent com la sciència és pus noble e pus excellent naturalment és desijade de saber.

E entre les sciències purament naturals aquella que és de maior noblea e de maior excellència és la sciència de les steles”.

Deixant a banda el to literari i les referències cultes, pot ésser que el rei parli de si mateix quan afirma que “tots los homens desigen saber e ésser científichs”, especialment en astronomia. Una bona prova d'aquesta voluntat seria el seu interès continuat d'adquirir i transmetre coneixements astronòmics i d'altres ciències connexes.

Més endavant del pròleg, el rei explica que encarregà a Pere Gilbert la confecció d'un "almanach e taules", per a la qual cosa aquest utilitzà diversos instruments d'observació astronòmica. En aquest paràgraf del pròleg apareix l'única menció del text a algun astrònom de l'antiguitat: "lo bon Tholomeu". A continuació, el rei explica que, a la mort de Pere Gilbert (a la primavera de 1362), encarregà a Dalmau Ses Planes la finalització de l'obra encetada i, tot seguit, explica la raó d'aquest nou treball:

"E com aquells mouiments del dit almanach e taules sien segons la nona spera segons la qual la major partida dels cristians fan lurs judicis, e molts àrabs e jueus e homens d'altres sectes comunament fan lurs judicis segons la octaua spera e comfien de les rael dels antichs filosofos, volent competir a totes nacions segons so que hauem atrobat per pròpies investigacions en nostre almanach e en nostres taules e segons les rahels dels antichs astrologiants, hauem cercada manera per la qual ab las rahels dels antichs filosofos poden ésser igualats los vers mouiments de les planetas e los eclipsis breument e sens gran treball".

Per a aquest nou treball requerí el concurs de "mestre Jacob Corsuno jueu d'Espanya". Jacob ben abi Abraham Isaac al-Corsuno procedia de Sevilla, on havia escrit el 1375-76 un tractat en àrab en vuit capítols sobre l'astrolabi, *Explicació de la construcció de l'astrolabi*. Més endavant, a Barcelona, el 1378, traduí aquest tractat a l'hebreu. Hom coneix molt poques dades sobre Jacob Corsuno, i és llàstima, ja que, de ben segur, les dades relatives a la seva estada a la Cort dels reis de Catalunya i Aragó permetrien de precisar la data en què foren ultimades les *Taules de Barcelona*. Nogensmenys, sabem que el juny de 1380, Jacob Corsuno, designat com a "juheu estrolench e torcimany de casa del senyor Rey", rebé 270 sous barcelonesos per tres mesos (febrer, març i abril) al servei de la Cort (ACA, RP, reg. 372, f. 190v; López de Meneses, 1952, pàg. 278).

Les *Taules de Barcelona* són calculades "al mig jorn de la dita ciutat nostre de Barchinona, la longitud de la qual del ver occident és 33 graus e la latitud de la línia equinoccial 41 graus" i la data adoptada com a origen del temps (data *radix*) és l'1 de març de 1320. Es tracta d'una data astronòmica que correspon al migdia del dia civil anterior, el 29 de febrer de 1319, ja que pels astrònoms de l'època de Pere el Cerimoniós l'any començava el primer dia de març. Aquesta *radix* fou considerada l'inici de "l'era del rei Pere", segons el costum d'altres monarques que ordenaren la compilació de taules astronòmiques. És el començament d'any més pròxim al naixement de Pere el Cerimoniós, que tingué lloc el 5 de setembre de 1319.

Els cànons explicatius de les taules consten, com ja hem mencionat, de

13 capítols i, segons Millàs (1962, pàgs. 36-37), en aquells “*las cuestiones son tratadas brevemente, se huye de fórmulas matemáticas, trigonométricas; a veces, como, por ejemplo, en la cuestión de los eclipses, se presenta una doctrina de carácter aproximado, según se confiesa por el propio autor*”. Convé recordar aquí la distinció entre una obra astronòmica, en la qual s'exposa tot un model dels moviments dels planetes, acompanyat de la fonamentació matemàtica adient, i uns cànons explicatius d'unes taules, que són normalment una descripció d'aquestes i un seguit de regles “senzilles” per a llur maneig, encara que al darrera de les taules hi hagi un model matemàtic. En qualsevol cas, la precisió d'unes taules astronòmiques, la seva “bondat”, només pot ésser sancionada a través de l'anàlisi interna d'aquestes i, a més, a través de l'acceptació que tingueren entre els usuaris.

El material tabular de les *Taules de Barcelona* presenta una estructura semblant, en els trets fonamentals, a la de la majoria de les taules conegudes fins aleshores. Bàsicament apareixen taules per als moviments mitjans de les coordenades dels planetes i taules per a les correccions necessàries per a la determinació de les posicions veritables en qualsevol instant, així com taules calendàriques i trigonomètriques i taules per al càlcul de sizígies i eclipsis.

Les *Taules de Barcelona* han estat objecte d'uns comentaris per part d'E. Poulle (1966) i d'algunes consideracions sobre diverses magnituds del model solar, a càrrec de R. Laguarda (1964) i J. Samsó (1987a). Tanmateix, encara manca un estudi matemàtic detallat, que permeti de conèixer amb precisió tots els paràmetres bàsics utilitzats (si això és possible), llur procedència, les hipòtesis efectuades en la determinació dels valors que apareixen tabulats, les simplificacions efectuades, el càlcul dels valors de les diferents variables en la data *radix*, etc. És possible afirmar, però, que algunes de les fonts bàsiques d'inspiració d'aquesta obra, mai citades en el text, es troben a al-Battānī i Azarquiel i que no s'insereixen en la tradició alfonsina. Un estudi d'aquest tipus, que bé es mereixen aquestes taules, permetria de respondre a qüestions tan bàsiques com les que plantejà Poulle (1966, pàg. 12):

*“Les astronomes de Pierre d'Aragon ont-ils véritablement calculé, à partir de nouvelles observations, de nouvelles tables ou se sont-ils contentés d'agencer, dans le cadre qui leur convînt mieux, les tables des autres et, dans ce cas, quelles tables ont-ils utilisées?”.*

Poulle detectà certes “anomalies” en les taules, especialment en les línies corresponents als 40 anys, en els moviments i arguments mitjans dels planetes. Així, aquests valors són presentats a les *Taules de Barcelona*

com les variacions acumulades de les variables després de 40 anys de l'inici de la *radix* (1320), quan en realitat són les *radix* per a l'inici de l'any 1360. Resulta molt sorprenent que aquesta ruptura de les sèries de valors es produeixi precisament a la data en la qual Pere Gilbert i Dalmau Ses Planes començaren les observacions dels planetes per a determinar llurs posicions.

Aquí hi ha una altra qüestió oberta, la de la data en què foren acabades les *Taules de Barcelona*, data que no és mencionada enlloc al text. Hom ha parlat de 1366, poc després de finalitzades les observacions, però aquesta data només pot acceptar-se si considerem que les taules que contenia aquesta obra eren molt semblants a les de l'obra anterior, la realitzada per Pere Gilbert i Dalmau Ses Planes, les *Taules i almanac*. Hi ha una altra possibilitat, més en consonància amb l'abast de les *Taules de Barcelona* i amb les informacions de què disposem relatives als astrònoms del rei; aquesta possibilitat, que analitzem tot seguit, situaria la finalització d'aquesta obra el 1381. És una possibilitat que Madurell (1964, pàg. 581) dóna per establerta, bé que sense cap justificació.

La presència a la Cort de l'"organitzador" de les *Taules de Barcelona*, Jacob Corsuno, solament és documentada el 1378 i 1380. Tanmateix, la de Dalmau Ses Planes apareix en nombroses ocasions. Després de l'afer de la mort del seu mestre Pere Gilbert, Dalmau continuà treballant per al rei, per la qual cosa cobrà diverses sumes el juny i el setembre de 1364 i el gener i el febrer de 1366 (ACA, RP, reg. 348, f. 140v; reg. 349, f. 108; reg. 352, f. 64; reg. 352, f. 75). Durant aquesta època, fins cap al final de 1366, anà realitzant les observacions planetàries per a les *Taules i almanac*; el 24 de gener de 1367 rebé 300 florins d'or d'Aragó pels seus treballs en llibres d'"astrologia" (AHPB, Guillermo de Sant Hilari, leg. 1, not. 57, f. 56v; Madurell, 1964, pàgs. 589-590; l'ordre de pagament emesa pel rei és a ACA, reg. 1344, f. 22).

La protecció dispensada per la casa reial a Ses Planes és palesa en les notícies següents. L'agost de 1368 rep 6.000 sous barcelonesos en concepte d'ajut per matrimoni (ACA, RP, reg. 356, f. 89), possiblement amb la filla del mercader barceloní Francesc Roure (Madurell, 1964, pàg. 583). El 5 de gener de 1376, per decisió del rei, queda exempt del servei militar durant tres anys (ACA, reg. 1095, f. 47v; Rubió, 1908-21, I, pàg. 280). La raó d'aquest favor queda aclarida en el mateix document: es tractava que Dalmau pogués compondre "*libri astrologie*" per al rei. En efecte, mesos abans, el novembre de 1375, el rei havia manat als seus tresorers que fessin una provisió de 12.000 sous barcelonesos per a en Dalmau Ses Planes a compte d'una obra que realitzava per a ell.

Devia ésser una obra d'abast considerable, la que encarregà el rei a Ses



Planes el 1375 i per a la qual aquest és lliurat dels deures militars durant tres anys. Possiblement es tracti de la “gran obra e sollempna d'estrologia que'ns ha feta”, segons que escriu el rei al seu tresorer el 31 de desembre de 1381 (ACA, reg. 1270, f. 41; Rubió, 1908-21, I, pàgs. 298-299). Tal vegada el treball es perllongués més dels tres anys previstos pel rei, el qual, a més, manifesta molt sovint, com en donen fe nombrosos documents, una gran impaciència per a poder disposar dels treballs que desitja. Així, el mateix 31 de desembre de 1381, el rei escriu a Dalmau i li ordena “ara fer altra (obra) axí he sollempna con aquella necessària”. A més, a compte d'uns 12.000 sous, li n'havien estat pagats 2.000 el maig de 1380 (ACA, RP, reg. 367, f. 146; Rubió, 1908-21, II, pàg. 223).

Aquesta “gran obra e sollempna” en la qual Dalmau poguè estar treballant des del començament de 1376 fins al final del 1381 bé podrien ser les *Taules de Barcelona*, en les quals treballava Jacob Corsuno, present a Barcelona almenys el 1378 i el 1380. És una hipòtesi que situaria la finalització de les *Taules de Barcelona* el 1381.

L'altra obra que encarregà el rei a Dalmau Ses Planes no devia poder-se acabar. Dalmau finà el 28 d'agost de 1383 a Barcelona, segons que es desprèn de l'acta de publicació del seu testament, escrit nou dies abans. Dalmau Ses Planes nomenà hereves universals a la seva esposa Agnès i llurs filles Isabel, Clareta i Violant (AHPB, Guillermo de Sant Hilari, leg. 3, llibre 2 test., ff. 133-134v; Madurell, 1964, pàgs. 596-598).

1.2.3. La tercera obra astronòmica realitzada a Catalunya durant el regnat de Pere el Cerimoniós són les *Taules* de Jacob ben David Bonjorn. És una obra dedicada específicament a les conjuncions i oposicions del Sol i de la Lluna i als eclipsis. Precisament és aquest el tema al qual només es dediquen tres capítols en les *Taules de Barcelona* i, a més, amb un tractament poc precís, segons s'explicita al pròleg d'aquesta última obra. Les *Taules* de Jacob ben David Bonjorn, examinades amb detall a la part II, constitueixen un treball que s'insereix perfectament en el conjunt de textos astronòmics de base elaborats pels astrònoms de la Cort i que cobreix importants llacunes de les *Taules i almanac* i les *Taules de Barcelona*.

### 1.3. JOAN I: L'ASTROLOGIA GUANYA TERRENY

Amb la mort de Pere el Cerimoniós el 1387, el panorama astronòmic a la Corona d'Aragó canvia substancialment, almenys segons es desprèn dels documents conservats. El rei Joan I no prossegueix l'obra astronòmica del seu pare i s'orienta cada cop més cap als aspectes purament astrològics.

L'infant Joan consultava sovint Dalmau Ses Planes. Del 1379 daten tres consultes; dues d'elles tenen relació amb l'elaboració de pronòstics, mentre que l'altra s'emparenta més amb qüestions astronòmiques.

El 7 d'agost, Joan escriu a Mossèn Janer per tal que Ses Planes aclareixi si eren o no certes unes profecies que li havien arribat (ACA, reg. 1746, f. 12; Rubió, 1908-21, I, pàgs. 280-281); el 9 d'agost ordena que Ses Planes respongui a la qüestió de quins dies de febrer, març i abril "serien bons a entrar la duquesa en lo principat de Catalunya e axí mateix a fer bodes" (ACA, reg. 1746, f. 50; Rubió, 1908-21, I, pàg. 281).

Abans del setembre de 1379, Dalmau Ses Planes havia enviat a l'hereu de la Corona d'Aragó, a través de mestre G. Colteller, un llibre identificat com "de l'eclipsi del sol e de la luna e del girament e del ple de la luna". Pot tractar-se del llibre que apareix a l'epígraf 54 de l'inventari de béns realitzat a la mort del rei Martí, una selecció del qual es troba al final d'aquest capítol, o l'obra que havia pertangut a Jaume II i que Alfons el Benigne havia fet traduir al català. Resulta gairebé impossible identificar aquest llibre, atès que a l'època hi havia moltes obres d'aquest tipus en circulació; una altra cosa, però, és fer hipòtesis sobre quines obres devia tenir Dalmau Ses Planes al seu abast. Una d'elles devia ésser la de Jacob ben David Bonjorn que, com ja ha estat dit, s'ajusta perfectament al títol del llibre esmentat.

L'infant desconeix "si'l compte que's fa de les hores del dit girament e ple comense al sol post o al mitg dia o quan" (ACA, reg. 1658, f. 11v; Rubió, 1908-21, I, pàgs. 280-281) i demana que Dalmau li ho aclareixi. És clar que Joan no és encara gaire familiaritzat amb el material tabular astronòmic a l'ús, perquè, tot i que l'inici adoptat per al dia variava segons les tradicions, l'instant considerat com a origen del dia per tots els astrònoms era el migdia local, és a dir, l'instant del pas del Sol pel meridià local.

Un any més tard, el 19 de setembre de 1380, l'infant Joan fa una altra consulta a Dalmau Ses Planes, molt semblant a l'anterior, també a través de Joan Janer: "e sapiats ab en Dalmau Çaplana lo dia e la ora se deu ara girar (la Lluna), car en lo libre que ell nos tramès havem trobat que y és fals, e vos certificats nos clarament de ço que us dirà" (ACA, reg. 1659, f. 132; Rubió, 1908-21, II, pàg. 223). Així doncs, o bé l'infant Joan no sabia encara utilitzar prou bé les taules contingudes en el llibre esmentat o bé aquest no era el llibre de Jacob ben David Bonjorn, ja que en ell queda especificat, sense cap possibilitat d'error, que la conjunció següent al 19 de setembre de 1380 es produí el 28 de setembre (dissabte) a les 18 hores 4 minuts després de migdia en la latitud de Barcelona.

L'infant s'interessà també per l'aparició d'una "estrella amb cua" visible pels matins de novembre de 1381 al cel de Tarragona i València. En una carta adreçada a Joan Janer el 15 de novembre, l'infant Joan sol·licita que Francesc

Eiximenis i Dalmau Ses Planes facin judicis, per separat, d'aquest esdeveniment (ACA, reg. 1665, f. 38v). Evidentment, no es tracta del cometa Halley, que havia passat pel seu periheli 3 anys abans.

El setembre de 1382, l'infant reclama un "*libro a que ditzen almanach*" que el rei, el seu pare, havia deixat en préstec, i torna a reclamar-lo el desembre (ACA, reg. 1666, f. 86; reg. 1667, f. 53v; Rubió, 1908-21, I, pàg. 305).

Bartomeu de Tresbens fou un altre astròleg que l'infant Joan consultava sovint. En una carta que l'infant envia el 4 de setembre de 1373 i en la qual reclama la presència de Tresbens, "metge en medicina del senyor rey" i al servei de la Corona, almenys des del 15 de maig de 1360 (López de Meneses, 1954, pàg. 103), hom pot llegir: "com de certa sciència vullam que per la dita nostra necessitat vingats a nos, per ço volem e us manam que vinent decontinent a nos, aportets ab vos tots los libres vostres e a vos necessaris així en astrologia com en fisica" (ACA, reg. 1739, f. 44; Rubió, 1908-21, I, pàg. 250).

Un any més tard, el 1374, l'infant consulta al seu pare el rei algunes qüestions d'interès per a ambdós que havia deduït "lo feel físich vostre e meu, maestre Barthomeu de Tresbens (...) per sciència d'estrologia" (ACA, reg. 1742, f. 7v; Rubió, 1908-21, II, pàg. 175). Tresbens havia escrit una obra d'astrologia per encàrrec de Pere el Cerimoniós (Vernet-Romano, 1957).

Un altre astròleg amb el qual entrà en relació l'infant Joan fou Guillem Lunell, que vivia a París el desembre de 1384, i al qual foren lliurats 30 florins d'or d'Aragó per un treball no especificat (ACA, RP, reg. 605, f. 54; Rubió, 1908-21, II, pàg. 278). El mateix personatge torna a rebre uns altres 30 florins per ordre de l'infant el 13 de desembre de 1385, data en què és cridat a presentar-se a la Cort (ACA, reg. 1769, f. 196v; Rubió, 1908-21, I, pàg. 343).

L'infant Joan devia sentir-se molt preocupat pel seu futur, com pot deduir-se del seu interès per certa història que havia sentit sobre un cavaller francès que havia visitat el purgatori de Sant Patrici. Joan ordenà al seu camarleng, Ramon de Perellós, vescomte de Roda, que era a París, que s'informés si entre les ànimes en pena s'hi trobava la seva. El 13 d'agost de 1386 Joan escriu al vescomte i li demana que "trametets nos jutjada la revolució de l'any present e del esdevenidor de maestre Thomas de Bolunya e de maestre Lunell, de guisa que vejam lo juhi de cascun d'ells si's concordara la .i. ab l'altre, e, si discorden, sapiam en què" (ACA, reg. 1674, f. 106v; Rubió, 1908-21, I, pàg. 343).

Aquest és un dels documents on l'infant expressa més obertament la seva ànsia de conèixer un pronòstic astrològic. Joan recorria en aquest cas a dos astròlegs, l'un italià i l'altre francès. És evident que l'infant no devia saber que un pronòstic astrològic només és "creïble" quan és únic i que quan se'n tenen dos ... sempre hi ha alguna cosa que falla.

Tomás de Bolonya era un conegut metge i astròleg, nascut a Pizzano, al voltant de 1320, que estigué al servei dels reis de França Carles V i Carles VI. És considerat l'astròleg més famós del seu temps. Hom perd la seva pista a partir del 1384, però en un text de la seva filla, l'escriptora Christine de Pizan, es diu que no sobrevisqué molt de temps a Carles V i, per tant, devia morir el 1384 o poc després. La carta de Joan data de l'agost de 1386, però tampoc no és impossible que, abans de morir, l'astròleg italià deixés escrits pronòstics per els anys 1386 i 1387, que són els que demana l'infant Joan.

La internacionalització dels afanys astrològics de l'hereu de la Corona és clara a partir de l'estiu de 1386. El 28 d'agost sol·licita que li sigui tramès ".i. libre que .i. astrolech qui estava a Florença feu a son fill lo qual libre intitula: hec sit hereditas tua" (ACA, reg. 1674, f. 106v; Rubió, 1908-21, I, pàg. 344). L'infant devia viure molt angoixat durant aquell estiu i buscava la solució als seus problemes en les "ciències ocultes", com, per exemple, la geomància, en reclamar un llibre sobre aquesta matèria uns dies més tard.

Quelcom s'interposà entre l'infant i la solució dels seus problemes. Féu cridar a la Cort un astròleg de gran anomenada, el jueu Cresques Vivier, aleshores a Avinyó, però, a la Jonquera, aquest fou detingut pels homes de Felip Dalmau, vescomte de Rocabertí, al qual l'infant expressa la seva ira pel fet:

"som molt marauellats que vostres homens sien tan abriuats que retenguen algú, maiormet que vengua a nostre seruey. Per què us manam expressament que, vistes les presentes, façats deliurar lo dit jueu, per que venga a nos, e en açó rès no mudets" (ACA, reg. 1952, f. 2v; López de Meneses, 1952, pàgs. 759-760).

Convertit en rei d'Aragó, a la mort d'el Cerimoniós, el 5 de gener de 1387, Joan mantingué els vincles amb Cresques Vivier, considerat com el seu astròleg principal. El setembre d'aquell any, li és assignada una retribució anyal de 500 sous barcelonesos situats sobre les rendes de l'aljama de Perpinyà, a més d'un lliurament diari de sis sous barcelonesos (ACA, reg. 1974, f. 16; RP, reg. 385, f. 143v; López de Meneses, 1954, pàg. 266). El novembre de 1387, el rei Joan ordena a Cresques presentar-se a Vilafranca del Penedès, on es trobava la Cort, i el gener de 1388 li assigna la missió de desplaçar-se a Barcelona per tal d'encarregar uns treballs a l'argenter Salomó Barbut, astrolabista que ja havia estat al servei del rei Pere (ACA, reg. 1952, f. 54v; López de Meneses, 1952, pàg. 760).

Joan I volia mantenir Cresques al seu costat, però aquest desitjava retornar a Avinyó amb la seva família, retinguda allà per deutes no saldats. El rei donà curs a les ordres adients per tal de facilitar que la muller de

Cresques pogué abandonar Avinyó (ACA, reg. 1868, f. 79v; López de Meneses, 1954, pàg. 269). Mestre Cresques morí a Barcelona l'agost de 1391, víctima del pogrom que esclatà a la ciutat l'estiu; la seva esposa, la seva filla i els seus dos fills se'n salvaren, en abraçar el baptisme (López de Meneses, 1954, pàg. 275).

D'altra banda, l'astròleg francès Guillem Lunell, que l'octubre de 1388 era al servei del duc de Berry, torna a ser convocat pel rei Joan I, el qual ordena que li siguin lliurats 25 o 30 florins en concepte de desplaçament (ACA, reg. 1955, f. 86; Rubió, 1908-21, I, pàg. 354).

A partir del 1392, l'alemany mestre Ramar és l'únic astròleg mencionat als documents de la casa reial. Així, el novembre d'aquell any, rep 40 florins lliurats pel tresorer reial, al qual, per haver-se retardat en el pagament, el rei amenaça de fer-li vendre "la mula que cavalcats per pagar aquella e totes les missions e despeses que'l dit mestre Ramar haura fets per retardació d'aquelles" (ACA, reg. 1964, f. 2; Rubió, 1908-21, II, pàgs. 333-334). En altres documents, mestre Ramar és designat com a Renardi, Remaur i Raymar Ohem i rep diversos pagaments per treballs realitzats per al rei: 60 florins d'or el setembre de 1392; 132 florins el febrer de 1393; 40 florins l'agost del mateix any (ACA, reg. 1881, f. 32v; reg. 1964, f. 33v; reg. 1886, f. 16; Rubió, 1908-21, II, pàg. 333). L'astròleg alemany continuà al servei de la Corona com a mínim fins al 1397.

El setembre de 1393, Joan I menciona diversos astròlegs en una carta adreçada a la reina. Es refereix a diverses consultes que ha fet sobre l'expedició de Sardenya: "Mossen Gasto és vengut e adés afrontar lo em ab lo monge negre, aquell gran estrolech d'Avinyó, e ab mestre Raymar, e serà be maravella que lurs questions se concloguen ans del passatge de Cerdenya" (ACA, reg. 1965, f. 162; Rubió, 1908-21, II, pàg. 333).

Certament, aquestes notícies conformen un panorama molt diferent del que hem vist desenvolupar-se en aquelles dues dècades fecundes del regnat d'el Cerimoniós, de 1360 a 1380, en les quals, sota l'impuls del rei, s'elabora una obra astronòmica de base, concretada en una sèrie de textos i taules per a conèixer les posicions dels planetes. A la mort del rei Pere, el seu successor, Joan I, manifesta un interès d'altre tipus; l'astrologia guanya terreny i no queda constància de cap obra astronòmica que pugui ésser identificada avui dia com a tal. Això no vol dir, evidentment, que en l'etapa anterior l'astrologia no hi jugués cap paper. Hom pot dir que l'astrologia era l'aplicació de l'astronomia. Però, realment, ¿on eren les fronteres, si és que n'hi havia? Aquesta és una pregunta que mancava de sentit el segle XIV. La creença en la dependència dels assumptes terrestres respecte a les posicions celests era molt estesa aleshores. Avui dia és una mica diferent. En qualsevol cas, l'astrologia adivinatòria no frenà l'avanç del que avui considerem

astronomia; és més, possiblement aquella fou la raó principal del seu desenvolupament.

És per això que el fet que l'astrologia impulsada per la Corona catalano-aragonesa fós d'utilitat astrològica o "pura i desinteressada" ens sembla una polèmica artificial (Millàs, 1962; Beaujouan, 1969). En efecte, el component astrològic, de pronosticació, és, amb major o menor grau, present a tota la producció astronòmica de qualsevol latitud en els segles anteriors, i fins i tot posteriors. D'altra banda, l'astrologia feta a Catalunya, igual que la de la majoria d'altres països, té les seves arrels en l'astrologia àrab, rica en tradició astrològica. El problema real no és tant el de precisar la finalitat immediata de l'astrologia-realitzada en una època determinada, sinó determinar el seu abast futur, valorar la seva projecció i les repercussions que tinguè sobre l'evolució global de l'astrologia.

#### 1.4. LES OBRES DE LA BIBLIOTECA REIAL

A la mort del rei Martí I el 1410, foren inventariats parcialment els béns mobles del Palau Major de Barcelona. En la primera part d'aquest inventari, editat per Massó i Torrents (1905) (ACA, reg. 2326), figura una relació de 289 llibres. No hi són tots els llibres amb què comptava el rei. Altres apareixen en els més de 2.100 epígrafs de l'inventari; molts d'aquests llibres eren de caràcter litúrgic. A part que és possible que alguns llibres no fossin inventariats, cal tenir present que l'agost de 1380 el rei Pere havia manifestat la intenció de fer donació de la seva biblioteca al Monestir de Poblet, on havia ordenat que fos construïda una llibreria, encara que no existeix constància que es dugués a terme la donació (Rubió, 1908-21, I, pàg. 303).

Amb tot, aquesta relació dóna una idea dels llibres de temes astronòmic-astrològics que havien arribat al rei, així com del pes que aquests tenien a la seva biblioteca. Dels 289 llibres n'hem cregut veure 51 de relacionats amb l'astrologia i les ciències connexes: 34 en llatí, 14 en català, 2 en francès i 1 en castellà. Cap d'ells és íntegrament escrit en hebreu o àrab (el text de l'epígraf 10 és bilingüe, en àrab i català). Resulta molt difícil identificar els autors i els continguts dels llibres, a causa de la manera en què han estat descrits en aquesta relació. A continuació reproduïm les transcripcions d'aquests epígrafs fetes per Massó i Torrents, tot indicant les possibles indentificacions que resulten de comparar els incipits de les diferents obres amb els del catàleg de Thorndike-Kibre (1963).

4.(fol. 1v) "Item vn altre libre appellat *los juyz de Stronomia de mestre Johan de Sibilia* scrit en paper ab posts de fust cubert de cuyro vermell

ab emprompta de senyal reyal et ab dos tancadors de cuyro vermell larchs. E lo qual comença “De los filosofos la Stronomia açi finida” E faneix “clamando ab toto Deus”.

Possiblement es tracta de l'obra *Iudicis astrologiis* atribuïda a Johannes Hispalensis, traductor a Sevilla a mitjan segle XII.

7.(fol. 2) “Item altre libre petit appellat *Spera solide* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de vermell en lo baix del libre ab un tancador de fil groch e vermell lo qual comença “Mulier emicta sole et luna” e faneix “Et in signis occasis”.

9.(fol. 2) “Item vn altre libre appellat *Almanach* scrit en pergamins ab post de fust nues ab dos tancadors de fil de diuerses colors e en lo qual libre hauia una taula qui començaua en vermell “Tabula prima” e lo negre comensaue “tempus medie” e faneix la dita taula ab semblants xifres  $\tau 0.10$  lo dit libre comença de vermello “Incipiunt tabule” e lo negre comença “Qui multi homines” e faneix en la derrera carta ab vermello “De ordinacionibus stellarum”.

10.(fol. 2v) “Item vn altre libre appellat *la stralabria* scrit en pergamins en català et en serranesch ab cubertes de posts de fust cubert de cuyro vermell ab vn tancador ab senyals reyal d oripell lo qual comença en serranesch e en la derrera carta ha vn Rey pintat ab alguns homens de color blaua e faneix “per la qual es paniat lastelabri”.

Deu ésser el llibre mencionat pel rei Pere en un escrit seu datat el 9 de gener de 1362. Tanmateix, Bofarull (1901) llegí “francesch” en lloc de “serranesch”.

11.(fol. 2v) “Item vn altre libre appellat *suma de Tholomeu* scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab un tancador de perxa de ceda blaua lo qual comença en la primera carta “Tholomeu diu” e faneix en la derrera carta “explicit Deo gracias”.

16.(fol. 3) “Item vn altre libre appellat *Tabule tolosana* scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vert ab un tancador de cuyro vermell lo qual comença en vermello “In nomine domini nostri Jhesu Christi” e en lo negre “Aquestes taules son començades” e faneix “uel Saturnum”.

Deu tractar-se de les taules de Tolosa, calculades per al meridià d'aquesta ciutat del Languedoc, a partir de les taules toledanes.

24.(fol. 4v) "Item vn altre libre appellat *taules Alfonsines* en català escrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell empremtades ab senyal Reyat a cada part ab dos tancadors de fil groch e vermell lo qual comença "Taulas de les diffarèncias" e faneix en vermello "In Maiorica"."

Es tracta del conjunt de taules alfonsines, sembla que sense els cànons. Val a dir que no se n'ha conservat cap manuscrit en català.

26.(fol. 4v) "Item vn altre libre appellat *Libre sobre la carta de nauagar* en Català escrit en paper de Xatiua ab cubertes de pergamins senars lo qual comença "Del cap de sent Vicens" e faneix "carta de vent"."

28.(fol. 5) "Item vn altre libre appellat *De la propietat de les planetes* escrit en paper ab posts de paper engrutades e cubert de cuyro vermell ab tancadors de coreix prim lo qual comença en vermello "Aquest es lo començament" e en lo negre "Deus saber mon fill" e faneix "Sinch anys e vij. mesos"."

29.(fol. 5) "Item vn altre libre appellat *Quadripartit de Tholomeo de Jubis* en latí escrit en pergamins ab cubertas de paper engrutades et cubert de cuyro vermell ab .iiij. correixs lo qual comença en vermello "Incipit liber" e en lo negre "Rerum Jesure" e faneix "Qui scripsit sit benedictus"."

És el *Quadripartitum* de Ptolemeu, en la traducció feta per Plató de Tivoli, l'incipit de la qual és "*Rerum lesure in quibus est pronosticabilis scientie...*".

30.(fol. 5) "Item vn altre libre appellat *Libre de les ymages del cel destres et sinestres* en latí escrit en pergamins ab posts de fust e cuberta de cuyro vermell ab dos tancados de parxa de seda de diuerses colors lo qual comença en vermello "Liber artificii" e en lo negre "Cogitanti michi humanum animam" e faneix "Extunch"."

54.(fol. 8v) "Item vn altre libre appellat *del eclipsi del sol et de la luna* en latí escrit en pergamins ab post de fust empremtades cubert de cuyro vermell sens tancador lo qual comença "Ad sequens opus" e faneix "pro fine Marcii"."



59.(fol. 9) "Item vn altre libre appellat *Alfagra* scrit en pergamins ab posts de fust nuas ab dos tancadors de cuyro vermell lo qual comença en vermello "Incipit liber" e en lo negre "Capitulum primum" e faneix "factam pro magno tempore"."

Deu tractar-se d'una obra d'al-Fargānī relativa a l'ús de l'astrolabi, un llibre que rebè l'infant Joan el 1381.

61.(fol. 9v) "Item vn altre libre appellat *de Juys temporals sdeuenidors* en romanç scrit en paper ab post de paper engrutades et cuberta de pergami ab tancadors de bagua lo qual comença "A prenosticar los temporals sdeuenidors" e faneix "Qui son bons lo millor"."

63.(fol. 9v) "Item vn altre libre petit appellat *Almanach* scrit en pergamins ab cubertas de paper engrutades cubertes de cuyro vermell empremtades ab tancadors de cordó de seda verda lo qual comença "Aquesta obra seruis" e faneix en la derrera carta "en vna taula de xifres"."

64.(fol. 9v) "Item vn altre libre appellat *Tbolomeu* en cathalà scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro blanch sens tancadors lo qual comença "Lo primer libre" e faneix "l us esser podra"."

66.(fol. 10) "Item vn altre libre appellat *de Jaumatria* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell sens tancadors lo qual comença "Punctus est" e faneix "figuraliter componere"."

Possiblement. és la traducció feta per Adelard de Bath dels *Elements* d'Euclides.

78.(fol. 11v) "Item vn altre libre appellat *Almonach* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab tancadors de parxa de seda de diversas colors lo qual comença "Mundanorum" e faneix "lo demanador vens al altre"."

Deu ésser el *Centiloquium* de Ptolemeu, l'incipit del qual és "*Mundanorum ad hoc et (vel) ad illud...*".

79.(fol. 11v) "Item vn altre libre appellat *Aliaben regell* en latí scrit en paper ab posts de paper engrutades et cuberta de cuyro vermell et dos tancadors de correix lo qual comença en la rúbrica en vermello

"Incipiunt capitula" e en lo negre "Prologus" e faneix "Cum omnibus suis significacionibus".

Deu tractar-se d'una obra d'Alí Abenragel, possiblement les *Regulae utiles de electionibus* en la traducció feta per Johannes de Sevilla; vegeu també els epígrafs 119, 130, 221 i 253.

80.(fol. 11v) "Item vn altre libre appellat *Almanach* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell empremtat ab dos tancadors de perxa de seda grogua e vermella ab .v. claus a cada post lo qual comença "Si vis habere locum" e faneix en là derrera carta "Tabule declamacionis solis".

En lloc de "*Tabule declamacionis solis*" s'hauria de llegir "*Tabule declinationis solis*"; Bofarull (1901) llegí "declinacionis".

83.(fol. 12) "Item vn altre libre petit appellat *De Strologia* scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab un tancador de cuyro vermell lo qual comença "Signorum alia" e faneix "ad opprobrium".

Deu tractar-se del *Liber iudicorum* atribuït a Ptolemeu, l'incipit del qual és "*Signorum alia sunt masculina alia feminina...*".

86.(fol. 12v) "Item vn altre libre appellat *Strologia* en latí scrit en pergami ab posts de fust nues sens tancadors lo qual comença "Mundus igitur ex quatuor" e faneix "malignitatem iudicabunt".

És el Llibre VIII de l'*Astronomia* de Martianus Capella, l'incipit del qual és "*Mundus igitur (constat) ex quatuor elementis...*".

90.(fol. 13) "Item vn altre libre appellat *Almanch* en latí scrit en pergamins ab cuberta de pergami lo qual comença "Ad honorem et laudem" e faneix en una taula de vermello "Tabula diuersi motus".

Es tracta de *Liber cursuum planetarum*, redactat per Raymond de Marsella vers l'any 1140, a partir de les taules toledanes compilades per Azarquiel. L'incipit de l'obra és "*Ad honorem et laudem nominis domini...*".

93.(fol. 13v) "Item vn altre libre appellat *Almagesti* en latí scrit en pergamins ab cuberta de pergami lo qual no ha començament mas comença axi en la primera carta "vna cordare" e faneix "in duas medietates".

Deu ésser l'*Almagest* de Ptolemeu.

95.(fol. 13v) "Item vn altre libre appellat *L algorithma* scrit en pergamins e en latí ab posts de fust cubert de cuyro blanch ab dos gafets per tancadors lo qual comença en vermello "Incipit Algorismus" e en lo negre "Omnia que primeua" e faneix en vermello "Explicit tabit de quantitibus stellarum"."

És l'obra de John of Hollywood (Sacrobosco) intitulada *Algorismus*, l'incipit de la qual és "*Omnia qui a primeua rerum origine...*".

98.(fol. 14) "Item vn altre libre appellat *de Strologia* en latí scrit en pergamins ab posts de fust e cuberta de cuyro vermell sens tancadors lo qual comença en vermello "Incipiunt canones" e en lo negre "Quoniam cuiuscumque" e faneix en la derrera carta "en lo mes de desembre"."

Es tracta dels *Cànons a les Taules toledanes*, d'Azarquiel, en la traducció feta per Gerard de Cremona, l'incipit de la qual és "*Quoniam cuiusque actionis quantitatem...*". Cal relacionar aquesta obra amb la de l'epígraf 267.

113.(fol. 16) "Item vn libre petit appellat *Tractat de natura del signes* en pla scrit en paper ab posts de paper engrutades et cuberta de cuyro vermell empremtades ab dos tancadors de bagua lo qual comença "Aries es signe" e faneix "dolor et destruccio"."

114.(fol. 16) "Item vn altre libre appellat *Stralabri* scrit en pergamins et en Aragonès ab posts de paper engrutades et cuberta de oripell empremtade ab senyals reyls et dos tancadors de bagua lo qual comença en vermello "Este es tractado" e en lo negre "Primerament deuemos" e faneix "de quo queris"."

119.(fol. 16v) "Item vn altre libre appellat *tractat del Juy de les Stellas* en latí scrit en pergamins ab posts de fust e cuberta de cuyro vert ab .v. claus a cascuna post et ab dos tancadors de cuyro vermell lo qual comença en vermello "In nomine domidi Amen" e en lo negre "In nomine domini nostri" e faneix "ipsasque"."

Deu ésser el tractat d'Alí Abenragel (vegeu l'epígraf 79) que Alfons X ordenà traduir amb el títol *El libro conplido de los iudizios de las estrellas*; vegeu també l'epígraf 253.

127.(fol. 17v) "Item vn altre libre appellat *Strologia* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vert ab .v. claus a cascuna post del libre ab un tancador de cuyro vermell lo qual comensa en vermello "Incipit tractatus" e en lo negre "In isto primo capitulo" e faneix en vermello "deo gracias"."

Possiblement és la *Summa in astrologia*, en 12 volums, corresponent al *Liber introductorius* de Guido Bonatti.

130.(fol. 18) "Item vn altre libre appellat *Suma de Ali aben Raiell* en romans scrit en paper ab posts de fust et cubert de cuyro vermell ab dos tancados de fil vert lo qual comença "Tholomeu diu" e faneix "la figura del Cel"."

Vegeu els epígrafs 79, 119, 221 i 253.

132.(fol. 18) "Item vn altre libre appellat *De planetes* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab dos tancadors de cuyro vermell lo qual comença "De motu" e faneix "luteique coloris"."

143.(fol. 20) "Item vn altre libre appellat *La clipsi* en francès scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab un tancador de seda negre lo qual comença "Jeans heleus" e faneix "des males-tes"."

148.(fol. 20v) "Item vn altre libre appellat *speculum planetarum* scrit en pergamins et en latí ab posts de fust e cubert de cuyro vermell empremtat ab dos tancadors de seda de diverses colors lo qual comença "Sapientia edificauit" e faneix en vermello "A Christo benedicatur"."

Es tracta del *Commentarius computi ecclesiastici* de Conradus, l'incipit del qual és "*Sapientia edificavit sibi domun...*".

149.(fol. 20v) "Item vn altre libre appellat l *almanch nouell* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab .v. claus a cascuna post et ab dos tancadors de seda verda lo qual comença "Pius Princeps" e feneix en la darrera que diu "diferencia altitudinis"."

156.(fol. 21v) "Item vn altre libre appellat *Strologia* en latí scrit en paper ab posts de paper engrutades et cuberta de cuyro blanch ab tancadors

de correixs lo qual comença “Cum hermes sapiens” e faneix “Euangelium Sancti Johannis”.

157.(fol. 21v) “Item vn altre libre appellat *de Strologia* en latí scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vert ab .v. claus en la una post e en l altre .iij. sens tancadors lo qual comença en vermello “Incipit tractatus” e en lo negre “Cum post iudicia” e faneix en vermello “Deo gacias Amen”.

Es tracta novament del *Liber introductorius*, part III, de Guido Bonatti, l'incipit del qual és “*Cum post iudicia pre ceteris astronomie partibus...*”.

160.(fol. 22) “Item vn altre libre appellat *de magnis conjunctionibus* en latí scrit en pergamins ab posts de paper engrutades e cubert de cuyro vermell ab tancadors de correixs lo qual comença en vermello “Incipit liber in summa” e en lo negre “tractatus primus qualiter aspicitur” e faneix “Jam ergo compleuimus totum librum”.

Obra atribuïda a Albumasar: *De magnis coniunctionibus annorum revolutionibus ac eorum projectionibus*, l'incipit de la qual és “*Tractatus primus equaliter aspicitur ex parte...*”.

195.(fol. 27v) “Item vn altre libre appellat *De totes Sciencias* en francès scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab .xxj. clau entre amdues parts ab dos tancadors de parxa vert lo qual comença en vermello “C est lo libre” e en lo negre “La prouença” e faneix “et al profit del arma amen”.

196.(fol. 28) “Item vn altre libre appellat *Lectura sobre les taules tholosanes* scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab .iij. tancadors de cuyro blanch lo qual comença en vermello “Incipiunt scripta” e en lo negre “Inter cetera” e faneix “Explicit Thesorica Campani”.

Tot i que a la transcripció figura “taules tholosanes”, l'incipit pot indicar que es tracta de la *Expositio super canones tabularum Arzachelis sive Tolanorum* de Johannes de Sicília. El llibre del qual apareix l'èxPLICIT deu ésser la *Theorica planetarum* de Campanus de Novara.

197.(fol. 28) “Item vn altre libre appellat *Speculum Strologie* scrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab dos tancadors de cuyro vermell lo qual comença en vermello “Incipit prohemium” e en lo negre “Cum sciencia Stronomica” e faneix “De introitu tabularum”.

Es tracta probablement de l'obra *Tractatus super quadrantem* de Jacob ben Makhir ben Tibbon, en la traducció feta per Ermengol Blasi, l'incipit de la qual és "*Cum scientia artis astronomie non...*".

207.(fol. 29v) "Item vn altre libre appellat *de Strologia* en latí escrit en pergamins ab posts de fust nues ab un tancador de perxa vermell lo qual comença en vermello "*Theorica planetarum*" e en lo negre "*Circulus*" e faneix "*hec consideracio*"."

És l'obra *Theorica planetarum*, atribuïda a Gerard de Cremona, l'incipit de la qual és "*Circulus eccentricus vel agresse cuspidis vel egredientis centri dicitur...*".

221.(fol. 32) "Item vn altre libre appellat *Ali aben Raiel* en latí escrit en paper ab posts de fust cubert de albadina blanca ab dos tancadors de fil de diuersas colors lo qual comença "*In nomine dei*" e faneix "*Explicit Deo gracias Amen*"."

Vegeu els epígrafs 79, 119, 130 i 253.

222.(fol. 32) "Item vn altre libre appellat *Declaracions fetes sobre la Strologia* en latí escrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vert ab dos tancadors de cuyro vermell lo qual comença "*Dixit Profacius*" e faneix "*Ad omnia bona*"."

Deu tractar-se d'una obra de o sobre Profatius Judaeus, és a dir, Jacob ben Makhir ben Tibbon; vegeu l'epígraf 197.

238.(fol. 34v) "Item vn altre libre appellat *Taules Alfonsines* en romanç escrit en paper ab posts de paper engrutades et cubert de cuyro vermell ab dos tancadors de bagua lo qual comença "*Per ço es atrobat*" e faneix "*hauets audes altres*"."

No és descartable que efectivament siguin les taules alfonsines.

242.(fol. 35) "Item vn altre libre appellat *de Jeometria* en latí escrit en pergamins ab posts de fust nues ab .iiij. tancadors de fil de diuerses colors lo qual comença en vermello "*Incipit comentum*" e en lo negre "*Sciencia species*" e faneix "*Explicit Arismetica*"."

És la traducció llatina feta per Gerard de Cremona del llibre *Işlah al-Majisî* (Correcció de l'Almagest) de Jābir ibn Aflah. L'incipit és "*Scientia species habet, quarum melior, post scientiam...*".

244.(fol. 35v) "Item vn altre libre appellat *Lalmanach* en latí escrit en paper ab posts de fust cubert de cuyro vermell ab dos tancadors larchs de cuyro vermell lo qual comença en la primera carta en vermello "In nomine domini nostri Jhesu Christi" e en lo negre "In primis subtrae" e faneix "en los quals son cartes"."

251.(fol. 36v) "Item vn altre libre appellat *Summa de Strologia* en romanç escrit en paper ab posts de paper engrutades cubert de cuyro vert ab dos tancadors de bagua lo qual comença "En lo nom de nostre Senyor" e faneix "dels segles Amen"."

253.(fol. 36v) "Item vn altre libre appellat *Del juy de les steles* en latí escrit en pergamins ab posts de fust nues ab dos tancadors de cuyro vermell lo qual comença en vermello "In nomine domini" e en lo negre "dixit Tholomeus" e faneix "dignitatum"."

Vegeu l'epígraf 119.

267.(fol. 38v) "Item vn altre libre appellat *Dels secrets del Bumazar de Strologia* escrit en pergamins ab posts de fust cubert de cuyro vermell empremtat squinsat sens tancadors lo qual comença en vermello "Incipiunt Canones" e en lo negre "Quoniam cuiusque accionis" e faneix "Insinuat breuiorem"."

Correspon als cànons d'Azarquièl; vegeu l'epígraf 98.

276.(fol. 39v) "Item vn altre libre appellat de *Strologia* escrit en pergamins ab cuberta de cuyro vermell empremtat lo qual comença en vermello "Motus Octaue spere" e faneix "et principium atque bellatorum"."

Encara que no hàgim identificat tots els llibres relacionats amb l'astronomia que es trobaven a la biblioteca dels reis de la Corona catalano-aragonesa, i que foren inventariats a la seva mort, els títols i els autors autoritzen a pensar que es tractava d'una àmplia biblioteca de treball en temes astronòmics, una biblioteca per a la investigació, que el rei Pere enriquia quan tenia ocasió i els llibres de la qual prestava als seus astrònoms, com hem vist més amunt en alguns exemples. Aquesta fou, molt probablement, la base que serví als astrònoms al servei del rei per a dur a terme llurs contribucions.





## CAPÍTOL 2

### LA GENEALOGIA FAMILIAR DE JACOB BEN DAVID BONJORN

Les notícies biogràfiques que tenim de Jacob ben David Bonjorn són molt escasses i imprecises, fins al punt que alguns autors moderns el confonen amb un altre astrònom de Perpinyà que nosaltres identifiquem amb el seu pare, seguint Sobrequés i Vidal (1975). Algunes circumstàncies familiars que apareixen a la documentació de l'època permeten tanmateix de fer-se una idea de l'entorn social i familiar en el qual visqué Jacob ben David Bonjorn: una família destacada de jueus rics en l'agitada societat catalana del segle XIV; personatges cultes, alguns d'ells metges, interessats per l'astronomia i vinculats a la casa reial d'Aragó.

Sobrequés, en estudiar una de les famílies de prohoms de la ciutat de Girona, els Caravita, amb la qual estigué emparentada la família Bonjorn, estableix per a aquesta la genealogia següent:

1. Bonjorn del Barri (avi);
2. David Bonjorn del Barri (pare) i Ester Caravita (mare);
3. Jacob ben David Bonjorn (autor de les taules astronòmiques);
4. David Bonet Bonjorn (fill).

Aquestes quatre generacions cobreixen tot el segle XIV. "Barri" és el nom d'un lloc que no hem pogut identificar. Existeix un document sobre un altre "del Barri" anterior, Bonetus de Barrio, jueu de Bellcaire, que presenta al senescal de Carcassona una sèrie de provisions reials obtingudes a París i relatives al jueus del Carcassès. Una d'elles menciona Bonetus de Barrio com a receptor general de la talla dels jueus de la regió, funció que hauria acomplert el 1291 (Saige, 1881).

2.1. Bonjorn del Barri era un jueu acabat del Rosselló a qui el rei Sanç de Mallorca havia atorgat el privilegi de viatjar i comerciar lliurement per tot el país, i l'havia distingit amb el privilegi de no portar la roda o cap altre signe distintiu judaic, essent autoritzat a formar part de l'aljama de Perpinyà

(Archives Municipales de Perpignan, B94 f. 45v; Régné, 1978, pàg. 602). Tot això succeïa el 12 de setembre de 1323, uns anys abans de la seva mort, la data de la qual roman imprecisa, però degué produir-se abans del 3 d'octubre de 1327.

En efecte, en el seu testament degué imposar certes obligacions al seu fill i hereu, David Bonjorn del Barri, també resident a Cotlliure (Rosselló) i que consistien a poder residir a Perpinyà durant deu anys, no prestar diners al rei de Mallorca o als seus cortesans abans del vintè aniversari del rei, no poder exercir de fiador de ningú, excepte de les seves germanes, i no poder arrendar ingressos reials. Hom desconeix les raons d'aquestes condicions, però sí sabem que foren anul·lades pel rei Jaume II d'Aragó el 3 d'octubre de 1327 (ACA, reg. 230, f. 125v; Baer, 1929, I, pàgs. 256-258).

2.2. David Bonjorn del Barri heretà les possessions del seu pare, perquè en fou l'únic fill mascle. Tingué algunes germanes, com ho indica el text del testament mencionat anteriorment. Una d'elles es deia Venges i era casada amb Bonafós de l'Argentera, el cèlebre escriptor hebreu anomenat Josef Kaspí (Emery, 1976, pàgs. 27-32).

Sobrequés (1975, pàg. 166) situa el naixement de David Bonjorn del Barri a Cotlliure vers el 1300. David es casà amb una hebreu de la ciutat d'Arlès (Provença), però el matrimoni fou dissolt abans de consumir-se, car l'esposa fou declarada dement. El rei Alfons el Benigne autoritzà David, el 15 de febrer de 1332, a contraure noves noces amb Ester, filla d'Astruc Caravita, negociant famós i ric, afincat a Girona, i a traslladar-se a aquesta ciutat (ACA, reg. 484, f. 117). L'autor de les taules astronòmiques, el nostre Jacob ben David Bonjorn, possiblement fou fruit d'aquest matrimoni.

David Bonjorn devia tenir un caràcter difícil, en tot cas insuportable per a Ester. Sobrequés (1975, pàg. 163) apunta: "Potser era un maniàtic que només vivia per a la ciència; no ho sabem prou bé". El cert és que el 1337, després de cinc anys de vida en comú, David inicia un procés de divorci que Ester impedeix amb el mètode expeditiu de retenir els llibres i els instruments científics del seu marit. Baer recull les lamentacions de David Bonjorn davant d'aquesta acció (Baer, 1981, pàg. 320):

"Car sabien que hi havia llibres, instruments i mobles molt cars als meus ulls i que difícilment podrien forçar-me i obligar-me amb qualsevol altra mena de coerció millor que la de privar-me'n, pel meu interès, la meua voluntat i els meus anhels per ells, car són les meves riqueses principals."

Ester aconseguí el seu propòsit i, aquell mateix any, David presentà un escrit de repudi de la seva esposa davant del tribunal hebreu de Perpinyà, el qual emeté sentència de divorci. Sembla que David no devia quedar del tot d'acord amb el veredict i intentà anul·lar certes clàusules de la sentència de divorci. És per això que requerí l'ajut del procurador del rei de Mallorca, el qual pressionà el tribunal. És possible que David no estigués en condicions de tornar el que devia ser la quantiosa dot d'Ester. Per la seva banda, aquesta mobilitzà les autoritats municipals de la seva ciutat, Girona, les quals s'adreçaren al tribunal de Perpinyà. Tot aquest enrenou es traduí en una llarga polèmica en la qual participaren rabins d'ambdós costats dels Pirineus i de la qual existeixen diversos comentaris documentats (Gross, 1897). El resultat final fou la sanció del divorci.

Cap al 1340, David Bonjorn continua a l'aljama de Perpinyà i és exempt del pagament de l'impost de cabeçatge (Vidal, 1887-88, pàg. 37).

David Bonjorn del Barri devia ésser un astrònom molt acreditat, al servei de la casa reial. El 1352 continuava vivint a Perpinyà, segons que es desprèn d'una carta que li envia el rei Pere el Cerimoniós i a través de la qual li demana una làmina d'astrolabi (ACA, reg. 1140, f. 53v; Bofarull, 1901, pàg. 115):

“Molt nos maravellam com nons has acabada et tramesa la taula del estelabre quet manam fer. Perquet manam expressament que la dita taula acabes ens trametes sens tardança. E ço no muts per res saben que si ho tardaves quens seria greu. Datum ut supra [28 de gener de 1352]. A Davi Bonjorn juheu de Perpenya”.

En un temps indeterminat, que Gross (1897, pàg. 469) fixà el 1362, Yehudà Mosconi (Leo Grech) afirma que havia conegut a Perpinyà, entre d'altres, dos savis, David Bonjorn i el seu pare. Segons Jaume Riera, no és impossible que a Mosconi li fallés la memòria, perquè no fou a temps de conèixer el pare de David Bonjorn (finat, com ja ha estat dit abans, no més tard del 1327). En realitat, Mosconi devia conèixer David Bonjorn i Jacob ben David Bonjorn, el seu fill, també expert en astronomia. Mosconi és autor d'un comentari sobre l'obra d'Ibn Ezra en la qual qualifica David Bonjorn com un dels astrònoms més importants del seu temps.

David Bonjorn del Barri tenia un parent, Naçan del Barri, constructor de quadrants i astrolabis. El 26 d'agost de 1356, el rei Pere el Cerimoniós anomenava familiar seu Naçan del Barri, de Perpinyà, expert en l'art “*construendi instrumenta horologium et astrologiorum*” (ACA, reg. 899, f. 75v; Rubió, 1908-21, II, pàg. 143). Aquest devia construir algun instrument per a la casa reial ja que el rei li reclama a través del governador, des de

Bell-lloc el 10 de novembre de 1362, un astrolabi que li havia ordenat que construís (ACA, reg. 1183, f. 115; Bofarull, 1901, pàg. 116):

“Governador sapiats que Natan del Barri nos devia trametre en Barchinona lestalabre lo qual nos habia fet e ia sia lo dit Natan nos havia fet saber quen Vidal Ferrer jueu de Barchinona nos daria lo dit estalabre lo qual ell li havia tramès, emperò ne lo dit Vidal Ferrer és vengut devant nos ne sabem per qual raó sa estat ne havem haut lo dit estalabre per que us dehim eus manam que façats quel dit Naçan del Barri vos do lo dit estalabre, quens ha ya fet, o queus ens fasa altre sens tarda, e trametets lons encontinent a Montço”.

Existeix una altra referència d'aquest tipus, més tardana, continguda en una carta que el rei envia el 8 de març des de Barcelona al senescal de Carcassona, en la qual recomana Açan del Barri, “*judeum domesticum nostrum, magistrum alrotgi nostri*” (ACA, reg. 1240, f. 60; Rubió, 1908-21, II, pàg. 172); deu tractar-se del mateix constructor d'instruments, que s'hauria traslladat a Carcassona.

2.3. Jacob ben David Bonjorn és l'autor al qual s'atribueixen els cànons i les taules astronòmiques calculades per a la latitud de Perpinyà i amb l'any 1361 com a data *radix*. Sobrequés (1975, pàgs. 165-166) es pregunta si no hauria nascut a Girona i afirma que, encara que manca la prova documental, no hi ha altre remei que admetre-ho i fixa la data de naixement entorn del 1333. És una possibilitat; però l'activitat desenvolupada per Jacob l'associa plenament a Perpinyà: les taules astronòmiques que compilà s'inicien amb les conjuncions i oposicions del Sol i de la Lluna de l'any 1361 i són calculades per a la latitud geogràfica de 42° 30', valor atribuït pels astrònoms medievals a la vila de Perpinyà, encara que aquest nom no apareix explícitament als cànons de Bonjorn.

Jacob ben David Bonjorn és designat de formes molt diverses en els manuscrits existents de la seva obra, la qual cosa deriva del difícil problema que plantegen els noms dels jueus catalans (Romano, 1986, pàgs. 67-69). De vegades és anomenat Jacob Po'el (en hebreu, *po'el* significa “obrer”, i es tractaria aquí d'un apel·latiu personal) i també ha-Po'el, o bé Jacob ben David ben Yomtob (en hebreu, *yomtob* significa “bon dia”, i només es troba com a prenom), Jacob ben Yomtob Po'el, Bonet David Bonjorn, i altres formes derivades de lectures incorrectes del nom hebreu. Segons Gross (1897, pàg. 471), “el nom complet és Jacob ben David ben Yomtob Po'el, anomenat Sen Bonet Bongoron o Bonjorn”.

Una indicació de David Romano ens ha permès de reconèixer Jacob (Bonet) ben David Bonjorn com a astrònom al servei del rei Pere el Cerimoniós. En un registre de l'Arxiu del Reial Patrimoni (ACA, RP, reg. 828, f. 78), Bernat d'Olzinelles, tresorer reial, autoritza un pagament a Bonet David Bonjorn, "jueu de la casa del senyor rei". El pagament s'estén per dos mesos d'estada (del 24 de maig al 31 de juliol de 1356) de Bonjorn a la Cort, aleshores establerta a Perpinyà. No podem precisar l'activitat que dugué a terme Bonjorn en aquests mesos, però sí que cal pensar que l'objecte del treball era relacionat amb l'astronomia (Chabàs-Roca-Rodríguez, 1988a). Segons Jaume Riera, el contingut d'aquesta nota registral certifica que Bonjorn havia estat integrat al servei de la casa reial. Així, Bonjorn seguia la tradició familiar de vinculació a la Corona d'Aragó a través de l'astronomia.

Vidal (1887-88, pàg. 18) recull un episodi curiós que pot contenir una altra referència a Jacob ben David Bonjorn. Data del 1381, quan Jacob devia tenir 48 anys, i consta als registres del notari de Perpinyà Guillem Fabre. El 3 de setembre d'aquell any, Boffilius Struch, jueu de Perpinyà, es queixa d'haver rebut cops i una ferida propinats per un tal Jaco Dauí, també jueu de Perpinyà. En la disputa intervingueren com a "homes bons" Bonanasch Cresques Alphaquim, Mosse Maier, Benditus Salamonis, Samiel Salom i Vives Mosse, els quals condemnaren Jaco Dauí al pagament de 35 florins per la "naffra" feta a Boffilius i al desterrament del Rosselló durant tres anys. Sembla ser que la sentència rebé el vist i plau del governador. No sabem gaire cosa més de la vida i de l'obra de Bonjorn. Tanmateix, alguns autors li atribueixen altres fets. Així, segons Renan i Neubauer (1893, pàg. 701), Bonet Bonjorn hauria escrit uns comentaris relacionats amb la geometria del con a les taules d'un altre il·lustre astrònom jueu, Jacob ben Makhir; és una dada que també recull Sarton (1943, vol. III, part II, pàg. 1516), i que ha estat examinada recentment per T. Lévy (1989).

També li ha estat atribuït un tractat sobre l'utilitat de l'astrologia per a la medicina, però segons Gross (1897, pàg. 471) deu tractar-se d'un error i l'autor d'aquest tractat ha d'ésser identificat amb David ben Yomtob ibn Billa, escriptor filosòfic resident a Portugal el 1338, atret pel misticisme i l'astrologia.

No pot descartar-se que en la confecció de les taules astronòmiques que ens han arribat participés el pare de Jacob, David Bonjorn del Barri, astrònom prou reconegut. Fins i tot és fàcil de pensar que ho fes molt activament, bé en la fonamentació i el disseny de l'estructura de les taules, bé en el càlcul que comporten. El 1361, Jacob podia tenir uns 28 anys i era reconegut com a col·laborador del rei des del 1356; David, el pare, podia tenir 61 anys. Potser ja era mort, no ho sabem; l'última referència de què disposem sobre aquest últim data del 1352. Les dates permeten contemplar

la hipòtesi que el treball relacionat amb les taules es plantegés o s'iniciés en col·laboració i que, a la mort de David, Jacob finalitzés el treball i escrivís els cànons explicatius del maneig de les taules. És una hipòtesi que podria ser relacionada amb el fet que els cànons contenen referències molt escasses als elements astronòmics i a les fonts en què es fonamenten les taules.

2.4. David Bonet Bonjorn, el fill de Jacob ben David Bonjorn, nasqué segurament a Perpinyà. Les dues notícies biogràfiques que li són atribuïdes han de posar-se en dubte.

Segons la primera, el 1390 residia a Girona, almenys de forma temporal, i el 8 de juny d'aquell any s'examinava a la Universitat de Perpinyà i hi era autoritzat a la pràctica de la medicina (Baer, 1929, I, pàg. 259). Aquesta afirmació contrasta amb el fet que en aquella universitat no s'hi conferien títols als jueus.

L'altra notícia ha estat considerada per Feliu (1986, pàgs. 58-59) com "un rumor històric". La història comença el 1391 quan, arran dels pogroms, David Bonet Bonjorn hauria estat obligat a convertir-se al cristianisme. Tanmateix, hauria decidit embarcar cap a Palestina, per tal de recuperar allà la fe jueva, amb el seu amic, el filòsof, astrònom i filòleg Profiat Duran (Isaac Moisès ha-Leví, anomenat Efodi pels cristians), també forçat a la conversió. En l'últim moment, i per la influència del també renegat Pablo de Santa Maria, el nom jueu del qual havia estat Salomón ha-Leví, David Bonet Bonjorn es tirà enrera de la decisió que havia pres i envià un escrit al seu amic Duran fent-li saber que pensava romandre en Crist i l'animava a seguir el seu exemple. Uns anys més tard, Duran hauria escrit una carta satírica intitulada *Al tebí ka-avotekba* (No siguis com els teus pares), que tingué molt d'èxit en els mitjans filosòfics i literaris amb la denominació "alteca boteca" i en la qual Duran hauria fet una defensa apassionada del judaisme al mateix temps que condemnava el seu antic amic i deixeble. Feliu ha indicat que aquesta notícia, transmesa per diversos erudits en termes voluntàriament èpics, és fruit de la fantasia del prolífic escriptor Joseph ben Shem Tov (1400-1460?).

PART II

ANÀLISI DEL CONTINGUT ASTRONÒMIC





## CAPÍTOL 3

### EL CICLE LUNI-SOLAR DE 31 ANYS

#### 3.1. DEFINICIÓ DEL CICLE

A la introducció dels cànons explicatius de les taules, Bonjorn planteja el problema de determinar el període de temps que triguen el Sol i la Lluna a recuperar simultàniament llurs posicions inicials. L'objectiu n'és l'elaboració d'unes taules de sizígies veritables amb un període de recurrència que permeti d'atribuir-les un caràcter perpetu. El fet que les taules donin les sizígies veritables s'ha de relacionar amb llur ús: el càlcul dels eclipsis.

Al text, que conté una de les poques referències explícites a la teoria ptolemaica, seguida per pràcticament tots els astrònoms medievals, Bonjorn explica que després de molts esforços ha pogut trobar un període adequat al seu propòsit. El manuscrit Ayer 746 de la Biblioteca Newberry de Chicago, que d'ara endavant anomenarem Ch, i que és transcrit a l'apèndix II, diu en els paràgrafs (§) 14 i 15:

“Emperò, per tot açò, no he cessat de cercar similitud de la revolució la qual nosaltres sabem en los moviments eguals (...) fins que he trobat algun temps que comprèn en movime[n]ts eguals del sol e de la luna en lo qual circueix la lluna revolucions del[s] seus retornaments en lo seu moviment atribuït al episcicla proprincament. E sdevén se ab açò que és tornat lo sol prop de son loch del aug del seu ecèntrich, e aquest temps és .xxx. any[s] egipcians .ix. jorns .xxiii. hores .xxxiiii. minuts e .xi. segons quasi”.

Com que l'any egipcià té exactament 365 dies, el període trobat per Bonjorn, que designarem amb la lletra  $c$ , és de  $c = 11.324,982072$  d, o bé, en la notació sexagesimal,  $c = 3,8,44;58,55,27,30$  d.

La durada del cicle de Jacob ben David Bonjorn ofereix l'avantatge, com veurem més endavant, de diferir molt poc d'un nombre enter de dies, ja que la diferència no arriba a 26 min.

La precisió explicitada per Bonjorn per al seu cicle és d'un segon, car acaba dient "11 segons quasi", però al capítol 4 ja veurem què hi ha darrera aquest "quasi".

Després d'especificar la durada del seu cicle, Bonjorn indica el nombre de mesos sinòdics que comprèn (Ch, §16):

"E és notori, per ço que és declarat de la quantitat del mes lunar, que lo dit temps comprèn ab si .ccc.lxxxiii. mesos e mig (...)".

Aquest període de recurrència de les sizígies no es troba a la bibliografia astronòmica anterior, sigui hebraica, islàmica o cristiana, tal com ho hem pogut comprovar mitjançant una àmplia revisió de la bibliografia i moltes converses amb Bernard R. Goldstein (Universitat de Pittsburgh), Edward S. Kennedy (Universitat de Princeton) i Julio Samsó (Universitat de Barcelona).

El cicle de 31 anys és, doncs, una innovació aportada per Jacob ben David Bonjorn a l'astronomia.

La definició d'un cicle de recurrència com aquest planteja una primera pregunta, la de la seva exactitud. La durada dels mesos sinòdics és una quantitat que, a diferència de les altres dues quantitats emprades històricament per a la mesura del temps (el dia solar i l'any solar), és extraordinàriament variable, perquè l'òrbita lunar es troba sotmesa a un nombre molt elevat de factors de pertorbació.

Y. Maeyama (1979) calculà les desviacions màximes de temps que es produeixen, havent passat un nombre  $s$  qualsevol de mesos sinòdics, respecte a la durada mitjana d'aquestes  $s$  llunacions. En deduí que existeixen determinats nombres de llunacions després de les quals es restableixen les posicions del Sol i de la Lluna amb una precisió suficient, i que aquesta precisió millorava com més gran era el nombre de llunacions considerat. Aquests nombres determinats de llunacions permeten que es defineixin altres unitats de temps més llargues; la més coneguda es denomina *saros* i és un període de 223 mesos sinòdics que ja es troba a l'astronomia babilònica. El cicle de 223 llunacions reproduïx la geometria inicial del sistema Terra-Lluna-Sol, i la desviació màxima del temps entre 223 llunacions i llur durada mitjana és de 0,062 dies, és a dir a prop d'una hora i mitja.

Només en dues ocasions de les considerades per Maeyama, quan el nombre de llunacions és inferior a 5.000, s'obté una desviació màxima inferior a la del *saros*: es tracta dels cicles de 767 i de 4.267 llunacions. En el primer cas, la desviació màxima és de 0,041 dies; el cicle de 767 mesos sinòdics, per tant, reproduïx les posicions de tots dos astres amb molta exactitud, en tot cas millor que el cicle tradicional de 223 llunacions. L'enfocament de Maeyama, que d'altra banda no és gens evident, és una

manera d'avaluar l'exactitud d'un cicle; malgrat el seu caràcter críptic, ens ofereix una pista sobre el cicle que ens ocupa.

Com es llegeix al segon paràgraf transcrit, el cicle de Bonjorn conté 383,5 mesos sinòdics i, per tant, 767 sizígies consecutives. És un període singular, perquè conté un nombre semienter de llunacions, de manera que les conjuncions del primer cicle es transformen en oposicions al segon, i de nou en conjuncions al tercer, i així successivament. Passat un cicle, es reproduïx l'instant de les sizígies, però la posició de la Lluna difereix  $180^\circ$  de la inicial. Aquesta dificultat desapareix si hom considera que el cicle de Jacob ben David Bonjorn és més aviat un període d'uns 62 anys (2c), amb 767 llunacions. Per raons de presentació i de càlcul, ja ho veurem més endavant, Bonjorn preferí presentar el seu cicle en forma de 31 taules amb 383,5 mesos sinòdics (767 sizígies).

Per a tenir una primera idea del funcionament del cicle cal recordar que tot cicle de  $J$  dies que vulgui ésser de recurrència d'eclipsis ha de complir que  $J$  sigui alhora igual a un nombre enter de: a) llunacions (període entre dues fases idèntiques de la lluna); b) anys dracònics (període de la revolució sinòdica dels nodes lunars respecte al Sol); c) mesos dracònics (període entre dos passos successius de la Lluna pel node ascendent); d) anys anomalístics (període entre dos passos consecutius del Sol pel seu perigeu); e) mesos anomalístics (període entre dos passos consecutius de la Lluna pel seu perigeu). El cicle perfecte seria aquell en el qual coincidissin aquests cinc nombres enters, però aquesta circumstància es produeix solament de forma aproximada. Amb els paràmetres presos de Danjon (1959), vàlids per al 1900,0 i que figuren a la primera columna del quadre següent, els termes de comparació entre el *saros* i el cicle de Bonjorn són:

		Saros (223 llunacions)	Bonjorn (767 llunacions)
a)	29,5305881 d	$J = 6585,32115$ dies	$J = 22649,96107$ dies
b)	346,6196901 d	18,99868 anys dr.	65,34522 anys dr.
c)	27,2122178 d	241,99869 mesos dr.	832,34528 mesos dr.
d)	365,259641 d	18,02915 anys an.	62,01058 anys an.
e)	27,5545502 d	238,99215 mesos an.	822,00438 mesos an.

Al *saros* es "compleixen" les quatre darreres condicions, però el nombre de dies,  $J$ , no és enter (hi ha un desfasament d'unes 8 hores). Al cicle de Bonjorn es "compleixen" tres condicions i l'avantatge és que el nombre de dies,  $J$ , és quasi enter. En un cicle com el de Bonjorn caldrà incorporar correccions als diversos moviments a què estan sotmesos el Sol, la Lluna i els seus nodes a fi de reproduir la geometria dels eclipsis. Aquestes correccions van apareixent a les taules successives.

### 3.2. TAULA DE SIZÍGIES

Les taules de Jacob ben David Bonjorn gaudiren d'una difusió considerable. Apareixen a més de cinquanta manuscrits, en especial del segle XV, escrits en hebreu, llatí, català o grec (vegeu l'apèndix I), i, en algunes ocasions, es troben en manuscrits miscel·lanis emprats per a l'ensenyament, on solen constituir el capítol dedicat a la Lluna.

Les taules, que publiquem a l'apèndix III, s'agrupen en cinc conjunts diferents:

- 1) taula de sizígies (analitzada al present capítol);
- 2) taula de les correccions de les posicions del Sol i de la Lluna (capítol 4);
- 3) taula de paral·laxi (capítol 5);
- 4) taula dels eclipsis de Sol (capítol 6);
- 5) taula dels eclipsis de Lluna (capítol 6).

La taula de sizígies (taula 1, pàgs. 226 i ss.) conté 31 subtaules consecutives, una per cada any del cicle. Serveixen per als anys que van del 1361 al 1391, tots dos inclosos. És una taula de sizígies veritables, és a dir, de conjuncions i oposicions veritables, de les quals n'hi ha especificades 767 de consecutives.

Les primeres columnes permeten de saber l'època de cada sizígia: el mes, el dia del mes, el dia de la setmana (F), l'hora i el minut (HORA SZ.). Les dues columnes següents van sota l'encapçalament "*equatio substraenda*", que és una correcció expressada en minuts i segons del temps i serà analitzada a l'apartat 4.4. Les columnes V.L.S. contenen la posició del Sol sobre l'eclíptica per a cada sizígia, que va expressada en unitats d'arc: signes (1s = 30°), graus i minuts. A les tres darreres columnes s'especifica l'argument de latitud de la Lluna (A.L.L.) a l'instant de cada sizígia, també en unitats d'arc: signes, graus i minuts.

A l'encapçalament de cada una de les 31 subtaules consta l'any del cicle 1361-1391 per al qual s'ha d'utilitzar, o simplement el nombre d'ordre de la subtaula dins el cicle. Tot seguit hi ha 9 nombres que formen una petita taula adjunta que nosaltres hem anomenat "taula del 9" (vegeu l'apartat 4.2). Al costat de l'any hi ha la lletra 'b' acompanyada d'un nombre natural comprès entre 1 i 4 (vegeu l'apartat 4.3).

### 3.3. DEFINICIÓ DE MAGNITUDS BÀSIQUES

#### 3.3.1. *Dia*

Segons consta als cànons, per a Bonjorn el començament del dia se situa al migdia (Ch, §44):

“(…) lo nombre de les horas e dels minuts (…) après lo mig jorn (…)”.

Així, Bonjorn, seguint el criteri de gairebé tots els astrònoms, evita de definir el dia en funció de la sortida i la posta del sol (cosa que introduiria una dependència en relació a la latitud geogràfica) i fa servir el dia astronòmic.

Per a Bonjorn el dia astronòmic comença 12 hores més tard que el dia civil que porta el mateix número, criteri contrari a l'adoptat per altres astrònoms anteriors, per exemple els alfonsins, però que s'acabà imposant. En conseqüència, a l'hora del dia indicat per Bonjorn se li han d'afegir 12 hores per a obtenir l'hora i el dia corresponents al calendari julià.

Quan les taules especifiquen un instant del dia, per exemple el 7 de març de 1361, 4;57 h, cal entendre que han passat 7 dies de març i 4 hores 57 minuts.

D'altra banda, quan les taules especifiquen un instant de temps, es tracta de temps local veritable, tal com ho adverteix explícitament Bonjorn una mica més endavant (Ch, § 45):

“E vull dir com dich ‘mig Jorn’, mig Jorn visible, no pas mig Jorn agual”.

En efecte, com veurem a l'apartat 3.6, els instants que especifica Bonjorn ja duen incorporada la correcció deguda a l'equació del temps.

### 3.3.2. Any

A les taules, l'any comença l'1 de març, de manera que l'any especificat va endarrerit dos mesos (gener i febrer) respecte al nostre any civil (julià). Així, la conjunció del 7 de març de 1361 que apareix a la taula de sizígies és la primera d'aquest any i és efectivament una data del mes de març de l'any julià de 1361. Per contra, l'oposició que segons Bonjorn es produí el 10 de gener de 1361 va tenir lloc al començament de l'any julià de 1362, segons el nostre calendari.

### 3.3.3. Dies de la setmana

A les taules, els dies de la setmana van especificats per mitjà de nombres naturals a partir del diumenge (=1), de manera que:

dilluns	= 2	dimarts	= 3	dimecres	= 4
dijous	= 5	divendres	= 6	dissabte	= 7

### 3.4. COORDENADES GEOGRÀFIQUES

Als cànons hi figuren les coordenades geogràfiques del lloc per al qual Bonjorn elaborà les taules, lloc del qual, per cert, no esmenta el nom. Bonjorn es refereix a la longitud al primer capítol dels dos que tenen els cànons (Ch, §44):

“(…) en aquest orizon, qui és la sua longitud de occident .xxxii. graus e mig, e és distant a Jherusalem en vers occident dues hores e terç”.

A la menció de Jerusalem, ben normal en un savi jueu, Bonjorn indica que la ciutat santa es troba a  $35^\circ$  a l'Est de la seva ciutat i, doncs, a uns  $67;30^\circ$  del meridià considerat origen de les longituds, situat tradicionalment a les Illes Afortunades.

Per a la latitud del lloc, el text diu el següent (Ch, §104):

“(…) en aquest orizon, en lo qual ha lo pol de altitud .xlii.xxx.”

Aquestes coordenades geogràfiques ( $L = 32;30^\circ$  i  $\varphi = 42;30^\circ$ ) corresponen a la ciutat de Perpinyà, situada a la vora de l'antiga Ruscinum romana de la Gàl·lia Narbonesa que apareix a la *Geografia* (II, 10) de Ptolemeu. Tot i que Perpinyà no és esmentada explícitament als textos consultats, consta documentalment que Bonjorn visqué a Perpinyà, on entrà al servei del rei Pere el Cerimoniós el 1356, quan la cort de la corona d'Aragó es traslladà a aquesta ciutat rossellonesa (vegeu el capítol 2).

### 3.5. MES SINÒDIC RESULTANT

Malgrat les variacions considerables dels mesos sinòdics, llur mitjana té un valor molt estable quan hom considera un nombre prou elevat de llunacions consecutives. La durada del mes sinòdic mitjà no és explicitada al text, ni tampoc la del mes sinòdic. Això no obstant, fent les diferències entre els instants de les diverses sizígies del mateix tipus que hi ha a la taula hom pot obtenir les durades reals de les llunacions successives i, doncs, el valor mitjà del mes sinòdic:

$$\begin{aligned} \langle S \rangle &= 29 \text{ d } 12 \text{ h } 44 \text{ min } 3,16 \text{ s} \\ &= 29,5305921 \text{ d} \\ &= 29;31,50,7,53,39,49 \text{ d.} \end{aligned}$$

D'altra banda, la durada del mes sinòdic mitjà varia lentament amb el temps. Disminueix secularment d'acord amb l'expressió (Tuckerman, 1964)

$$(1) \quad \langle S(t) \rangle = 29,5305883 - 3,54 \times 10^{-9} t,$$

en la qual hom ha menyspreat els termès no lineals i  $t$  s'expressa en anys julians a partir de 1800,0 Gener 0,12 h TE. Prenent  $t = -450$ , el mes sinòdic mitjà que hom obté, amb una teoria moderna del moviment de la Lluna, per a una data de prop de 1350, és 29,5305899 dies = 29 d 12 h 44 min 2,97 s, és a dir, uns 0,2 segons menys que el valor adoptat per Jacob ben David Bonjorn.

Malgrat tot, el problema principal no és saber si el valor de  $\langle S \rangle$  emprat per Bonjorn a les seves taules s'acosta molt al valor que hauria de tenir  $\langle S \rangle$  a la seva època, sinó trobar la procedència d'aquest paràmetre i, amb ella, determinar a quina tradició astronòmica s'ha d'inscriure aquest aspecte fonamental de les taules de les sizígies de Bonjorn.

Per a fer-ho hem considerat (Chabàs, 1988) els valors del mes sinòdic mitjà emprat per diversos autors: Ptolemeu, al-Battānī, Azarquiel, Abraham b. Hiyya, Maimònides, Abraham ibn 'Ezra, Alfons X i Levi ben Gerson, entre d'altres. Alguns d'aquests són citats explícitament als cànons de Bonjorn, altres pertanyen a tradicions astronòmiques que estaven a l'abast dels astrònoms del segle XIV. Al quadre següent hi ha els valors de  $\langle S \rangle$  (en dies) emprats per alguns d'aquests autors i, a la columna de la dreta, la diferència (en segons) entre la durada del cicle de Bonjorn i la que es deduiria fent servir cada un d'aquests valors de  $\langle S \rangle$ .

	Mes sinòdic mitjà $\langle S \rangle$	Diferència
Ptolemeu	29;31,50,8,20	+ 67 s
Alfons X	29;31,50,7,37,27,8,25	- 41 s
Levi ben Gerson	29;31,50,7,54,25,3,32	+ 2 s

Aquesta diferència de 2 segons amb el valor donat per l'astrònom jueu del Llenguadoc Levi ben Gerson (1288-1344) (Goldstein, 1969, 1972, 1974, 1985a) assenyala un camí molt concret per a determinar la procedència d'aquest i d'altres paràmetres emprats a les taules de Jacob ben David Bonjorn. Encara més, quan hom considera l'aproximació amb solament quatre xifres sexagesimals del paràmetre de Levi, la petita diferència de 2 segons es redueix a menys d'un. Aquest fou el primer indicatiu que ens menà progressivament a mirar de reconstruir les taules de Bonjorn a partir de dades de Levi i, alhora, a anar descartant altres fonts astronòmiques.

En conclusió, és molt probable que Jacob ben David Bonjorn se servís del valor de la revolució sinòdica mitjana de Levi ben Gerson, que apareix al capítol 64 de la seva *Astronomia*, continguda a la seva obra *Milhamot*

*Adonai* (Guerres del Senyor), o d'alguna aproximació a aquest valor. La fins ara probable influència de Levi damunt l'obra de Bonjorn és, doncs, un element que caldrà tenir molt en compte a l'hora d'analitzar el contingut astronòmic de les taules.

### 3.6. DETERMINACIÓ DE L'INSTANT I L'ÈPOCA DE LA SIZÍGIA VERITABLE

#### 3.6.1. Plantejament del problema

Com ja hem dit abans, les primeres columnes de la taula 1 permeten de conèixer l'època de cada sizígia (conjunció i oposició, alternativament) per a les 767 sizígies consecutives contingudes al cicle de 31 anys bàsic (1361-1391).

Les taules de Bonjorn donen les sizígies veritables, i no les mitjanes, com solen fer les taules astronòmiques clàssiques. Aquest fet els confereix un cert caràcter d'almanac, en el sentit que proporcionen directament el resultat de càlculs difícils i complicats i així fan possible que les utilitzi un públic més ampli i fins i tot aliè als "secrets" de l'astronomia.

Per a determinar l'instant d'una sizígia veritable a partir de la sizígia mitjana corresponent, considerem les longitududs de la Lluna i del Sol comptades des del punt vernal:

$$(2) \quad \lambda_m = \langle \lambda_m \rangle + c_m, \quad \lambda_s = \langle \lambda_s \rangle + c_s,$$

on  $c_m$  és la correcció lunar i  $c_s$  la correcció solar. A la figura 1 hi ha les posicions mitjanes i veritables del Sol i de la Lluna a l'instant d'una sizígia mitjana.

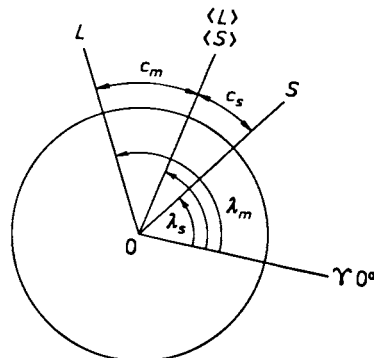


Figura 1



La diferència entre aquestes dues longituds és l'elongació i és tal que

$$(3) \quad \begin{aligned} \eta &= \lambda_m - \lambda_s && \text{(a la conjunció)} \\ \eta &= \lambda_m - \lambda_s + 180^\circ && \text{(a l'oposició).} \end{aligned}$$

Així, el temps  $\Delta t$  entre la conjunció mitjana i la conjunció veritable és el temps que transcorre fins que un astre (la Lluna) atrapa l'altre (el Sol) a la velocitat  $v_m - v_s$ . Va donat per

$$(4) \quad \Delta t = (c_s - c_m) / (v_m - v_s),$$

on  $v_m$  és la velocitat de la Lluna i  $v_s$  la velocitat del Sol a l'instant de la sizígia, totes dues expressades en graus/hora.

L'expressió (4) es pot escriure també de la forma

$$(5) \quad \Delta t = -\eta / (v_m (1 - v_s / v_m)),$$

si hom té en compte (2) i (3).

En elaborar les seves taules, Ptolemeu (Pedersen, 1974; Neugebauer, 1975; Toomer, 1984) considerarà que el quocient  $v_s / v_m$  era constant i igual a 1/13, de manera que

$$(6) \quad \Delta t = -13 \eta / 12 v_m,$$

expressió en la qual  $v_m$  depèn de l'anomalia lunar. Les taules contingudes a l'*Almagest* permeten de conèixer directament  $c_m$ ,  $c_s$  i  $v_m$  en cada cas (*Alm.*, IV, 10).

L'enfocament pres per Levi ben Gerson (Goldstein, 1974, pàgs. 136-143) és molt diferent. Consisteix a desdoblar el temps  $\Delta t$  en quatre components i a construir una taula específica per a cada un. Els dos primers,  $T1$  i  $T2$ , expressats en hores, només depenen de l'anomalia solar. Tenen incorporada l'equació del temps, cosa que garanteix que els resultats obtinguts proporcionin un temps solar veritable i no un temps solar mitjà. S'expressen així:

$$(7) \quad T1 = 13;18 + c_s / (<v_m> - v_s) - 0;4 c_s$$

$$(8) \quad T2 = 0;30 + 0;4 (\lambda - \alpha)$$

on  $<v_m>$  és la velocitat mitjana de la Lluna (per a la qual Levi agafa el valor de 0;32,56°/h),  $\alpha$  és l'ascensió recta del Sol i 0;4 és el factor sexagesimal que converteix en hores el temps expressat en graus. L'equació del temps

$E = E_0 + (\lambda - \alpha) - c_s$  conté a més un terme  $E_0$ , el seu valor inicial, que en el cas de Levi és de  $4^\circ$ .

El tercer component,  $T3$ , també expressat en hores, només depèn de l'anomalia lunar i va donat per

$$(9) \quad T3 = 9;56 - c_m / (v_m - \langle v_s \rangle)$$

on  $\langle v_s \rangle$  és la velocitat mitjana del Sol (per a la qual Levi adopta el valor de  $0;59,8,20^\circ/\text{d}$ ).

El quart component,  $T4$ , també en hores, és de la forma

$$(10) \quad T4 = 0;33 \pm R,$$

on  $R$  és un restant que Goldstein ha calculat a partir de les expressions (4), (7), (8) i (9). Els càlculs reproduïxen els valors que es troben a les taules corresponents, amb desviacions que no superen els 2 minuts de temps (Goldstein, 1974, pàg. 141). Aquí es pot fer notar que, per al càlcul de  $T3$ , hom obté resultats millors quan es fan servir els valors de la correcció lunar tabulats per Ptolemeu (*Alm.*, IV,10) que no amb els valors del mateix Levi.

El component  $T1$  apareix a la taula 40 (pàg. 229) i el component  $T2$  a la taula 41 (pàg. 231). A totes dues s'entra amb el dia del mes en què té lloc la sizígia mitjana. El component  $T3$  apareix a la taula 42 (pàg. 233), on s'entra amb els signes i graus de l'anomalia lunar. El component  $T4$  apareix a la taula 42 (pàgs. 235 i 237), on s'entra alhora amb l'anomalia lunar i amb la data de la sizígia. Aquesta taula, a diferència de les precedents, comporta una dificultat d'utilització especial; l'anomalia lunar hi és donada a intervals de  $15^\circ$  i la data a intervals de 4 dies, cosa que obliga a realitzar una interpolació doble.

### 3.6.2. Mètode de càlcul

Per tal de poder demostrar que, en la determinació de les dates i els instants de les seves sizígies veritables, Jacob ben David Bonjorn emprà les taules de Levi ben Gerson per a les sizígies mitjanes (taules 36-39) (Goldstein, 1974, pàgs. 218-228) i les taules de correccions esmentades (taules 40-43), hem realitzat el càlcul corresponent a cada una de les 767 sizígies del cicle de Bonjorn.

Les taules de sizígies mitjanes de Levi s'organitzen en "cercles". El cercle 1 conté totes les sizígies mitjanes dels anys 1321 a 1328, tots dos inclosos,

fins a un total de 99. A cada cas, s'especifica si es tracta d'una conjunció o d'una oposició, el dia i el mes en què es produeix, el dia de la setmana, l'hora i l'anomalia lunar. El cercle 2 abraça un període de 69 cercles-1, és a dir, 6.831 mesos sinòdics mitjans (uns 552 anys i 105 dies). El cercle 3 comprèn 40 cercles-2 (uns 22.091 anys) i el cercle 4 s'estén sobre 28 cercles-3 (més de 600.000 anys). Evidentment, per al càlcul de les sizígies de Bonjorn basten les dades del cercle 1 i les primeres línies del cercle 2.

D'altra banda, les taules de sizígies mitjanes de Levi estan calculades amb un mes sinòdic mitjà de 29;31,50 d i per a la longitud d'Aurenja (Provença). Com que la longitud d'aquesta ciutat no coincideix amb la longitud de Perpinyà, per a la qual foren calculades les taules de Bonjorn, caldrà introduir una correcció de temps equivalent a la diferència de longitud entre aquests dos llocs.

Un dels manuscrits que conté les taules de Levi especifica que Aurenja es troba a 9;46 h de l'extrem oriental (Goldstein, 1974, pàg. 135), cosa que equival a 146;30° l'Oest d'aquest meridià. Com que les taules de Bonjorn foren calculades per a Perpinyà, que es troba a 32;30° de l'extrem occidental (vegeu l'apartat 3.4), la diferència horària entre les dues ciutats és d'1°, que correspon a 4 minuts de temps. Aquesta dada concorda amb les longituds geogràfiques de totes dues localitats preses a partir del meridià de Greenwich (4° Est en el cas d'Aurenja i 3° Est en el de Perpinyà).

Per a explicar el mètode de càlcul de la sizígia veritable fet per Bonjorn, considerem l'exemple de la conjunció que tingué lloc el 3 de juny de 1361 (recordem que això vol dir que han passat tres dies complets de juny). Aquesta sizígia es determina a partir de la conjunció mitjana de l'any 1 del cercle 1, amb data del 26 de maig de 1321. Levi també indica que el dia de la setmana era 3 (dimarts), l'hora 20;42 h (comptada a partir del migdia), i l'anomalia lunar 1s 29;54°. Els quaranta anys entre la darrerria de maig del 1321 i el començament de juny del 1361 corresponen el pas de cinc cercles-1 i, per tant, cal referir-se a la línia 5 del cercle 2, on s'especifiquen les correccions additives degudes al pas de 40 anys. Així, hom hi llegeix que cal afegir 7 dies al 26 de maig, 1 dia al dia de la setmana, 15;26 h a l'hora de la sizígia mitjana i 5s 29;14° a l'anomalia lunar. Per tant, la sizígia mitjana cercada es produí el 2 de juny de 1361, al dia de la setmana 4 (dimecres), a les 36;08 h, i l'anomalia és 7s 29;08°. Havent determinat aquestes dades, cal entrar amb elles a les taules de correccions 40 a 43.

S'obren aquí dues possibilitats: entrar a les taules amb les 36;08 h del 2 de juny de 1361 (dimecres) o amb les 12;08 h del 3 de juny de 1361 (dijous).

La correcció T1 (taula 40) corresponent al 2 de juny és de 14;19 h (14;15 h per al 3 de juny).

La correcció *T2* (taula 41) corresponent al 2 de juny és de 0;33 h (igual per al 3 de juny).

La correcció *T3* (taula 42) corresponent a una anomalia de 7s 29;08° és d'1;35 h per a tots dos casos, després de fer una interpolació lineal entre els valors que corresponen a 7 s 29° i 7 s 30° = 8 s.

La correcció *T4* (taula 43) corresponent al 2 de juny i a una anomalia de 7 s 29;08° és de 0;32 h, després de fer una interpolació doble entre els valors tabulats per a anomalies de 7 s 15° i 8 s 0° i les dates del 28 de maig i el 4 de juny. Si s'hi entra amb el 3 de juny, la correcció *T4* també és de 0;32 h.

La suma de totes quatre correccions és 16;59 h (2 de juny) i 16;55 h (3 de juny). Al capítol 99, secció 3, de la seva *Astronomia*, Levi indica que s'han de restar 24 h a la suma de les correccions, cosa que ve del fet d'haver inclòs els termes additius 13;18 h, 0;30 h, 9;56 h i 0;33 h (no sumen pas 24 h sinó 24;17 h, car Levi té en compte l'equació del temps) a les expressions (7), (8), (9) i (10), amb el sol propòsit de no tabular valors negatius.

Per tant, la correcció de temps que cal afegir a l'hora de la sizígia mitjana (36;08 h del 2 de juny o 12;08 h del 3 de juny) és -7;01 en el primer cas i -7;05 en el segon; hom obté les 29;07 h del 2 de juny (5;07 h del 3 de juny) en el primer cas, o les 5;03 h del 3 de juny en el segon.

Finalment, com que la diferència horària entre Aurenja i Perpinyà és de 4 minuts cap a ponent, cal sostreure aquesta quantitat a les hores de les sizígies veritables, i hom obté 5;03 h en el primer cas i 4;59 h en el segon. A la taula de Bonjorn corresponent al 1361 hi diu que la conjunció es produï el 3 de juny (dia de la setmana 5, dijous) a les 4;59 h.

### 3.6.3. Resultats

Ens hem aturat especialment en tots els casos en què es produeix aquesta circumstància, que pot donar lloc a diferències de fins a 4 minuts de temps, com a l'exemple considerat, i hem trobat que a la majoria dels casos el segon mètode (entrar a les taules amb el dia següent si la suma de les hores és superior a 24 h) reproduceix millor els valors calculats per Bonjorn.

Hem calculat sistemàticament, sense recórrer a l'ordinador, les 767 sizígies veritables tabulades per Bonjorn, i ho hem fet a partir de les taules de Levi i seguint el mètode de càlcul descrit suara. La distribució de les diferències entre els valors calculats (*C*) i els de les taules de Bonjorn (*B*) apareix al diagrama de barres en la figura 2.

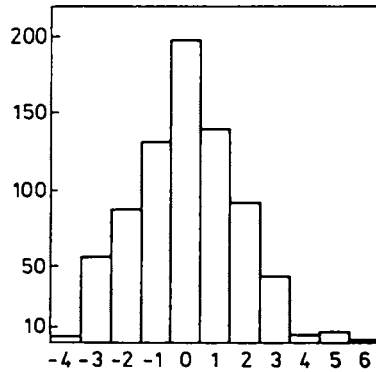


Figura 2

Hem col·locat a les abscisses els valors de les diferències  $C-B$  i a les ordenades la freqüència amb què apareixen. El diagrama mostra una distribució regular i ben centrada. Els valors numèrics concrets són els següents:

$C-B$ (min)	Freqüència
-4	4
-3	56
-2	87
-1	132
0	198
+1	140
+2	92
+3	44
+4	6
+5	7
+6	1

Com es veu al quadre,  $C-B = 0$  en un 25,8% dels casos i  $-3 \leq C-B \leq +3$  en el 97,7% dels casos. La restricció de  $\pm 3$  min imposada sobre la diferència entre el càlcul i el valor de Bonjorn és força estricta i, de tota manera, perfectament acceptable, atesa la dificultat de les diverses interpolacions, en especial la de la taula 42, i la magnitud dels errors de càlcul que aquestes poden provocar.

Això no obstant, encara hi ha 18 casos que superen aquests límits. Quatre d'aquests són negatius i corresponen a les sizígies del 26 de juny de

1382, el 8 de juny de 1385, el 3 de maig de 1387 i el 17 de juny de 1391. No sembla que aquests valors "singulars" procedeixin d'errors a les taules de Levi sinó que més aviat semblen atribuïbles a una equivocació de càlcul per part de Bonjorn. En efecte, en aquests quatre casos sembla que no hagi seguit el mètode citat abans, que consisteix a entrar a les taules amb el dia següent si la suma de les hores de la sizígia mitjana era de més de 24 hores. Degué fer el contrari, perquè si hom hi entra amb el dia anterior es reproduïen exactament els valors que dona Bonjorn a les seves taules.

Els altres 14 casos corresponen a diferències positives. Menys un, tots es produeixen en sizígies calculades per als mesos de novembre, desembre i gener de diferents anys (de 1376 a 1391), és a dir, pròxims als solsticis d'hivern. Aquí tampoc no sembla que els valors "singulars" procedeixin d'errors a les taules de Levi, sinó més aviat al fet que en aquests mesos les entrades dia a dia de les taules 40 i 41 varien molt de pressa, de manera que una equivocació d'un dia es tradueix en una diferència positiva de 4 o 5 minuts. Aquí també, si s'hi entra amb el dia anterior i no amb el següent, la concordança amb els valors donats per Bonjorn a les seves taules és pràcticament total.

El cas de diferència positiva que no correspon a sizígies pròximes al solstici d'hivern és el del 7 de juny de 1381, on la diferència és màxima:  $C-B = +6$  min. Senzillament es pot pensar que Bonjorn s'equivocà fent els seus càlculs i aventurar que potser només comptà 30 dies per al mes de maig en lloc de 31. Si hom torna a calcular la sizígia tenint en compte això, es reproduïx exactament el valor donat per Bonjorn.

Crida l'atenció que els 18 valors "singulars" corresponguin tots a sizígies posteriors al 1376, és a dir, a la segona part de les taules. Aquest fet potser es pot relacionar amb la possibilitat que els càlculs fossin duts a terme per dues persones diferents, possibilitat que ja hem suggerit quan ens referíem a la suposada col·laboració de Jacob ben David Bonjorn amb el seu pare, l'astrònom David Bonjorn del Barri (capítol 2).

Sigui com sigui, cal recordar que aquí es tracta de 767 càlculs individuals, per a cada un dels quals s'ha de consultar un mínim de 6 taules diferents i fer diverses interpolacions, una de les quals doble. Per a un calculador experimentat, cada un d'aquests càlculs de sizígies veritables exigeix almenys sis minuts de feina i el que sorprèn, en conseqüència, és que hi hagi tan pocs errors de càlcul a les taules de Bonjorn.

Els resultats dels càlculs suggereixen tres comentaris addicionals.

a) El temps  $\Delta t$  entre la sizígia mitjana i la veritable arriba a un màxim en la conjunció del 26 de març de 1381, quan la conjunció veritable és 14;32 h posterior a la conjunció mitjana. El temps  $\Delta t$  arriba a un mínim en la conjunció del 9 de setembre de 1371, quan la conjunció veritable és

13;56 h anterior a la conjunció mitjana. El temps  $\Delta t$  s'anul·la en l'oposició del 22 de juny de 1385.

b) L'oposició del 28 de febrer de 1362 es produí a Perpinyà a les 4;42 h (càlcul). Als manuscrits consultats, l'entrada corresponent de la taula és 5;41 h, cosa que és palesament un error de còpia. Degué ésser un error de còpia de molt al començament, ja que apareix així a 16 dels 17 manuscrits consultats. Solament apareix 4;41 en un manuscrit, el ms. Múnic 343, en hebreu i del qual hi ha còpia a l'Institute of Microfilmed Hebrew Manuscripts de Jerusalem, que Tzvi Langermann tingué l'amabilitat de consultar, a petició nostra. Sembla doncs que aquest manuscrit, de la primera meitat del segle XV, és un dels més fiables de tots els que contenen l'obra de Jacob ben David Bonjorn.

c) Com que el mètode de Levi per a determinar les sizígies és original dins la tradició astronòmica, el fet que les taules de sizígies de Bonjorn es puguin deduir de les de Levi posa de manifest una filiació molt segura.

### 3.7. DETERMINACIÓ DE LA POSICIÓ DEL SOL A L'INSTANT DE LA SIZÍGIA VERITABLE

#### 3.7.1. Plantejament del problema

Una vegada coneguda la data i l'instant en què es produeix cada una de les 767 sizígies veritables, amb l'ajut de la taula 1 podem determinar la posició del Sol (i de la Lluna) a cada una.

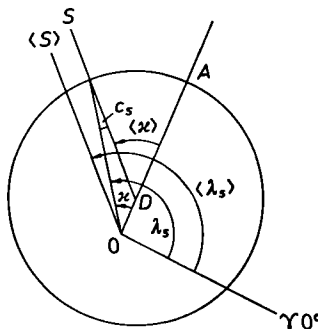


Figura 3

Considerem un model solar excèntric com el de la figura 3. L'òrbita solar descriu un cercle centrat a D, i l'observador es troba a O, a una distància de D que es designa amb la lletra  $e$  i s'anomena excentricitat. La recta OD és la línia dels àpsides, sobre la qual es troba l'apogeu A. El sol veritable es troba a S i l'angle AOS és l'anomalia veritable del Sol. El sol mitjà,  $\langle S \rangle$ , recorre l'eclíptica a una velocitat constant  $\omega_s$  i es troba, per a l'observador, en la direcció  $O \langle S \rangle$ , paral·lela a DS; l'angle ADS és l'anomalia mitjana del Sol. L'angle DSO és la diferència d'anomalties, també anomenada equació solar, i es designa amb  $c_s$ .

L'origen de longituds és la direcció del punt vernal. Siguen  $\lambda_s$  i  $\langle \lambda_s \rangle$  les longituds del sol veritable i del sol mitjà, respectivament. Aleshores es compleix que

$$(11) \quad \lambda_s = \langle \lambda_s \rangle + c_s$$

on  $c_s$  és l'equació solar, que és una correcció negativa quan l'anomalia mitjana del Sol es troba entre  $0^\circ$  i  $180^\circ$  i positiva quan aquesta es troba entre  $180^\circ$  i  $360^\circ$  (vegeu la fig. 4).

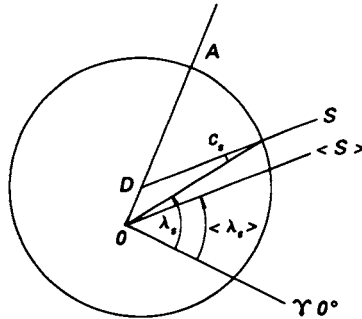


Figura 4

A l'instant de la conjunció veritable, la Lluna i el Sol tenen la mateixa longitud eclíptica i aleshores  $\eta = 0^\circ$ , mentre que a l'oposició veritable  $\eta = 180^\circ$ .

La solució del problema de la determinació del "veritable lloc del Sol", segons la terminologia medieval, també la trobà Bonjorn a les taules de Levi ben Gerson. Als diversos manuscrits que les contenen, però, s'hi troben dues taules diferents per a l'equació solar, calculades per Levi en diferents moments de la seva vida. Totes dues estan calculades a partir del mateix model solar.



La primera (taula 2) (Goldstein, 1974, pàgs. 156-157) es basa en una excentricitat  $e = 2;14$ , bastant inferior al valor ptolemaic ( $e = 2;30$ , *Alm.*, III), i dóna lloc a un màxim de l'equació solar de  $2;8^\circ$  ( $2,23^\circ$  en el cas de Ptolemeu). Aquest màxim es produeix quan l'anomalia mitjana és pròxima a  $92^\circ$ .

A la segona taula (taula 2a) (Goldstein, 1974, pàg. 158) el valor de l'excentricitat adoptat és  $2;23,25,41$ , una mica més elevat que l'anterior i que respon a la necessitat explicada per Levi (*Astronomia*, cap. 100) d'ajustar els seus càlculs a les condicions de diversos eclipsis que afirma que ha observat. Per això el nom de "*equatio solis ultimata*" que dóna a aquesta taula. El valor màxim de  $c_s$  és  $2;17^\circ$ , que es produeix quan l'anomalia mitjana és de  $92^\circ$ .

### 3.7.2. Mètode de càlcul

Per al càlcul efectiu de la posició del Sol a cada sizígia, a (11) hem pres

$$(12) \quad \langle \lambda_s \rangle = \langle \lambda_o \rangle + \omega_s \cdot t$$

on

$$\begin{aligned} \langle \lambda_o \rangle &= 345;55,37^\circ \text{ és el valor de la longitud del sol mitjà a l'època} \\ &\text{radix adoptada per Levi (l'instant en què comença l'any 1321);} \\ \omega_s &= 0;59,8,20,8,44^\circ/\text{d} \text{ és la velocitat del sol mitjà;} \\ t &= \text{nombre de dies transcorreguts des de l'època radix fins a} \\ &\text{l'instant de cada sizígia.} \end{aligned}$$

Havent determinat la longitud eclíptica del sol mitjà, cal saber l'anomalia mitjana del Sol en aquest instant, per tal de poder entrar amb aquesta a la taula de l'equació solar  $c_s$ . L'anomalia mitjana solar és la diferència entre la longitud del sol mitjà i la longitud eclíptica de l'apogeu solar A:

$$(13) \quad \langle \kappa \rangle = \langle \lambda_s \rangle - \lambda_A$$

Al capítol 57 de la seva *Astronomia*, Levi explica com les seves observacions del 1334 li permeten de fixar la posició de l'apogeu solar a Cancer  $3^\circ$  ( $\lambda_A = 93^\circ$ ). Al mateix capítol diu que l'apogeu solar es desplaça sobre l'eclíptica a raó d' $1^\circ$  cada 43 anys egipcis 232 d 6;46 h  $\approx 43 \frac{2}{3}$  anys. Per tant, la longitud de l'apogeu a l'època *radix* adoptada per Levi (l'inici de 1321) és  $92;40^\circ$  (Goldstein, 1974, pàg. 146).

D'altra banda, per a retre compte del moviment de la línia dels àpsides, cal incorporar, a la longitud de l'apogeu inicial a (13), un terme  $\omega_A \cdot t$ , essent

$\omega_A$  la velocitat d'A en °/d, que ens permeti de conèixer-ne la posició a cada sizígia veritable.

Coneguda l'anomalia mitjana, aquesta és emprada com a argument d'entrada a la taula de l'equació solar (taula 2 o 2a). Per a recalculer els valors de la posició del Sol que hi ha a les taules de Bonjorn, la taula "*equatio solis ultimata*" de Levi (taula 2a) dóna resultats substancialment millors que la primera (taula 2). Per a servir-nos de la taula 2a hem aplicat el criteri següent: per a cada valor de  $\langle \kappa \rangle$  calculat segons (13) hem pres el valor de  $c_s$  corresponent a l'entrada més pròxima, i només quan el valor de  $\langle \kappa \rangle$  calculat equidistava de dues entrades hem interpolat entre els valors de les  $c_s$  corresponents.

Com a exemple del mètode de càlcul, considerem el cas de la conjunció del 7 de març de 1361, a les 4;57 h. Des de la *radix* han passat 14.617 dies (40 anys x 365 + 10 dies deguts als anys bixests + 7 dies de març). La longitud eclíptica del sol mitjà, és, segons (12):

$$\langle \lambda_s \rangle = 345;55,37 + 0;59,8,20,8,44 [14617 + (4;57/24)] = 353;21,32^\circ.$$

L'anomalia mitjana corresponent és, per (13):

$$\langle \kappa \rangle = 353;21,32 - \{92;40 + [1/(((43 \times 365) + 232) + 6;46/24)] \times [14617 + (4;57/24)]\} = 259;46,28 = 8 \text{ s } 19;46^\circ.$$

L'equació solar corresponent (taula 2a) és 2;15,45°, de manera que la longitud del sol veritable és, per (11):

$$\lambda_s = 353;21,32 + 2;15,45 = 355;37,17 = 11 \text{ s } 25;37,17^\circ,$$

valor que coincideix amb el tabulat per Bonjorn: 11 s 25;37°.

### 3.7.3. Resultats

En aquesta ocasió hem emprat un programa d'ordinador que reproduïa (12) i (13), amb els paràmetres i les equacions del Sol de Levi ben Gerson indicats abans. Els resultats obtinguts per a les 767 posicions del sol veritable tabulades per Bonjorn ("*veri loci solis*", segons la terminologia llatina medieval), i obtinguts segons el mètode de càlcul que hem descrit, apareixen al diagrama de barres de la figura 5.

A les abscisses hi ha les diverses diferències trobades entre el càlcul i el valor donat per Bonjorn (*C-B*), i a les ordenades la freqüència amb què apareixen aquestes diferències. Els valors numèrics concrets són els següents:

$C-B$ (min d'arc)	Freqüència
-4	5
-3	55
-2	134
-1	148
0	181
+1	181
+2	62
+10	1

Evidentment, el cas en què la diferència  $C-B = 10$  es pot considerar un error de transcripció dels manuscrits. Correspon a la conjunció del 16 de maig de 1368, en la qual la longitud del sol veritable era  $2\text{ s }4;27^\circ$  i no  $2\text{ s }4;17^\circ$ , com diu a les taules de Bonjorn.

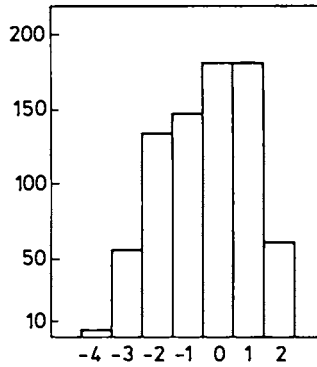


Figura 5

Com es veu al quadre, les diferències entre els valors calculats i els valors tabulats per Bonjorn no superen  $\pm 3$  minuts d'arc en el 99,2% dels casos. Els altres cinc casos corresponen tots a sizígies del mes de novembre de diversos anys (24 nov. 1379, 10 nov. 1383, 14 nov. 1388, 12 nov. 1391, 26 nov. 1391), fet per al qual no hem trobat cap explicació, si no és que Bonjorn se serví per als seus càlculs d'un joc de taules que contenia algun error justament en aquesta època de l'any.

La desviació quadràtica mitjana resultant dels valors  $C-B$  obtinguts és  $\sigma = \pm 1,49'$ .

La distribució dels resultats de la figura 5, per bé que s'agrupen al voltant del 0, no és pas regular del tot, cosa que s'ha de relacionar amb el fet que a la successió de les 767 diferències  $C-B$  s'hi pot apreciar un lleugeríssim component sinusoidal. Aquest no prové dels càlculs efectuats per

Bonjorn sinó que és inherent a les taules mateixes de Levi. En efecte, quan Goldstein recalculà la taula 44 de Levi, que dóna la posició del sol veritable al migdia de cada dia de l'any 1321, trobà que les diferències entre el càlcul i el text presentaven un lleuger component sinusoidal, segurament atribuïble a alguna petita discrepància en el valor de la longitud de l'apogeu (Goldstein, 1974, pàgs. 146-148).

### 3.8. DETERMINACIÓ DE L'ARGUMENT DE LATITUD DE LA LLUNA

#### 3.8.1. Plantejament del problema

La posició del Sol (i de la Lluna) a l'instant de la sizígia veritable permet de determinar l'argument de latitud lunar corresponent (columnes 11, 12 i 13). La situació és presentada a la figura 6, per a l'oposició del 14 de setembre de 1361, a les 21;54 h.

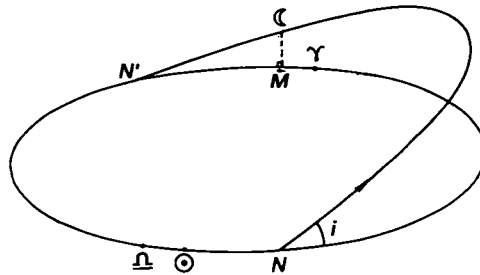


Figura 6

L'argument de latitud lunar,  $NM$ , tal com l'utilitza Bonjorn, és la distància angular mesurada sobre l'eclíptica entre el node ascendent de l'òrbita lunar i la projecció de la Lluna sobre l'eclíptica. Com que la longitud de la Lluna  $\lambda_m$  i l'argument de latitud es compten en sentits oposats, la relació entre totes dues magnituds és

$$(14) \quad NM = \lambda_m + (360^\circ - \lambda_N),$$

on  $\lambda_N$  és la longitud del node ascendent.

Aquí hem de precisar el terme "argument de latitud lunar". Normalment designa la distància angular mesurada sobre l'òrbita lunar entre el node

ascendent i la Lluna, encara que antigament es comptava des del punt més elevat de l'òrbita. Sigui com sigui, es tracta d'un arc mesurat sobre l'òrbita lunar, mentre que Bonjorn el compta sobre l'eclíptica. La diferència no és pas gran (un factor  $\cos i = 0,996195$ , on  $i$  és la inclinació de l'òrbita lunar), i Ptolemeu, per exemple, simplificava els seus càlculs prescindint d'aquest factor (*Alm.*, IV, 6) (Neugebauer, 1975, pàg. 83, n. 4).

El node ascendent ("cap del Dragó" en la terminologia medieval catalana, en contraposició a la "cua del Dragó", el node descendent) es desplaça sobre l'eclíptica, en sentit retrògrad. Fins a Tycho Brahe hom suposà constant la velocitat de la línia dels nodes. Ptolemeu, per exemple, utilitzà el valor  $0;3,10,41,15,26,7$  °/d (Neugebauer, 1975, pàg. 70). Altres autors citats per Bonjorn als seus cànons, Abraham bar ʿĪyiyā i el rei Alfons X, utilitzaren els valors  $0;3,10,38$  °/d (procedent d'al-Battānī) (Nallino, 1899-1907) i  $0;3,10,38,7,14,49,10$  °/d (Pouille, 1984, pàg. 139), respectivament.

És fàcil de trobar el valor de la velocitat de la línia dels nodes emprat a les taules de Bonjorn. Basta prendre dues posicions de la Lluna suficientment allunyades en el temps. Considerem la primera i la darrera conjunció de les taules de sizígies.

a) Conjunció del 7 de març de 1361

Número d'ordre: 1

$t = 4;57$  h

$\lambda_m = 11s\ 25;37^\circ$

$NM = 3s\ 25;45^\circ$

b) Conjunció del 23 de febrer de 1391

Número d'ordre: 767

$t = 2;36$  h

$\lambda_m = 11s\ 13;6^\circ$

$NM = 11s\ 12;7^\circ$

L'interval entre aquests dos instants és  $11.309$  d  $21;39$  h i l'increment de la longitud del node és, segons (14)

$$\Delta_N = (\lambda_m - NM)_b - (\lambda_m - NM)_a = 598;53^\circ,$$

tenint en compte que en aquests 31 anys el node ha retrogradat més d'una volta.

La velocitat resultant és  $0;3,10,37,39,31$  °/d, valor menor que els de Ptolemeu, al-Battānī i els astrònoms d'Alfons X.

Pel que fa a Levi ben Gerson, al capítol 70 de la seva *Astronomia* afirma

que el moviment mitjà del node ascendent és  $0;3,10,37,38,56,2,10$  °/d. Això no obstant, les taules que permeten de determinar la posició del node semblen calculades amb un altre paràmetre:  $0,3,10,37,41,14,24$  °/d (Goldstein, 1974, pàgs. 107-108). En qualsevol cas, el valor deduït per a Bonjorn se situa molt a la vora dels valors de Levi ben Gerson: la diferència amb el primer d'aquests és de l'ordre de  $0;0,0,0,0,35$  graus per dia, és a dir, sols uns segons d'arc en un període de 31 anys. Sembla doncs del tot lògic considerar que Levi, també en això, fou l'antecedent d'aquest paràmetre utilitzat per Bonjorn.

A l'obra de Levi hi ha dos jocs de taules, d'estructures diverses, per a la determinació del node:

a) Taules 13-19 (pàgs. 172-179). A més del moviment mitjà del node lunar, contenen els moviments en longitud i anomalia lunars, i també la variació de la doble elongació. A la taula 13,2 Levi indica que la *radix* per al node al final de l'any 1360 és  $3s\ 29;45,22^\circ$ .

b) Taules 20-21 (pàgs. 180-181). Són unes taules específiques per al moviment del node ascendent. A la taula 20 diu que el valor *radix* del node és  $3s\ 29;45,20^\circ$ .

Tots dos jocs de taules donen uns resultats molt semblants, ja que la diferència màxima entre ells és de 3 segons d'arc. Quan es fan servir per a obtenir valors de l'argument de latitud de la Lluna, que a les taules de Bonjorn es presenta amb una precisió d'1 minut d'arc, és pràcticament indiferent fer el càlcul amb les unes o amb les altres. Als nostres càlculs hem fet servir el segon joc de taules.

### 3.8.2. Mètode de càlcul

Com a exemple del mètode de càlcul, considerem el cas de l'oposició del 14 de setembre de 1361, que té lloc a les 21;54 h. Per a trobar el moviment mitjà del node en aquest instant, s'ha de sumar a la *radix* ( $3s\ 29;45,20^\circ$ ) l'increment degut al pas de sis mesos (de març a agost,  $9;44,36^\circ$ ), el degut a 14 dies ( $0;44,29^\circ$ ), a 21 h ( $0;2,47^\circ$ ) i a 54 min ( $0;0,7^\circ$ ), i s'obté  $4s\ 10;17,19^\circ$ , que és el valor de  $360 - \lambda_N$  a l'expressió (14). Sols sumant-li la longitud eclíptica de la Lluna en aquest instant, donada a les columnes V.L.S. de la taula 1 ( $6s\ 0;2^\circ$ ), s'obté l'argument de latitud de la Lluna corresponent:  $10s\ 10;19,19^\circ$ . Aquest valor calculat coincideix amb el que apareix a les columnes A.L.L. de la taula de sizígies de Bonjorn, que el dona fins al minut d'arc:  $10s\ 10;19^\circ$ , i la diferència  $C-B$  no és sinó de 19 segons d'arc.

Cal tenir present que, per a facilitar la lectura de les columnes on s'especifiquen els arguments de latitud de la Lluna, Bonjorn compta la

variable corresponent a una oposició des del node descendent. Per tant, quan es tracti d'una oposició caldrà sumar 6 signes, com ho diu explícitament al text (Ch, § 49-50):

“Més en la tira quarta és lo loch ver del Sol (...), e aquell és lo loch mateix de la luna en la hora de la conjuncció, e affegint hi .vi. signes en la hora de la oposició. E en la tira .v. és hordonat l'argument de latitud, (...) e aquell és la distància de la luna del cap del dragó en la hora de la conjuncció ho la sua distància de la coha en la hora de la oposició”.

### 3.8.3. Resultats

Hem fet el càlcul en 77 casos (un 10% de totes les sizígies), repartits entre els 31 anys del cicle. Els resultats obtinguts segons el mètode de càlcul descrit apareixen al diagrama de barres de la figura 7.

Com als casos anteriors, a les abscisses hi ha les diverses diferències trobades entre el càlcul i el valor donat per Bonjorn ( $C-B$ ), i a les ordenades la freqüència amb què apareixen aquestes diferències.

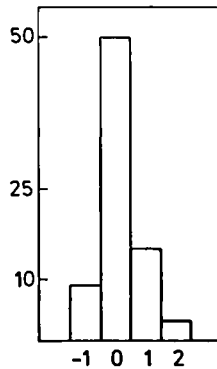


Figura 7

Els valors concrets són els següents:

$C-B$ (min d'arc)	Freqüència
-1	9
0	50
+1	15
+2	3

Els resultats, aquí, apareixen molt concentrats; hi ha una concordança total en el 65% dels casos i una desviació de  $\pm 1'$  en el 96%, cosa que autoritza perfectament a efectuar els càlculs en sols un 10% de les 767 sizígies. No obstant això, cal fer dues observacions.

a) Dos dels tres casos en què  $C-B = +2$  es produeixen el mateix any, 1383, cosa que ens ha obligat a fer els càlculs de les 25 sizígies d'aquest any. Les diferències obtingudes oscil·len totes entre  $+1;26'$  i  $+2;15'$ , i això sembla voler dir que Bonjorn usà un manuscrit de les taules de Levi que contenia un error de 2' a l'entrada de la *radix* corresponent a 1383. Amb aquesta hipòtesi, els càlculs reproduïxen els valors de Bonjorn.

b) Quan determinarem la posició de la Lluna a l'instant de la sizígia veritable, veïrem que hi havia un cas, el de la conjunció del 16 de maig de 1368, en el qual la diferència entre el càlcul i el valor ofert per la taula de Bonjorn era anormalment elevada (2s 4;27° segons el càlcul, en front els 2s 4;17° de la taula). Hem calculat l'argument de latitud de la Lluna amb tots dos valors i resulta que el que permet de trobar el valor donat per Bonjorn (10s 23;43°) és el valor de  $\lambda_m$  calculat (2s 4;27°). A parer nostre, això vol dir que Bonjorn usà el valor correcte i que el fet que als manuscrits bonjornians aparegui 2s 4;17° indica que es tracta d'un error de còpia (no de càlcul) fet per algun copista o... potser pel mateix Bonjorn en transcriure els seus càlculs. Amb tot, no apareix, a cap dels manuscrits amb taules de Bonjorn que hem consultat, un 27 en lloc d'un 17 en aquesta entrada.

### 3.9. CONCLUSIONS

1. Han quedat establerts els mètodes que permeten de reconstruir la data i l'instant de les sizígies veritables, les posicions del Sol i els arguments de latitud de la Lluna de la taula 1 de Bonjorn.

2. Jacob ben David Bonjorn descobrí un cicle de recurrència de la geometria del sistema Terra-Lluna-Sol d'una duració poc superior a 31 anys solars.

3. Bonjorn calculà les seves taules de sizígies veritables a partir de les taules de sizígies i de correccions elaborades per Levi ben Gerson i exposades a l'*Astronomia* d'aquest.

4. De les dues col·leccions de taules astronòmiques associades a l'*Astronomia* de Levi ben Gerson (Goldstein, 1974, taules 40-43 i taules 40a-43a), Jacob ben David Bonjorn emprà les del primer tipus, ja que són les que permeten de reproduir millor els resultats de Bonjorn. Les taules d'aquest tipus es troben, per exemple, als manuscrits hebraics P 724 i P



725 (Bibliothèque Nationale de Paris) i Add. 26,921 (British Museum, Londres).

5. La diferència horària adoptada per Bonjorn entre la seva ciutat (Perpinyà) i la ciutat per a la qual foren elaborades les taules de Levi (Aurenja) és de 4 minuts.

6. Els càlculs fets suara palesen l'existència de molt pocs errors a les taules, cap dels quals no és estrident, a pesar de les moltíssimes fonts d'errors possibles, que són, entre d'altres: errors derivats del copista del manuscrit de Levi emprat per Bonjorn; errors derivats de la lectura feta per Bonjorn del seu manuscrit; derivats del càlcul realitzat per Bonjorn; derivats dels copistes que reproduïren les taules de Bonjorn; derivats de la lectura, transcripció i impressió de les taules de Levi deguts a Goldstein; derivats de la lectura de tots aquests textos i de càlcul comesos pels autors d'aquest treball.

7. El mes sinòdic mitjà utilitzat per Bonjorn per a l'elaboració de les seves taules de sizígies prové de Levi ben Gerson.

8. Jacob ben David Bonjorn determinà les posicions del Sol sobre l'eclíptica als instants de les sizígies veritables per mitjà dels paràmetres i de les taules de Levi ben Gerson, basades en un model solar excèntric senzill d'excentricitat  $e = 2;23,25,41$ .

9. De les dues taules per a l'equació del Sol associades a l'*Astronomia* de Levi, Jacob ben David Bonjorn emprà les que, segons Levi, s'ajustaven més a les observacions ("*equatio solis ultimata*"). Aquestes taules es troben als manuscrits llatins Vaticà 3098, Vaticà 3380, Ambrosiana D 327 (Milà) i Lió 326.

10. Jacob ben David Bonjorn emprà per als seus càlculs de l'argument de latitud de la Lluna un valor del moviment mitjà de la línia dels nodes de  $0;3,10,37,39,31$  °/d, que segurament procedeix de Levi ben Gerson. Igual que aquest, Bonjorn defineix l'argument de latitud de la lluna com una distància angular sobre l'eclíptica.



## CAPÍTOL 4

### EXTENSIÓ DEL CICLE BÀSIC A ÈPOQUES ANTERIORS O POSTERIORIS

#### 4.1. INTRODUCCIÓ

El cicle de 31 anys descobert per Jacob ben David Bonjorn també pot usar-se per a “lo temps passat e sdevenidor”, como ho diu el ms. 39 de la Biblioteca de Catalunya, és a dir, per a èpoques anteriors o posteriors als anys compresos al cicle bàsic de 1361-1391. Però per a fer-ho cal introduir algunes correccions, ja que cap de les quantitats que intervenen als moviments del Sol i de la Lluna no recupera exactament el seu valor quan ha transcorregut un cicle. Bonjorn, per tant, incorpora correccions a les seves taules o, segons el cas, indica procediments per a conèixer els valors de les magnituds que correspondrien a èpoques anteriors al 1361 o posteriors al 1391.

Les correccions afecten tres aspectes, els mateixos que hom ha descrit a la taula de sizígies (taula 1) i que hem analitzat al capítol precedent: l'època de cada sizígia, la posició del Sol sobre l'eclíptica i la situació de la Lluna a l'instant de cada sizígia.

La correcció corresponent a l'època de les sizígies veritables comporta tres mecanismes correctors, examinats als apartats 4.2, 4.3 i 4.4.

#### 4.2. LA “TAULA DEL 9”

A l'encapçalament de cada una de les 31 subtaules hi ha nou nombres ordenats en tres línies. A la línia central els nombres són sempre 1, 2 i 3, en aquest ordre, i indiquen el nombre de cicles de 31 anys abans o després del cicle bàsic. A la línia superior hi ha, per a cada any, tres nombres disposats segons una de les ternes següents: (2, 4, 7), (2, 5, 7), (3, 5, 7) i (2, 4, 6), ternes que representarem respectivament amb les lletres *A*, *B*, *C* i *D*. A la línia inferior hi ha uns altres tres nombres, també ordenats seguint les ternes anteriors, que ara designarem amb *A'*, *B'*, *C'* i *D'*, de manera que

a les 31 subtaules només s'hi troben quatre combinacions diferents,  $AB'$ ,  $BA'$ ,  $CD'$  i  $DC'$ , que es van repetint cíclicament amb mòdul 4. La suma dels sis nombres de les línies superior i inferior sempre és 27.

Per exemple, a la subtaula del 1361 li correspon la combinació  $AB' = (2, 4, 7) (2, 5, 7)$ . Els nombres de la línia superior (inferior) indiquen els dies que cal restar (afegir) a l'època de la sizígia especificada a la subtaula per a obtenir l'època de la sizígia abans (després) d'1, 2 o 3 cicles de 31 anys, a partir del cicle bàsic 1361-1391.

Les taules 37-39 de Levi (Goldstein, 1974, pàgs. 226-228) permeten d'obtenir fàcilment els nombres de cada una de totes quatre combinacions. Considerem, per exemple, la terna (2, 5, 7) de la línia inferior de l'any 1361, que serveix per a obtenir les dades corresponents a les sizígies dels anys 1392, 1423, 1454 i, en general,  $1361 + 31 \cdot k$  ( $k \in \mathbb{N}$ ). La diferència entre una sizígia de 1361 (per exemple, l'oposició del 21 de març) i aquella de la qual prové a les taules de Levi (14 de març de 1321) és de 5 cercles de 8 anys + 7 dies + 15;26 hores. Ara bé, la sizígia de la darrera de març de 1392 prové de la conjunció de l'11 de març de 1328 i entre aquestes dues ha passat un temps que comprèn 8 cercles de 8 anys + 12 dies + 5;30 hores. La conjunció es produeix, doncs, el 23 de març de 1392, on el dia del mes és dues unitats superior al de l'oposició de la darrera de març de 1361.

Per a l'any 1423 es repeteix el mateix procés, però tenint present aquí que de cada quatre períodes de 31 anys n'hi ha un que no conté 8 anys bissextils sinó solament 7. Això passa per exemple amb el període 1392-1422. L'oposició de la darrera de març del 1423 prové de l'oposició del 8 de març de 1327 i entre elles ha passat un temps de 12 cercles de 8 anys + 18 dies + 8;15 hores. L'oposició es produeix per tant el 26 de març de 1423, on el dia del mes és cinc unitats superior al de l'oposició de la darrera de març de 1361. Amb el mateix procediment es troba que la conjunció corresponent del 1454 té lloc el 28 de març, dia del mes que és set unitats superior al de la sizígia inicial del 21 de març de 1361.

#### 4.3. ELS ANYS BISSEXTILS

Al costat de l'any de cada una de les subtaules de sizígies hi ha la lletra  $b$  acompanyada d'un nombre comprès entre l'1 i el 4. Aquest nombre indica a quina revolució de 31 anys és bissextil l'any per al qual serveix la taula en qüestió (com ja hem dit abans, els anys comencen el març). Així, per exemple, al costat de 1361 hi ha " $b3$ ", cosa que vol dir que a la tercera revolució anterior (1299-1329) o posterior (1423-1453) a la primera (1361-1391) l'any per al qual serveix aquesta primera taula és bissextil (el 1299 o el 1423).

Com que el 1363 és el primer any bissextil del cicle bàsic, el nombre  $r$  que acompanya la lletra  $b$  a cada any és tal que

$$\text{any considerat} - 1362 = 4 \cdot q + r,$$

on  $q$  és un nombre enter.

#### 4.4. CORRECCIÓ DE L'INSTANT DE LA SIZÍGIA VERITABLE

##### 4.4.1. *Plantejament del problema*

La correcció que s'ha d'aplicar a l'instant d'una sizígia veritable ( $t_i$ ) per a obtenir l'instant d'una sizígia veritable ( $t'_i$ ) després del pas d'un o més cicles de 31 anys és anomenada "*equatio substraenda*" i apareix tabulada a la taula 1 per a cada una de les 767 sizígies.

El text explica com es determina  $t'_i$  a partir de  $t_i$ : només cal restar a  $t_i$  la seva "*equatio substraenda*", que designarem amb  $ES(t_i)$ :

$$(1) \quad t'_i = t_i - ES(t_i).$$

El signe menys d'aquesta expressió es transforma en més quan l'instant  $t'_i$  de la sizígia cercada és un cicle de 31 anys anterior a  $t_i$ . En general es compleix que

$$(2) \quad t'_i = t_i - k \cdot ES(t_i),$$

on  $k$  és un nombre enter que indica el nombre de cicles de Bonjorn transcorreguts des de ( $k > 0$ ) o fins a ( $k < 0$ )  $t_i$ . L'índex  $i$  designa el nombre d'ordre d'una sizígia qualsevol de les 767 compreses al cicle de 31 anys.

Com ja hem dit (vegeu l'apartat 3.1), la durada del cicle de Bonjorn és de  $c = 11.324,982072$  dies i difereix d'un nombre enter de dies uns 26 minuts. De fet, Bonjorn, quan afirma que el seu cicle té una durada de 31 anys egipcis 9 dies 23 hores 34 minuts 11 segons "o quasi", està indicant que l' $ES$  corresponent a dues sizígies exactament separades per un cicle és de 25 minuts 49 segons "o quasi". Això no obstant, dues sizígies veritables separades per uns 31 anys no han de distar forçosament un cicle exacte de Bonjorn, de manera que les 767 correccions tabulades prenen valors al voltant dels 26 minuts.

L'ES mínima és de 10,0 min i correspon a la conjunció del 7 de desembre de 1371, quan el Sol es troba a la vora del perigeu i la seva velocitat és màxima. L'ES màxima és de 40,2 min i correspon a la conjunció del 3 de juny de 1380, quan el Sol es troba a la vora de l'apogeu i la seva velocitat és mínima. A la figura 1 es poden veure les 36 primeres ES ( $t_i$ ), a partir de 1361, que corresponen a 18 conjuncions i 18 oposicions.

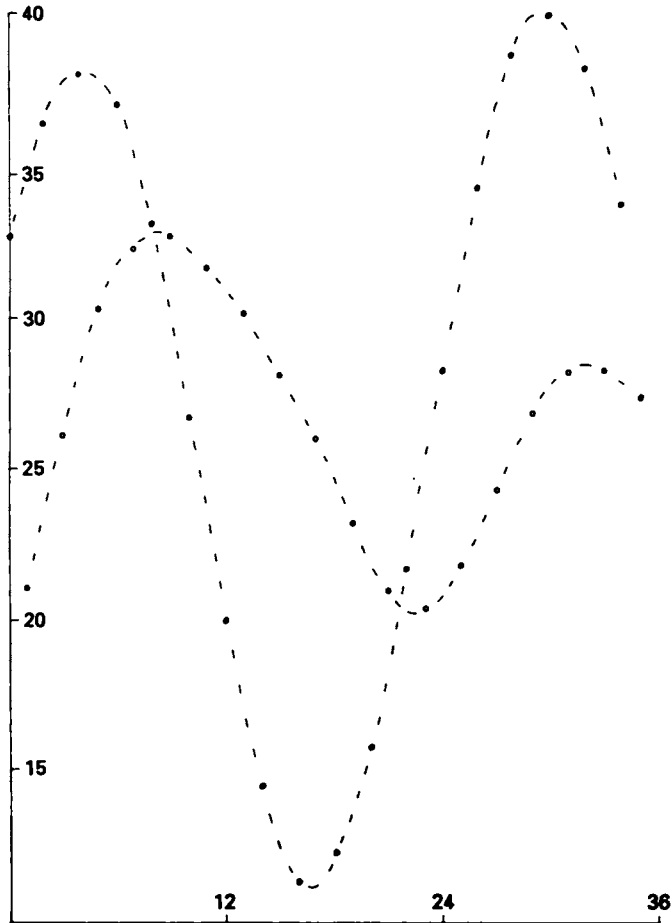


Figura 1

A les taules de Bonjorn aquesta correcció s'expressa en minuts de temps, acompanyats d'un altre nombre que "és nombre de parts de .xvii. en

.i. minut" (Ch, § 48). No es pot negar que una unitat de temps equivalent a un dissetè de minut (uns 3,529 segons) és un pèl singular. I més quan no n'hi ha cap altre indici a tota la literatura astronòmica, tal com ho hem pogut comprovar després de moltes hores de recerca i de discussió amb diversos especialistes de la història de l'astronomia.

Una unitat de temps que apareix a l'astronomia medieval i que és la que s'acosta més a  $1/17$  min és el "ḥeleq". És una unitat emprada per alguns calendaristes jueus i equivalent a  $1/1080$  h =  $1/18$  min. Fou emprada per Maimònides (*Sanctification*, pàg. 114), que sembla que l'havia pres d'Abraham b. Ḥiyya, tots dos autors esmentats als cànons de Bonjorn.

Quan hom fa la mitjana de les 767  $ES(t_i)$  tabulades per Bonjorn, troba el valor  $\langle ES \rangle = 25$  min 49,15 s, que es pot expressar en unitats bonjornianes com el nombre mixt  $25\ 14/17$  minuts. Aquest valor mitjà calculat s'ajusta amb una precisió del segon a la durada del cicle, ja que  $c + \langle ES \rangle$  coincideix amb un nombre enter de dies (Chabàs, 1988).

Queden, però, dos problemes sense resoldre: trobar la raó per la qual Bonjorn emprà aquesta unitat i determinar el mètode, els paràmetres i la font que permetin de reproduir els valors d' $ES(t_i)$  tabulats per Bonjorn.

#### 4.4.2. Mètode de càlcul

A l'apartat 3.6 ja havíem vist que per a determinar l'època i l'instant  $t_i$  d'una sizígia veritable, Bonjorn emprà les taules de sizígies mitjanes de Levi ben Gerson, a més de les taules que proporcionen les correccions aplicables a les sizígies mitjanes a fi d'obtenir les veritables. Es pot seguir el mateix mètode per a obtenir el temps  $t'_i$  de cada sizígia després del pas de 31 anys. Considerem per exemple la primera sizígia que correspon al segon cicle de Bonjorn (li correspon el número d'ordre 768), que es produí el 9 de març de 1392. Aquesta sizígia prové de la sizígia mitjana del 25 de febrer de 1327 de les taules de Levi. Després de sumar les quantitats acumulades en 64 anys, hom obté que la sizígia mitjana tingué lloc el 8 de març de 1392, essent  $t' = 21;30$  h i l'anomalia lunar  $5s\ 12;23^\circ$ . Les taules 40 a 43 de Levi permeten de trobar les correccions  $T1 = 17;37$  h,  $T2 = 0;28$  h,  $T3 = 12;50$  h i  $T4 = 0;03$  h, de manera que la sizígia veritable tingué lloc  $\Delta t = 6;58$  h després de la mitjana i, per tant, a l'instant  $t' = 4;28$  h del 9 de març de 1392. Descomptats els 4 minuts de temps deguts a la diferència horària entre Perpinyà i Aurenja, obtenim  $4;24$  h.

Segons l'expressió (1), aquesta sizígia veritable es produí a Perpinyà en un instant  $t' = 4;57 - 32\ 12/17$  min  $\approx 4;24$  h, on  $4;57$  és l'instant de la primera sizígia del cicle de Bonjorn (la conjunció del 7 de març de 1361) i  $32\ 12/17$  min la seva "equatio substraenda" associada. El valor obtingut concorda bé

amb el que es dedueix de les taules de Bonjorn, però continua sense explicar els dissetens de minut i no reproduïx la precisió que dona la taula de Bonjorn, car la correcció que es dedueix d'aquesta manera és 33 min i no 32 12/17 min. Per tant, el mètode seguit per Bonjorn no podia ésser aquest.

Una lectura atenta dels cànons que precedeixen les taules ens havia de proporcionar la clau del problema. Després d'explicar l'ús de les seves taules, Bonjorn afirma (Ch, § 74-75):

“E sàpies que aquest horda que t he dit bastarà entrà a .d.xxvii. anys del començ de la rayl de les taules, que és hun peryodus gran de .xvii. revolucions éntegres. Emperò après que seran passades .xvii. revolucions éntegres, lavors deus traure los temps ho hores de les conjuncions e oposicions veres, per tots los anys de la .xviii<sup>a</sup>. revolucions, en dies del mes e de la setmana e hores e minuts e loch del sol e argument de latitud en aquells, de hun en hun, per la forma pressedent”.

Hom ens diu que cal construir unes taules noves de sizígies per a les èpoques posteriors al pas de 17 cicles de Bonjorn, que comprenen uns  $17 \times 31 = 527$  anys. El fet que es tracti de 17 revolucions enteres es pot relacionar amb l'ús que fa Bonjorn dels dissetens de minut.

Seguint el mètode descrit abans, és possible de determinar l'instant de la sizígia veritable que té lloc després del pas de 17 cicles a partir d'una sizígia veritable qualsevol del cicle bàsic de 1361-1391. Considerem el cas de la primera sizígia veritable de 1361, la conjunció del 7 de març a les 4;57 h (l'anomalia lunar és  $5s\ 15;32^\circ$ ), i la sizígia veritable que s'obté quan ja han passat 17 cicles. Aquesta és una oposició ja que el cicle de Bonjorn conté un nombre semienter de llunacions (383,5), de manera que després d'un nombre senar de cicles de 31 anys les conjuncions compreses entre el 1361 i el 1391 donen lloc a oposicions i viceversa. L'any cercat és  $1361 + 17 \times 31 = 1888$ . El dia es dedueix de les instruccions que donen els cànons: al 7 de març, se li han d'afegir 9 dies per cada 4 cicles (124 anys) i 2 dies més, en aquest cas, pel pas d'un cicle (tal com ho hem explicat a l'apartat 4.2). El dia cercat és, doncs, el 45 de març, és a dir, el 14 d'abril de 1888. L'instant de la sizígia mitjana es dedueix de les taules de Levi:  $t' = 14;37$  h. Per a determinar l'instant de la sizígia veritable cal recórrer a les taules 40 a 43 de Levi i hom obté les correccions  $T1 = 17;07$  h,  $T2 = 0;39$  h,  $T3 = 11;4$  h i  $T4 = 0;06$  h, de manera que  $\Delta t = 4;56$  h, i l'oposició veritable hagué de produir-se a les 19;33 h a Aurenja i a les 19;29 h a Perpinyà.

La diferència de temps entre la conjunció del 7 de març de 1361 i l'oposició del 14 d'abril de 1888 és  $(4;57 \text{ h} + 24 \text{ h}) - 19;29 \text{ h} = 9;28 \text{ h} = 568 \text{ min}$ . D'acord amb l'expressió (2) en la qual  $k = 17$ , la “*equatio substraenda*” que es dedueix és 33 7/17 minuts.



Considerar el pas de 17 cicles permet, doncs, d'explicar l'ús de dissetens de minut, però el mètode seguit no permet de reproduir el valor de la "*equatio substraenda*" tabulada per Bonjorn, que és de 32 12/17 min i no de 33 7/17 min, tal com es deriva del càlcul. Tot i que la diferència entre els dos valors és petita (12/17 min  $\approx$  42,4 s), equival a una diferència de 12 minuts entre els instants de les dues sizígies veritables, diferència que contrasta amb la precisió que obteníem quan calculàvem, seguint el mateix mètode, els instants de les sizígies veritables (vegeu l'apartat 3.6). Els càlculs efectuats amb altres sizígies corroboren aquesta impressió. Així, doncs, manca la incorporació d'algun altre element per a poder reproduir els valors d'*ES* ( $t_i$ ) tabulats per Bonjorn.

Al text dels cànons, quan considera les correccions que cal aplicar a la posició del Sol i a l'argument de latitud de la Lluna després del pas de cicles de 31 anys (taula 2), Bonjorn es refereix a la precessió dels equinoccis (vegeu l'apartat 4.8). El text diu (Ch, § 92-93):

"E sàpies que los dies qui són en la taula de les equacio[n]s del loch del sol e argument de la latitud se empenyen hun dia en .lxvi. anys, ço és que après .lxvi. anys de la rayl de les taulas la equació escrita en dret .i. de març serà .ii. de març; e aquella que és de .xvi. de març serà lavors de .xvii. de març. E per açò minvaràs del nombra dels dies del mes que has hun dia per cascun .lxvi. anys que sien passats del començ de .m.ccc.lxi."

Bonjorn, a diferència de la majoria dels astrònoms que compilaren taules astronòmiques, expressa en dies per any i no en graus per any el valor de la velocitat de retrogradació de la línia dels equinoccis (1 dia per 66 anys), ja que el seu interès es dirigeix més aviat a oferir un instrument que permeti de saber quin dia es produeix tal o tal altre fenomen. La darrera frase del paràgraf transcrit suggereix que en el càlcul dels instants de les sizígies veritables també s'ha de restar un dia per cada 66 anys transcorreguts des del començ del 1361.

Al cas que estem considerant ara, en què han transcorregut 527 anys des del 1361, la precessió dels equinoccis és responsable d'un desfasament de  $527/66 = 7,98$  dies  $\approx$  8 dies, que s'han de restar dels que s'obtenen seguint el mètode descrit a l'exemple anterior.

El problema aleshores es pot plantejar de la manera següent. Sigui  $t_m$  l'instant d'una sizígia mitjana del cicle bàsic (1361-1391),  $t$  l'instant de la sizígia veritable corresponent i  $\Delta t$  la diferència entre tots dos:

$$(3) \quad t = t_m + \Delta t.$$

Sigui ara  $t'_m$  l'instant d'una sizígia mitjana deduïda de l'anterior després del pas de 17 cicles de Bonjorn (uns 527 anys),  $t'$  l'instant de la sizígia veritable i  $\Delta t'$  la diferència entre l'una i l'altra:

$$(4) \quad t' = t'_m + \Delta t'$$

Els instants  $t_m$  i  $t'_m$  de les sizígies mitjanes sempre mantenen una diferència constant, que es pot trobar a partir del valor del mes sinòdic mitjà utilitzat (vegeu l'apartat 3.5).

En 17 cicles es produeixen  $767 \times 17 = 13.039$  sizígies i, per tant, 6.519,5 mesos sinòdics, amb una duració de 192.524 dies i 16;41,22 hores, si hom utilitza una aproximació amb quatre xifres sexagesimals del mes sinòdic mitjà de Levi, que apareix al capítol 64 de la seva obra *Astronomia* (Goldstein, 1974, pàg. 106): 29;31,50,7,54,25,3,32 dies. És una forma d'incorporar el paràmetre llarg a les taules de sizígies mitjanes de Levi, construïdes amb un mes sinòdic mitjà de 29;31,50 dies. La durada de 6.519,5 mesos sinòdics resulta que és un nombre enter de dies menys 7;18,38 h  $\approx$  7;19 h = 439 min. Així, en minuts,

$$(5) \quad t'_m = t_m - 439.$$

Prenent  $k = 17$ , de les expressions (2), (3), (4) i (5) es dedueix l'expressió de la "*equatio substraenda*" per a cada sizígia:

$$(6) \quad ES(t) = (\Delta t - \Delta t' + 439)/17,$$

on  $\Delta t$  es calcula seguint el mètode exposat a l'apartat 3.6;  $\Delta t'$  també s'ha de calcular amb el mateix mètode, però tenint present, en calcular les correccions  $T1$ ,  $T2$ ,  $T3$  i  $T4$ , que no han passat 192.524 dies des de la sizígia sinó 8 dies menys, a causa de la precessió dels equinoccis.

Abans d'exposar els resultats obtinguts per mitjà de l'equació (6) cal observar que la constant 439/17 min que hi apareix permet de trobar la durada del cicle de Bonjorn, que als cànons "només" ens és donada fins al segon de temps: 31 anys egipcis 9 dies 23 h 34 min 11s. Aquesta constant val 25 min 49;24,42 s i és el valor, deduït després del pas d'exactament 17 cicles de Bonjorn, que falta per a completar un nombre enter de dies. A més, concorda bé amb el valor de  $\langle ES \rangle$  deduït abans, ja que la diferència entre tots dos sols val 0,26 s. Per tant, el cicle de recurrència de sizígies descobert per Jacob ben David Bonjorn és  $c = 31$  anys egipcis 9 dies 23 h 34 min 10;35,18 s.

Per a fer-nos càrrec del mètode de càlcul a què dóna lloc l'expressió (6), tornem a considerar les sizígies següents, separades entre elles per 17 cicles de Bonjorn.

- a) Conjunció del 7 de març de 1361  
Número d'ordre: 1

Sizígia mitjana de Levi associada: 28 de febrer de 1320

$$t_m = 21;56 \text{ h}$$

anomalia lunar de la sizígia mitjana = 5s 11;41°

$$T1 = 17;36 \text{ h}, T2 = 0;27 \text{ h}, T3 = 12;57 \text{ h}, T4 = 0;04 \text{ h}$$

$$\Delta t = 7;04 \text{ h}$$

Instant de la sizígia veritable a Perpinyà:

$$t = 4;56 \text{ h (càlcul)}, t = 4;57 \text{ h (taules)}$$

b) Oposició del 6 d'abril de 1888

Número d'ordre: 13.040

Sizígia mitjana de Levi associada: 28 de desembre de 1327

$$t'_m = 14;37 \text{ h}$$

anomia lunar de la sizígia mitjana = 5s 23;13°

$$T1 = 17;20 \text{ h}, T2 = 0;37 \text{ h}, T3 = 11;04 \text{ h}, T4 = 0;04 \text{ h}$$

$$\Delta t' = 5;05 \text{ h}$$

Instant de la sizígia veritable a Perpinyà:

$$t' = 19;38 \text{ h}$$

De (6) es dedueix que  $ES = 32 \frac{15}{17} \text{ min}$ , valor que dista  $+3/17 \text{ min} \approx 10,6 \text{ s}$  del valor tabulat per Bonjorn ( $32 \frac{12}{17} \text{ min}$ ). La precisió és equivalent a la que havíem trobat en la determinació dels instants de les sizígies veritables (vegeu l'apartat 3.6).

#### 4.4.3. Resultats

Hem fet el càlcul en 77 casos (un 10% de tots els valors d' $ES$  de la taula de sizígies), repartits entre els 31 anys d'un cicle. Els resultats obtinguts són reflectits al quadre següent, on  $C-B$  són les diferències (en dissetens de minut) entre el càlcul i el valor donat per Bonjorn.

$C-B$	Freqüència	$C-B$	Freqüència
-7	1	+1	3
-6	0	+2	7
-5	5	+3	6
-4	8	+4	4
-3	5	+5	4
-2	9	+6	0
-1	8	+7	4
0	10		

Com es pot veure, la distribució dels resultats és àmplia al voltant del 0, que és el valor més freqüent. A l'interval  $-3 \leq C-B \leq +3$  es concentren 48 valors (62%) i hi ha 14 valors inferiors a  $-3$  i 15 de superiors a  $+3$ . Sigui com sigui, la distribució de valors obtinguda és més dispersa que la de la figura 2 del capítol 3.

Els càlculs efectuats provoquen alguns comentaris:

a) Moltes de les diferències  $C-B$  allunyades del 0 es produeixen per a valors de la "*equatio substraenda*" corresponents a la segona meitat de les taules, fenomen que ja havíem vist en calcular altres quantitats.

b) El càlcul fet per a la conjunció del 27 de juny de 1367 indica que  $ES = 27 \frac{3}{17}$  min. Ara bé, a tots els manuscrits consultats l'entrada que hi correspon és  $27 \frac{16}{17}$  min, cosa que significaria una diferència de  $-13/17$  min. L'entrada previsible hauria d'ésser més aviat  $26 \frac{16}{17}$  min, i aleshores la diferència seria de  $+4/17$  min, més d'acord amb els altres resultats. En un dels 17 manuscrits on hem consultat aquesta entrada, el ms. hebraic Munic 343, ja esmentat a l'apartat 3.6 com un dels que semblen més de fiar, aquesta entrada hi és corregida i, segons ens ho comunicà Tzvi Langemann, s'hi podria entendre que hi havia escrit  $26 \frac{16}{17}$  min abans d'ésser-hi feta la "correcció".

#### 4.5. MOVIMENT EN ANOMALIA LUNAR

Per a la determinació de l'instant i l'època de la sizígia veritable (apartat 3.6) i per a la determinació de la "*equatio substraenda*" després del pas de 17 cicles de 31 anys (apartat 4.4), hem emprat les taules 40 a 43 de Levi ben Gerson. En concret, les taules 42 i 43 depenen en gran mesura de l'anomalia lunar a la sizígia mitjana. El moviment mitjà en anomalia és, doncs, un paràmetre important subjacent a les taules de Bonjorn i cal que el precisem (Chabàs, 1988).

A la introducció dels cànons de les seves taules, immediatament després de la definició del cicle de 31 anys, Jacob ben David Bonjorn diu que la posició de la Lluna sobre l'epicicle queda lleugerament modificada quan ha transcorregut un nombre enter de cicles (Ch, § 18):

"E així matex és tornada la luna en lo seu loch primer del moviment atribuït al epicicle, no sobrepuje lo seu loch segon sobre lo primer après revolucions éntegres sinó .xli. minuts quasi".

Es tracta, en efecte, d'una referència al moviment en anomalia lunar. Per a determinar l'excés  $\Delta\alpha$  (41 minuts) que presenta la posició de la Lluna sobre l'epicicle sols cal multiplicar la velocitat mitjana de la Lluna en anomalia per la durada del cicle de Bonjorn,  $c = 3,8,44;58,55,27,30$  dies.

El càlcul efectuat amb paràmetres procedents de diversos astrònoms es pot veure al quadre següent:

	velocitat de la Lluna en anomalia (°/d)	$\Delta\alpha$
Ptolemeu	13;3,53,56,17,51,59	0;41,48°
Alfons X	13;3,53,57,30,31,4,13	0;45,37°
Levi	13;3,53,55,55,33,30	0;40,48°

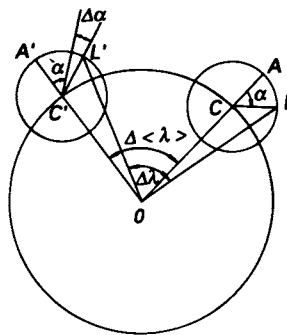


Figura 2

Dels valors de  $\Delta\alpha$  trobats, als quals hem restat les 411 voltes completes de l'epicicle recorregudes per la Lluna en un cicle, es desprèn que el paràmetre de Levi ben Gerson és el que reproduïx millor el valor indicat per Bonjorn.

Així, considerem els paràmetres llargs donats per Levi per al mes sinòdic mitjà i el moviment mitjà en anomalia (capítol 64 de la seva *Astronomia*) per a deduir amb precisió l'avanç de la Lluna sobre l'epicicle en una llunació:

$$29;31,50,7,54,25,3,32 \text{ d} \times 13;3,53,55,55,33,30 \text{ } ^\circ/\text{d} \approx 6,25;48,59,51,59,46^\circ.$$

Cal disposar de suficients xifres sexagesimals quan hom vol calcular l'avanç de la Lluna sobre l'epicicle en un període molt llarg de llunacions, per exemple 6519,5, que són les que transcorren quan passen 17 cicles de 31 anys, ja que ja sabem que Bonjorn fa servir aquest nombre de cicles per a fixar els seus paràmetres. Així, doncs, el producte de 6519,5 per 6,25;48,59,52° dóna una quantitat que és un nombre enter de voltes més 11;31,0°, valor que concorda bé amb els 11;32° que hi ha de diferència d'anomalia a l'exemple considerat a l'apartat anterior (sizígies del 7 de març

de 1361 i del 6 d'abril de 1888). Aquesta diferència d'1 minut d'arc prové del fet que les taules de Levi de sizígies mitjanes estan calculades amb una aproximació inferior ( $6,25;49^\circ$ ). Aquests  $11;31^\circ$  d'increment de l'anomalia en 17 cicles permeten de trobar amb més precisió el que correspon a un cicle:  $0;40,39^\circ \approx 0;41^\circ$ , valor que concorda amb el paràmetre esmentat per Bonjorn al seu text.

Alhora, cal assenyalar que el nombre enter de voltes trobat abans (411) és el nombre de revolucions anomalístiques lunars que correspon a un cicle de Bonjorn de 385,5 mesos sinòdics, de manera que la correspondència emprada per aquest a les seves taules, com ja s'ha vist a l'apartat 3.1, és:  $767$  mesos sinòdics  $\approx 822$  mesos anomalístics.

#### 4.6. CORRECCIÓ DE LA POSICIÓ DEL SOL VERITABLE

##### 4.6.1. *Plantejament del problema*

Aquesta correcció està continguda a la taula 2 de Bonjorn, que en alguns manuscrits porta el títol de "*Tabula equationis loci solis et argumentum latitudinis lune in aliis revolutionibus*". És una taula de doble entrada, de 24 files i 18 columnes (vegeu l'apèndix III).

L'entrada horitzontal és el mes en què es calcula la sizígia; per a cada mes es donen els valors de dos dies (el primer del mes i un dia central del mes). En concret, el mes de juny el dia central considerat és el 17, igual que el desembre, mentre que el setembre el dia considerat és el 19. Els altres mesos el dia central en qüestió és el 16 si el mes té 31 dies, o el 15 si en té 30 o menys.

La correcció tabulada arriba a l'extrem mínim el 17 de juny, prop del solstici d'estiu, i al màxim el 17 de desembre, prop del solstici d'hivern. L'elecció del 19 com a dia central del setembre prové del fet que aquest dia és quan la correcció tabulada adquireix el seu valor central.

L'entrada vertical de la taula és precisament la correcció ("*equatio substraenda*") que apareix a la taula 1. Aquesta correcció augmenta de 4 en 4 minuts des de 10 minuts fins a 42 minuts, de manera que dóna lloc a nou valors. Per a cada un dels valors de la "*equatio substraenda*" hi ha dues columnes, encapçalades per "*equatio solis sig. 0 grad. 2*" i "*equatio argumentum latitudinis sig. 8 grad. 2*". Totes les dades que hi ha a les columnes són en minuts i segons d'arc.

Per a explicar l'elecció dels valors de la "*equatio substraenda*" compresos entre 10 i 42 minuts cal recordar que, com hem vist a l'apartat anterior, 10,0 min

és el valor mínim d'*ES*, mentre que  $40 \frac{3}{17}$  min és el seu valor màxim. Per tant, s'han d'agafar valors a partir de 10 min, però no cal que siguin tots, ja que la variació de les correccions originada per un increment d'1 min d'*ES* és molt petita. Bonjorn escull un increment de 4 min, car així podrà tenir una columna per a una *ES* de 26 min, valor que pràcticament coincideix amb el valor mitjà de l'*ES* i que va associat a la durada exacta d'un cicle.

Per a recalcular la columna "*equatio solis*", que proporciona la correcció que s'ha d'afegir (o restar) a la posició del sol veritable per a una sizígia un cicle de 31 anys posterior (o anterior) a una de donada del cicle bàsic, cal definir algunes magnituds del moviment del Sol.

Quan ha passat exactament un cicle de 31 anys de Bonjorn ( $c = 3,8, 44;58,55,27,30$  d), la posició del sol mitjà (figura 3) en un temps  $t$  després de la *radix* (l'instant que comença l'any 1361) ha passat de  $\langle \lambda_s \rangle$  a  $\langle \lambda'_s \rangle$ :

$$\langle \lambda'_s \rangle = \langle \lambda_s \rangle + \omega_s \cdot c,$$

on  $\omega_s$  és la velocitat constant del sol mitjà. La longitud del sol mitjà a l'instant  $t$  es representa amb  $\langle \lambda_s \rangle$  i la longitud del sol mitjà a l'instant inicial amb  $\langle \lambda_o \rangle$ , i la relació entre aquestes dues magnituds és

$$\langle \lambda_s \rangle = \langle \lambda_o \rangle + \omega_s \cdot t.$$

Durant el temps  $c$ , la longitud de l'apogeu ha passat de  $\lambda_A$  (a l'instant  $t$ ) a  $\lambda'_A$  i

$$\lambda'_A = \lambda_A + \omega_A \cdot c,$$

on  $\omega_A$  és la velocitat constant de l'apogeu. Com que  $\omega_A$  és molt petita, de l'ordre de  $0;1,22,30$  °/any, suposarem que, en un temps  $t$  des de la *radix* prou curt, la posició de l'apogeu no ha variat.

Mentrestant, la longitud del sol veritable ha passat, en el transcurs d'un cicle de Bonjorn, de  $\lambda_s = \langle \lambda_s \rangle + c_s$  a  $\lambda'_s = \langle \lambda'_s \rangle + c'_s$ , on  $c_s$  i  $c'_s$  són les equacions solars als instants  $t$  i  $t + c$  respectivament. La correcció  $c_s$  depèn de  $\kappa$ , l'anomalia solar a l'instant  $t$ ;  $c'_s$  depèn de  $\kappa'$ , l'anomalia solar a l'instant  $t + c$ . La situació és representada a la figura 3.

Així, des d'un instant  $t$  qualsevol del cicle bàsic 1361-1391 a un instant  $t + c$ , l'increment a la longitud eclíptica del sol mitjà és

$$(7) \quad \Delta \langle \lambda_s \rangle = \langle \lambda'_s \rangle - \langle \lambda_s \rangle = \omega_s \cdot c,$$

l'increment de la longitud de l'apogeu és

$$(8) \quad \Delta \lambda_A = \lambda'_A - \lambda_A = \omega_A \cdot c,$$

l'increment de l'anomalia solar és

$$(9) \quad \Delta\kappa = \kappa' - \kappa = (\langle\lambda'_s\rangle - \lambda'_A) - (\langle\lambda_s\rangle - \lambda_A) = \Delta\langle\lambda_s\rangle - \Delta\lambda_A,$$

i l'increment de la longitud eclíptica del sol veritable és

$$(10) \quad \Delta\lambda_s = \lambda'_s - \lambda_s = (\langle\lambda'_s\rangle + c'_s) - (\langle\lambda_s\rangle + c_s) = \Delta\langle\lambda_s\rangle + \Delta c_s.$$

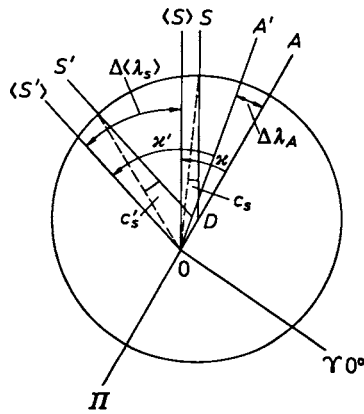


Figura 3

A l'expressió (10),  $\Delta c_s = c'_s - c_s$  depèn de  $\Delta\kappa$ , però també de  $\kappa$ . A la columna “*equatio solis*” de la taula 2 de Bonjorn hi ha tabulats els valors de  $\Delta\lambda_s$  per a períodes de temps molt pròxims a  $c$ . De fet, tenint en compte que l’*ES* corresponent a un cicle exacte de Bonjorn és 25 14/17 min, les columnes extremes de la taula 2 estan calculades per a períodes de temps  $c + 15\ 14/17$  min (columna encapçalada per 10) i  $c - 11\ 3/17$  min (columna encapçalada per 42).

Abans de calcular aquestes expressions convé rellegir un paràgraf dels cànons previs a les taules de Bonjorn, després de la definició del cicle de 31 anys (Ch, § 19):

“E lo sol així matex és lavons la proporció de la sua distància del aug del seu cercla e son loch en lo zodiach, en similitud de la proporció en què hera en lo començ quasi, no sobrepuja lo seu loch en lo zodiach après revolucions éntegras sinó dos graus e .xxvii. minuts .xx. segons,



e la sua distància del aug se diversifica en creixement en torn i. grau e .xlv. minuts”.

En aquest paràgraf, l'autor exposa que, una volta transcorregut un cicle de 31 anys (c), l'increment de la longitud del sol mitjà és 2;27,20° i l'increment de l'anomalia solar és 1;45°, que són els valors de les expressions (7) i (9), respectivament.

#### 4.6.2. Paràmetres bàsics

Abans d'utilitzar aquests valors, cal explicar-ne la procedència i trobar els paràmetres bàsics que els sostenen.

a) El primer va íntimament lligat a la qüestió de l'any tròpic, que ja examinarem anteriorment (Chabàs-Roca-Rodríguez, 1987, pàgs. 102-104). En aquest treball, calcularem l'increment de la longitud del sol mitjà amb els valors dels anys tròpics (o associats a diferents moviments mitjans del Sol) que havien emprat Ptolemeu, al-Battānī, els astrònoms del rei Alfons X, i Levi ben Gerson.

Els resultats són els següents:

Ptolemeu	2;18,39°	al-Battānī	2;29,19°
Alfons X	2;25,40°	Levi ben Gerson	2;27,19°

Aquest darrer valor difereix 1 segon d'arc, en una magnitud de l'ordre d'11.160 graus, del valor que explicita Bonjorn als seus cànons. La conclusió que se'n desprèn és que Jacob ben David Bonjorn emprà el moviment mitjà del Sol que es troba a l'obra de Levi (Goldstein, 1974, pàg. 106), que té un valor de 0;59,8,20,8,44,6,3,14 °/dia, per a determinar el valor de  $\Delta \langle \lambda_s \rangle$  de l'expressió (7), després d'un cicle de 31 anys.

b) Al segon valor hi intervé l'increment de la longitud de l'apogeu passat un temps  $c$ . Al capítol anterior hem vist que, segons Levi ben Gerson, l'apogeu avança a raó d'1° cada 43 anys egipcis 232 d 6;46 h. Multiplicant aquesta velocitat per  $c$ , hom obté un increment de 0;42,40°, que és el valor de  $\Delta \lambda_A$  a l'expressió (8). I hom en dedueix l'increment de l'anomalia solar després d'un cicle de 31 anys:

$$\Delta \kappa = \Delta \langle \lambda_s \rangle - \Delta \lambda_A = 2;27,20^\circ - 0;42,40^\circ = 1;44,40^\circ \approx 1;45^\circ,$$

valor que concorda amb el que explicita Bonjorn als cànons.

## 4.6.3. Mètode de càlcul

Una vegada determinats els valors de les expressions (7), (8) i (9), que es fonamenten en paràmetres levinians, cal calcular els 216 valors de  $\Delta\lambda_s$  que apareixen a la columna "equatio solis" de la taula 2.

Hem calculat primer els valors corresponents després d'un cicle exacte de Bonjorn, per al qual  $ES = 25 \frac{14}{17}$  min, valors que haurien de coincidir pràcticament amb els de la columna per a una "equatio substraenda" de 26 minuts que apareix a la taula. Per a la reconstrucció de la columna hem fet servir els valors *radix* de l'any 1361. A la figura 4 hi ha representats els valors de la columna  $ES = 26$  minuts a la taula de Bonjorn.

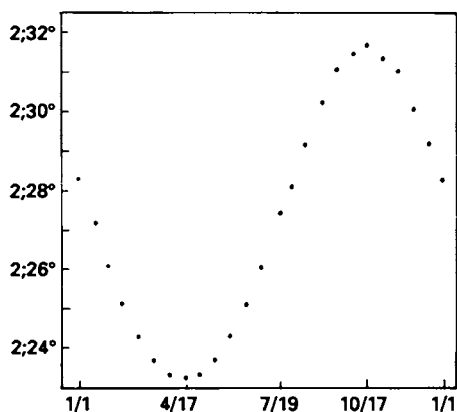


Figura 4

El mètode de càlcul seguit per a cada un dels 24 dies considerats el 1361 és el següent:

- a) hom determina  $\langle \lambda_s \rangle$  per mitjà de les taules 11 i 12 (Goldstein, 1974, pàgs. 170-171);
- b) hom calcula  $\kappa$ , sostraint de  $\langle \lambda_s \rangle$  la longitud de l'apogeu, que hem pres a  $93;35^\circ$  per a l'instant del començ de l'any 1361;
- c) hom determina  $c_s$  per mitjà d'una interpolació lineal a la taula 2a (Goldstein, 1974, pàg. 158), que és la taula que emprà Bonjorn, com ja hem vist al capítol anterior;
- d) hom calcula  $\kappa' = \kappa + 1;45^\circ$ ;
- e) hom determina  $c'_s$  per mitjà d'una interpolació lineal a la taula 2a;

f) hom calcula  $\Delta c_s$ , tenint present que l'equació solar és negativa si  $0^\circ < \kappa < 180^\circ$  i positiva si  $180^\circ < \kappa < 360^\circ$ ;

g) hom calcula  $\Delta \lambda_s = 2;27,20^\circ + \Delta c_s$ .

#### 4.6.4. Resultats

Al quadre següent hi ha els resultats concrets dels càlculs efectuats. La columna *C-B* designa la diferència entre el resultat obtingut i la dada explicitada per Bonjorn a les seves taules. Les diferències *C-B* oscil·len entre  $-3''$  i  $+9''$ , en quantitats de l'ordre de  $2;30^\circ = 9000''$ , cosa que indica que el mètode seguit per a determinar-los s'ajusta al de Bonjorn. Això no obstant, hi ha tretze valors per als quals  $C-B > 3''$ . Hi ha d'haver, per tant, algun element que impedeix que reproduïm exactament les dades de Bonjorn.

A la primera columna hi consta el mes i el dia. Tots els valors de les columnes següents s'expressen en graus: longitud mitjana del Sol (col. 2), anomalia solar (col. 3), increment de l'equació solar (col. 4), increment de la longitud mitjana del Sol (col. 5), *C-B* (col. 6).

Taula de correccions de les posicions del sol veritable

1/1	11s 17;14,31	8s 13;39,31	+0; 0,56	2;28,16	-0;0,3
1/16	0s 2; 1,36	8s 28;26,36	-0; 0, 4	2;27,16	+0;0,3
2/1	0s 17;47,49	9s 14;12,49	-0; 1,13	2;26, 7	+0;0,2
2/15	1s 1;35,46	9s 28; 0,46	-0; 2, 7	2;25,13	+0,0,5
3/1	1s 17;21,59	10s 13;46,59	-0; 2,55	2;24,25	+0;0,8
3/16	2s 2; 9, 4	10s 28;34, 4	-0; 3,29	2;23,51	+0;0,9
4/1	2s 17;55,18	11s 14;20,18	-0; 3,55	2;23,25	+0;0,3
4/17	3s 3;41,32	0s 0; 6,32	-0; 4, 3	2;23,17	+0;0,1
5/1	3s 17;29,28	0s 13;54,28	-0; 3,55	2;23,25	+0;0,3
5/16	4s 2;16,33	0s 28;41,33	-0; 3,32	2;23,48	+0;0,6
6/1	4s 18; 2,46	1s 14;27,46	-0; 2,56	2;24,24	+0;0,7
6/16	5s 2;49,51	1s 29;14,51	-0; 2,11	2;25, 9	+0;0,2
7/1	5s 18;36, 5	2s 15; 1, 5	-0; 1,10	2;26,10	+0;0,5
7/19	6s 6;20,35	3s 2;45,35	+0; 0, 6	2;27,26	-0;0,1
8/1	6s 18;10,15	3s 14;35,15	+0; 0,56	2;28,16	+0;0,8
8/16	7s 2;57,20	3s 29;22,20	+0; 2, 1	2;29,21	+0;0,9
9/1	7s 18;43,33	4s 15; 8,33	+0; 3, 0	2;30,20	+0;0,5
9/15	8s 2;31,30	4s 28;56,30	+0; 3,43	2;31, 3	-0;0,2
10/1	8s 18;17,43	5s 14;42,43	+0; 4,13	2;31,33	+0;0,6
10/17	9s 4; 3,57	6s 0;28,57	+0; 4,26	2;31,46	+0;0,5
11/1	9s 18;51, 2	6s 15;16, 2	+0; 4,11	2;31,31	+0;0,8
11/16	10s 3;38, 7	7s 0; 3, 7	+0; 3,40	2;31, 0	-0;0,1
12/1	10s 19;24,20	7s 15;49,20	+0; 2,51	2;30,11	+0;0,7
12/15	11s 3;12,17	7s 29;37,17	+0; 1,50	2;29,10	-0;0,2

Aquest càlculs suggereixen algunes consideracions:

a) La taula 2a de Levi emprada per a les equacions solars presenta algunes desviacions que arriben fins a 3" quan hom la recalcula, tal com ho comprovà Goldstein (1974, pàg. 95).

b) D'altra banda, les entrades d'aquesta taula van donades de grau en grau. Ara bé, en fer el càlcul efectiu cal entrar a la taula amb valors que van fins al segon d'arc, cosa que obliga a fer interpolacions lineals en trossos de corba difícilment assimilables a segments de recta. Aquesta simplificació genera errors d'uns quants segons d'arc.

c) En tercer lloc, com que es tracta de reproduir valors fins al segon, variacions petites del valor de l'apogeu solar adoptat (93;35° en el nostre cas) també generen diferències de l'ordre d'uns quants segons.

De tota manera, el mètode seguit per Jacob ben David Bonjorn no podia ésser substancialment diferent del que hem exposat aquí, i els paràmetres utilitzats per ell havien d'ésser molt semblants.

Una vegada determinats els valors de  $\Delta\lambda$ , que figuren en una de les columnes de la taula de Bonjorn, és fàcil de reproduir els altres valors de la taula. Examinant atentament les seves columnes hom comprova que una columna difereix de l'altra en 10". Per tant, un increment de 4 min a l'ES (equivalent a una disminució de 4 min del temps transcorregut) correspon a una disminució de la longitud del Sol de 0;0,10°. En efecte, com que el moviment mitjà solar en un dia és de 0;59,8,20,8,44 °/d, en 4 min el sol mitjà es desplaça 0;0,9,54°, que Bonjorn arrodoneix a 10". Aquest incorpora de forma sistemàtica els 10" a tots els valors d'una columna prèviament calculada a fi d'obtenir les altres vuit columnes (192 valors).

#### 4.7. CORRECCIÓ DE L'ARGUMENT DE LATITUD DE LA LLUNA

##### 4.7.1. *Plantejament del problema*

Aquesta correcció també és a la taula 2 de Bonjorn, de la qual hem descrit les entrades vertical i horitzontal a l'apartat anterior. A cada una de les columnes que contenen aquesta correcció hi ha l'encapçalament "*equatio argumentum latitudinis sig. 8 grad. 2*".

Per a recalculer una d'aquestes columnes, considerem la figura 5. Hi apareixen dues posicions de l'òrbita lunar separades per un període de temps igual a la durada del cicle de Bonjorn,  $c = 3,8,44;58,55,27,30$  d.

Si  $\lambda_N$  és la longitud eclíptica del node i  $\lambda_m$  la longitud eclíptica de la Lluna a l'instant de la sizígia, aleshores l'argument de latitud de la Lluna,  $NM$ , tal com ha estat definit a l'apartat 3.8, va donat per:

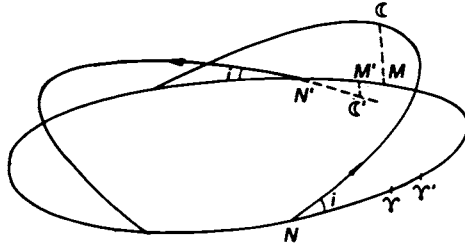


Figura 5

$$(11) \quad NM = \lambda_m + (360^\circ - \lambda_N).$$

Després d'un temps  $c$ , el node ha retrogradat fins a una posició  $\lambda'_N = \lambda_N + \omega_N \cdot c$  i la longitud eclíptica de la Lluna ha passat a ésser  $\lambda'_m = \lambda_m + \Delta\lambda_m$ . L'increment  $\Delta\lambda_m$  coincideix amb l'increment  $\Delta\lambda_s$  de la longitud del sol veritable, ja que en totes dues situacions tots dos astres estan en conjunció o en oposició. Per tant, l'increment de l'argument de latitud lunar és

$$(12) \quad \Delta NM = \Delta\lambda_m - \Delta\lambda_N = \Delta\lambda_s - \Delta\lambda_N.$$

Així, cada una de les entrades de la columna "*equatio argumentum latitudinis*" es dedueix de l'entrada corresponent de la columna "*equatio solis*" per a un mateix valor d'*ES*. La diferència entre aquestes dues entrades no és altra cosa que el desplaçament del node en intervals de temps que, com a l'apartat anterior, augmenten de 4 en 4 min i varien entre  $c + 15 \frac{14}{17}$  min (columna encapçalada per 10) i  $c - 11 \frac{3}{17}$  min (columna encapçalada per 42).

#### 4.7.2. Mètode de càlcul i resultats

Hem fet el càlcul del desplaçament de la línia dels nodes en el temps  $c$  per a uns quants casos, com es pot veure al quadre, on la darrera columna representa  $\Delta\lambda_N$ , expressat en signes i graus.

	velocitat del node (°/d)	
Ptolemeu	0;3,10,41,15,26, 7	8s 9;56,46
al-Battānī	0;3,10,38	7s 29;41,59
Alfons X	0;3,10,38, 7,14,49,10	7s 29;42,25
L1	0;3,10,37,38,56, 2,10	7s 29,40,53
L2	0;3,10,37,41,14,24	7s 29;41,00
B	0;3,10,37,39,31	7s 29;40,55

El valor que designem amb  $L1$  és el que Levi afirma que fa servir al capítol 70 de l'*Astronomia*;  $L2$  és el valor amb què estan construïdes les seves taules del moviment del node (Goldstein, 1974, pàgs. 107-198). D'altra banda,  $B$  és el valor que es dedueix de les taules de Bonjorn (vegeu el capítol 3).

Hem calculat els valors de la correcció de l'argument de latitud lunar corresponents al pas d'exactament un cicle de Bonjorn, per al qual  $ES = 25$  14/17 min, a partir dels valors de la correcció de la posició del Sol tabulats, i per a les diverses velocitats del node donades pels autors. Així, per exemple, per al valor corresponent a l'1 de març, els resultats són

Ptolemeu	8s 12;25, 5°	10;15,45°
al-Battānī	8s 2;10,18°	0; 0,58°
Alfons X	8s 2;10,44°	0; 1,24°
$L1$	8s 2; 9,12°	-0; 0, 8°
$L2$	8s 2; 9,19°	-0; 0, 1°
$B$	8s 2; 9,14°	-0; 0, 6°

A la darrera columna hi ha les diferències entre el càlcul i el valor 8s 2;9,20° que apareix a la taula de Bonjorn per a la correcció de l'argument de latitud lunar corresponent a l'1 de març i a  $ES = 26$  min.

Les diferències observades es reproduïxen a tots els valors de la columna 26, ja que tots ells difereixen 7s 29;41,1° de la seva "equatio solis" corresponent. A la figura 6 hi ha representats els valors de la columna  $ES = 26$  min de la taula de Bonjorn.

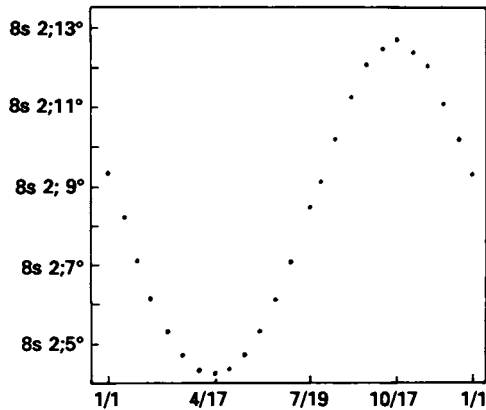


Figura 6

Aquí es fan paleses dues qüestions. D'una banda, els càlculs de Bonjorn no foren realitzats amb valors del moviment de la línia nodal ni d'al-Battānī ni d'Alfons X, sinó una altra vegada de Levi ben Gerson. D'altra banda, les taules de Levi, de les quals existeixen dues versions, i que tenen assignats dos paràmetres diferents per a la velocitat de la línia dels nodes, no garanteixen el segon d'arc. En efecte, si hom utilitza les taules 13 i 14 per a determinar el recorregut del node en un temps  $c$ , hom obté 7s 29;40,59°, mentre que si hom utilitza la taula 20 el resultat és 7s 29;41,5°, tots dos diferents del que hom obté amb  $L1$  i amb  $L2$ . Per tant, sembla bastant inútil mirar de reproduir fins al segon el valor donat per Bonjorn, valor que fou deduït amb el mètode explicat més amunt.

Havent determinat els valors de  $\Delta NM$  que figuren en una de les columnes de la taula de Bonjorn, és fàcil de reproduir els altres valors de la taula. Examinant-ne atentament les columnes hom comprova que l'una difereix de l'altra en 10" o 11" alternativament. Així, doncs, un increment de 4 min a l'*ES* (equivalent a una disminució de 4 min del temps transcorregut) correspon a una disminució de l'argument de latitud de la Lluna de 0;0,10° o de 0;0,11°. En efecte, com que el moviment del node en un dia és de 0;3,10,38°, en 4 min el node es desplaça 0;0,10,32°, i Bonjorn incorpora alternativament 10" o 11" a tots els valors d'una columna prèviament calculada i així obté les altres vuit columnes (192 valors).

#### 4.8. PRECESSIÓ DELS EQUINOCCIS I ANY TRÒPIC

La taula que conté les correccions de la posició del Sol i l'argument de latitud de la Lluna s'ha d'utilitzar, com ja hem dit, per a cicles de 31 anys anteriors o posteriors al cicle bàsic de 1361-1391. Això no obstant, cal una nova correcció quan han passat 527 anys (17 cicles) des del cicle bàsic. Una correcció que, en aquest cas, recau sobre el dia del mes que constitueix una de les entrades de la taula 2, i que és deguda a la precessió dels equinoccis (vegeu l'apartat 4.4.2).

Com ha estat deduït a l'apartat 3.6, per a la confecció de les seves taules Bonjorn féu servir el valor de Levi ben Gerson per al moviment mitjà del Sol,  $v_s = 0;59,8,20,8,44,6,3,14$  °/d, cosa que comporta una durada de l'any tròpic de

$$(13) \quad T = 360^\circ / v_s = 365 \text{ d } 5;47,58 \text{ h,}$$

valor que s'ajusta bé al que es dedueix del text de Bonjorn quan es refereix a la taula de paral·laxi (Ch, § 109):

“E sàpies que lo nombre dels dies del mes que són en aquesta taula minva .i. dia per cascuns .cxx. anys (...)”.

En efecte, si sostraiem  $1/120$  de la durada de l'any julià del calendari (365,25 d), obtenim 365 d 5;48 h.

Amb aquesta velocitat del sol mitjà, una retrogradació del punt Àries equivalent a un increment d'un dia en la longitud solar en 66 anys correspon a un moviment de la línia dels equinoccis de  $0;0,53,46$  °/any solar. Dit d'una altra manera, per a la precessió dels equinoccis Bonjorn fa servir un valor que equival a un increment d'un grau cada 66,96 anys  $\approx 67$  anys.

Per a determinar la procedència d'aquest paràmetre cal assenyalar d'antuvi que Bonjorn utilitza un valor constant, amb la qual cosa s'allunya dels partidaris de la variabilitat de la retrogradació dels equinoccis, que explicaren introduint o utilitzant teories de trepidació, com Azarquiel (Millàs, 1943-50; Toomer, 1968) o Alfons X (Samsó, 1984, 1985), utilitzades fins i tot per Copèrnic.

Entre els astrònoms que assignen als equinoccis una velocitat constant, considerem els valors presentats per Ptolemeu, al-Battānī, Abraham bar Ḥiyya i Levi ben Gerson.

El valor donat per Bonjorn és considerablement diferent de l'utilitzat per Ptolemeu, que equival a un grau per segle (Pedersen, 1974). El valor d'al-Battānī (Nallino, 1899-1907, I, pàgs. 124 i 128) és d'un grau cada 66 anys tròpics, cosa que equival a una velocitat de  $0;0,54,33$  °/any solar, lleugerament superior al paràmetre de Bonjorn. Per la seva banda, Abraham bar Ḥiyya, que en els seus escrits astronòmics segueix de prop al-Battānī, prefereix el valor ptolemaic (Millàs, 1959b, pàg. 93). A la versió que féu Millàs del *Libro del cálculo del movimiento de los astros*, b. Ḥiyya diu: “*Los antiguos dijeron que dicho movimiento [dels estels fixos al voltant dels pols de l'eclíptica] era de 1° cada 100 años, pero autores posteriores afirman que es de 1° cada 67 años, [al·lusió a al-Battānī]. En nuestras tablas hemos dispuesto, según los antiguos, el movimiento de 1° cada 100 años (...)*”.

Al capítol 61 de la seva *Astronomia*, dedicat a la precessió dels equinoccis, Levi dedueix, a partir d'observacions pròpies, una velocitat d'1° cada 67 anys egipcis 123 dies i 16;40 h (Goldstein, 1975, pàgs. 31-41). Tenint en compte l'expressió (13), aquesta velocitat equival a  $0;0,52,44$  °/any solar, i aquest valor és lleugerament inferior al paràmetre que es dedueix de les indicacions que dona Bonjorn.

Als cànons de Jacob ben David Bonjorn, el valor del moviment de la línia dels equinoccis apareix al paràgraf citat a l'apartat 4.4.2. És una indicació de natura fonamentalment pràctica, sense afany de precisió, explicitada per a tenir en compte aquest moviment només quan hom utilitzi



les taules per a instants de més de 527 anys després de la *radix* de 1361. És difícil, per tant, que se'n pugui deduir un valor al qual es pugui assignar una procedència segura. De tota manera, Bonjorn, optant per una velocitat constant, s'allunya dels models de trepidació i recorre a un valor molt semblant als d'al-Battānī i Levi ben Gerson.

#### 4.9. CONCLUSIONS

1. Han quedat establerts els mètodes que permeten de recalcular la taula 2 i les columnes "*equatio substraenda*" de la taula 1 de Bonjorn.

2. Per a l'elaboració de les seves taules, Bonjorn emprà les de Levi ben Gerson i introduí els paràmetres llargs levinians d'algunes quantitats bàsiques per tal de millorar les taules elaborades amb els paràmetres curts.

3. Els paràmetres levinians que hem identificat a l'obra de Jacob ben David Bonjorn són el mes sinòdic mitjà, el moviment mitjà en anomalia lunar, el moviment mitjà del Sol, el moviment de l'apogeu solar i el moviment de la línia dels nodes.

4. L'any tròpic emprat per Bonjorn és 365 d 5;47,58 h.

5. La correspondència entre els diferents mesos lunars que es dedueix de les taules de Bonjorn és 767 mesos sinòdics  $\approx$  822 mesos anomalístics.

6. El cicle descobert per Bonjorn i que es pot deduir dels seus paràmetres llargs és

$$\begin{aligned} c &= 31 \text{ anys egipcis } 9 \text{ d } 23 \text{ h } 34 \text{ min } 10;35,18 \text{ s} \\ &= 3,8,44;58,55,26,28,15 \text{ d} \\ &= 11,324,982067 \text{ d.} \end{aligned}$$

7. El fet que els errors detectats a les taules siguin molt pocs indica que aquestes constitueixen un treball seriós i precís.

8. L'ús d'un submúltiple del minut de temps equivalent a 1/17 min constitueix una novetat en la literatura astronòmica medieval i confirma la impressió que Bonjorn fabricà les taules amb visió de calculista i amb el propòsit d'oferir un instrument de càlcul fàcil de manejar.



## CAPÍTOL 5

### LA PARAL·LAXI

#### 5.1. INTRODUCCIÓ

Les taules astronòmiques que pretenguin fer previsions d'eclipsis han d'incloure necessàriament una taula de paral·laxi. Per a un observador situat a O (figura 1), la paral·laxi d'un astre P es defineix com l'angle que, des de P, subtendeix el radi terrestre, OC.

Si  $z'$  és la distància zenital de P (l'arc complementari de l'altura, magnitud que pot ésser determinada per observació) i  $z$  la seva distància zenital geocèntrica, la paral·laxi  $p$  de l'astre P és

$$(1) \quad p = z' - z.$$

Evidentment,  $p$  és un angle no negatiu que varia amb l'angle horari de l'astre observat i s'anul·la quan P es troba sobre el zenit de l'observador. L'angle agafa el seu valor màxim, que s'anomena paral·laxi horitzontal, quan P es troba sobre l'horitzó.

Quan l'astre P considerat és la Lluna, com en el cas de les taules de Bonjorn, la paral·laxi pot arribar a un valor proper a  $1^\circ$ , arc que recorre la Lluna en unes dues hores. Per tant, en tota explicació del moviment lunar i, en concret, en la predicció dels eclipsis, la teoria de la paral·laxi ha de tenir un paper de primera fila.

Durant tota l'Edat Mitjana, la determinació de les paral·laxis solar i lunar es basà en la teoria exposada per Ptolemeu (Neugebauer, 1975; Toomer, 1984) a l'*Almagest*, que conté bàsicament dues parts. La primera és una teoria en altura (Chabàs, 1990b) que té com a objectiu la determinació del valor de la paral·laxi sobre el cercle vertical que passa per l'observador. Històricament, el cercle de referència del moviment dels astres fou l'eclíptica, cosa que requereix una segona part de la teoria que permeti de descompondre la paral·laxi obtinguda en les seves components eclíptiques: una en longitud ( $p_\lambda$ ) i una altra, normal a l'eclíptica, en latitud ( $p_\beta$ ). Per a fer-ho cal deter-

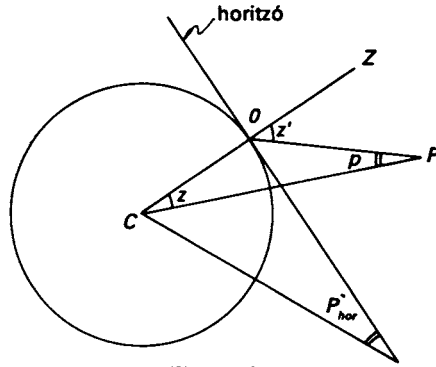


Figura 1

minar l'angle  $x$  que forma l'eclíptica amb el cercle vertical. A la figura 2 es veu la situació representada sobre l'esfera celest. P és la posició de la lluna veritable i P' la de la lluna aparent, totes dues sobre el vertical. Així, si  $p$  és l'angle de paral·laxi definit segons l'expressió (1), PP' és l'arc de paral·laxi sobre l'esfera celest. Aleshores, PK =  $p_\lambda$  és la paral·laxi en longitud i P'K =  $p_\beta$  és la paral·laxi en latitud.

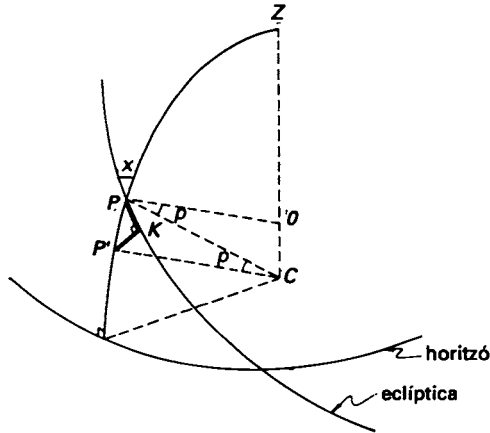


Figura 2

## 5.2. CARACTERÍSTIQUES DE LA TAULA DE PARAL·LAXI DE BONJORN

La taula 3 de Bonjorn (vegeu les pàgs. 243 i ss) conté tota la informació sobre les paral·laxis. Consta de dotze subtaules, una per a cada mes de l'any, calculades per a la latitud geogràfica de la seva ciutat, Perpinyà,  $\varphi = 42;30^\circ$

(vegeu l'apartat 3.4). Cada subtaula està calculada per al dia d'entrada del Sol al signe que correspon al mes:

12 de març	Aries	15 de setembre	Libra
11 d'abril	Taurus	15 d'octubre	Scorpio
13 de maig	Gemini	14 de novembre	Sagittarius
13 de juny	Cancer	13 de desembre	Capricornus
15 de juliol	Leo	11 de gener	Aquarius
15 d'agost	Virgo	10 de febrer	Pisces

Cada subtaula consta de 6 columnes. Les dues primeres contenen la variable d'entrada, el temps local, expressat en hores i minuts. Hom especifica el temps d'hora en hora, abans i després del migdia local (el pas del Sol pel meridià de Perpinyà), a més d'unes altres dues informacions que analitzarem als apartats següents: les hores de sortida i posta del Sol i l'hora del pas del Sol per la nonagèsima.

A les columnes 3 i 4 hi ha la component en longitud de la paral·laxi ("*diversitas aspectu in longitudine*", segons la terminologia llatina medieval), expressada en temps (hores i minuts), i a les columnes 5 i 6 hi ha la component en latitud de la paral·laxi ("*diversitas aspectu in latitudine*", expressada en arc (minuts i segons).

Entre tot, la taula 3 conté uns 900 nombres d'una o dues xifres.

Les taules de paral·laxi de Bonjorn tenen algunes característiques que les distingeixen de les taules anàlogues compilades per altres astrònoms.

Ptolemeu elaborà unes taules de paral·laxi lunar contingudes a la seva obra *Taules fàcils* (Stahlman, 1960, pàgs. 268-283), de les quals copiaren l'estructura i, en molts casos, també el contingut, la majoria d'astrònoms posteriors. Consten de set jocs de taules, un per a cada un dels climes, des d'una durada màxima del dia (2H) de 13 h fins a una de 16 h, de mitja hora en mitja hora. A cada joc hi ha les dotze subtaules, com en el cas de Bonjorn. Les components en longitud i latitud donades són les de la paral·laxi ajustada, és a dir, la diferència entre la paral·laxi lunar i la paral·laxi solar (Neugebauer, 1975, pàg. 990), i s'expressen en minuts d'arc.

Les taules d'al-Battānī (Nallino, 1899-1907, II, pàgs. 95-101) també contenen set jocs, amb dotze subtaules per a cada clima. Les components de la paral·laxi també s'expressen en minuts d'arc. Són anàlogues les taules de paral·laxi d'Abraham bar Ḥiyya (Millàs, 1959b, pàgs. 113-114). Pel que fa a les taules alfonsines, en llur edició de 1483 hi ha taules per als set climes i les components de la paral·laxi també són expressades en minuts d'arc.

Les latituds geogràfiques atribuïdes per cada autor als climes varien lleugerament de l'un a l'altre.

Climes	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>2H</i> (hores)	13	13;30	14	14;30	15	15;30	16
Ptolemeu	16;27	23;51	30;22	36	40;56	45;1	48;32
al-Battānī	16;32	24	30;40	36;22	41;15	45;22	48;13
bar Ḥiyya	16;32	23;52	30;24	36	40;26	45	48;28
T. alfonsines	16;39	24;15	30;38	36;24	41;20	45;24	48;40

Levi ben Gerson calculà taules de paral·laxi amb els seus propis paràmetres, seguint l'estructura de les taules de Ptolemeu (Goldstein, 1974, pàgs. 184-207). Però les components de la paral·laxi hi són expressades en minuts i segons d'arc. Les durades màximes dels dies i les latituds geogràfiques corresponents són les següents: 14 h (30;40°), 14;30 h (36;24°), 15 h (41;18°), 15;20 h (44°), 15;30 h (45;24°), 16 h (48;58°). Levi anuncia al text que té el propòsit d'elaborar taules per a les durades de 16;30 h (51;54°), 17 h (54;22°), 17;30 h (56;30°) i 18 h (58;20°), però aquestes quatre taules no s'han conservat als manuscrits (Goldstein, 1974, pàg. 117).

Bonjorn calculà un únic joc de 12 taules que correspon a una latitud geogràfica de 42;30°, valor que no coincideix amb cap dels autors anteriors. A més, a diferència de tots ells, expressa la paral·laxi en longitud en unitats de temps, i no d'arc, mentre que expressa la paral·laxi en latitud en unitats d'arc però arribant fins al segon, contràriament als casos de Ptolemeu, al-Battānī, A. bar Ḥiyya i les taules alfonsines. Tot això fa pensar que Jacob ben David Bonjorn, molt al contrari de la majoria dels astrònoms, calculà les seves pròpies taules de paral·laxi, tasca que sols era a l'abast d'astrònoms molt experimentats.

### 5.3. SORTIDA I POSTA DEL SOL A L'HORIZZÓ LOCAL

Bonjorn especifica per a cada mes l'hora de la sortida i la posta del Sol, abans i després del migdia, a l'horitzó per al qual calcula les taules. Les dades que proporciona són les següents:

Març	6 h	Setembre	6 h
Abril	6 h 44 min	Octubre	5 h 16 min
Maig	7 h 20 min	Novembre	4 h 40 min
Juny	7 h 35 min	Desembre	4 h 25 min
Juliol	7 h 20 min	Gener	4 h 40 min
Agost	6 h 44 min	Febrer	5 h 16 min

Com es pot veure, la semidurada del dia, que designarem amb la lletra *H*, corresponent als mesos de la segona meitat de l'any és la diferència fins

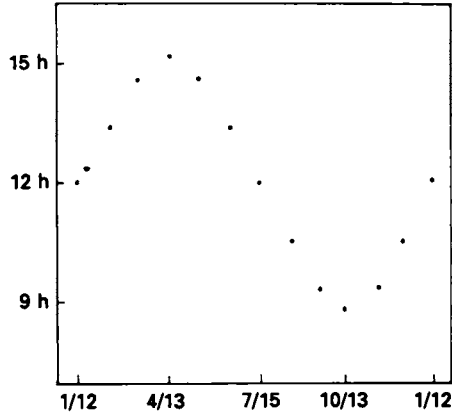


Figura 3

a 12 h de la corresponent als mesos de la primera meitat. Les dades de la longitud del dia de les taules de Bonjorn són reflectides a la figura 3.

La durada del dia en funció de la latitud geogràfica i de l'època de l'any (és a dir, de la posició del Sol sobre l'eclíptica) era un problema ben resolt ja abans de l'Edat Mitjana. Evidentment, la durada del dia ( $2H$ ) és de 12 hores als equinoccis de primavera i tardor, quan el Sol entra als signes d'Aries i Libra, respectivament. Arriba al màxim al solstici d'estiu (entrada del Sol a Cancer) i al mínim al solstici d'hivern (entrada del Sol a Capricornus). Per a la determinació de la durada del dia, considerem la figura 4.

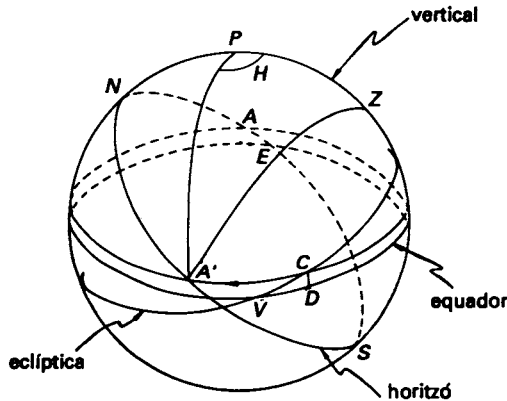


Figura 4

Aquesta representa el moviment diürn del Sol, des de la sortida (A) fins a la posta (A'). Al triangle esfèric rectilàter PZA', es compleix que  $PA' = 90^\circ - \delta$ ,  $PZ = 90^\circ - \varphi$ , i  $ZA' = 90^\circ$ , on  $\delta$  és la declinació del Sol a la posta,  $H$  la semidurada del dia i  $\varphi$ , la latitud geogràfica. Aleshores es compleix que

$$(2) \quad \cos H = -\cotan (90^\circ - \delta) \cotan (90^\circ - \varphi)$$

i, doncs,

$$(3) \quad \cos H = -\tan \delta \tan \varphi.$$

D'altra banda, al triangle esfèric rectangle VDC de la figura, es compleix que

$$(4) \quad \sin \delta = \sin \lambda \sin \varepsilon,$$

on  $\lambda$  és la longitud solar i  $\varepsilon$  l'obliquïtat de l'eclíptica.

Les expressions (3) i (4) haurien de permetre de determinar el valor de l'obliquïtat de l'eclíptica emprat per Bonjorn, ja que són coneguts els valors d' $H$  corresponents als múltiples de  $30^\circ$  de  $\lambda$ . Per exemple, als solsticis,  $\delta = \pm \varepsilon$  i de l'expressió (3), en la qual  $\varphi = 42;30'$ , es dedueix que  $\varepsilon = 23;44'$ . Malgrat tot, amb els altres valors d' $H$  hom obté resultats molt desiguals per a l'obliquïtat de l'eclíptica, que no permeten la identificació d'un valor únic d'aquest paràmetre bàsic.

#### 5.4. PAS DEL SOL PER LA NONAGÈSIMA

A la columna d'entrada, Bonjorn presenta una altra dada important i pròpia de cada observador i de cada època de l'any: el pas del Sol per la nonagèsima, és a dir, pel punt més alt de l'eclíptica sobre l'horitzó local. Com es veu a les taules de paral·laxi per a cada mes, la component en longitud de la paral·laxi s'anul·la a l'instant de la nonagèsima. Aquests instants, especificats abans i després del migdia a les taules, són els següents:

Aries	1 h 37 min a.m.	Pisces
Taurus	1 h 3 min a.m.	Aquarius
Gemini	0 h 27 min a.m.	
Cancer	0 h	Capricornus
Leo	0 h 27 min p.m.	
Virgo	1 h 3 min p.m.	Sagittarius
Libra	1 h 37 min p.m.	Scorpio



Ja es veu que aquestes dades presenten diverses simetries, que s'hauran de reflectir a les expressions que permetin de calcular-les.

A la bibliografia astronòmica medieval, aquest punt de l'eclíptica, que prové de la tradició hindú, apareix en general voltat de força confusió. Alguns autors, com Bonjorn i Abraham Zacut l'anomenen punt de mig cel (Chabàs-Roca-Rodríguez, 1988b). Altres autors reserven aquesta darrera denominació per al punt d'intersecció de l'eclíptica amb el meridià local, que a la bibliografia actual sol anomenar-se punt culminant o culminació. Per contra, Bonjorn, i també Zacut, diuen *meridies* al punt culminant, és a dir, al pas del Sol pel meridià local. Alguns autors medievals barregen també l'instant de la nonagèsima amb el migdia, però, en general, aquests dos instants no coincideixen, excepte quan el Sol entra a Cancer o a Capricornus.

A la figura 5 es veuen els punts considerats: la nonagèsima (G) i el punt culminant (M) corresponents a una situació en què  $\lambda(M) = 30^\circ$ , és a dir, quan el Sol entra al signe de Taurus al migdia. La figura també conté, de forma sobreposada, l'arc AA' que descriu el Sol sobre l'horitzó durant aquest dia del mes d'abril. En aquest cas, la durada màxima del dia és  $AA' = 13 \text{ h } 28 \text{ min}$  i la nonagèsima és tal que  $GM = 1 \text{ h } 3 \text{ min}$ , segons les dades de les taules.

Hi ha un altre punt que té relació amb la nonagèsima i que fa un paper fonamental, l'ascendent (H). Aquest és un punt que les obres astronòmiques medievals esmenten més sovint que la nonagèsima. És el punt d'intersecció de l'eclíptica i l'horitzó local i permet de definir la nonagèsima com el punt de l'eclíptica que dista  $90^\circ$  de l'ascendent:

$$(5) \quad \lambda(H) - 90^\circ = \lambda(G).$$

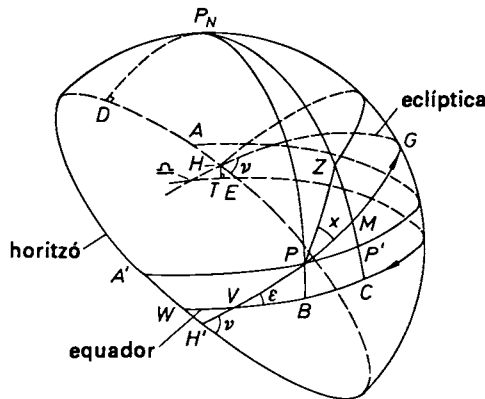


Figura 5

### 5.5. MÈTODE DE CÀLCUL

Per a recalculer les taules de paral·laxi de Bonjorn cal determinar, d'una banda, les components eclíptiques  $p_\lambda$  i  $p_\beta$  de la paral·laxi de la Lluna, per a cada hora del dia en què el Sol entra en un dels signes del zodíac, és a dir, s'ha de trobar l'angle  $x$  que en un instant donat forma l'eclíptica amb el vertical. D'altra banda, s'ha de calcular l'instant del pas de la Lluna per la nonagèsima.

#### 5.5.1. *Determinació de l'angle eclíptica/vertical*

El primer pas d'aquest llarg procediment consisteix a trobar les coordenades equatorials de la Lluna (que coincideixen amb les del Sol quan es tracta d'una conjunció) als instants en què aquest entra als diferents signes. Per a fer-ho suposarem que al llarg del dia es manté constant la longitud del Sol (i de la Lluna), que anomenarem  $\lambda(P)$  i que sols pren valors múltiples de  $30^\circ$ . L'ascensió recta  $\alpha(P)$  de la Lluna es relaciona amb la seva longitud eclíptica per mitjà de l'expressió

$$(6) \quad \tan \alpha(P) = \tan \lambda(P) \cos \varepsilon,$$

que es dedueix fàcilment de la figura 5 en considerar el triangle esfèric rectangle VBP. Hom també pot determinar  $\lambda(P)$  utilitzant una taula d'ascensions rectes, com en el cas dels astrònoms medievals.

El pas següent consisteix a determinar l'ascensió recta del punt culminant M, ja definit abans. En un instant donat, l'ascensió recta de M,  $\alpha(M)$ , difereix de  $\alpha(P)$  en  $15t$ , essent  $t$  el temps que necessita el Sol per a desplaçar-se des del seu pas pel meridià local (P') fins a la seva posició en aquest instant (P). Si  $t$  s'expressa en hores,  $15t$  és l'arc equivalent en graus:

$$(7) \quad \alpha(M) = \alpha(P) + 15t.$$

Assignant a  $t$  els valors enters compresos entre  $-H$  i  $+H$ , hom obté els diferents valors de  $\alpha(M)$  que corresponen als instants que apareixen a les taules.

Hom també pot trobar les coordenades del punt culminant, la longitud  $\lambda(M)$  i la declinació  $\delta(M)$ , en cada cas. Sols cal referir-se al triangle esfèric rectangle VCM de la figura 5, en el qual es compleix

$$(8) \quad \tan \lambda(M) = \tan \alpha(M) / \cos \varepsilon \quad i$$

$$(9) \quad \sin \delta(M) = \sin \lambda(M) / \sin \varepsilon.$$

Seguidament hom determina la posició de l'ascendent, el punt H de la figura, que és el punt de l'eclíptica on aquesta talla l'horitzó oriental en un instant donat (a la figura també hi apareix el punt de l'horitzó occidental, el "descendent", H'). Per a especificar la posició de l'ascendent, els astrònoms medievals utilitzaven l'"ascensió obliqua" del punt,  $\rho(H)$ , que defineix com l'arc d'equador entre el punt vernal (V) i el punt cardinal Est (E). Ara bé, sobre l'equador,  $VE = VC + CE$ , de manera que

$$(10) \quad \rho(H) = \alpha(M) + 90^\circ.$$

Coneguda l'ascensió obliqua de H, hom pot calcular  $\lambda(H)$ , sigui amb unes taules d'ascensions obliques, com en el cas dels astrònoms medievals, sigui per mitjà d'una expressió equivalent, presa de la trigonometria esfèrica:

$$(11) \quad \tan \lambda(H) = \frac{\sin \rho(H) \cos \varphi}{\cos \varphi \cos \varepsilon \cos \rho(H) - \sin \varepsilon \sin \varphi}.$$

En efecte, el triangle esfèric VEH, l'angle  $\angle VEH = 90^\circ + \varphi$ , car és el suplementari de l'angle que forma l'equador amb l'horitzó ( $90^\circ - \varphi$ ). En aquest triangle es compleix que

$$(12) \quad \cos \lambda(H) = \cos EH \cos \rho(H) - \sin EH \sin \rho(H) \sin \varphi,$$

essent

$$\sin EH = \sin \varepsilon \sin \lambda(H) / \cos \varphi,$$

pel teorema dels sinus, i

$$\cos EH = \cos \lambda(H) \cos \rho(H) + \sin \lambda(H) \sin \rho(H) \cos \varepsilon.$$

Fent les substitucions necessàries a (12) hom dedueix l'expressió (11).

El pas següent ja és la determinació de l'arc PZ, la distància zenital  $z$  de la Lluna. Sols cal considerar els triangles PZH i MZH de la figura. Tenen un angle comú, ZHV, i l'arc de vertical ZH, que mesura  $90^\circ$ . Calculant el cosinus de l'angle comú en funció dels costats de cada un dels triangles, hom dedueix

$$(13) \quad \cos z = \cos(\varphi - \delta(M)) \sin(\lambda(H) - \lambda(P)) / \sin(\lambda(H) - \lambda(M)).$$

En aquesta expressió hom observa que  $z = 90^\circ$  als instants de la sortida i la posta, quan P travessa l'horitzó.

Finalment, per a descompondre la paral·laxi  $p$  en les seves components, una sobre l'eclíptica i l'altra normal a aquesta, cal determinar l'angle  $x$  entre l'eclíptica i el vertical en un instant donat. Considerant el triangle esfèric rectilàter ZPH de la figura 5, hom dedueix

$$(14) \quad \cos x = -\cotan z \cotan (\lambda (H) - \lambda (P)).$$

L'expressió (14) no és aplicable quan  $z = 90^\circ$ , car conté una indeterminació per a aquest valor. En aquest cas  $\cotan z = 0$  i  $\cotan (\lambda (H) - \lambda (P))$  no està definida, ja que  $\lambda (H) - \lambda (P) = 0^\circ$ , o bé  $180^\circ$ , als instants de la sortida i la posta, respectivament. Per a aquests instants cal procedir d'una altra manera. L'angle  $x$  s'ha de calcular aquí a partir de l'angle  $v$  que forma l'eclíptica amb l'horitzó. L'angle  $v$  es calcula per mitjà de l'expressió

$$(15) \quad \sin v = \cos (\varphi - \delta (M)) / \sin (\lambda (H) - \lambda (M)),$$

on H i M són els punts ascendent i culminant a la situació de la figura 5. En efecte, hom sols ha de considerar el triangle esfèric rectangle MHD. En aquest, l'angle a D és recte, ja que D, Z i M es troben sobre el meridià i l'arc de meridià  $DM = 90^\circ + ZM = 90^\circ + (\varphi - \delta (M))$ .

L'expressió (15) se simplifica quan l'ascendent (o el descendent) i el punt culminant disten entre ells  $90^\circ$ , és a dir, quan coincideixen la nonagèsima i el punt culminant (al migdia dels dies en què el Sol entra a Cancer i a Capricornus). Aleshores (15) s'escriu

$$(16) \quad \sin v = \cos (\delta - \varphi (M)).$$

Conegut l'angle  $v$ , hom pot defugir la indeterminació de l'expressió (14), perquè quan H i P coincideixen, és a dir, si la Lluna es troba a la sortida, es verifica que  $x = 90^\circ + v$ . Per contra, si coincideixen H' i P, i la Lluna es troba a la posta, aleshores  $x = 90^\circ - v$  (figura 6).

### 5.5.2. *Determinació de l'instant de pas per la nonagèsima*

A l'apartat 5.4. hem definit la nonagèsima com el punt més alt de l'eclíptica sobre l'horitzó local. La seva longitud es relaciona amb la de l'ascendent per mitjà de l'expressió (5). Així, quan la Lluna passa per la

nonagèsima, dista  $90^\circ$  de l'ascendent i, d'acord amb (14),  $\cos x = 0$ . Per tant, en aquest instant, el cercle vertical és perpendicular a l'eclíptica.

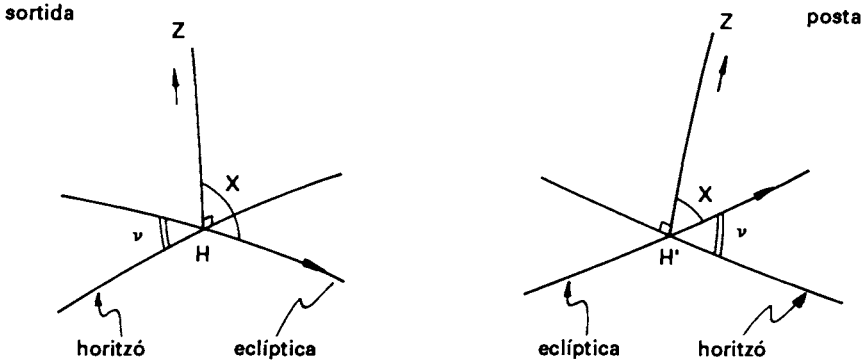


Figura 6

Per a determinar aquest instant, abans o després del migdia, cal comparar les ascensions rectes de l'astre en diferents moments i, per tant, passar de coordenades eclíptiques a equatorials, o sigui desfer part del camí recorregut a 5.5.1. Els astrònoms medievals també recorrien en aquest cas a unes taules d'ascensions obliqües, variable ja definida abans: arc d'equador entre el punt vernal i l'Est. Aquest arc es pot considerar com la suma dels arcs VC i CE, que dóna lloc a (10), però també com la diferència entre els arcs VT i ET, on T és el peu de la perpendicular traçada des de l'ascendent H fins a l'equador (vegeu la figura 5). En aquest cas, l'ascensió obliqua de H s'escriu:

$$(17) \quad \rho(H) = \alpha(H) - \arcsin[\tan \delta(H) \tan \varphi]$$

i l'ascensió recta de H va donada per

$$(18) \quad \tan \alpha(H) = \tan \lambda(H) \cos \varepsilon,$$

en analogia amb (6). D'altra banda, la declinació de H es pot obtenir aplicant el teorema dels sinus al triangle rectangle VTH:  $\sin \delta(H) = \sin \lambda(H) \sin \varepsilon$ . Aquesta declinació permet de determinar l'arc ET que apareix a (17): sols cal situar-se al triangle rectangle ETH.

Una vegada coneguda  $\rho(H)$  gràcies a l'expressió (17), hom determina  $\alpha(M)$  per mitjà de l'expressió (10). Sols manca conèixer l'ascensió recta de la Lluna al seu pas per la nonagèsima, que ens és donada per (6), on  $\lambda(P)$  ha de complir la condició de nonagèsima. Aleshores l'expressió (7) permet

d'obtenir el temps entre el pas de l'astre per la nonagèsima i el seu pas pel meridià local:

$$(19) \quad t = [\alpha (M) - \alpha (P)]/15.$$

El temps obtingut serà positiu després del migdia i negatiu abans del migdia. En aquest instant, l'expressió (13) es redueix a

$$(20) \quad \cos z = \cos (\varphi - \delta (M)) / \sin (\lambda (H) - \lambda (M)).$$

### 5.5.3. Instrument de càlcul

Seguint els procediments descrits a 5.5.1 i a 5.5.2, hem utilitzat dos programes, executats a l'ordinador del Centre d'Informàtica de l'Institut d'Estudis Catalans. Per a comprovar la fiabilitat del programa per a la determinació de l'angle eclíptica/vertical hem comparat els resultats que dona el nostre programa amb els obtinguts per Ptolemeu a les seves *Taules fàcils* (Stahlman, 1960) i amb el de les taules de Levi ben Gerson recalculades per Goldstein (1974). Al primer cas, els valors obtinguts coincideixen amb els de Ptolemeu fins al minut d'arc, que és la precisió dels valors donats per ell; al segon cas, existeix una plena coincidència amb els valors recalculats per Goldstein, els quals al seu torn no coincideixen pas sempre (fins a un màxim de mig minut) amb els valors presentats, en minuts i segons d'arc, per Levi ben Gerson.

## 5.6. APROXIMACIONS PER A CALCULAR LES COMPONENTS DE LA PARAL·LAXI

Per a calcular les components eclíptiques de la paral·laxi  $p$  (vegeu la figura 2), hem introduït certes aproximacions.

Si hom coneix  $p$  per un instant donat, la component en latitud  $p_\beta$  és, tal com es veu al triangle rectangle PKP', tal que

$$(21) \quad \sin p_\beta = \sin p \sin x,$$

mentre que la component en longitud  $p_\lambda$  és tal que

$$(22) \quad \sin p_\lambda = \sin p \cos x / \cos p_\beta$$

Com que l'angle  $p$  és petit (en el cas de la Lluna no passa d'un grau) i, per tant, també ho són  $p_\lambda$  i  $p_\beta$ , a (21) i a (22) hom pot aproximar els sinus pels arcs i cos  $p_\beta$  per la unitat, de manera que

$$(23) \quad p_\beta \approx p \sin x,$$

$$(24) \quad p_\lambda \approx p \cos x.$$

Aquesta és la primera aproximació, ja admesa per Ptolemeu. Ara bé, el valor de la paral·laxi en altura va donat per

$$(25) \quad p \approx p_o \sin z,$$

on  $p_o$  és el valor de la paral·laxi horitzontal total, quan la Lluna travessa l'horitzó, i  $z$  la seva distància zenital. A l'expressió (25) hom ha realitzat ja la simplificació anterior a partir de  $\sin p = \sin p_o \sin z$ . Al càlcul de  $p_o$  hi intervé la distància Terra-Lluna, la seva variació amb el temps i, per tant, tot el model del moviment de la Lluna.

La segona aproximació efectuada a adoptar un valor constant per a  $p_o$ , el de la paral·laxi horitzontal "ajustada", és a dir, la diferència entre la paral·laxi lunar mitjana i la paral·laxi solar. Ptolemeu adoptà el valor  $0;53,34^\circ$  per a la paral·laxi lunar mitjana en altura i l'exagerat valor de  $0;2,51^\circ$  per a la paral·laxi solar, exagerat perquè els seus càlculs de la distància Terra-Sol eren erronis per defecte. Així, Ptolemeu adoptà per a  $p_o$  el valor  $0;50,43^\circ$ . Per la seva banda, Levi utilitzà un valor una mica més gran,  $0;53,20^\circ$  (Goldstein, 1974, pàg. 116).

Als càlculs que hem efectuat, hem admès aquestes dues aproximacions, de manera que les components eclíptiques de la paral·laxi van donades per

$$(26) \quad p_\beta \approx p_o \sin z \sin x,$$

$$(27) \quad p_\lambda \approx p_o \sin z \cos x,$$

on la distància zenital és donada per (13) i l'angle entre l'eclíptica i el vertical per (14).

## 5.7. DETERMINACIÓ DELS PARÀMETRES

Per a recalculer les taules de paral·laxi de Bonjorn cal, doncs, conèixer quatre paràmetres bàsics: la latitud geogràfica  $\varphi$ , l'obliquïtat de l'eclíptica  $\varepsilon$ ,

la paral·laxi horitzontal ajustada  $p_o$  i el moviment mitjà de la Lluna en longitud  $\omega_m$ , aquest darrer per tal de convertir en arc la component que Bonjorn expressa en temps.

Als cànons de les seves taules, Bonjorn només dóna un dels paràmetres, la latitud de la seva ciutat ( $\varphi = 42;30^\circ$ , vegeu 3.4), i no hi apareix cap altra indicació sobre cap dels altres paràmetres.

Atès que, com ha estat deduït als capítols 3 i 4, Bonjorn emprà els paràmetres i les taules del moviment de la Lluna de Levi ben Gerson, sembla lògic que hom adopti com a velocitat lunar mitjana la de Levi:  $\omega_m = 13;10,35,1,39,35,43,49,22,35 \text{ }^\circ/\text{d} \approx 0,549017 \text{ }^\circ/\text{h}$ . Sigui com sigui, aquests valors gairebé no se separen dels de Ptolemeu ( $13;10,34,58,33,30,30 \text{ }^\circ/\text{d} \approx 0,549016 \text{ }^\circ/\text{h}$ ).

A partir de l'anàlisi de les taules de Bonjorn, hom pot estimar valors possibles dels altres dos paràmetres,  $\varepsilon$  i  $p_o$ .

a) A la sortida i a la posta d'un mateix dia,  $z = 90^\circ$ . Les expressions (26) i (27) se simplifiquen i

$$(28) \quad p_o \approx (p_\lambda^2 + p_\beta^2)^{1/2}.$$

b) Als solsticis, el pas per la nonagèsima es produeix al migdia, instant en què la distància zenital és  $\varphi - \varepsilon$  (solstici d'estiu) o  $\varphi + \varepsilon$  (solstici d'hivern). En tots dos casos,  $x = 90^\circ$ . Per tant, a migdia de Cancer  $0^\circ$ , a partir de l'expressió (26) hom obté

$$(29) \quad p_\beta \approx p_o \sin(\varphi - \varepsilon)$$

i, a migdia de Capricornus  $0^\circ$ , de (26) hom obté

$$(30) \quad p_\beta \approx p_o \sin(\varphi + \varepsilon).$$

Amb les dades tabulades per Bonjorn, l'expressió (28) proporciona valors de  $p_o$  que oscil·len entre  $0;53,47^\circ$  i  $0;56,58^\circ$ , quan hom utilitza el paràmetre llarg del moviment mitjà de la Lluna. Són valors molt dispersos, que indiquen que aquestes dades de Bonjorn no són del tot homogènies entre elles.

Les expressions (28) – (30) no permeten de determinar un únic valor de l'obliquïtat de l'eclíptica i fan sospitar una altra vegada que les dades de la taula de paral·laxi de Bonjorn no tenen el mateix grau de fiabilitat que les de les taules analitzades als capítols precedents. En efecte, per al dia que



el Sol entra a Aries, hom llegeix a la taula que la paral·laxi en latitud és  $0;48,27^\circ$  a la sortida, i  $0;16,44^\circ$  a la posta. En totes dues situacions  $z = 90^\circ$  i, per tant, l'expressió (26) es redueix a

$$0;48,27^\circ = p_o \sin(\varphi + \varepsilon) \text{ a la sortida i}$$

$$0;16,44^\circ = p_o \sin(\varphi - \varepsilon) \text{ a la posta,}$$

expressions que haurien de coincidir amb (30) i (29) per al migdia de Capricornus  $0^\circ$  i de Cancer  $0^\circ$ . En un cas (quan  $p_\beta = 0;16,44^\circ$ ), les expressions coincideixen, però en l'altre hom troba dos valors diferents a les taules ( $0;49,30^\circ$  per al migdia de Capricornus  $0^\circ$ , i  $0;48,27^\circ$  per a la posta a Aries).

## 5.8. RESULTATS

L'única manera d'avançar, doncs, consisteix a fer córrer el programa, generar sèries de taules tot fent variar els tres paràmetres ( $p_o$ ,  $\varepsilon$ ,  $\omega_m$ ) i comparar-les amb les taules de Bonjorn.

Comparar conjunts de taules diferents, com aquestes que contenen uns 900 nombres d'una o dues xifres, és un problema seriós que obliga a establir un criteri de comparació. En el nostre cas, hem adoptat el de la desviació quadràtica mitjana dels valors calculats d'una columna respecte als valors tabulats per Bonjorn.

En el cas de la component en latitud, el conjunt de taules que presenta la mínima desviació quadràtica mitjana ( $27''$ ) és aquell en què els paràmetres adoptats són  $\varepsilon = 23;51,20^\circ$  i  $p_o = 0;53,20^\circ$ . El primer és el valor de l'obliquïtat de l'eclíptica emprat per Ptolemeu i també per Abraham bar ̤iyya, autor esmentat explícitament per Bonjorn als seus cànons. El segon és el valor de la paral·laxi horitzontal ajustada emprat per Levi ben Gerson. Amb aquests dos paràmetres, els valors recalculats expliquen els de Bonjorn amb una precisió de l'ordre de mig minut d'arc.

Ara bé, el valor levinià de  $p_o$  no ajusta de la mateixa manera la component en longitud de Bonjorn. En aquest cas hi intervé la velocitat mitjana de la Lluna, ja que els valors que figuren a les taules van donats en temps (minuts) i no en arc (com a la component en latitud). La desviació quadràtica mitjana del conjunt de taules amb  $\varepsilon = 23;51,20^\circ$ ,  $p_o = 0;53,20^\circ$  i  $\omega_m = 13;10,35^\circ/\text{d}$  és de 4,3 minuts de temps. La precisió no és pas compatible amb la trobada per a la paral·laxi en latitud.

La millor aproximació trobada es produeix per a un conjunt de taules calculat amb els paràmetres  $\varepsilon = 23;51,20^\circ$ ,  $p_o = 0;57,30^\circ$  i  $\omega_m = 13;10,35^\circ/\text{d}$ .

La desviació quadràtica mitjana en aquest cas és d'1,2 minuts de temps, aquesta vegada sí compatible amb la trobada per a la paral·laxi en latitud.

El fet de trobar per a  $p_o$  dos valors diferents, un per a cada component de la paral·laxi, resulta molt sorprenent. No ho és, per contra, que Bonjorn utilitzés el valor de l'obliquïtat de l'eclíptica de Ptolemeu, pres directament d'aquest o per mitjà d'Abraham bar Hiyya.

Falta examinar la procedència d'aquest valor de la paral·laxi horitzontal ajustada,  $p_o = 0;57,30^\circ$ . A la figura 7 es veu la situació, en què la Lluna està sobre l'horitzó i l'angle OPC és  $p_o$ . Prenent el radi terrestre com a unitat, aquest valor de  $p_o$  correspon a una distància Terra-Lluna  $PC = 1 / \sin 0;57,30^\circ = 59;47$ . És un valor molt proper al considerat per Ptolemeu (*Alm.*, V, 13) per a la distància mitjana Terra-Lluna en les sizígies (59 radis terrestres). És, doncs, versemblant que, per a la component en longitud de la paral·laxi, Bonjorn basés els seus càlculs en aquest valor de la distància mitjana ptolemaica.

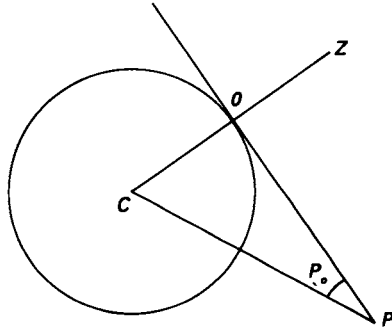


Figura 7

Al quadre següent hi ha reflectits els resultats per a una de les dotze taules de paral·laxi, la que correspon a l'entrada del Sol al signe d'Aries el 12 de març (equinocci de primavera). A la primera columna s'especifica el temps, en hores abans (-) i després (+) del migdia. Les dues columnes següents contenen els valors obtinguts de la distància zenital ( $z$ ) i l'angle eclíptica/vertical ( $x$ ), tots dos en graus, i calculats amb la  $\epsilon$  ptolemaica ( $23;51,20^\circ$ ) i la latitud de Perpinyà ( $42;30^\circ$ ). Les tres columnes centrals es refereixen a la paral·laxi en longitud, on  $C$  és el valor calculat,  $B$  el valor tabulat per Bonjorn i  $C-B$  la diferència entre tots dos; tots aquests valors són expressats en hores i minuts ( $p_o = 0;57,30^\circ$ ). Les tres columnes de la dreta es refereixen a la paral·laxi en latitud; els encapçalaments signifiquen el mateix que abans i els valors són donats en minuts i segons d'arc ( $p_o = 0;53,20^\circ$ ).

<i>b</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C-B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C-B</i>
-6	90; 0	113; 39	0; 42	0; 44	-0; 2	48; 51	48; 27	+0; 24
-5	79; 0	112; 39	0; 40	0; 41	-0; 1	48; 19	47; 25	+0; 54
-4	68; 22	109; 32	0; 33	0; 38	-0; 5	46; 44	46; 43	+0; 1
-3	58; 35	103; 48	0; 21	0; 25	-0; 4	44; 12	44; 17	-0; 5
-2	50; 19	94; 46	0; 7	0; 7	0	40; 54	41; 8	-0; 14
-1	44; 35	81; 55	0; 10	0; 11	-0; 1	37; 4	36; 57	+0; 7
0	42; 30	66; 9	0; 29	0; 29	0	32; 57	33; 7	-0; 10
1	44; 35	50; 22	0; 47	0; 47	0	28; 50	28; 56	-0; 6
2	50; 19	37; 32	1; 4	1; 5	-0; 1	25; 0	24; 45	+0; 15
3	58; 35	28; 29	1; 19	1; 18	+0; 1	21; 42	21; 16	+0; 26
4	68; 22	22; 46	1; 30	1; 30	0	19; 11	18; 50	+0; 21
5	79; 0	19; 38	1; 37	1; 35	+0; 2	17; 36	16; 44	+0; 52
6	90; 0	18; 39	1; 39	1; 39	0	17; 3	16; 44	+0; 19

Els instants de pas per la nonagèsima han estat calculats amb un altre programa d'ordinador, seguint el procediment exposat a 5.5.2, per a la latitud geogràfica de 42;30° i amb el valor ptolemaic de l'obliquïtat de l'eclíptica,  $\varepsilon = 23;51,20^\circ$ .

Els resultats apareixen reflectits al quadre següent. A la primera columna hi ha la longitud de la Lluna, en graus; a la segona, el valor calculat, en graus; a la columna següent hi ha l'ascensió obliqua de l'ascendent, en graus; a la quarta columna hi ha el valor tabulat per Bonjorn (vegeu l'apartat 5.4); a la cinquena columna hi ha la diferència entre el valor calculat i el valor tabulat per Bonjorn, expressada en minuts.

$\lambda$	<i>C</i>	$\rho$ (H)	<i>B</i>	<i>C-B</i>
0	-1; 35,37	66; 6	-1; 37	+0; 1
30	-1; 2,26	102; 14	-1; 3	+0; 1
60	-0; 25,55	141; 16	-0; 27	+0; 1
90	0	180	0	0;
120	0; 25,55	218; 44	0; 27	-0; 1
150	1; 2,26	257; 46	1; 3	-0; 1
180	1; 35,37	293; 54	1; 37	-0; 1
210	1; 37,52	322; 18	1; 37	+0; 1
240	1; 1,20	343; 4	1; 3	-0; 2
270	0	360	0	0;
300	-1; 1;20	16; 56	-1; 3	+0; 2
330	-1; 37,52	37; 42	-1; 37	-0; 1

Al quadre anterior hom hi observa que el càlcul reproduceix, amb una desviació màxima de 2 minuts, els temps de pas per la nonagèsima. També és clar que Bonjorn degué fer algunes hipòtesis simplificadores, cercant simetries que li permetessin d'estalviar-se molts càlculs complexos. Així, per a  $\lambda = 0^\circ, 180^\circ, 210^\circ$  i  $330^\circ$ , obtingué el mateix resultat, en valor absolut (1;37 h), quan del càlcul no es dedueix pas això. I es pot dir el mateix per a les longituds  $30^\circ, 150^\circ, 240^\circ$  i  $300^\circ$ .

Una vegada fixada l'obliquïtat de l'eclíptica, i a manera de confirmació del fet que Bonjorn emprà el valor ptolemaic, hom pot deduir de les expressions (2) i (3) la semidurada del dia. Els resultats del càlcul de les hores de la sortida i la posta per a cada mes (vegeu l'apartat 5.3) apareixen tot seguit, juntament amb les dades tabulades per Bonjorn i las diferències entre uns i altres.

	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C-B</i>
Març	6; 0, 0	6	0
Abril	6; 43,38	6; 44	0
Maig	7; 20, 9	7; 20	0
Juny	7; 35,37	7; 35	+1
Juliol	7; 20, 9	7; 20	0
Agost	6; 43,38	6; 44	0
Septembre	6; 0, 0	6	0
Octubre	5; 16,22	5; 16	0
Novembre	4; 39,51	4; 40	0
Desembre	4; 24,23	4; 25	-1
Gener	4; 39,51	4; 40	0
Febrer	5; 16,22	5; 16	0

## 5.9. CONCLUSIONS

1. Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules de paral·laxi per a la seva ciutat ( $\varphi = 42;30^\circ$ ), en les quals calculà les components de la paral·laxi en longitud i latitud. Les taules segueixen el model de les de Ptolemeu a les *Taules fàcils*.

2. El valor de l'obliquïtat de l'eclíptica adoptat a les taules és el ptolemaic ( $\varepsilon = 23,51,20^\circ$ ), pres directament de Ptolemeu o a través d'Abraham bar Hiyya.

3. Per a les components en longitud de la paral·laxi, Bonjorn degué basar-se en el valor ptolemaic de la distància mitjana de la Lluna a les sizígies

i, per tant, degué utilitzar un valor acostat a  $p_o = 0;57,30^\circ$ . Per a les components en latitud de la paral·laxi, per contra, Bonjorn degué recórrer al valor de la paral·laxi horitzontal ajustada de Levi ben Gerson,  $p_o = 0;53,20^\circ$ .

4. Per al càlcul de les seves taules, cosa que exigeix un enorme treball manual, Bonjorn cercà simplificacions que el fessin més fàcil, tot i que pretenia oferir una precisió superior a la de les taules de paral·laxi habituals.



## CAPÍTOL 6

### ECLIPSIS

La segona part dels cànons de Bonjorn està dedicada a “lo compte del eclipsi solar e lunar”.

#### 6.1. ECLIPSIS SOLARS

##### 6.1.1. *Descripció de la taula*

La taula 4 correspon als eclipsis de Sol a distància mitjana. Els valors que conté han estat calculats per a la situació en què el Sol i la Lluna estan en conjunció i el Sol es troba a una distància mitjana entre l'apogeu i el perigeu. És una taula de doble entrada.

L'entrada horitzontal és la component en latitud de la paral·laxi. La variable d'entrada (“*diversitas latitudinis meridionalis*”) va donada en minuts d'arc, de 3' en 3', des de 6' fins a 51', cosa que dóna lloc a 16 files.

L'entrada vertical és l'argument de latitud de la Lluna, especificat de mig en mig grau. Varia des de 0s 0; 0° (o bé des de 6s 0;0°) fins a 0s 17;0° (o bé fins a 5s 13;0°), i dóna lloc a 44 files. En alguns manuscrits que contenen les taules de Bonjorn, hi ha un altre valor de l'argument de latitud, el que correspon a 0s 17;8° (o bé a 5s 12;52°). Els valors superiors a sis signes o inferiors a zero signes són objecte d'una altra taula, anàloga a l'anterior. En aquesta l'entrada varia des de 6s 0;0° (o bé 0s 0;0°) fins a 6s 4;30° (11s 25;30°). A vegades s'hi troba una altra fila, encapçalada per 6s 4;46° (11s 25;14°).

Per a cada un dels valors de l'argument de latitud lunar hi ha tres columnes. Les dues primeres corresponen a la part eclipsada del diàmetre solar, expressada en dígits (columna 1) i minuts de dígit (columna 2), essent 60 md = 1 d i el diàmetre solar de 12 d. La tercera columna correspon a la

“*medietas temporis eclipsis*”, és a dir, a la semidurada de l'eclipsi. El temps hi és donat en minuts.

La taula 4 conté uns 1.200 nombres d'una o dues xifres.

### 6.1.2. *Extrems de les variables*

#### 6.1.2.1. *Component en latitud de la paral·laxi*

Aquesta aquí hi fa el paper de variable d'entrada. El valor concret que cal utilitzar en cada ocasió s'ha de cercar a la taula 3, ja analitzada al nostre capítol anterior. Al seu text, Bonjorn esmenta els extrems d'aquesta variable (Ch, § 111):

“(…) los minuts de la diversitat de la latitud meridional, anants de .iii. en .iii., de .vi. entrò a .li., per tal com los orizons que és lur latitud de .xxx. entrò .xlviii., que és lo principal del poblat, no passa en aquells la quantitat de la diversitat de la latitud aquells tèmens a creiximent ho a minvament”.

Amb el terme “poblat”, Bonjorn s'està referint a l'*oikoumene*, que Ptolemeu dividí en set climes (*Alm.*, II, 13). Els valors 31' i 48' corresponen al límit inferior del clima III i al límit superior del clima VII, límits que cada autor de taules astronòmiques considerava diferents (vegeu l'apartat 5.2), segons el valor adoptat per a l'obliquïtat de l'eclíptica.

A les taules de paral·laxi de Levi (Goldstein, 1974, pàgs. 184-207), la corresponent al clima III ( $\varphi = 30;40^\circ$ ) presenta un mínim de paral·laxi en latitud a la posta del dia d'entrada del Sol a Aries (o bé a la sortida del Sol quan entra a Libra):  $0;6,16^\circ \approx 0;6^\circ$ . És el valor esmentat al paràgraf anterior per Bonjorn. A la taula del clima VII ( $\varphi = 48;58^\circ$ ), la paral·laxi en latitud presenta un màxim al migdia del dia en què el Sol entra al signe de Capricornus:  $0;51,15^\circ \approx 0;51^\circ$ . Torna a coincidir amb l'extrem citat al paràgraf de Bonjorn. Amb altres taules de paral·laxi l'acord no és bo, cosa que referma la idea, ja exposada abans, que Bonjorn féu un ús intensiu de les taules de Levi.

Així, doncs, Bonjorn, que havia elaborat unes taules de paral·laxi només per a la latitud de Perpinyà, també elaborà unes taules per als eclipsis de Sol, però en aquestes amplia l'interval d'utilització ( $0;6^\circ < p_\beta < 0;51^\circ$ ), ja que les seves pròpies taules de paral·laxi presenten uns extrems de  $0;16,44^\circ$  i  $0;49,30^\circ$ .



### 6.1.2.2. *Argument de latitud de la Lluna*

Els valors extrems d'aquesta variable corresponen als límits de possibilitat d'un eclipsi solar, com ho indica el mateix text (Ch, § 121-122):

“(…) dins los térmens del eclipsi de sol segons la distància mijana, que són de .v.xii.lii. entrò .vi.iiii.xlvi., ho de .xi.xxv.xiiii. entrò .o.xvii.viii., no.s pot fer que no aclipse lavors lo sol en qualque hun dels orizons que és lur latitud de .xxxii. grau entrò .xlviii. Mas si hix de aquests térmens no eclipsarà”.

Entre les 384 conjuncions de la taula de sizígies de Bonjorn n'hi ha 47 per a les quals l'argument de latitud de la Lluna cau dins aquests límits. Constitueixen una llista d'eclipsis de Sol possibles, que va a continuació. La primera columna d'aquesta és la data en què es produeix la conjunció veritable; tot seguit s'hi especifica l'hora en què té lloc. A la tercera columna hem indicat si l'eclipsi és visible a la latitud de Perpinyà (quan l'hora és posterior a la sortida del Sol o anterior a la posta), per a la qual cosa cal consultar la durada de dia a cada mes, informació continguda a la taula de paral·laxi (vegeu l'apartat 5.3.). Les dues columnes següents corresponen al número de l'eclipsi i a l'instant del mig de l'eclipsi, segons el catàleg d'eclipsis solars d'Oppolzer (1887). Les dues darreres columnes corresponen al número de l'eclipsi i a l'instant del mig de l'eclipsi, segons el catàleg de Schroeter (1923) d'eclipsis centrals, que millorà les dades calculades uns cinquanta anys abans per Oppolzer.

La data indicada amb (--) es refereix a un eclipsi no catalogat per Oppolzer ni per Schroeter; en aquest cas, l'argument de latitud de la Lluna donat a la taula de sizígies de Bonjorn coincideix amb el límit de possibilitat d'eclipsi i, per tant, el Sol i la Lluna arribarien a ésser tangents però no a eclipsar-se. Dels altres 46 eclipsis solars possibles, només 24 són visibles a Perpinyà.

Els temps donats per Oppolzer/Schroeter i els de Bonjorn no són directament comparables, perquè caldria tenir en compte que;

- a) en el primer cas es tracta de temps expressats en GMT,
- b) Perpinyà es troba a 3° E de Greenwich (12 min de temps),
- c) l'instant de la conjunció veritable no coincideix exactament amb el del mig de l'eclipsi.

## Llista d'eclipsis de Sol

Data	Hora (h)	Visi- bilitat	Oppolzer		Schroeter	
			n.	Mig eclipsi (h)	n.	Mig eclipsi (h)
4/ 3/1361	21;	4 vis.	6122		184	8;49
29/ 8/1361	1;55	vis.	6123	14; 8		
24/ 2/1362	14;23		6124			
18/ 8/1362	2;	4 vis.	6125	14; 5		
15/ 1/1363	18;45	vis.	--			
7/ 8/1363	7;51		6127			
4/ 1/1364	0;	2 vis.	6128		185	11;49
21/12/1364	0;10	vis.	6130	11;49		
17/ 6/1365	5;	1 vis.	6131	16;31		
6/ 6/1366	17;48	vis.	6133		186	5;51
26/ 5/1367	23;41	vis.	6136	12;13		
21/10/1367	13;42		6137			
10/10/1368	4;36		6139			
4/ 5/1369	16;	7	6140			
25/ 3/1370	4;37	vis.	6142		187	16;31
8/ 8/1371	21;44	vis.	6145	9;34		
4/ 2/1372	4;35	vis.	6146	15;58		
27/ 7/1372	5;42	vis.	6147	17;40		
24/ 1/1373	11;47		6148			
16/ 7/1373	20;19	vis.	6149	8; 8		
13/ 1/1374	12;56		6150			
8/ 6/1374	4;29	vis.	6151	15;56		
28/ 5/1375	15;30		5154			
1/11/1375	7;47		6155			
16/ 5/1376	19;48	vis.	6156	8; 4		
9/11/1376	23;14	vis.	6157	11;15		
30/10/1377	14;59		6159			
26/ 3/1378	14;27		6160			
16/ 3/1379	4;35	vis.	6163		189	16;20
9/ 9/1379	9;51		6164			
4/ 3/1380	22;	7 vis.	6165	9;29		
28/ 8/1380	9;59		6166			
17/ 8/1381	15;57		6168			
15/ 1/1382	7;33		6169			
4/ 1/1383	7;45		6171			
28/ 6/1383	12;50		6172			
17/ 6/1384	1;	7 vis.	6174		190	13; 9
6/ 6/1385	6;27	vis.	6177	18;58		
31/10/1385	22;31	vis.	6178		191	10;18
21/10/1386	13;19		6180			
15/ 5/1387	22;58	vis.	6181	10;39		
4/ 4/1388	12;	1	6183			
19/ 8/1389	5;37		6187			
15/ 2/1390	12;	7	6188			
8/ 8/1390	13;54		6189			
4/ 2/1391	19;	5 vis.	6190	6;45		
28/ 7/1391	4;37	vis.	6191	16;21		

### 6.1.3. Plantejament del problema

La figura 1 representa la situació d'un eclipsi solar en el punt mig d'aquest. N és el node ascendent de l'òrbita lunar i L és el centre de la Lluna, situada en una posició que es dedueix d'una teoria del moviment lunar en coordenades geocèntriques. L' és el centre observat de la Lluna a l'instant del mig de l'eclipsi i des d'una latitud geogràfica determinada, de manera que LL' és la component en latitud de la paral·laxi lunar en aquest instant. D'altra banda, sigui S el centre del Sol a l'instant del mig de l'eclipsi i designem amb  $\omega$  l'argument de latitud (NT) del centre de la Lluna i amb  $\beta$  la latitud (TL) d'aquest.

Al triangle esfèric rectangle NTL, es compleix

$$(1) \quad \tan i = \tan \beta / \sin \omega,$$

i, per tant,

$$(2) \quad \beta = \arctan (\tan i \sin \omega),$$

essent  $i$  la inclinació de l'òrbita lunar sobre l'eclíptica. És una constant que cal determinar, ja que no apareix explicitada als cànons de Bonjorn.

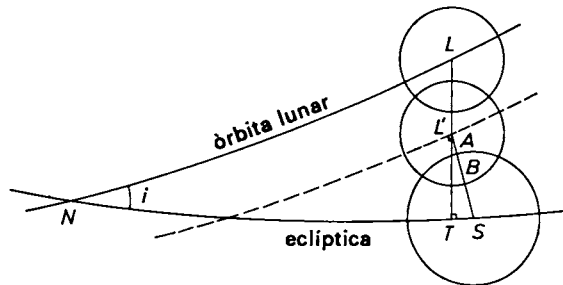


Figura 1

Al triangle rectangle L'TS, considerat pla, es compleix

$$(3) \quad L'S = L'T / \cos i,$$

essent  $L'T = \beta - p_{\beta}$ . Està justificat considerar pla aquest darrer triangle, ja que el valor màxim de  $L'T$  és d'uns  $0;30^{\circ}$  (la suma dels radis de la Lluna i

el Sol) i, com que l'angle  $i$  és de l'ordre de  $5^\circ$ , la màxima diferència que provoca a L'S prendre'l com un segment pla o com un segment esfèric se situa al sisè decimal. No passa pas el mateix amb el triangle esfèric NTL, ja que  $\omega$  pot arribar als  $17^\circ$  (el valor extrem que apareix a les taules).

Siguin ara  $r$  i  $s$  els radis de la Lluna i el Sol a distància mitjana. Si AB és la part del diàmetre solar eclipsat (figura 1), alèshores  $L'S = r + s - AB$ . Considerem el diàmetre solar com la unitat, dividida en dotze parts iguals (dígit, d), cada una de les quals es pot dividir en submúltiples sexagesimals (minuts de dígit, md). Sigui  $D$  el nombre de dígit de l'eclipsi; alèshores  $AB = 2sD/12$  i, per tant,

$$(4) \quad L'S = r + s - sD/6.$$

De les expressions (3) i (4) es dedueix

$$(5) \quad (\beta - p_\beta)/\cos i = r + s - sD/6.$$

Aquesta darrera expressió, juntament amb (2), permet de calcular  $D$  en funció de les variables d'entrada de la taula 4: l'argument de latitud  $\omega$  i la paral·laxi en latitud  $p_\beta$ , quan hom coneix les constants  $r$ ,  $s$  i  $i$ . Això no obstant, al text de Bonjorn no es fa cap esment d'aquestes constants ni dels valors adoptats.

L'expressió (5) és vàlida si  $\beta - p_\beta \geq 0^\circ$ , és a dir, quan la lluna observada es troba per damunt de l'eclíptica i l'eclipsi és septentrional (figura 1). Per contra, quan l'eclipsi és meridional i  $\beta - p_\beta \leq 0^\circ$  (figura 2), l'expressió (5) s'escriu

$$(6) \quad (p_\beta - \beta)/\cos i = r + s - sD/6.$$

Quan  $\beta = p_\beta$ , tant el centre del Sol com el de la lluna observada es troben sobre l'eclíptica i  $D$  arriba a un màxim.

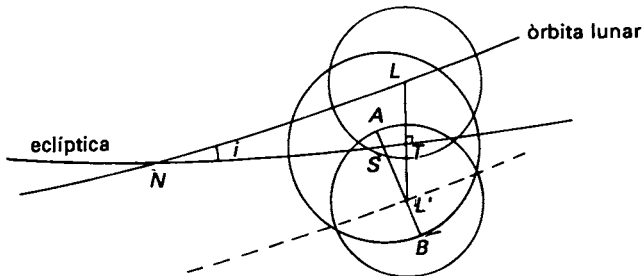


Figura 2

D'altra banda, com que la inclinació de l'òrbita lunar és d'uns  $5^\circ$ , per al càlcul hom pot fer l'aproximació  $\cos i = 1$ , sense que els resultats quedin pràcticament afectats. Així, (5) i (6) s'escriuen

$$(7) \quad |\beta - p_\beta| = r + s - sD/6.$$

#### 6.1.4. Determinació dels paràmetres

Per a determinar els valors del radi solar,  $s$ , i del radi lunar,  $r$ , utilitzats per Bonjorn per al càlcul efectiu de les seves taules, considerem les dades tabulades a la fila  $\omega = 0^\circ$ . Aquests valors, corresponents a  $\beta = 0^\circ$ , no depenen de  $i$ . En aquest cas, l'expressió (7) es redueix a

$$(8) \quad D = (r + s - p_\beta) 6/s,$$

ja que  $p_\beta > 0^\circ$ . A la línia considerada s'hi troben valors de  $D$  compresos entre 9;17 d i 0;34 d, per a valors de  $p_\beta$  des de  $0;6^\circ$  a  $0;27^\circ$ . Així, a un increment de la paral·laxi en latitud de  $0;21^\circ$  li correspon un increment de  $D$  de  $-8;43$  d. D'altra banda, de (8) hom obté

$$s = -6 \Delta p_\beta / \Delta D$$

i, per tant,  $s = 0;14,27,18^\circ$  és una estimació del radi solar que està subjacent a la taula d'eclipsis a distància mitjana elaborada per Bonjorn. Una vegada obtingut aquest valor de  $s$ , és possible deduir de (8) un valor del radi lunar:  $r = 0;13,55,13^\circ$ . És clar que cal posar en qüestió els tercers de  $r$  i  $s$ .

Coneguts tots dos radis, és possible determinar el valor màxim de  $D$  (situació en què  $\beta = p_\beta$ ), modificant l'expressió (7):

$$(9) \quad Dm\grave{a}x = 6 (r + s)/s.$$

El valor obtingut,  $Dm\grave{a}x = 11;47$  d, no apareix explícitament a les taules, però hi encaixa bé. En efecte,  $Dm\grave{a}x$  no ha pas de correspondre per força, per a cada valor de  $p_\beta$ , a valors de l'argument de latitud de la Lluna enters o semienters, que són els únics tabulats. D'altra banda,  $Dm\grave{a}x = 11;47$  d supera, com és lògic, els màxims de  $D$ , per a cada valor de  $p_\beta$ , que reproduïm seguidament, indicant entre parèntesis l'argument de latitud per al qual tenen lloc.

Per a explicar la procedència d'aquests valors concrets de  $r$ ,  $s$  i  $Dm\grave{a}x$  utilitzats per Bonjorn, examinarem els que apareixen a les taules astronò-

miques elaborades per Ptolemeu, al-Battānī, Abraham bar Ḥiyya, Alfons X i Levi ben Gerson.

$p_{\beta}$	$Dm\grave{a}x$	$\omega$ (°)
0; 6	11;21	( 1;30)
0; 9	11;37	( 2; 0)
0;12	11;41	( 2;30)
0;15	11;24	( 3; 0)
0;18	11;27	( 4; 0)
0;21	11;43	( 4;30)
0;24	11;34	( 5; 0)
0;27	11;18	( 5;30 i 6; 0)
0;30	11;34	( 6;30)
0;33	11;43	( 7; 0)
0;36	11;27	( 7;30)
0;39	11;25	( 8;30)
0;42	11;43	( 9; 0)
0;45	11;34	( 9;30)
0;48	11;19	(10;30)
0;51	11;36	(11; 0)

La taula d'eclipsis solars de Ptolemeu continguda a l'*Almagest*, VI, 8 (Toomer, 1984, pàg. 306), utilitza  $\omega$  com a entrada. Hi veiem que  $Dm\grave{a}x = 12$  d (Sol a l'apogeu),  $Dm\grave{a}x = 12 \frac{4}{5}$  d (Sol al perigeu) i, per tant,  $Dm\grave{a}x = 12,24$  d (Sol a distància mitjana). A les *Taules fàcils* (Stahlman, 1960, pàg. 258), per contra, l'entrada és  $\beta$  i els tres valors esmentats suara són 12 d , 12  $\frac{1}{4}$  d i 12;7,30 d, respectivament. El radi de la Lluna a distància mitjana és 0;16,40° i el radi solar (constant) és 0;15,40° (0;16° a les *Taules fàcils*). La inclinació de l'òrbita lunar és 5°.

A la taula d'eclipsis solars d'al-Battānī (Nallino, 1899-1907, pàg. 91), l'entrada és  $\beta$  i no  $\omega$ . Els valors de  $Dm\grave{a}x$  per al Sol a l'apogeu, al perigeu i a distància mitjana són 11;23,30 d, 12;33 d i 11;58,15 d. El radi de la Lluna a distància mitjana és 0;16,12,30° i el radi solar 0;15,40°. També aquí  $i = 5^\circ$ .

En el cas de bar Ḥiyya, que també considera una inclinació de l'òrbita de 5°, els radis de la Lluna i el Sol a distància mitjana són 0;16,10,30° i 0;16,18° (Millàs, 1959b, pàg. 68; Millàs, 1956, pàgs. 79 i 86).

Les taules alfonsines relatives als eclipsis solars utilitzen  $\omega$  com a entrada. Els valors de  $Dm\grave{a}x$  per al Sol a l'apogeu, al perigeu i a distància mitjana són 10;45 d, 12;44 d i 11;44,30 d, respectivament.

A les taules de Levi ben Gerson sobre els eclipsis de Sol (taules 32 i 33) (Goldstein, 1974, pàg. 210), l'entrada és la latitud i no l'argument de la latitud, contràriament a la taula de Bonjorn. Aquí,  $Dm\grave{a}x = 12$  d (Sol a

l'apogeu),  $Dm\grave{a}x = 11;34$  d (Sol al perigeu) i  $Dm\grave{a}x = 11;47$  d (Sol a distància mitjana). Per a Levi, el radi de la Lluna és constant a les sizígies ( $0;13,55,30^\circ$ ) i el radi solar a distància mitjana és  $0;14,27,45^\circ$ . Aquest darrer és un valor mitjà, perquè Levi afirma al capítol 56 de la seva obra que  $0;13,55,30^\circ$  és el radi solar a l'apogeu i  $0;15^\circ$  és el que correspon al perigeu.

D'aquesta ràpida repassada de diverses taules d'eclipsis solars sembla clar que els valors estimats per a les taules de Bonjorn ( $r = 0;13,55,13^\circ$ ,  $s = 0;14,27,18^\circ$  i  $Dm\grave{a}x = 11;47$  d) tenen una relació molt estreta amb els de Levi, i encara amb més motiu pel fet que els radis de Levi són especialment diferents dels altres astrònoms. S'ha de pensar, doncs, que Bonjorn degué utilitzar aquests paràmetres bàsics de Levi, potser deduïnt-los de les taules 32 i 33 d'aquest darrer.

### 6.1.5. Límits dels eclipsis solars

A l'apartat 6.1.2.2 havíem vist que, segons Bonjorn, per tal que es produeixi un eclipsi solar cal que l'argument de latitud  $\omega$  compleixi una de les desigualtats

$$162;52^\circ < \omega < 184;46^\circ, \quad 355;14^\circ < \omega < 377;8^\circ.$$

En tots dos casos, l'arc d'eclíptica on s'ha de trobar la projecció del centre de la Lluna és de  $21;54^\circ$  ( $17;8^\circ$  després d'un dels nodes de l'òrbita lunar, o  $4;46^\circ$  abans, en el sentit del moviment del Sol).

Al límit de l'eclipsi solar es compleix que  $D = 0$  d i, per tant, l'expressió general (7) es transforma en

$$(10) \quad |\beta - p_\beta| = r + s.$$

Com que  $p_\beta > 0^\circ$ ,  $\omega$  (i, per tant,  $\beta$ ) arriba a un màxim quan  $p_\beta$  és màxima ( $0;51^\circ$ ) i a un mínim quan  $p_\beta$  és mínima ( $0;6^\circ$ ). Així, doncs, amb els radis de Levi i segons (10), els límits de l'eclipsi solar es produeixen per als valors de la latitud de  $1;19,23^\circ$  i  $-0;22,23^\circ$ . La situació és representada a la figura 3.

"Només" cal convertir la latitud en argument de latitud i conèixer el valor de  $i$ . Són dos problemes interrelacionats –determinar el mètode emprat per a fer aquesta conversió i el valor adoptat per a l'obliquïtat de l'eclíptica– que presenten una dificultat de resolució especial. La majoria dels astrònoms, seguint Ptolemeu, utilitzaren  $i = 5^\circ$ , com ja hem dit. En una altra tradició, de la qual és exponent al-Khwārizmī (Kennedy-Ukashah, 1969, pàgs. 95-96),

es troba  $i = 4;30^\circ$ , valor emprat també per Levi (Goldstein, 1974, pàg. 132). D'altra banda, d'acord amb l'expressió

$$(11) \quad \omega = \arcsin(\tan \beta / \tan i),$$

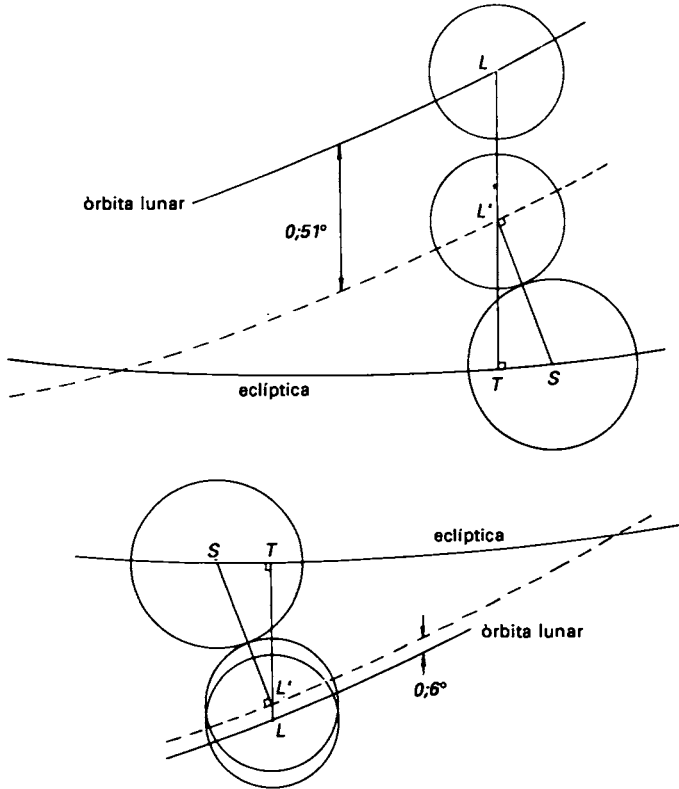


Figura 3

que es dedueix de (1), els arguments de latitud que corresponen a les latituds  $1;19,23^\circ$  i  $-0;22,23^\circ$  són  $15;18^\circ$  i  $-4;16^\circ$  (per a  $i = 5^\circ$ ) i  $17;4^\circ$  i  $-4;45^\circ$  (per a  $i = 4;30^\circ$ ). Aquests valors s'han de contrastar amb els adoptats per Bonjorn a les seves taules:  $17;8^\circ$  i  $-4;46^\circ$ . Les diferències, quan hom considera  $i = 4;30^\circ$ , són petites, però encara hi ha una discrepància. L'explicació n'és que Levi construí una taula que permet d'obtenir la latitud de la Lluna en funció del seu argument de latitud (taula 35), basada en una inclinació de l'òrbita de  $4;30^\circ$  i en un sistema de càlcul que no equival a l'expressió moderna (11) sinó a l'expressió



$$(12) \quad \omega = \arcsin(\sin \beta / \sin i).$$

Quan hom fa servir la taula 35 de Levi, aquesta vegada en sentit invers, per a les latituds estimades per Bonjorn com a límits de l'eclipsi solar ( $1;19,23^\circ$  i  $-0;22,23^\circ$ ), hom obté els arguments de latitud  $17;8^\circ$  i  $-4;46^\circ$ , valors que coincideixen amb els adoptats per Bonjorn.

En resum, doncs, Bonjorn fixà els límits d'ocurrència dels eclipsis solars a partir dels paràmetres ( $r$ ,  $s$ ,  $i$ ) extrets de l'obra de Levi i emprà la taula d'aquest autor que permet de convertir la latitud lunar en argument de latitud i viceversa.

#### 6.1.6. Recalculació de la fracció de sol eclipsat

Per a calcular els valors tabulats per Bonjorn ens hem servit de la taula 35 de Levi i de l'expressió

$$(13) \quad D = (r + s - |\beta - p_\beta|) 6/s,$$

que resulta immediatament de (7). De la taula 4 de Bonjorn, que conté 44 files i 16 columnes, hem escollit, a fi de recalculer per mitjà de (13) les dades tabulades, la columna corresponent a  $p_\beta = 0;9^\circ$  i la fila per a la qual  $\omega = 6^\circ$ , ja que aquestes són algunes de les línies que contenen més dades no nul·les. Els valors emprats per als radis procedeixen de Levi:  $r = 0;13,55,30^\circ$ ,  $s = 0;14,27,45^\circ$  i  $r + s = 0;28,23,15^\circ$ . Són tres valors coherents entre ells però que difereixen lleugeríssimament dels que es poden deduir de les pròpies taules de Levi, car a la taula del Sol a l'apogeu hom llegeix  $0;27,51^\circ$  i a la del Sol al perigeu  $0;28,55^\circ$ ; la mitjana d'aquests dos valors és  $0;28,23^\circ$ , que sembla un arrodoniment del valor esmentat abans per a  $r + s$ .

##### 6.1.6.1. Paral·laxi en latitud constant

Al quadre adjunt,  $p_\beta = 0;9^\circ$ . La primera columna és l'argument de latitud (en graus); a la següent hi ha el valor calculat de  $D$  (en dígits), que s'ha de contrastar amb el valor tabulat per Bonjorn, designat amb  $B$  (columna 4); a la darrera columna hi ha la diferència entre el càlcul i  $B$ , també expressada en dígits.

El sistema de càlcul i els paràmetres adoptats reproduïxen les dades tabulades, que són representades a la figura 4.

$\omega$	$\beta$	$D$	$B$	$C-B$
7;30	0;35,12	0;54,27	0;54	0;0
7	0;32;52	1;52,32	1;53	0;0
6;30	0;30,31,30	2;50,49	2;51	0;0
6	0;28,11	3;49, 7	3;50	-0;1
5;30	0;25,50,30	4;47,24	4;48	-0;1
5	0;23,30	5;45,41	5;45	0;1
4;30	0;21, 9	6;44,11	6;44	0;0
4	0;18,48	7;42,41	7;43	0;0
3;30	0;16,27	8;41,10	8;41	0;0
3	0;14, 6	9;39,40	9;40	0;0
2;30	0;11,45	10;38,10	10;38	0;0
2	0; 9,24	11;36,39	11;37	0;0
1;30	0; 7, 3	10;58, 5	10;59	-0;1
1	0; 4,42	9;59,35	10; 1	-0;1
0;30	0; 2,21	9; 1, 5	9; 1	0;0
0	0	8; 2,35	8; 3	0;0
-0;30	-0; 2,21	7; 4, 6	7; 4	0;0
-1	-0; 4,42	6; 5,36	6; 6	0;0
-1;30	-0; 7, 3	5; 7, 6	5; 7	0;0
-2	-0, 9,24	4; 8,36	4; 8	0;1
-2;30	-0;11,45	3;10, 7	3;10	0;0
-3	-0;14, 6	2;11,37	2;11	0;1
-3;30	-0;16,27	1;13, 7	1;12	0;1
-4	-0;18,48	0;14,27	0;14	0;0

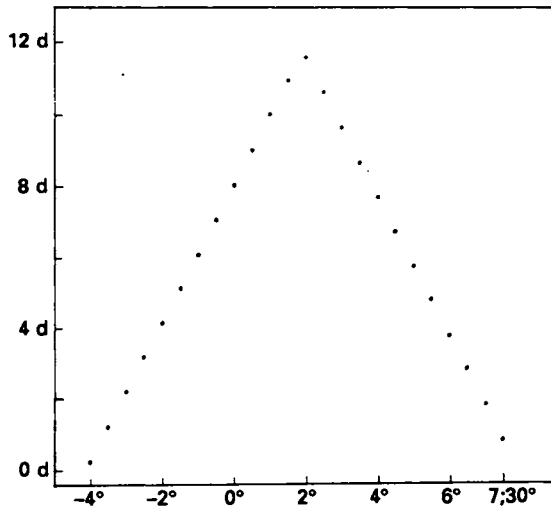


Figura 4

6.1.6.2. *Argument de latitud constant*

Al quadre adjunt,  $\omega = 6^\circ$ . La primera columna és la component de latitud de la paral·laxi (en graus); a la següent hi ha el valor calculat de  $D$  (en dígits), que s'ha de contrastar amb el valor tabulat per Bonjorn i que designem amb  $B$  (columna 3); a la darrera columna hi ha la diferència entre el càlcul i  $B$ , també expressada en dígits.

$p_\beta$	$D$	$B$	$C-B$
0; 6	2;34,26	2;35	-0;1
0; 9	3;49, 7	3;50	-0;1
0;12	5; 3,47	5; 4	0;0
0;15	6;18,28	6;19	-0;1
0;18	7;33, 8	7;34	-0;1
0;21	8;47,49	8;49	-0;1
0;24	10; 2,30	10; 4	-0;1
0;27	11;17,10	11;18	-0;1
0;30	11; 1,24	11; 2	-0;1
0;33	9;46,43	9;46	-0;1
0;36	8;32, 3	8;32	0;0
0;39	7;17,22	7;17	0;0
0;42	6; 2,41	6; 2	0;1
0;45	4;48, 1	4;48	0;0
0;48	3;33,20	3;32	0;1
0;51	2;18,40	2;18	0;1

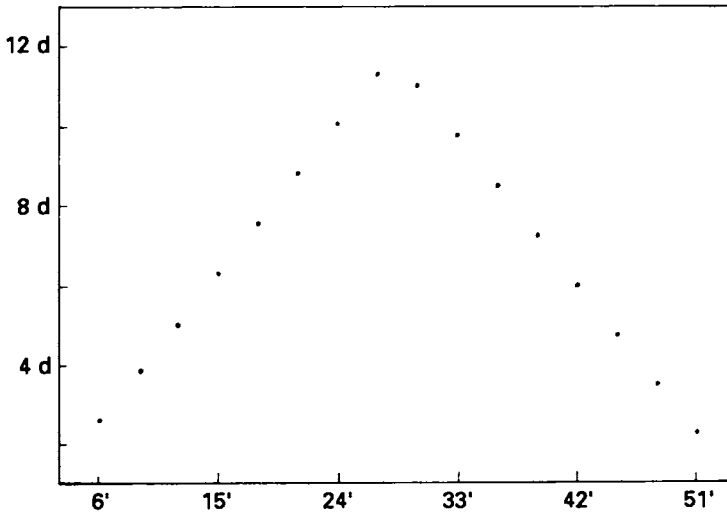


Figura 5

Aquí també es reproduueixen correctament les dades tabulades, bé que de manera menys precisa que abans (a la figura 5 hi ha les dades de la columna *B*).

Quan hom observa de prop aquesta taula de Bonjorn, crida l'atenció el fet que les dades de la fila que correspon a  $\omega = 6^\circ$  coincideixin, encara que en ordre invers, amb les que corresponen a  $\omega = 5;30^\circ$ . Tot seguit reproduïm els càlculs relatius a aquesta darrera fila.

$p_\beta$	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>C-B</i>
0; 6	3;32,43	3;32	0;1
0; 9	4;47,24	4;48	-0;1
0;12	6; 2, 5	6; 2	0;0
0;15	7;16,45	7;17	0;0
0;18	8;31,25	8;32	-0;1
0;21	9;46, 6	9;46	0;0
0;24	11; 0,47	11; 2	-0;1
0;27	11;17,47	11;18	0;0
0;30	10, 3, 7	10; 4	-0;1
0;33	8;48,26	8;49	-0;1
0;36	7;33,45	7;34	0;0
0;39	6;19, 5	6;19	0;0
0;42	5; 4,25	5; 4	0;0
0;45	3;49,44	3;50	0;0
0;48	2;35, 4	2;35	0;0
0;51	1;20,23	1;20	0;0

En aquest cas, la coincidència amb les dades tabulades millora. El que hom pot deduir d'aquest exemple és que, en elaborar les taules, Bonjorn cercà simplificacions, possiblement arrodoniments en algun estadi inicial de cada càlcul, o potser simplement arrodoní els paràmetres de partida. No té doncs cap sentit prolongar la recalculació a la recerca d'una coincidència total, quan ja hem recalculat les dades tabulades amb una desviació màxima d'un seixantè de dígit.

#### 6.1.7. Recalculació de la semidurada de l'eclipsi

A la figura 6 es veu la situació del començ de l'eclipsi (quan el centre de la lluna observada es troba a I) i del mig de l'eclipsi (quan es troba a L'). El segment IL' representa la semidurada de l'eclipsi i és tal que

$$L'I^2 = IS^2 - L'S^2.$$

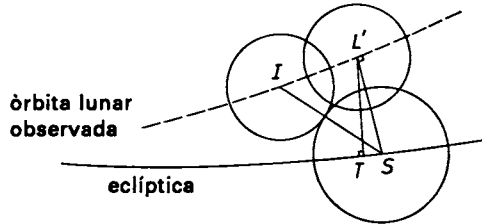


Figura 6

Com que la taula de Bonjorn expressa  $L'I$  en temps (“*medietas temporis eclipsis*”), cal introduir un altre paràmetre, la velocitat relativa de la Lluna respecte al Sol, que designarem amb  $v$ . Si  $t$  és el temps de semidurada de l'eclipsi (expressat en minuts), aleshores  $IL' = vt$ . D'altra banda,  $IS = r + s$ , i  $L'S = \beta - p_\beta$ , tal com ja ha quedat justificat a l'apartat 6.1.3. Així, doncs, la semidurada de l'eclipsi es pot escriure:

$$(14) \quad t = [(r + s)^2 - (\beta - p_\beta)^2]^{1/2} / v.$$

La velocitat relativa  $v$  sobre l'òrbita es pot considerar com el moviment mitjà en elongació (car hem considerat que  $\cos i = 1$ ), al qual s'ha d'afegir el moviment de retrogradació del node, ja que Bonjorn emprà l'argument de latitud sobre l'eclíptica com a variable d'entrada. Així, amb els paràmetres emprats per Levi (Goldstein, 1974, pàgs. 106-107),  $v = 0;30,37^\circ/h$ .

Hem recalculat per mitjà de (14) les dades tabulades per a una columna i una fila, les mateixes que a l'apartat 6.1.6; la columna per a la qual  $p_\beta = 0;9^\circ$  i la fila que correspon a  $\omega = 6^\circ$ .

#### 6.1.7.1. Paral·laxi en latitud constant

Al quadre adjunt,  $p_\beta = 0;9^\circ$ . La primera columna és l'argument de latitud  $\omega$  (en graus); la segona columna conté el valor calculat de la semidurada de l'eclipsi,  $t$  (en hores), que s'ha de contrastar amb el valor tabulat per Bonjorn, designat amb  $B$  (columna 3). A la darrera columna hi ha la diferència entre el càlcul i  $B$ , també expressada en hores.

Hi ha, però, dos fets que destaquen: d'una banda, l'elevat valor de  $C-B$  quan  $\omega = -4^\circ$  (potser perquè Bonjorn es descuidà de fer la divisió per la velocitat relativa de la Lluna) i, d'altra banda, el paper decisiu que representen els arrodoniments en el procés de càlcul, quan hi intervenen operacions de potenciació, com es pot veure a l'expressió (14).

$\omega$	$t$	$B$	$C-B$
7;30	0;21,24	0;19	0;2
7	0;30, 7	0;29	0;1
6;30	0;36,16	0;36	0;0
6	0;41, 0	0;40	0;1
5;30	0;44,46	0;44	0;1
5	0;47,49	0;48	0;0
4;30	0;50,17	0;50	0;0
4	0;52,12	0;52	0;0
3;30	0;53,41	0;54	0;0
3	0;54,44	0;54	0;1
2;30	0;55,22	0;55	0;0
2	0;55,37	0;55	0;1
1;30	0;55,29	0;55	0;0
1	0;54,59	0;55	0;0
0;30	0;54, 5	0;54	0;0
0	0;52,45	0;53	0;0
-0;30	0;51, 0	0;51	0;0
-1	0;48,43	0;48	0;1
-1;30	0;45,53	0;45	0;1
-2	0;42,21	0;41	0;1
-2;30	0;37,58	0;37	0;1
-3	0;32,20	0;32	0;0
-3;30	0;24,39	0;24	0;1
-4	0;11,15	0;05	0;6

Les dades tabulades per Bonjorn són representades gràficament a la figura 7.

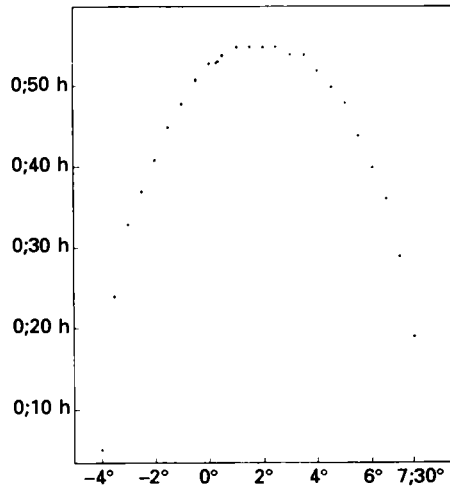


Figura 7

### 6.1.7.2. Argument de latitud constant

Al quadre adjunt,  $\omega = 6^\circ$ . La primera columna és la component en latitud de la paral·laxi (en graus); a la següent hi ha el valor calculat de la semidurada de l'eclipsi,  $t$  (en hores), que s'ha de contrastar amb el valor tabulat per Bonjorn i que designem amb  $B$  (columna 3); a la darrera columna hi ha la diferència entre el càlcul i  $B$ , també expressada en hores.

$P_\beta$	$t$	$B$	$C-B$
0; 6	0;34,43	0;35	0;0
0; 9	0;41, 0	0;40	0;1
0;12	0;45,42	0;45	0;1
0;15	0;49,16	0;49	0;0
0;18	0;51,55	0;52	0;0
0;21	0;53,49	0;54	0;0
0;24	0;55, 2	0;55	0;0
0;27	0;55,34	0;55	0;1
0;30	0;55,31	0;55	0;1
0;33	0;54,50	0;54	0;1
0;36	0;53,28	0;53	0;0
0;39	0;51,25	0;51	0;0
0;42	0;48,35	0;48	0;1
0;45	0;44,49	0;44	0;1
0;48	0;39,51	0;38	0;2
0;51	0;33, 5	0;32	0;1

Aquí també es reproduïxen correctament les dades tabulades però hi continuen essent vàlids els comentaris fets a 6.1.6.2 sobre la coincidència de les dades de les files que corresponen a  $\omega = 6^\circ$  i  $\omega = 5;30^\circ$ . A la figura 8 són representades les dades de la columna  $B$ .

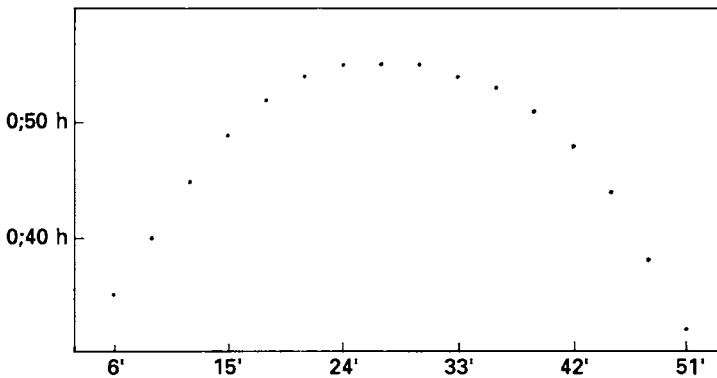


Figura 8

## 6.2. ECLIPSIS LUNARS

### 6.2.1. *Descripció de la taula*

La taula 5 correspon als eclipsis de Lluna a distància mitjana. Els valors que conté han estat calculats per a la situació en què el Sol i la Lluna estan en oposició i el Sol es troba a una distància mitjana entre el seu apogeu i el seu perigeu.

La variable d'entrada és l'argument de latitud de la Lluna, especificat de mig grau en mig grau. Es distribueix en dues columnes: la primera des de 0s 12;0° (o 6s 12;0°) fins a 0s 0;0° (o 6s 0;0°) i la segona des de 5s 18;0° (o 11s 18;0°) fins a 5s 30;0° (o 11s 30;0°). Sobre una mateixa línia es troben valors complementaris de l'argument de latitud.

Per a cada un d'aquests hi ha tres columnes. La primera correspon a la part de diàmetre lunar eclipsat, expressada en dígits i minuts de dígit, com en el cas de l'eclipsi solar. Les dues columnes següents corresponen a la "*medietas temporis eclipsis*", expressada en hores i minuts, i a la "*medietas temporis tenebrarum*", és a dir, a la semidurada de la totalitat, temps expressat en minuts.

### 6.2.2. *Extrems de la variable*

Els valors extrems de l'argument de latitud de la Lluna corresponen als límits de possibilitat d'un eclipsi lunar, com ho indica el text de Bonjorn (Ch, § 147):

"(...) e si lo argument de latitud caurà dins los térmens del aclipsi de la luna, que són de .v.xviii. entrò .vi.xii., ho de .xi.xviii. entrò .o.xii., eclipserà la luna en aquella oposició, mas si hix de aquests térmens no aclipsarà".

Entre les 383 oposicions de la taula de sizígies de Bonjorn n'hi ha 50 per a les quals l'argument de latitud de la Lluna cau dins aquests límits. Constitueixen la llista d'eclipsis lunars que va a continuació. La primera columna és la data en què es produeix l'oposició veritable i, la segona, l'hora d'aquesta. A la tercera columna hem indicat si l'eclipsi és visible a la latitud de Perpinyà (quan l'hora és anterior a la sortida del Sol o posterior a la posta), per a la qual cosa cal consultar la durada del dia a cada mes, informació continguda a la taula de paral·laxi (vegeu l'apartat 5.3). Les dues



## Llista d'eclipsis de Lluna

Data	Hora (h)	Visi- bilitat	Oppolzer		Schroeter	
			n.	Mig eclipsi (h)	n.	Mig eclipsi (h)
20/ 3/1361	3;32		--			
9/ 2/1362	13;31	vis.	--			
3/ 8/1362	22;37		3978			
29/ 1/1363	17;28	vis.	3979		418	5; 7
23/ 7/1363	8;28	vis.	3980		419	20;34
18/ 1/1364	4;19		3981			
11/ 7/1364	11;29	vis.	3982	23;53		
27/11/1365	0;45		3983			
22/ 5/1366	4;49		3984			
16/11/1366	7;44	vis.	3985		421	19;49
11/ 5/1367	19;31		3986			
5/11/1367	8;17	vis.	3987	20;19		
30/ 4/1368	13;12	vis.	3988	0;39		
14/ 9/1369	0;51		3989			
10/ 3/1370	23;43		3990			
3/ 9/1370	16;16	vis.	3991		422	4; 1
30/ 2/1371	0;45		3992			
24/ 8/1371	8;16	vis.	3993		423	19;36
9/ 1/1373	3;28		3994			
2/ 7/1373	6;37	vis.	--			
26/12/1373	20; 1		3995			
22/ 6/1374	7;32	vis.	3996		425	19;37
16/12/1374	11; 9	vis.	3997	22;40		
11/ 6/1375	13;42	vis.	3998	1;42		
26/10/1376	2;24		--			
21/ 4/1377	13;27	vis.	3999	0;55		
15/10/1377	3;31		4000			
11/ 4/1378	3;12		4001			
4/10/1378	11;23	vis.	4002		427	23;33
31/ 3/1379	10; 0	vis.	4003	21;48		
19/ 2/1380	20;27		--			
14/ 8/1380	6;52	vis.	4004	18;19		
9/ 2/1381	0;55		4005			
3/ 8/1381	16;17	vis.	4006		428	4;18
29/ 1/1382	12;18	vis.	4007		429	0;16
22/ 7/1382	18;49		4008			
7/12/1383	9;11	vis.	4009	20;56		
1/ 6/1384	12;10	vis.	4010	0;15		
26/11/1384	15;50	vis.	4011		430	3;56
22/ 5/1385	3; 7		4012			
15/11/1385	16;19	vis.	4013	4;14		
11/ 5/1386	20;39		4014			
25/ 9/1387	9;32	vis.	4015	21;43		
21/ 3/1388	6;21		4016			
14/ 9/1388	1; 0		4017			
10/ 3/1389	7;22	vis.	4018		432	18;43
3/ 9/1389	16;50	vis.	4019		433	4;10
29/ 2/1390	10;49	vis.	4020	22; 6		
20/ 1/1391	11;42	vis.	4021	23;45		
13/ 7/1391	13;46	vis.	--			

columnes següents corresponen al número de l'eclipsi i a l'instant del mig de l'eclipsi, segons el catàleg d'eclipsis lunars d'Oppolzer (1887). Les dues darreres columnes corresponen al número de l'eclipsi i a l'instant del mig de l'eclipsi, segons el catàleg de Schroeter (1923) d'eclipsis totals.

Les sis dates indicades amb (--) es refereixen a eclipsis no catalogats per Oppolzer ni per Schroeter. Dels 50 eclipsis lunars possibles, només 29 són visibles a Perpinyà, i 12 d'aquests són eclipsis totals.

### 6.2.3. Plantejament del problema

La figura 9 representa la situació d'un eclipsi lunar en el seu punt mig. N és el node ascendent de l'òrbita lunar i L el centre de la Lluna, en coordenades geocèntriques. Sigui U el centre de l'ombra de la Terra a l'instant del mig de l'eclipsi,  $\omega$  l'argument de latitud (NT) del centre lunar, i  $\beta$  la latitud (TL) d'aquest.

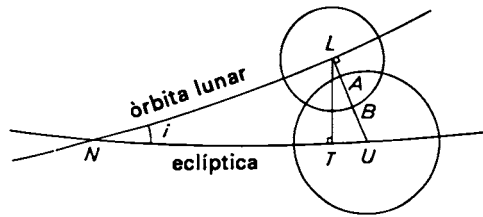


Figura 9

Al triangle esfèric rectangle NTL es compleix

$$(15) \quad \beta = \arctan (\tan i \sin \omega),$$

expressió anàloga a (2) i en la qual  $i$  és la inclinació de l'òrbita lunar, ja determinada prèviament ( $i = 4;30^\circ$ ).

Al triangle rectangle LTU, que es pot considerar pla (per motius anàlegs als exposats a 6.1.3), es compleix

$$(16) \quad LU = LT / \cos i,$$

essent  $LT = \beta$  la latitud de la Lluna. Per analogia amb (4) es compleix

$$(17) \quad LU = z + r - rD/6,$$

essent ara  $D$  el nombre de dígits del diàmetre lunar eclipsat, de manera que 12 dígits = diàmetre lunar i  $z$  és el radi de l'ombra de la Tetra.

De (16) i (17) es dedueix

$$(18) \quad D = (z + r - \beta/\cos i) 6/r.$$

#### 6.2.4. Determinació dels paràmetres

Si  $\omega = 12^\circ$  és el límit de l'eclipsi, aleshores  $D = 0$  d, com es veu a la taula de Bonjorn. Ara bé, un argument de latitud de  $12^\circ$  correspon a una latitud de  $0;56,2^\circ$ , segons la taula 35 de Levi, ja utilitzada en el cas dels eclipsis solars. Si  $D = 0$  d, aleshores (18) es redueix a  $z + r = \beta/\cos i$ , per tant,  $z + r = 0;56,12,23^\circ$ .

D'altra banda, quan  $\omega = 0^\circ$  (i, per tant,  $\beta = 0^\circ$ ),  $D$  presenta un màxim ( $D_{m\grave{a}x} = 24;12$  d a la taula de Bonjorn). Aquest valor màxim concorda bé amb el que es dedueix de les dues taules que Levi dedica als eclipsis lunars (taules 30 i 31) (Goldstein, 1974, pàgs. 208-209). La primera correspon a la situació del Sol a l'apogeu ( $D = 24;24$  d) i la segona al Sol al perigeu ( $D = 23;59$  d). La mitjana aritmètica dels dos valors de Levi ( $24;11;30$  d és molt pròxima al valor adoptat per Bonjorn per a la distància mitjana. A més, si  $\beta = 0^\circ$ , aleshores (18) s'escriu  $D = (z + r) 6/r$ . Amb el valor de la suma dels radis de la Lluna i de l'ombra de la Terra deduït abans, hom obté  $r = 0;13,56,8^\circ$ . Es tracta, efectivament, del valor del radi lunar que es pot deduir de les taules d'eclipsis lunars de Levi (Goldstein, 1974, pàgs. 123-128).

Per tant, per a recalculer per mitjà de (18) els valors tabulats per Bonjorn sembla adequat emprar els valors de  $r$  i de  $z + r$  que es dedueixen de les taules de Levi ( $r = 0;13,56^\circ$ ,  $z + r = 0;56,12,30^\circ$ ). Cal fer una precisió sobre aquest darrer valor: quan el Sol es troba al perigeu, la suma dels dos radis que es dedueix de les taules de Levi és  $0;55,43^\circ$ , mentre que amb el Sol a l'apogeu se'n poden deduir dos valors diferents ( $0;56,40^\circ$  i  $0;56,42^\circ$ ), segons com es facin els càlculs. Així, el valor de la suma dels radis a la distància mitjana pot ésser  $0;56,11,30^\circ$  o  $0;56,12,30^\circ$ . Aquest segon valor garanteix que el terme  $(z + r - \beta/\cos i)$  sempre serà positiu a l'expressió (18).

#### 6.2.5. Recalculació de la fracció de diàmetre lunar eclipsat

Al quadre adjunt hem reflectit els resultats del càlcul de  $D$ , per mitjà de (18), en funció de l'argument de latitud lunar  $\omega$  (columna 1) i la latitud corresponent (columna 2) que es dedueix de la taula de Levi.  $D1$  i  $D2$  són

els nombres de dígets que corresponen a valors de  $z + r$  de  $0;56,11,30^\circ$  i  $0;56,12,30^\circ$ , respectivament (columnes 3 i 4). La columna 5 mostra el valor tabulat per Bonjorn, designat amb  $B$ , i les columnes 6 i 7 les diferències entre el valor calculat i  $B$  en cada un dels casos. El valor del radi de la Lluna utilitzat és  $r = 0;13,56^\circ$ .

$\omega$	$\beta$	$D1$	$D2$	$B$	$C1-B$	$C2-B$
12	0;56, 2	-0; 0,23	0; 0, 3	0	0;0	0;0
11;30	0;53,44	0;59,13	0;59,39	0;59	0;0	0;1
11	0;51,26	1;58,50	1;59,15	1;58	0;1	0;1
10;30	0;49, 7,30	2;58,39	2;59, 6	2;58	0;1	0;1
10	0;46,49	3;58,29	3;58,55	3;58	0;0	0;1
9;30	0;44,30	4;58,31	4;58,57	4;58	0;1	0;1
9	0;42,11	5;58,34	5;59, 0	5;58	0;1	0;1
8;30	0;39,51,30	6;58,49	6;59,15	6;59	0;0	0;0
8	0;37,32	7;59, 5	7;59,31	8; 0	-0;1	0;0
7;30	0;35,12	8;59,33	9;59,59	9; 0	0;0	0;0
7	0;32,52	10; 0, 2	10; 0,27	10; 1	-0;1	-0;1
6;30	0;30,31,30	11; 0,43	11; 1, 9	11; 1	0;0	0;0
6	0;28,11	12; 1,24	11; 1,50	12; 2	-0;1	0;0
5;30	0;25,50,30	13; 2, 6	13; 2,32	13; 2	0;0	0;1
5	0;23,30	14; 2,47	14; 3,13	14; 2	0;1	0;1
4;30	0;21, 9	15; 3,41	15; 4, 7	15; 4	0;0	0;0
4	0;18,48	16; 4,36	16; 5, 2	16; 4	0;1	0;1
3;30	0;16,27	17; 5,30	17; 5,56	17; 4	0;1	0;2
3	0;14, 6	18; 6,24	18; 6,50	18; 6	0;0	0;1
2;30	0;11,45	19; 7,19	19; 7,45	19; 7	0;0	0;1
2	0; 9,24	20; 8,13	20; 8,39	20; 8	0;0	0;1
1;30	0; 7, 3	21; 9, 8	21; 9,33	21; 8	0;1	0;2
1	0; 4,42	22;10, 2	22;10,27	22;10	0;0	0;0
0;30	0; 2,21	23;10,56	23;11,22	23;10	0;1	0;1
0	0	24;11,50	24;12,16	24;12	0;0	0;0

Per bé que amb el valor  $0;56,11,30^\circ$  hom obté resultats (columna 6) lleugerament millors que amb  $0;56,12,30^\circ$  (columna 7), la millora no sembla pas determinant, ja que els arrodoniments dels paràmetres inicials o del procés de càlcul poden tenir un paper decisiu.

#### 6.2.6. Límits dels eclipsis lunars

A l'apartat 6.2.2. havíem vist que, segons Bonjorn, perquè es produeixi un eclipsi lunar cal que l'argument de latitud  $\omega$  compleixi una de les desigualtats

$$168^\circ < \omega < 192^\circ, \quad 348^\circ < \omega < 372^\circ.$$

En tots dos casos, l'arc d'eclíptica on s'ha de trobar la projecció del centre de la Lluna és de  $24^\circ$  ( $12^\circ$  abans o després d'un dels nodes de l'òrbita lunar).

En un treball anterior (Chabàs-Roca-Rodríguez, 1987), havíem mostrat que aquests límits coincideixen amb els alfonsins, tal com apareixen al capítol 14 dels cànons redactats per Joan de Saxònia (Pouille, 1984, pàg. 60):

*“Et si argumentum latitudinis lune fuerit 0 in signis et (minus) 12 gradibus, vel 5 in signis et plus 48 gradibus, vel 2 in signis et plus 48 gradibus, vel 3 signa et minus 12 gradibus, dic eclipsim fore possibilem; si autem extra illos terminos inveneris, eclipsis impossibilis est”.*

La coincidència és plena, ja que els signes en aquests cànons parisencs són de  $60^\circ$ . Malgrat això, és fàcil de deduir que aquests límits també són els de Levi ben Gerson. En efecte, a les seves taules d'eclipsis lunars Levi utilitza la latitud com a variable; quan el Sol es troba a l'apogeu (taula 30), la fracció de diàmetre eclipsat s'anul·la per a una latitud de  $0;56,31^\circ$  i, quan el Sol es troba al perigeu (taula 31), la latitud corresponent és  $0;55,33^\circ$ . La mitjana d'aquests dos valors és  $0;56,2^\circ$ , que és la latitud lunar màxima en la qual es produeix un eclipsi lunar. A aquest valor de la latitud li correspon un valor de l'argument de latitud que es pot deduir de la taula 35 de Levi. Aquest argument de latitud és justament  $12^\circ$ , i no hi ha necessitat d'interpol·lar a la taula. És el valor adoptat per Bonjorn a les seves taules.

### 6.2.7. Recalculació de la semidurada de l'eclipsi

A la figura 10 es veu la situació de l'inici de l'eclipsi (quan el centre de la Lluna es troba a I) i del mig de l'eclipsi (quan el centre es troba a L). El segment IL representa la semidurada de l'eclipsi i és tal que

$$(19) \quad IL^2 = IU^2 + LU^2.$$

Al triangle rectangle pla LTU,  $LU = LT/\cos i$ , essent LT la latitud de la Lluna a l'instant del mig de l'eclipsi. D'altra banda,  $IU = z + r$ . Així, (19) s'escriu:

$$(20) \quad (IL \cos i)^2 = [(z+r) \cos i]^2 - \beta^2.$$

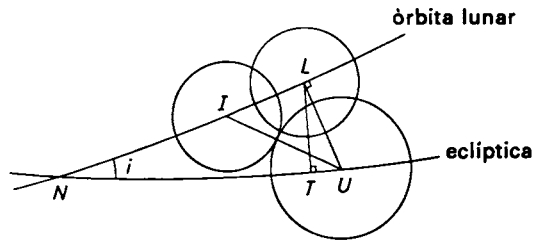


Figura 10

Ara bé,  $\text{IL} \cos i$  és l'increment de l'argument de latitud entre els instants en què la Lluna es troba a I i a L. Entre aquests dos instants transcorre un temps  $t$ , que és la semidurada de l'eclipsi, durant el qual la Lluna avança a la velocitat  $v$ , ja definida a l'apartat 6.1.7. Per tant, el temps  $t$  es pot calcular a partir de

$$(21) \quad t = [(z + r)^2 \cos^2 i - \beta^2]^{1/2} / v.$$

Per al càlcul efectiu de (21) hem fet servir els següents valors:  $(z + r) \cos i = 0;56,2^\circ$ , que és la mitjana dels valors  $0;56,31^\circ$  i  $0;55,33^\circ$  que apareixen a les taules de Levi per als eclipsis de Lluna quan el Sol es troba a l'apogeu i al perigeu respectivament;  $v = 0;30,37^\circ/\text{h}$ , valor ja utilitzat per als eclipsis solars;  $\beta$  és una funció de l'argument de latitud i es troba per mitjà de la taula 35 de Levi.

Al quadre que segueix hi ha els resultats. La variable d'entrada de la taula, l'argument de latitud, encapçala la primera columna, mentre que la segona conté la latitud. Totes dues magnituds són expressades en graus. La tercera columna conté el resultat del càlcul de la semidurada de l'eclipsi (en hores). A la quarta columna hi hem reproduït els valors tabulats per Bonjorn, i a la darrera columna les diferències entre els valors calculats i els tabulats (també en hores).

Cal fer notar aquí l'acord total que hi ha entre el càlcul i el valor donat per a  $\omega = 12^\circ$ , degut al fet que per a aquest precís valor de l'argument de latitud, la latitud corresponent coincideix amb  $(z + r) \cos i$ , cosa que indica que l'eclipsi comença justament quan  $\omega = 12^\circ$ , com ja havíem vist a 6.2.6. A la figura 11 hi ha representada la columna B.

$\omega$	$\beta$	$t$	$B$	$C-B$
12	0;56, 2	0	0	0;0
11;30	0;53,44	0;31, 8	0;31	0;0
11	0;51,26	0;43,34	0;43	0;1
10;30	0;49, 7,30	0;52,49	0;53	0;0
10	0;46,49	1; 0,20	1; 1	-0;1
9;30	0;44,30	1; 6,44	1; 7	0;0
9	0;42,11	1;12,18	1;12	0;0
8;30	0;39,51,30	1;17,11	1;17	0;0
8	0;37,32	1;21,32	1;22	0;0
7;30	0;35,12	1;25,26	1;26	-0;1
7	0;32,52	1;28,56	1;29	0;0
6;30	0;30,31,30	1;32, 5	1;32	0;0
6	0;28,11	1;34,54	1;35	0;0
5;30	0;25,50,30	1;37,26	1;37	0;0
5	0;23,30	1;39,41	1;40	0;0
4;30	0;21, 9	1;41,41	1;42	0;0
4	0;18,48	1;43,27	1;43	0;0
3;30	0;16,27	1;44,58	1;44	0;1
3	0;14, 6	1;46,16	1;46	0;0
2;30	0;11,45	1;47,22	1;47	0;0
2	0; 9,24	1;48,15	1;48	0;0
1;30	0; 7, 3	1;48,56	1;48	0;1
1	0; 4,42	1;49,25	1;49	0;0
0;30	0; 2,21	1;49,43	1;49	0;1
0	0	1;49,48	1;49	0;1

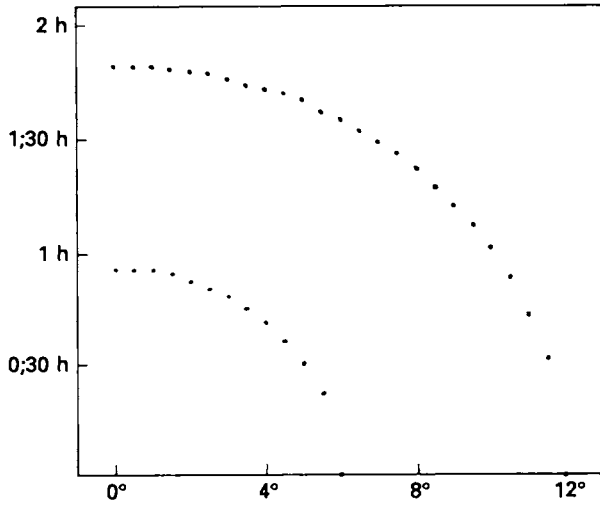


Figura 11

## 6.2.8. Recalculació de la semidurada de la totalitat de l'eclipsi

A la figura 12 es veu la situació de l'inici de la totalitat de l'eclipsi (quan el centre de la Lluna es troba a J) i del mig de l'eclipsi (quan el centre es troba a L). El segment JL representa la semidurada de la totalitat i és tal que

$$(22) \quad JL^2 = JU^2 + LU^2.$$

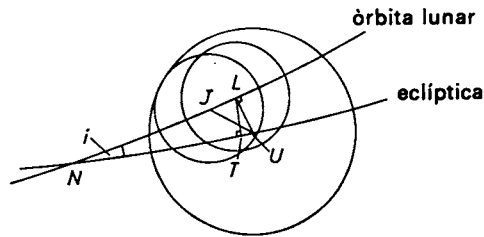


Figura 12

Al triangle rectangle pla LTU,  $LU = LT/\cos i$ , on  $LT$  és la latitud de la Lluna a l'instant del mig de l'eclipsi. D'altra banda,  $JU = z - r$ . Així, (22) s'escriu:

$$(23) \quad (JL \cos i)^2 = [(z - r) \cos i]^2 - \beta^2.$$

Igual que en el cas precedent,  $JL \cos i$  és l'increment de l'argument de latitud entre els instants en què la Lluna es troba a J i a L. Entre aquests dos instants transcorre un temps  $t'$ , que és la semidurada de la totalitat de l'eclipsi, durant el qual la Lluna avança a la velocitat  $v$ . Per tant, el temps  $t'$  es pot calcular a partir de

$$(24) \quad t' = [(z - r)^2 \cos^2 i - \beta^2]^{1/2}/v.$$

Per al càlcul efectiu de (24) hem fet servir els valors següents:  $(z - r) \cos i = 0,28,14^\circ$ , que és la mitjana dels valors  $0,28,43^\circ$  i  $0,27,45^\circ$  que apareixen a les taules de Levi per als eclipsis de Lluna quan el Sol es troba a l'apogeu i al perigeu respectivament;  $v = 0,30,37^\circ/\text{h}$ , valor ja utilitzat abans;  $\beta$  és una funció de l'argument de latitud i es troba per mitjà de la taula 35 de Levi.



Al quadre que segueix hi ha els resultats. La variable d'entrada de la taula, l'argument de latitud, hi apareix a la primera columna, mentre que la segona conté la latitud. Totes dues magnituds són expressades en graus. La tercera columna conté la semidurada de la totalitat calculada (en hores). A la quarta columna hi hem reproduït els valors tabulats per Bonjorn, i a la darrera columna les diferències entre els valors calculats i els tabulats (també en hores).

$\omega$	$\beta$	$t'$	$B$	$C-B$
6	0;28,11	0; 3,18	0	0;3
5;30	0;25,50,30	0;22,17	0;22	0;0
5	0;23,30	0;30,40	0;30	0;1
4;30	0;21, 9	0;36,39	0;36	0;1
4	0;18,48	0;41,17	0;41	0;0
3;30	0;16,27	0;44,58	0;45	0;0
3	0;14, 6	0;47,56	0;48	0;0
2;30	0;11,45	0;50,18	0;50	0;0
2	0; 9,24	0;52,10	0;52	0;0
1;30	0; 7, 3	0;53,35	0;54	0;0
1	0; 4,42	0;54,33	0;55	0;0
0;30	0; 2,21	0;55, 8	0;55	0;0
0	0	0;55,20	0;55	0;0

Aquí s'ha de remarcar el fet que  $(z-r) \cos i$  no coincideixi amb la latitud corresponent a  $\omega = 6^\circ$ , cosa que vol dir que la totalitat no comença per a aquest valor de l'argument de latitud, sinó per a un altre d'una mica més gran, en concret, per a  $\omega = 6;0,38^\circ$ , límit que possiblement fos arrodonit per Bonjorn, però que dóna lloc a aquests 3 minuts de diferència que apareixen al quadre precedent. A la figura 11 hi ha representada la columna  $B$ .

### 6.3. CONCLUSIONS

1. Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules d'eclipsis, tant solars com lunars, susceptibles d'ésser emprades, no solament a la seva ciutat, com en el cas de les taules de paral·laxi, sinó en un ampli interval de latituds geogràfiques.

2. El valor adoptat per a la inclinació de l'òrbita lunar procedeix de Levi ben Gerson ( $i = 4;30^\circ$ ).

3. Bonjorn elaborà les taules per a la distància mitjana entre l'apogeu i el perigeu solars i emprà l'argument de latitud de la Lluna com a variable

d'entrada, cosa que contitueix una novetat en la presentació respecte a la majoria de taules d'eclipsis usades a l'època.

4. Bonjorn emprà un sistema de conversió de la latitud lunar en argument de latitud molt poc freqüent, que el converteix en un seguidor de Levi ben Gerson. De fet, Bonjorn féu un ús intensiu de les taules de Levi i és molt possible que deduís les seves a partir de les d'aquest. Això no obstant, aquesta deducció no és gens evident, i això fa pensar que Bonjorn elaborà des del començ les seves pròpies taules d'eclipsis a partir dels paràmetres que havia deduït de les taules de Levi.

## CAPÍTOL 7

### CONCLUSIONS GENERALS

A mesura que aquest treball avançava, han anat sorgint conclusions que, al seu torn, ens han permès de fer-lo progressar. Algunes de les conclusions parcials que anaven apareixent, i que figuren al final dels diversos capítols, foren veritables claus, indispensables per a poder abordar i explicar altres aspectes d'una obra, com la de Jacob ben David Bonjorn, especialment travada i en la qual el text dels cànons no dóna cap indicació de com fou duta a terme.

L'anàlisi del contingut astronòmic de les taules de Bonjorn també permet d'extreure conclusions sobre la significació de la seva obra en el context de l'evolució de l'astronomia medieval.

Amb les seves taules i els seus cànons, Jacob ben David Bonjorn contribuí decisivament a l'activitat astronòmica de base patrocinada pel rei de la Corona d'Aragó Pere el Cerimoniós. Amb tot, en aquest context, l'astronomia lunar continguda a les taules de Bonjorn és la que té més pes. S'hi recullen algunes de les aportacions essencials de l'astronomia matemàtica elaborada des de Ptolemeu.

Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules astronòmiques que constitueixen una estratègia completa per a la determinació de les circumstàncies dels eclipsis. L'element estructurador de les taules és un cicle, original de Bonjorn, que comprèn 767 mesos sinòdics (uns 62 anys) i que es presenta en forma de 31 taules anuals de sizígies veritables.

Les taules tenen una presentació original en relació a les compilades per altres autors i palesen una tendència a facilitar als usuaris l'accés a les taules astronòmiques i a fer-ne possible una difusió més àmplia, potser amb una finalitat acadèmica.

Les taules constitueixen un exercici aritmètic de primer ordre, contenen molt pocs errors i evidencien l'existència d'un treball seriós i precís. Alhora, es configuren com un autèntic tractat sobre el moviment de la Lluna,

presentat en forma tabular i potser fins i tot contrastat amb observacions pròpies.

Per a la confecció de les taules, Bonjorn prengué de Ptolemeu (fos directament o per mitjà d'Abraham bar Ḥiyya) alguns paràmetres bàsics, però sobretot n'incorporà els models cinemàtics de la Lluna i el Sol. Les taules de Bonjorn depenen en alt grau, a més, dels paràmetres continguts a l'obra astronòmica de Levi ben Gerson, les taules del qual usà intensivament.

L'antecedent directe de Bonjorn és, doncs, l'obra de Levi ben Gerson, fins al punt que Jacob ben David Bonjorn es constitueix en el seu deixeble astronòmic principal.

Atesa l'originalitat de les taules de Bonjorn, ha calgut establir una metodologia específica d'anàlisi i de reconstrucció del material tabulat astronòmic. Aquesta metodologia constitueix un instrument susceptible d'ésser aplicat a altres taules; per tant, obre un camí per a una posterior anàlisi de la influència que exercí la teoria lunar de Levi ben Gerson, d'una banda, i l'obra astronòmica de Jacob ben David Bonjorn, de l'altra.

Entre els usuaris o comentaristes de les taules de Bonjorn coneguts fins ara destaquen el provençal Samuel d'Escola (darrera del segle XIV), l'astrònom hispanojueu Isaac al-Ḥadib (actiu a Castella el 1391 i a Aragó el 1396), el grec Michael Chrysokokkes (primera meitat del segle XV), el comentarista de Constantinoble Samuel Foto (segona meitat del segle XV) i Abraham Gascon, que visqué al Caire a mitjan segle XVI (Goldstein, 1981, 1985b; Chabàs, 1988).

Però l'usuari més destacat de les taules de Bonjorn fou sense dubtes Abraham Zacut (Cantera, 1931, 1935), nascut a Castella el 1452 i autor de diverses taules astronòmiques. Les seves taules més conegudes són les que compongué a Salamanca, per a l'any *radix* 1473, i editades per primera vegada a Leiria (Portugal) en forma d'*Almanach Perpetuum*. Les seves altres taules, descobertes per Goldstein, foren elaborades per als anys 1501 i 1513, aquestes darreres per a la latitud de la ciutat de Jerusalem (Goldstein, 1981). Les taules lunars de Zacut, o si més no les que calculà per a Salamanca, conserven els trets essencials de l'obra de Bonjorn: el cicle de 31 anys i l'estructura de les taules de sizígies veritables. El mateix Zacut ret homenatge a Jacob ben David Bonjorn (que ell anomena Po'el) en un passatge del seu *Almanach Perpetuum*, quan explica que volgué "*hacer almanaque de la Luna que vuelve periódicamente (...) y no he hallado más aproximado y exacto que el que encontró R. Jacob Poel, de bendita memoria, al cual doy gracias, pues ha alumbrado mis ojos en este camino*" (Cantera, 1935, pàg. 105).

El present treball sobre Bonjorn ha permès, doncs, d'establir l'existència d'una filiació científica que vincula directament Levi ben Gerson (primera

meitat del segle XIV) amb Abraham Zacut (segona meitat del segle XV) per mitjà de l'obra astronòmica de Jacob ben David Bonjorn (mitjan segle XIV).

La història de l'astronomia ha estat abordada generalment des de punts de vista que centren llur interès en el text estudiat, en la figura de l'autor o en el context històric i social, i són molt més escasses les anàlisis de tipus matemàtic del contingut astronòmic mateix. Aquest segon enfocament, en el qual hem pretès d'inscriure el nostre treball, proporciona un complement absolutament necessari i aporta una imatge més rica i més complexa de l'activitat científica.



PART III

APÈNDIXS





## APÈNDIX I

### ELS MANUSCRITS EXISTENTS

Els cànons i les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn gaudiren d'una gran popularitat i s'han conservat en nombrosos manuscrits.

Sabem de l'existència de 54 manuscrits que contenen alguna de les versions dels cànons (vegeu l'apèndix II) i de les taules (apèndix III). No sempre trobem alhora els cànons i les taules i no sempre hi figuren totes les taules. Dels 54 manuscrits que hem detectat, 40 estan escrits en hebreu, 9 en llatí, 3 en català i 2 en grec. En aquesta llista s'hi podria afegir també un possible text en castellà, com veurem més endavant.

Tot sembla indicar que el text original fou escrit en hebreu i així ho han afirmat diversos autors de repertoris de personalitats jueves. Tal vegada un estudi filològic comparatiu de les diverses versions aclariria definitivament aquest punt; en tot cas, és un estudi que correspon realitzar als experts en aquestes llengües. No pot descartar-se, d'altra banda, que Jacob ben David Bonjorn fós el traductor al català de la seva pròpia obra. En aquest sentit, cal tenir present que, al llarg del regnat de Pere el Cerimoniós, el català era una llengua d'ús científic, com hem posat de manifest al capítol 1, i que Jacob ben David Bonjorn pertanyia a una família de jueus de la Catalunya al nord dels Pirineus. Però també aquesta possibilitat d'auto-traducció és difícil de comprovar.

La difusió que tingué l'obra de Bonjorn, especialment en la comunitat científica jueva, pot ésser deguda al fet que les taules astronòmiques que compilà tenen una presentació mixta d'almanac i de taules, en el seu sentit clàssic, com es veurà més endavant. Amb aquesta forma de presentació, resultaven assequibles a tothom que tingués una certa experiència en el maneig de taules astronòmiques. Tot plegat deriva d'una voluntat de facilitar-ne l'ús, tal com consta explícitament al propi text dels cànons (§ 24-25 del manuscrit Ayer 746, Biblioteca Newberry (Chicago), descrit més endavant):

“és estat lo compte hordonat e declarat sobre les taulas per que córriga qui legirà (...), encare a aquells qui no són abtes en aquesta

sciència. E hun infant poch se pot regir en aquellas per leugeria de la obra e brevitat de aquella”.

No s'ha de descartar, tanmateix, que Jacob exagerés en considerar “tan” senzilles les seves taules, encara que, amb el pas del temps i els canvis del context científic, no és possible avaluar fins a quin punt és cert que un “infant poch” era capaç de manejar-les. Ara bé, si les comparem amb altres taules de l'època, la disposició i les dades presentades a les taules de Bonjorn les fan molt més assequibles i aquesta possiblement és una de les raons de llur difusió.

A continuació descrivim algunes de les característiques dels manuscrits bonjornians que hem trobat. N'incloem la localització i les dades necessàries per a comprendre el paper de l'obra de Jacob ben David Bonjorn a la baixa Edat Mitjana.

### I.1. MANUSCRITS HEBREUS

L'amabilitat de Tzvi Langermann, de l'Institute of Microfilmed Hebrew Manuscripts de la Jewish National and University Library de Jerusalem, ens ha permès detectar un gran nombre de manuscrits escrits en hebreu que contenen els cànons i les taules de Jacob ben David Bonjorn, tant de forma parcial com íntegra. Els 40 manuscrits hebreus dels quals tenim notícia fins al moment són els següents.

1. Amsterdam Etz Hayyim 47 D, 82r-98r.
2. Berlin Steinschneider 224, 1r-16r.
3. Bodleian L. Neubauer 1483, 134r-149r.
4. Bodleian L. Neubauer 2052, 65v-81v.
5. Bodleian L. Neubauer 2072, 38r-53r.
6. Budapest Kaufmann A 509, 13-43.
7. Budapest Kaufmann A 513, 73-103.
8. Cambridge Add. 543,2, 8r-24r.
9. Columbia X893, 16r-30r.
10. Chicago 101, 108r-115v.
11. Florència Laur. Plut. 88.51, 31r-46r.
12. Florència Laur. Plut. 88.53, 5v-20v.
13. Londres BL 1007/4.
14. Londres BL 1011/2.
15. Londres BL Or. 10776, 42r-53v.
16. Londres Sassoon 823.
17. Mantua (Com. Jud.) 45, 87r-102r.
18. Mantua (Com. Jud.) 47, 5r-28r.

19. Mantua (Com. Jud.) 48.
20. Milà 95, 21r-37v.
21. Milà 96 (N 1 Sup.).
22. Montefiore 428, 89r-104r.
23. Montefiore 439/3.
24. Múnic 128.
25. Múnic 263.
26. Múnic 343.
27. Múnic 386.
28. Nàpols BN IIF.12, 201r-208v.
29. Nova York, Jewish Th. Sem., Mic 2555, 1r-38r.
30. Nova York, Jewish Th. Sem., Mic 2614, (=ENA 1478).
31. Nova York, Jewish Th. Sem., Mic 2610.
32. París BN 1090/1.
33. Parma De Rossi 101, 4r-19r.
34. Parma De Rossi 351.
35. Roma Casanatense 203, 103-106.
36. Vaticà Apostòlica 356, 66r-73v.
37. Vaticà Apostòlica 368/16.
38. Vaticà Apostòlica 387, 180r-v, 182r-v, 184r-v, 186r-v, 188r-189v.
39. Viena BN 132, 25-26.
40. Viena BN 185/7.

El manuscrit que porta el número 5 del nostre llistat (Bod. Neubauer 2072) és la traducció hebrea d'una versió llatina de l'original, possiblement redactat en hebreu, com ja hem dit. S'hi troba una nota recollida per Renan i Neubauer (1893, pàg. 701): "Mira, he trobat això en mans d'un cristià; és un llibre atribuït a Jacob, fill de David, fill de Jorn, compost de taules que serveixen per a conèixer les conjuncions i les oposicions (...) que hem traduït a la nostra llengua".

El manuscrit número 36 del nostre llistat (Vaticà 356) fou descrit per Millàs (1936). A continuació dels cànons de Bonjorn, hi apareixen unes pàgines amb taules i una nota atribuïda a Immanuel Bonfils. Just davant de l'obra de Bonjorn hi ha els cànons i les taules de les *Taules de Barcelona*, una altra de les obres astronòmiques impulsades per Pere el Cerimoniós (vegeu el capítol 1). No és aquest l'únic manuscrit hebreu en el qual trobem al mateix temps aquestes dues obres. Al manuscrit número 39 del nostre llistat (Viena 132), el text de Bonjorn, que ocupa pocs folis, és intercalat en els cànons de les *Taules de Barcelona*. Així, dels cinc manuscrits hebreus que contenen aquesta última obra, dos contenen també una part de la de Bonjorn.

A la Bibliothèque Nationale de París existeix un manuscrit hebreu (ms.

1083) que, segons la descripció del catàleg, conté: "*Tables pour connaître la véritable position du soleil par rapport à l'écliptique, pendant les années 1361-1391 de l'ère chrétienne. Les tables paraissent avoir fait partie d'un ouvrage astronomique.*" La coincidència de dates i de contingut ens fa pensar que són les taules de Bonjorn.

## I.2 MANUSCRITS LLATINS

Hem localitzat 9 manuscrits en llatí que contenen en part o íntegrament els cànons i les taules de Bonjorn. En algun cas, ningú no hi havia identificat fins ara cap obra de Jacob ben David Bonjorn.

1. Ms. 634 Biblioteca de Catalunya, Barcelona (B).
2. Ms. 447 Bibliothèque Municipale, Dijon (D).
3. Ms. 3385 Biblioteca Nacional, Madrid (M).
4. Ms. Cent.V-53 Stadtbibliothek, Nürnberg (N).
5. Ms. can. misc. 27 Bodleian Library, Oxford (O).
6. Ms. 7287 Bibliothèque Nationale, París (P).
7. Ms. 7290A Bibliothèque Nationale, París (P').
8. Ms. 7473A Bibliothèque Nationale, París (Q).
9. Ms. 1673 Biblioteca Casanatense, Vaticà (R).

1. La biblioteca de Pau Ignasi Dalmases i Ros (mort el 1718) passà a formar part de la Biblioteca de Catalunya el 1916. En la relació de manuscrits procedents d'aquella biblioteca (Alós, 1916, pàg. 46), s'inclou el ms. 634, descrit en el termes següents.

"JOAN DE SACROBOSCO, *Sphaera mundi*.

ABRAAM, rabí, *De prima forma cursus planetarum*.

ABUL-KASIM, de Madrid, traduït de Joan de Sevilla?: *Liber de scientia astrolabii a magistro Jobanne interprete de Arabico in latinum translatus...*

JACOB BEN MAKIR (PROFATIUS, jueu de Marsella). *Tractatus super quadrante*. Trad. llatina d'Ermengol de Blaise.

PTOLOMEU, *Centumloquium*.

*Tractatus Davidis judei* i altres tractats semblants.

Segle XVè. Devés 1414? Paper i pergamí. Figures i taules astronòmiques."

Entre els "altres tractats semblants" hi ha un exemplar dels cànons de Jacob ben David Bonjorn, així com un conjunt complet de les seves taules astronòmiques.

El manuscrit, en octau i de 91 folis, ha estat estudiat recentment per

Charles Burnett (1987), amb qui hem comentat el text i les taules de Bonjorn. Sobre els usuaris del manuscrit, Burnett diu:

“Tenim, doncs, un manuscrit d'obres astrològiques, moltes d'escrites per jueus, compilat cap al començament del segle XV i potser venut a un mercader jueu per uns tals Pedro Alvaro i Simó Puig l'any 1446 i comprat per un tal Joan Benarès, el qual podria haver-hi fet unes anotacions en català cap a l'any 1479. Ell o els seus successors encara utilitzaven el manuscrit al principi del segle XVI.”.

Als folis 48r-54r d'aquest manuscrit, que designem amb la lletra B, apareixen els cànons de Bonjorn, que hem transcrit a l'apèndix II. S'inicien amb un títol: “*Declaratio tabularum infra sequentium quibus cognoscitur eclipsis solaris et lunaris*”. Més avall comença el text: “*Quia scientia mathematicalis inter alias scientias est singularis in fortitudine verificationis que pervenit (...)*”. Als folis següents, ff. 54v-78r, hi ha totes les taules astronòmiques de Bonjorn.

2. La Bibliothèque Municipale de Dijon compta amb un manuscrit miscel·lani en llatí, catalogat amb el número 447 i compost per una sèrie de textos astrològics i astronòmics. A la primera pàgina del manuscrit es pot llegir: “*Liber Astronomicus Gnomicus et Geometricus a fatre de Berno Monacho Cistercii compositus anno 1480*”.

Als folis 71r-81v apareixen quatre textos curts relacionats amb l'obra de Bonjorn. Al primer hi ha els cànons, però en una versió més curta que la del manuscrit B. L'incipit és: “*Dividitur tractatus iste in duas dictiones*” i apareix sota un títol en el qual es llegeix: “*Canones super tabulas Boneti*”. Els altres tres textos curts són instruccions seriadades per a facilitar la utilització de les taules i la realització dels càlculs que requereixen.

Al manuscrit, però, no apareixen les taules de Bonjorn. Tampoc no hi consten les taules corresponents als altres tres cànons que conté el manuscrit: cànons de les taules alfonsines (ff. 35r- 61v), que comencen amb “*Tempus est mensura motus (...)*”; cànons de les taules de Nicholaus de Heybech (ff. 62r-62v), que comencen amb “*Tempus vere coniunctionis et oppositionis (...)*”; cànons de les taules parisenques (ff. 63r-70v), que comencen amb “*Ad habendum noticiam (...)*”. A continuació dels textos relacionats amb Bonjorn hi ha un tractat en francès relatiu a l'ús de l'astrolabi.

3. A la Biblioteca Nacional de Madrid hom conserva un manuscrit miscel·lani de temes astronòmics, de 200 folis de paper (280 mm x 210 mm). És catalogat amb el número 3385 i procedeix de la col·lecció de G. Ibañez de Segovia, marquès de Mondejar. Segons l'*Inventario General de Manuscritos de la Biblioteca* (vol. X), conté els textos següents.

"1. Abraham Zacut, *Almanach Perpetuum Solis*, desde el año 1473 (ff. 1-113).

2. Jacob Bonet, *Tablas* (ff. 114-152).

3. Diego de Torres, *Opus astrologicum* (ff.154-185).

4. Johannes de Sacrobosco, *Tratado de esphera* (ff. 188-199)."

Considerant els textos que conté, devia tractar-se d'un volum miscel·lani destinat a l'estudi; pot datar-se de les darreries del segle XV. Al manuscrit, que hem designat amb la lletra M, apareixen els cànons (ff. 114r-115r) en la seva versió curta, precedits d'un títol: "*Inciunt canones breves super tabulas poelis*". Als marges del text hi ha abundoses indicacions complementàries. Als cànons segueixen totes les taules de Jacob ben David Bonjorn, però amb un ordre que en alguns casos no és l'adequat: algunes taules de sizígies i paral·laxis són barrejades amb les corresponents als eclipsis solars (vegeu l'apèndix III, on s'explica la disposició, l'ordenació i el contingut de les taules). Hi ha també una taula addicional, que no consta en cap altre dels manuscrits examinats, la presència de la qual no sabem explicar.

4. Una indicació de Zinner (1925, pàg. 163) al seu llistat de manuscrits astronòmics germànics ens ha permès d'identificar a la Stadtbibliothek de Nürnberg un altre manuscrit llatí amb els cànons i les taules de Jacob ben David Bonjorn. És el ms. Cent.V-53, que designem amb la lletra N. Al seu llistat, sota els números 5053/4, Zinner es limita a donar la informació següent: "*Jakob ben David, Tafeln, XV*". Al fitxer de la biblioteca hom pot veure altres textos en el mateix manuscrit, atribuïts a Johannes Blanchinus i a Nūr al-Dīn al-Bīṭrūjī, i hom informa que el manuscrit procedeix de la biblioteca de Regiomontanus. Zinner afegeix que hi ha una taula addicional d'eclipsis de lluna per al 1442 i per la ciutat de Bolonya.

Els cànons, en dues versions, es troben als folis 7r-14r i les taules, als folis 15r-25r.

5. Thorndike i Kibre (1963), assenyalen l'existència de tres manuscrits llatins amb els cànons i les taules de Jacob ben David Bonjorn o, millor dit, n'atribueixen dos a Jacob Po'el i un a Jacob Bonae Diei. El d'aquest és el ms. canonic misc. 27 de la Biblioteca Bodleiana d'Oxford, manuscrit del segle XV que hem designat amb la lletra O.

Els cànons (ff. 2r-5r) comencen així: "*Tractatus iste dividitur in duas partes: pars prima tractat de calculatione conjunctionum et oppositionum (...)*". Com pot comprovar-se, l'incipit correspon a la versió curta dels cànons i segueix de prop, bé que amb variacions en alguns paràgrafs, els textos que trobarem als manuscrits M (Madrid) i D (Dijon).

A continuació segueix el conjunt complet de les taules astronòmiques de Bonjorn (ff. 5r-30v), a l'encapçalament del qual hom llegeix: "*Inciunt ta-*

*bulae iacob bonae diei*". Són unes taules que degueren ser confrontades amb altres del mateix autor, ja que molts dels nombres equivocats que hi figuren, tant a causa d'errors del copista o d'una transcripció acurada d'una mala còpia anterior, han estat corregits amb encert. De l'ús real que hom féu del manuscrit en dóna prova la presència d'una taula (f. 31v) que solament hem trobat en aquest manuscrit. És una taula de conversió dels "segons" emprats per Bonjorn, per a les correccions dels instants de les sizígies, en unitats de temps habituals (1 "segon" bonjornià = 1/17 minuts = 3;31,45,53 segons de temps, expressats en forma sexagesimal; vegeu l'apartat 4.4.1).

Al manuscrit O hi ha també el text d'uns cànons (ff. 122v- 128v) que comencen amb "*Quoniam tabularum Alfonsi laboriosa difficultas (...) alie tabule utilissime quo vocantur resolute eis (studentibus) proponuntur, in quibus se excerceant, ad civitatem Salamantinam, in regno Castelle constituam ordinate*". Possiblement es tracta d'una adaptació de les taules de Bonjorn per al meridià de Salamanca. Aquesta adaptació hauria estat realitzada per Nicolàs Polonio, catedràtic d'astrologia de la Universitat de Salamanca abans del 1464 (potser el primer catedràtic d'aquesta disciplina a la universitat) (Beaujouan, 1969, pàg. 14). Si fos el cas, constituïria la confirmació que l'obra de Jacob ben David Bonjorn era utilitzada com a text d'estudi de l'astronomia, a la segona meitat del segle XV, a la universitat peninsular més activa en temes astronòmics.

6. La Bibliothèque Nationale de París conserva tres manuscrits en llatí en els quals apareixen textos relacionats amb Jacob ben David Bonjorn. El ms. 7287 del fons llatí n'és un, i té un gran interès. És el que hem designat amb la lletra P. També consta al catàleg d'incipits de Thorndike i Kibre (1963).

Als folis 22r-46r hi trobem les taules de Bonjorn. A l'encapçalament de la primera, hi ha un títol: "*Sequuntur tabule Boneti ad inveniendum innovationes lune*". Al marge esquerre de l'última taula, el copista estampà la seva signatura així com la data en què finalitzà la transcripció de les taules: "*(...) per me, Martini, loco cabeoli [?] die 18 junius anno domini 1449*".

Els cànons corresponents a les taules constitueixen l'últim tractat d'aquest llarg llibre manuscrit. Omplen els folis 158v- 166r i s'inicien amb: "*Dixit Jacob filius viri diei eo quo scientia mathematicalis (...)*". A més d'aquests cànons, en versió llarga, hom troba (ff. 108r-113v) altres textos relatius a l'obra de Bonjorn. El primer és la versió curta dels cànons, amb els mateixos títol i incipit que el manuscrit de Dijon; a continuació hi ha els textos curts amb instruccions seriadades, també presents al manuscrit de Dijon. Al final de cadascun, el copista Martinus també hi posà la seva firma i les dates corresponents (totes són de l'estiu de 1449).

Les similituds entre aquest manuscrit de París i el de Dijon no es limiten a aquestes. Al manuscrit P hom troba també uns cànons de les taules

alfonsines (ff. 74r-86r), uns altres de les de Nicholaus de Heybech (ff. 86v-87r) i uns altres de les taules parisenques (ff. 87v-92r), en el mateix ordre que són al manuscrit de Dijon. També hi ha aquí un tractat en francès sobre l'astrolabi.

Però, a diferència del manuscrit de Dijon, en el qual no consten les taules de tots aquests cànons, al manuscrit P hom troba les de Bonjorn, les alfonsines, la de Nicholaus de Heybech, així com altres taules de tipus astronòmic (especialment unes taules molt desagregades dels moviments del Sol i de la Lluna) i de càlcul (ff. 1r-21v), un catàleg d'estrelles (f. 126) per al 1445 i una llista de ciutats (ff. 120v-121v i 125v) amb indicació de llurs coordenades geogràfiques.

Potser estem davant d'uns manuscrits utilitzats pels estudiants d'astronomia d'alguna universitat francesa. En qualsevol cas, les taules del manuscrit P foren molt utilitzades, ja que contenen un gran nombre de correccions, en general encertades, dels errors que s'introduïren al text copiat per Martinus. Com succeeix en d'altres manuscrits miscel·lanis de temes astronòmics que contenen l'obra de Bonjorn, aquesta va acompanyada d'alguns dels textos més destacats de l'època i constitueix la part específicament dedicada a l'estudi del moviment de la Lluna.

7. El ms. 7290A del fons llatí de la Bibliothèque Nationale de París és força semblant als dos anteriors. Segons Poulle (1966, pàg. 11), és un conjunt de taules astronòmiques escrit per o per a un metge de Lió del segle XV, Jean Thibaud. Recull materials de Mathieu de Guarimbertis, Jean de Monfort, així com unes taules de Pere el Cerimoniós, però en una versió completament diferent de la que ens ha estat transmesa pels manuscrits catalans i hebreus que la contenen.

En aquest manuscrit, que designarem per P', hi manquen els cànons de Jacob ben David Bonjorn. Les taules tampoc són completes; únicament hi ha les 31 primeres taules (ff. 100r-102v) corresponents als anys compresos entre 1361 i 1391 i en aquestes falten les columnes relatives a les posicions del Sol i de la Lluna. Després de les taules hi ha una brevíssima explicació del seu maneig i, al foli 104r, a continuació d'un es de taules atribuïbles a Nicholaus de Heybech, novament, apareix una llista correlativa d'anys, del 1440 al 1484, amb el nombre d'ordre, en cada cas, de la taula de Bonjorn vàlida per a aquell any.

8. A la Bibliothèque Nationale de París hem trobat un manuscrit íntegrament dedicat a Jacob ben David Bonjorn, no identificat fins ara. Porta el número 7473A del fons llatí i aquí el designarem amb la lletra Q.

Als folis 9r-34v apareix el conjunt de les taules. El foli 9r conté efectivament la primera taula, la corresponent a l'any 1361, però el copista no dona per bona la pàgina que acaba de copiar, ja que s'adona que en



arribar al final de l'última columna li sobren nombres o li falten caselles (ha escrit dues vegades un mateix parell de línies de nombres); gira full i torna a començar al foli 10 r, però... té la desgràcia de tornar-se a equivocar, aquesta vegada en la primera columna, de manera que tornen a sobrar-li nombres o faltar-li caselles. Veient tot el treball que li manca per fer (unes 50 taules), opta per no repetir altra vegada la primera i segueix endavant.

El cert és que les taules tenen força errors. Molts d'ells serien corregits per una mà posterior, car la grafia sembla diferent.

Els folis 35r-47v contenen els cànons corresponents a les taules i comencen amb la fórmula: "*Dixit Jacob filius david filius bon diei eo quia scientia mathematicalis inter ceteras scientias (...)*". Reconeixem aquí l'inici de la versió dels cànons que hem anomenat llarga.

A les pàgines que precedeixen les taules i als cànons hom troba una taula de nombres romans (f. 4r) que sembla la segona part d'una taula, la primera part de la qual seria al foli 5v; hi ha també unes inscripcions en les quals es barregen paraules (en català?) i nombres romans (ff. 4v i 5r); una tira de paper sobreposada a les inscripcions anteriors, amb un text en llatí sobre els moviments de Júpiter i Mart, i unes pàgines amb proves de cal·ligrafia (ff. 1v i 8v).

Als folis 2r-3v apareixen quatre taules, possiblement escrites per aquella persona que corregí alguns errors de còpia de les taules. En aquestes quatre taules hi ha dinou columnes, una per a cada un dels anys de 1444 a 1462, a les quals hom especifica l'instant (mes, dia, hora i minut) de les conjuncions (no les oposicions) del Sol i de la Lluna. Els mesos són ordenats per columnes i l'any comença el gener i no el març, a diferència del que succeeix a les taules de Bonjorn. Al final d'alguna de les columnes són indicats els eclipsis corresponents a cada any. Els càlculs que hem realitzat no permeten afirmar que aquestes quatre taules derivin de les de Bonjorn, però tampoc no hem sabut trobar-ne la procedència. El cicle de 19 anys que sembla deduir-se de la disposició de les taules és sens dubte una pista a seguir.

9. Un altre dels manuscrits llatins que conté l'obra de Bonjorn i que consta al catàleg de Thorndike i Kibre (1963) és el que porta el número 1673 de la Biblioteca Casanatense de Roma. Aquí ha estat designat amb la lletra R. És un manuscrit extens, de gairebé 200 folis, que conté material astronòmic dels segles XIV i XV en forma de diversos cànons i una gran quantitat de taules.

Al foli 97r hom troba els cànons de Bonjorn, amb el títol: "*Incipiunt canones Bonedi hebrei super tabulis (...)*". El text s'inicia amb "*Dixit Jacob filius david Bone diei (...)*". A continuació, i amb una escriptura molt estreta, segueix el text dels cànons en la versió que hem anomenat llarga i que ja trobarem en altres manuscrits anteriors.

Les sis pàgines següents (ff. 99v-102r) contenen totes (!) les taules de Bonjorn, amb una escriptura relativament menuda, força difícil de llegir de vegades.

### 1.3 MANUSCRITS GRECS

Coneixem dues versions en grec dels textos explicatius de les taules de Jacob ben David Bonjorn; cap d'aquestes dues versions s'acompanya de les taules corresponents.

Ambdues es troben en un mateix manuscrit, conservat a la Biblioteca Apostòlica del Vaticà (Vat. gr. 1879), que pertanyé a Isidor, el cardenal Ruteno (Mercati, 1926). Tots dos textos foren traduïts al grec per Marcos Eugénicos abans del juliol de 1445, data del seu traspàs, segons es dedueix de l'elogi fúnebre al traductor, contingut al propi manuscrit.

Al primer text (ff. 231r-237r) hom llegeix: "Aquestes taules foren compostes per un dels matemàtics d'Itàlia l'any 1361 de l'encarnació de nostre senyor i salvador Jesucrist en el mes de març, que és també quan comencen".

Malgrat la menció explícita d'Itàlia, no hi ha cap dubte que és l'obra de Bonjorn. És possible que la confusió provingués del fet que en algunes versions llatines, com ja hem vist, el nom de l'autor havia estat llatinitzat o italianitzat (Bona diei, Boneti, etc.). La vacil·lació del traductor o del copista es fa palesa també quan es refereix al lloc on foren compilades les taules: "Foren compostes en una ciutat anomenada (espai en blanc) a una longitud del mar occidental de 32;30 graus i a una latitud del equador de 45;30 graus". Aquest últim valor ha d'ésser forçosament 42;30 graus, que és la latitud de Perpinyà, on foren elaborades les taules.

Tota aquesta confusió rau en el fet que el text fou identificat amb una altra obra ben diferent, intitolada *Hexapterygon*, també relativa als eclipsis solars i lunars, però composta a la ciutat de Tarascó, a la Provença (Solon, 1968). L'*Hexapterygon* és una traducció al grec, realitzada per Michael Chrysokokkes vers el 1435, de l'obra de l'astrònom jueu de Tarascó Immanuel Bonfils i intitolada *Sepher Shesh Kenaphayim* [Llibre de les sis ales] (Solon, 1970).

La identificació errònia es trasllada també al segon text grec del manuscrit (ff. 239r-241r, incomplet), ja que en el seu encapçalament hom pot llegir: "Una obra astronòmica útil anomenada Hexapterygon pels jueus", tot i que sens dubte es tracta novament de les instruccions per a la utilització de les taules de Bonjorn.

En cap dels dos textos no hi figuren les taules corresponents, bé que al primer apareixen diversos exemples per al càlcul d'eclipsis (corresponen

al maig de 1444, l'agost de 1448, el febrer de 1431 i el gener de 1386, en aquest ordre).

Creiem oportú assen yalar que les taules d'Immanuel Bonfils (fl. c. 1340-1377) són ordenades segons els mesos jueus i utilitzen un cicle bàsic de 19 anys (Sarton, 1943, vol. III, part II, pàg. 1.517), mentre que les de Jacob ben David Bonjorn són ordenades segons els mesos cristians i es regeixen per un cicle propi de 31 anys. Les primeres són calculades per a Tarascó el 1365, però possiblement hi devia haver una redacció anterior, ja que l'any *radix* és el 1340, i es basen en les obres d'al-Biṭrūjī, d'al-Battānī i de Levi ben Gerson. Les taules de Jacob ben David Bonjorn i les d'Immanuel Bonfils, tot i que es nodreixen de fonts similars, són dos productes diferenciats de la intensa i molt interessant activitat astronòmica que es desenvolupà al Llenguadoc i a la Provença el segle XIV, especialment en la comunitat jueva.

#### I.4 MANUSCRITS CATALANS

1. Ms. Ayer 746 Newberry Library, Chicago (Ch).
2. Ms. 39 Biblioteca de Catalunya, Barcelona (C).
3. Ms. 1292 Biblioteca Capitular, Saragossa.

1. A la Biblioteca Newberry de Chicago existeix un manuscrit que porta el número 746 i pertany a la col·lecció de Edward E. Ayer. El catàleg de la biblioteca, imprès l'any 1937, descriu el manuscrit en el termes següents:

“Tractat del Stralau del gran Strolech Tholomeu.  
Catalan translation of the Almagest. 15th c.  
213 pp. 17.1 cm Parchment.”

És un llibre manuscrit en català, una obra miscel·lània de temes astronòmics. El manuscrit ha estat estudiat per Mark D. Johnston (1984) en un article molt interessant en el qual anuncia una descripció futura i més detallada que no coneixem.

En 109 fulls en pergami, el manuscrit conté quatre textos astronòmics i diverses taules.

a) Tractat de l'ús de l'astrolabi (ff. 2r-33r). El seu incipit és: “Açí comença lo tractat del stralau del gran strolech Tholomeu. Rúbrica del present libre”.

b) Tractat de la construcció de l'astrolabi (ff. 34r-44r). El seu incipit és: “Açí comença la pràctica de fer lastralau del gran stròleg Tholomeu per set climis”. Tant aquest text com l'anterior són basats en una obra de Masahallah (s. IX) actualment desapareguda.

c) Tractat de la construcció d'un gnòmon (ff. 48v-50v). El seu incipit és: "Si volem fer hun instrument per lo qual sapiam quina hora és del dia per la ombre del sol (...)". Les instruccions són donades per a la latitud de Barcelona.

d) Cànon de les taules de Jacob ben Dàvid Bonjorn (ff. 51r-70r). El seu incipit és: "Dix Jacob fill de David fill d'en Bonjorn: per tal com la sciència matemàtica, entre les altres sciències, és singular en fortitud de la verificació (...)".

e) Taules astronòmiques de Bonjorn (ff. 73v-98r), amb els encapçalaments en llatí.

Aquests cinc apartats són escrits en un mateix tipus de lletra, "cursiva formata". L'escriptura dels cànon i de les taules en aquest manuscrit pot datar-se del regnat del rei Martí (1396-1410), segons ens indicà Jaume Riera. Es tracta, per tant, del manuscrit en català més antic dels dos que coneixem. L'hem designat amb les lletres Ch. Els cànon de Bonjorn són transcrits a l'apèndix II.

Segons Johnston, la versió catalana dels cànon i les taules devia ésser escrita especialment per a aquest llibre manuscrit i possiblement la seva base fos un text llatí de l'obra de Bonjorn. Com a argument a favor que el text bonjornià era l'element principal d'aquest llibre, Johnston indica que "l'ús de les taules de Bonjorn requereix un coneixement matemàtic força elaborat; constitueixen l'únic material del manuscrit la sofisticació tècnica del qual permet atribuir-li una importància històrica".

Al manuscrit Ch apareixen algunes figures i taules que tenen relació amb l'obra de Bonjorn. Algunes d'elles són intercalades al text i a les taules (ff. 70v-73r). Pel tipus de lletra, diferent de l'anterior, la decoració i la disposició del text, semblen afegits posteriors, no atribuïbles a l'obra original.

Al foli 70v apareix una "taula per saber quantes hores fa de mig jorn segons les latituds". La taula pressuposa un valor de la obliqüitat de l'eclíptica incompatible amb l'utilitzat per Bonjorn en la elaboració de les seves taules.

Als folis 71r a 72v apareixen quatre diagrames relatius a la geometria dels eclipsis, amb els noms i les indicacions en llatí. Al foli 102r hi ha un diagrama sobre las conjuncions veritables. En cap altre dels manuscrits consultats que contenen l'obra de Bonjorn no hi figuren diagrames d'aquest tipus.

Al foli 73r hi ha quatre paràgrafs escrits en català on són especificats els límits dels eclipsis de Sol i de Lluna corresponents a cicles de 31 anys següents a l'inicial (1361- 1391). El foli 101v conté una taula amb encapçalaments en llatí: "*Quod eclipsatur de corpore solis et lune in eclipsis eorum*" i el foli 102v una "taula de la proporció del creixement del maior die sobre

12 hores en cascuna latitud del poblat de la terra”. Aquesta última taula ha d'ésser relacionada amb la del foli 70v, i deriva de la utilització del valor ptolemaic arrodonit per a la obliqüitat de l'eclíptica (23;51°).

2. La Biblioteca de Catalunya és dipositària d'un manuscrit, el número 39, que conté diversos tractats d'astronomia i aritmética. Procedeix de la biblioteca de Marià Aguiló i Fuster, encara que prèviament era a la biblioteca del Monestir de Santes Creus. El ms. 39, que designarem amb la lletra C, ha estat descrit per Millàs (1959a):

*“misceláneo, en 8ª y pergamino, de 67 folios (...). Los epígrafes y capitales están en color rojo, y en el último tratado en azul. La letra es de diferentes manos del siglo XV.”*

El manuscrit C conté els treballs següents:

a) Cànon de les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn (ff. 1r-15v). Sota el títol: “Comencen los canons de les taules de Jacob, fill de Daviu Bonjorn”, s'inicia el text, amb l'incipit següent:

“Dix Jacob, fill de Daviu Bonjorn, en quant fou la ciència matemàtica, entre les altres ciències, és singular en fortificació de verificació que pervé (...)”.

Al final del text dels cànon hi ha el nom del copista, així com la data en que fou copiat:

“Aquesta lectura fou acabada de scriure divendres, qui's comptava 29 dies del mes de maig del any de la Nativitat del nostre Senyor 1444, per Ausiàs Sancho, notari”.

Després de dues línies amb anotacions en llatí, pròpies del copista, comença un altre text, sense canvi de pàgina.

b) Regles per a la utilització de les taules de Bonjorn (ff. 15v- 17v) amb l'incipit següent: “Regles breus treytes sumàriament del cànon precedent: Quant hom vol saber la conjunció o la oposició de la luna, ço és a dir lo girament (...)”.

Al foli 16r d'aquest text, quan s'explica per a quin any serveix cada taula, hom pot llegir: “E en l'any 1406 que aquestes regles foren ordenades serví la 15a taula”. És una indicació valuosa que permet datar la confecció d'aquestes regles d'utilització.

El text queda truncat al foli 17v. A continuació manca un foli (sense numeració).

c) Taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn (ff. 18r-43r) amb els encapçalaments en llatí. Al foli 33v apareix una taula relativa al nombre auri, amb explicacions al marge en català, però no creiem que aquesta taula formi part del conjunt de taules compilat per Bonjorn.

d) Taula dels límits dels eclipsis (f. 43v). Les dades es corresponen acuradament amb els límits esmentats als cànons. En altres conjunts de taules, no hi ha una taula específica per als límits d'eclipsis.

e) Taula de ciutats i regions (ff. 44r-47v). Hom indica la latitud i la longitud (ambdues en graus i minuts) de 94 indrets; en la majoria dels casos, hom especifica també el clima al qual pertanyen. Cal entendre aquesta taula com un afegitó a les taules de Bonjorn.

f) *Tractat d'algorisme*, en llatí (a partir del foli 48r). Falta el foli anterior (sense numeració).

g) *Compendium elucidans compotum*, incomplet i atribuïble a Johannes de Pulchrorivo.

h) Altres tractats aritmètics breus en llatí.

Segons Millàs, en la versió dels cànons, "*el texto de la traducción catalana se benefició o quizá derivó de la traducción latina*" i, després, "*podemos decir que el lenguaje de la traducción catalana, singularmente en el largo prólogo, recuerda ya la prosa muy madura y cultivada, de largos períodos, con gusto por la subordinación sintáctica, propia del período de Pedro IV el Ceremonioso, y que en esta prosa, tan sabiamente organizada, no hay trazas de semitismos, ni morfológicos ni sintácticos*".

3. Tenim notícia d'un altre manuscrit en català que conté l'obra de Bonjorn. El P. March, S.J. (1920) publicà una notícia d'alguns manuscrits existents a la Biblioteca Capitular de Saragossa. En una de les visites que féu a aquella biblioteca i, segons les seves pròpies paraules, "vaig voler aprofitar aquella ocasió d'escorcollar el bé de Déu en mss. i incunables". Un dels manuscrits que trobà fou el número 1292, que descriví com un "ms. en paper; segle XV. Barreja de tractats gairebé tots de medicina, en llatí, català i castellà; i diversitat de lletres. 215 x 140 mm".

Doncs bé, resulta que ha desaparegut el ms. 1292 de la Biblioteca Capitular de Saragossa i ningú no sembla saber on és. La "desaparició" degué produir-se entre 1920 i 1959, data en la qual Millàs (1959a) es lamentava de la pèrdua, "*tras buscarlo infructuosamente en los anaqueles de la biblioteca*". Nosaltres tampoc no hem tingut la sort de trobar-lo, malgrat les diverses consultes dutes a terme, esperonats per l'interès del manuscrit en si mateix i per la ràbia de comprovar una vegada més com ha estat expoliat, i amb quina impunitat, el patrimoni cultural col·lectiu d'un poble. El ms. 1292 de la Biblioteca Capitular de Saragossa ha passat d'ésser un "bé de Déu", o

millor d'un poble, a ésser un bé de ja-ens-agradaria-saber-qui i s'ha convertit, de moment, en el manuscrit "perdut" a Saragossa.

En la descripció que en féu el P. March, enumerava 14 tractats. Els que porten els números 1, 5 i 14 es referien a l'obra de Jacob ben David Bonjorn:

"1) *Incipiunt canones Magistri Boneti* (en roig). Segueix el text en català: Segons que diix jacob fill de bon dia la matematica entre les altres sciencies es singular en veritat per tal com la major part daquela...

12 fulls

Acaba:

(...) nos mostra latua cara esarem saluats. Expliciunt canones Deo gratias.

És un tractat d'astrologia."

"5) Regles breus tretes sumariament del canon dela glosa delas taulas de bonet.

Quant hom vol saber la g.<sup>o</sup> [conjunció] ola op.<sup>o</sup> [oposició] de la luna... 2 fulls. Acaba."

"14) a) (Tres fulls de matemàtiques en castellà.)

b) *Lectura tabularum boneti*.

*Estas tablas las quales fueron formadas por el perfecto strologo bonet de perpinyan sirben...*

6 fulls."

El tractat que porta el número 1 deu ser una versió en català dels cànons de les taules astronòmiques de Bonjorn, semblant a les que hem trobat als manuscrits en català C i Ch. Tanmateix, no sembla una còpia de cap d'ells. L'íncipit i l'èxplicit en llatí semblen indicar que es tracta d'una versió traduïda del llatí, com sembla que succeeix amb els dos altres cànons catalans.

El número 5 sembla un text equivalent al del ms. C (al menys, els íncipits coincideixen): les regles d'utilització de les taules.

El tractat descrit amb el número 14 podria ser un text amb algunes de les taules de Bonjorn, o potser totes, encara que és dubtós que en 6 fulls d'aquesta mida hi cabés tot el conjunt de les més de 50 taules de Bonjorn. En qualsevol cas, aquest tractat seria l'únic conegut en castellà relatiu a les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn.

En la descripció que féu d'aquest manuscrit el P. March no hi trobem les taules astronòmiques, però sí en canvi una obra d'Arnau de Vilanova, *De vinis*, que potser estimulà la cobdícia d'aquell qui va fer "desaparèixer" el manuscrit.





## APÈNDIX II

### ELS CÀNONS

#### II.1. ALGUNS COMENTARIS PREVIS

Com ja hem vist a la descripció dels continguts dels manuscrits (apèndix I), existeixen diversos textos que acompanyen i expliquen les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn.

El text que apareix amb més freqüència és el que hem anomenat “versió llarga” i és el que devia ésser escrit originalment en hebreu per Bonjorn. Consta d'un llarg pròleg i de dues parts diferenciades (capítols o “diccions”), aquestes últimes de contingut exclusivament astronòmic, on són descrites les taules i la forma d'utilitzar-les. Per a establir aquest text, hem escollit les dues versions que semblaven copiades amb més cura. Una d'elles és en català i es troba als folis 51r - 70r del manuscrit Ayer 746 de la Biblioteca Newberry de Chicago (manuscrit designat per Ch) i l'altra és en llatí i es troba als folis 48r - 54r del manuscrit 634 de la Biblioteca de Catalunya a Barcelona (manuscrit designat per B). Hem confrontat les transcripcions d'ambdós textos per a facilitar la comparació. Hem afegit la puntuació i la numeració, entre claudàtors, de les frases o paràgrafs, i hi hem inserit barres verticals per a indicar el final d'una línia.

Un altre text que apareix en alguns manuscrits llatins és el que hem anomenat “versió curta” dels cànons, on foren suprimits els elements descriptius i només apareixen aquells que permeten el maneig de les taules. Creiem que cal relacionar aquesta versió amb l'ensenyament; possiblement fou realitzada, ja al segle XV, amb finalitats exclusivament docents. Únicament al manuscrit designat per P trobem alhora les versions llarga i curta. En alguns altres manuscrits trobem formes dels cànons encara més resumides. Així, als manuscrits D i P hi ha unes instruccions seriadades per al maneig de les taules i per a la realització dels càlculs, les quals tenen certa similitud amb la versió curta. Al ms. D també hi trobem els resultats parcials dels càlculs corresponents a dos exemples concrets, un eclipsi de sol i un altre de lluna. Per la seva part, el ms. C dóna una altra versió, que en el propi

text és designada per "regles breus", força semblant també a la versió curta dels cànons i que conté algunes indicacions més específiques d'utilització de les taules per a diverses dates del segle XV.

Dels diferents textos que expliquen les taules de Jacob ben David Bonjorn, la versió llarga és la més completa i, per tant, la que proporciona més claus per a comprendre els fonaments astronòmics de les taules. El text és exclusivament de caràcter astronòmic i no conté cap referència del tipus del que avui podríem anomenar "astrologia", la qual cosa té un significat ambivalent: tant pot indicar desinterès de l'autor en relació al "judicis" com una omisió que suposa allò que era força natural a l'època, és a dir, el valor astrològic de l'astronomia. En tot cas, les taules de Jacob ben David Bonjorn no eren destinades al treball astrològic. En primer lloc, perquè no hi figuren els moviments dels planetes, essencials per a qualsevol pronòstic, i en segon lloc, perquè les dades que contenen tenen una precisió excessiva per les necessitats habituals dels astròlegs.

El text conté tres parts: un pròleg i dos capítols. El pròleg comença amb una apologia de l'astronomia, que l'autor considera "notabla cosa e honorosa" (Ch, § 2) o "scientia nobilis et honorabilis" (B, § 2) i que relaciona amb la "perfecció humana".

El primer astrònom mencionat explícitament és Ptolemeu; Bonjorn menciona la seva gran obra astronòmica, l'*Almagest*, i concretament els capítols 1 i 3, com a recolzament de la idea que, en astronomia, el fonamental és conèixer els moviments del Sol i de la Lluna:

"E per tal com la rayl e principi a aconseguir ço que comprèn la part stellar és saber en los moviments del sol e de la luna, així com scriu lo Tholomeu en lo primer e en lo terç del seu Almagest" (Ch, § 3).

Com es pot comprovar, es tracta d'una menció genèrica, d'autoritat. Per a reforçar la seva argumentació i situar l'astronomia en el context de les creences religioses, Bonjorn recull l'opinió de "Rabbi moyses":

"a saber açò ha gran introhit en algun juhí dels juhís de la ley, així com declara lo doctor Rabbí Moysés en sos llibres." (Ch, § 4).

Es tracta del cordovès Moshé ben Maimon, Maimònides (1135-1204), més conegut pel seu treball filosòfic de fonamentació de la teologia jueva que pels seus escrits de caire astronòmic. Tot i no ésser un astrònom professional, Maimònides s'interessà per dos aspectes de l'astronomia: el càlcul del creixent de la lluna nova i el càlcul calendàric, de gran importància en la litúrgia jueva, ja que aquesta basa el seu calendari en mesos lunars i

en el cicle clàssic de 19 anys. Els seus escrits astronòmics són recollits en *Santificació de la lluna nova*, text redactat el 1178, en opinió de Neugebauer, i que constitueix el 8è tractat del Llibre 3 de la seva obra *Misbneh Torah* (Maimònides).

La menció a Maimònides és més explícita al ms. B: "*sicut declarat ille egregius doctor rabi Moyses in libro Iudiciorum santificationis mensis.*" (B, § 4).

La tradició erudita ha descobert que el pròleg conté dues altres cites d'autoritat, aquest cop implícites. Segons Steinschneider (1880-1882), en la primera, que diu: "com la cosa bona és aquella que tot hom desija" (Ch, § 5), cal veure una al·lusió a l'*Ètica* d'Aristòtil. La segona es refereix a la "sciència de les stel·las", per a la qual els astrònoms anteriors haurien construït "taules per aquest compte, alguns d'ells largament e alguns breument, (les quals) aveguades són en lo punt mateix e aveguades roden entorn aquell." (Ch, § 6). En aquesta frase sobre el mètode d'elaboració de les taules cal veure, segons Steinschneider, una al·lusió al prefaci d'Abraham Ibn Ezra al seu *Comentari sobre el Pentateuc*, en el qual l'autor esmentat compara els mètodes dels comentaris, extensos o curts, amb el centre i els cercles que l'envolten.

Aquestes quatre mencions inicials, tot i que són molt genèriques, configurarien el marc cultural general en el qual Bonjorn pretén inscriure la seva obra: el sistema aristotèlic-ptolemaic i la seva perllongació en la tradició racionalista hebraica.

A partir d'aquí comencen les qüestions astronòmiques. Bonjorn planteja, en primer lloc, la dificultat d'ajustar entre ells els moviments de les dues "lluminàries"; aborda així el problema principal de la construcció de qual-sevol calendari luni-solar, i en dóna una solució pròpia:

"Emperò per tot açò, no he cessat de cercar similitud de la revolució la qual nosaltres sabem en los moviments eguals (...) fins que he trobat algun temps qui comprèn en movime[n]ts eguals del sol e de la luna en lo qual circueix la lluna revolucions dell[s] seus retornaments en lo seu moviment atribuït al episcicla proprincament." (Ch, § 14)

Aquest temps trobat per Bonjorn és lleugerament inferior a 11.325 dies i abasta uns 31 anys. En el text, aquest temps és designat per "revolució" i és especificat fins al segon. El cicle introduït per Jacob ben David Bonjorn per primera vegada en la història de l'astronomia constitueix, al nostre entendre, la seva aportació principal (vegeu el capítol 3).

Més endavant, Bonjorn menciona alguns aspectes en què es fonamenta el cicle de 31 anys:

“E lo fundament del compte en la quantitat del temps dels moviments eguals e llurs lochs e quantitats de les equacions en aquestes taules és bastit sobra la opinió dels derrers verificants en aquesta sciència qui en aquella han compilades taules, així com lo savi Rabbí Abram fill de Hayà, e la corona dels savis e de gran perfecció Rabbí Leví fill de Guerssom, e opinió del savi lo Rey Alfonsso en les sues taules, declinant al pus concordant d'ells a la veritat, segons que he provat per experiència en alguns eclipsis solars e llunars.” (Ch, § 27).

Abans d'identificar aquests tres astrònoms, dos d'ells jueus i l'altre cristià, convé subratllar unes de les últimes paraules de Bonjorn en la menció anterior (“he provat per experiència”), car permeten de pensar que Bonjorn realitzà algunes observacions astronòmiques pròpies. Aquesta és, però, l'única referència d'aquest tipus al llarg de tot el text.

El “savi Rabbí Abram fill de Hayà” és el polígraf barceloní Abraham bar ̇iyya (1065- c.1136). Traduí diverses obres, en col·laboració amb el conegut traductor Plató de Tivoli. Tot i que, segons Millàs (1956, pàg. 13), no devia ésser un astrònom professional, especialitzat en l'observació dels astres, és l'autor de diverses obres astronòmiques com ara *Forma de la Terra, Llibre del càlcul dels moviments dels astres i Taules astronòmiques* inspirades principalment en Ptolemeu, al-Fargānī i al-Battānī (Millàs, 1959b). Abraham bar ̇iyya tingué una gran influència en la tradició astronòmica hebraica, especialment en la comunitat d'astrònoms jueus del Llenguadoc.

Un d'ells, potser el de més anomenada, fou Levi ben Gerson (1288-1344), que Bonjorn qualifica de “corona dels savis e de gran perfecció”. Fou conegut com a teòleg, exegeta bíblic, metge, matemàtic i astrònom. El seu tractat d'astronomia *Sefer Tekunah* (Goldstein, 1985a), de 136 capítols, constitueix la primera part del Llibre V de la seva obra *Milḥamot Adonai* [Guerras del Senyor] i s'acompanya d'unes taules astronòmiques, també editades i estudiades per Bernard R. Goldstein (1974), en les quals Levi incorporà els resultats de les seves pròpies observacions, fetes a Aurenja (Provença) entre 1320 i 1340. Criticà els models de Jabir ibn Aflāḥ i d'al-Bīṭrūjī, rebutjà el model lunar de Ptolemeu i elaborà models alternatius que s'ajustessin a les seves observacions.

La tercera autoritat mencionada explícitament per Bonjorn en el paràgraf anterior és el rei Alfons X (1221-1284) de Castella, el qual impulsà a la seva Cort a Toledo l'estudi de l'astronomia i la confecció de les taules anomenades “alfonsines” (Vernet, 1983; Samsó, 1987b).

Al capítol primer dels cànons, Bonjorn descriu les taules de sizígies (conjuncions i oposicions) corresponents al cicle de 31 anys, compreses entre 1361 i 1391, ambdós inclosos (taula 1), i les correccions per a èpoques anteriors i posteriors a aquests anys (taula 2) (vegeu l'apèndix III). El text

explica que els temps han estat calculats per a una longitud geogràfica acceptada pels astrònoms de l'Edat Mitjana per a Perpinyà.

Com que aquest capítol constitueix una explicació del maneig del cicle de 31 anys, no ha de sorprendre que no hi hagi cap referència explícita a qualsevol altre astrònom anterior.

Al capítol segon dels cànons, Bonjorn descriu la resta de les taules: paral·laxis (taula 3), eclipsis de Sol (taula 4) i eclipsis de Lluna (taula 5) (vegeu l'apèndix III). El text explica que les taules han estat calculades per a una latitud geogràfica que correspon a Perpinyà.

Una vegada descrites les taules, Bonjorn explica llur utilització, en dues parts ben diferenciades: d'una banda, la determinació dels eclipsis de Sol i, d'altra, la determinació dels eclipsis de Lluna. En cada una d'aquestes dues parts, Bonjorn es fa ressò d'una polèmica existent sobre aspectes concrets dels eclipsis i pren posició en cada una d'elles.

Així, quant als eclipsis de Sol, el text de Bonjorn fa costat a Jabir ibn Aflaḥ contra Ptolemeu. El sevillà Jabir ibn Aflaḥ visqué a la primera meitat del segle XII i escriví en àrab un tractat d'astronomia teòrica en 9 llibres, intitulat *Islāḥ al-Majisti* [Correcció de l'Almagest], en el qual criticà Ptolemeu (Lorch, 1975). L'obra fou traduïda bastant aviat al llatí (1175), pel conegut traductor Gerard de Cremona, i dues vegades a l'hebreu, primer per Moses ibn Tibbon, el 1274, i sembla que també per Jacob ben Makhir (1236-1304), ambdós residents al Llenguadoc.

En la referència a Ibn Aflaḥ, Bonjorn menciona el cinquè llibre de l'*Islāḥ*. Segons aquest, existeix una diferència entre el temps (t1) que transcorre entre l'inici i el mig de l'eclipsi de Sol i el temps (t2) entre el mig i el final de l'eclipsi; per a Ibn Aflaḥ, els temps t1 i t2 només coincideixen quan el mig de l'eclipsi és al punt del mig cel, i contesta a Ptolemeu quan aquest afirmava que els dos temps coincideixen quan l'eclipsi es produeix a mig dia. Bonjorn considera real d'aquesta diferència, però afirma: "*et ideo non curaverunt de ea aliqui componentium tabulas nec subtiliaverunt se in hoc.*" (B, § 145).

El paràgraf que conté aquesta discussió entre Ibn Aflaḥ i Ptolemeu, és al ms. B i a d'altres que hem localitzat, però no al ms. Ch, on hauria de trobar-se a la línia 4 del foli 68r, darrera la paraula "orizon" (§ 143) i abans del començament de la segona part d'aquest segon capítol, dedicada als eclipsis de Lluna (§ 147).

En aquesta segona part hi trobem una altra referència a una discussió teòrica de l'astronomia dels eclipsis. Sorprenentment, tampoc consta al ms. Ch, on hauria de situar-se a la línia 23 del foli 68v, darrera la paraula "aclipse" (§ 153). En aquest cas, es tracta d'una petita diferència existent entre la meitat de l'oposició i la meitat de l'eclipsi de Lluna.

El text de Bonjorn explica que Levi ben Gerson, al capítol 79 del seu llibre *Astronomia*, afirma que els astrònoms anteriors n'ò s'havien adonat d'aquesta petita diferència. Bonjorn fa parlar Levi d'aquesta manera: "*et hic est declaratum factum mirabilem valde de quo non curarunt antiqui, quarum verba pervenerunt ad nos*" (B, § 155). Però Bonjorn mostra el seu desacord amb Levi i aporta tres comentaris de Ptolemeu, corresponents al capítol 7 del Llibre 6 de l'*Almagest* (Toomer, 1984, pàgs. 296-298), en els quals aquest declara que la diferència esmentada és menyspreable (B, § 155):

*"et non extimet aliquid nos ignorasse et cetera";*  
*"et causa que proibet nos curare de istis arcubus in partibus libri nostri est quia sunt parvi et diversitas eorum est insensibilis et cetera";*  
*"subtiliare in simili istius quantitatis et superfluitas et intricatio et non diligere veritatem".*

L'última frase dels cànons conté una lloança al Senyor: "E la terra ha illuminada de la sua gloria", "senyor ver Déus converteix-nos, illumina les tues faç e serem fets sans" (Ch, § 169). És la mateixa frase utilitzada per Abraham Zacut al final del seu 7è capítol de l'*Almanach Perpetuum* dedicat als eclipsis de Lluna i correspon als versets 4, 8 i 20 del Psalm 80 [*Cant de la vinya devastada*] (Cantera Burgos, 1931, pàg. 280).

Al manuscrit B hi ha, en aquesta mateixa frase, una invocació a Sabaot, que és la grafia llatina d'una veu hebrea que, aplicada a Déu, pot entendre's com "Déu de l'univers". En altres manuscrits hi trobem altres frases finals, potser afegitons posteriors; el manuscrit C, per exemple, darrera les dues frases esmentades anteriorment, n'incorpora una altra: "altre profeta diu e sobre tu relivi Déu e la sua honor en tu" (C, f. 15v).

II.2. EDICIÓ DELS CÀNONS EN VERSIÓ CATALANA (MS. AYER 746, NEWBERRY LIBRARY, CHICAGO) I EN VERSIÓ LLATINA (MS. 634, BIBLIOTECA DE CATALUNYA, BARCELONA)

*Ch: Ms. 746, Newberry Library (Chicago), f. 51r-70r.*

[1] *Dix Jacob fill de David fill d'en | Bonjorn: per tal com la sciència mate|matical, entre les altres scièn|cies, és singular en fortitud de la veri|ficació que pervé en los seus quisits, com | sien la major part de les demostracions | sues demostracions absoludes, e la part | stellar de aquella ha major proprinquïtat | en les coses qui han intruït en la | perfecció humana, per tal com està en ma |tèria es demostra en aquell més que | les parts restants, e lo subject en lo qual | és tractat és pus notabla e en ma |jor grau, noresmeyns ajuda e dóna en |dreç a les altres sciències e a algunes | arts, segons açò és notori de si mateix | així com han declarat los anticbs en | llurs llibres.*

[2] *Segueix se donchs que saber | en la part stellar de aquella és nota |bla cosa e honorosa.*

[3] *E per tal com la ra |yl e principi a aconseguir ço que comprèn | la part stellar és saber en los moviments | del sol e de la luna, així com scriu lo Tho |*

*f. 51v*

*lomeu en lo primer e en lo terç del seu | Almagest, és donchs saber aquelles | pus notabla cosa e inexstimabla, e | singularment lo compte de les conjunc|cions | e oposicions vertaderas.*

[4] *Car la sua | verificació hauem haüda perfetament | entre los altres moviments, a saber açò | ha gran introbit en algun jubí dels ju |hís de la ley, així com declara lo doctor | Rabbí Moysés en sos llibres.*

[5] *E, per la aventat |ge que ha saber aquesta part de la scièn |cia de les stelas e la sua noblesa, és | molt desijat per la collació dels hòmens | saber aquella, e reonable és que sie de |sijat naturalment, com la cosa bona | és aquella que tot hom desija.*

[6] *Per a |mor d'açò no han cessat los anticbs | ni los moderns qui han tractat en | la sciència de les stelas de bordonar tau |las per aquest compte, alguns d'el |ls largament e alguns breument, | aveguades són en lo punt mateix |*

*f. 52r*

*e aveguades roden entorn aquell.*

[7] *E | no n'i ha agut nengú, en aquells que | sien steses los seus dits, que haje tractat | en trobar via en saber lo compte de les | conjuncions e oposicions veras per ma |nera de revolució e tornar de caps per | la manera que u han*



B: Ms. 634, Biblioteca de Catalunya (Barcelona), f. 48r-54r.

Declaratio tabularum infra sequentium quibus cognoscitur eclipsis solaris  
et lunaris

[1] Quia scientia mathematicalis inter alias scientias est singularis in fortitudine  
verificationis que pervenit in suis inquisitionibus, eo quia maior pars  
demonstrationum eius sunt demonstrationes absolute, scilicet propter quid, et  
pars astrologie eius est propinquior illi quod habet introitum in perfectione  
humana, eo quia adhibet materie et in ea videtur ceteris partibus, et  
subjectum de quo tractat est nobilius et honorabilius, et cum hoc adiuvat  
et dirigit ad alias scientias et ceteras artes, sicut est hoc manifestum de ea  
prout declaraverunt antiqui in eorum libris.

[2] Ideo est clarum quod scire astrologiam est scientia nobilis et honorabilis.

[3] Et quia radix et principium consequendi illud quod comprehendit pars  
stellaris est scire motus solis et lune, sicut scripsit Ptolomeus in primo et  
tertio Almagesti, ideo scire ipsos motus est honorabile sine fine, et precise  
scire calculationem coniunctorum et oppositionum verarum,

[4] quia veritatem huius habemus perfectam inter ceteros motus, et etiam  
scientia huius habet introitum in iudiciis legis nostre divine, sicut declarat  
ille egregius doctor rabi Moyses in libro Iudiciorum sanctificationis mensis.

[5] Et propter excellentiam scientie istius partis scientie stellarum et eius  
nobilitatem est desiderata congregationi hominum et desiderari debet  
naturaliter, quia bonum est id quod omnes desiderant.

[6] Et ideo non cessaverunt antiqui et postremi, qui perscrutati fuerunt  
scientiam stellarum, ordinare tabulas ad istam calculationem, aliqui longo  
modo et aliqui brevi, et interdum sunt in puncto veritatis precise, interdum  
ambulant circa ipsum.

[7] Et aliquis ex illis quorum verba pervenerunt nobis non tractavit invenire  
scientiam calculationis coniunctorum et oppositionum verarum per modum  
revolutionis et reiterationis modo quo ordinaverunt istud. Ad sciendum  
loca vera stellarum, volo dicere quod ipsi posuerunt primo loca earum per

*bordonat assaber | los lochs vertaders de les stelas, ço és | que ells han posat primerament los llurs lochs bordonats per alguns anys nom | brats, e après tornen allà bon és lo | cap han sguart a créixer ho a minvar | alguna equació, e aconseguen ab | açò saber los lochs de aquelles per los | hanys sdevenidors.*

*[8] E han tractat | en açò per tal com ab aquesta manera | és aconseguït sens treball lo quisit | hans ho ha hom fort fàcilment, e lo seu | borda així mateix és pus gentil, per | tal com lo moviment circular és pus no | tabla de tots los moviments e és atri | buït al cors pus notable, e los jusans se deliten a ressemblar en llurs | operacions als sobirans tant com pos |*

*f. 52v*

*sibla és.*

*[9] E yo, despuys que són esta | ts uberts los meus huyls hun poch en | aquesta sciència, he cercat e scrudinyat | a atrobar aquesta via en lo compte de les | conjuncions e oposicions veres a hun | larch temps ho a infinit, si possibla és. |*

*[10] E dich "si possibla és", car açò és cosa que | no.s sab justament negueix en los mo | viments eguals.*

*[11] E açò car si és la propor | ció del temps de les revolucions dels mo | viments eguals de les stelas al temps | del moviment diornal e parts de aquell, | lo qual és mesura de tots los altres | temps és inreccionabla ho muda, segueix | se que és impossibla de aconseguir | la sua quantitat verificadament.*

*[12] E si és | que la sua proporció en aquell sie raciona | bla, així com és vist a alguns doctors, | és molt luny e difficil que. | hom ho puxe | aconseguir, e ço que.n aconseguen | ab los instruments dels sguarts és per | via de proprinquïtat, no pas verificadame | nt.*

*[13] E per açò no és possible de saber los |*

*f. 53r*

*temps de les revolucions del movime | nts eguals, ni los lochs de les stelas de a | quells tornant de caps ab procés infinit, | car duplicada aquella quantitat de la pocha | proprinquïtat moltes veguades se innova de | aquella quantitat senssibla, perquè és co | neguda la error.*

*[14] Emperò, per tot açò, no he | cessat de cercar similitud de la revolució | la qual nosaltres sabem en los movime | nts eguals a innovar semblant d'ell | e trobar lo en lo moviment divers, com | no basta lo nostre poder a fer més de açò, | fins que he trobat algun temps qui com | prèn en movime(n)ts eguals del sol e de la | luna en lo qual circueix la lluna revo | lucions dells) seus retornaments en lo seu mo | viment atribuït al episcicla propincament. |*

annos certos numero, et postea revertunt, et ubi est caput tendunt addendo vel substraendo aliquam equationem et sciunt cum hoc loca earum in annis futuris, |

[8] et fecerunt etiam eo quia optatum consequuntur isto modo faciliter et sine aliqua difficultate; et etiam ordo eius est convenientior, quia motus circularis est nobilior motuum et inest corpori nobiliori, et inferiores desiderant imitari superioribus in suis operationibus quantum est possibile.

[9] Ego autem, a die qua sunt oculi mei motudicum in ista scientia, investigavi invenire istum modum in calculatione coniunctionum et oppositionum verarum per magnum tempus vel ad infinitum si possibile est,

[10] et dico "si possibile sit" quia hoc non potest scribi precise etiam in motibus equalibus,

[11] et hoc quia si proportio temporis revolutionum motuum stellarum equalium ad motus diurni et partium eius quod est mensura ceterorum temporum est irrationalis, est enim impossibile scire quantitatem eius de veritate,

[12] et si proportio eius ad ipsum est rationalis secundum quod videtur aliquibus sapientibus est et difficile hominibus scire istud, et illud quod scitur ex eo sibi cum instrumentum aspectus est per modum propinquitatis et non secundum rei veritatem. |

[13] Et ideo non possunt sciri tempora revolutionum motuum equalium et loca stellarum per motum revolutionis ad infinitum quia duplicando illam quantitatem parvam propinquitatis |

f.48v

pluries fit ex ea quantitas sensibilis in qua sentitur error.

[14] Tamen, cum hoc non cessavi investigare revolutionem similem revolutioni scite a nobis in motibus equalibus et innovare similem sibi in motu diverso, quia non possumus facere plus isto, itaque inveni aliquid tempus comprehendens consecutiones equales solis et lune quod perficit luna fere revolutiones suas in suo motu attributo epiciclo.

[15] E sdevén se ab açò que és tornat lo sol | prop de son loch del aug del seu ecèntrich, | e aquest temps és .xxxix. any[s] egipcians | .ix. jorns .xxiii. hores .xxxiiii. minu | ts e .xi. segons quasi.

[16] E és notori, per ço que | és declarat de la quantitat del mes lu | nar, que lo dit temps comprèn ab si |

f. 53v

.ccc.lxxxiii. mesos e mig, que són .dcc. | .lxvii. entre conjuncions e oposicions. |

[17] E per açò és tornat lo centra del epicicla | de la luna en la fi de aquest temps en | son loch del seu essèntrich, en lo qual be | ra en lo començ e és lo punt del aug. |

[18] E així matex és tornada la luna en lo | seu loch primer del moviment atribuït | al epicicle, no sobrepuje lo seu loch se | gon sobre lo primer après revolu | cions éntegres sinó .xli. minuts quasi. |

[19] E lo sol així matex és lavons la propor | ció de la sua distància del aug del seu | cercla e son loch en lo zodiach, en si | militud de la proporció en què bera en lo | començ quasi, no sobrepuja lo seu loch | en lo zodiach après revolucions énte | gras sinó dos graus e .xxvii. minuts | .xx. segons, e la sua distància del aug | se diverssifica en creximent en torn .i. | grau e .xlv. minuts.

[20] E, per tal com | aquests moviments són tornats en la | fi del dit temps en aquella proporció que |

f. 54r

heren en lo començ e en citus semblant, | és de necessari que sie lo borda de les con | junctions e oposicions veras passat lo | dit temps, anat subssessivament per lo | borda de les conjuncions e oposicions que | són en aquell.

[21] E així com són sabuts | los eguals per revolució e per via de retor | nament, ab alguna addició ho minució, | així és possible en los vertaders, car | les causes que causen la diverssitat en | tre lo vertader e lo equal de aquells | són tornades en la similitud que heran de | primer, sinó alguna diverssitat que ha | en ellas, per aquell aventatge que sobrepu | ligen aquells moviments sobre revolucions | íntegres, per ço con no són tornats en aquell | punt mateix, ço és .xli. minut del mo | viment del argument, qui fan mudar | la quantitat de la equació de la luna, | e dos .xxvii.xx. de la diverssitat del lo | ch del sol en lo zodiach, qui donen di | verssitat entre los dies visibles e eguals, | e hun .xlv. de la diverssitat de la dis | tància del sol del aug del seu essèntrich, |

f. 54v

que fan senyal en diverssitat de la equació | del sol.

[15] Et accidit cum hoc reverti solem fere in locum suum de auge sui ecentrici, et istud tempus est | triginta unius anni egepciaci et IX dies et XXIII hore et XXXIII minuta | et XVIII<sup>1</sup> secunda fere.

[16] Et est manifestum ex illo quod est declaratum de quantitate mensis lunaris quod tempus predictum comprehendit CCCLXXXIII menses cum dimidio, qui sunt DCCLXVII inter coniunctiones et oppositiones.

[17] Et ideo revertitur centrum epicicli lune in fine istius | temporis in suo loco de ecentrico in quo erat in principio, qui est punctus augis,

[18] et similiter revertitur | luna esse in suo loco primo de motu atributo epiciclo, et non superat locus secundus | super primum post revolutiones integras nisi per XLI minuta fere

[19] et etiam proportio | distancie solis ab auge sui circuli et locus eius in circulo signorum sunt in similitudine | proportionis in quo erant in principio fere, et non superat super locum suum in circulo signorum post | revolutiones integras nisi per duos gradus, XXVII minuta et XX secunda, et distantia eius ab auge diversificatur ad addendum circa unum gradum et XLV minuta, |

[20] et quia isti motus revertuntur in fine temporis predicti in eandem proportionem et in similem dispositionem in quibus erant prius, ideo est necessarium quod ordo coniunctionum et oppositionum verarum post | illud tempus procedat secundum ordinem coniunctionum et oppositionum que sunt in eo.

[21] Et sicut coniunctiones et oppositiones equales possunt sciri per motum revolutionis cum aliqua additione | seu minutione, ita est hoc possibile in veris, quia cause que dant diversitatem inter veras et equales | revertuntur in similem motum in quo erant prius preter aliquam diversitatem que in eis propter illam | superfluitatem qua superant illi motus super revolutiones integras cum non revertantur | in eodem puncto, scilicet propter XLI minuta motus argumenti que mutant quantitatem equationis | lune et duo gradus, XXVII minuta, XX secunda de diversitate loci solis in circulo | signorum, qui dant diversitatem inter dies visibiles et equales, et propter unum gradum et XLV minuta | de diversitate distantie solis ab auge ecentrici que dant signum aliquid in diversitate equationis solis. |

---

<sup>1</sup> En lloc d'11 segons.

[22] Emperò aquesta diversitat qui.s | segueix de aquestes tres causes pot | ésser hordonada la sua quantitat a cascuna | conjuncció e oposició a addició ho minu | ció.

[23] E per aquest horda serà fundat lo | compte en aquestes taules, com he tret; | primerament, los temps de les conjuncions | e oposicions veras e lo loch ver del | sol e de la luna en aquells per tot lo | durament del dit temps, que són .dcc. | .lxxvii. conjuncions e oposicions, sego | ns he dit.

[24] E après, la quantitat de la di | versitat qui pervé a cascuna conjuncció | he oposició a addició ho minució per | les dites tres causes, fins que és estat lo | compte hordonat e declarat sobre les | taules, per que córriga qui legirà en a | quellas assaber per ellas temps de tota | conjuncció e oposició vera que vullam | del temps passat e esdevenidor, encare | a aquells qui no són abtes en aquesta |

f. 55r

sciència.

[25] E hun infant poch se pot regir en | aquellas per leugeria de la obra e brevitat | de aquella, ajustant hi apuntament e veri | ficació, tant que no sie atrabada proprinquïtat après | molts centenars d'ayns, cosa que lo senti | ment ho aconsseguesque no.s pot fer que | venga a la quantitat de la diversitat que | és entre lo compte de les taules que nosal | tres havem a aquells qui.s són més as | subtiliats de hunes a altres.

[26] E com que | sie ab la horda d'aquestes taules, és uber | ta la porta als intelligens a atrobar | semblant e tallar taules segonas après | .iiiii. anys ho més, si serà que levors se trop | alguna proprinquïtat en açò per la quantitat del | temps dels moviments eguals que no és | la sua quantitat aquella que han troba | da los antichs, car així és de les scièn | cies que són verificats los llurs quisits | per experiència, vull dir que és trobada | perfecció en aquellas més al derrer que | al primer.

[27] E lo fundament del compte | en la quantitat del temps dels mo |

f. 55v

viments eguals e llurs lochs e quantitats de | les equacions en aquestes taules és bastit | sobra la oppinió dels derrers verificants | en aquesta sciència qui en aquella han com | pilades taules, així com lo savi Rabbí A | bram fill de Hayà, e la corona dels savis | e de gran perfecció Rabbí Leví fill de Guers | som, e oppinió del savi lo Rey Alfonso | en les sues taules, declinant al pus con | cordant d'ells a la veritat, segons que he | provat per experiència en alguns aclip | sis solars e llunars.

[28] E après ésser com | plit açò de la verificació del compte de | les conjuncions e oposicions veras, he a | justat en aquell algunes taules per la | manera

[22] Istius vero diversitatis que provenit ex istis tribus causis quantitas postest ordinari et adequari in qualibet coniunctione et oppositione sive ad addendum sive minuendum,

[23] et isto ordine fundatur calculatio istarum tabularum, quia traxi primo tempora coniunctionum et oppositionum verarum et locum verum solis et lune in eis per totum tempus predictum, que sunt DCCLXVII coniunctiones et oppositiones sicut predixi.

[24] Et post posui quantitatem diversitatis que pervenit in qualibet coniunctione et oppositione ad addendum vel minuendum ex tribus causis predictis, itaque calculatio est ordinata et posita clare in tabulis, ut lector sciat ex eis faciliter tempus cuiuslibet coniunctionis et oppositionis vere in tempore preterito et futuro et etiam illi qui non sunt experti in ista

f. 49r

scientia

[25] et puer parvulus minabit eas propter facilitatem operis et brevitatem eius et etiam veritas et precisitas que sunt in eis, itaque non est in eis propinquitas sensibilis post multos centenarios annorum et non potest pervenire ad quantitatem diversitatis que est inter calculationem tabularum inventarum apud nos illorum qui asubtiliaverunt se in hoc,

[26] et quomodocumque sit in ordine istarum tabularum est aperta ianua intelligentibus ad inveniendum similem sibi et facere tabulas secundas post millesies annorum et plus si ita sit quod tunc sit aliqua propinquitas in hoc propter quantitatem temporis motuum equalium quod non sit modo quo posuerunt antiqui de quantitate eius, quia iste est modus scientiarum quarum quesita verificatur ex sensu, scilicet quod perfectio earum invenitur postremo plus quam primo,

[27] et fundamentum calculationis quantitatis temporis motuum, equalium et locorum eorum et quantitatum equationum istarum tabularum est edificatum super opinionem postremorum verificantium istam scientiam qui composuerunt in ea tabulas, sicut ille sapiens rabi Abraam, filius rabi Aya ispalensis, et corona sapientium ille egregius doctor rabi Levi, filius rabi Guerlson, et super opinioni sapientis illustrissimi regis Alfonsi in suis tabulis tenendo al illud quod magis concordat veritati, secundum quod probavi sensu in aliquibus epicyclis<sup>2</sup> solaribus et lunaribus,

[28] et post complementum veritatis istius calculationis coniunctionum et oppositionum verarum composui aliquas tabulas modo quo posuerunt

---

<sup>2</sup> En lloc de "eclipsis".

que los antichs les han posades | per saber de aquellas lo aclipsi solar e | lunar; e açò així matex fort fàcilment | e breu, donant alguna passada a la | primesa opinada, car mon cor és ferm | e segur que no.y haurà proprinqüitat | sinó pocha.

[29] Tant pocha que és haüda | per no res, solament que bajam lo qui |

f. 56r

sit fàcilment sens treball, nores meyns | que aquella proprinqüitat no.s dobla ni.s | muntiplica per durament de temps ni | son ésser duplicat a infinit, e la proprinqüitat que s'i atrobarà jo y tocaré en son loch, | així con vendrà, ab la ajuda de Déu.

[30] E he | partit aquest meu tractat per dos capítols. |

[31] Lo primer capítol en compte dels temps | de les conjuncions e oposicions veres | e lo loch ver del sol en aquelles e ar | gument de la latitud.

[32] Lo segon serà | declarat en aquell lo compte del aclip | si solar e llunar.

[33] E des d'are comens | saré a declarar com nos regirem en | aquestes taules; emperò, Jo a Déus pregaré | que sie en la mia ajuda e que vulla | endressar les mies vias e que.m amèn | en carrera de veritat.

[34] Lo capítol primer en compte del temps de les conjuncions | e oposicions veres e lo loch ver del sol en aquellas | e argument de la latitud. |

[35] Si vols saber la hora de la conjunció | ho oposició vera per aquestes taules, trobar les has bordonades | en aquellas per .xxxi. anys/ solars, lo co |

f. 56v

menç dels quals és en los mes de març | del any .mcccclxi. a compte de crestia | ns, e és scrit en lo cap de cascun any | de <a>aquells lo seu nombre dels .xxxi. anys/ |

[36] E les dues letres qui són posades aquí | en .1<sup>a</sup>. línia, la primera, que és b, significa lo | bixest, e la .ii<sup>a</sup>. significa lo nombre de les re | volucions del peryodus de les .iiii. revolucions | que són en cascun peryodus en lo qual aquell | any és bixestil; verbi gratia, que lo primer any de | aquests .xxxi. anys és bixest en la terça re | volució, e lo segon és bixest en la quarta, | e lo terç és bixest en la primera, e lo quart | en la segona, e així de tots.

[37] E les .viii. | letres qui són scrites aquí en tres línies, | les mijanes, qui són scrites ab tinta negra | e són 1.2.3., signifiquen lo nombre de les re | volucions que resten sobre lo peryodus de quatre | en quatre revolucions.

[38] E aquelles qui | són en la línia terça sots aquelles scrites | ab tinta vermella signifiquen lo nombre | dels dies del mes los quals fan a effagir | per les revolucions que són passades après | la rayl de les taules.

[39] E les letres sobira | nes que són en la línia primera així |



antiqui | ad sciendum ex eis eclipsim solarem et lunarem, et hoc etiam brevi modo et facili | et sine aliqua propinquitate de precisitate intenta, quia cor meum stat firmum quod | propinquitas non est in eis nisi parva

[29] et evanescit propter suam parvitatem et solum | modo quod perveniat quesitum faciliter et sine labore, et etiam illa propinquitas non | multiplicatur multiplicando tempus nec duplicando ipsum ad infinitum et | ego recitabo super istam propinquitatem in suo loco in illud quod veniet, Deo duce. |

[30] Et divisi tractatum istum in duas dictiones sive partes.

[31] In prima parte | tractatur de calculatione temporis coniunctionum et oppositionum verarum et loci veri solis | in eis et argumenti latitudinis.

[32] In secunda declaratur calculatio eclipsis | solaris et lunaris.

[33] Et hinc incipiam declarare qualiter utimur istis ta | bulis, sed ego Deum quero ut sit in adiutorium meum et dirigat semi | tas meas et adducat me in viam veritatis.

[35] Unde, si volueris scire | tempus coniunctionis vel oppositionis vere ex istis tabulis, invenies eas ordinatas | in eis per XXXI annos solares, quorum principium est in mense martii anno | MCCCLXI, qui est numerus christianorum, et in principio cuiuslibet anni est scriptus numerus | eius de istis XXXI annis.

[36] Duarum literarum positarum in una linea, | prima que est .b. significat bisextum, et secunda significat numerum periodi de IIII re | volutionibus que sunt in quolibet periodo in quo annus est bisextilis, et est exemplum quod annus pri | mus istorum XXXI annorum est bisextilis in revolutione tertia, et annus secundus | in revolutione IIII, et annus tertius in revolutione prima, et annus IIII in revolutione |

f. 49v

secunda et sic de aliis.

[37] Novem vero literarum que sunt scripte ibi in tribus lineis medie | que sunt scripte colore nigro que sunt 1.2.3 significant numerum revolutio | num superantium super periodos qui sunt de IIII revolutionibus;

[38] et que sunt in linea | tertia sub eis scripte colore rubeo significant numerum dierum mensis que debent | addi per quamlibet revolutionum preteritarum post radicem tabularum.

[39] Littere vero | superiores que sunt in linea prima scripte colore rubeo

## f. 57r

*mateix signifiquen lo nombre dels dies del mes | qui fan a minvar per aquelles revolucions en los | anys que són devant la rayl.*

[40] *E la latitud de la tau | la serà pertida a .v. tiras.*

[41] *La primera significa | la primera letra de aquella sobre la primera letre | del nom del mes solar.*

[42] *E lo nombre que és a |prés en aquella tira significa sobre lo nombre | del dia de aquell mes en lo qual cau la conjunc | ció ho aquella oposició.*

[43] *La tira .i<sup>a</sup>. significa | la primera leta de aquella sobre lo nombre del | dia de la setmana en lo qual cau la conjuncció | ho oposició.*

[44] *E los dos nombres qui són après | és lo nombre de les horas e dels minuts que | és la conjuncció ho oposició après lo mig jorn | aquell, en aquest orizon, qui és la sua longi | tud de occident .xxxii. graus e mig e és distant | a Jherusalem en vers occident dues bores e terç.*

[45] *E | vull dir com dich "mig Jorn", mig Jorn visible | no pas mig Jorn agual.*

[46] *E si lo orizon hon tu se |ràs diverssifica en longitud en aquest orizon, | sàpies la sua diverssitat en horas e minuts e, si és oriental en aquest orizon, afegiràs la quanti | tat de la diverssitat sobre lo temps de la conjuncció | ho oposició hixint de aquestes taulas, ho minvar | ho has de aquell, si li és occidental, e so que.t |*

## f. 57v

*extrà serà la hora de la conjuncció ho oposició | après lo mig jorn visible en aquell orizon. |*

[47] *Més en la tira terça és la equació de la conjunc | ció ho aquella oposició a minvar per cascuna | revolució de .xxxi. anys | après la rayl sus la | primera, ço és aquests .xxxi. anys | primers | en los quals aquesta equació no serveix.*

[48] *E | lo nombre primer de aquesta tira és minuts | de hora e lo segon és nombre de parts de |.xvii. en .i. minut.*

[49] *Més en la tira quarta | és lo loch ver del sol, en signes, graus e mi | nuts, bordonat a la hora de cascuna conjunc | ció e oposició de aquests .xxxi. anys | primers, e | aquell és lo loch mateix de la luna en la | hora de la conjuncció, e affegint hi .vi. signes | en la hora de la oposició.*

[50] *E en la tira .v<sup>a</sup>. | és bordonat l'argument de la latitud, en sig | nes, graus e minuts, a la hora de la conjuncció | ho oposició, e aquell és la distància de la | luna del cap del dragó en la hora de la | conjuncció ho la sua distància de la coba | en la hora de la oposició.*

[51] *E après lo com | pliment de les taulas de aquest[s] .xxxi. anys |, | he bordonada buna taula per fer la e | quació del loch del sol e argument de la |*

etiam significant numerum dierum | mensis que debent diminui per illas revolutiones in annis que sunt ante | radicem.

[40] Latitudo vero tabule dividitur in V lineas,

[41] quarum prima litera significat literam primam nominis mensis solaris,

[41] et numerus qui est post in illa linea significat | numerum diei illius mensis in quo cadit coniunctio illa seu oppositio;

[43] litera vero prima II<sup>e</sup> | linee significat numerum diei septimane in qua cadit coniunctio sive oppositio,

[44] et duo | numeri qui secuntur sunt numerus horarum et minorum quibus erit coniunctio vel oppositio post | radicem meridiem in isto horizonte, cuius longitudo ab occidente est 32 graduum | cum dimidio et est distans a Jherusalem ad partem occidentis duabus horis et tertia | pars hore,

[45] et volo dicere in meridie meridiem visibilem non meridiem equalem. |

[46] Et si orizon in quo eris sit diversus in longitudine ab isto horizonte, scias diversitatem | eius in horis et minutis; et si sit orientalis huic orizonti, adde quanti | tatem diversitatis super tempus coniunctionis vel oppositionis exeuntis ex istis tabulis, | vel diminue eam si sit ei occidentalis, et quod exiet tibi erit tempus coniunct | tionis vel oppositionis post meridiem visibilem in illo horizonte.

[47] Item, in linea 3<sup>a</sup> | est equatio coniunctionis vel oppositionis illius ad subtrahendum per quamlibet revolutionem | 31 annorum post radicem preter primam, scilicet istos 31 annos primos, in qua non uti | mur ista equatione,

[48] numerus vero primus istius linee est minorum hore, et secundus est | numerus partium de quibus sunt in uno minuto 17.

[49] Item, in linea quarta est locus | solis verus in signis et gradibus et minutis ordinatus in tempore cuiuslibet coniunct | tionis et oppositionis istorum 31 annorum primorum, qui est locus lune idem in tempore | coniunctionis et cum additione VI signorum in tempore oppositonis.

[50] In linea vero V<sup>a</sup> est ordinatum argumentum latitudinis in signis et gradibus et minutis in tempore con | iunctionis seu oppositionis illius, quod est distanciam lune a capite draconis tempore | coniunctionis seu distantiam eius a cauda in tempore oppositionis.

[51] Post complemen | tum, vero, istarum tabularum istorum 31 annorum, ordinavi unam tabulam | ad adequandum cum ea locum solis et argumentum

f. 58r

latitud en les altres revolucions, e los me|sos del any són escrits aquí en longitud de la | taula, de mig en mig mes quasi.

[52] E la sua la | titud és partida a .ix. tires, en lo cap de les | quals és escrit lo nombre dels minuts de la | equació, de .iiii. en .iiii., de .x. entrò a .xlii., | car jamay no minven de aquell ni munten | més que aquells.

[53] E endret abdós és escrita | la equació del sol en graus, minuts e segons, | sinó que lo nombre dels graus és escrit en lo | cap de la tira tensusolament e serveix a tota la lon | gitud de la tira.

[54] En après és la equació del | argument de la latitud en signes, graus e | minuts e segons, sinó que lo nombre dels | signes e dels graus és escrit en lo cap de la | tira tensusolament, e serveixen a tota la tira | per longitud.

[55] E deus saber que en aquests | .xxx. anys | primers que és la primera re | volució, serà tot ço que és escrit dejús de la línia, | conjuncció, e ço que és sobre la línia, oposició. |

[56] Mas en la .ii<sup>a</sup>. revolució serà per lo contrari, | que ço que és sobre la línia serà conjuncció e ço | que és dejús aquella serà oposició.

[57] E la re | volució terça tornarà així com l'orda de la | primera, e la quarta així com la .ii<sup>a</sup>., e la .v<sup>a</sup>. |

f. 58v

així com la primera, e la .vi<sup>a</sup>. així com la .ii<sup>a</sup>., e | així per tot temps.

[58] E si volràs saber la ho | ra de alguna conjuncció ho oposició vera après | que serà passada la primera revolució, sostrau | ràs dels anys que tens .mccclx., e lo res | tant partiràs per .xxx. , que són nombre dels | anys de buna revolució; e ab lo nombre res | tant qui no basta a .xxx. , entraràs en lo | nombre dels anys de aquestes taules. ·

[59] Pren ço | que y trobaràs de la hora de la conjuncció ho o | posició e del loch vertader del sol e argu | ment de latitud en lo mes quisit de aquell | any, e garde.u.

[60] Minvaràs dels dies de la | setmana .i. dia per cascuna revolució énte | gra que sien passades.

[61] Més duplicaràs | la equació de aquella conjuncció ho oposició | sobre lo nombre de les revolucions éntegras | que són passades; e ço que muntarà di | minueix ho de la hora de la conjuncció ho o | posició que has guardada; e ço que restarà | après la disminució, això és la hora de la | conjuncció ho oposició verdadera que de | manes de dies de setmana e horas e mi | nuts.

[62] Emperò lo dia del mes solar en què |

latitudinis in ceteris revolutio|nibus. Et menses anni sunt scripti ibi in  
longitudine tabule de medio mense ad| medium mensem fere,

[52] cuius latitudo dividitur in IX lineis, in quarum principio est| scriptus  
numerus minorum equationis de IIII in IIII, de X usque ad XLII, quia non|  
possunt esse plus eis nec minus,

[53] et in directo amborum est scripta equatio solis in| gradibus et minutis  
et secundis nisi quod numeros graduum est scriptus in principio linee|

f. 50r

tantum, et deservit toti linee in longitudine.

[54] Et post hoc est equatio argumenti latitudinis| in signis et gradibus et  
minutis et secundis nisi quod numerus signorum et graduum est scriptus|  
in principio linee tantum, et deservit toti linee in longitudine.

[55] Et debes scire| quod in istis 31 annis primis, que sunt prima revolutio,  
quidquid sit scriptum sub| linea sulci est coniunctio et id quid est supra  
lineam sulci est oppositio.

[56] In revolutione| vero secunda est per contrarium, quia illud quod est  
supra lineam sulci est coniunctio et quod est sub ea| est oppositio.

[57] In revolutione vero tertia revertetur in ordine primo, et in quarta sicut|  
in secunda, et in V<sup>a</sup> sicut in prima, et in VI<sup>a</sup> sicut in secunda, et sic ad  
infinitem. |

[58] Et si volueris scire tempus cuiuslibet coniunctionis seu oppositionis vere  
post lapsum| revolutionis prime, substrahe ab annis quos habes MCCCLX,  
et residuum| divide per 31, qui est numerus annorum unius revolutionis,  
et cum residuo| quod non potest dividi per 31 intra in numerum annorum  
istarum tabularum,

[59] et| accipe illud quod invenitur ibi de tempore coniunctionis seu  
oppositionis, et de loco vero| solis et argumento latitudinis in mense quesito  
illius anni et serva ipsum.

[60] Et substrahe| a die septimane unam diem per quamlibet revolutionem  
integram preteritam,

[61] et| postea multiplica equationem coniunctionis seu oppositionis illius  
per numerum| revolutionum integrarum transactorum, et illud quod perve-  
niet substrahe| de tempore coniunctionis et oppositionis servate, et illud  
quod remanebit| post subtractionem est tempus coniunctionis seu oppo-  
sitionis vere quas queris de diebus| septimane et horis et minutis.

[62] Diem vero mensis solaris in quo| cadet scies hoc modo: divide numerum

## f. 59r

caurà sabràs per aquesta manera: parteix lo nom | bre de las revolucions íntegras qui són | passades sobre quatre e, per cascun peryodus | de .iiii. revolucions, qui són .cxciiii. anys, a | fegiràs sobre los dies del mes solar que has guar | dats .ix. dies e, per cascuna revolució que | resta, que no.s pot partir per .iiii., affegiràs | sobre los dies del mes per buna revolució dos | dies ho tres, e per dues revolucions quatre | dies ho sinch, e per tres revolucions affegiràs | .vi. dies ho .vii., segons que trobaràs scrit | en les taulas, en lo cap del any en què est, quin | affegiment se pertany als dies del mes en | aquell any, segons lo nombre de les revolucions | íntegras que són passades més dels peryodus | éntegras.

[63] E ço que serà après aquest affegi | ment, aquell és lo dia del mes solar en què | serà aquella conjuncció ho aquella oposició. |

[64] E après de açò sabràs lo loch vertader del | sol e argument de la latitud a la hora de a | quella conjuncció ho oposició per aquesta ma | nera.

[65] Pren lo dia mijà entre lo dia del mes | que has guardat e lo dia del mes en què cau | aquella conjuncció ho oposició en la revolució |

## f. 59v

en què est; vull dir que per resta la differència | que és entre abdós a miges.

[66] E entre ab a | quell e ab lo nombre dels minuts de la equa | ció a aquella conjuncció ho oposició en la | taula de les equacions del loch del sol e | argument de latitud en les altres revo | lucions; e ço que trobaràs aquí en la | tira del nombre de aquells minuts de | equació, en dret lo dia mijà de la equació | del sol e del argument de la latitud, pren. |

[67] E muntiplica cascú de aquells dos sobre | lo nombre de les revolucions íntegres que | són passades; e ço que muntarà affig-ho sobre | lo loch del sol e argument de latitud que has | guardats, cascú ab se spècia, ço és, la equa | ció del sol sobre lo loch del sol, e la equació | del argument de la latitud sobre l'argument | de la latitud.

[68] E ço que exirà és lo loch verta | der del sol e argument de la latitud en lo | punt de aquella conjuncció ho oposició que | demanes.

[69] E per lo loch del sol sabràs lo loch | de la luna, segons és dit.

[70] E si lo nombre dels | dies del mes, ho lo nombre dels minuts | de la equació que has, no.l trobaras en a |

## f. 60r

quella taula, hans cau en mig de dues | tires, sàpies la equació al nombre menor | que ell ha dels dies ho dels minuts, lo pus | prop d'ell que.s trobarà en la taula, e al nom | bra meyor que ell pus prop.

revolutionum integrarum transactarum per IIII et per quemlibet periodum de IIII revolutionibus, que sunt CXXIII anni, adde super dies mensis solaris servati, quem habes, IX dies et per quamlibet revolutionem remanentem, que non dividitur per IIII, adde super dies mensis, scilicet per unam revolutionem duo vel tres, et per duas revolutiones adde IIII dies vel V, et per tres revolutiones adde VI vel VII dies, secundum quod invenies scriptum in tabulis in principio anni in quo es, quia ibi est scripta additio que pertinet diebus mensis illius anni, secundum numerum revolutionum integrarum preteritarum superantium super periodos completos, [63] et illud quod sit post istam additionem est dies mensis solaris in quo erit coniunctio seu oppositio illa.

[64] Post hec, scies locum verum solis et argumentum latitudinis tempore coniunctionis seu oppositionis illius hoc modo:

[65] accipe diem mediam inter diem mensis servati et diem mensis in quo est coniunctio seu oppositio revolutionis in qua es, scilicet que dividit differentiam que est inter eos ad medietates,

[66] et intra cum eo et cum numero minorum equationis illius coniunctionis seu oppositionis in tabulas equationum loci

f. 50v

solis et argumenti latitudinis in ceteris revolutionibus, et illud quod invenies ibi in linea minorum equationis in directo diei medie de equatione solis et argumento latitudinis, accipe,

[67] et multiplica quodlibet amborum per numerum revolutionum integrarum transactarum, et illud quod perveniet adde super locum solis et argumentum latitudinis servatarum quolibet suo simili, scilicet equationem solis super locum solis, et equationem argumenti super argumentum,

[68] et illud quod perveniet est locus verus solis et argumentum latitudinis tempore illius coniunctionis seu oppositionis locum quem vis scire,

[69] et sciendo locum solis scitur locus lune, sicut dictum est.

[70] Et si numerus dierum mensis vel numerus minorum equationis quos habes non inveniuntur in tabula illa, sed cadunt inter duas lineas, scies equationem numeri minoris illo de diebus et minutis qui numerus minor sit propinquior illi qui est scriptum in tabula, et numeri maioris eo propinquioris,

[71] E de la differèn | cia que és entre abdós ells de la equa | ció, pendràs segons la proporció del crexime | nt del nombre dels dies ho dels minuts | que has sobre lo nombre menor a la differèn | cia que és entre lo nombre menor e major | de dies ho de minuts.

[72] E affegir-ho has sobre | la equació que has trobada aquí en dret lo | nombre menor, si la sua equació és menor | que la equació del nombre major, ho minvar- | ho has, si la sua equació és major que la e | quació del nombre major.

[73] E ço que muntarà | és la equació que s pertany al nombre dels di | es ho mi-  
nuta que has, e per aquesta manera | en semblant cas de açò de les altres taules. |

[74] E sàpies que aquest borda que t he dit bas | tarà entrò a .d.xxvii. anys del començ | de la rayl de les taules, que és hun peryo | dus gran de .xvii. revolucions éntegres. |

[75] Emperò après que seran passades .xvii. re | volucions éntegras, lavors deus traure |

f.60v

los temps ho hores de les conjuncions e oposi | cions veres per tots los anys de la .xviii<sup>a</sup>. revo | lucions, en dies del mes e de la sepmane | e horas e minuts e loch del sol e argument | de latitud en aquells, de hun en hun, per | la forma pressedent.

[76] E scriu-los sobre les tau | les segonas per semblant borda mateix que | és estada hordonada la primera revolució en | aquestes taules.

[77] E la conjunció e oposició | que cau primera en lo mes de març, en lo | començ de la revolució .xviii<sup>a</sup>., scriu primerame | nt; e après, aquellas qui segueixen a | aquella per borda, segons que t exiran per | compte.

[78] E mudaràs l'horda de les equa | cions en aquella revolució del borda que | han en la revolució primera que és en a | questes taules; ço és, que la equació | que és trobada en aquestes taules | primeras en l'any de .xxviii., que és | .xxxii.iiii., scriu primera en aquella | revolució .xviii<sup>a</sup>. en dret la conjunció ho | oposició que cau primera en març, començ | del primer any de aquella revolució, | e aquella serà la sua equació.

[79] E la equació |

f. 61r

segona del any .xxviii., que és .xxi.vii., scriu | segona en aquella, e en aquella serà la equa | ció a la conjunció ho opposició segona del primer | any de aquella revolució.

[80] E sots aquella | scriu .xxxvi.xi. e, après, aquellas que se | gueixen aquella per borda fins a la equa | ció derrera del any .xxxii., que és .xvii.iii.; | e lavors tornaràs al cap de la revolució | primera.



[71] et de differentia que est inter eos de equatione, accipe secundum proportionem superfluitatis numeri dierum vel minorum quem habes super numerum minorem ad differentiam que est inter numerum maiorem et minorem de diebus vel minutis,

[72] et adde illud super equationem que est ibi in directo numeri minoris, si equatio eius sit minor equatione numeri maioris, vel subtrae illud si equatio eius additur super equationem numeri maioris,

[73] et illud quod perveniet est equatio que pertinet numero dierum vel minorum quem habes: Et simili modo uteris in similibus casibus ceterarum tabularum.

[74] Et scias quod iste ordo, quem dixi tibi, sufficiet usque ad 527 annos a principio radices tabularum, qui sunt unus periodus magnus de XVII revolutionibus integris.

[75] Sed post lapsum XVII revolutionum debes trahere tempora coniunctionum et oppositionum verarum per omnes annos revolutionis XVIII in diebus mensis et septimana et horis et minutis et in loco solis et argumento latitudinis singillatim modo predicto,

[76] et scribe ea in tabulis secundis eodem ordine quo est prima revolutio istarum tabularum,

[77] et coniunctionem seu oppositionem que pervenit primo in mense martii principii revolutionis XVIII scribe primo et postea que sequitur ipsam per ordinem sicut pervenient ibi in calculatione

[78] et muta ordinem equationum illius revolutionis ab ordine revolutionis prime istarum tabularum et hoc quod equationem que est in istis tabulis primi anni 28 que est 32.4. scribe primam in illa revolutione 18 in directo illius coniunctionis seu oppositionis que pervenit primo in mense martii principii anni primi illius revolutionis et erit eius equatio;

[79] equationem, vero, secundam anni 28, que est 21 et 7, scribe secundam et erit equatio coniunctionis seu oppositionis secunde anni primi illius revolutionis,

[80] et sub ea scribe 36.11. et postea que sequitur ipsam per ordinem usque ad equationem ultimam anni 31, que est 17 et 3, et tunc reverteris in principio revolutionis prime

[81] E la equació primera de aquella, que | és .xxxii.xii., scriu dejús .xvii.iii., e aprés | .xxi.i., e aprés .xxxvi.vii., entrò sien com | plides totas les equacions per los anys de | aquella revolució .xviii<sup>a</sup>., que és la primera | revolució del peryodus gran segon.

[82] E servirà | aquella revolució .xviii<sup>a</sup>. entrò altres .xvii. | revolucions així con la primera, e aquella | serà a aquellas principi e rayl a comptar ab | aquella les conjuncions e oposicions ca | bents en aquellas, per la manera de les pri | meras revolucions pressedents a aquella | ab la primera revolució, per la forma pressede | nt.

[83] E passades altres .xvii. revolucions que | són en lo peryodus segon, eqaràs la revolució | .xviii<sup>a</sup>. a aquella que és cap del peryodus terç, |

f. 61v

ab la revolució .xviii<sup>a</sup>., que és cap del peryo | dus segon, e servir t'à aquella revolució .xviii<sup>a</sup>., | que és cap del peryodus segon, per equar ab aquel | la la revolució primera del peryodus terç, en | loch de la primera revolució ab què has e | quat la primera veolució del peryodus segon, | e per aquest borda faràs sovint.

[84] Emperò guar | de't en la primera equació del any .xxviii., que.t | be manat hordonar primera en la revo | lució .xviii<sup>a</sup>. que sie la hora de la conjuncció | ho oposició, que aquella és la sua equació en | la primera revolució primera en temps e | en nombre del dia del mes .vii. dies, ho entorn | de aquells, sobre lo nombre dels dies del mes | en què serà la conjuncció ho oposició primera | de la revolució .xviii<sup>a</sup>.

[85] E per açò s'esdevendrà | aveguades que hauràs a pendre la equa | cció prescedent a aquella que és la derrera | del any .xxvii., e aquella serà escrita primera | en lo borda de les equacions en aquella re | volució.

[86] E aprés, la equació primera del | any .xxviii., e dejús aquella, la que és .ii<sup>a</sup>. | en aquella per la forma prescedent.

[87] E com volr | ràs avertir en açó, trobaràs que la divers | sitat que és entre la equació primera del hun peryodus |

f. 62r

e entre la equació primera del segon en aquell | no és jamás més de dos minuts ho tres quasi. |

[88] E així matex en la equació segona del hun | peryodus ab la equació segona del peryodus segon | a aquell, e açò te endressarà, que no erraràs, | e.t mostrarà quina equació deu ésser posada pri | mera en lo començ de les revolucions que són los | peryodus majors.

[89] Emperò la causa per la qual la | equació hordonada no basta ni serveix sinó a | .xvii. revolucions, abans és necessari mudar | la sua quantitat aprés

[81] et equationem primam eius, que est 32 et 12, l scribe sub 17 et 3, et demum 21 et 1, deinde 36 et 7, usque quo l

f. 51r

compleantur omnes equationes annorum illius revolutionis 18, que est revolutio prima periodi magni l secundi.

[82] Et deserviet illa revolutio 18 usque ad 17 alias revolutiones sicut prius, et l ipsa erit principium et radix ad calculandum coniunctiones et oppositiones pervenientes in eis, l sicut sunt revolutiones prime precedentes ipsam cum revolutione prima modo predicto. l

[83] Et post lapsum 17 revolutionum aliarum, que sunt periodus secundus adequabis revolutio 18, que est principium periodi tertii, cum revolutione 18, que est principium periodi secundi, l et illa revolutio 18, que est principium periodi secundi, tenebit locum adequandi cum ea l revolutionem primam periodi tertii loco revolutionis prime cum adequastis revolutio 18, que est principium periodi secundi, et per istum ordinem facies semper.

[84] Atamen, caveas de l equatione prima anni 28, de qua dixi tibi ordinare primam in revolutione 18, quod tempus l coniunctionis seu oppositionis, cuius est equatio in revolutione prima, precedat tempore in l numero dierum mensis per 7 dies vel prope numerum dierum mensis in quo est coniunctio seu l oppositio prima revolutione 18.

[85] Et propter hoc accidet tibi quod interdum oportebit ac l cipere equationem precedentem, que est ultima anni 17<sup>3</sup>, et ipsa scribetur primo in ordine l equationum illius revolutionis.

[86] Deinde est equatio prima anni 28, deinde l secunda, secundum modum predictum.

[87] Et cum intellexeris hoc, invenies que diversitas que l est inter equationem primam unius periodi et equationem primam secundi periodi, nunquam est l plus duobus minutis vel tribus fere,

[88] et similiter equatio secunda illius periodi cum equatione l secunda secundi periodi, et hoc diriget te ut non erres; et intelliges que equatio debet l poni prima in principio revolutionum, que sunt principia periodorum magnorum.

[89] Causa l ymo qua equatio ordinata non suficit nec deservit nisi 17 revolutionibus, vero l est necessarium mutare quantitatem eius post tempus

---

<sup>3</sup> En lloc de 27.

lo dit temps, és per al | gna diversitat que és la quantitat de la equa | ció per la mutació del sol de son loch e lo loch | de la luna del moviment del argument, | sinó que aquesta diversitat és poca e in | censsible dins lo temps del hun peryodus.

[90] Mas | en lo cap de la .xviii<sup>a</sup>. revolució, que és lo co | mens del peryodus segon, és necessari mudar la | equació e pendra en loch de aquella la equa | ció que és bordonada en la conjuncció ho o | posició en la qual serà lo loch del sol en lo | zodiach, e la sua proporció al seu aug, e lo | loch de la luna del moviment del argument | en similitud del loch en què seran en la conjunc | ció ho opposició primera de la revolució .xviii<sup>a</sup>. |

[91] E com serà així, és de necessari que baja tal |

f.62v

dret en la equació com ha lo semblant d'ell | e la equació deu ésser egual ab dos ells, e per a | questa manera en tots los qui .s segueixen | après, cascun ab son par.

[92] E sàpies que | los dies qui són en la taula de les equacio(n)s del | loch del sol e argument de latitud se empenyen | hun dia en .lxvi. anys, ço és que après .lxvi. | anys de la rayl de les taulas la equació scri | ta en dret .i. de març serà .ii. de març; e | aquella que és de .xvi. de març serà lavors | de .xvii. de març.

[93] E per açò minvaràs del nom | bra dels dies del mes que has hun dia per cascun | .lxvi. anys que sien passats del començ de .m. | .ccc.lxi.; e ab lo restant entra en aquesta tau | la per saber les equacions del loch del sol e | argument de latitud, segons és dit, e en aques | ta manera usaràs entrò a .xvii. revolucions. |

[94] Emperò com volràs equar la revolució .xviii<sup>a</sup>. |, mudaràs lo nombre dels dies dels mesos en | aquesta taula e scriuràs aquells ab enadime | nt de .viii. dies; e en la línia primera de la | taula en loch de .i. de març scriu .viii. de | març, e en la línia segona en loch de .xvi. | de març scriu .xxiii. de març, e així en tots. |

[95] E en les revolucions del peryodus aquest |

f.63r

segon faràs per la manera pressedent; e com volràs | equar la primera revolució del peryodus terç, | affegiràs-bi més altres .viii. dies e així a | infinit.

[96] E si volràs saber lo temps de algu | na conjuncció ho opposició vera del temps pas | sat prescedent a la rayl de les taules, leva lo | nombre de aquells anys ab l'any que vols de | .m.ccclx. e lo restant parteix per .xxxii. |, que són anys de .i. revolució; e ço que no .s | partirà per .xxxii. minve .u de .xxxii.; e ab lo | restant entre en lo nombre dels anys de a | questes taules e trobaràs en

predictum, est propter aliquam diversitatem que pervenit in quantitate equationis, eo quia locus solis et lune mutantur in motu argumenti, nisi quia ista diversitas est parva et insensibilis intra tempus unius periodi.

[90] Sed in principio revolutionis 18, que est principium periodi secundi, oportet mutare equationem et accipere loco eius equationem inventam ordinatam in aliqua coniunctione seu oppositione, in qua locus solis in circulo signorum et proportio eius ad augem suam et locus lune de motu argumenti sint in eodem loco in quo erant in coniunctione seu oppositione prima, que est prima in revolutione 18.

[91] Et postquam ita est, oportet quod iudicium in equatione sit idem iudicium simile sibi, et equatio sit equalis ambabus. Et idem iudicium est in omnibus sequentibus post in qualibet cum suo simili.

[92] Et scias quod dies tabule equationum loci solis et argumenti latitudinis crescunt seu transeunt per unam diem in LXVI annis fere, scilicet quod tempore lapso LXVI annorum post radicem tabularum equatio scripta in directo unius martii erit de secunda martii, et illa que est 16 martii erit tunc 17 martii;

[93] et ideo substrahes a numero dierum mensis quos habes unam diem per quoslibet

f. 51v

LXVI annos transactos a principio 1361; et cum residuo intra istam tabulam ad sciendum equationem loci solis et argumenti latitudinis sicut precedit sic uteris usque ad 17 revolutiones.

[94] Quando vero volueris adquare revolutionem 18, mutabis numerum dierum mensium istius tabule et scribes eos addendo octo dies, et in linea prima tabule loco primo martii scribes 9 martii, et in linea II<sup>a</sup>, loco 16 martii, scribes 24 martii, et sic de omnibus aliis.

[95] Et in revolutione periodi secundi facies etiam modo predicto; et cum equabis revolutionem prima[m] tertii periodi, addes etiam octo dies alios et sic ad infinitum.

[96] Et si volueris scire tempus cuiuslibet coniunctionis seu oppositionis vere temporis preteriti quod fuit ante radicem tabularum, subtrahe numerum istorum annorum cum anno quem queris ab illis 1360, et residuum divide per 31, qui sunt anni unius revolutionis et illud quod non dividitur per 31, subtrahe ab illis 31, et cum residuo ingredere numerum istarum

aquell any la | conjuncció ho oposició del mes que dema | nes; e sobre ço que y trobas dels dies de la | setmana, afig .i. dia per cascuna revolució. |

[97] E així mateix doblaràs la equació de | aquella conjuncció ho oposició sobre lo nom | bre de les revolucions, e ço que muntarà | de la duplicació afig- ho sobre les horas e | minuts que has trobat aquí en la taula; | e eixir t'ã lo dia de la setmana en què fou | aquella conjuncció ho oposició e nombre de les | ores e minuts après lo mig de aquell jorn. |

[98] E en los nombre de les revolucions com |

f. 63v

teràs ço que roman que no és partit sobre .xxxi., | així com si hera revolució íntegra a totes les co | ses que volrràs saber del temps pressedent a la | rayl.

[99] Minvaràs dels dies del mes que troba | ràs aquí, per cascun peryodus de .iiii. revolucions, | .viii. dies; e per .i<sup>a</sup>. revolució que resta sobre | los peryodus de .iiii. en .iiii. revolucions, minva | ràs dos ho .iii. dies; e per dues revolucions .iiii. | ho .v.; e per .iii. revolucions .vi. ho .vii., així | com te ensenyarà les letres de la línia so | birana de les tres línia que són en lo cap | de aquell any, segons lo nombre de les revo | lucions que hauràs soberch sobre los peryodus | de .iiii. revolucions.

[100] E lo restant dels dies del mes | après aquest minvament aquell és lo dia del | mes solar en què fou aquella conjuncció ho o | posició.

[101] E generalment te regiràs en lo te | mps abans de la rayl per lo contrari del re | giment en lo temps que és après la ra | yl; ço és que en loch de aminvar, afegiràs, | e en loch de affegir, minvaràs, en quina | cosa que vullas saber, si del temps de la conjunc | ció e oposició, si de saber lo loch del sol e | argument de latitud. |

f. 64r

[102] Lo segon capítol en lo qual serà decla | rat lo compte del eclípci solar e lunar. |

[103] Abans que declarar lo opinat en aquest | capítol, notificaré lo fet de les taules que | són fundades en la sua declaració, e són | tres.

[104] La primera és la taula de la diversitat | del sguart en longitud e en latitud en aquest | orizon, en lo qual ha lo pol de altitud .xlii. | .xxx.m; e als altres orizons distants de a | quest quantitat censsible és necessari haver- | ne huna altre bordonada així com ella, e pot- | se aconseguir leugerament per los experts | en aquesta sciència.

[105] E en la latitud de aquesta | taula són bordonats los mesos del any en .xii. | tiras, e és scrit en lo cap de cascuna tira lo | dia del mes solar sobre lo qual és bordona | da, e és lo dia del entrament del sol en los sig | nes proprin- cament.

tabularum et inuenies in illo anno coniunctionem seu oppositionem mensis quem queris; adde super illud quod inuenitur ibi de diebus septimane unam diem per quamlibet revolutionem.

[97] Et similiter multiplica equationem illius coniunctionis seu oppositionis per numerum revolutionum et illud quod perueniet adde super horam et minuta que sunt ibi in tabula; et perueniet tibi dies septimane in quo fuit coniunctio seu oppositio et numerus horarum et minutorum post illius meridiem.

[98] In numero revolutionum calculabis illud quod remanet, quod non dividitur per 31, ac si esset reuolutio integra ad omnia que vis scire de tempore quid est ante radicem tabule.

[99] Subtrahe a diebus mensis, que sunt in tabula, per quemlibet periodi qui est de IIII reuolutionibus IX dies; et per unam revolutionem superantem super periodos qui sunt de IIII reuolutionibus subtrahe duos dies vel tres, et per duas revolutiones subtrahe III vel V, et per tres revolutiones VI vel VII sicut ostendent tibi littere spatii superioris de tribus spatiis qui sunt in principio illius anni, secundum numerum revolutionum que superant super periodos IIII revolutionum.

[100] Et illud quod remanet de diebus mensis post istam subtractionem est dies mensis solaris in quo fuit coniunctio seu oppositio illa.

[101] Et in summa uteris in tempore quod est ante radicem tabule, per contrarium usus quo uteris in tempore quod est post radicem, scilicet quod in loco subtractionis addes, et in loco additionis subtrahe in quocumque tempore vis scire sive de tempora coniunctionis seu oppositionis, sive de loco solis et argumenti latitudinis.

[102] Sequitur secunda pars huius operis; de calculatione eclipsis solis et lune in tabulis.

[103] Et antequam exponam intentum huius partis, notificabo tabulas fundatas in declaratione huius que sunt tres,

[104] quarum prima est tabula diversitatis aspectus in longitudine et latitudine in hoc horizonte, cuius latitudo seu altitudo poli est XLII graduum et XXX minutorum. Et in ceteris horizontibus distantibus ab isto quantitate sensibili oportet quod sit tabula alia ordinata similis isti que habetur faciliter a scientibus istam scientiam.

[105] Et in latitudine tabule sunt ordinati menses anni in XII spatiis, et in principio cuiuslibet spatii scribitur dies mensis solaris super quem est ordinata illa diversitas, que est dies ingressus solis in signis fere.

[106] E en la longitud de la tau \la és scrit, en cascuna tira de aquellas, primera \ment les horas de aquell dia devant mig \jorn, e après aquell, bordonades de buna en .i<sup>a</sup>., \ entre la fi del nombre de les horas de aquell \ mig jorn e minut de aquelles.

[107] E devant \ cascuna hora en aquella tira és nombre \ de horas e minuts, e és ço que munta de la \

f. 64v

diversitat de longitud a aquella hora, com és \ pertit sobre la velocitat mijana de la luna per ho \ra, car la proprinquïtat que és en açò, per tal com \ la sua quantitat no és egual sovint, no dampni \fica en lo compte.

[108] E après aquell és la diverssi \tat de latitud en aquella hora en minuts e se \gons.

[109] E sàpies que lo nombre dels dies del \ mes que són en aquesta taula minva .i. dia \ per cascuns .cxx. anys; ço és, que après pas \sats .cxx. anys de la rayl, se deu scriura en \ la tira primera, en loch de .xii. de març, .xi. \ de març; e en la tira segona, en loch de .xi. \ de abril, se deu scriura .x. d'ebri, e així a to \ts, e per lo contrari en los anys abans de la \ rayl.

[110] E la taula segona és taula de aclip \ci del sol en la distància mijana; e en la \ latitud de la taula són bordonats, en los caps \ de les tiras, los nombres del argument de la \ latitud, com aquell cau en terme de aclipsi, \ en signes, graus e minuts, de mig en mig \ grau, si septentrional si meridional. \

[111] E en la longitud de la taula són bordonats, \ en la primera tira, los minuts de la divers \sitat de la latitud meridional, anants de .iii. \

f. 65r

en .iii., de .vi. entrò a .li., per tal com los orizo \ns que és lur latitud de .xxx. entrò .xlviii., \ que és lo principal del poblat, no passa en aquells \ la quantitat de la diverssi \tat de la latitud aquells tēr \ mens a creiximent ho a minvament.

[112] E endret \ abdós trobaràs lo nombre dels dits aclipsis del \ diàmetra del sol e minuts de aquells.

[113] E \ après aquell, en aquella línia és la mey \tat de la quantitat del temps del aclipsi e \ és nombre dels minuts de la hora qui són del \ començ del aclipsi entrò al mig, ho del mig \ entrò a la fi.

[114] E per tal com no.s són unides les \ oppinions dels antichs en la causa de la diverssi \tat del eclipsi en temps e en quantitat, si és per di \verssi \tat del loch del sol del seu escèntrich ho \ per diverssi \tat del loch de la luna del moviment \ del argument, no és necessari haver sguart \ en la sua equació per aquesta part, nores me \yns com lo més de les veguades la proprinquïtat \ és fort pocha.



[106] Et in longitudine tabule scribuntur in quolibet spatio hore illius diei ante meridiem primo; et post sunt ordinate hore singillatim usque ad finem

f. 52r

numeri et minutorum.

[107] Et in directo cuiuslibet hore in eodem spatio est numerus horarum et minutorum que proveniunt ex diversitate longitudinis in illa hora, quando dividitur per cursum lune medium in illa hora, quia propinquitas que est in hoc, eo quia quantitas eius non est equalis semper, non nocet in calculatione.

[108] Et postea est diversitas latitudinis illius hore in minutis et secundis.

[109] Et scias quod numerus dierum mensis istius tabule diminuitur per unam diem per quoslibet CXX annos, scilicet quod post lapsum CXX annorum a radice tabule debet scribi in spatio primo loco 12 martii, 11 martii, et in spatio secundo loco 11 aprilis debet scribi 10 aprilis, et sic de aliis. Et contrarium huius est in annis que sunt ante radicem.

[110] Tabula vero secunda est tabula eclipsis solis in longitudine seu distancia media et in latitudine tabule in principiis spatiorum sunt ordinati numeri argumenti latitudinis in duobus regulis dum cadat in terminis eclipsis, et hoc in signis et gradibus et minutis de medio gradus in medium gradus, sive sit septentrionale sive meridionale.

[111] Et in longitudine tabule in spatio primo sunt ordinata minuta diversitatis latitudinis meridionalis precedentia terminatim de 6 usque ad 51, quia in orizontibus quorum latitudo est de 31 gradibus usque ad 48, qui sunt maior pars habitabilis, non transit quantitas diversitatis latitudinis illos terminos sive ad addendum sive ad diminuendum.

[112] Et in directo amborum invenies numerum digitorum eclipsantium et minutorum de diametro solis, scriptum colore nigro.

[113] Et post in illa regula est scripta medietas quantitatis temporis eclipsis, colore rubeo, que est numerus minutorum hore que sunt a principio eclipsis usque ad medium vel a medio usque ad finem.

[114] Et quia opiniones antiquorum non sunt eodem supra causam diversitatis eclipsis in tempore et quantitate, si sit propter diversitatem loci solis de ecentrico, vel propter diversitatem loci lune de motu argumenti, ideo non est curandum de equatione eius ex ista parte et etiam quia in maiori parte propinquitas est modica.

[115] La taula terça és taula de eclips | ci de la luna en la distància mijana; e és parti | da en latitud a .v. tiras; la tira primera | e segona és escrit en lo cap de aquella lo nom | bre dels signes del argument que és en lo terme | del eclipsi.

[116] E dejús aquell, en longitud de las |

f. 65v

tiras, són los graus e los minuts, de mig en mig | grau.

[117] E en dret cascun nombre de aquells és | escrit en la tira terça lo nombre dels dits eclipsants | del diàmetra de la luna, e minuts de aquells. |

[118] E après en la tira quarta, és la meytat de la quanti | tat del temps del eclipsi totalment, e és nombre | de horas e minuts que és del començ del eclipsi | si entrò a la mijania e de la mijania entrò a | la fi.

[119] E après en la tira quinta, és la meytat de la | quantitat del temps de la tenebrositat, e és nombre | de minuts de hora qui són del començ del ésser | cuberta tota la luna en tenebrositat entrò lo | mig del eclipsi, ho del mig del eclipsi entrò que.s | comença la luna a descobrir de la tenebrositat. |

[120] Com volràs encercar sobre lo temps del | aclipse solar e quantitat de aquell, sàpies | primerament lo temps de la conjunció vera | e lo loch del sol e argument de latitud de latitud en aquel | la.

[121] E si hauràs trobat lo argument de la la | titud que caygué dins los térmens del eclipsi | ci del sol segons la distància mijana, que són | de .v.xii.lii. entrò .vi.iiii.xlvi. ho de | .xi.xxv.xiiii. entrò .o.xvii.viii., no.s pot | fer que no aclipse lavors lo sol en qualque | bun dels orizons que és lur latitud de | .xxxi. grau entrò .xlviiii.

[122] Mas si bix de |

f. 66r

aquests térmens no eclipsarà.

[123] Après de açò serca | ràs si serà vist lo eclipsi en aquell orizon, sa | bent lo nombre de les horas del mig jorn del | mes en lo qual cau aquella conjuncció ab la | taula de la diversssitat del esguart.

[124] E si la distància | del temps de la conjuncció de mig jorn devant | ho detràs és egual al nombre de les horas de a | quell mig jorn ho major que aquell, no.t cal | treballar en comptar lo eclipsi, car aquell cau | de nit en aquell orizon; e si és menys, és pos | sible que.s veige de aquell tot ho partida.

[125] Pren<sup>l</sup> les horas de la distància de la conjuncció de | mig jorn e minva aquellas de les horas del | mig jorn si la conjuncció és abans de mig | jorn, ho ajusta-les a aquellas si és après.

[126] E | ço que muntarà après los ajustament ho minva | ment són horas de la conjuncció après lo exi | ment del sol.

[127] Entra en la taula de la diverssi | tat del sguart ab les horas de la distància | de la conjuncció de mig jorn en lo nombre de | les horas que són

[115] Tabula vero tertial est tabula eclipsis lune in longitudine media que dividitur in latitudine in quinquel spatiis. In principio primi et secundi spatii scribitur numerus signorum argumenti que sunt in termino eclipsis,

[116] et sub eis longitudine spatiorum sunt gradus et minuta de medietate gradus.

[117] Et in directo cuiuslibet numeri in spatio tertio scribitur numerus digitorum eclipsatorum de diametro lune et minorum.

[118] Et post in spatio quarto scribitur medietas quantitatis temporis totius eclipsis, que est numerus horarum et minorum que sunt a principio eclipsis usque ad medium vel a medio usque ad finem.

[119] Et post in spatio V est medietas quantitatis temporis tenebrarum,

f. 52v

que est numerus minorum hore que sunt a principio tenebrarum lune usque ad medium eclipsis et etiam de medio eclipsis usque ad principium apparitionis lune a tenebrarum.

De eclipsis solis.

[120] Cum volueris scire tempus eclipsis solis et quantitatem eiusdem eclipsis, scias primo coniunctionem veram et locum solis et argumentum latitudinis.

[121] Et si invenieris quod argumentum latitudinis cadat infra terminos eclipsis solis secundum longitudinem mediam, qui quidem termini sunt de .5.12.52. usque ad .6.4.46. vel de .11.25.14. usque ad .0.17.8., tunc impossibile est quod non eclipsetur in aliquo orizontium quorum latitudo est de 31 gradibus usque ad 48.

[122] Et si exiat istos terminos non eclipsabitur.

[123] Et postea quere si videbitur eclipsis in illo orizonte et hoc sciendo numerum horarum medietatis diei mensis in quo est illa coniunctio cum tabula diversitatis aspectus.

[124] Et si distantia temporis coniunctionis a meridie ante vel post est equalis numero horarum medietatis illius diei vel maior, non labores ad calculandum eclipsim eo quia est in nocte et in illo orizonte, et si fuerit minor possibile est videri illam eclipsim totam vel partem eius.

[125] Accipe horas distantie coniunctionis a meridie et subtrahere eas ab horis meridiei si coniunctio est ante meridiem, vel adde eas cum eis si fuerit post,

[126] et illud quod sit post additionem seu subtractionem sunt hore coniunctionis post ortum solis.

[127] Ingredere tabulam diversitatis aspectus cum horis distantie coniunctionis a meridie in numero horarum que sunt ante meridiem illius diei, si

*devant aquell mig jorn. | si la conjuncció és abans de mig jorn; e si | és après, entra en aquella en les horas que | són après mig jorn.*

[128] *E sàpies la quantitat |*

*f. 66v*

*de la diversitat de longitud a aquella hora | e minvaràs aquella de les horas de la conjunc | ció, si cau abans del mig del cel, ho affegiràs | aquella sobre aquellas, si és après lo mig | del cel; e ço que exirà són apellades bores | de la conjuncció les primeras après lo exime | nt del sol.*

[129] *E vull dir, com dich "mig cel". | lo çercle qui és senyalat sobre los pols del | zodiach e sobre lo cenit del cap qui talla | la meytat del zodiach, qui és sobre lo ori | zon, a mijes e sobre angle dret.*

[130] *E com és la | luna ho qual se vulla altre planeta en | aquesta roda, no ha jens diversitat de longi | tud; e és trobat aquest temps en torn mig | jorn, abans ho après bun poch; e és senya | lat en dret aquell en la taula de la diverssi | tat del sguart en la tira de diversitat de | longitud .o.o., sinó com lo sol és en lo | cap de càncer e de capricorn, que lavors és | en lo punct del mig jorn matex, així com veuràs en la taula.*

[131] *Sàpies la distància de | les horas de la conjuncció primeras de mig jorn | e entra ab aquella en la taula de la divers | sitat del esguart; e pren la diverssitat de |*

*f. 67r*

*longitud que trobaràs en aquella hora e | minvaràs aquella de les horas de la conjuncció, si | és abans del mig del cel, ho afegiràs aquel | la sobre aquellas; e ço que exirà són appel | lades horas de la conjuncció les segonas. |*

[132] *Sàpies llur distància de mig jorn e entra | ab aquella en la taula de la diverssitat del | esguart e pren la quantitat de la diverssitat de | longitud a aquella hora e minva aquella | de les horas de la conjuncció, si és abans del | mig del cel, ho affig aquella sobre aquells; | e ço que exirà són horas de la conjuncció visi | bla après lo sol exit, e aquella és la hora | del mig del aclipsi.*

[133] *E pots venir en certe | nitat del temps del mig del aclipsi per altre | manera, ço és, que sàpies les horas de la | conjuncció les primeras, segons és dit, e guarda | en la diverssitat de longitud de aquella hora; | e si és igual a la diverssitat primera ho molt | proprinca a aquella, no .t cal fer altre compte, | car aquellas horas primeras són les horas | del mig del eclipsi <sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> Manquen tres fràses, dues de les quals es troben en un altre manuscrit català, ms. 39, Biblioteca de Catalunya (Barcelona), f. 12v:

[134] *E si no seran iguals, enadeix sobre les bores primeres, o sostrau, segons que .t serà vejares, la qual diversitat de la longitut de aquell temps sia aytal quantitat com si .u avistaven tot sobre les bores de la conjuncció, o la aminrasen d'ella, que sia allò que pervendrà igual a les bores primeres de la conjuncció ab aquella addició o substracció.*

coiunctio | fuerit ante meridiem, et si fuerit post, ingredere cum eo in horis que sunt post meridiem.

[128] Et scias quantitatem diversitatis longitudinis ad illud tempus, substrahe eam ab horis coniunctionis, si sit ante medium celi, vel adde eam super eos si fuerit post | medium celi, et illud quod perveniet vocatur hore coniunctionis prime post ortum | solis.

[129] Et cum dico medium celi in isto loco volo dicere circulum designatum | super polos circuli signorum et supra cenit capitis ad angulum rectum qui secat | medietatem circuli signorum que est supra orizontem ad medietates.

[130] Et dum luna | seu alia stella sit in ipso circulo non habet diversitatem longitudinis in aliquo, et | est istud tempus circa meridiem ante vel post modicum. Et sunt signate in directo eius in tabula diversitatis aspectus in spatio diversitatis longitudinis .0.0. | preter quando sol est in capite cancri et capricorni, quia tunc est in puncto meridiei, | sicut videbis in tabula.

[131] Item scias distantiam horarum coniunctionis primarum | a meridie et ingredere cum ea in tabula diversitatis aspectus, et accipe diversitatem longitudinis illius hore, substrahe ipsam ab horis coniunctionis prime post | ortum solis, si sit ante medium celi, vel adde eam si fuerit post, et illud quod perveniet vocatur hore coniunctionis secunde.

[132] Item scias distantiam earum a meridie et ingredere cum ea tabulam diversitatis aspectus. Et accipe quantitatem diversitatis | longitudinis illius temporis et substrahe eam ab horis coniunctionis, si sit ante medium | celi, vel adde eam si fuerit post, et illud quod perveniet sunt hore coniunctionis |

f. 53r

visibilis post ortum et est tempus medii eclipsis.

[133] Et sic pervenies ad scientiam temporis | medii eclipsis alio modo, et hoc sciendo horas coniunctionis primas sicut precessit. | Et vide diversitatem longitudinis illius temporis, et si sit equalis diversitati prime | vel propinqua ei valde, non oportet calculare amplius, quia hore prime ille | sunt hore medii eclipsis.

[134] Et si non sit equalis, adde super horas primas | vel substrahe secundum quod videbitur tibi, modo quo diversitas longitudinis illius temporis sit | talis quantitatis quod cum agregaverimus eam super horas coiunctionis vel subtraxerimus | eas ab eis sit illud quos perveniet equale horis coniunctionis primis cum illa ad | ditione vel subtractione.

[135] E cum habueris hoc erit illud tempus, scilicet ille hore prime | post additionem seu subtractionem hore medii eclipsis.

[136] Item scias distantiam | temporis medii eclipsis a meridie e ingredere cum ea tabulam diversitatis aspectus, |

[137] Sápies la quantitat de | la diversssitat de latitud en aquella ho | ra ab la taula de la diversssitat del sguart |

f. 67v

e guarda aquella.

[138] Aprés açò pren, per cascuna | hora que sie entre lo mig del aclipsi e la ho | ra de la conjuncció, .xxxiii. minuts, que són | lo cos equal de la luna en buna hora proprinca | ment.<sup>2</sup>

[140] E ço que muntarà affig-ho sobre lo argu | ment de la latitud a la hora de la conjuncció vera | que ja sabs, si lo mig del aclipsi és aprés la | conjuncció vera, ho minvar-ho bas de aquella, | si lo mig del aclipsi és abans de la conjuncció | vera; e ço que exirà és lo argument de | latitud equat el mig del aclipsi.

[141] Cerca | sobre aquell en la taula del aclipsi del | sol en les tiras de argument de latitud e | pren ço que trobaràs en aquella tira en | dret los minuts de diversssitat de la latitud meri | dional que has guardat; e això serà lo nombre | dels dits del eclipsi e minuts de aquells, e | nombre de minuts de hora que és la meytat | de la quantitat del temps del aclipsi.

[142] E açò te | ensenyarà lo temps del començ del aclip | si e fi de aquell, ço és, com minvaràs lo nom | bre dels minuts de la hora de les horas del | mig del aclipsi, e ço que restarà és la hora | del començ del eclipsi; afig-ho sobre aquelles | e trobaràs la hora de la fi del eclipsi.

[143] E si |

f. 68r

no trobaràs en aquella tira en dret los mi | nuts de la diversssitat de latitud alguna cosa, sà | pies que no aclipsarà lo sol lavors en aquell | orizon.<sup>3</sup>

---

[135] E com bauràs açò, serà aquell temps, ço és aquelles hores primeres aprés de la addició o substracció les hores del mig eclipsi.

<sup>2</sup> Manca una frase. Al ms. 39, Biblioteca de Catalunya (Barcelona), f. 12v, s'hi llegeix:

[139] Car no diversificarà açò per lo cors de la luna divers en buna hora quantitat que noga a la calculació.

<sup>3</sup> Manquen dues frases i un títol. Al ms. 39 Biblioteca de Catalunya (Barcelona), f. 13r-v, s'hi llegeix:

[144] E en açò és alguna proprinquitat, car lo temps que és del començament del eclipsi solar tro al mig del temps de la conjuncció visible no és equal al temps qui és al mig de aquell tro a la fi, sinó quant la mitat del eclipsi és en lo punct del mig del cel, així com diu Geber, fill de Afli de Sebilía, en la fi de la 5ª distinció del seu Almagest; dix que, si era la luna en lo temps de tot l'eclipsi ans de migdia, lavors lo temps de la augmentació del eclipsi és menys temps de la disminució de aquell e, si serà aprés del mig del cel, serà per lo contrari e, si en lo mig del eclipsi serà la luna en lo punct del mig del cel, lavors seran dos temps equals.

[145] E reprèn Tholomeu, qui dix que, si lo temps del eclipsi serà en lo migdia, (f. 13v) lavors los dos temps foren equals, car açò no és ver sinó com l'ascendent és en lo punct de cap de Aries e de Libra, mas lo seny no comprèn açò en la major part del temps, per ço no curaren de açò alguns componedors de taules ne.s asubtiliaren de açò.

[137] et scias quantitatem diversitatis latitudinis illius temporis cum tabula diversitatis aspectus | et serva eam.

[138] Post hoc accipe per quamlibet horam que sit inter medium eclipsis et tempus | coiunctionis 33 minuta, que sunt cursus lune equalis in una hora fere,

[139] quia non | diversificatur hoc propter cursum lune diversum in una hora quantitate que noceat in cal | culatione.

[140] Et illud quod perveniet ex hoc adde super argumentum latitudinis ad tempus coiunctionis vere, quod iam scis, si medium eclipsis sit post coiunctionem veram vel subtrahe | illud ab eo, si medium eclipsis sit ante coiunctionem veram, et illud quod perveniet est argumentum | latitudinis adequatum ad medium eclipsis.

[141] Quere ipsum in tabula eclipsis solis in spatiis | argumenti latitudinis, et accipe illud quod est in spatio in directo minutorum diversitatis latitudinis | meridionalis quantum servasti, et illud erit numerus digitorum eclipsis et minutorum et | numerus minutorum hore que sunt medietas quantitatis temporis eclipsis.

[142] Et cum hoc | scies principium eclipsis et finem eius subtrahendo numerum minutorum hore ab horis | medii eclipsis et habebis tempus principii eclipsis, adde illud super eas et invenies | tempus finis eclipsis.

[143] Et si non inveneris illo spatio in directo diversitatis latitudinis | aliquid, scias quod non eclipsabitur sol tunc in illo orizonte.

[144] Et in hoc est aliqua propinquitas, | quia tempus quod est a principio eclipsis solaris usque ad medium, scilicet tempus coiunctionis visibilis, | non est equale tempori quod est a medio eius usque ad finem nisi quando medium eclipsis | est in puncto medii celi, sicut dixit Guabir ispalensis in fine dictionis quinte sui Al | magesti, ubi dixit quod si luna fuerit in tempore totius eclipsis ante meridiem, tunc | tempus argumentationis eclipsis est minus tempore diminutionis eius, et si fuerit post me | dium celi erit per contrarium, et si in medio eclipsis fuerit luna in puncto medii celi, | tunc erunt duo tempora equalia.

[145] Et reprehendit Ptolomeum cum dixit quod si tempus eclipsis | fuerit in meridie, tunc duo tempora erunt equalia; quia hoc non est verum nisi cum ascendens | est in puncto capitis arietis vel libre, sed sensus non comprehendit istam precisitatem | in maiori parte temporis, et ideo non curaverunt de ea aliqui componentium tabulas nec | subtiliaverunt se in hoc.

[146] De eclipsi lune. |

[147] E per saber lo temps del eclipsi lu\ nar e quantitat de aquell, compte primera\ ment la hora de la oposició vera e lo loch\ del sol en aquella e argument de latitud; e si lo\ argument de latitud caurà dins los tèrmens\ del aclipsi de la luna, que són de .v.xviii. | entrò .vi.xii. ho de .xi.xviii. entrò .o. | .xii., eclipserà la luna en aquella opo\ sició, mas si hix de aquests tèrmens no a\ clipsarà.

[148] E com serà en terme de aclipsi, ve\ jes si serà lo aclipsi nocturnal, en manera\ que sia vist en lo orizon hon tu est, la qual\ cosa és fort fàcil de saber, pus que sàpi\ es lo nombre de les hores que és la oposi\ ció après aquell mig jorn e lo nombre de les\ horas del mig jorn en què cau aquella oposi\ ció en aquell orizon, per la taula de la diverssi\ tat del esguart.

[149] E si és la oposició de nit\ o prop lo començ ho\ la fi, sàpies que lo aclip\ si se demostrarà tot ho partida.

[150] Min\ varàs lo nombre de les horas del mig\ jorn del nombre de les horas de la oposició\

f. 68v

après mig jorn, e lo restant és lo nombre\ de les horas que és la oposició après lo sol\ post.

[151] Aprés de açò entre ab lo argument\ de latitud en la taula del eclipsi de la luna\ e trobaràs en dret aquell, en la tira terça, | lo nombre del dits del eclipsi e minuts de\ aquells; e après aquell, en la tira quarta, | nombre de horas e minuts, que és mey\ tat de la quantitat del temps de tot lo a\ clipsi; e n la tira quinta, nombre de minu\ ts de hora, que és meytat de la quanti\ tat del temps que està tota la luna en\ tenebrositat.

[152] E aquests dos temps te a\ mostraran lo començ del aclipsi e fi de\ aquell, e lo començ de la tenebrositat e\ fi de aquella, com minvaràs ço que és en\ la tira quarta de les horas de la oposi\ ció e hauràs la hora del començ del aclip\ si.

[153] Minva de les horas de la oposició\ ço que és en la tira quinta, e hauràs la\ hora del començ de la tenebrositat; posa-les\ així com se són, e hauràs la hora del mig\ del aclipsi.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Manquen dues frases. Al ms. 39, Biblioteca de Catalunya (Barcelona), f. 14r-v, s'hi llegeix: [154] car no és diversitat sensible entre la mitat de la oposició e la mitat del eclipsi, axí com ho declara Tholomeu en lo 7 capítol del 6 libre del Almagest.

[155] E jatsia que de açó se gloriejās aquell savi Leó Leri sobre açó qu'és a subtilia de aquesta diversitat e cura de aquella, e dix, a la fi de les sues paraules sobre aquell capítol 79 del seu libre de Astrologia que nomena batalla del senyor tals paraules: "E ací és declarat marvellós fet molt del qual no curaren los anticbs, les quals paraules pervengueren a nós": açó dix ell, mas tu ja veus que Tholomeu declara aquesta diversitat en lo capítol sobredit e dóna a tu la causa per què no.s cura a subtiliar en (f. 14v) açó, per la parvitat o poquea de la quantitat de aquell diàmetre; e dix ali "la causa, emperò, que proveix a nós curar de aquestes arts en la part de nostre libre és açó per ço com són poques e la diversitat de aquells és insensible et celerata"; e scriu allí, encare, "asubtiliar-se en semblant de aquesta quantitat és sobrejevitat e entricació e no amar reritat". açó dix ell.



[147] Ad sciendum autem tempus eclipsis lunaris et eius quantitatem, calcula primol tempus oppositionis vere et locum solis in ea et argumentum latitudinis.

Et si cadat l

f. 53v

argumentum latitudinis infra terminos eclipsis lunaris, qui sunt .5.18. usque ad .6.12. l seu de .11.18. usque ad .0.12., tunc eclipsabitur luna in illa oppositione, et si l exiat istos terminos non eclipsabitur.

[148] Et cum fuerit in termino eclipsis vide si l illa eclipsis sit nocturna modo quo possit videri in orizonte in quo es; et scire hoc l est facile postquam sciveris numerum horarum coiunctionis post illum meridiem et numerum ho l rarum medietatis illius diei in quo est coniunctio in illo orizonte, et hoc ex tabula l diversitatis aspectus.

[149] Et si coiunctio sit de nocte vel circa principium et finem noctis tunc l videbitur tota eclipsis vel pars eius.

[150] Subtrahe numerum horarum medietatis illius di l ei a numero horarum coiunctionis post meridiem, et residuum est numerus horarum l in quibus erit oppositio post occasum solis;

[151] et post hoc ingredi cum argumento latitudinis l in tabula eclipsis lune, et invenes in directo in spatio tertio numerum digitorum eclipsis l et minuta eorum; postea in spatio quarto numerum horarum et minorum que sunt me l dietas quantitatis temporis totius eclipsis; in spatio V est numerus minorum hore que sunt l medietas quantitatis temporis tenebrarum.

[152] Et ista duo tempora notificabunt tibi l principium eclipsis et finem eius et principium tenebrarum et finem earum, subtrahendo illud quod est l in spatio quarto de horis oppositionis, et perveniet tibi tempus principii eclipsis.

[153] Subtrahe ab l horis oppositionis illud quod est in spatio V<sup>o</sup> et habebis tempus principii tenebrarum; dimite ea l sicut sunt et erit tempus medii eclipsis,

[154] quia non est diversitas sensibilis inter medium l oppositionis et medium eclipsis, sicut declarat Ptolomeus capitulo VII<sup>o</sup>, libri sexti Alma l gesti.

[155] Et licet iam gloriatus fuerit in se de hoc ille sapiens rabi Levi, eo quia subti l liavit istam diversitatem et curavit de ea et dixit in fine verborum suorum super hoc capitulo l 79 sui libri de astrologia, quem nominavit Bella domini, talia verba: "et hic est l declaratum factum mirabilem valde de quo non curarunt antiqui, quarum verba perve l nerunt ad nos"; hoc ille, sed tu iam vides Ptolomeum declarasse istam diversitatem l in capitulo predicto et dedit tibi causam quare non curavit se ad hoc subtiliare, scilicet propter l parvitatem quantitatis eius, et dixit ibi: "et non extimet aliquis nos ignorasse

[156] *Après de açò, affig ço que | és en la tira quinta sobre les horas de la*

*f. 69r*

*opposició e bauràs la hora de la fi de la | tenebrositat, que és com la luna se comen | ça a descobrir; afig sobre les horas de la o | posició ço que és en la tira quarta e hau | ràs la hora de la fi del acli psi.*

[157] *Emperò si | vols saber los costats del acli psi, ço és as | saber qual part del orizon és endret del | punt que s'escureix del sol e de la luna | en los dos temps del acli psi del sol, que | són lo començ del acli psi e fi de aquell | e en los .iiii. temps del acli psi de la lu | na que són lo començ del acli psi e fi | de aquell e comens de la tenebrositat | e fi de aquella, sabràs-ho per aquesta | manera.*

[158] *E si açò vols saber del sol, entre | en la taula del acli psi del sol en la ti | ra en la qual has pres lo nombre de | los dits del acli psi e minuts de la hora | e cerca aquí en aquella tira ço que | és escrit demunt aquell nombre lo pus prop | de aquell si és septentrional ho meri | dional.*

[159] *E si trobaras aquí escrit sep | tentrional, serà la part acli psant del | sol apart de tremuntana en sguart |*

*f. 69v*

*del situs del zodiach e lo seu posament | del orizon; e per lo contrari si hi baurà escrit | meridional.*

[160] *E com més serà la quantitat | del acli psi, major serà la declinació a tre | muntana, ho a mig jorn pus pocha, en | tant que, com serà lo acli psi prop de .xii. dits, | lavors no decantarà lo costat de la scure | dat a tremuntana ho a mig jorn, sinó | segons la declinació del zodiach e lo | seu situs del orizon.*

[161] *E serà tots temps la part | eclipsant primera del sol, occidental, e | així matex la part que exirà primera | del eclipsi, occidental; e la part acli psant | darrera, oriental, e així matex la part | que exirà darrera del acli psi.*

[162] *E so | que t amostRARÀ de saber açò en la luna | és que afiges sobre lo argument de lati | tud .vi. signes; e això serà la distància de la | luna del cap de dragó en la hora de la | oposició.*

[163] *E si lo nombre del signes del ar | gument de latitud après lo affegiment | és .o. ho .v., serà lavores la latitud de | la luna septemtrional, e per tal serà la part | acli psant de la luna en vers mig jorn. |*

[164] *E si és .vi. ho .xi., la sua latitud la | vors és meridional; e per tal serà la part |*

*f. 70r*

*acli psant en vers tramuntana.*

[165] *E segons | la granea de la quantitat ho poquea del a | cli psi, serà la declinació del costat del acli psi | gran ho pocha, així com és dit en lo sol.*

et cetera". Item ibi: "et causa que proibet nos curare de istis arcubus in partibus libri nostri est quia sunt parvi et diversitas eorum est insensibilis et cetera"; dixit etiam ibi quod "subtiliare in simili istius quantitatis est superfluitas et intricatio et non diligere veritatem", hoc ille.

[156] Post hoc adde illud quod est in spatio V super horas oppositionis et perveniet tibi tempus finis tenebrarum, et est principium apparitionis lune. Adde super horas oppositionis illud quod est in spatio quarto et habebis tempus finis eclipsis.

[157] Ad sciendum vero partem eclipsis et latera eius, scilicet que pars orientis opponitur parti eclipsate de sole et luna in duobus temporibus eclipsis solis, que sunt principium eclipsis et finis eius, et in III temporibus eclipsis lunaris que sunt principium eclipsis et finis eius et principium tenebrarum et finis eius, facies hoc modo:

[158] si de sole vis hoc scire ingrederè tabulam eclipsis solis in spatio a quo accepisti numerum digitorum eclipsis et minorum hore, et quere ibi in illo spatio illud quod est scriptum super istum numerum propinquiorem sibi, si sit meridionalis vel septentrionalis.

[159] Et si in veris ibi scriptum septentrionalis, tunc pars solis eclipsata erit versus septem

f. 54r

trionem in respectu ad dispositionem circuli signorum et situm eius ab horizonte, et per contrarium si sit ibi scriptum meridionale.

[160] Et quanto quantitas eclipsis est maior tanto erit declinatio ad septentrionem vel ad meridiem minor, in tantum quod quando eclipsis est circa 12 digitos, tunc locus eclipsis non tendit ad meridiem vel ad septentrionem nisi secundum declinationem circuli signorum et situm eius ab horizonte,

[161] et erit semper pars qui eclipsabitur primo occidentalis, et pars que ultimo eclipsabitur erit orientalis, et sic pars que exit ultimo ab eclipsi.

[162] Et illud quod notificabit tibi hoc in luna est addere super argumentum latitudinis 6 signa, et hoc est distantia lune a capite draconis tempore oppositionis.

[163] Et si numerus signorum argumenti latitudinis post additionem est 0 vel 5, tunc latitudo lune erit septentrionalis et ideo pars que eclipsabitur de luna erit versus meridiem.

[164] Et si est 6 vel 11, tunc latitudo eius est meridionalis, et ideo pars que eclipsabitur erit versus septentrionem.

[165] Et secundum magnitudinem quantitatis eclipsis et parvitatem eius erit declaratio lateris eclipsis magna vel parva, sicut precesit in sole.

[166] Mas lo costat del aclipsi segons orient e occide \nt és tots temps en .i. manera, ço és, que la \ part que entre primerament dins la roda \ de la ombra és en vers lo costat oriental, \ e la part que aclipsa derrerament és en \ vers occident.

[167] E la part que hix primerament \ de la roda de la ombra e torna la luor a a \quella és en vers orient; e la part de la \ luna que hix darrera de la roda de la \ ombra és en vers occident, e això és la \ fi del aclipsi.

[168] E lavors és complit lo seu su \perfici qui guarda a nosaltres a ésser lu \hent, per la lugor del sol que li va en \ dret.

[169] E sclareix en dret la sua fas ab \ la lugor que nostre senyor Déus li ha dona \da per gràcia; e aquella és la lugor perfeta, \ fort contínua, que de la influència influent \ de part sua ha sclarit tota cosa scura, \ així com diu lo propheta: “E la terra ha illumi \nada de la sua gloria”; “senyor ver Déus, con \verteix-nos, illumina les tues faç e serem \ fets sans”.

[170] Et est pbinitum.

[166] Latus vero eclipsis ad orientem et occidentem est semper uno modo, et hoc quod pars que ingreditur primo intra circulum umbre est in directo lateris orientalis, et pars que eclipsatur ultimo est versus occidentem.

[167] Et pars que exiit primo circulo umbre et revertitur lumen ei est versus orientem, et pars lune que exiit ultimo circulo umbre est versus occidentem, et est finis eclipsis.

[168] Et tunc revertitur superficies eius que est versus nos ad relucendum lumine solis quod vadit in directo eius

[169] et facit relucere faciem eius cum illo lumine quod dedit ei Deus benedictus, qui est lux perfecta, fortis et continua, ex cuius habundantia relucent tenebre, ut dixit propheta: "terra illuminata est gloria eius dominus Deus sabbaot revertere nos et reluce faciem tuam et salvi erimus",

[170] amen.



## APÈNDIX III

### LES TAULES

Les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn ocupen normalment unes cinquanta pàgines. Als diversos manuscrits consultats no sempre consten totes les taules; d'altra banda, no totes les taules que apareixen en alguns manuscrits són atribuïbles a Bonjorn. Les taules poden agrupar-se en cinc conjunts diferents; per a la seva descripció seguim el manuscrit 39 de la Biblioteca de Catalunya, que hem anomenat C.

#### III.1. DESCRIPCIÓ

III.1.1. La taula 1 (vegeu l'apartat 3.2) conté 31 subtaules consecutives, una per a cada any d'un cicle, d'una durada lleugerament inferior a 11.325 dies; serveixen per als anys 1361 a 1391, ambdós inclosos. Els anys comencen el dia 1 de març. És una taula de sizígies veritables, és a dir, de conjuncions i oposicions veritables del Sol i de la Lluna. Hi són especificades 767 sizígies consecutives, que cobreixen un període de 383,5 mesos sinòdics; per a cada sizígia hom indica, a més de l'any, el seu tipus: conjunció (C) o oposició (O).

Les primeres columnes permeten de conèixer l'època de cada sizígia: mes, dia del mes, dia de la setmana (F), hora i minut (HORA SZ.). Les dues columnes següents tenen un encapçalament que diu "*equatio substraenda*". A la primera hi ha indicats els minuts de temps i a la segona els "segons bonjornians".

El lloc veritable del Sol, sobre l'eclíptica, per a cada sizígia, apareix a les tres columnes següents i s'expressa en unitats d'arc, en signes de 30°, graus i minuts.

Les tres últimes columnes especifiquen l'argument de latitud de la Lluna, en l'instant de cada sizígia. S'expressa en unitats d'arc, en signes de 30°, graus i minuts.

A l'encapçalament de cada subtaula hi ha l'any del cicle bàsic per al qual aquesta té validesa, o simplement el nombre d'ordre de la subtaula en cada

cicle. A continuació, hi figura la lletra “b” seguida d'un nombre natural comprès entre 1 i 4, amb el qual hom indica per a quin cicle de 31 anys és de traspàs l'any per al qual té validesa la subtaula en qüestió.

Al costat de cada subtaula apareixen nou nombres ordenats en tres línies. És, una petita taula adjunta que hem anomenat “taula del 9” (vegeu l'apartat 4.2) i que serveix per a estendre l'ús de les 31 subtaules a períodes anteriors o posteriors al comprès en el cicle bàsic de 1361 a 1391.

III.1.2. La taula 2 (vegeu l'apartat 4.6) és intitulada “*Tabula equationis loci solis et argumentum latitudinis lune in aliis revolutionibus*” al manuscrit C. Com es dedueix del títol, és una taula on s'especifiquen les correccions aplicables a les posicions del Sol i de la Lluna, donades a la taula 1, per a instants diferents als compresos entre els anys 1361 i 1391.

És una taula de doble entrada, amb 24 files i 18 columnes. L'entrada horitzontal és el mes en què es calcula la sizígia. Per a cada mes s'indiquen dos instants: el primer dia del mes i un dia central del mes, segons la durada d'aquest. L'entrada vertical és precisament la correcció (“*equatio substraenda*”) que apareix a les columnes corresponents de la taula 1. Aquesta correcció augmenta de 4 en 4 minuts de temps, des de 10 minuts fins a 42 minuts. Per a cada un dels valors de la correcció hi ha dues columnes, els encapçalaments de les quals són “*equatio solis sig. 0 grad. 2*” i “*equatio argumentum latitudinis sig. 8 grad. 2*”.

Així, per a cada dia de l'inici o central de cada mes d'un any, i per a cada valor de la correcció corresponent a la sizígia considerada, hom troba el valor de la correcció del lloc veritable del Sol, expressada en minuts i segons d'arc (valor al qual cal afegir sistemàticament 0 signes i 2 graus), i el valor de la correcció de l'argument de latitud de la Lluna, expressada també en minuts i segons d'arc (valor al qual cal afegir sistemàticament 8 signes i 2 graus).

III.1.3. La taula 3 (vegeu l'apartat 5.2) és una taula de paral·laxi. Consta de dotze subtaules, una per a cada mes de l'any, calculades per a la latitud geogràfica de  $42;30^\circ$  i per al dia d'entrada del Sol a cada signe zodiacal. Cada subtaula té 6 columnes; les dues primeres contenen la variable d'entrada. A les columnes 3 i 4 hom indica la component eclíptica en longitud de la paral·laxi (“*diversitas longitudinis*”), expressada en unitats de temps: hores (col. 3) i minuts (col. 4). A les dues columnes següents hom indica la component eclíptica en latitud (“*diversitas latitudinis*”), expressada en unitats d'arc: minuts (col. 5) i segons (col. 6).

La variable d'entrada és el temps local per a un indret del qual apareix la latitud geogràfica a l'encapçalament de la taula:  $42^\circ 30'$ . Hom especifica



el temps d'hora en hora, abans i després de migdia (pas del Sol pel meridià local). En la part superior hi consta l'hora de la sortida del Sol i, en la inferior, la de l'ocàs (vegeu l'apartat 5.3). Hi ha també una altra dada important, que depèn de l'època de l'any i del lloc on es troba l'observador o l'usuari de les taules: el pas del Sol per la nonagèsima, és a dir, el punt més elevat de l'eclíptica sobre l'horitzó local, que Bonjorn anomena "punt de mig cel" (vegeu l'apartat 5.4).

III.1.4. La taula 4 (vegeu l'apartat 6.1) correspon als eclipsis de Sol a distància mitjana.

És una taula de doble entrada, amb 16 files i 135 columnes agrupades de tres en tres. Per raons d'edició, hem intercanviat el paper de les files i les columnes; és a dir, la taula matricial que hem transcrit és la transposada de la que apareix als manuscrits.

L'entrada horitzontal és la component en latitud de la paral·laxi, procedent de la taula anterior. Hom especifica la variable d'entrada en minuts d'arc, de 3' en 3', des de 6' fins a 51', i dóna lloc a 16 files.

L'entrada vertical de la taula és l'argument de latitud de la Lluna, especificat de mig en mig grau, i varia des de 0 signes 0 graus 0 minuts (o bé 6s 0° 0') fins a 0s 17° 0' (o bé 5s 13° 0') i dóna lloc a 35 grups de 3 columnes. A continuació, al manuscrit C hi figura un altre encapçalament, amb el valor de l'argument 0s 17° 8' (o bé 5s 12° 52'), un dels valors adoptat per Bonjorn com a límit de l'eclipsi solar.

Per a valors superiors a 6 signes o inferiors a 0 signes existeix una altra taula, anàloga a l'anterior, des de 6s 0° 0' (o bé 0s 0° 0') fins a 6s 4° 30' (o bé 11s 25° 30') i dóna lloc a 10 grups de 3 columnes. Al ms. C hi figura a continuació un altre encapçalament, amb el valor 6s 4° 46' (o bé 11s 25° 14'), l'altre valor emprat per Bonjorn per al límit de l'eclipsi solar.

Per a cada un dels valors de l'argument de latitud hi ha tres columnes. Les dues primeres corresponen a la part del diàmetre solar eclipsat, expressada en dígits (columna 1) i minuts de dígit (columna 2), essent 1 dígit equivalent a 60 minuts de dígit, de manera que el diàmetre solar és de 12 dígits. La tercera columna correspon a la "*medietas temporis eclipsis*", és a dir, el temps entre l'inici i el mig de l'eclipsi, o bé entre el mig i el final de l'eclipsi. El temps hi és donat en minuts.

III.1.5. La taula 5 (vegeu l'apartat 6.2) correspon als eclipsis de Lluna a distància mitjana.

L'entrada de la taula és l'argument de latitud de la Lluna, donat en graus i minuts, de mig en mig grau, des de 0s 12;0° (o bé 6 s 12;0°) fins a 0s 0;0°

(o bé 6s 0;0°), a la primera columna, i des de 5s 18;0° (o bé 11s 18;0°) fins a 5s 30;0° (o bé 11s 30;0°), a la segona columna.

A la tercera columna hom indica la part eclipsada del diàmetre lunar, expressada en dígits i minuts de dígit (1d' = 60 md), de manera que el diàmetre lunar és de 12 dígits. Per tant, tots els valors superiors a 12d en aquesta columna corresponen a posicions de la Lluna en què es produeix un eclipsi total; el valor màxim que apareix a les taules és de 24d 12md.

La quarta columna correspon a la "*medietas temporis eclipsis*", quantitat anàloga al cas de l'eclipsi solar (taula 4). Per inici de l'eclipsi cal entendre el primer contacte, i per mig de l'eclipsi la situació en la qual la recta que uneix els centres de la Lluna i de l'ombra de la Terra és perpendicular a l'òrbita lunar. El temps és expressat en hores i minuts.

La cinquena columna correspon a la "*medietas temporis tenebrarum*", és a dir, el temps transcorregut entre l'inici de la totalitat i el mig de l'eclipsi, o bé entre el mig de l'eclipsi i el final de la totalitat. Aquí, el temps és expressat en minuts. La part superior d' aquesta columna manca de dades, car, com ja ha estat dit abans, la totalitat només es produeix quan el nombre de dígits és igual o superior a 12.

### III.2. CARÀCTER DE LES TAULES

El terme "taules astronòmiques" designa un conjunt de material tabular molt heterogeni. Les taules astronòmiques "clàssiques" serveixen per a calcular posicions veritables dels astres (Sol, Lluna, planetes) i no són, en general, sinó maneres de presentar els resultats d'un algorisme de càlcul sense necessitat de recórrer a la simbologia algèbrica, pràcticament desconeguda al llarg de tota l'Edat Mitjana. L'altra característica que les defineix és la pretensió de perpetuïtat, almenys per als autors de les taules; és a dir, es pretén que permetin de calcular les posicions dels astres per a qualsevol instant, per molt allunyat que sigui de l'època de l'elaboració de les taules.

D'altra banda, els almanacs són un material tabular paral·lel a les taules astronòmiques, en el qual hom especifica, per a uns instants determinats, les posicions veritables dels astres. Els almanacs són, doncs, el resultat de la utilització d'unes taules astronòmiques, però tenen un caràcter efímer, car llur utilitat és reduïda al període de temps que cobreixen els instants per als quals han estat determinades les coordenades dels astres. Als almanacs, els càlculs "difícils" ja han estat fets i, en aquest sentit, hom amplia considerablement el conjunt d'usuaris del material tabular astronòmic, mentre que, a les taules "clàssiques", només hi tenen accés uns quants especialistes, ja iniciats en la terminologia i en els seus "secrets" específics. Tanmateix, també

és cert que l'usuari, si només disposa d'un almanac i no d'unes taules de tipus clàssic, perd la possibilitat de conèixer com s'obté el resultat final. En definitiva, les taules tenen un caràcter més bàsic, reflecteixen aspectes de l'astronomia fonamental i llurs destinataris són astrònoms professionals, mentre que els almanacs tenen un caràcter més utilitari i instrumental, un públic més ampli, però no per això són exempts de rigor científic.

Les taules de Bonjorn que acabem de descriure contenen al mateix temps unes taules "clàssiques", tot i que en nombre reduït, i un almanac. Aquest últim caràcter és evident a la taula 1, on s'especifiquen les posicions veritables del Sol i de la Lluna per a uns instants molt determinats: les èpoques de les 767 sizígies dels anys compresos entre 1361 i 1391, ambdós inclosos.

Però aquest almanac té la pretensió de perpetuïtat; és per això que Bonjorn ofereix a continuació unes taules de tipus més clàssic que permeten de calcular les posicions veritables d'ambdós astres, junt amb les característiques dels eclipsis, per a qualsevol època, per molt allunyada que sigui dels anys per als quals fou calculat l'almanac.

La pròpia forma de presentació d'aquestes taules ja palesa l'existència d'un treball astronòmic original, tendent, a més, a facilitar-ne l'ús a les persones no especialitzades en l'astronomia de posició. És més, el propi Bonjorn ho indica així explícitament al pròleg dels cànons.

### III.3. ELS ERRORS

Per a explicar l'obra d'un astrònom presentada en forma de material tabular cal, entre d'altres coses, realitzar una anàlisi interna d'aquest, de tal manera que sigui possible deduir els paràmetres bàsics utilitzats, els models en què es fonamenta, els mètodes de càlcul emprats, el arrodoniments dels valors intermedis en el procés de càlcul, etc., amb la finalitat de recalculer, en la mesura del possible, les mateixes taules. L'anàlisi interna d'unes taules és una via segura per a poder inserir un autor en una o diverses tradicions astronòmiques.

Però, per a dur a terme l'anàlisi, resulta necessari disposar d'un joc de taules desproveïdes d'errors, o que en tingui el nombre més petit possible.

No coneixem quines eren les taules originals elaborades per Bonjorn, car no hem trobat cap indicació als manuscrits consultats que permeti deduir que es tracta d'un treball autògraf o amb l'aval de l'autor. Com hem vist, hi ha força manuscrits que contenen les taules de Bonjorn (vegeu l'apèndix I). Tots ells presenten molts errors, que, pel seu origen, poden ser de dos tipus: deguts al propi autor o atribuïbles als copistes successius.

Detectar els errors del propi autor, sense conèixer el seu manuscrit autògraf, pot semblar una tasca impossible o inútil, però depèn fortament del que considerem com a error.

Aquí, entendrem com a error a les taules aquell valor que no sigui matemàticament consistent amb la lògica astronòmica del propi autor. Per exemple, direm que hi ha error en algun valor de les èpoques de les sizígies (taula 1) quan la diferència entre dues conjuncions o oposicions consecutives sigui superior a 29,8 dies o inferior a 29,2 dies, ja que la durada del mes sinòdic mitjà utilitzada per Bonjorn és molt precisa i, per tant, també ho són els límits de variació del mes sinòdic.

Els errors atribuïbles als copistes són més fàcils de detectar, per comparació de manuscrits, si disposem d'un nombre suficient de manuscrits diferents. En el nostre cas, hi han intervingut 16 manuscrits. En 9 d'ells (escrits en llatí i en català, i descrits a l'apèndix I, amb les lletres B, C, Ch, M, O, P, P', Q i R), hem examinat tots els nombres que apareixen a les taules, fins a una xifra total de més de 100.000 entrades contrastades. Els altres set manuscrits, que a la nostra llista de manuscrits hebreus a l'apèndix I apareixen amb els números 24, 25, 26, 28, 29, 30 i 35, només han estat consultats per a comprovar diverses entrades de les taules, que continuaven essent problemàtiques després de revisar les més de 100.000 entrades dels manuscrits no hebreus.

En la detecció dels errors, hom corre el risc d'imputar equivocadament un error a un copista determinat. Pot succeir que un copista acomplís bé la seva feina, és a dir, reproduís fidelment els valors d'un altre manuscrit que tingués davant dels ulls i que transmetés algun valor erròniament copiat per algun altre copista. De fet, aquesta és una situació que hem trobat amb força freqüència i que hom pot definir amb el terme d'error doble. Té, però, l'avantatge de proporcionar, amb les degudes precaucions, una pista valuosa sobre la filiació dels manuscrits. Quan el mateix error es troba a diversos manuscrits, cal pensar en una família de textos tots ells procedents d'una mateixa còpia, segons el que podríem anomenar una filiació en arbre. Quan tots els manuscrits coincideixen en un mateix error, cal pensar que és un error del propi autor o que procedeix d'algun manuscrit anterior en l'arbre de filiacions.

De fet, no sempre pot detectar-se un error de forma inapel·lable; en primer lloc, perquè de vegades la grafia dels nombres no és del tot clara i, en segon lloc, perquè alguns dels manuscrits han estat manipulats abastament pels usuaris (de vegades hom corregeix un error; d'altres hom substitueix un valor correcte per un altre d'incorrecte; i d'altres, finalment, hom substitueix un error per un altre error). Tanmateix, aquestes situacions resulten poc freqüents en relació amb aquelles en les quals és possible de

parlar, sense cap mena de dubte, d'un error de còpia. En qualsevol cas, tots aquests problemes perden importància quan el nombre d'entrades examinades és prou elevat.

El nombre d'errors detectats als manuscrits de les taules astronòmiques de Jacob ben David Bonjorn apareix al quadre adjunt. Els manuscrits consultats són designats per les lletres corresponents.

	Nombre d'en- trades	B	C	Ch	M	O	P	P'	Q	R	Errors per taula
Taula 1	9.483	77	46	45	195	86	8	185	69	67	851
Taula 2	864	10	8	17	24	16	21	-	7	2	105
Taula 3	898	11	9	14		10	16	-	7	7	74
Taula 4	1.226	20	17	12	55	15	41	-	14	12	186
Taula 5	213	2	1	4	0	1	2	-	1	0	11
Total	12.684	120	81	92	274	128	161	185	98	88	1.227

Els 1.227 errors detectats a les 106.453 entrades dels 9 manuscrits suposen una taxa mitjana d'errors de l'1,15 %, xifra que sols pot considerar-se indicativa, ja que no totes les entrades presenten el mateix grau de dificultat de còpia. Per la qualitat del treball fet pels diversos copistes, i pels usuaris, els manuscrits poden agrupar-se de la manera següent.

a) Manuscrits amb una taxa d'error baixa: C (0,64 %), Ch (0,73 %), Q (0,77 %) i R (0,69 %).

Del manuscrit C, coneixem el nom del copista, Ausiàs Sancho, que hem de felicitar pòstumament per un treball fet amb cura, car no és una tasca gens senzilla copiar més de 12.600 nombres d'una o dues xifres i no cometre més de 81 equivocacions. El manuscrit Q fou utilitzat per algú que devia detectar uns quants errors; en general, les correccions efectuades són encertades i, per tant, no són comptabilitzades com a errors del manuscrit. El manuscrit R no es llegeix clarament en molts indrets, la qual cosa provoca una taxa d'error baixa.

b) Manuscrits amb una taxa d'error mitjana: B(0,95 %), O(1,01 %) i P(1,27 %).

Aquí, però, el copista Martinus, signant del treball del manuscrit P, no pot rebre el mateix elogi que el seu col·lega Ausiàs Sancho. També les taules de P foren molt corregides posteriorment, en general amb encert.

c) Manuscrits amb un gran nombre d'errors: M i P'.

Al manuscrit M consten algunes taules sense completar; tot i així, presenta una taxa d'error del 2,16 %. Algunes de les taules, especialment la de les paral·laxis (taula 3), són realment inservibles i, per tant, hem preferit no incloure'n cap dada en el quadre anterior. Cal plànyer l'estudiant o l'astrònom que hagués d'efectuar els seus càlculs amb aquest material.

Al manuscrit P' no hi figuren totes les taules; hi ha únicament la taula 1, la qual, a més, no conté les posicions veritables del Sol i de la Lluna. En aquesta taula només hi ha unes 4.600 entrades, de les quals 185 són errors.

L'examen dels errors comuns permet de fer algunes hipòtesis sobre l'adscripció de manuscrits a alguna família. El que es dedueix més clarament per comparació és que els manuscrits P i P' deriven d'una mateixa font, la qual cosa s'ajusta al fet, ja mencionat a l'apèndix I, que tots dos són manuscrits miscel·lanis d'una estructura i d'un contingut molt similars i amb una mateixa finalitat. Tots els errors que hi ha a P' també són a P, tot i que aquest últim manuscrit fou corregit posteriorment. Pot ser que fossin copiats d'un mateix text o pot ser que P' fos copiat de P abans d'ésser corregit pels usuaris.

Per la seva banda, la parella de manuscrits que té el major nombre d'errors comuns és la formada per B i Ch, amb 62 errors comuns, però hi ha 30 errors que només apareixen a Ch i 58 propis de B. Es clar que no existeix aquí una filiació directa entre ambdós manuscrits, però també és possible pensar que pertanyen a una mateixa família i que es troben a diferents nivells en l'arbre de filiacions. A aquesta família també caldria associar-li els manuscrits P i P', ja que comparteixen un nombre significatiu d'errors comuns amb els manuscrits B i Ch.

Poden establir-se altres parelles possibles entre els manuscrits O i R (29 errors comuns d'uns nombres totals d'errors de 128 i 88, respectivament) i entre M i Q (27 errors comuns de 274 i 98). A més, aquests quatre últims manuscrits comparteixen 11 errors comuns, la qual cosa permet pensar en la hipòtesi que pertanyin a una mateixa família, diferent, però, d'aquella en la qual s'insereixen B, Ch, P i P'.

Qualsevol altra hipòtesi de filiacions directes resulta poc versemblant i és lògic que sigui així, car devien existir molts manuscrits amb les taules de Jacob ben David Bonjorn, especialment el segle XV. Molts han degut perdre's i, per consegüent, resulta poc probable trobar textos, entre els conservats, i localitzats per nosaltres, que s'encadenin directament entre ells. Malgrat això, l'anàlisi comparativa d'errors en els manuscrits que contenen taules ha permès d'establir una filiació directa entre dos d'ells, P i P', i enunciar algunes hipòtesis sobre famílies diferents de manuscrits que haurien d'ésser contrastades pels estudis filològics corresponents.

Una vegada eliminats els errors, hem obtingut un conjunt de taules que podríem qualificar d'“ideals” i que no coincideixen plenament amb cap de les dels manuscrits consultats. El nombre de modificacions a cada taula, però, no les desvirtua sinó que les ajusta al que podríem anomenar la “lògica astronòmica” que pretenen reflectir. És possible que aquestes taules sense accidents tampoc no siguin les originals compilades per Bonjorn. Així, per exemple, en els 17 jocs diferents de taules consultats, la correcció corresponent a la conjunció que, segons les taules, havia de produir-se a les 9h 14 min del 27 de març de 1367 és de 27 minuts 16 “segons”, però hem optat pel valor de 26 minuts 16 “segons”, que és el matemàticament consistent amb la seqüència de correccions subtractives d'aquell any. És possible que el propi autor escrivís una xifra incorrecta; no és segur. Però, tot i així, la lògica de les taules que ell compongué requereix un valor de 26 i no de 27 minuts.

D'altra banda, aquest és un cas en el qual la grafia similar dels símbols alfanumèrics hebreus per a les xifres 6 i 7 pot jugar una mala passada, de manera que en el manuscrit original, o en un de molt primitiu en hebreu, hi hagués un 26 molt semblant a un 27 i que aquest últim valor fos l'adoptat pels copistes successius. Precisament aquesta possibilitat de confusió entre les xifres 6 i 7 fa pensar que els manuscrits B i Ch, el primer en llatí i el segon en català, deriven d'un manuscrit en llengua hebrea, o almenys d'unes taules amb caràcters hebreus, ja que en ells la mencionada confusió té lloc moltes vegades.

Un altra exemple de coincidència en un valor erroni en gairebé tots els manuscrits consultats és el de l'hora de l'oposició del 28 de febrer de 1362. A 16 manuscrits apareix 5h 41 min, quan l'instant de la sizígia, segons es deprèn de la seqüència de valors, ha d'ésser 4h 41 min. Aquest últim és el valor que des del principi hem considerat correcte. La confirmació de la nostra hipòtesi la tinguérem molt més tard, ja que existeix un manuscrit hebraic, el número 26 de la nostra llista (ms. Múnic 343), en el qual apareix 4h 41 min. Gràcies a Tzvi Langermann, que realitzà per a nosaltres aquest tipus de comprovacions a l'Institute of Microfilmed Hebrew Manuscripts de Jerusalem, pot descartar-se que el valor de 5h 41 min sigui atribuïble a l'autor de les taules i passa a ésser l'error d'algun copista posterior.

Les taules corregides són editades a continuació. A cada taula indiquem els errors detectats i, per a això, és necessari donar informació, en cada cas, de quatre elements: la línia de la taula on figura l'error, la columna corresponent, el nom del manuscrit on és l'error i el valor que apareix al manuscrit.

## III.4. EDICIÓ DE LES TAULES

A la taula de sizígies (taula 1), els errors són especificats per línies, anteposant el nom del manuscrit que conté l'error i, entre parèntesis, el nom de la variable, així com el valor incorrecte que hi figura. Els noms utilitzats per a les variables són els següents:

- DIAM: dia del mes de l'instant de la sizígia;
- DIAS: dia de la setmana de l'instant de la sizígia;
- MIN: minuts de l'instant de la sizígia;
- ESM: minuts de la correcció subtractiva corresponent a la sizígia indicada;
- ESS: "segons" (dissetens de minut) de la correcció subtractiva;
- VLSS: signes del lloc veritable del Sol a l'instant de la sizígia;
- VLSG: graus del lloc veritable del Sol;
- VLSM: minuts del lloc veritable del Sol;
- ALLS: signes de l'argument de latitud de la Lluna a l'instant de la sizígia;
- ALLG: graus de l'argument de latitud de la Lluna;
- ALLM: minuts de l'argument de latitud de la Lluna.

A la taula de correccions de les posicions del Sol i de la Lluna (taula 2), els errors s'indiquen per la línia i la columna (valor de la correcció subtractiva considerat) on es troben. Com que cada valor de la correcció subtractiva conté quatre columnes, aquestes són designades de la següent manera:

- SM: minuts de l'equació del Sol;
- SS: segons de l'equació del Sol;
- LM: minuts de l'equació de l'argument de latitud de la Lluna;
- LS: segons de l'equació de l'argument de latitud de la Lluna.

- lin. 1: col. 34, M (SS=50)
- lin. 2: col. 10, O (SM=26); col. 26, B (SM=28)
- lin. 3: col. 10, M (LM=3); col. 38, M (LM=5)
- lin. 4: col. 22, P (LS=25); col. 30, P (SS=55); col. 38, M (LM=6)
- lin. 5: col. 10, B, Ch (SS=56); col. 14, B, Ch (SS=46); col. 22, Ch (SS=26), O, R (SS=17); col. 34, B (SS=56), C (SS=25); col. 42, M, O (SS=27)
- lin. 6: col. 34, Q (SM=22)
- lin. 7: col. 10, P (SS=20); col. 38, M (SM=20), O, P, Q (SM=23)
- lin. 8: col. 10, P (SS=29); O (LM=5); col. 14, P (SS=15), C (LS=59); col. 22, Ch (SS=36), O (LS=8); col. 30, M (LS=33); col. 34, R (SM=23), P (LS=26); col. 38, M, Q (SM=23); col. 42, B, C, Ch, M, P (SS=37)
- lin. 9: col. 10, P (SS=20); col. 14, Q (SM=26); col. 30, M (SS=13); col. 38, M, P, Q (SM=23), P (SS=56)
- lin. 10: col. 10, O (SS=32); col. 22, B, C, M, O, P, Q (SS=22); col. 38, C (SS=13)



- lin. 11: col. 10, Ch (SS=56); col. 22, P (SS=57); col. 38, Ch (SS=46), B,Ch (LS=46)
- lin. 12: col. 10, R (SS=56); col. 14, P (SS=47); col. 30, Ch (SS=56); col. 34, O,Q (LM=4)
- lin. 13: col. 22, O (SM=28); col. 26, Ch (SM=27); col. 38, M (LM=7)
- lin. 14: col. 14, B, Ch (SS=56), O (LS=9); col. 26, Ch (SS=26), M (LS=26); col. 30, B, Ch (SM=26); col. 38, M (LM=6), O (LM=3), C (LS=37)
- lin. 17: col. 14, O (SS=44)
- lin. 19: col. 10, Ch (LS=0); col. 14, Ch (LS=10); col. 26, M (SS=20), P (SS=1); col. 30, P (SS=11), M (LS=6); col. 42, Q (LS=26)
- lin. 20: col. 18, B, Ch (LS=13); col. 26, P (SS=42); col. 38, P (SS=16)
- lin. 21: col. 10, P (LM=23); col. 14, O (LM=13); col. 38, M (SM=11), P (LS=23)
- lin. 22: col. 18, M (LS=24); col. 26, B, C, Ch, M, O, P (LS=20), R (LS=22); col. 30, P (SS=31); col. 34, O (LS=4); col. 38, M (SM=11)
- lin. 23: col. 30, P (LS=25); col. 42, C (SM=39)
- lin. 24: col. 38, O (LS=32); col. 42, M (SS=23)

A la taula de paral·laxi (taula 3), els errors s'indiquen per les línies on es troben, amb la nomenclatura següent:

- MIN: minuts de l'hora;
- LOH: hora de la paral·laxi en longitud;
- LOM: minuts de la paral·laxi en longitud;
- LAM: minuts de la paral·laxi en latitud;
- LAS: segons de la paral·laxi en latitud.

A la taula dels eclipsis de Sol (taula 4), els errors s'indiquen per les línies on es troben, s'especifica també la columna, i s'utilitza la nomenclatura següent:

- DD: dígit de diàmetre eclipsat;
  - DM: minuts de diàmetre eclipsat;
  - TM: minuts de la semidurada de l'eclipsi.
- lin. 2: col. 51, Q (DD=0); B (TM=53)
- lin. 3: col. 48, B (TM=13), P (TM=9); col. 51, R (DD=1)
- lin. 4: col. 45, P (DM=37); col. 48, R (DM=29); col. 51, X (DM=37)
- lin. 5: col. 45, P (TM=29); col. 51, M (DM=38)
- lin. 6: col. 42, Q (TM=33); col. 51, M (DM=45)
- lin. 7: col. 42, P (DM=48); col. 48, B (DD=3), M (DM=35); col. 51, Q (TM=44)
- lin. 8: col. 39, M (DM=7); col. 51, Q (DM=48)
- lin. 9: col. 33, P (DM=8); col. 39, M (DM=36)
- lin. 10: col. 33, O (DD=0)
- lin. 11: col. 39, M (DM=42); col. 45, M (TM=41)

- lin. 13: col. 27, B, Ch (TM=29); col. 30, Q (DD=5); col. 36, C (DM=23); col. 39, C (DM=27); col. 45, M (DM=7)
- lin. 14: col. 21, O, R (TM=20); col. 27, B, Ch (DM=37); col. 48, Q (DM=10)
- lin. 15: col. 24, M (TM=33); col. 33, B, Ch, M (DM=2); col. 45, M (DM=20)
- lin. 16: col. 18, M (DM=47), B (TM=16); col. 48, P (DM=9)
- lin. 17: col. 21, M (TM=38); col. 30, Q (DD=10)
- lin. 18: col. 12, B, Ch (TM=0); col. 15, B (DM=26), B, Ch (TM=27); col. 18, C (DM=41), M (DM=45); col. 27, P (DM=27); col. 33, R (DM=9); col. 39, M (DM=55); col. 42, M (DM=39); col. 45, Ch (DM=34), M (DM=25); col. 48, B, P, R (DM=25), M (DM=10); col. 51, M (DM=-)
- lin. 19: col. 12, B, Ch (TM=0); col. 21, M (DM=45); col. 42, M (DM=50); col. 48, P (TM=42); col. 51, C (DD=5), P (TM=44)
- lin. 20: col. 9, M (TM=16); col. 15, M (DM=28); col. 27, C (DD=0), M (DM=21); col. 42, M (DM=53); col. 45, C, P (TM=53); col. 51, M (TM=49)
- lin. 21: col. 30, C (DM=26)
- lin. 22: col. 15, B (DD=8); col. 21, M (DM=7), M (TM=58); col. 30, O, R (DM=44), M (TM=54); col. 39, P (TM=54)
- lin. 23: col. 18, M (TM=53); col. 30, M (DM=20); col. 39, M (DM=11); col. 51, P (TM=34)
- lin. 24: col. 15, P (TM=52); col. 21, M (TM=24); col. 24, B, Ch, M (DM=20); col. 33, Q (DM=48); col. 36, C (DD=4); col. 42, B (DM=3)
- lin. 25: col. 6, C (DD=14); col. 9, M (DM=48); col. 18, M (DM=59); col. 27, Q (DD=9); col. 51, c, P (DM=51)
- lin. 26: col. 24, P, Q (DD=11), M (DM=4); col. 45, M (DM=23), O (TM=39)
- lin. 27: col. 9, C, P (TM=53); col. 21, O, R (DM=23); col. 33, M (DD=8); col. 39, M (DM=28), C (TM=31), P (TM=37); col. 42, C (TM=19); col. 45, C (TM=0)
- lin. 28: col. 12, M (DM=26), P (DM=50); col. 30, M (DD=5); col. 42, M (DM=10)
- lin. 29: col. 6, O (DT=16); col. 12, M (DM=26); col. 18, R (DM=16); col. 24, Ch (DM=4); col. 42, O (TM=40), P, Q (TM=14)
- lin. 30: col. 15, P (TM=54); col. 18, P (TM=53); col. 21, P (TM=50); col. 24, P (TM=47); col. 27, P (TM=42); col. 30, P (TM=37); col. 33, P (TM=28); col. 36, P (TM=11); col. 39, P (TM=0)
- lin. 31: col. 15, P (DD=10); col. 21, B (TM=5)
- lin. 32: col. 6, C (DD=1); col. 12, O (DM=42)
- lin. 33: col. 27, M (TM=34)
- lin. 34: col. 15, O (TM=52); col. 18, Q (DD=15)
- lin. 35: col. 6, M (DM=16), O, R (DM=18), P (TM=52); col. 9, C (DD=7), B (DM=50); col. 12, O, Q (DM=48); col. 15, B, Ch (TM=46); col. 18, M (DM=16); col. 21, M (DD=-), M (DM=-), M (TM=-); col. 24, P (DM=19); col. 27, M (DM=24)

- lin. 36: col. 12, P (TM=58); col. 24, O, R (TM=11)
- lin. 37: col. 6, P (TM=57); col. 21, Q (DM=17)
- lin. 38: col. 15, P (TM=53)
- lin. 39: col. 9, M (DD=1); col. 12, M (DM=24); col. 15, M (TM=26)
- lin. 40: col. 9, M (TM=47), P (TM=27); col. 12, M (DM=25)
- lin. 42: col. 6, O (DM=7)
- lin. 43: col. 6, B, Ch (TM=26)

A la taula dels eclipsis de Lluna (taula 5), els escassos errors no requereixen cap nomenclatura especial i apareixen al peu de la taula.

## I. TAULA DE SIZÍGIES

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1361	1	7	1	4:57	32-12	11-25-37	3-25-45	B,Ch,M(MIN=56);P'(MIN=37);O(ESM=33);M(VLSG=15)
O	1361	1	21	1	20:28	21- 1	0-10- 4	4-10-58	M,P'(HORA=2);M(MIN=18)
C	1361	2	5	2	13:21	36- 7	0-24-25	4-26- 6	M(ALLG=16)
O	1361	2	20	3	12:56	26- 3	1- 8-55	5-11-24	P'(MIN=36)
C	1361	3	4	3	21: 4	38- 0	1-22-40	5-25-54	M,R(VLSM=46);M(ALLG=15);O(ALLM=59)
O	1361	3	20	5	3:32	30- 5	2- 7-15	6-11-18	O(MIN=33);O(ALLM=14)
C	1361	4	3	5	4:59	37- 0	2-20-36	6-25-24	Q(VLSS=5);O(VLSM=56)
O	1361	4	18	6	16: 4	32- 5	3- 5-16	7-10-53	M(VLSM=26)
C	1361	5	2	6	14: 2	33- 2	3-18-27	7-24-48	M(VLSM=17)
O	1361	5	18	1	2:54	32-12	4- 3-13	8-10-23	
C	1361	6	1	1	1:11	26-12	4-16-31	8-24-26	O(ALLG=29)
O	1361	6	16	2	12:42	31-11	5- 1-25	9-10- 9	M(ALLM=3)
C	1361	6	30	2	15: 1	20- 1	5-15- 4	9-24-33	B(ESM=2)
O	1361	7	14	3	21:54	30- 3	6- 0- 2	10-10-19	
C	1361	7	29	4	7:31	14- 8	6-14-17	10-25-20	
O	1361	8	14	5	7: 5	28- 3	6-29-15	11-11- 6	
C	1361	8	29	6	1:55	11- 7	7-14- 9	11-26-47	Q(ESM=12)
O	1361	9	12	6	16:54	26- 1	7-29- 0	0-12-24	M(DIAM=22);M(VLSG=19)
C	1361	9	27	7	20:57	12- 6	8-14-30	0-28-42	O,R(MIN=27);M(ALLG=24);O(ALLM=44)
O	1361	10	12	1	3:43	23- 4	8-29- 9	1-14- 7	M(VLSM=19);O(ALLG=15)
C	1361	10	27	2	14:58	15-14	9-15- 0	2- 0-47	
O	1361	11	10	2	16:11	21- 0	9-29-24	2-15-55	M(ALLM=-)
C	1361	11	26	4	6:49	21-11	10-15-18	3- 2-39	M,Q(DIAM=27);Q(VLSM=0)
O	1361	12	9	4	6:16	20- 7	10-29-27	3-17-32	P'(DIAS=3)
C	1361	12	24	5	19:52	28- 4	11-15- 4	4- 3-59	B(DIAM=29);M(ESM=18)
O	1362	1	10	5	21:39	21-14	11-29- 3	4-18-43	M(MIN=3)
C	1362	1	26	7	6:12	34- 4	0-14- 8	5- 4-36	Ch(MIN=19)
O	1362	2	9	7	13:31	24- 5	0-28- 4	5-19-18	M(ESM=14)
C	1362	2	24	1	14:23	38-11	1-12-35	6- 4-37	M(ESM=34)
O	1362	3	9	2	5:10	26-15	1-26-35	6-19-23	M(VLSG=16)
C	1362	3	23	2	21:15	39-16	2-10-34	7- 4- 9	O(ESM=29)
O	1362	4	7	3	20: 5	28- 4	2-24-45	7-19- 7	
C	1362	4	22	4	4: 1	38- 4	3- 8-20	8- 3-28	M(VLSM=5)
O	1362	5	7	5	10: 2	28- 5	3-22-48	8-18-44	
C	1362	5	21	5	11:46	33-13	4- 6-11	9- 2-52	
O	1362	6	5	6	23: 5	27- 7	4-21- 0	9-18-30	
C	1362	6	19	6	21:38	27- 7	5- 4-26	10- 2-40	
O	1362	7	4	1	11:13	26-16	5-19-34	10-18-38	M,P',R(MIN=33)
C	1362	7	18	1	10:19	20- 5	6- 3-15	11- 3- 3	
O	1362	8	3	2	22:37	26-10	6-18-39	11-19-16	M(MIN=27);M(ALLM=19)
C	1362	8	18	3	2: 4	13-16	7- 2-48	0- 4-10	
O	1362	9	2	4	9:17	26-12	7-18-16	0-20-27	P'(DIAM=3)
C	1362	9	16	4	20:25	10-10	8- 2-58	1- 5-55	
O	1362	10	1	5	19:34	26- 9	8-18-17	1-22- 2	M(MIN=24);M,O,Q,R(VLSM=18)
C	1362	10	16	6	15:59	10- 6	9- 3-31	2- 8- 3	
O	1362	10	31	7	5:51	25-14	9-18-29	2-23-46	M(VLSM=39)
C	1362	11	15	1	11:12	14- 4	10- 4- 2	3-10- 8	
O	1362	11	29	1	16:49	25- 8	10-18-32	3-25-23	M(ESM=15)
C	1362	12	14	3	4:27	20-11	11- 4- 9	4-11-49	M(MIN=17);M,P'(ESM=10)
O	1362	12	28	3	4:41	25-15	11-18-13	4-26-38	B,C,Ch,M,O,P',P',Q,R(HORA=5);M(ESS=25)

1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1363	1	15	4	18:45	28- 4	0- 3-37	5-12-52	O(ESM=24)
O	1363	1	29	4	17:28	27- 6	0-17-18	5-27-18	P{DIAM=24};M(MIN=18);M(ESM=17);M(ALLG=17)
C	1363	2	14	6	5:58	34-12	1- 2-23	6-13-12	
O	1363	2	28	6	7: 2	28- 7	1-15-54	6-27-28	
C	1363	3	13	7	14:37	39- 0	2- 0-33	7-12-56	M,O,Q,R(ALLM=57)
O	1363	3	27	7	21: 9	28- 1	2-14- 8	7-27-16	M(ESM=18);M(VLSG=18)
C	1363	4	11	1	21:33	39-15	2-28-23	8-12-19	M(VLSG=18);M(VLSM=13)
O	1363	4	26	2	11:46	26-10	3-12-13	8-26-55	P(ALLM=25)
C	1363	5	11	3	4: 3	37-15	3-26- 9	9-11-38	O(ESM=35)
O	1363	5	26	4	2:40	24- 0	4-10-23	9-26-39	
C	1363	6	9	4	11:17	33-11	4-24- 8	10-11-10	M(ESM=23);M(VLSG=34)
O	1363	6	24	5	17:46	22- 0	5- 8-53	10-26-43	M(MIN=47)
C	1363	7	7	5	20:16	27-16	5-22-38	11-11-13	M(ALLM=10)
O	1363	7	23	7	8:28	21- 7	6- 7-54	11-27-18	P{OIAS=5}
C	1363	8	7	7	7:51	21- 9	6-21-47	0-11-56	M,O,Q,R(ALLM=57)
O	1363	8	22	1	22:21	22- 6	7- 7-26	0-28-24	M(MIN=11);O(ALLG=18)
C	1363	9	5	1	22:22	15- 8	7-21-37	1-13-20	P{HORA=23}
O	1363	9	21	3	10:55	24- 3	8- 7-27	1-29-59	
C	1363	10	5	3	15:39	11-10	8-21-59	2-15-16	
O	1363	10	20	4	22:11	26- 0	9- 7-38	3- 1-43	
C	1363	11	4	5	10:43	11- 0	9-22-32	3-17-23	O(ESS=10)
O	1363	11	19	6	8:30	27-13	10- 7-46	4- 3-25	M(DIAM=10)
C	1363	12	3	7	6: 5	14- 9	10-22-54	4-19-20	O(ALLG=13)
O	1363	12	17	7	18:25	29-10	11- 7-31	5- 4-43	M(VLSM=21)
C	1364	1	4	2	0: 2	20- 8	11-22-43	5-20-43	
O	1364	1	18	2	4:19	31- 6	0- 6-45	6- 5-30	M(ALLM=31)
C	1364	2	2	3	15:26	27-11	0-21-51	6-21-25	M(HORA=16);M,Q,R(ESS=13)
O	1364	2	16	3	14:40	32- 8	1- 5-24	7- 5-43	M(VLSM=14)
C	1364	3	2	5	3:50	33-16	1-20-20	7-21-28	B,M(VLSG=2);M(ALLM=18)
O	1364	3	16	5	1:46	32- 0	2- 3-39	8- 5-31	
C	1364	3	31	6	13:34	37- 7	2-18-22	8-21- 3	P'(ESM=27);P(VLSM=52);M(ALLG=12)
O	1364	4	14	6	14: 2	29- 9	3- 1-40	9- 5- 6	
C	1364	4	29	7	21:29	38- 0	3-16-11	9-20-25	M(MIN=19);M(ESM=31)
O	1364	5	14	1	3:46	25- 7	3-29-43	10- 4-42	P{DIAS=7}
C	1364	5	29	2	4:39	36- 3	4-14- 3	10-19-50	M(ALLG=9)
O	1364	6	12	2	19: 0	20-11	4-28- 4	11- 4-37	
C	1364	6	27	3	12: 5	32-12	5-12-18	11-19-38	P'(DIAS=2)
O	1364	7	11	4	11:29	17- 8	5-26-56	0- 5- 3	
C	1364	7	25	4	20:44	28- 4	6-11- 7	0-20- 0	M(HORA=10);M(ESM=18)
O	1364	8	11	6	4:24	16- 8	6-26-23	1- 6- 5	M(VLSM=33)
C	1364	8	25	6	7:24	23- 3	7-10-36	1-21- 3	
O	1364	9	9	7	20:41	18- 3	7-26-23	2- 7-39	M(VLSG=16);M(ALLG=3)
C	1364	9	23	7	20:27	18- 4	8-10-39	2-22-39	B,Ch,P(MIN=28)
O	1364	10	9	2	11:21	21- 4	8-26-40	3- 9-30	M(VLSG=16);B(ALLM=38)
C	1364	10	23	2	12: 4	14- 7	9-11- 4	3-24-38	O(VLSG=2);M(ALLM=28)
O	1364	11	8	4	0: 5	25- 5	9-26-56	4-11-20	P(VLSM=26)
C	1364	11	22	4	5:43	13-11	10-11-28	4-26-37	
O	1364	12	6	5	10:53	29- 0	10-26-53	5-12-51	R(ALLG=11)
C	1364	12	21	6	0:10	16- 7	11-11-32	5-28-17	P{DIAM=22}

1. TÀULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
O	1365	1	7	6	20:19	32-14	11-26-17	6-13-49	
C	1365	1	22	7	18:0	21-13	0-10-59	6-29-18	P'(ESM=51)
O	1365	2	6	1	4:51	35-13	0-25-5	7-14-10	
C	1365	2	21	2	9:54	27-9	1-9-48	7-29-41	P'(ESS=46)
O	1365	3	5	2	13:10	36-11	1-23-22	8-14-0	M(HORA=12);M(ALLM=10)
C	1365	3	20	3	23:28	32-1	2-8-4	8-29-31	P'(DIAS=2)
O	1365	4	3	3	22:6	35-3	2-21-19	9-13-31	
C	1365	4	19	5	10:44	34-4	3-6-2	9-29-3	
O	1365	5	3	5	8:24	30-12	3-19-12	10-12-57	
C	1365	5	18	6	20:20	34-8	4-3-57	10-28-31	
O	1365	6	1	6	20:53	24-13	4-17-21	11-12-40	
C	1365	6	17	1	5:1	32-16	5-2-6	11-28-14	P(VLSM=10)
O	1365	6	31	1	11:49	18-11	5-15-57	0-12-50	
C	1365	7	15	2	13:31	30-14	6-0-42	0-28-23	O,R(MIN=13)
O	1365	7	30	3	4:59	14-1	6-15-12	1-13-39	M(ESM=40)
C	1365	8	14	3	22:29	27-13	6-29-55	1-29-9	
O	1365	8	29	4	23:25	12-8	7-15-5	2-15-7	P'(ESM=13)
C	1365	9	13	5	8:38	24-13	7-29-43	3-0-30	M(DIAM=23)
O	1365	9	28	6	17:41	14-8	8-15-25	3-17-1	
C	1365	10	12	6	20:21	21-0	8-29-53	4-2-14	
O	1365	10	28	1	10:24	18-10	9-15-52	4-19-3	P(ALLM=13)
C	1365	11	11	1	10:8	18-14	10-0-12	5-4-7	
O	1365	11	27	3	0:45	24-1	10-16-6	5-20-51	M(VLSM=16)
C	1365	12	10	3	1:38	18-4	11-0-18	6-5-47	Q(HORA=0)
O	1365	12	25	4	12:30	30-0	11-15-47	6-22-5	O,R(MIN=39)
C	1366	1	11	4	18:16	20-9	11-29-55	7-6-59	
O	1366	1	26	5	21:55	35-2	0-14-49	7-22-41	
C	1366	2	10	6	10:51	24-1	0-28-58	8-7-36	P'(HORA=20)
O	1366	2	25	7	5:44	38-12	1-13-14	8-22-39	P'(HORA=15)
C	1366	3	10	1	2:37	27-8	1-27-28	9-7-40	P'(ESM=28);M(VLSM=18)
O	1366	3	24	1	12:44	39-3	2-11-13	9-22-11	
C	1366	4	8	2	17:0	29-8	2-25-37	10-7-23	O(VLSM=23)
O	1366	4	22	2	20:6	37-0	3-9-0	10-21-31	
C	1366	5	8	4	6:0	30-0	3-23-37	11-6-57	
O	1366	5	22	4	4:49	31-12	4-6-55	11-20-59	
C	1366	6	6	5	17:48	29-8	4-21-47	0-6-41	
O	1366	6	20	5	15:59	24-14	5-5-13	0-20-51	
C	1366	7	5	7	4:40	28-13	5-20-18	1-6-46	M(ESS=12)
O	1366	7	19	7	6:4	18-1	6-4-6	1-21-18	M(VLSM=5)
C	1366	8	4	1	14:57	27-15	6-19-21	2-7-22	P'(ESM=28)
O	1366	8	18	1	22:59	12-9	7-3-43	2-22-30	
C	1366	9	3	3	0:53	27-2	7-18-56	3-8-30	C(DIAS=2)
O	1366	9	17	3	17:58	10-6	8-3-56	3-24-17	P'(ESS=16)
C	1366	10	2	4	10:58	26-0	8-18-59	4-10-7	
O	1366	10	17	5	13:24	11-14	9-4-28	4-26-24	P'(MIN=54);M(VLSM=18)
C	1366	10	31	5	21:41	24-7	9-19-11	5-11-52	
O	1366	11	16	7	7:44	16-8	10-4-57	5-28-27	M(MIN=41);Q(ESS=4)
C	1366	11	30	7	9:35	23-9	10-19-16	6-13-31	M(ALLM=13)
O	1366	12	14	1	23:36	23-1	11-4-59	7-0-3	
C	1366	12	28	1	22:45	23-13	11-18-57	7-14-46	P(VLSM=9)

1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min-s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	N O T E S
O	1367	1	16	3	12:32	30- 9	0- 4-23	8- 1- 2	
C	1367	1	30	3	12:55	25- 8	0-18- 7	8-15-30	
O	1367	2	14	4	22:31	36- 2	1- 3- 5	9- 1-17	P'(ESM=26);R(ALLM=7)
C	1367	2	29	5	3:36	27- 3	1-16-45	9-15-42	P'(DIAM=24);P'(MIN=38)
O	1367	3	14	6	6:19	39-12	2- 1-12	10- 0-57	
C	1367	3	28	6	18:27	27- 9	2-15- 0	10-15-31	
O	1367	4	12	7	12:55	39-16	2-29- 1	11- 0-20	
C	1367	4	27	1	9:14	26-16	3-13- 5	11-15-11	B,C,Ch,M,O,P,P',Q,R(ESM=27);B(VLSG=3)
O	1367	5	11	1	19:31	37- 2	3-26-48	11-29-40	P'(HORA=13)
C	1367	5	26	2	23:41	25- 3	4-11-15	0-14-55	P'(DIAM=28);O(VLSG=2);P(VLSM=16)
O	1367	6	10	3	3:20	32- 2	4-24-49	0-29-14	M,Q(ALLG=24);O,R(ALLG=28)
C	1367	6	25	4	13:49	24- 0	5- 9-44	1-14-58	Q(ALLG=15)
O	1367	7	8	4	13:22	25-11	5-23-22	1-29-20	B(ALLM=2)
C	1367	7	24	6	3:14	23-10	6- 8-42	2-15-30	
O	1367	8	8	6	2:19	18-12	6-22-35	3- 0- 7	R(ESS=2)
C	1367	8	23	7	15:42	24- 8	7- 8-12	3-16-34	
O	1367	9	6	7	18:16	13- 5	7-22-29	4- 1-36	P'(MIN=18)
C	1367	9	22	2	3: 9	25-12	8- 8-10	4-18- 6	P'(MIN=19)
O	1367	10	6	2	12:41	10- 5	8-22-54	5- 3-36	
C	1367	10	21	3	13:42	26- 8	9- 8-21	5-19-50	P',Q(ESM=16);Q(VLSG=7)
O	1367	11	5	4	8:17	11- 3	9-23-29	6- 5-45	
C	1367	11	19	4	23:55	27- 4	10- 8-27	6-21-30	P'(HORA=13)
O	1367	12	4	6	3:23	15-14	10-23-50	7- 7-41	
C	1367	12	18	6	10:19	28- 5	11- 8-13	7-22-49	P'(ESS=15)
O	1368	1	4	7	20:24	22- 8	11-23-36	8- 9- 1	M(DIAM=2)
C	1368	1	18	7	21: 9	29-12	0- 7-28	8-23-37	M(ALLG=22);B(ALLM=36)
O	1368	2	3	2	10:29	29-14	0-22-39	9- 9-37	Q(VLSG=23);M(ALLG=8);B(ALLM=36)
C	1368	2	17	2	8:45	30- 7	1- 6- 9	9-23-22	B,C,Ch(ALLM=52);P(ALLM=32)
O	1368	3	2	3	21:33	35-14	1-21- 5	10- 9-37	B(ALLM=36)
C	1368	3	16	3	21:10	30- 2	2- 4-17	10-23-43	C,P'(ESS=20);B(ALLS=11);B(ALLG=9);B(ALLM=8)
O	1368	4	1	5	6: 6	38-12	2-19- 3	11- 9- 8	B(MIN=10);B(ESM=36);M,P'(ESM=37)
C	1368	4	15	5	10:33	28- 2	3- 2-29	11-23-19	M(VLSM=19)
O	1368	4	30	6	13:12	39- 0	3-16-50	0- 8-28	P'(MIN=32)
C	1368	5	15	7	1: 1	24-11	4- 0-36	0-23- 1	M(ALLM=19)
O	1368	5	29	7	19:59	36- 3	4-14-42	1- 7-54	C,Ch,M,Q,R(VLSG=12);O(VLSG=13)
C	1368	6	13	1	16:29	21- 1	4-28-58	1-22-57	
O	1368	6	28	2	3:32	31-15	5-12-58	2- 7-43	B(HORA=23);M,O,P',Q,R(ESM=30)
C	1368	7	12	3	8:32	18-14	5-27-49	2-23-22	O(ALLM=21)
O	1368	7	26	3	12:53	26- 7	6-11-49	3- 8- 7	P'(DIAM=27)
C	1368	8	12	5	0:26	18-11	6-27-16	3-24-23	O(VLSG=26)
O	1368	8	26	5	0:37	20-10	7-11-22	4- 9-13	B,Ch(DIAM=27)
C	1368	9	10	6	15:18	20- 9	7-27-12	4-25-53	B(HORA=9);P(VLSG=26)
O	1368	9	24	6	15: 7	15-10	8-11-29	5-10-54	
C	1368	10	10	1	4:36	23- 7	8-27-26	5-27-41	P'(MIN=56);B(ESS=6)
O	1368	10	24	1	8: 9	12- 5	9-11-57	6-12-57	B(ALLM=56)
C	1368	11	8	2	16:11	26-10	9-27-39	6-29-28	
O	1368	11	23	3	2:53	12-13	10-12-24	7-14-59	B(ESS=3)
C	1368	12	7	4	2:22	29- 6	10-27-35	8- 0-57	P'(MIN=23);B(VLSG=26)
O	1368	12	21	4	21:45	16- 9	11-12-28	8-16-37	

## 1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1369	1	8	5	11:46	32- 5	11-26-58	9- 1-54	P <sup>1</sup> (MIN=26)
O	1369	1	23	6	15:11	23- 1	0-11-53	9-17-37	M(VLSM=52)
C	1369	2	6	6	20:44	34- 7	0-25-45	10- 2-14	
O	1369	2	22	1	6:11	29- 7	1-10-38	10-17-56	
C	1369	3	6	1	5:58	35- 1	1-24- 3	11- 2- 5	
O	1369	3	21	2	18:29	33-15	2- 8-51	11-17-42	M(ALLS=2)
C	1369	4	4	2	16: 7	33- 2	2-22- 4	0- 1-39	P(VLSG=24)
O	1369	4	20	4	4:28	36- 2	3- 6-46	0-17-10	B,Ch(VLSM=40);R(VLSM=48)
C	1369	5	4	4	3:45	28-16	3-20- 0	1- 1- 8	
O	1369	5	19	5	12:54	35-13	4- 4-38	1-16-35	
C	1369	6	2	5	17:22	23- 4	4-18-12	2- 0-54	
O	1369	6	17	6	20:46	33-13	5- 2-46	2-16-16	B(VLSG=20)
C	1369	7	1	7	9: 7	17-16	5-16-52	3- 1- 8	
O	1369	7	16	1	4:54	30-13	6- 1-22	3-16-25	
C	1369	8	1	2	2:30	14-10	6-16- 7	4- 1-58	
O	1369	8	15	2	14: 1	26-15	7- 0-36	4-17-13	
C	1369	8	30	3	20:25	14- 3	7-16- 0	5- 3-25	B(HORA=8);Ch(HORA=4);M,O,P,P <sup>1</sup> ,Q(HORA=2)
O	1369	9	14	4	0:51	22-14	8- 0-26	5-18-36	O(MIN=57)
C	1369	9	29	5	13:36	17- 0	8-16-18	6- 5-18	O(VLSG=18)
O	1369	10	13	5	13:46	18-10	9- 0-39	6-20-23	
C	1369	10	29	7	4:48	21- 0	9-16-41	7- 7-15	
O	1369	11	12	7	5: 0	16- 5	10- 1- 2	7-22-20	
C	1369	11	27	1	17:45	25-16	10-16-51	8- 8-59	B,Ch(DIAM=26);O(ESM=35);M(VLSG=26)
O	1369	12	10	1	21:55	16-11	11- 1-11	8-24- 4	O(VLSG=10)
C	1369	12	26	3	4:28	31- 0	11-16-29	9-10-11	B(VLSS=1)
O	1370	1	12	3	15:27	19-14	0- 0-50	9-25-19	M(DIAM=22);B,Ch(VLSM=3)
C	1370	1	27	4	13:22	35-10	0-15-29	10-10-45	P <sup>1</sup> (ESM=14);Q(ESM=25);R(ALLM=42)
O	1370	2	11	5	8:22	24- 6	0-29-53	10-25-56	C(ALLM=55);O(VLSG=19)
C	1370	2	25	5	21: 8	38- 3	1-13-53	11-10-42	P(HORA=20)
O	1370	3	10	6	23:43	28- 7	1-28-21	11-25-58	B(ALLG=28)
C	1370	3	25	7	4:37	38- 0	2-11-52	0-10-14	M,O,Q,R(ESS=6)
O	1370	4	9	1	13:16	31- 3	2-26-27	0-25-38	M(MIN=6);M(ESM=21);M(VLSM=57);B,Ch(ALLG=28)
C	1370	4	23	1	12:51	35- 4	3- 9-42	1- 9-37	P <sup>1</sup> (HORA=22)
O	1370	5	9	3	1: 6	31-15	3-24-25	1-25- 9	P,P <sup>1</sup> (DIAS=2)
C	1370	5	22	2	22:48	29- 8	4- 7-40	2- 9- 9	P,P <sup>1</sup> (DIAS=3);B,Ch(HORA=20);C,M,O,Q,R(VLSM=35);M(ALLM=4)
O	1370	6	7	4	11:36	31- 7	4-22-32	2-24-50	B(ALLM=3);M(ALLM=54)
C	1370	6	21	4	11:20	22-16	5- 6- 1	3- 9- 4	
O	1370	7	5	5	21:17	30- 5	5-21- 2	3-24-54	Q(DIAM=3)
C	1370	7	20	6	2:39	16- 6	6- 5- 0	4- 9-37	
O	1370	8	5	7	6:41	28-12	6-20- 3	4-25-28	B(VLSG=2)
C	1370	8	19	7	20:23	12- 1	7- 4-38	5-10-49	B(HORA=2)
O	1370	9	3	1	16:16	27- 0	7-19-37	5-26-35	
C	1370	9	18	2	15:29	11- 5	8- 4-52	6-12-38	
O	1370	10	3	3	2:34	24-13	8-19-41	6-28-13	B(DIAS=2);Ch(HORA=20);M,O,Q,R(ALLM=16)
C	1370	10	18	4	10:18	13-12	9- 5-23	7-14-44	
O	1370	11	1	4	14: 6	22- 7	9-19-55	8- 0- 1	
C	1370	11	17	6	3:26	19- 0	10- 5-49	8-16-44	
O	1370	11	31	6	3:12	21- 7	10-20- 2	9- 1-42	B,Ch(VLSM=40)
C	1370	12	15	7	17:50	25- 7	11- 5-47	9-18-17	P <sup>1</sup> (ESM=15);C(VLSM=45)



1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
O	1371	1	1	7	17:45	21- 9	11-19-47	10- 3- 1	M(DIAS=2);B,Ch(ALLM=7)
C	1371	1	17	2	5:24	32- 3	0- 5- 6	10-19- 9	Q(ALLS=19)
O	1371	1	31	2	9:11	23-16	0-18-59	11- 3-47	M,Q(VLSM=39)
C	1371	2	15	3	14:24	37- 3	1- 3-45	11-19-21	
O	1371	2	30	4	0:45	26- 7	1-17-38	0- 4- 0	M(MIN=26);M,Q,R(VLSM=37)
C	1371	3	14	4	21:41	39-15	2- 1-51	0-19- 0	M(ALLG=13)
O	1371	3	29	5	15:53	27-11	2-15-53	1- 3-49	
C	1371	4	13	6	4:16	39- 6	2-29-39	1-18-21	M(ESM=19)
O	1371	4	28	7	6:21	27-16	3-13-57	2- 3-27	P(MIN=26)
C	1371	5	12	7	11:22	35-16	3-27-27	2-17-42	O,R(VLSM=26)
O	1371	5	27	1	20: 1	26-14	4-12- 6	3- 3-10	
C	1371	6	10	1	20: 4	30- 2	4-25-32	3-17-20	M(ALLM=28);O(ALLM=2)
O	1371	6	26	3	8:56	26- 1	5-10-33	4- 3-10	C(DIAS=2);M(ALLM=39)
C	1371	7	9	3	7:23	23- 4	5-24- 7	4-17-28	M(ALLM=20)
O	1371	7	24	4	21: 1	25-14	6- 9-28	5- 3-39	M(ALLM=10)
C	1371	8	8	4	21:44	16- 6	6-23-26	5-18-21	
O	1371	8	24	6	8:16	25-16	7- 8-56	6- 4-41	
C	1371	9	7	6	14:59	11-12	7-23-24	6-19-54	P'(HORA=4)
O	1371	9	22	7	18:53	26- 9	8- 8-52	7- 6-10	C(ESS=0)
C	1371	10	7	1	10:12	10- 0	8-23-52	7-21-57	
O	1371	10	22	2	5: 7	26- 6	9- 9- 2	8- 7-54	
C	1371	11	6	3	5:47	12- 2	9-24-26	8-24- 5	
O	1371	11	20	3	15:37	26- 0	10- 9- 9	9- 9-34	B(ESS=9)
C	1371	12	5	5	0: 9	17-16	10-24-45	9-25-59	
O	1371	12	19	5	2:49	26- 7	11- 8-56	10-10-55	P'(ESM=27)
C	1372	1	5	6	15:55	24-15	11-24-26	10-27-15	B,Ch(HORA=9);Q(MIN=35)
O	1372	1	19	6	14:52	27-11	0- 8-14	11-11-47	O,R(ESM=26);Q(VLSG=28)
C	1372	2	4	1	4:35	32- 1	0-23-26	11-27-49	
O	1372	2	18	1	3:45	28-10	1- 6-57	0-12- 4	R(ESM=26)
C	1372	3	3	2	14:22	37- 5	1-21-48	0-27-45	
O	1372	3	17	2	17:25	28-13	2- 5-17	1-11-59	P'(DIAM=13)
C	1372	4	1	3	21:59	39-12	2-19-43	1-27-13	R(DIAM=16);C(ESM=29)
O	1372	4	16	4	7:39	27- 4	3- 3-22	2-11-38	
C	1372	5	1	5	4:36	39- 0	3-17-27	2-26-30	R(DIAM=15)
O	1372	5	15	5	22:28	24-15	4- 1-29	3-11-19	M(VLSG=11)
C	1372	5	30	6	11:21	35-10	4-15-22	3-25-58	M(ALLG=26)
O	1372	6	14	7	13:41	22- 1	4-29-51	4-11-15	O(MIN=54)
C	1372	6	28	7	19:25	30- 7	5-13-38	4-25-47	
O	1372	7	13	2	4:55	20-14	5-28-41	5-11-39	M,Q(DIAS=4);M,Q(HORA=2);P,P'(MIN=25)
C	1372	7	27	2	5:42	24- 4	6-12-33	5-26-15	M(DIAS=5);M(HORA=2)
O	1372	8	12	3	19:32	21- 1	6-28- 6	6-12-38	
C	1372	8	26	3	18:45	18- 3	7-12- 9	6-27-25	
O	1372	9	11	5	8:58	22-15	7-27-59	7-14- 5	
C	1372	9	25	5	10:44	13- 6	8-12-21	7-29-12	B(ALLG=12);B(ALLM=29)
O	1372	10	10	6	21: 0	25- 0	8-28- 9	8-15-49	
C	1372	10	25	7	5: 0	10-16	9-12-53	9- 1-18	P'(ESS=6)
O	1372	11	9	1	7:49	27- 3	9-28-22	9-17-35	
C	1372	11	24	2	0:24	12-12	10-13-21	10- 3-21	P'(HORA=10)
O	1372	12	7	2	17:45	29- 2	10-28-16	10-19- 3	M(VLSG=27)
C	1372	12	22	3	19: 8	17-13	11-13-23	11- 4-58	O,R(ESS=3)

## 1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
O	1373	1	9	4	3:28	31- 6	11-27-39	11-19-59	B,Ch(VLSG=26);P(ALLM=54)
C	1373	1	24	5	11:47	24-15	0-12-45	0- 5-54	P(ESS=5);O(VLSM=55)
O	1373	2	7	5	13:15	32-14	0-26-27	0-20-20	
C	1373	2	23	7	1:37	31-10	1-11-27	1- 6- 9	P,P'(DIAS=6)
O	1373	3	6	6	23:40	33- 4	1-24-48	1-20-14	P,P'(DIAS=7);M(VLSM=28)
C	1373	3	22	1	12:33	36- 0	2- 9-36	2- 5-52	
O	1373	4	5	1	11: 4	31- 3	2-22-51	2-19-51	
C	1373	4	20	2	21:19	37-10	3- 7-29	3- 5-18	M(VLSG=9)
O	1373	5	4	2	23:56	27- 3	3-20-50	3-19-24	M(ALLM=2)
C	1373	5	20	4	4:50	36-13	4- 5-18	4- 4-40	O(ESM=26)
O	1373	6	3	4	14:29	22- 4	4-19- 4	4-19-12	P(HORA=12);R(MIN=2)
C	1373	6	18	5	12:11	33-13	5- 3-25	5- 4-20	
O	1373	7	2	6	6:37	17-16	5-17-46	5-19-28	
C	1373	7	16	6	20:19	30- 3	6- 2- 2	6- 4-30	
O	1373	8	1	7	23:44	15-14	6-17- 2	6-20-18	
C	1373	8	16	1	6: 0	25- 7	7- 1-18	7- 5-19	
O	1373	8	31	2	16:43	16- 8	7-16-53	7-21-43	C(VLSG=17)
C	1373	9	14	2	17:51	20- 9	8- 1-11	8- 6-46	M(DIAM=13)
O	1373	9	30	4	8:30	19- 7	8-17- 9	8-23-33	P'(HORA=18);B,Ch(ESS=8)
C	1373	10	14	4	8: 9	16- 0	9- 1-29	9- 8-37	
O	1373	10	29	5	22:19	23- 7	9-17-28	9-25-26	P'(ESM=22);R(ESM=29);P(VLSG=16)
C	1373	11	13	6	0:51	14- 3	10- 1-55	10-10-38	M,O,P',Q,R(MIN=11)
O	1373	11	28	7	10: 3	27- 8	10-17-35	10-27- 7	B,Ch(VLSM=38)
C	1373	12	11	7	18:52	15- 9	11- 2- 5	11-12-23	R(ALLM=33)
O	1373	12	26	1	20: 1	31- 9	11-17-10	11-28-16	B,Ch(VLSG=16);O(ALLM=6)
C	1374	1	13	2	12:56	19-14	0- 1-45	0-13-38	P'(DIAM=9);Q(ALLG=33)
O	1374	1	28	3	4:44	35- 5	0-16- 9	0-28-49	P'(DIAM=24);P'(ESS=1);M(VLSG=1)
C	1374	2	12	4	5:42	25- 4	1- 0-46	1-14-14	P'(DIAM=7)
O	1374	2	26	4	12:50	37- 2	1-14-33	1-28-46	P'(DIAM=23);O(MIN=10)
C	1374	3	11	5	20:20	30- 4	1-29-13	2-14-15	P'(DIAM=6)
O	1374	3	25	5	21: 6	36- 9	2-12-34	2-28-20	P'(DIAM=22)
C	1374	4	10	7	8:43	33- 2	2-27-15	3-13-50	P'(DIAM=5)
O	1374	4	24	7	6:29	33- 4	3-10-26	3-27-46	P'(DIAM=20);Ch(ESM=34)
C	1374	5	9	1	19:13	33-14	3-25-10	4-13-19	P'(DIAM=4);M(MIN=23);C(ESS=16)
O	1374	5	23	1	17:44	27- 7	4- 8-27	4-27-20	P'(DIAM=20)
C	1374	6	8	3	4:29	33- 0	4-23-14	5-12-56	P'(DIAM=3)
O	1374	6	22	3	7:32	20-16	5- 6-52	5-27-19	P'(DIAM=18);B(ESM=2)
C	1374	7	6	4	13:13	31- 3	5-21-42	6-12-58	P'(DIAM=2)
O	1374	7	20	4	23:50	15- 4	6- 5-54	6-27-56	P'(DIAM=16);R(ESS=14)
C	1374	8	5	5	22: 9	28-16	6-20-43	7-13-32	P'(DIAM=1);C(ESS=6)
O	1374	8	20	6	17:57	12- 3	7- 5-35	7-29-11	P'(DIAM=31)
C	1374	9	4	7	7:46	26- 4	7-20-19	8-14-41	P'(DIAM=17)
O	1374	9	19	1	12:41	12-14	8- 5-48	9- 0-58	P'(DIAM=14);P'(HORA=22)
C	1374	10	3	1	18:37	23- 1	8-20-23	9-16-19	P'(DIAM=30);P'(MIN=34);P(VLSM=53);P(ALLM=16)
O	1374	10	19	3	6:29	16- 0	9- 6-17	10- 3- 2	P'(DIAM=14)
C	1374	11	2	3	7:16	20- 3	9-20-42	10-18-11	P'(DIAM=29)
O	1374	11	17	4	22: 7	21- 7	10- 6-38	11- 4-57	P'(DIAM=13);C(ESM=31)
C	1374	11	31	4	21:47	18-16	10-20-51	11-19-54	C,O(MES=12);O(DIAM=1)
O	1374	12	16	6	11: 9	27- 9	11- 6-33	0- 6-26	

1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1375	1	2	6	13:43	19-15	11-20-38	0-21-16	Q(VLSS=1)
O	1375	1	17	7	21:34	33- 8	0- 5-48	1- 7-15	
C	1375	2	1	1	6:10	23- 0	0-19-52	1-22- 4	
O	1375	2	16	2	5:55	37-13	1- 4-24	2- 7-24	P'(HORA=15)
C	1375	2	30	2	22:11	26- 6	1-18-32	2-22-18	R(ALLM=16)
O	1375	3	15	3	13: 2	39-11	2- 2-29	3- 7- 2	M(ESM=29)
C	1375	3	30	4	13:10	28- 9	2-16-46	3-22- 6	
O	1375	4	13	4	19:58	38- 5	3- 0-19	4- 6-25	
C	1375	4	29	6	2:58	29- 6	3-14-48	4-21-42	
O	1375	5	13	6	3:50	34- 5	3-28- 8	5- 5-47	O,R(ALLM=48)
C	1375	5	28	7	15:30	28-15	4-12-54	5-21-22	P'(ESH=20)
O	1375	6	11	7	13:42	27-14	4-26-15	6- 5-27	
C	1375	6	27	2	3: 5	28- 1	5-11-19	6-21-21	P'(DIAM=21);M(ESS=5)
O	1375	7	10	2	2:21	20-15	5-24-56	7- 5-42	C,M,Q(VLSC=54)
C	1375	7	25	3	13:55	27-10	6-10-11	7-21-46	
O	1375	8	9	3	18: 5	14- 7	6-24-18	8- 6-38	M(ALLM=18)
C	1375	8	25	5	0:11	27- 3	7- 9-39	8-22-48	P'(ESH=23)
O	1375	9	8	5	12:15	10-13	7-24-20	9- 8-15	P(VLSM=28)
C	1375	9	23	6	10:18	26- 9	8- 9-34	9-24-16	Q(VLSC=6);P(VLSM=39)
O	1375	10	8	7	7:46	10-10	8-24-49	10-10-18	
C	1375	10	22	7	20:39	25- 7	9- 9-43	10-25-58	
O	1375	11	7	2	2:52	13-12	9-25-22	11-12-26	
C	1375	11	21	2	7:47	24- 5	10- 9-52	11-27-41	
O	1375	12	5	3	20: 5	20- 1	10-25-36	0-14-14	O(ESM=21)
C	1375	12	19	3	20: 9	24- 9	11- 9-41	0-29- 4	P'(DIAM=20);O(ESM=4)
O	1376	1	6	5	10:27	27- 4	11-25-14	1-15-27	
C	1376	1	20	5	9:32	25-10	0- 9- 1	1-29-58	O(MIN=23)
O	1376	2	4	6	21:46	34- 2	0-24-10	2-15-56	P'(ESH=14)
C	1376	2	18	6	23:43	26-15	1- 7-47	3- 0-18	M(ESH=27)
O	1376	3	4	1	6:30	38- 9	1-22-28	3-15-48	P(HORA=16)
C	1376	3	18	1	14:20	27-13	2- 6- 9	4- 0-14	
O	1376	4	2	2	13:29	40- 2	2-20-21	4-15-14	
C	1376	4	17	3	5: 5	27- 1	3- 4-14	4-29-53	
O	1376	5	1	3	19:56	38-11	3-18- 6	5-14-31	
C	1376	5	16	4	19:48	25-11	4- 2-22	5-29-35	
O	1376	5	31	5	3: 3	34- 5	4-16- 0	6-13-58	
C	1376	6	15	6	10:19	23-11	5- 0-43	6-29-30	
O	1376	6	29	6	11:54	28- 8	5-14-21	7-13-53	M(ALLM=13)
C	1376	7	14	1	0:24	22-16	5-29-31	7-29-53	P,P'(DIAS=7);P'(HORA=9);O(ESS=6);P(VLSM=30)
O	1376	7	27	7	23:24	22- 0	6-13-19	8-14-25	P,P'(DIAS=1)
C	1376	8	13	2	13:40	23- 5	6-28-53	9- 0-49	C(ESM=25)
O	1376	8	27	2	13:53	15-11	7-13- 0	9-15-40	C(ALLM=80)
C	1376	9	12	4	1:49	24-12	7-28-44	10- 2-14	
O	1376	9	26	4	7:15	11- 9	8-13-16	10-17-31	
C	1376	10	11	5	12:52	26- 0	8-28-53	11- 3-56	
O	1376	10	26	6	2:24	10- 5	9-13-49	11-19-31	B,Ch,O,Q(ALLM=38)
C	1376	11	9	6	23:14	27- 4	9-29- 3	0- 5-39	
O	1376	11	24	7	21:58	13- 5	10-14-18	0-21-42	M(VLSM=28)
C	1376	12	8	1	9:19	28- 3	10-28-56	1- 7- 6	
O	1376	12	23	2	16: 5	19- 8	11-14-17	1-23-15	

## 1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1377	1	9	2	19:43	29-14	11-28-21	2- 8- 5	
O	1377	1	25	4	7:38	27- 2	0-13-36	2-24- 9	M(MIN=18)
C	1377	2	8	4	6:39	31- 1	0-27-12	3- 8-29	
O	1377	2	23	5	20: 4	33-13	1-12-14	3-24-20	M,Q(VLSS=0);P(ALLG=34)
C	1377	3	7	5	18:18	31- 3	1-25-34	4- 8-25	P'(ESM=38)
O	1377	3	23	7	5:42	37-12	2-10-19	4-23-59	
C	1377	4	6	7	6:59	29- 8	2-23-40	5- 8- 5	M,O,Q,R(ESS=7)
O	1377	4	21	1	13:27	38-13	3- 8- 8	5-23-22	
C	1377	5	5	1	20:50	26- 0	3-21-42	6- 7-41	M,Q(ALLG=6)
O	1377	5	20	2	20:21	37- 3	4- 5-57	6-22-44	M(DIAM=22);M(ESM=27)
C	1377	6	4	3	11:56	21-16	4-19-58	7- 7-31	M,O,P',Q,R(ESM=20);P(ESS=17)
O	1377	6	19	4	3:33	33- 9	5- 4- 5	7-22-25	M(ALLG=23)
C	1377	7	3	5	4: 0	18-16	5-18-40	8- 7-48	M(ESM=10);B,Ch(ALLM=44);M(ALLM=31)
O	1377	7	17	5	12: 2	28-13	6- 2-44	8-22-37	R(ESM=18);M(ALLM=25)
C	1377	8	2	6	20:23	17- 9	6-17-56	9- 8-38	B(HORA=22)
O	1377	8	16	6	22:33	23- 4	7- 2- 1	9-23-28	M,Q(MIN=23)
C	1377	9	1	1	12:10	19- 0	7-17-45	10-10- 1	B,Ch(VLSG=16)
O	1377	9	15	1	11:43	17-16	8- 1-59	10-25- 0	M,P'(MIN=42)
C	1377	10	1	3	2:29	21-14	8-17-56	11-11-47	P',P'(MIN=49);M,O,P',Q,R(ESM=20);P(ESS=2);P(VLSG=18);P(VLSM=45)
O	1377	10	15	3	3:31	13-10	9- 2-21	11-26-57	P'(ESM=33);C,O,R(ESS=0)
C	1377	10	30	4	14:59	25- 2	9-18-13	0-13-38	B,Ch(HORA=19);M(ALLG=26);P(ALLG=16);M(ALLM=30)
O	1377	11	13	4	21:32	12-13	10- 2-50	0-29- 0	P(VLSG=20)
C	1377	11	29	6	1:49	28- 5	10-18-17	1-15-15	Q(ESS=4)
O	1377	12	12	6	16:20	15- 4	11- 3- 2	2- 0-47	Q(ESS=5)
C	1377	12	27	7	11:24	31- 7	11-17-51	2-16-22	
O	1378	1	14	1	10:27	20-10	0- 2-40	3- 1-58	
C	1378	1	28	1	20:18	34- 7	0-16-49	3-16-53	Q(DIAM=29);M(ESM=24);P'(ESS=6)
O	1378	2	13	3	2:34	26-15	1- 1-38	4- 2-30	P'(ESM=16)
C	1378	2	27	3	5: 5	35-11	1-15-13	4-16-50	
O	1378	3	12	4	16: 7	32- 3	2- 0- 2	5- 2-28	
C	1378	3	26	4	14:27	34-12	2-13-17	5-16-27	
O	1378	4	11	6	3: 5	35- 1	2-28- 1	6- 2- 1	
C	1378	4	25	6	1: 5	31- 3	3-11-12	6-15-56	P(ALLM=53)
O	1378	5	10	7	12:28	35-10	3-25-53	7- 1-26	
C	1378	5	24	7	13:35	25- 9	4- 9-16	7-15-34	P(ALLM=37);Q(ALLM=56)
O	1378	6	8	8	20:42	34- 5	4-23-55	8- 1- 1	B,Ch(ESS=8)
C	1378	6	23	2	4:28	19- 9	5- 7-45	8-15-37	M(ALLG=9)
O	1378	7	7	3	4:47	31-14	5-22-22	9- 1- 2	
C	1378	7	21	3	21:20	14-16	6- 6-49	9-16-16	
O	1378	8	6	4	13:32	28- 8	6-21-24	10- 1-37	
C	1378	8	21	5	15:22	13- 3	7- 6-30	10-17-31	C(DIAM=31)
O	1378	9	4	5	23:32	24-14	7-21- 1	11- 2-48	P(ESM=16)
C	1378	9	20	7	9:16	14-16	8- 6-44	11-19-20	
O	1378	10	4	7	11:23	20-15	8-21- 9	0- 4-30	
C	1378	10	20	2	1:43	18- 8	9- 7-10	0-21-21	
O	1378	11	3	2	1:21	17-12	9-21-30	1- 6-25	
C	1378	11	18	3	15:55	23-14	10- 7-26	1-23-11	M(MIN=53)
O	1378	12	1	3	17:21	16-14	10-21-44	2- 8-14	O(VLSM=48)
C	1378	12	17	5	3:39	29- 2	11- 7-16	2-24-34	

1. Taula de Sizígies (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
O	1379	1	3	5	10:28	18-10	11-21-32	3- 9-35	P(MIN=58)
C	1379	1	18	6	13:14	34- 5	0- 6-29	3-25-20	
O	1379	2	2	7	3:34	22-13	0-20-46	4-10-23	P¹(HORA=13)
C	1379	2	16	7	21:17	37-13	1- 5- 4	4-25-28	
O	1379	3	1	1	19:37	27- 3	1-19-25	5-10-36	
C	1379	3	16	2	4:35	38-13	2- 3- 9	5-25- 6	R(ESM=28)
O	1379	3	31	3	10: 0	30- 0	2-17-37	6-10-22	M(ESM=10);M(VLSM=13)
C	1379	4	14	3	12:10	36-15	3- 0-59	6-24-29	M(MIN=6);M(ESS=38);M(VLSM=52)
O	1379	4	29	4	22:46	31- 4	3-15-38	7- 9-27	C,M(ALLM=57)
C	1379	5	13	4	21: 6	32- 3	3-28-52	7-23-55	M(DIAM=14)
O	1379	5	29	6	10: 2	30-15	4-13-41	8- 9-33	
C	1379	6	12	6	8:16	25-10	4-27- 2	8-23-39	C(ALLG=2)
O	1379	6	27	7	20:23	29-16	5-12- 2	9- 9-28	
C	1379	7	10	7	22:17	18-11	5-25-47	9-23-58	B,Ch(ALLM=55)
O	1379	7	26	2	6: 8	28-16	6-10-54	10- 9-54	
C	1379	8	10	2	15: 6	13- 3	6-25-13	10-24-59	
O	1379	8	25	3	15:45	27-11	7-10-19	11-10-52	
C	1379	9	9	4	9:51	10-13	7-25-17	11-26-37	P¹(HORA=19);O,R(ALLM=36)
O	1379	9	24	5	1:43	26- 0	8-10-16	0-12-23	
C	1379	10	9	6	5: 7	11-15	8-25-46	0-28-41	C(ALLM=45)
O	1379	10	23	6	12:35	23-15	9-10-27	1-14- 7	
C	1379	11	7	7	23:18	16- 6	9-26-16	2- 0-45	
O	1379	11	22	1	0:44	22- 5	10-10-37	2-15-51	P¹(HORA=20);M(VLSS=16)
C	1379	12	6	2	15: 7	22- 6	10-26-26	3- 2-29	P(MIN=8)
O	1379	12	20	2	14:25	22- 3	11-10-29	3-17-16	B(DIAM=22)
C	1380	1	7	4	4: 4	29- 4	11-26- 0	4- 3-37	
O	1380	1	21	4	5:11	23-13	0- 9-51	4-18-13	
C	1380	2	5	5	14: 9	35- 3	0-24-51	5- 4- 2	
O	1380	2	19	5	20:27	25-13	1- 8-40	5-18-36	C(VLSM=44)
C	1380	3	4	6	22: 7	39- 3	1-23- 7	6- 3-51	
O	1380	3	19	7	11:41	27- 7	2- 7- 1	6-18-31	
C	1380	4	3	1	4:49	40- 3	2-21- 0	7- 3-17	
O	1380	4	18	2	2:30	27-11	3- 5- 7	7-18-11	
C	1380	5	2	2	11:28	37-11	3-18-45	8- 2-35	M,Q(ALLG=3)
O	1380	5	17	3	16:41	26-15	4- 3-13	8-17-51	B,Ch(ESM=27)
C	1380	5	31	3	19:15	32-14	4-16-41	9- 2- 4	O(ESM=34)
O	1380	6	16	5	6:10	25-12	5- 1-33	9-17-45	
C	1380	6	30	5	5:11	26- 7	5-15- 5	10- 2- 2	P¹(HORA=6);M(ALLG=20)
O	1380	7	14	6	18:58	25- 2	6- 0-19	10-18- 5	P¹(HORA=19)
C	1380	7	28	6	18: 4	19- 7	6-14- 7	11- 2-37	P¹(HORA=16);O(ALLM=35)
O	1380	8	14	1	6:52	25- 4	6-29-38	11-18-58	O,R(VLSM=37)
C	1380	8	28	1	9:59	13-10	7-13-52	0- 3-57	P¹(HORA=19);R(ALLM=27)
O	1380	9	12	2	17:58	26- 1	7-29-27	0-20-21	P¹(ESM=29)
C	1380	9	27	3	4:24	10- 7	8-14-12	1- 5-52	
O	1380	10	12	4	4:23	26- 4	8-29-34	1-22- 2	M(ALLM=1)
C	1380	10	27	5	0: 1	10-12	9-14-47	2- 8- 2	
O	1380	11	10	5	14:42	26- 9	9-29-44	2-23-46	M(HORA=19)
C	1380	11	25	6	19:10	14-15	10-15-14	3-10- 4	
O	1380	12	9	7	1:21	26-13	10-29-39	3-25-14	
C	1380	12	24	1	12:19	21-10	11-15-10	4-11-34	

## 1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	N O T E S
O	1381	1	10	1	12:46	28- 0	11-29- 5	4-26-13	
C	1381	1	26	3	2:31	29- 4	0-14-24	5-12-22	
O	1381	2	9	3	0:55	29- 1	0-27-58	5-26-40	
C	1381	2	24	4	13:36	35- 9	1-12-58	6-12-29	
O	1381	3	8	4	13:53	29- 7	1-26-23	6-26-39	
C	1381	3	23	5	22: 5	38-15	2-11- 0	7-12- 4	
O	1381	4	7	6	3:29	28- 4	2-24-29	7-26-18	Ch(ALLM=28)
C	1381	4	22	7	5: 6	39- 8	3- 8-46	8-11-23	
O	1381	5	6	7	18:10	25-11	3-22-35	8-25-58	
C	1381	5	21	1	11:42	37- 1	4- 6-36	9-10-46	P'(MIN=44)
O	1381	6	5	2	9:22	22-11	4-20-52	9-25-50	
C	1381	6	19	2	19: 6	32-11	5- 4-44	10-10-28	
O	1381	7	4	4	0:55	20- 9	5-19-32	10-26- 4	
C	1381	7	18	4	4:15	26-16	6- 3-26	11-10-43	P'(ESM=28)
O	1381	8	3	5	16:17	19-16	6-18-48	11-26-54	
C	1381	8	17	5	15:57	20-15	7- 2-47	0-11-38	
O	1381	9	2	7	6:38	21-10	7-18-34	0-28-15	P'(DIAS=5)
C	1381	9	16	7	6:33	15- 4	8- 2-49	1-13-14	R(VLSG=23)
O	1381	10	1	1	19:34	23-15	8-18-42	1-29-56	C(MIN=33)
C	1381	10	15	1	23:47	11-12	9- 3-14	2-15-13	O(ESM=12)
O	1381	10	31	3	6:59	26- 2	9-18-57	3- 1-45	
C	1381	11	14	3	18:45	11-15	10- 3-46	3-17-20	
O	1381	11	29	4	17:14	28- 8	10-18-58	4- 3-19	P'(HORA=18)
C	1381	12	13	5	13:51	15-10	11- 3-58	4-19- 7	
O	1381	12	28	6	2:54	30-15	11-18-30	5- 4-25	
C	1382	1	15	7	7:33	22- 0	0- 3-34	5-20-17	P'(HORA=2);O(ESM=20);B(ALLG=2)
O	1382	1	29	7	12:18	33- 0	0-17-29	6- 4-57	C(ESM=23)
C	1382	2	13	1	22:40	28-16	1- 2-29	6-20-46	Q(ALLG=26)
O	1382	2	27	1	22: 3	33-15	1-15-56	7- 4-58	
C	1382	3	13	3	10:55	34- 3	2- 0-48	7-20-39	P'(ESS=5)
O	1382	3	27	3	8:39	32-13	2-14- 2	8- 4-37	
C	1382	4	11	4	20:42	36-13	2-28-45	8-20- 9	P'(MIN=43)
O	1382	4	25	4	20:36	29- 6	3-12- 1	9- 4-10	
C	1382	5	11	6	4:51	36-14	3-26-34	9-19-32	M(VLSM=24)
O	1382	5	25	6	10:15	24- 2	4-10- 8	10- 3-51	
C	1382	6	9	7	12:22	35- 0	4-24-35	10-19- 6	
O	1382	6	24	1	1:49	19- 3	5- 8-38	11- 3-55	Q(ALLM=53)
C	1382	7	7	1	20: 9	31-10	5-23- 2	11-19- 6	
O	1382	7	22	2	18:49	15-11	6- 7-44	0- 4-35	R(VLSG=42)
C	1382	8	7	3	5: 8	27- 6	6-22- 5	0-19-42	
O	1382	8	22	4	12:16	15- 4	7- 7-26	1- 5-51	
C	1382	9	5	4	15:54	22-14	7-21-44	1-20-54	
O	1382	9	21	6	5: 1	17- 8	8- 7-36	2- 7-36	
C	1382	10	5	6	4:59	18-10	8-21-56	2-22-40	
O	1382	10	20	7	20: 0	21- 4	9- 7-58	3- 9-32	P'(HORA=2);P'(MIN=6)
C	1382	11	3	7	20:25	15- 4	9-22-20	3-24-38	P(VLSM=2);M(ALLG=28)
O	1382	11	19	2	8:48	25-11	10- 8-11	4-11-18	
C	1382	12	2	2	13:45	15- 2	10-22-37	4-26-29	
O	1382	12	17	3	19:32	30- 4	11- 7-58	5-12-38	M(HORA=13);P'(HORA=9);O(MIN=52)

1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. mín- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1383	1	4	4	7:45	18- 1	11-22-27	5-27-53	M(DIAS=5)
O	1383	1	19	5	4:38	34- 6	0- 7- 9	6-13-22	
C	1383	2	3	6	1: 4	23- 3	0-21-41	6-28-41	B(VLSM=40)
O	1383	2	17	6	12:44	37- 2	1- 5-43	7-13-29	
C	1383	3	2	7	16:40	28- 5	1-20-17	7-28-51	M(DIAM=12)
O	1383	3	16	7	20:36	37- 9	2- 3-50	8-13- 9	
C	1383	4	1	2	6: 7	31-13	2-18-27	8-28-35	
O	1383	4	15	2	5: 8	35- 3	3- 1-41	9-12-34	
C	1383	4	30	3	17:37	33- 2	3-16-24	9-28- 6	
O	1383	5	14	3	15:16	30- 3	3-29-37	10-12- 4	C(ESM=35)
C	1383	5	30	5	3:38	32-14	4-14-25	10-27-41	M(DIAM=13)
O	1383	6	13	5	3:48	23- 9	4-27-51	11-11-51	P'(DIAM=14);P'(ESM=33)
C	1383	6	28	6	12:50	31- 8	5-12-44	11-27-33	P'(ESM=21);B,Ch,P(ALLG=26)
O	1383	7	11	6	19: 0	17- 5	5-26-40	0-12-14	
C	1383	7	26	7	21:49	29-10	6-11-35	0-27-57	C(ALLG=23)
O	1383	8	11	1	12:32	12-13	6-26- 8	1-13-16	
C	1383	8	26	2	7: 8	27- 7	7-11- 0	1-28-55	P(ALLM=54)
O	1383	9	10	3	7:21	11-15	7-26-15	2-14-58	P'(MIN=31)
C	1383	9	24	3	17:23	24-13	8-10-57	3- 0-26	Q(MIN=33);R(ESM=14);M(ALLG=10)
O	1383	10	10	5	1:55	13-15	8-26-41	3-16-59	
C	1383	10	24	5	5: 3	21-12	9-11-11	4- 2-14	
O	1383	11	8	6	18:50	18-15	9-27- 8	4-19- 0	Ch(ALLM=10)
C	1383	11	22	6	18:31	20- 0	10-11-24	5- 4- 0	
O	1383	12	7	1	9:11	24-16	10-27-14	5-20-40	P'(ESS=6)
C	1383	12	21	1	9:36	20- 0	11-11-19	6- 5-30	M,Q(ALLM=36)
O	1384	1	7	2	20:46	31- 0	11-26-43	6-21-44	M,Q(HORA=26);P(HORA=22);P'(HORA=16)
C	1384	1	22	3	1:37	22- 6	0-10-43	7- 6-29	R(ESM=21);M(ESS=61)
O	1384	2	6	4	5:57	36- 5	0-25-32	7-22- 6	
C	1384	2	20	4	17:43	25- 5	1- 9-33	8- 6-53	P'(ESM=26)
O	1384	3	5	5	13:27	39- 6	1-23-46	8-21-53	
C	1384	3	20	6	9: 9	27-14	2- 7-54	9- 6-48	
O	1384	4	3	6	20:15	39- 9	2-21-39	9-21-19	
C	1384	4	18	7	23:31	28-13	3- 6- 0	10- 6-28	
O	1384	5	3	1	3:26	36- 7	3-19-24	10-20-37	
C	1384	5	18	2	12:50	28- 8	4- 4- 3	11- 6- 5	
O	1384	6	1	2	12:10	30-16	4-17-24	11-20-11	O,R(ESM=34)
C	1384	6	17	4	1: 7	27-11	5- 2-21	0- 5-57	P,P'(DIAS=3)
O	1384	6	30	3	23:24	23-16	5-15-51	0-20-11	P,P'(DIAS=4)
C	1384	7	15	5	12:36	27- 7	6- 1- 4	1- 6-13	P,P'(ESM=26)
O	1384	7	29	5	13:40	17- 5	6-14-58	1-20-52	P(VLSM=51)
C	1384	8	14	6	23:19	26-14	7- 0-21	2- 7- 4	
O	1384	8	29	7	6:49	12- 1	7-14-47	2-22-16	B,Ch(VLSM=46);P(VLSM=41)
C	1384	9	13	1	9:37	26-13	8- 0- 9	3- 8-26	
O	1384	9	28	2	1:56	10- 3	8-15- 9	3-24-12	
C	1384	10	12	2	19:48	25-15	9- 0-15	4-10- 5	
O	1384	10	27	3	21:28	11-15	9-15-44	4-26-22	B,Ch(MIN=8);P'(MIN=29);M(VLSG=16)
C	1384	11	11	4	6:28	25- 3	10- 0-27	5-11-51	Q(DIAM=10)
O	1384	11	26	5	15:50	17- 2	10-16- 8	5-28-22	R(DIAM=27);C(MIN=3)
C	1384	12	9	5	18: 0	24-15	11- 0-23	6-13-22	P'(ESM=14)
O	1384	12	25	7	7:39	24- 0	11-16- 0	6-29-48	B,Q(ALLM=28)

## 1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
C	1385	1	11	7	6:40	25-16	11-29-52	7-14-24	P'(ESS=9);R(ESS=10)
O	1385	1	26	1	20:25	31-9	0-15-11	8-0-33	R(DIAS=7);B,Ch,P(HORA=2)
C	1385	2	9	1	20:9	27-5	0-28-47	8-14-53	R(DIAS=7);B,Ch(ALLM=23)
O	1385	2	25	3	6:14	37-2	1-13-39	9-0-34	
C	1385	3	9	3	10:18	28-2	1-27-14	9-14-54	
O	1385	3	24	4	13:52	39-13	2-11-39	10-0-7	
C	1385	4	8	5	0:50	27-10	2-25-22	10-14-36	O(MIN=52)
O	1385	4	22	5	20:27	39-9	3-9-25	10-29-26	
C	1385	5	7	6	15:36	25-12	3-23-28	11-14-16	
O	1385	5	22	7	3:7	36-5	4-7-15	11-28-49	M(ALLM=48)
C	1385	6	6	1	6:27	23-9	4-21-44	0-14-6	
O	1385	6	20	1	11:4	31-4	5-5-25	0-28-32	
C	1385	7	4	2	21:7	22-6	5-20-24	1-14-20	
O	1385	7	18	2	21:14	24-12	6-4-9	1-28-49	
C	1385	8	4	4	11:9	22-2	6-19-37	2-15-7	
O	1385	8	18	4	10:17	18-4	7-3-35	2-29-49	
C	1385	9	3	6	0:8	23-14	7-19-20	3-16-24	
O	1385	9	17	6	2:21	13-2	8-3-41	4-1-30	Q(HORA=21);R(ALLS=3)
C	1385	10	2	7	11:53	25-7	8-19-26	4-18-4	
O	1385	10	16	7	20:46	10-8	9-4-10	5-3-34	
C	1385	10	31	1	22:31	26-12	9-19-38	5-19-50	Q(VLSM=28)
O	1385	11	15	2	16:19	11-16	10-4-42	6-5-41	
C	1385	11	30	3	8:40	28-3	10-19-39	6-21-24	O(MIN=14)
O	1385	12	14	4	11:13	17-0	11-4-53	7-7-26	C(ESS=6)
C	1385	12	28	4	18:42	29-12	11-19-12	7-22-30	
O	1386	1	16	6	4:2	24-3	0-4-26	8-8-33	
C	1386	1	30	6	5:2	31-8	0-18-13	8-23-5	
O	1386	2	14	7	17:53	31-1	1-3-17	9-8-58	P'(ESS=5)
C	1386	2	28	7	15:58	32-0	1-16-42	9-23-7	
O	1386	3	14	2	4:48	36-1	2-1-33	10-8-47	
C	1386	3	28	2	3:51	30-14	2-14-49	10-22-48	C(ALLG=28);C(ALLM=22)
O	1386	4	12	3	13:23	38-5	2-29-26	11-8-14	P'(ESM=28)
C	1386	4	26	3	16:58	27-14	3-12-51	11-22-24	B,Ch(VLSM=21)
O	1386	5	11	4	20:39	37-10	3-27-14	0-7-35	
C	1386	5	26	5	7:27	23-3	4-11-0	0-22-7	O,R(ALLG=20)
O	1386	6	10	6	3:46	34-15	4-25-13	1-7-7	P'(DIAM=11)
C	1386	6	24	6	23:19	19-4	5-9-33	1-22-14	
O	1386	7	8	7	11:37	31-10	5-23-42	2-7-9	
C	1386	7	23	1	15:56	17-1	6-8-38	2-22-53	
O	1386	8	7	1	21:11	25-11	6-22-47	3-7-47	
C	1386	8	23	3	8:25	17-7	7-8-18	3-24-7	
O	1386	9	6	3	9:1	20-7	7-22-30	4-9-4	
C	1386	9	21	4	23:47	20-0	8-8-25	4-25-49	B(ESM=2)
O	1386	10	5	4	23:32	15-12	8-22-45	5-10-53	M(DIAS=5);R(VLSG=23)
C	1386	10	21	6	13:19	23-8	9-8-44	5-27-42	P'(ESM=22)
O	1386	11	4	6	16:25	13-3	9-23-13	6-12-56	
C	1386	11	20	1	0:57	27-1	10-8-55	6-29-27	C(HORA=10)
O	1386	12	3	1	10:49	14-4	10-23-32	7-14-50	C,P(VLSM=33);O,R(VLSM=37)
C	1386	12	18	2	11:1	30-12	11-8-39	8-0-44	



1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
O	1387	1	5	3	5:17	18- 3	11-23-22	8-16-14	
C	1387	1	19	3	20: 0	34- 0	0- 7-48	9- 1-26	
O	1387	2	3	4	22:20	24- 8	0-22-34	9-17- 0	
C	1387	2	18	5	4:31	36- 1	1- 6-22	10- 1-33	
O	1387	3	3	6	13: 5	29- 2	1-21- 9	10-17- 9	
C	1387	3	17	6	13:15	36- 0	2- 4-31	11- 1-15	
O	1387	4	2	1	1:20	33-12	2-19-14	11-16-48	P, P'(DIAS=7); P'(MIN=10)
C	1387	4	15	7	22:58	33- 2	3- 2-26	0- 0-44	P, P'(DIAS=1)
O	1387	5	1	2	11:31	35- 2	3-17- 9	0-16-17	P'(ESS=26)
C	1387	5	15	2	10:25	28- 2	4- 0-24	1- 0-16	
O	1387	5	30	3	20:20	34- 4	4-15- 7	1-15-48	M(ESM=24); M, Q(VLSM=17)
C	1387	6	14	4	0: 9	21-13	4-28-43	2- 0- 9	P'(ESS=23)
O	1387	6	29	5	4:41	32- 6	5-13-25	2-15-39	M(DIAS=4); C(MIN=21)
C	1387	7	12	5	16:16	16- 6	5-27-34	3- 0-34	Q(VLSM=43)
O	1387	7	27	6	13:14	29-12	6-12-15	3-16- 2	
C	1387	8	12	7	10: 5	13- 1	6-27- 4	4- 1-38	
O	1387	8	26	7	22:39	26- 8	7-11-41	4-17- 2	
C	1387	9	11	2	4:26	13- 6	7-27-10	5- 3-19	P'(DIAM=2); P(VLSG=26)
O	1387	9	25	2	9:32	22-14	8-11-40	5-18-34	
C	1387	10	10	3	21:55	16- 4	8-27-34	6- 5-18	
O	1387	10	24	3	22:21	19- 2	9-11-57	6-20-25	P(VLSM=27)
C	1387	11	9	5	13:23	21- 6	9-27-58	7- 7-16	
O	1387	11	23	5	13:17	17-10	10-12-14	7-22-16	M(VLSG=2)
C	1387	12	8	7	2:18	26-15	10-28- 0	8- 8-52	
O	1387	12	22	7	5:43	18- 6	11-12-11	8-23-48	
C	1388	1	8	1	12:50	32- 4	11-27-25	9- 9-50	
O	1388	1	22	1	22:42	21- 7	0-11-37	9-24-48	
C	1388	2	6	2	21:24	36-11	0-26-11	10-10-10	P'(ESM=26)
O	1388	2	21	3	15:11	25- 7	1-10-27	10-25-13	M(ESM=27)
C	1388	3	6	4	4:49	39- 0	1-24-25	11- 9-57	
O	1388	3	21	5	6:21	28-13	2- 8-46	11-25- 6	C(ESM=38)
C	1388	4	4	5	12: 1	38- 6	2-22-18	0- 9-23	Ch(HORA=11)
O	1388	4	19	6	19:57	30- 9	3- 6-50	0-24-44	Q(VLSG=5)
C	1388	5	3	6	20: 2	34-14	3-20- 6	1- 8-44	
O	1388	5	19	1	8: 3	30- 8	4- 4-50	1-24-17	
C	1388	6	2	1	5:58	28-12	4-18- 9	2- 8-20	P(ALLM=2)
O	1388	6	17	2	19: 4	29-13	5- 3- 6	2-24- 7	C(ESS=19)
C	1388	6	31	2	18:34	21-12	5-16-39	3- 8-24	Q(ESS=22)
O	1388	7	16	4	5:20	28-15	6- 1-47	3-24-21	
C	1388	7	30	4	10: 8	15- 6	6-15-51	4- 9-10	P'(ESM=9)
O	1388	8	15	5	15: 8	27-13	7- 1- 3	4-25-10	C(ESS=12)
C	1388	8	30	6	4: 9	11- 4	7-15-44	5-10-37	
O	1388	9	14	7	1: 0	26-13	8- 0-51	5-26-32	
C	1388	9	28	7	23:29	10-15	8-16- 6	6-12-34	
O	1388	10	13	1	11:19	24-13	9- 0-58	6-28-12	
C	1388	10	28	2	18:26	13-13	9-16-39	7-14-42	
O	1388	11	11	2	22:47	23- 6	10- 1-10	7-29-58	
C	1388	11	27	4	11:39	19- 8	10-17- 1	8-16-39	Q(VLSG=7)
O	1388	12	10	4	11:29	22-12	11- 1- 9	9- 1-31	P'(MIN=39)
C	1388	12	26	6	2: 0	26- 3	11-16-47	9-17-59	B(HORA=12); P'(HORA=3); B, Ch, P(ESM=23); B, Ch, P(ESS=6)

## I. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	NOTES
O	1389	1	12	6	1:32	23-12	0- 0-40	10- 2-36	
C	1389	1	27	7	13:25	33- 3	0-15-53	10-18-38	O,R(VLSM=56)
C	1389	2	10	7	16:18	25- 9	0-29-38	11- 3- 8	M,Q(ESS=0)
O	1389	2	25	1	22:15	38- 4	1-14-20	11-18-39	O(DIAS=2);C,P'(ESM=28)
O	1389	3	10	2	7:22	27- 3	1-28- 6	0- 3-11	
C	1389	3	25	3	5:19	40- 2	2-12-18	0-18-10	
O	1389	4	8	3	22:16	27- 9	2-26-16	1- 2-55	O,R(VLSM=40)
C	1389	4	23	4	11:48	39- 3	3-10- 3	1-17-28	
O	1389	5	8	5	12:51	26-12	3-24-20	2- 2-33	
C	1389	5	22	5	18:53	35- 2	4- 7-55	2-16-53	
O	1389	6	7	7	2:57	25- 6	4-22-35	3- 2-22	Ch(DIAS=6);M,Q(ESM=26)
C	1389	6	21	7	3:41	29- 5	5- 6- 7	3-16-38	
O	1389	7	5	1	16:26	24- 7	5-21-14	4- 2-35	
C	1389	7	19	1	15: 8	22- 5	6- 4-55	4-17- 0	
O	1389	8	5	3	5: 7	24- 9	6-20-23	5- 3-18	
C	1389	8	19	3	5:37	15-15	7- 4-26	5-18- 5	
O	1389	9	3	4	16:50	25- 8	7-20- 5	6- 4-33	
C	1389	9	17	4	22:59	11- 7	8- 4-35	6-19-48	Q(ALLS=9)
O	1389	10	3	6	3:38	26- 5	8-20- 8	7- 6- 9	R(HORA=23)
C	1389	10	17	6	18:13	10- 1	9- 5- 7	7-21-55	P'(HORA=14);P'(ESS=3);M(VLSM=5)
O	1389	11	1	7	13:56	26-10	9-20-19	8- 7-54	Q(VLSM=29);P(ALLM=24)
C	1389	11	16	1	13:49	12-13	10- 5-39	8-24- 2	
O	1389	11	31	2	0:16	27- 3	10-20-20	9- 9-29	
C	1389	12	15	3	8: 3	18-14	11- 5-48	9-25-46	
O	1390	1	1	3	11: 5	27-16	11-19-54	10-10-36	
C	1390	1	16	4	23:40	26- 7	0- 5-16	10-26-48	
O	1390	1	30	4	22:35	29- 8	0-18-58	11-11-14	B,Ch,O,R(ALLM=4)
C	1390	2	15	6	12: 7	33- 0	1- 4- 3	11-27- 8	
O	1390	2	29	6	10:49	30- 2	1-17-28	0-11-17	
C	1390	3	14	7	21:46	37-12	2- 2-15	0-26-54	
O	1390	3	28	7	23:54	29- 4	2-15-40	1-11- 4	
C	1390	4	13	2	5:23	39- 5	3- 0- 6	1-26-18	M(ESM=29)
O	1390	4	27	2	13:57	26-12	3-13-43	2-10-41	P(MIN=54)
C	1390	5	12	3	12: 6	37-16	3-27-52	2-25-37	B,Ch(VLSG=28)
O	1390	5	27	4	4:53	23- 2	4-11-53	3-10-25	
C	1390	6	10	4	19: 6	34- 8	4-25-52	3-25-10	O,P'(HORA=9);Q(VLS=5)
O	1390	6	25	5	20:33	20- 3	5-10-26	4-10-32	M(HORA=2);B,Ch(ESM=2)
C	1390	7	9	6	3:25	29-10	5-24-22	4-25-13	O,R(VLSM=23)
O	1390	7	24	7	12:27	19- 0	6- 9-31	5-11-11	
C	1390	8	8	7	13:54	23- 8	6-23-30	5-25-55	P(MIN=57)
O	1390	8	24	2	3:40	19-13	7- 9- 9	6-12-24	R(ESM=13);R(ALLG=11)
C	1390	9	7	2	3: 3	17-16	7-23-18	6-27-17	
O	1390	9	22	3	17:36	22- 6	8- 9-13	7-14- 2	
C	1390	10	6	3	19: 3	13- 8	8-23-37	7-29-11	
O	1390	10	22	3	5:50	25- 2	9- 9-29	8-15-52	P'(MIN=5)
C	1390	11	5	5	13:12	11-12	9-24- 8	9- 1-16	P'(DIAM=6)
O	1390	11	20	6	16:38	27-12	10- 9-36	9-17-32	O(VLSM=26)
C	1390	12	4	7	8:19	13-16	10-24-28	10- 3-11	
O	1390	12	19	1	2:25	30-10	11- 9-19	10-18-49	

1. TAULA DE SIZÍGIES (continuació)

TIP	ANY	MES	DIA	F	HORA SZ. h:min	EQ.SUB. min- s.	V.L.S. S-Gr-Min	A.L.L. S-Gr-Min	N O T E S
C	1391	1	6	2	2:45	19- 8	11-24- 18	11- 4-35	M(VLSG=28)
O	1391	1	20	2	11:42	33- 1	0- 8-29	11-19-32	P(VLSG=58)
C	1391	2	4	3	19: 5	26- 2	0-23-26	0- 5-17	
O	1391	2	18	3	20:56	34- 7	1- 7- 4	0-19-40	O(VLSM=8);P(ALLM=4)
C	1391	3	4	5	8:40	32- 3	1-21-57	1- 5-22	
O	1391	3	18	5	6:46	34- 2	2- 5-14	1-19-24	
C	1391	4	2	6	19:35	35-10	2-20- 0	2- 4-59	C(ESM=25);P(VLSG=23)
O	1391	4	16	6	17:44	31- 0	3- 3-13	2-18-56	
C	1391	5	2	1	4:32	36-12	3-17-51	3- 4-23	
O	1391	5	16	1	6:28	26- 6	4- 1-14	3-18-31	
C	1391	5	31	2	12:25	35- 8	4-15-47	4- 3-53	P,P'(ESS=3)
O	1391	6	14	2	21:11	20-12	4-29-35	4-18-26	P'(MIN=25);P,P'(ESS=8);C(ALLM=36)
C	1391	6	29	3	20: 9	32-12	5-14- 5	5- 3-44	P'(MIN=11)
O	1391	7	13	4	13:46	16- 6	5-28-29	5-18-55	P'(MIN=9);P,P'(ESS=12);O(ALLM=52)
C	1391	7	28	5	4:37	29- 3	6-12-55	6- 4- 7	P'(MIN=46);M,P,P',Q(ESS=6)
O	1391	8	13	6	7:23	14- 6	6-28- 0	6-20- 0	P'(MIN=37);P'(ESM=19)
C	1391	8	27	6	14:31	24-16	7-12-23	7- 5- 8	P'(MIN=23);O,R(ESS=17);P,P'(ESS=6);M(ALLG=12)
O	1391	9	12	1	0:53	15- 9	7-28- 4	7-21-38	P'(MIN=31);B(ESM=5);P,P'(ESS=16)
C	1391	9	26	1	2:25	20-10	8-12-26	8- 6-45	P'(MIN=53);P,P'(ESS=9)
O	1391	10	11	2	16:59	19- 1	8-28-25	8-23-34	P'(MIN=25);P,P'(ESS=10);P(VLSG=35)
C	1391	10	25	2	16:38	16-11	9-12-46	9- 8-39	P'(MIN=59);P,P'(ESS=1);C(ALLS=8),C(ALLG=18)
O	1391	11	10	4	7: 0	23-12	9-28-45	9-25-27	P'(MIN=38);P,P'(ESS=11)
C	1391	11	24	4	9: 0	15- 9	10-13- 7	10-10-34	P,P'(ESS=12)
O	1391	12	8	5	18:40	28- 6	10-28-43	10-26-59	P'(HORA=14);P'(MIN=0);P,P'(ESS=9)
C	1391	12	23	6	2:36	17- 3	11-13- 6	11-12- 7	P'(HORA=20);P'(MIN=40);P'(ESM=6);M(ALLG=11)

LHS TABLES

2. TAULA DE LES CORRECCIONS DE LES POSICIONS DEL SOL I DE LA LLUNA

MINUTS EQUAT. SUBST.	10		14		18		22		26		30		34		38		42	
	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN	EQ. SOL IS	EQ. ARG LA. LUN
	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg	OS-2G Mn Sg	8S-2G Mn Sg
MES D.																		
1 1	28 59	10 2	28 49	9 52	28 39	9 41	28 29	9 31	28 19	9 20	28 9	9 10	27 59	8 59	27 49	8 49	27 39	8 38
1 16	27 53	8 56	27 43	8 46	27 33	8 35	27 23	8 25	27 13	8 14	27 3	8 4	26 53	7 53	26 43	7 43	26 33	7 32
2 1	26 45	7 48	26 35	7 38	26 25	7 27	26 15	7 17	26 5	7 6	25 55	6 56	25 45	6 45	25 35	6 35	25 25	6 24
2 15	25 48	6 51	25 38	6 41	25 28	6 30	25 18	6 20	25 8	6 9	24 58	5 59	24 48	5 48	24 38	5 38	24 28	5 27
3 1	24 57	6 0	24 47	5 50	24 37	5 39	24 27	5 29	24 17	5 18	24 7	5 8	23 57	4 57	23 47	4 47	23 37	4 36
3 16	24 22	5 25	24 12	5 15	24 2	5 4	23 52	4 54	23 42	4 43	23 32	4 33	23 22	4 22	23 12	4 12	23 2	4 1
4 1	24 2	5 5	23 52	4 55	23 42	4 44	23 32	4 34	23 22	4 23	23 12	4 13	23 2	4 2	22 52	3 52	22 42	3 41
4 17	23 56	4 59	23 46	4 49	23 36	4 38	23 26	4 28	23 16	4 17	23 6	4 7	22 56	3 56	22 46	3 46	22 36	3 35
5 1	24 2	5 5	23 52	4 55	23 42	4 44	23 32	4 34	23 22	4 23	23 12	4 13	23 2	4 2	22 52	3 52	22 42	3 41
5 16	24 22	5 25	24 12	5 15	24 2	5 4	23 52	4 54	23 42	4 43	23 32	4 33	23 22	4 22	23 12	4 12	23 2	4 1
6 1	24 57	6 0	24 47	5 50	24 37	5 39	24 27	5 29	24 17	5 18	24 7	5 8	23 57	4 57	23 47	4 47	23 37	4 36
6 16	25 47	6 50	25 37	6 40	25 27	6 29	25 17	6 19	25 7	6 8	24 57	5 58	24 47	5 47	24 37	5 37	24 27	5 26
7 1	26 45	7 48	26 35	7 38	26 25	7 27	26 15	7 17	26 5	7 6	25 55	6 56	25 45	6 45	25 35	6 35	25 25	6 24
7 19	28 7	9 10	27 57	9 0	27 47	8 49	27 37	8 39	27 27	8 28	27 17	8 18	27 7	8 7	26 57	7 57	26 47	7 46
8 1	28 48	9 51	28 38	9 41	28 28	9 30	28 18	9 20	28 8	9 9	27 58	8 59	27 48	8 48	27 38	8 38	27 28	8 27
8 16	29 52	10 55	29 42	10 45	29 32	10 34	29 22	10 24	29 12	10 13	29 2	10 3	28 52	9 52	28 42	9 42	28 32	9 31
9 1	30 55	11 58	30 45	11 48	30 35	11 37	30 25	11 27	30 15	11 16	30 5	11 6	29 55	10 55	29 45	10 45	29 35	10 34
9 15	31 45	12 48	31 35	12 38	31 25	12 27	31 15	12 17	31 5	12 6	30 55	11 56	30 45	11 45	30 35	11 35	30 25	11 24
10 1	32 7	13 10	31 57	13 0	31 47	12 49	31 37	12 39	31 27	12 28	31 17	12 18	31 7	12 7	30 57	11 57	30 47	11 46
10 17	32 21	13 24	32 11	13 14	32 1	13 3	31 51	12 53	31 41	12 42	31 31	12 32	31 21	12 21	31 11	12 11	31 1	12 0
11 1	32 3	13 6	31 53	12 56	31 43	12 45	31 33	12 35	31 23	12 24	31 13	12 14	31 3	12 3	30 53	11 53	30 43	11 42
11 16	31 41	12 44	31 31	12 34	31 21	12 23	31 11	12 13	31 1	12 2	30 51	11 52	30 41	11 41	30 31	11 31	30 21	11 20
12 1	30 44	11 47	30 34	11 37	30 24	11 26	30 14	11 16	30 4	11 5	29 54	10 55	29 44	10 44	29 34	10 34	29 24	10 23
12 15	29 52	10 55	29 42	10 45	29 32	10 34	29 22	10 24	29 12	10 13	29 2	10 3	28 52	9 52	28 42	9 42	28 32	9 31

### 3. TAULA DE PARAL·LAXI

MES: 1		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 12				NOTES
HORA	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
(-): a.m. (+): p.m.						
-6	0	0	44	48	27	
-5	0	0	41	47	25	
-4	0	0	38	46	43	P(LAM=28)
-3	0	0	25	44	17	
-2	0	0	7	41	8	P(LAM=44)
-1	-37	0	0	39	32	P(LAM=29)
-1	0	0	11	36	57	CH(LAM=41);CH(LAS=8)
0	0	0	29	33	7	
1	0	0	47	28	56	O,R(LAS=9)
2	0	1	5	24	45	C(LAM=41)
3	0	1	18	21	16	
4	0	1	30	18	50	
5	0	1	35	16	44	O(LAM=26)
6	0	1	39	16	44	

MES: 2		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 11				NOTES
HORA	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
(-): a.m. (+): p.m.						
-6	-44	0	45	47	46	B(MIN=47)
-6	0	0	47	46	43	
-5	0	0	45	44	38	C(LOM=46);CH(LAM=43);M(LAS=43)
-4	0	0	41	41	50	CH(LOM=38);M(LAS=38)
-3	0	0	31	38	21	CH(LOM=25);P(LAM=36);M(LAS=50)
-2	0	0	17	33	27	CH(LOM=7);M(LAS=21)
-1	-3	0	0	29	29	M(LAS=27)
-1	0	0	1	29	17	M(LAS=29)
0	0	0	19	25	6	M(LAM=29);M(LAS=17)
1	0	0	38	21	58	M(LAS=6)
2	0	0	55	18	50	M(LAS=28)
3	0	1	13	17	47	C(LAM=27);P,Q(LAS=46);M(LAS=50)
4	0	1	24	17	5	M(LAS=27)
5	0	1	32	17	5	
6	0	1	36	17	26	CH(LAM=20);CH(LAS=34);M(LAS=5)
6	44	1	36	20	34	M(LAS=26)

## 3. TAULA DE PARAL·LAXI (continuació)

MES: 3		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 13				NOTES
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-7	-20	0	55	45	19	
-7	0	0	55	43	55	B,CH(LAS=58)
-6	0	1	1	40	26	
-5	0	0	59	37	18	
-4	0	0	53	34	10	C(LAM=24)
-3	0	0	44	29	59	
-2	0	0	29	26	9	
-1	0	0	11	21	58	
0	-27	0	0	20	40	
0	0	0	9	19	32	
1	0	0	29	17	47	
2	0	0	48	16	44	
3	0	1	5	17	47	
4	0	1	17	18	50	
5	0	1	24	20	55	M(LOM=0)
6	0	1	30	24	3	
7	0	1	28	27	33	C(LOM=38)
7	20	1	26	29	59	

MES: 4		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 13				NOTES
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-7	-35	1	11	38	42	
-7	0	1	14	36	57	M(LAM=34)
-6	0	1	18	33	7	M(LOM=13);Q(LAM=23)
-5	0	1	16	28	56	M(LAM=25)
-4	0	1	8	25	6	
-3	0	0	55	21	58	M(LAS=18)
-2	0	0	40	18	50	M(LAS=7)
-1	0	0	20	17	47	B(LAM=16);B(LAS=46)
0	0	0	0	16	44	
1	0	0	20	17	47	R(LAM=16)
2	0	0	40	18	50	
3	0	0	55	21	58	M(LAM=11)
4	0	1	8	25	6	O(LOM=18)
5	0	1	16	28	56	M(LOM=14)
6	0	1	18	33	7	M(LOM=16)
7	0	1	14	36	57	R(LAM=37);M(LAS=27)
7	35	1	11	38	42	Q(MIN=-)

3. TAULA DE PARAL-LAXI (continuació)

MES: 5		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 15				NOTES
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-7	-20	1	26	29	59	O,R(LOM=21)
-7	0	1	28	27	33	M(MIN=20);M(LAM=26)
-6	0	1	30	24	3	
-5	0	1	24	20	55	
-4	0	1	17	18	50	B(LOM=16)
-3	0	1	5	17	47	
-2	0	0	48	16	44	M(LOM=18)
-1	0	0	29	17	47	
0	0	0	9	19	32	
0	27	0	0	20	40	M(MIN=-)
1	0	0	11	21	58	C(LAS=51;0(LAS=18)
2	0	0	29	26	9	CH(LAS=26)
3	0	0	43	29	59	
4	0	0	54	34	10	
5	0	0	59	37	18	P(LAM=34)
6	0	1	1	40	26	M(LAM=46);R(LAS=28)
7	0	0	55	43	55	M(LOH=1);M(LOM=25);P(LAS=25)
7	20	0	55	45	19	M(LAS=7)

MES: 6		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 15				NOTES
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-6	-44	1	36	20	34	
-6	0	1	36	17	26	
-5	0	1	32	17	5	
-4	0	1	24	17	5	R(LAS=30)
-3	0	1	13	17	47	
-2	0	0	55	18	50	
-1	0	0	38	21	58	
0	0	0	19	25	6	P(LOM=18)
0	0	0	47	26	43	
1	0	0	1	29	17	
1	3	0	0	29	29	C,0(MIN=-)
2	0	0	17	33	27	Q(LOH=1)
3	0	0	31	38	21	P(LAM=37);C(LAS=20)
4	0	0	41	41	50	
5	0	0	45	44	38	
6	44	0	45	47	46	P(LAM=37)

3. TAULA DE PARAL·LAXI (continuació)

MES: 7                      DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 15

HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		NOTES
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-6	0	1	39	16	44	
-5	0	1	35	16	44	
-4	0	1	30	18	50	R(LAM=16)
-3	0	1	18	21	16	
-2	0	1	5	24	45	
-1	0	0	47	28	56	
0	0	0	29	33	7	
1	0	0	11	36	57	M(LAS=37)
1	37	0	0	39	32	P(MIN=-)
2	0	0	7	41	8	
3	0	0	25	44	17	B(LAS=16)
4	0	0	38	46	43	
5	0	0	41	47	25	
6	0	0	44	48	27	M(LAS=26)

MES: 8                      DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 15

HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		NOTES
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-5	-16	1	37	20	13	M(LAM=7;P(LAM=10))
-5	0	1	35	20	55	
-4	0	1	29	24	45	
-3	0	1	19	27	53	M(LAS=23)
-2	0	1	5	32	4	
-1	0	0	49	36	15	
0	0	0	31	40	26	
1	0	0	11	44	38	
1	37	0	0	45	39	M(MIN=31)
2	0	0	7	46	22	
3	0	0	23	47	46	Q(LAM=4)
4	0	0	33	48	49	
5	0	0	44	48	28	M(LAS=29)
5	16	0	45	47	46	CH(LAM=46)



3. TAULA DE PARAL-LAXI (continuació)

MES: 9		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 14				NOTES
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-4	-40	1	26	29	17	Q(LOM=16)
-4	0	1	21	32	25	
-3	0	1	12	36	15	
-2	0	0	57	40	5	B,CH,O(LOM=27)
-1	0	0	38	43	14	
0	0	0	20	45	40	P,Q(LOM=2)
1	0	0	1	47	25	B,CH(LOM=11);M(LAM=46)
1	3	0	0	47	28	M(LAM=48)
2	0	0	17	48	27	O(LAM=-)
3	0	0	35	48	27	
4	0	0	49	46	43	
4	40	0	55	45	40	

MES: 10		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 13				NOTES
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-4	-25	1	11	38	42	M(MIN=45)
-4	0	1	7	40	27	M(LOM=50)
-3	0	0	54	44	17	M(LOM=44);B(LAS=16)
-2	0	0	38	46	43	CH(LAS=49)
-1	0	0	20	48	27	B(LAS=26)
0	0	0	0	49	30	Q(LAS=39)
1	0	0	20	48	27	M(LAS=37)
2	0	0	38	46	43	
3	0	0	54	44	17	P(LAS=27)
4	0	1	7	40	27	O(LOH=1);M(LOM=50);P(LAM=44)
4	25	1	11	38	42	M(MIN=55);O(LOH=1)

3. TAULA DE PARAL·LAXI (continuació)

MES: 11		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 11				
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		NOTES
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-4	-40	0	55	45	40	
-4	0	0	49	46	43	P,Q(LOM=48)
-3	0	0	35	48	27	
-2	0	0	17	48	27	M(LAS=23)
-1	-3	0	0	47	28	O(MIN=-)
-1	0	0	1	47	25	M(LAS=21)
0	0	0	20	45	40	M(LAS=45)
1	0	0	38	43	14	Q(LAM=48);M(LAS=13)
2	0	0	57	40	5	M(LAM=46)
3	0	1	12	36	15	
4	0	1	21	32	25	
4	40	1	26	29	17	B(LAS=16)

MES: 12		DIA D'ENTRADA AL SIGNE: 10				
HORA (-):a.m.(+):p.m.	MIN	DIVERSITAS LONGITUDINIS		DIVERSITAS LATITUDINIS		NOTES
		HORA	MIN	MIN	SEC	
-5	-16	0	45	47	46	C(LOM=25);M(LAM=44)
-5	0	0	44	48	28	
-4	0	0	33	48	49	
-3	0	0	23	47	46	
-2	0	0	7	46	22	Q(LAS=42)
-1	-37	0	0	45	39	
-1	0	0	11	44	37	M(LAS=36)
0	0	0	31	40	26	
1	0	0	49	36	15	
2	0	1	5	32	4	
3	0	1	19	27	53	M(LAS=23)
3	0	1	29	24	45	
4	0	1	35	20	55	Q(LOM=53)
5	16	1	37	20	13	M(LOM=17)

4. TAULA DELS ECLIPSIS DE SOL

MINUTS DE PARALLAXI EN LATITUD																																				
6		9		12		15		18		21		24		27		30		33		36		39		42		45		48		51						
P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED	P.	MED			
DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM	DIA	TEM			
ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL	ECL				
D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min	D-M	Min			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	5			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	23		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	19	2	6	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	29	3	2	37	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	1	28	27	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	23	2	26	33	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	39	4	55	44	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	44	5	52	48	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	13	1	50	29	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	27	2	48	36	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	41	5	17	46
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	45	6	11	49	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	34	3	42	39	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	57	48	7	12	51
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	50	8	10	53	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	54	10	39	55	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	53	9	6	54	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	49	7	35	52
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	50	54	10	5	55
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	32	53	9	46	54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	45	55	11	34	55
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	43	55	10	36	55
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	43	55	9	21	54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	22	53	7	10	51
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	10	55	9	56	55
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	41	54	7	26	52
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	28	49	5	13	45
0	38	14	1	53	29	3	8	37	4	22	42	5	37	47	6	52	50	8	7	53	9	21	54	10	36	55	9	13	54	7	59	53	6	44	50	
1	36	27	2	51	36	4	5	41	5	20	46	6	35	49	7	50	52	9	4	54	10	19	55	11	34	55	9	30	54	8	16	53	7	1	51	

LES TAULES

La primera línia correspon als valors 5 signes-13 graus-0 minuts i 0 s-17 g-0 min. de l'argument de latitud de la Lluna. Aquest valor s'incrementa (o es redueix) de 30 en 30 minuts a cada línia. Així els valors 5 s-23 g-30 min. i 0 s-6 g-30 min. corresponen a l'última línia.

## 4. TAULA DELS ECLIPSIS DE SOL (continuació)

MINUTS DE PARALLAXI EN LATITUD																					
6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51						
P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min	P. DIA ECL D-M	MED TEM ECL Min
2 35 35	3 50 40	5 4 45	6 19 49	7 34 52	8 49 54	10 4 55	11 18 55	11 2 55	9 46 54	7 34 53	7 17 51	6 2 48	4 48 44	3 32 38	2 18 32	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
3 32 38	4 48 44	6 2 48	7 17 51	8 32 53	9 46 54	11 2 55	11 18 55	10 4 55	8 49 54	7 34 52	6 19 49	5 4 45	3 50 40	2 35 35	1 20 25	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
4 32 43	5 45 48	7 0 51	8 15 53	9 29 54	10 45 55	11 34 55	10 19 55	9 4 54	7 50 53	6 35 50	5 20 43	4 6 41	2 52 36	1 36 27	0 21 8	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
5 29 47	6 44 50	7 59 53	9 3 54	10 28 55	11 43 55	10 36 55	9 21 54	8 7 53	6 52 50	5 37 47	4 22 42	3 8 37	1 53 29	0 38 14	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
6 28 49	7 43 52	8 58 54	10 13 55	11 27 55	10 53 55	9 37 54	8 23 53	7 8 51	5 53 48	4 39 44	3 23 38	2 9 31	0 54 19	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
7 26 52	8 41 54	9 56 55	11 10 55	11 9 55	9 55 55	8 40 54	7 25 52	6 10 49	4 55 44	3 41 39	2 26 33	1 11 23	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
8 26 53	9 40 54	10 56 55	11 24 55	10 10 55	8 55 54	7 40 52	6 25 49	5 10 45	3 56 40	2 41 35	1 26 26	0 11 4	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
9 23 54	10 38 55	11 41 55	10 26 55	9 11 54	7 57 53	6 42 50	5 27 47	4 12 42	2 58 37	1 43 28	0 28 11	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
10 22 55	11 37 55	10 43 55	9 27 54	8 13 53	6 58 50	5 43 47	4 29 43	3 13 37	1 59 30	0 44 16	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
11 21 55	10 59 55	9 43 54	8 29 53	7 14 51	5 59 48	4 45 44	3 29 38	2 15 32	1 0 21	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
11 15 55	10 1 55	8 46 54	7 31 51	6 16 49	5 1 45	3 47 39	2 32 34	1 17 25	0 2 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
10 16 55	9 1 54	7 47 52	6 32 49	5 17 46	4 2 41	2 48 36	1 33 27	0 18 7	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
9 17 54	8 3 53	6 48 50	5 33 47	4 18 42	3 4 37	1 49 29	0 34 13	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
8 19 53	7 4 51	5 49 48	4 35 43	3 19 38	2 5 31	0 50 18	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
7 21 51	6 6 48	4 52 44	3 36 39	2 22 33	1 7 22	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
6 22 49	5 7 45	3 53 40	2 38 35	1 23 26	0 8 3	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
5 23 47	4 8 41	2 54 36	1 39 28	0 24 9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
4 24 42	3 10 37	1 55 30	0 40 15	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
3 25 38	2 11 32	0 56 20	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
2 27 34	1 12 24	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
1 29 27	0 14 5	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
0 30 12	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0

La primera línia correspon als valors 5 signes-24 graus-0 minuts i 0 s-6 g-0 min. de l'argument de latitud de la Lluna. Aquest valor s'incrementa (o es redueix) de 30 en 30 minuts a cada línia. Així els valors 6 s-4 g-30 min. i 11 s-25 g-30 min. corresponen a l'última línia.

5. TAULA DELS ECLIPSIS DE LLUNA

ARGUMENTUM LATITUDINIS		ARGUMENTUM LATITUDINIS		PARS DIAMETRI		MEDIETAS TEMPORIS		MEDIETAS TEMPORIS
SIGNES 0 - 6		SIGNES 5 - 11		ECLIPSATA		ECLIPSIS		TENEBRARUM
GRAUS	MINUTS	GRAUS	MINUTS	Dits	Minuts	Hores	Minuts	Minuts
12	0	18	0	0	0	0	0	--
11	30	18	30	0	59	0	31	--
11	0	19	0	1	58	0	43	--
10	30	19	30	2	58	0	53 (a)	--
10	0	20	0	3	58	1	1	--
9	30	20	30	4	58	1	7	--
9	0	21	0	5	58	1	12	--
8	30	21	30	6	59	1	17	--
8	0	22	0	8	0	1	22	--
7	30	22	30	9	0	1	26	--
7	0	23	0	10	1	1	29	--
6	30	23	30	11 (b)	1	1	32	--
6	0	24	0	12	2	1	35	0
5	30	24	30	13	2	1	37	22
5	0	25	0	14	2	1	40	30
4	30	25	30	15	4	1	42 (c)	36
4	0	26	0	16	4	1	43	41
3	30	26	30	17	4	1	44 (d)	45 (e)
3	0	27	0	18	6	1	46 (f)	48
2	30	27	30	19	7	1	47 (g)	50
2	0	28	0	20	8	1	48	52
1	30	28	30	21	8	1	48 (h)	54
1	0	29	0	22	10	1	49	55
0	30	29	30	23	10	1	49	55
0	0	30	0	24	12	1	49	55

(a) C i Ch posen 43; (b) P no es llegeix; (c) P posa 41; (d) Ch posa 43; (e) Ch posa 41;  
 (f) B i Ch posen 47; (g) B posa 46; (h) O i Q posen 49



## BIBLIOGRAFIA

Alós, 1916

ALÓS, Ramón d', "La Biblioteca Dalmases", *Butlletí de la Biblioteca de Catalunya*, vol. III (1916), pàgs. 28-57.

Baer, 1929

BAER, Fritz, *Die Juden im Christlichen Spanien: Urkunden und Regesten*, Berlín (1929).

Baer, 1981

BAER, Yitzhak, *Historia de los judíos en la España cristiana*, 2 vols., Madrid (1981); ed. anglesa: *A History of the Jews in Christian Spain*, The Jewish Publication Society of America, 2 vols., Philadelphia (1978).

Balaguer, 1882

BALAGUER Y MERINO, Andreu, "Apuntacions de bibliografia catalana", *La Veu de Montserrat*, 16 (1882), pàgs. 123-124.

Batlle, 1988

BATLLE, Carme, *L'expansió baixmedieval (segles XIII-XV)*, dins Pierre Vilar (dir.): *Història de Catalunya*, vol.III, Barcelona (1988).

Beaujouan, 1967

BEAUJOUAN, Guy, *La Science en Espagne aux XIVe et XVe siècles*, Palais de la Découverte, París (1967).

Beaujouan, 1969

—, "L'astronomie dans la Péninsule Ibérique à la fin du Moyen Age", *Revista da Universidade de Coimbra*, 24 (1969), pàgs. 1-22.

Bofarull, 1901

BOFARULL Y SANS, Francisco de, "Antigua Marina Catalana", *Memorias de la Real Academia de Buenas Letras*, vol. VII (1901).

Burnett, 1987

BURNETT, Charles S.F., "El "Kitāb al-Iṣṭāmāṭis" i un manuscrit barceloní d'obres astrològiques i astronòmiques", *Llengua & Literatura*, 2 (1987), pàgs. 431-451.

Cantera, 1931

CANTERA BURGOS, Francisco, "El judío salmantino Abraham Zacut", *Revista de la Academia de Ciencias de Madrid*, 27 (1931), pàgs. 63-398.

Cantera, 1935

—, *Abraham Zacut*, Aguilar, Madrid (1935).

Chabàs, 1988

CHABÀS, José, "Une période de récurrence de syzygies au XIVE siècle: le cycle de Jacob ben David Bonjorn", *Archiv. Intern. Hist. Sciences*, 38 (1988), pàgs. 243-251.

Chabàs, 1990a

—, "La actividad astronómica bajo el reinado de Pere el Cerimoniós", *Mundo Científico*, 99 (1990), pàgs. 194-198.

Chabàs, 1990b

—, "Teoria de la paral.laxi en l'astronomia antiga: un exemple històric de tractament numèric d'una funció de vàries variables", *Treballs de Física*, 2 (1990), pàgs. 117-139.

Chabàs, 1991

—, "The Astronomical Tables of Jacob ben David Bonjorn", *Archive for History of Exact Sciences*, 42 (1991), pàgs. 279-314.

Chabàs, en premsa

—, "L'influence de l'astronomie de Levi ben Gerson sur Jacob ben David Bonjorn", Actes del Col.loqui *Gersonide*, Peiresc (1988), en premsa.

Chabàs-Roca, 1985

CHABÀS, Josep, ROCA, Antoni, *El "Lunari" de Bernat de Granollachs*, Fundació Salvador Vives i Casajuana, Barcelona (1985).

Chabàs-Roca-Rodríguez, 1987

CHABÀS, Josep, ROCA, Antoni, RODRÍGUEZ, Xavier, "El problema de los antecedentes (Alfonso X, Levi ben Gerson) de las tablas astronómicas



compuestas por Jacob ben David Bonjorn”, dins M. Comes *et al.* (ed.): *De Astronomia Alphonsi Regis*, Universidad de Barcelona, Instituto “Millàs Vallicrosa” de Historia de la Ciencia Arabe, Barcelona (1987), pàgs. 97-104.

Chabàs-Roca-Rodríguez, 1988a

—, “Sobre las tablas astronómicas de Jacob ben David Bonjorn (1361)”, *Estudios sobre Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Junta de Castilla y León, Valladolid (1988), vol. II, pàgs. 1023-1028.

Chabàs-Roca-Rodríguez, 1988b

—, “Recalculació de taules de paral·laxi de finals de l'Edat Mitjana”, dins Luis Navarro (ed.): *Historia de la Física*, CIRIT, Barcelona (1988), pàgs. 237-248.

Danjon, 1959

DANJON, André, *Astronomie générale*, 2<sup>a</sup> ed., París (1959).

Emery, 1976

EMERY, Richard W., “Documents concerning some jewish scholars in Perpignan in the fourteenth and early fifteenth centuries”, *Michael on the History of the Jews in the Diaspora*, Tel Aviv (1976).

Feliu, 1986

FELIU, Eduard, “Profiat Duran: Al tehí ka-avotekha”, *Calls*, 1 (1986), pàgs. 53-77.

Goldstein, 1969

GOLDSTEIN, Bernard R., “Preliminary Remarks on Levi ben Gerson's Contributions to Astronomy”, *Proceedings of the Israel Academy of Sciences and Humanities*, 3 (1969), pàgs. 239-254.

Goldstein, 1972

—, “Levi ben Gerson's Preliminary Lunar Model”, *Centaurus*, 16 (1972), pàgs. 257-284.

Goldstein, 1974

—, *The Astronomical Tables of Levi ben Gerson*, Archon Books, New Haven, Conn. (1974).

Goldstein, 1975

—, “Levi ben Gerson's Analysis of Precession”, *Journal for the History of Astronomy*, 6 (1975), pàgs. 31-41.

Goldstein, 1981

—, “The Hebrew Astronomical Tradition: New Sources”, *Isis*, 72 (1981), pàgs. 237-251.

Goldstein, 1985a

—, *The Astronomy of Levi ben Gerson (1288-1344)*, Springer, Berlín-Nova York (1985).

Goldstein, 1985b

—, “Scientific Traditions in Late Medieval Jewish Communities”, dins G. Dahan, (ed.): *Les Juifs au regard de l'histoire. Mélanges en l'honneur de M. Bernhard Blumenkranz*, Picard, París (1985), pàgs. 235-247.

Gross, 1897

GROSS, Henri, *Gallia Judaica*, París (1897).

Johnston, 1984

JOHNSTON, Mark D., “A Catalan Manuscript of the Fifteenth Century: Newberry Library Ayer Ms 746”, *Proceedings of the Illinois Medieval Association* (1984), pàgs. 76-101.

Kennedy-Ukashah, 1969

KENNEDY, Edward S., UKASHAH, Walid, “Al-Khwarizmi's Planetary Latitude Tables”, *Centaurus*, 14 (1969), pàgs. 86-96.

Laguarda, 1964

LAGUARDA, Rolando A., “La declinación solar en las tablas de Don Pedro el Ceremonioso”, *Sefarad*, 24 (1964), pàgs. 111-120.

Lévy, 1989

LÉVY, Tony, “L'étude des sections coniques dans la tradition médiévale hébraïque. Ses relations avec les traditions arabe et latine”, *Revue d'Histoire des Sciences*, XLII (1989), pàgs. 193-239.

López de Meneses, 1952

LÓPEZ DE MENESES, Amada, “Documentos culturales de Pedro el Ceremonioso”, *Estudios de Edad Media de la Corona de Aragón*, Saragossa (1952).

López de Meneses, 1954

—, “Crescas de Viviers, astrólogo de Juan I el Cazador”, *Sefarad*, 14 (1954), pàgs. 99-115 i 265-293.

Lorch, 1975

LORCH, R.P., "The Astronomy of Jabir ibn Aflah", *Centaurus*, 19 (1975), pàgs. 85-107.

Madurell, 1964

MADURELL Y MARIMÓN, José M., "Documentos para la biografía de Dalmacio Ces-Planes, astrólogo de Pedro el Cerimonioso", *Hispania*, 24 (1964), pàgs. 581-598.

Maeyama, 1979

MAEYAMA, Y., "The Length of the Synodic Months", *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 29 (1979), pàgs. 68-94.

Maimònides

MAIMÒNIDES, *The Code of Maimonides: Sanctification of the New Moon*, trad. de S. Gandz, introd. de J. Obermann, i comentaris d'O. Neugebauer, New Haven, Conn. (1956).

March, 1920

MARCH, P. Josep M. (S.J.), "Còdexs catalans i altres llibres manuscrits d'especial interès de la Biblioteca Capitular de Saragossa", *Butlletí de la Biblioteca de Catalunya*, vol. VI (1920-22), pàgs. 357-365.

Massó, 1890

MASSÓ I TORRENTS, J., ed., *Tractat d'astrologia o ciencia de les steles*, Barcelona (1890).

Massó, 1905

—, "Inventari dels bens mobles del rey Martí d'Aragó", *Revue Hispanique*, vol. XII (1905).

Mercati, 1926

MERCATI, Giovanni, "Scritti d'Isidoro il Cardinale Ruteno e codici a lui appartenuti che si conservano nella Biblioteca Apostolica Vaticana", *Studi e Testi*, 46 (1926), pàgs. 42-46.

Millàs, 1931

MILLÀS VALLICROSA, J.M., *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*, vol. I, Estudis Universitaris Catalans, Barcelona (1931); reimprès per Edicions Científiques Catalanes, Barcelona (1983).

Millàs, 1936

—, “Manuscrits hebraics d'origen català a la Biblioteca Vaticana”, *Homenatge a Antoni Rubió i Lluch*, Barcelona (1936), pàgs. 97-109.

Millàs, 1943

—, “Las tablas astronómicas del año 1361”, *Isis*, 34 (1943) pàg. 410; també a *Sefarad*, 3 (1943), pàgs. 238-239.

Millàs, 1943-50

—, *Estudios sobre Azarquiel*, CSIC, Madrid-Granada (1943-1950).

Millàs, 1956

—, *La obra “Forma de la Tierra” de R. Abraham bar Hiyya ha-Bargeloní*, CSIC, Madrid-Barcelona (1956).

Millàs, 1959a

—, “Una traducción catalana de las tablas astronómicas (1361) de Jacob ben David Yomtob, de Perpiñán”, *Sefarad*, 19 (1959), pàgs. 365-71; reimprès dins *Nuevos estudios de historia de la ciencia española*, CSIC, Barcelona (1960), Madrid (1987), pàgs. 271-277.

Millàs, 1959b

—, *La obra “Libro del cálculo de los movimientos de los astros” de R. Abraham bar Hiyya ha-Bargeloní*, CSIC, Barcelona (1959).

Millàs, 1962

—, *Las Tablas Astronómicas del Rey Don Pedro el Ceremonioso*, CSIC, Madrid-Barcelona (1962).

Nallino, 1899-1907

NALLINO, C.A., *Al-Battani sive Albatenii Opus Astronomicum*, 3 vols., Milà (1899-1907).

Neugebauer, 1975

NEUGEBAUER, Otto, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer, Berlín-Nova York (1975).

Oppolzer, 1887

OPPOLZER, Theodor Ritter von, *Canon der Finsternisse*, Viena (1887); reedició en anglès, Dover, Nova York (1962).

Pedersen, 1974

PEDERSEN, Olaf, *A Survey of the Almagest*, University Press, Odense (1974).

Poulle, 1966

POULLE, Emmanuel, "A propos des tables astronomiques de Pierre d'Aragon", *Revista da Faculdade de Ciências de Coimbra*, vol. XXXIX (1966), pàgs. 5-15.

Poulle, 1984

—, *Les Tables Alphonsines avec les canons de Jean de Saxe*, CNRS, París (1984).

Régné, 1978

RÉGNÉ, Jean, *History of the Jews in Aragon. Regesta and Documents. 1213-1327*, Jerusalem (1978).

Renan, 1877

RENAN, E., *Les rabbins français du commencement du XIVe siècle*, *Histoire littéraire de la France*, t. XXVII, París (1877).

Renan-Neubauer, 1893

RENAN, E., NEUBAUER, *Les écrivains juifs français du XIVe siècle*, *Histoire littéraire de la France*, t. XXXI, París (1893).

Rico, 1863-67

RICO Y SINOBAS, M., *Libros del Saber de Astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla*, 5 vols., Madrid (1863-67).

Riera, 1980

RIERA I SANS, Jaume, "La Catalunya jueva del segle XIV", *L'Avenç*, 25 (1980), pàgs. 52-55.

Romano, 1977

ROMANO, David, "La transmission des sciences arabes par les juifs en Languedoc" dins Marie-H. Vicaire i Bernhard Blumenkranz, (ed.): *Juifs et judaïsme de Languedoc, XIIIe siècle - début XIVe siècle*, Toulouse (1977), pàgs. 363-386.

Romano, 1986

—, "La història dels jueus a Catalunya: problemàtica i perspectives", *Revista de Catalunya*, 3 (1986).

Rubió, 1908-21

RUBIÓ I LLUCH, Antoni, *Documents per l'història de la cultura mig-eval*, 2 vols., IEC, Barcelona (1908 i 1921).

Saige, 1881

SAIGE, Gustave, *Les Juifs du Languedoc antérieurement au XIVe siècle*, París (1881).

Samsó, 1984

SAMSÓ, Julio, "Algunas notas sobre el modelo solar y la teoría de la precesión de los equinoccios en la obra matemática de Alfonso X", *Dynamis*, 4 (1984), pàgs. 81-114.

Samsó, 1985

—, "On the Solar Model and the Precession of the Equinoxes in the Alphonsine Zij and its Arabic Sources", *Proceedings of an International Astronomical Union Colloquium No. 91*, Cambridge University Press (1985), pàgs. 175-183.

Samsó, 1987a

—, "Al-Zarqal, Alfonso X and Peter of Aragon on the Solar Equation", dins D. King i G. Saliba (ed.): *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in honor of E.S. Kennedy*, Nova York (1987), pàgs. 467-476.

Samsó, 1987b

—, "Alfonso X and Arabic Astronomy", dins M. Comes *et al.* (ed.): *De Astronomia Alphonsi Regis*, Universidad de Barcelona-Instituto "Millàs Vallicrosa" de Historia de la Ciencia Arabe, Barcelona (1987), pàgs. 23-38.

Sarton, 1943

SARTON, George, *Introduction to the History of Science*, 3 vols., Baltimore (1943).

Schroeter, 1923

SCHROETER, J.F., *Spezieller Kanon der Zentralen Sonnen- und Mondsfinsternisse*, Kristiania (1923).

Sobrequés, 1975

SOBREQUÉS I VIDAL, Santiago, "Els jueus a la ciutat de Girona", *Societat i estructura política de la Girona medieval*, Curial, Barcelona (1975).

Solon, 1968

SOLON, Peter Christopher, *The "Hexapterygón" of Michael Chrysokokkes*, Ph.D. Thesis, Brown University (1968).

Solon, 1970

—, "The "Six Wings" of Immanuel Bonfils and Michael Chrysokokkes", *Centaurus*, 15 (1970), pàgs. 1-20.

Stahlman, 1960

STAHLMAN, William D., *The Astronomical Tables of Codex Vaticanus Graecus 1291*, Ph. Thesis, Brown University (1960).

Steinschneider, 1880-82

STEINSCHNEIDER, M., "Notice sur les tables astronomiques attribuées à Pierre III d'Aragon", *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, XIII (1880), pàgs. 414-436 i XV (1882), pàgs. 470-473.

Steinschneider, 1893

—, *Die Hebraeischen Uebersetzungen des Mittelalters und Die Juden als Dolmetscher*, Berlin (1893); reed. Graz (1956).

Steinschneider, 1900

—, *Revue des Etudes Juives*, 40 (1900), pàgs. 168-187.

Thorndike, 1937

THORNDIKE, Lynn, "Introduction and canon by Dalmatius to tables of Barcelona for the years 1361-1433 AD", *Isis*, 26 (1937), pàgs. 310-320.

Thorndike, 1942

—, "Other astronomical tables beginning in the year 1361", *Isis*, 34 (1942), pàgs. 6-7.

Thorndike, 1946

—, "Dalmatius again", *Isis*, 36 (1946), pàg. 158.

Thorndike, 1950

—, "The tables of Barcelona of the XIVth Century", *Isis*, 41 (1950), pàgs. 283-285.

Thorndike-Kibre, 1963

THORNDIKE, L., KIBRE, P., *A Catalogue of Incipits of Medieval Scientific Writings in Latin*, Cambridge, Mass. (1963).

Toomer, 1968

TOOMER, G.J., "A Survey of the Toledan Tables", *Osiris*, 15 (1968), pàgs. 5-174.

Toomer, 1984

—, *Ptolemy's Almagest*, Springer, Berlín-Nova York (1984).

Tuckerman, 1964

TUCKERMAN, B., *Planetary, Lunar and Solar Positions, A.D. 2 to A.D. 1649*, Philadelphia (1964).

Vernet, 1978

VERNET, Joan, *La cultura hispanoàrabe en Oriente y Occidente*, Ariel, Barcelona (1978).

Vernet, 1983

—, *Nuevos estudios sobre astronomía española en el siglo de Alfonso X*, Barcelona (1983).

Vernet-Romano, 1957

VERNET, Joan, ROMANO, David, *Tractat d'astrologia de Bartomeu de Tresbens*, Barcelona (1957).

Vidal, 1887-1888

VIDAL, Pierre, "Les Juifs des anciens comtés de Roussillon et de Cerdagne", *Revue des Etudes Juives*, 15 (1887), pàgs. 19-55 i 16 (1888), pàgs. 1-23 i 170-203; traducció en català, *Calls*, 2 (1987), pàgs. 26-112.

Zinner, 1925

ZINNER, Ernst, *Verzeichnis der astronomischen Handschriften des deutschen Kulturgebietes*, Múnic (1925).



## ÍNDIX DE NOMBRES

### Nombres decimals

(Estan ordenats segons les xifres significatives, independentment de la posició de la coma decimal)

100 - pàg. 94  
1080 - pàg. 77  
11.324,982067 - pàg. 95  
11.324,982072 - pàgs. 47, 75  
120 - pàg. 94  
168 - pàg. 139  
17 - pàgs. 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 95  
192 - pàg. 139  
223 - pàgs. 48, 49  
31 - pàgs. 47-71, 85, 146  
348 - pàg. 139  
3,529 - pàg. 77  
372 - pàg. 139  
383,5 - pàg. 49  
4.267 - pàg. 48  
527 - pàgs. 78, 79  
66 - pàgs. 79, 94  
67 - pàg. 94  
767 - pàgs. 48, 49, 61, 95, 145, 213, 215  
822 - pàgs. 84, 95

2;14 - pàg. 63  
2;17 - pàg. 63  
2;18,39 - pàg. 87  
2;23 - pàg. 63  
2;23,25,41 - pàgs. 63, 71  
2;25,40 - pàg. 87  
2,26;30 = 146;30 - pàg. 57  
2;27,19 - pàg. 87  
2;27,20 - pàg. 87  
2;29,19 - pàg. 87  
2;30 - pàg. 63  
2,42;52 = 162;52 - pàg. 125  
0;2,51 - pàg. 109  
3,4;46 = 184;46 - pàg. 125  
3,8,44;58,55,26,28,15 - pàg. 95  
3,8,44;58,55,27,30 - pàgs. 47, 82, 85, 90  
0;3,10,37,38,56,2,10 - pàgs. 68, 91  
0;3,10,37,39,31 - pàgs. 67, 71, 91  
0;3,10,37,41,14,24 - pàgs. 68, 91  
0;3,10,38 - pàgs. 67, 91, 93  
0;3,10,38,7,14,49,10 - pàgs. 67, 91,  
0;3,10,41,15,26,7 - pàgs. 67, 91  
4;30 - pàgs. 126, 136, 143  
4;46 - pàgs. 125, 126, 127  
5 - pàgs. 124, 125  
5,55;14 = 355;14 - pàg. 125  
6,17;8 = 377;8 - pàg. 125

### Nombres sexagesimals

(Estan ordenats segons les xifres significatives, independentment de la posició del punt i coma sexagimal)

1;19,23 - pàgs. 125, 126, 127  
1;45 - pàg. 87  
2;8 - pàg. 63

10;45 - pàg. 124  
11;23,30 - pàg. 124  
11;34 - pàg. 124  
11;44,30 - pàg. 124  
11;47 - pàgs. 123, 125  
11;58,15 - pàg. 124  
12 - pàg. 124  
12;7,30 - pàg. 124  
12;24 - pàg. 124

- 12;33 - pàg. 124  
 12;44 - pàg. 124  
 13;3.53.55.55.33.30 - pàg. 83  
 13;3.53.56.17.51.59 - pàg. 83  
 13;3.53.57.30.31.4.13 - pàg. 83  
 13;10.34.58.33.30.30 - pàg. 110  
 13;10.35 - pàg. 111  
 13;10.35.1.39.35.43.49.22.35 - pàg. 110  
 0;13.55.13 - pàgs. 123, 125  
 0;13.55.30 - pàgs. 125, 127  
 0;13.56.8 - pàg. 137  
 0;14.27.18 - pàg. 123, 125  
 0;14.27.45 - pàgs. 125, 127  
 0;15 - pàg. 125  
 0;15.40 - pàg. 124  
 0;16 - pàg. 124  
 0;16.10.30 - pàg. 124  
 0;16.12.30 - pàg. 124  
 0;16.18 - pàg. 124  
 16;27 - pàg. 100  
 16;32 - pàg. 100  
 16;39 - pàg. 100  
 0;16.40 - pàg. 124  
 17;8 - pàgs. 125, 126, 127  
  
 21;54 - pàg. 125  
 0;22.23 - pàgs. 125, 126, 127  
 23;44 - pàg. 102  
 23;51 - pàg. 100  
 23;51.20 - pàgs. 111, 112, 113, 114  
 23;52 - pàg. 100  
 23;59 - pàg. 137  
 24 - pàg. 100  
 24;11.30 - pàg. 137  
 24;12 - pàg. 137  
 24;15 - pàg. 100  
 24;24 - pàg. 137  
 0;27.51 - pàg. 127  
 0;0.28.14 - pàgs. 18-19  
 0;28.23 - pàg. 127  
 0;28.23.15 - pàg. 127  
 0;28.55 - pàg. 127  
 29;31.50 - pàgs. 57, 80  
 29;31.50.7.37.27.8.25 - pàg. 53  
 29;31.50.7.53.39.49 - pàg. 52  
  
 29;31.50.7.54.25.3.32 - pàgs. 53, 80, 83  
 29;31.50.8.20 - pàg. 53  
  
 30;22 - pàg. 100  
 30;24 - pàg. 100  
 0;30.37 - pàgs. 131, 140, 142  
 30;38 - pàg. 100  
 30;40 - pàgs. 100, 118  
 32;30 - pàgs. 52, 57  
 0;32.56 - pàg. 55  
 36 - pàg. 100  
 36;22 - pàg. 100  
 36;24 - pàg. 100  
  
 40;26 - pàg. 100  
 40;56 - pàg. 100  
 0;41 - pàgs. 82, 84  
 41;15 - pàg. 100  
 41;18 - pàg. 100  
 41;20 - pàg. 100  
 42;30 - pàgs. 42, 52, 98, 100, 102, 110, 112, 113, 114  
 44 - pàg. 100  
 45 - pàg. 100  
 45;1 - pàg. 100  
 45;22 - pàg. 100  
 45;24 - pàg. 100  
 48;13 - pàg. 100  
 48;28 - pàg. 100  
 48;32 - pàg. 100  
 48;40 - pàg. 100  
 48;58 - pàgs. 100, 118  
  
 0;50.43 - pàg. 109  
 51;54 - pàg. 100  
 0;0.52.44 - pàg. 94  
 0;53.20 - pàg. 109, 111, 112, 115  
 0;53.34 - pàg. 109  
 54;22 - pàg. 100  
 0;0.54.33 - pàg. 94  
 56;30 - pàg. 100  
 0;57.30 - pàgs. 111, 112, 115  
 58;20 - pàg. 100  
 0;59.8.20 - pàg. 56  
 0;59.8.20.8.44 - pàgs. 63, 64, 90  
 0;59.8.20.8.44.6.3.14 - pàgs. 87, 93

## ÍNDIX DE NOMS PROPIS

- Abraham (?), 154  
Abraham bar Hiyya, 53, 67, 77, 94, 99, 100, 111, 112, 114, 124, 146, 170, 180, 181, 258  
Abraham ibn 'Ezra, 41, 53, 169  
Abraham Gascon, 146  
Abraham Zacut, 103, 146, 147, 156, 172, 254  
Abul-Kasim, 154  
Adelard de Bath, 31  
Agnès, 23  
Aguiló i Fuster, Marià, 163  
Albumasar, 35, 37  
Alfons el Benigne, 24, 40  
Alfons X, 9, 33, 53, 67, 83, 87, 91-94, 124, 170, 180, 181, 254, 259, 260, 262  
Alí Abenragel ('Alí ibn abi-l-Rijal al-Maghribi), 16, 31, 32-34, 36  
Alós, Ramon d', 154, 253  
Aristòtil, 169  
Arnau de Vilanova, 165  
Assemani, 10  
Astruc Caravita, 40  
Ausiàs Sancho, 163, 219  
Ayer, Edward E., 161  
Azarquiel, 21, 32, 33, 37, 53, 94, 258  
Baer, Fritz, 40, 44, 253  
Balaguer Merino, Andreu, 10, 253  
Bartomeu de Tresbens, 25; 262  
Batlle, Carme, 15, 253  
al-Battani, 21, 53, 67, 87, 91-95, 99, 100, 124, 161, 170, 258  
Beaujouan, Guy, 28, 157, 253  
Benditis Salamonis, 43  
Bernat de Granollachs, 7, 8, 254  
Bernat d'Olzinelles, 43  
Berry, Duc de, 27  
Blumenkranz, Bernhard, 256, 259  
Bofarull Sans, Francesc de, 29, 32, 41, 253  
Boffilius Struch, 43  
Bonafós de l'Argentera, 40  
Bonanasch Cresques Alphaquim, 43  
Bonjorn del Barri, 39, 263  
Brahe, Tycho, 67  
Burnett, Charles S. F., 155, 254  
Campanus de Novara, 35  
Cantera Burgos, Francisco, 146, 172, 254  
Caravita, 39  
Carles V, 26  
Carles VI, 26  
Català, M. Assumpta, 8  
Cateura, Pau, 12  
Chabàs Bergón, Josep, 8, 11, 15, 16, 43, 53, 77, 82, 87, 97, 103, 139, 146, 254, 255  
Christine de Pizan, 26  
Clareta Ses Planes, 23  
Codina, Josep M., 8  
Colteller, G., 24  
Comes, Merçè, 255, 260  
Conradus, 34  
Copèrnic, Nicolàs, 94  
Cresques de Vivier, 26, 27, 256  
Dalmases i Ros, Pau Ignasi, 154, 253  
Dalmau Ses Planes, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 257, 261, 263  
Danjon, André, 49, 255  
David ben Yomtob ibn Billa, 43  
David Bonet Bonjorn, 39, 44, 263  
David Bonjorn del Barri, 39-41, 43, 44, 60, 263  
David jueu (?), 154  
Diego de Torres, 156  
Emery, Richard W., 40, 255

- Engenbert, veure Pere Gilbert, 17  
 Ermengol Blasi, 36  
 Ester Caravita, 39-41, 263  
 Euclides, 31  
 al-Fargani, 31, 170  
 Felip Dalmau, 26  
 Feliu, Eduard, 44, 255  
 Francesc Eiximenis, 25  
 Gandz, S., 257  
 Gerard de Cremona, 33, 36, 37, 171  
 Goldstein, Bernard R., 8, 11, 48, 53, 55-57, 63, 66, 68, 70, 71, 74, 80, 87, 88, 90, 92, 94, 100, 108, 109, 118, 124, 126, 131, 137, 146, 170, 255, 256  
 Gross, Henri, 10, 41-43, 256  
 Guido Bonatti, 34, 35  
 Guillem Fabre, 43  
 Guillem Lunell, 25, 27  
 Guillermo de Sant Hilari, 23  
 Ibáñez de Segovia, G. (marquès de Mondejar), 155  
 Immanuel Bonfils, 153, 160, 161  
 Isaac al-Hadib, 146  
 Isabel Ses Planes, 23  
 Jabir ibn Aflah, 37, 170, 171, 204, 205, 257  
 Jacob ben David Bonjorn, mencionat tot al llarg del llibre  
 Jacob ben Makhir ben Tibbon, 36, 43, 154, 171  
 Jacob Bonae Diei, vegi's Jacob ben David Bonjorn  
 Jacob Bonet, vegi's Jacob ben David Bonjorn  
 Jacob Corsuno, 16, 19, 20, 22, 23  
 Jacob Po'el, vegi's Jacob ben David Bonjorn  
 Jaume II, 17, 24, 40  
 Jean de Monfort, 158  
 Jean Thibaud, 158  
 Joan I, 18, 23-27, 30, 256  
 Joan Benarès, 155  
 Joan de Saxònia, 139, 259  
 Joan Janer, 24  
 Johannes Blanchinus, 156  
 Johannes de Pulchrivoro, 164  
 Johannes de Sicilia, 35  
 Johannes Hispaliensis, 28, 29, 32, 154  
 John of Hollywood (Joan de Sacrobosco), 33, 154, 156  
 Johnston, Mark D., 161, 162, 256  
 Josef Kaspi, 40  
 Joseph ben Shem Tov, 44  
 Kennedy, Edward S., 11, 48, 125, 256, 260  
 al-Khwarizmi, 125, 256  
 Kibre, P., 10, 28, 156, 157, 159, 261  
 King, David, 260  
 Laguarda, Rolando A., 21, 256  
 Langermann, Tzvi, 12, 61, 82, 152, 221  
 Levi ben Gerson, 9, 11, 53-58, 60-64, 66-68, 70, 71, 74, 77, 78, 80, 82-84, 87, 90, 92-95, 100, 108-111, 115, 118, 124-127, 131, 137, 139, 140, 142-144, 146, 161, 170, 172, 180, 181, 206, 207, 254-256  
 Lévy, Tony, 43, 256  
 López de Meneses, Amada, 20, 25-27, 256  
 Lorch, R. P., 171, 257  
 Madurell Marimon, Josep M., 22, 23, 257  
 Maeyama, Y., 48, 257  
 Maimònides, 53, 77, 168, 169, 174, 175, 257  
 Mancha, José Luis, 12  
 March, Josep M., 164, 165, 257  
 Marcos Eugenicos, 160  
 Martí l'Humà, 24, 28, 162, 257  
 Martianus Capella, 32  
 Martinus, 157, 158, 219  
 Masahallah, 161  
 Massó Torrents, J., 19, 28, 257  
 Mata, Lambert, 19  
 Mathieu de Guarimbertis, 158  
 Mercati, Giovanni, 160, 257  
 Michael Chrysokokkes, 146, 160, 261  
 Millàs Vallicrosa, Josep Maria, 8-10, 16, 17, 19, 21, 28, 94, 99, 124, 153, 163, 164, 170, 257, 258, 260  
 Moses ibn Tibbon, 171  
 Mosse Maier, 43  
 Naçan del Barri, 41, 42  
 Nallino, C.A., 67, 94, 99, 124, 258  
 Navarro Veguillas, Luis, 8, 12, 255  
 Neubauer, 10, 43, 153, 259  
 Neugebauer, Otto, 55, 67, 97, 99, 169, 257, 258  
 Nicholaus de Heybech, 155, 158  
 Nicolàs Polonio, 157  
 Nur al-Din al-Bitruji, 156, 161, 170  
 Obermann, J., 257

- Olivella, Rosa M., 12  
 Oppolzer, Theodor Ritter von, 120, 135, 136, 258  
 Pablo de Santa Maria, 44  
 Pedersen, Olaf, 55, 94, 259  
 Pedro Alvaro, 155  
 Pere el Cerimoniós, 7, 9, 10, 16, 18-20, 23, 25-27, 29, 41, 52, 145, 151, 153, 158, 164, 254, 256, 258, 259, 261, 263  
 Pere Gilbert, 16-18, 20, 22, 263  
 Plató de Tivoli, 30, 170  
 Poulle, Emmanuel, 21, 67, 139, 158, 259  
 Profiat Duran (Isaac Moisés ha-Leví, anomenat Efodi), 44, 255  
 Ptolemeu, 7, 20, 29-31, 33, 37, 52, 53, 55, 56, 67, 83, 87, 91, 92, 94, 97, 99, 100, 108-112, 114, 118, 124, 125, 145, 146, 154, 161, 168, 170-172, 174, 175, 204-207, 262  
 Ramar, 27  
 Ramon de Perellós, 25  
 Raymond de Marsella, 32  
 Regiomontanus, 156  
 Régné, Jean, 40, 259  
 Renan, E., 10, 43, 153, 259  
 Rico Sinobas, Manuel, 9, 259  
 Riera i Sans, Jaume, 12, 41, 43, 162, 259  
 Roca Rosell, Antoni, 8, 11, 43, 87, 103, 139, 254, 255  
 Rodríguez Gil, Xavier, 8, 11, 43, 87, 103, 139, 254, 255  
 Romano, David, 11, 25, 42, 43, 259, 262  
 Roure, Francesc, 22  
 Rubió Lluch, Antoni, 15-18, 22-28, 41, 42, 258, 260  
 Ruteno, Cardenale Isidoro, 160, 257  
 Saige, Gustave, 39, 260  
 Saliba, G., 260  
 Salomó Barbut, 26  
 Salomón ha-Leví, 44  
 Samiel Salom, 43  
 Samuel d'Escola, 146  
 Samuel Foto, 146  
 Samsó, Julio, 8, 11, 21, 48, 94, 170, 260  
 Sanç de Mallorca, 39  
 Sánchez, Manuel, 12  
 Sánchez Ron, José Manuel, 8  
 Sarton, George, 43, 161, 260  
 Schroeter, J.F., 120, 135, 136, 260  
 Simó Puig, 155  
 Sobrequés i Vidal, Jaume, 39, 40, 42, 260  
 Solon, Peter Christopher, 160, 261  
 Stahlman, William D., 99, 108, 124, 261  
 Steinschneider, Moritz, 9, 10, 169, 261  
 Thorndike, Lynn, 10, 17, 28, 156, 157, 159, 261  
 Tomàs de Bolonya, 25, 26  
 Toomer, G.J., 55, 94, 97, 124, 172, 262  
 Tuckerman, B., 52, 262  
 Ukashah, Walid, 125, 256  
 Venges, 40  
 Vernet Ginés, Joan, 8, 11, 25, 170, 262  
 Vicaire, Marie-H., 259  
 Vidal, Pierre, 41, 43, 262  
 Violant Ses Planes, 23  
 Vives Mosse, 43  
 Yehudà Mosconi (Leo Grech), 41  
 Yomtob, vegi's Jacob ben David Bonjorn  
 Zinner, Ernst, 156, 262



## SUMARI

Presentació	7
PRIMERA PART: JACOB BEN DAVID BONJORN I LA SEVA ÈPOCA	
1. L'activitat astronòmica a la Corona d'Aragó	15
1.1 Trets generals	15
1.2 Pere el Cerimoniós: astronomia matemàtica	16
1.2.1 <i>Taules i almanac</i> de P. Gilbert i D. Ses Planes	16
1.2.2 <i>Taules de Barcelona</i>	19
1.2.3 Cànon i taules de Bonjorn	23
1.3 Joan I: l'astrologia guanya terreny	23
1.4 Les obres de la biblioteca reial	28
2. La genealogia familiar de Jacob ben David Bonjorn	39
2.1 Bonjorn del Barri	39
2.2 David Bonjorn del Barri i Ester Caravita	40
2.3 Jacob ben David Bonjorn	42
2.4 David Bonet Bonjorn	44
SEGONA PART: ANÀLISI DEL CONTINGUT ASTRONÒMIC	
3. El cicle luni-solar de 31 anys	47
3.1 Definició del cicle	47
3.2 Taula de sizígies	50
3.3 Definició de magnituds bàsiques	50
3.4 Coordenades geogràfiques	52
3.5 Mes sinòdic resultant	52
3.6 Determinació de l'instant i l'època de la sizígia veritable	54
3.7 Determinació de la posició del Sol a l'instant de la sizígia veritable	61
3.8 Determinació de l'argument de latitud de la Lluna	66
3.9 Conclusions	70

4. Extensió del cicle bàsic a èpoques anteriors o posteriors	73
4.1 Introducció	73
4.2 La "taula del 9"	73
4.3 Els anys bissextils	74
4.4 Correcció de l'instant de la sizígia veritable	75
4.5 Moviment en anomalia lunar	82
4.6 Correcció de la posició del sol veritable	84
4.7 Correcció de l'argument de latitud de la Lluna	90
4.8 Precessió dels equinoccis i any tròpic	93
4.9 Conclusions	95
5. La paral·laxi	97
5.1 Introducció	97
5.2 Característiques de la taula de paral·laxi de Bonjorn	98
5.3 Sortida i posta del Sol a l'horitzó local	100
5.4 Pas del Sol per la nonagèsima	102
5.5 Mètode de càlcul	104
5.6 Aproximacions per a calcular les components de la paral·laxi	108
5.7 Determinació dels paràmetres	109
5.8 Resultats	111
5.9 Conclusions	114
6. Eclipsis	117
6.1 Eclipsis solars	117
6.1.1 Descripció de la taula	117
6.1.2 Extrems de les variables	118
6.1.3 Plantejament del problema	121
6.1.4 Determinació dels paràmetres	123
6.1.5 Límits dels eclipsis solars	125
6.1.6 Recalculació de la fracció de sol eclipsat	127
6.1.7 Recalculació de la semidurada de l'eclipsi	130
6.2 Eclipsis lunars	134
6.2.1 Descripció de la taula	134
6.2.2 Extrems de la variable	134
6.2.3 Plantejament del problema	136
6.2.4 Determinació dels paràmetres	137
6.2.5 Recalculació de la fracció de diàmetre lunar eclipsat	137
6.2.6 Límits dels eclipsis lunars	138
6.2.7 Recalculació de la semidurada de l'eclipsi	139
6.2.8 Recalculació de la semidurada de la totalitat de l'eclipsi	142
6.3 Conclusions	143



7. Conclusions generals	145
-------------------------	-----

## TERCERA PART: APÈNDIXS

I. Els manuscrits existents	151
I.1 Manuscrits hebreus	152
I.2 Manuscrits llatins	154
I.3 Manuscrits grecs	160
I.4 Manuscrits catalans	161
II. Els cànons	167
II.1 Alguns comentaris previs	167
II.2 Edició dels cànons en versió catalana (ms. Ayer 746, Newberry Library, Chicago) i en versió llatina (ms. 634, Biblioteca de Catalunya, Barcelona)	173
III. Les taules	213
III.1 Descripció	213
III.2 Caràcter de les taules	216
III.3 Els errors	217
III.4 Edició de les taules	222
Bibliografia	253
Índex de nombres	263
Índex de noms propis	265



AQUESTA OBRA S'HA ACABAT D'IMPRIMIR  
ALS TALLERS DE ROMARGRAF, SA  
A L'HOSPITALET DE LLOBREGAT  
EL DIA 13 DE NOVEMBRE DE 1992





