

F. GRAELL I DENIEL

**UNES INDICACIONS PRELIMINARS
DES DE L'*ALMAGEST***

ESCRITS DE FILOSOFIA DE LA CIÈNCIA

QUADERNS DE FILOSOFIA

F. GRAELL I DENIEL

**UNES INDICACIONS PRELIMINARS
DES DE L'*ALMAGEST***

ESCRITS DE FILOSOFIA DE LA CIÈNCIA

28

QUADERNS DE FILOSOFIA

Barcelona 2024

3ª edició abril 2023 amb el títol *Unes indicacions preliminars des de l'Almagest. Escrits de filosofia de la ciència.*

1ª edició octubre de 2009 amb el títol *El lògos de la ciència. Indicacions preliminars des de l'Almagest.*

2ª edició juliol 2015,

© F.Graell i Deniel
ISBN: 978-84-935669-7-5

www.dossier.graell
www.quadernsdefilosofia.cat
www.xtec.cat/~fgraell
E-mail: fgraell@xtec.cat

El web permet de baixar la còpia d'un qualsevol quadern editat.
Podeu fer ús de l'adreça electrònica per a qualsevol correspondència amb *Quaderns de Filosofia.*

CONTINGUT

Pròleg a la segona edició, 6.

Presentació, 7.

I. L'ESFERA CELESTE DE L'ALMAGEST.

1. La volta del cel, 8
2. ¿Hi hauria un afer teòric en la contemplació de la volta del cel?, 10.
3. ¿Parlaríem de trets modèlics?, 10.
4. Les rotacions dels cels esfèrics, 11.
5. La volta celeste i l'esfera celeste: llur originalitat palesa un model teòric, 12.
6. Allò teòric es troba subsumit en el conjunt de l'activitat humana, 14.

II. MITE I LÓGOS.

1. Unes narracions vàries en els mateixos grecs, 18.
2. Positivitat i certesa, 19.
3. Una nota afegida a la interpretació errònia. 20.

III. QUANTIFICACIÓ I MODEL ASTRONÒMIC.

1. Càlcul i representació, 27.
2. Modalització i paral·lelisme estructural, 28.
3. El càlcul, la geometria, i els models, 33.

IV. A PROPÒSIT DE LES ANTIGUES CONCEPCIONS GEOCÈNTRIQÜES I HELIOCÈNTRIQÜES, 36.

Pròleg a la segona edició.

Els nous quaderns de filosofia de la ciència demanen que es rellegeixi els ja fets i es procuri d'estilitzar-los per tal que explicitin encara més la complementarietat entre els uns i els altres. No estranyarà al lector que les troballes que s'han anat abastant afavoreixin un tal repàs, cosa que convida pel cap baix a procurar una vegada més la simplificació que sigui possible i el fet d'evitar repeticions terminològiques que no ajudin a l'esclariment del context on es troben.

El contingut de l'escrit ha quedat en conjunt tal com era, malgrat que els títols d'alguns apartats han estat canviats. Més aviat s'ha procurat treure algunes ambigüitats a allò que podia dur a alguna confusió. Per exemple, s'ha insistit que es tracta d'un primer esbós a propòsit de l'astronomia, tot i que sembla difícil de poder pujar graó a graó l'escala d'un disciplina sense començar des del primer, i d'un a un, a la cerca de l'alçada que permeti albirar el paisatge.

La tasca apassiona i un mateix s'exhorta a vèncer els inconvenients que li impedeixin de traspassar el llindar que duu a una tal aventura.

PRESENTACIÓ

La filosofia de la ciència ha estat des de fa temps una de les metes que ha perseguit la col·lecció *Quaderns de filosofia*, mentre ha evitat de seguir l'estil usual de fer-ne, propi d'àmbits de pensament d'orientació més o menys analítica. Però això es gira contra qui ho fa quan planeja un discurs diferent.

Com es duu a terme una reflexió sobre la ciència? On hi ha allò important i allò que sembla banal? La resposta obliga a ser circumspecte. La necessitat de bastir primerament algun esbós força el bandeig d'una qualsevol crítica fàcil a d'altres opinions, i urgeix a posar-se a la feina amb el perill i tot de dur a atzucacs o a afers que s'entreveuen sense possible continuació; o a la defensa d'uns punts de vista que després es descobreixen massa unilaterals, pel cap baix coberts per un vel d'ambigüitat.

Les circumstàncies aconsellen doncs d'apropar-se tant com sigui possible a una concreta activitat de l'home de ciència o arrapapar-se a alguna obra seva. Ultra això és possible que la filosofia de la ciència ho hagi de fer sempre a fi de no desorientar-se, i llavors es veurà potser, a mesura que els comentaris i les consideracions als diferents autors o a les seves obres vagin ampliant el ventall de les reflexions, que els escrits es complementen i s'enriqueixen mútuament, de tal manera que es podrà afegir que la filosofia de la ciència, com una qualsevol activitat de la filosofia, sempre està en camí de fer-se i mai no es troba acabada.

Si sols *a posteriori* de la ciència hi ha filosofia de la ciència, el present treball persegueix què fa la ciència, un fer camí més que un fer el cim, i s'hi capfica des d'aquest referent de tots els temps: l'*Almagest* de Claudi Ptolemeu.

I

L'ESFERA CELESTE DE L'ALMAGEST

Què es veu quan es contempla el cel de dia i de nit? Per què els antics grecs defensaren un model esfèric per als cels? Quines són les implicacions entre percepció i pensament? La imbricació de les preguntes no impedeix que es distribueixi les respostes segons s'hi trobi alguna dificultat.

1. La la volta del cel.

Els contorns de l'espai natural es desplegen més i més d'acord amb tots els llocs que s'ha visitat, i s'eixamplen si més no comunicativament i imaginàriament amb el que els altres homes han conegut.

A més d'això des de fa molt que s'ha imaginat què hi podia haver encara més enllà d'allò que els uns i els altres haurien visitat, o dels llocs dels quals n'hi hauria hagut alguna referència, àdhuc s'hauria pogut preguntar per un final de la terra.

Però l'espai que hi havia damunt dels seus caps era prou més difícil d'avaluar: els núvols i les tempestes, els altres fenòmens atmosfèrics, la presència dels astres i dels seus canvis, la importància del dia i de la nit, incitaren tota mena d'aproximacions (el grecs prefilosòfics pensaren que el cel es trobava a l'alçada d'unes quantes muntanyes superposades) a partir del que es coneixia.

Malgrat tot hi ha l'esforç de situar el cel diürn o nocturn quan ens deixem endur per la imaginació o simplement ho rumiem així, tot i la imprecisió que això comporta: el cel no té la certesa de quelcom que s'engrapa (d'aquí les aproximacions dels antics en parlar de la seva distància).

En efecte es pot estimar el cel com si estigués desplegat formant una superfície còncaua (si més no en la nostra tradició occidental, cf. *Odissea* 2,435-437, per exemple) per damunt de l'observador: però això deu voler dir que el fet equival a palesar-hi, en una tal estimació, un domini: si s'ha resseguit prou esferes per la part convexa (pilotes,

pedres tallades, etc.), si s'ha vist cúpules que es contemplen per la part convexa o per la còncava, si s'ha observat les concavitats de forats, de coves, etc., no és necessari d'afegir que no es veu així la volta del cel com sigui que no se la pot observar per la part convexa, i que és impossible d'inspeccionar-la com cal en la còncava. Més aviat es consideraria la disposició dels estels per damunt, per davant i per darrera, per la dreta i per l'esquerra, i es tractaria el cel «com si fos una volta»; o es consideraria la disposició del cel il·luminat de dia, escampant-se des de l'horitzó cap a dalt, de dalt cap a l'horitzó, per davant i per darrera, mentre es diria que hi havia aquí una volta recorreguda pel Sol, de nit per la Lluna, etc.

Els moviments dels astres també haurien estat doncs ocasió de suposar el cel com una concavitat; a banda del Sol que puja des de l'horitzó fins al seu migdia per a baixar cap a Occident, i de la Lluna que també puja, els estels nocturns es mouen com si tot el cel girés al voltant d'un eix imaginari que passés pel pol celeste i anés cap a nosaltres, mentre el fet d'assumir el cel com una volta hauria permès d'explicar els moviments dels astres, de tal manera que hi hauria hagut una harmonia conjunta.

No sembla que es pugui defensar avui que s'entoma el cel com si fos una volta, de tal manera que tot el que se'n sap no fes adonar que el cel no és enlloc i que el seu color blau es deu a l'oxigen de l'atmosfera, que els estels es troben a grans distàncies, que la Terra és en moviment, etc.

Circumscriuem l'afer a l'experiència diürna del cel blau: s'hi troba quelcom difuminat, on no hi ha cap voluntat de col·locar-lo aquí o allà; el que se'n sap, del cel i dels astres, fa que no hi hagi una intenció que el col·loqui en un lloc, o que procuri d'explorar-lo. El cel diürn seria doncs, si més no pel cantó topològic, la de quelcom que renuncia a una exploració local mentre es conforma amb una experiència visual i ocular-motora que ja assumeix el domini adquirit, i que lliura una espacialitat difusa. En d'altres paraules: el fet de saber els moviments dels astres i per què es veu blau el cel fa que s'anul·li l'esforç de situar-lo, fa que s'assumeixi un domini que exclou localitzar el cel blau, i que sols se'l mantingui visualment i ocularment-motorament, que inclou el que hem après a l'hora de mirar.

Però si es passa a les hores nocturnes del cel estelat sembla que hi ha l'anul·lació d'una qualsevol altra apreciació que no sigui el fet d'admetre que els estels són «molt lluny», i amb unes circumstàncies similars (hi ha aquí

una informació visual i ocular-motora). Això mateix seria vàlid per al que suggereix el saber de les distàncies entre la Terra i el Sol, entre la Terra i la Lluna, o entre la Terra i els altres planetes.

2. ¿Hi hauria un afer teòric en la contemplació de la volta del cel?

Llavors la contemplació del cel com una volta, ¿no forma part d'una teoria, en una accepció restringida del mot? ¿no s'ha d'anomenar teòric, en aquesta accepció, tot exponent de quelcom que mai s'ha pogut donar amb una completesa de què es creu valedora? I, ¿no és tot això una resultant, de tal manera que s'hauria de dir que s'observa i alhora s'imagina-pensa? Certament un qualsevol aspecte teòric no és sols això, quan segurament cap de les teories físiques no s'hi circumscriu, es nota, però, que no hi hauria un tall entre alguns comportaments quotidians i alguns punts de vista que, potser, es poden considerar teòrics.

Sembla impossible que algú hagi pogut defensar la volta del cel sense haver volgut fer-ho així, i d'aquí que es pugui afegir que aquest aspecte és la resultant d'una qüestió a propòsit del mateix cel.

3. ¿Parlaríem de trets modèlics?

¿Es constata els moviments del Sol, de la Lluna, dels altres astres? Hi ha la sortida del Sol, els canvis de llum, el seu pas per un punt arbitrari; es pot dir i tot que el moviment diürn del Sol, el moviment de la Lluna i el des altres astres, es donen per experiència en l'accepció que, malgrat que no són sempre esdeveniments observats en un moment, es diu que tenen lloc en tant que es convé que són moviments molt lents, dels quals no ens n'adonem: però llur concatenació i l'eficàcia dels canvis de posició permeten d'admetre'ls així. Uns tals moviments astronòmics serien doncs donats en aquesta accepció generosa, que suposaria també que són pensats-imaginats.

De bell nou hi apareixeria una obvietat en la referència als astres, que no impediria d'anotar-hi tant quelcom observat com aspectes modèlics que permetrien explicar les circumstàncies perceptives.

4. Les rotacions dels cels esfèrics.

La *μαθηματικὴ σύνταξις* de Ptolemeu¹ comença (Llibre I,1) amb la indicació que la matemàtica és preferible a les altres ciències teòriques, i educa com les pràctiques. Després estableix el pla de treball (I,2), que recull, diu, les aportacions dels antics i les seves pròpies, i passa a discutir sumàriament alguns punts prou coneguts.

Per exemple (I,3), que els antics degueren creure que els cels es mouen esfèricament a partir de consideracions del tipus: a) el Sol, la Lluna i els altres estels² es traslladen d'est a oest seguint cercles paral·lels els uns dels altres. b) Apareixen, per dir-ho així, com si sortissin de sota la terra, gradualment agafen altura, continuen girant d'una manera semblant, després baixen i cauen cap a terra com si s'esvanissin, romanen invisibles durant cert temps, després surten de nou, etc. c) Que, en conjunt, els períodes d'aquests moviments, els llocs de sortida i de posta, són fixos i els mateixos. d) La noció d'esfera se'ls acudí sobretot a partir de la revolució dels estels sempre visibles, que és circular amb un centre, el mateix per a tots. Aquest punt esdevingué el pol de l'esfera celeste, els estels que hi són més propers traçarien cercles perfectes, els més allunyats cercles cada vegada més grans en proporció a la distància al pol, fins a arribar als estels que romanen invisibles durant cert temps, d'altres per més temps, d'acord també amb la proporció de la seva distància al pol. e) Més endavant s'adonaren que tot allò que anaven investigant i estudiant estava d'acord amb això i sols amb això.

Cal rebutjar doncs que el moviment dels astres sigui en línia recta infinita, o que cada dia s'inflamin i extingeixin. D'altra banda aquella acceptació explicaria que els rellotges de sol lliuressin bons resultats – Ptolemeu afegeix que l'esfera fa possible els moviments

¹ Es prou conegut que la publicació estàndard del text grec es troba a l'edició de J.L.Heiberg, 2 vol., Leipzig, Teubner, 1898, 1903 (= *Opera Omnia*, I). Són fàcils d'aconseguir traduccions a diferents llengües modernes. Ens ha estat especialment útil l'última anglesa de G.J.Toomer, *Ptolemy's Almagest*, Londres, Duckworth, 1984, d'on hem manllevat els gràfics.

² En grec el terme significa «cos celeste». Ptolemeu usa «estels fixos» per als estels en l'accepció moderna.

més lliures i conté tots els altres sòlids, s'avé amb la natura de l'éter, i el moviment circular uniforme s'adiu amb la natura divina dels cels.

5. La volta celeste i l'esfera celeste: llur originalitat palesa un model teòric.

La forma esfèrica dels cels es creu pertinent per als estels fixos i la resta dels astres; es defensa doncs que no s'extingeixen cada dia quan es ponen per l'oest, ni es formen cada dia quan surten per l'est. Té present sobretot els estels fixos i l'argumentació es creu vàlida per als altres astres; Ptolemeu defensa que el concepte d'esfera hauria provingut del fet que els estels sempre visibles roden a l'entorn del pol: l'admissió que és així convidaria al concepte d'esfera i a acceptar un trajecte circular per als estels, i esdevindria alhora l'assumpció que, si els altres astres també tenen aquell pol, llavors valdria per a aquests el que val per als estels fixos, i per tant el seu recorregut curvilini s'hauria d'estimar com el que té lloc en cossos esfèrics.

Sigui com sigui l'afirmació que els astres tanquen la seva òrbita per sota la terra d'una manera circular és àdhuc anterior – i independent – a la que fa esfèrica la forma de la terra³.

Es rumiaria doncs el que es va observant i es defensaria que el cel forma una volta, que els estels fixos que són sempre visibles fan cercles al voltant del pol celeste, que les òrbites del Sol, de la Lluna i dels altres astres, quan són visibles, són curvilínies.

Però es va més enllà: els astres s'amaguen sota l'horitzó de ponent i hi ha un tancament dels circuits per al Sol, la Lluna i els altres estels, per tal de lliurar més tard les observacions pertinents que desviarien el Sol, la Lluna i els planetes de seguir simplement cercles. Allò que es percep es perllonga considerablement, i les explicacions que ofereix Ptolemeu són les que ho validen.

³ Anaximandre de Milet (nascut probablement l'any 611/610 aC – mort poc després del 547/6 aC) sembla que estimà que la forma de la Terra era cilíndrica (els homes viurien en una de les seves cares circulars), mentre que versemblantment fou el primer a defensar les òrbites tancades del Sol, la Lluna i els estels, a partir d'uns anells o rodes que envoltaven la Terra.

Una aventura que palesa la iniciativa d'una investigació, la capacitat d'observar els cels, d'anar més enllà, de comprendre-ho superant la manera com s'acostuma a veure-ho.

El procés que duu a l'admissió d'una forma esfèrica dels cels, i que els astres hi segueixen moviments circulars, esdevé doncs la seva mateixa garantia, el conjunt del qual no pot ser substituït per res.

Potser n'hi hauria prou, de parlar d'assimilació d'altres experiències de l'ordre que sigui, de llur extrapolació, o d'alguna mena de generalització a partir seu.

Com diu molt bé Ptolemeu, l'ocasió de perllongar el tancament dels circuits per al Sol, la Lluna i els altres estels, l'hauria brindat el moviment dels estels sempre visibles, però aquest perllongament no remet tal qual a res, sinó a imaginar-hi quelcom amb coherència amb d'altres moviments dels estels sempre visibles.

Tot això es veu més bé quan es té en compte el supòsit d'uns cels esfèrics al costat d'un qualsevol coneixement geomètric de les esferes; del tracte amb afers quotidians (joc de pilotes, motius ornamentals esfèrics); del giravolteig de para-sols, ombrel·les, boles; de la possible imaginació que fa voltar el cel, els sostres de tota mena dels edificis; del paral·lelisme de les parts que s'amaguen amb tot un seguit d'experiències com la rotació de l'anell al dit, el joc amb cercles de tota mena, juntament amb d'altres moltes experiències d'aquest caire (la dels objectes que algú llença per damunt seu i que desapareixen per darrera d'un mur, la de les pilotes que es fa rodolar i que, en caure en un sot, ja no es veuen, la que s'esdevé per allò que impedeix de veure parts d'una volta, etc.) – tot això no lleva la novetat d'entomar els moviments dels astres i dels cels per mitjà de circuits curvilinis tancats i dels girs esfèrics.

No s'hauria d'evitar de parlar de l'assimilació, de l'extrapolació i de la generalització per a explicar un procés comprensiu, i ara l'afer no llevaria la rellevància de dur-ho endavant per als cossos del cel i per al mateix cel.

Hi hauria hagut aquí una innovació, que no sortiria d'un no-res, però tampoc no seria una còpia d'esquemes anteriors, o una repetició sabuda, o una inversió d'operacions fetes; mentre es considerés l'afer

amb representacions o sense, expressant-lo o no, s'hi palesaria quelcom nou.

Alhora l'específica originalitat es faria des del domini perceptiu i imaginatiu.

D'altra banda babilonis i egipcis haurien pogut admetre el moviment dels estels al voltant del pol celeste sense que un tal fet suposés cap benefici per als altres astres (òrbites circulars tancades), la forma esfèrica dels cels, etc.

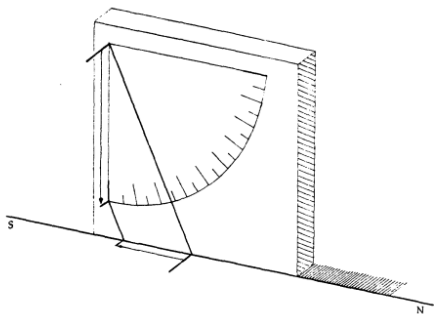
6. Allò teòric es troba subsumit en el conjunt de l'activitat humana.

Els exemples podrien multiplicar-se. L'*Almagest* ho fa fàcil quan desplega el seu contingut a partir d'una colla de fets i d'habilitats que no necessiten de coneixements previs. Per exemple, s'hi estableix que la Terra, presa com un tot, és pràcticament esfèrica (I,5), es troba enmig dels cels (I,6), té la raó d'un punt respecte dels cels (I,6), no es mou de cap manera (I,7), es defensa que hi ha dos moviments principals (I,8), el primer moviment, que és el que ho transporta tot d'est a oest en cercles paral·lels, roda al voltant dels pols de l'esfera celeste que ho fa girar tot uniformement. Es parla de l'equador celeste, del cercle de l'horitzó, del fet que quan el Sol està col·locat en l'equador celeste produeix arreu equinoccis. El segon moviment és el característic del Sol, de la Lluna i dels planetes en contrast amb els estels fixos, tendeix en conjunt cap a l'est, es fa tenint com a nous pols els del cercle de l'eclíptica del Sol, respecte del qual els dels altres astres difereixen ben poc. S'hi determina els equinoccis i els solsticis, s'explica què és el cercle màxim enomenat meridià, es fa saber que el pla de l'eclíptica⁴ sempre guarda la mateixa posició respecte de l'equador. Després demostra com se cerquen les successives cordes d'una circumferència prenent de diàmetre cent vint unitats, i en lliura

⁴ L'eclíptica dibuixa la trajectòria anual aparent del Sol, la Terra estàtica, que es troba en un pla inclinat respecte de l'equador celeste en un angle que avui s'estableix de 23°26'29". La intersecció dels dos cercles màxims celestes assenyala els punts equinoccials, el punt Àries o Vernal (Υ) i el punt Balança (Ω).

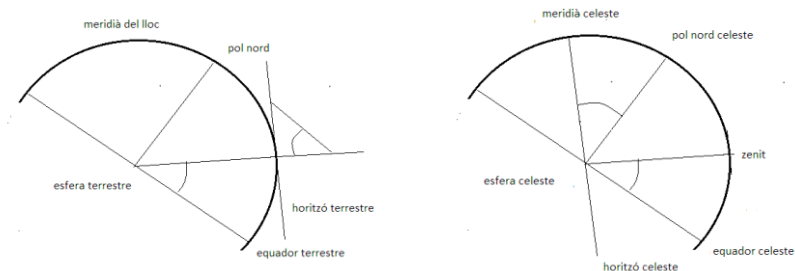
la taula (I,9-11). Explica com trobar la inclinació (= la declinació) de l'eclíptica respecte de l'equador, per tant la distància entre l'equador i el respectiu punt solsticial (I,12). Després es descriu la construcció d'anells i de plaques astronòmiques per a mesurar en graus l'angle entre el Sol i el zenit al migdia, la qual cosa permetrà d'annotar el del solstici d'hivern (màxim) i el d'estiu (mínim); el cercle de l'equador celeste es troba enmig dels dos, llur semidiferència lliura la declinació màxima (segons Ptolemeu $\varepsilon \approx 23;51,20^\circ$)⁵.

És fàcil derivar-ne la latitud geogràfica del lloc on es fa l'observació: s'agafa el punt mitjà entre les observacions de dos solsticis extrems, i es mesura els graus des d'aquest punt del quadrant a la part baixa de la vertical (serà la distància que separa el lloc de l'equador terrestre, o la distància dels pols respecte de l'horitzó del lloc).⁶



⁵ Tant per a les cordes com per als angles seguim des d'ara el que ja és normal en els estudis històrics, ens sembla sobretot a partir dels treballs d'O. Neugebauer; és a dir, la presentació del sistema sexagesimal escrivint a l'esquerra del punt i coma les unitats principals o els graus, i a la dreta seva les subunitats de diferent ordre separades per comes.

⁶ Ptolemeu parla del lloc geogràfic per a tot seguit estudiar-ne les conseqüències a partir de l'esfera celeste, és a dir, d'una esfera de radi arbitrari i centre la Terra, que és vista com un punt.



*En l'equinocci els raigs solars cauen paral·lelament,
en el meridià del lloc, a l'equador terrestre.*

No es tracta sols de tenir una explicació (la Terra immòbil, l'esfera celeste, etc.), sinó que això es fa en sintonia amb algunes observacions, mentre el que es «veu» no es fa independent de com es modela.

Es construeix instruments de fusta, de metall, de pedra, s'hi enganxa noves peces, s'hi dibuixa quadrants, graus, s'usa plomades, es té en compte què és el zenit, s'estima que s'és capaç de trobar el meridià. I se suposa sempre que s'ha fet tota mena de proves d'aquest tipus en molts llocs de la Terra i arreu moltes vegades al llarg dels anys.

L'aritmètica i les seves generalitzacions (l'ús de lletres) s'apliquen a les figures geomètriques, i es calcula la inclinació de l'eclíptica, per exemple, o la distància del lloc a l'equador terrestre.

Quan l'afer va bé hi ha un tot més o menys coherent entre allò que s'estima veure, les manipulacions dels materials per a fer aparells de mesurament, els càlculs i les observacions d'uns altres homes o d'un mateix en d'altres temps, el modelatge, els nous càlculs en figures geomètriques, i les relacions entre les parts d'aquestes figures; es posa en moviment imaginari les revolucions dels astres i de les òrbites. Es construeix el rellotge de Sol i s'observa el moment solsticial, es calcula i s'imagina, es modela i es para atenció als esdeveniments propis o contats.

Una referència única als aspectes teòrics⁷ de la ciència empobriria aquí les consideracions de l'activitat científica, i la faria abstracta. Car la manera de percebre i d'imaginar, es barregen amb les conductes encaminades a la transformació dels materials. Es tracta d'un procés a múltiples bandes que no té necessàriament la teoria com un element estàtic definitiu, sinó que s'alimenta de tota la resta perquè cada element dels afers es nodreix dels altres.

Els motius que l'*Almagest* lliura per a defensar la immobilitat de la Terra enmig dels cels (I,5 i I.7), subsumits en una manera d'anar modelant-los, sorprenen el lector que ja gaudeix d'uns altres paràmetres, i exemplaritzen que ha calgut moltes innovacions que han anat transformant la interpretació d'allò que es percep, la manera de copsar aquests afers⁸.

⁷ Els aspectes teòrics fan una referència més vaga de representacions, consideracions i llenguatges, els models prefiguren que hi ha algun ordre més o menys determinat que el pensament segueix (per això es parla de model astronòmic).

⁸ El motiu que esmenta per defensar que la Terra és en el punt mig dels cels deriva del seu pressupòsit que allò que dilucida l'any, els equinoccis, la distribució dels dotze signes zodiacals en els 360° del cercle, ocupant 30° cadascun, s'explica a través d'uns cels esfèrics assumits, per tant un qualsevol altre supòsit esdevé sense sentit (I,5). El copernicanisme no acceptarà certament la premissa principal.

D'altra banda Ptolemeu no troba paradoxal que la Terra es mantingui immòbil al centre de l'univers: les pressions iguals per tots costats la hi mantindrien, i defensa la teoria aristotèlica dels cossos amb levitat i amb densitat. Més aviat l'admissió d'una caiguda de la Terra fóra ridícula.

Aquells que ho admeten, però defensen llavors un moviment diari de rotació de la Terra al voltant del seu eix, de manera que els cels no gaudissin del moviment diari, no semblen adonar-se que seria un moviment màximament violent. El resultat hauria de ser que els objectes que no es troben agombolats a terra (per exemple, els núvols, les coses que es llencen, etc.) haurien de quedar enrera, o avançar sense d'altres moviments, com si es trobessin solidaris amb l'aire: res d'això, tanmateix, no ocorre (I,7).

II MITE I LÓGOS

La completesa que lliuren alguns elements teòrics convida a una reflexió més general.

1. Unes narracions vàries en els mateixos grecs.

Havent-hi un seguit sense solució de continuïtat entre les interpretacions sense pretensions sistemàtiques i algunes que sí que en tenen (hi hauria una especialització), sembla que un tal fil conductor permeti d'eixamplar l'àmbit de consideracions.

Per exemple, les formes mitopoiètiques, la personificació de les forces de la natura, les explicacions ancestrals i llegendàries, són – des del punt de mira de la completesa – comparables a alguns vessants teòrics (que per tant també explicarien); però això voldria dir només que no es podria trossejar arbitràriament les assumpcions: no solament no hi hauria solució de continuïtat entre el pensament prefilosòfic i el filosòfic al món grec antic, sinó que tant l'un com l'altre es donarien com a llenguatges que subsumirien i tot components compatibles.

La narrativa mítica enclouria doncs la seva particular manera de copsar, i hi hauria expressió, lógos. No es tracta, tanmateix, d'una equivalència qualsevol; les formes dels presocràtics se'n diferencien, deixant factors històrics socials externs prou rellevants, no sols per tenir en compte observacions (i mesuraments), quan, de tot això, n'eren prou conreadors babilonis i egipcis, sinó sobretot per l'execució d'una autonomia de la raó pròpia respecte de les raons tradicionals, de manera que s'hi afegeix una explicació que tendeix a bandejar narracions mitològiques que involucren propòsits. La diferència entre una narració i l'altra té un punt important en l'autosuficiència del filòsof en la seva explicació.

Es pot estar temptat avui a justificar el canvi de discurs al·legant necessitats i/o arbitrietats, quan és obvi que l'eclosió de la còlera de Zeus en forma de llamps no sembla quelcom arbitrari (a no ser que es convingui que Zeus actua arbitràriament, una manera de dir que, a

algú, no li plau Zeus); i la necessitat seria sols un mot que reblaria que no depèn de la voluntat d'un déu, difícilment aniria molt enllà de la constatació de la reiteració i coherència dels afers.

Es palesaria que l'aparició de prou discursos com els oferts pels presocràtics, els centrats bàsicament a explicar el món visible per mitjà del que el constitueix, de la gènesi del qual n'és la resultant, se'ls hauria d'avaluar més aviat com uns exemples de teories naturalistes, de vegades en continuïtat amb relats d'altres formes comprensives. Aquests presocràtics exemplificarien, amb una gran llibertat de criteris a l'hora d'assumir el relat de cadascú, el pas d'unes formes narratives a unes altres, es troben implicats en aquest procés que s'originà a Grècia pel qual s'anaren adoptant relats, i també models preferents en astronomia, sobretot des del temps d'Èudox.

Si més no – i pel que fa a la trajectòria de l'astronomia presocràtica – el destí d'allò compatible amb les observacions seria el d'anar suplantant allò que no ho era, i així mateix s'aniria rebutjant tot allò que semblava gratuït. Si l'eclosió explicativa dels temps anteriors a la filosofia atenenca palesa una confiança notable (de vegades sorprenent i tot) en el poder creador i escorcollador del pensament, en particular pel que fa als afers naturals, es podria conjecturar que la riquesa creadora dels presocràtics tindria el precedent, amb el qual no trenca d'una manera radical, de la pluralitat de les històries mitopoiètiques, i de llur exuberància explicativa.

2. Positivitat i certesa.

Allò que es troba quan s'observa la volta dels cel, en copsar una coherència, un tot conjuntat, l'harmonia, gaudeix de la seva respectiva adquisició.

Si no s'ha vist mai el cel com una volta, si no s'ha percebut així, hom ho assumirà diferent amb la seva respectiva paraula. Quan s'entoma la volta com a part d'una esfera, amb els astres movent-s'hi i retornant cada dia, es desplega quelcom des del que s'assumia abans.

No cal entrar en els detalls d'un geocentrisme com el d'Èudox o de Ptolemeu – el mateix caràcter esfèric dels cels bastarien – per al

manteniment que hi ha aquí construccions coherents, en interacció amb els afer observats per tal de descobrir quelcom, i dir-ho.

¿Es defensarà la validesa de tot això a gratcient de conèixer que s'ha superat el geocentrisme fa molt de temps? Cal respondre afirmativament: l'error sembla en qualsevol circumstància la conseqüència d'una superació, del fet del no manteniment d'això o d'allò. No es pot viure en l'error sense saber-ho malgrat que es pensi que algú ho fa, o malgrat que un mateix estimi que hi ha viscut o l'ha mantingut. Més enllà del saber de l'error hi ha pura positivitat. Des d'aquest punt de vista es constata que allò estimat va modificant-se – potser li cal modificar-se – al llarg del temps en un procés d'autoesclariment que esdevé en el millor dels casos un procés de lucidesa a propòsit de les coses de la natura i d'un mateix.

En allò cert hi ha sols positivitat: la superació no pot comportar l'anorreament d'aquella positivitat, sinó una transformació, tan assenyalada com es vulgui, d'un tot conjuntat.

3. Una nota afegida a la intepretació errònia.

La percepció de quelcom convida a considerar-lo de moltes maneres: pot ser útil, pot convenir, pot suggerir una obligació, pot motivar una experiència estètica, pot exigir una comprensió física, però també es copsa quelcom en l'accepció que s'estima quant es tardaria a arribar a dalt d'aquell turó, etc.

S'atén l'observació natural, no se la negligeix d'una qualsevol manera, i és dels afers més certs. Malgrat tot no es deixa mai de rumiar, mentre les coses es lliuren de manera que, deixant potser els casos més extrems d'observació, no podem no donar-nos-les sense domini, sense completesa, sense modelització, àdhuc sense alguna explicació.

Ens trobem doncs en una realitat natural assumible de moltes maneres: les teories astronòmiques formen part d'un tal projecte.

Es gaudeix així d'una realitat natural, que s'allarga pel cos propi. L'individu s'hi troba i no pot obviar-ho. S'és en això i en allò i s'és en les implicacions que hi ha en aquestes coses. Un descobridor de realitat que hi és arreu.

Un mateix remet a una gènesi seva, per tant de caràcter individual, en les progressos i en les reculades al llarg del seu temps, àdhuc envia a un descabdellament dels trets col·lectius en els canvis de tota mena, i això ho imagina per als altres, i per al llarg de la història.

En cap cas no s'esdevé que el gruix del que s'ha sigut i s'és hagi estat un equívoc o que, en conjunt, no s'hagi omplert els dies amb tota classe de problemes i d'activitats, no se'ls hagi explicat, i no s'hagi resolt els dubtes i les dificultats tan bé com s'hagi pogut.

D'aquí que hom imagini en conjunt que l'home no pot dar-se al marge del fet d'expressar-se i d'explicar-se. No tindria massa sentit de fer menyscapse d'una qualsevol de les seves troballes que han estat rellevants. L'error en algun moment d'un mateix o dels altres és una anècdota que pel cap alt palesaria que el discurs humà no estaria conclòs per endavant. L'home sempre interpreta, una tasca que mai no està acabada.

III

QUANTIFICACIÓ I MODEL ASTRONÒMIC

L'obra de Ptolemeu com a treball científic convida d'indicar una mica l'ús que se'n fa, de la matemàtica.

L'*Almagest* és un llibre ple de gom a gom de càlcul de geometria esfèrica. Basti un petit resum de la resta del llibre I i del llibre II, que lliuren el necessari per a estudiar les òrbites dels astres, començant pel Sol i la Lluna (llibres III-VI).

En efecte Ptolemeu demostra els teoremes de Menelau, que relacionen sis arcs en quatre cercles màxims (I,13), útils en els càlculs de la geometria esfèrica. Amb això busca com trobar la **inclinació**, com anomena aquesta **declinació**, és a dir, l'arc del meridià comprès entre un punt de l'eclíptica i l'equador (I,14). Havent-ho ensenyat lliura la taula per als valors d'un quadrant de l'eclíptica (I,15). A continuació fa el mateix amb l'**ascensió recta**, és a dir, l'arc de l'equador comprès entre l'origen (on es creua amb l'eclíptica) i el seu encreuament amb el meridià que passa per un punt donat de l'eclíptica, quan tot plegat es considera en esfera recta⁹, és a dir, quan l'horitzó passa pels pols de l'equador (I,16); amb això se sap calcular el temps en hores equinoccials que tarda una secció de l'eclíptica a creuar el meridià en un punt qualsevol de la Terra, o el temps que tarda a sortir per l'horitzó (temps de sortida en esfera recta).

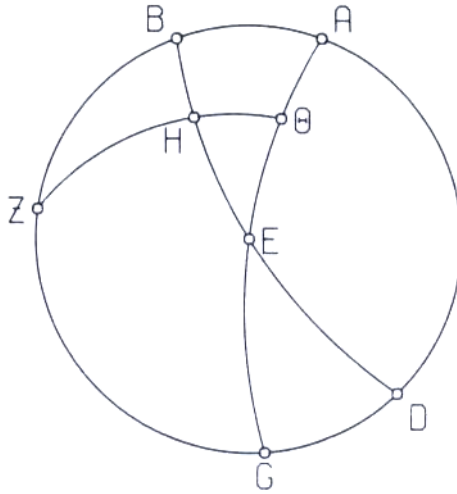
El llibre II ensenya a calcular problemes en esfera obliqua, quan l'horitzó no és perpendicular a l'equador.

Tot el llibre és ple de la genialitat grega. Per començar (II,2) es demana que es trobi l'arc de l'horitzó entre l'equador i l'eclíptica donada la durada del dia més llarg. Ptolemeu considera normalment que s'és a Rodes (latitud = altura del pol = 36°), i aquí el dia més llarg té 14½ hores equinoccials.

Llavors *ABZGD* respresenta el meridià del lloc, *BED* la part est de l'horitzó, *Z* el pol sud, *AEG* l'est de l'equador, i de l'eclíptica suposem que,

⁹ L'expressió «en esfera recta» es refereix a la manera de veure els cels quan l'equador celeste és perpendicular a l'horitzó local – «en esfera obliqua» quan és inclinat, els dos cercles màxims formant angles no rectes.

en el solstici d'hivern, el Sol surt pel punt H , essent $ZH\theta$ el quadrant d'un cercle màxim.



En aquest cas θA representa la meitat de les hores del dia en el solstici d'hivern de Rodes, $G\theta$ la meitat de les hores de nit. Se sap θA (cada hora diurna suposa 15° d'arc), AE (90°), ZH ($90^\circ - 23;51,20^\circ$, declinació màxima), BE (90°), per tant es pot saber HD pel teorema de Menelau, i llavors se sap HE . Se sap doncs on sortirà el Sol prenent com a centre el punt de l'horitzó que talla l'equador.

La composició espacial troba un aspecte fecund quan la recerca lliura l'arc HE (l'amplitud ortiva del Sol) per als diferents dies de l'any, que demana en cada cas el seu càlcul corresponent¹⁰.

La secció II,3 diu que, amb la durada del dia i de la nit en un solstici, es troba l'altura del pol (la part de l'arc del meridià celeste entre l'horitzó celeste i el pol celeste), i que si sols se sap l'altura del pol també es calcula la durada del dia i de la nit en un solstici, o es pot lliurar l'amplitud ortiva.

Per un raonament semblant es mantindria tot això quan es considera un punt de l'eclíptica diferent del solsticial.

¹⁰ El càlcul es fa a partir dels valors de la declinació des de la taula corresponent per a cada dia de l'any.

Diu quan el Sol abastarà el zenit (II,4), i com encertar les raons de les ombres d'un rellotge de Sol quan se sap l'arc entre solsticis, i l'arc entre l'horitzó i el pol (II,5).

Després (II,6) ho aplica, tot això, a moltes latituds des de l'equador fins al pol nord, comentant característiques especials (llargada del dia i de la nit, estrelles que arriben al zenit, quines es veuran sempre, ombres dels rellotges, etc.)

La tasca següent consisteix a mostrar com es fa el càlcul, per a cadascuna de les latituds, dels arcs de l'equador que surten alhora amb els arcs donats de l'eclíptica en esfera obliqua (II,7) [compareu amb I,16, que es fa per a l'ascensió recta en esfera recta]. Prova (1) que els arcs de l'eclíptica equidistants del mateix equinocci surten sempre amb arcs iguals de l'equador; (2) que, si dos arcs de l'eclíptica són iguals i equidistants d'un solstici, la suma dels dos arcs de l'equador que surten amb aquells és igual a la suma del temps de sortida dels mateixos dos arcs de l'eclíptica en esfera recta. Per tant bastarà la recerca del temps de sortida d'un quadrant en una qualsevol latitud per a saber el dels altres quadrants. Prenent com a paradigma el paral·lel que passa per Rodes, ensenya com calcular l'arc de l'equador que surt alhora amb un arc de l'eclíptica, i ho fa doncs primer prenent l'arc (30°) del signe d'Àries, amb un mètode de càlcul que valdria per a un qualsevol valor de l'arc.

Però prefereix seguir un camí més pràctic i més fàcil: la cerca de la diferència entre el temps de sortida (és a dir, l'arc de l'equador que surt alhora amb un arc de l'eclíptica, per tant del temps que tarda a sortir aquest arc darrer) de l'arc de l'eclíptica en esfera recta i en esfera obliqua (coneguda amb el nom de diferència ascensional en l'astronomia medieval). Aquest camí¹¹ demana estar en una latitud, malgrat que es faci un plantejament general per a totes, es pressuposa que se sap, en graus, la diferència en graus-temps del dia equinoccial (12 hores de dia i 12 de nit) respecte del dia més curt o més llarg en la latitud donada; és a dir, *les hores* de Sol que hi ha de més en l'equinocci respecte del solstici d'hivern, o de menys respecte del solstici d'estiu, en la latitud escollida. L'escrit lliura després els diferents temps de sortida per a cada deu graus de l'arc de l'eclíptica en una latitud donada, la de Rodes.

A continuació calcula el temps de sortida de l'equador per cada 10° d'interval de l'eclíptica per a d'altres moltes latituds. En fa una taula des de

¹¹ Dalt *Almagest* I,14-16 ja havia ensenyat a obtenir la inclinació de l'eclíptica, l'ascensió recta per als diferents graus de l'eclíptica, tot en esfera recta. Per tant se sap el temps de sortida en esfera recta.

l'equador terrestre, que correpondria a una posició d'esfera recta, quan el dia (hores diürnes) més llarg té dotze hores, continuant en intervals de latitud que successivament van allargant mitja hora el dia més llarg fins a la latitud on aquest val disset hores. En lliura la taula (II,8).

Llavors (II,9) és fàcil de saber a partir de la taula anterior el següent: (1) la durada del dia o de la nit; (2) el valor d'una hora estacional; (3) es poden convertir hores estacionals i hores equinoccials¹²; (4) es troba el grau de l'eclíptica que surt per l'horitzó donat un dia i una hora qualsevol expressada en hores estacionals; (5) la **culminació**¹³ de l'eclíptica en un moment donat; (6) en particular el punt de culminació del punt de sortida, és a dir, quina culminació hi ha quan surt per l'horitzó quelcom.

Havent enllestit això s'ocupa de la discussió del càlcul dels angles formats a l'eclíptica. Primerament dels angles entre l'eclíptica i el meridià (II,10), ensenya com fer-ho per a algun punt significatiu del zodíac, i remet a l'estudiós l'aplicació successiva a les altres seccions de l'eclíptica.

Després tracta dels angles entre l'eclíptica i l'horitzó en esfera obliqua (II,11). Estableix alguna igualtat entre les magnituds compromeses en aquests angles¹⁴. A títol d'exemple il·lustra com cal operar quan es vol saber l'angle que formen aquells dos cercles màxims en un punt de l'eclíptica a la latitud de Rodes, i dóna per establert que es podrà tabular les quantitats per a la resta dels signes del zodíac i de les latituds.

¹² En el món antic les hores normalment usades eren les hores estacionals, algunes vegades conegudes amb el nom d'hores civils. Una hora era la dotzena part de la duració de la llum solar o de la nit en un lloc donat, i depèn de la latitud i de l'època de l'any. L'hora diürna i la nocturna eren sols iguals en l'equinocci.

L'astronomia usà la vint-i-quatrena part uniforme del dia, esmentada com a hora equinoccial perquè dura el mateix que l'hora estacional en l'equinocci.

¹³ En general la culminació és el pas d'un cos celeste pel meridià del lloc, sempre ortogonal al pla de l'horitzó. Aquí se cerca el grau de l'eclíptica que culmina, donat, per exemple, un nombre d'hores estacionals des del migdia, que també poden incloure hores nocturnes.

¹⁴ Els punts de l'eclíptica equidistants del mateix equinocci produeixen angles iguals en el mateix horitzó. Els punts de l'eclíptica diametralment oposats fan que la suma dels angles entre l'eclíptica i l'horitzó al punt de sortida d'un i al punt de posta de l'altre sigui igual a dos rectes. Els punts de l'eclíptica equidistant del mateix solstici fan que la suma de l'angle se sortida de l'un i l'angle de posta de l'altre sigui igual a dos rectes (és una conseqüència del primer cas).

Per acabar estudia (II,12) extensament els angles formats entre l'eclíptica i els cercles màxims que passen pel zenit del lloc (pel pol de l'horitzó). Per a fer-ho demostra que (1) presos *dos punts* de l'eclíptica equidistants d'un solstici, i a banda i banda equidistants del meridià del lloc, la suma de dos arcs dels cercles màxims que van des del zenit, a aquests dos punts de l'eclíptica, són iguals, i la suma dels dos angles en aquests punts que formen l'eclíptica i els esmentats arcs, a l'est i a l'oest del meridià, val dos rectes. (2) També va demostrant que si agafem *el mateix punt* de l'eclíptica en dos posicions equidistants d'un meridià, una per cada cantó, els arcs dels cercles màxims que van des del zenit a cada posició del punt són iguals; i dos dels angles que formen els cercles que passen pel zenit, i per cadascuna de les posicions d'aquell punt de l'eclíptica, amb la mateixa eclíptica, sumen dues vegades l'angle, en una d'aquelles posicions, que forma l'eclíptica i el meridià del lloc (cal que els dos punts culminants, punts de l'eclíptica, es trobin ambdós al nord o ambdós al sud del zenit). (3) Si el punt culminant del segment de l'eclíptica a l'est del meridià és al sud del zenit, i l'altre punt culminant del segment de l'eclíptica a l'oest del meridià és al nord, llavors la suma dels angles que hem dit dalt fa dues vegades l'angle, en una d'aquestes posicions, entre l'eclíptica i el meridià del lloc, més la suma de dos rectes. (4) Si el punt que està culminant en la secció de l'est és al nord del zenit, i l'altre de l'oest és al sud del zenit, llavors s'hi ha de sostreure dos rectes, al doble de la suma dels dos angles.

Amb tot aquest procediment bastarà de calcular per a cada latitud només els angles i arcs abans del meridià, és a dir, a l'est seu, per a tots els graus de Càncer, i haurem obtingut també els angles i els arcs per a tot Càncer després del meridià, això és, a l'oest seu. I tal cosa valdria per a tots el signes.

Després, com a cas pràctic, ensenya com s'arriba a conèixer l'angle que formen el cercle màxim que passa pel zenit i el cercle de l'eclíptica a Rodes (36° de latitud) en el punt que es troba al començament de cranc (90° des del cap inicial d'Àries) quan suposem que aquest punt és un hora equatorial a l'est del meridià.

Per tant (II,13) caldrà tabular aquests angles d'acord amb la latitud geogràfica (es fa des del paral·lel en el qual el dia més llarg té 13 hores fins al que el dia més llarg té 16 hores, en intervals de mitja hora); per a cada latitud es lliura per als començaments de tots els signes zodiacals; i per a cada signe es calcula en funció de les hores que el separen del meridià per l'est o per l'oest.

La taula, prou complexa, troba en les demostracions prèvies un alleujament rellevant.

1. Càlcul i representació.

El paper de la quantificació – en referència a la discreta – en les diferents ciències no serà compresa mentre es vulgui mantenir que l'aritmètica no deu el seu origen i la seva coherència al tracte amb els afers concrets; mentre es passi per alt que es deu al fet de copsar d'una manera peculiar les coses, i de reiterar-se indefinidament sobre el que s'ha après; que no cal cap nova instància més enllà o més ençà del saber representatiu, de la coherència que anima el procés, i de l'exercici reiterat sobre el que s'ha aconseguit fins a fer-ne un univers autònom.

La quantificació atén quelcom a través d'un procediment, el de relacionar parts en una aritmètica que arriba al domini del nombre, que té els seus propis camins d'extensió i de generalització fins a abastar l'àlgebra, etc., on s'incorporen els esforços fets des d'altres branques que diversifiquen la matemàtica. Tanmateix l'element que cal no perdre de vista rau en el fet que la quantificació estableix una coherència de relacions entre parts, entre si i respecte al tot, que perd la seva representació en profit del domini numèric i que permet anar més enllà d'una manera indefinida. Però tot el càlcul formal no seria interpretat encertament si no es fes referència que hom s'ocupa de quelcom que remet, tan diferidament com es vulgui, a un assumpte de parts i de tots.

La importància d'una correcta comprensió del que es fa rau a permetre fer d'aquestes branques de la matemàtica un específic esdeveniment que es troba assumint d'altres significats referits al món material de manera que hi ha un llenguatge amb una força considerable per a cenyir l'expressió. Al capdavant es manté un nivell estricte d'exigència i sens dubte és el de quelcom, en general representatiu en origen, que és descabdellat després al marge dels exemples, que té certesa, i que per això mateix és vàlid per a una qualsevol magnitud, per tant l'afer pot transcórrer en «llenguatge matemàtic» i amb una significació no quantitativa.

Aquestes branques de la matemàtica lliuren exactitud: en el seu origen remetent, s'ha suggerit, a la força que manté les relacions de

parts i de tots. Es pot tenir així abans de fer-ho al marge d'un exemple, abans de perllongar-se indefinidament. Els càlculs pressuposen que es manté un cert saber que més aviat ha guanyat autonomia per tal de fer-se eficaç. El que es pugui fer acréixer del domini de la quantitat no deixa de gaudir d'alguna referència, encara que sigui sols interpretativa, de les quantitats naturals, en general representatives, malgrat i tot que mai no es pugui exemplificar. L'«encegament», que prové de la pèrdua d'exemplificació i del càlcul, no desmereix l'activitat, sinó que palesa el guany d'una coherència natural, representativa, que en treu més profit a un altre nivell – i que li és més útil segons quines estratègies.

L'estudi astronòmic no és aliè dels processos profunds de la quantificació que abraça, quelcom que deu ser molt present en l'innovador teòric, en el revolucionari, en aquell que viu intensament el sentit teòric del que fa. No ser-ne aliè implica alguna presumpció, un comprendre mínimament què és la quantificació discreta, un adonar-se si més no que té una sintaxi que és una resultant i que treballa així, i llavors és així també que el discurs astronòmic inclou quelcom que fa confiança de si mateix com a resultant. Per això hi ha una consideració astronòmica: es troba en allò que no es pot retreure a la quantificació numèrica, i en aquesta mateixa quantificació. Una història molt sospesada i amb diferents nivells, condensada (la quantitat numèrica) en un tot que no fa més que insinuar-la i que avança en el discurs representatiu i numèric¹⁵.

2. Modelització i paral·lelisme estructural.

El desencadenament d'un exercici astronòmic pressuposa molts afers. Per exemple, la imbricació de percepció i de les resultants imaginàries per la qual s'estima que les coses i els esdeveniments que

¹⁵ L'estudi astronòmic és també no numèric: pensa/imagina moviment i se serveix de la geometria en la confecció de models. Alhora no pot fer-ho sense quantificació discreta. Notem que la geometria tal qual és representativa (si més no l'euclidiana) i cal tenir-la com una manera singular de tractar els aspectes no discrets (cf. *Introducció a la geometria euclidiana. Apunts per a una filosofia de l'espai*, QF36).

s'ha deixat hi continuen i que s'hi pot tornar a tenir tractes. Hi ha la imaginació de com pot ser quelcom que no s'és capaç de percebre. Es permet de fantasiar com deuen ser els afers en realitat, etc. En general la imaginació va de la mà de la realitat perceptiva sense que calgui diferenciar constantment què es deu a l'una i a l'altra.

No es farà estrany doncs que la teoria, de la manera que es vulgui, segueixi una sort paral·lela: no sols que no cal separar representacions, sinó que no cal i tot representació.

La sedimentació, «l'encegament», d'un domini intel·lectual perllonga una tal marxa.

La coherència que va resultant, patent aquí, insinuada en un altre lloc, implícita o suposada en d'altres llocs, subsumint sense més això o allò en d'altres moments, és el que fa dir que hi hagi un discurs racional quan s'expressa, en la proporció del seu encert, i amb estrats diversos en accepcions vàries.

Hi ha sens dubte una munió d'afers quan es fa astronomia.

Deu ser convenient destacar dues circumstàncies, que ben mirades farien un sol afer: la modelització des de l'observació perceptiva i el paral·lelisme de les estructures. Per la primera es lliuraria, es proposaria, com és, pel segon es fora capaç d'assumir que el que està mesurant, de la manera que sigui, està en relació amb quelcom que pot ser parcial, però que es modelitza. El que es fa en model valdria així paral·lelament al que es fa en una altra cosa; la modelització (hi ha dues coses paral·leles) permet el paral·lelisme d'estructures, i el paral·lelisme (les dues es relacionen) permetria la modelització. La proporció, l'escala, etc., una qualsevol aproximació quantitativa entre el model i la realitat perceptiva, pressuposarien aquest joc, en el fons unitari, entre model i paral·lelisme.

Agafem una de les demostracions magistrals de l'*Almagest*, la continguda en el llibre III a propòsit de l'anomenada anomalia solar. En aquest model geocèntric el Sol té com a moviment propi el que segueix al llarg de l'eclíptica durant tot l'any (el diari el segueix perquè és el del primer moviment dels cels). Hauria de semblar que, l'observador estant al centre de l'eclíptica i del cercle de l'equador, els equinoccis i els solsticis, que delimiten arcs iguals de 90° de l'eclíptica, acotessin així mateix iguals períodes de temps, és a dir, que es repartissin per igual els 365¼ dies

(aproximadament els que té l'any segons Hiparc i Ptolemeu). Però no és així. La irregularitat pressuposa que el Sol va aparentment a diferents velocitats. Com que Ptolemeu vol explicar les irregularitats per moviments circulars uniformes, presenta dos models, el dels excèntrics, i el dels epicicles: per al Sol creu que és més simple d'assumir un excèntric, on el Sol manté un moviment uniforme, malgrat que vist des de nosaltres que som al mig de l'eclíptica, sembla un moviment anòmal.

Es proposa doncs de trobar la raó de l'excentricitat del cercle solar, és a dir, la raó que manté la distància entre el centre de l'excèntric que segueix el Sol uniformement, i el centre de l'eclíptica, on és l'observador, respecte del radi de l'excèntric. De retop vol lliurar el lloc de l'apogeu del Sol (III,4) [el punt de l'òrbita solar més distant a la Terra]. Es tracta d'un discurs modelitzador que prossegueix la doble circumstància d'esdevenir model i relació.

No té en compte la precessió: no hi hauria observacions tan acurades dels equinoccis i dels solsticis que ho haguessin fet possible.

Llavors recull la troballa del valor de l'equinocci de tardor el dia 9 del mes egipci d'Atir, una hora després de la sortida del Sol, durant l'any tercer d'Antoni [26 set. 139]; el valor de l'equinocci de primavera següent, que passà el dia 7 del mes de Pachon, una hora després del migdia [22 març 140]; el valor del solstici d'estiu immediat, que va ocórrer entre els dies 11/12 del mes de Messori [24/25 juny 140], dues hores després de mitjanit.

D'acord amb això l'interval entre l'equinocci de primavera i el solstici d'estiu és aproximadament de $94\frac{1}{2}$ dies, i el d'entre el solstici d'estiu i l'equinocci de tardor de $92\frac{1}{2}$ dies.

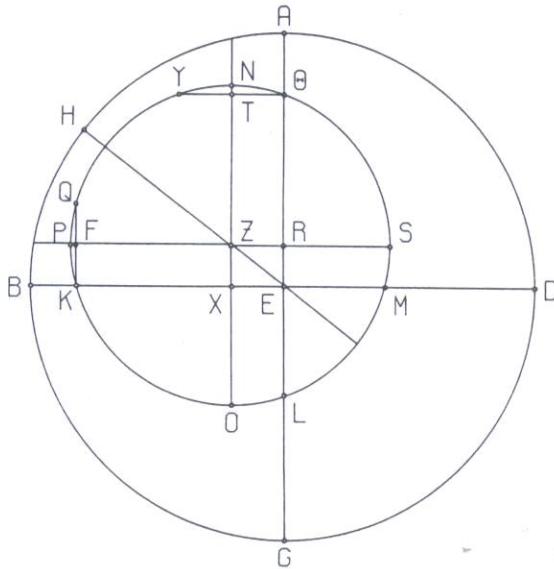
La impossibilitat de solució de continuïtat entre model i experiència observacional es palesa i tot en les d'equinoccis i de solsticis, que no necessiten d'un model planetari o astral, sinó d'un esquema simplificador del que la llum solar hauria de ser capaç de fer (que permet doncs l'observació directa o el càlcul corresponent: pensem en la ciència balilònica, per exemple).

Les anotacions de punts capitals de la marxa solar, el còmput dels seus períodes, la constatació de llocs de sortida i de posta, etc., poden considerar-se allò a subsumir-se en la modelització, i allò que remet des del model com a quelcom que no és aquest mateix (seria el referent que té aquí algun valor observacional), pensat des del model d'excèntric i d'eclíptica¹⁶.

¹⁶ El terme grec d'on prové el mot «eclíptica» significa literalment «que té a veure amb els eclipses». Ptolemeu no l'usa mai, i prefereix d'altres girs: per exemple, «el cercle pel mig dels signes».

Fem-ho, i llavors es pot representar l'eclíptica pel cercle $ABGD$, amb centre E . AG i BD serien dos diàmetres perpendiculars que passen pels punts equinoccials i solsticials. Fem A l'equinocci de primavera, B el solstici d'estiu, etc.

El centre de l'excèntric es trobarà en el quadrant delimitat per AE i EB . Perquè el semicercle ABG comprèn més de la meitat de l'any ($94\frac{1}{2} + 92\frac{1}{2}$ dies), per tant conté més de la meitat de l'excèntric (el Sol es mou uniformement per l'excèntric); a més a més el quadrant AB representa més temps que el BG , llavors conté un arc més gran de l'excèntric que l'altre.



Aleshores es pren un punt Z com a centre de l'excèntric. Dibuixem el diàmetre EZH a través dels dos centres i l'apogeu [és a dir, H el punt més distant de l'òrbita solar – independentment de la representació: car el Sol va per un cercle molt exterior a l'excèntric, però amb el mateix centre que aquest – des de E].

Amb centre Z i amb radi arbitrari es traça l'excèntric solar ΘKLM . Dibuixem a través de Z la línia NXO paral·lela a AG , i PRS paral·lela a BD .

Tracem, des de Θ , ΘTY perpendicular a NXO , i des de K la perpendicular KFQ a PRS .

El Sol recorre el cercle ΘKLM amb un moviment uniforme. Cal assumir per tant que recorre l'arc ΘK en $94\frac{1}{2}$ dies, i l'arc KL en $92\frac{1}{2}$ dies, que són aproximadament $93;9^\circ$ i $91;11^\circ$ respectivament¹⁷.

Llavors arriba fàcilment al valor de l'arc $Y\Theta$ ($4;20^\circ$), per tant al de la corresponent corda ($\approx 4;32^p$, quan el diàmetre PS és 120^p)¹⁸.

Després és fàcil de veure que l'arc PK val $0;59^\circ$, i que la semicorda $KF = ZX$ és $1;2^p$.

Com $EX = 2;16^p$, llavors $EZ \approx 2;29\frac{1}{2}^p$ (quan el radi de l'excèntric és 60^p).

Per consegüent el radi de l'excèntric és aproximadament 24 vegades la distància entre els centres de l'excèntric i de l'eclíptica.

I és fàcil de demostrar que l'arc BH , que assenyala quant s'avança l'apogeu al solstici d'estiu, val $24;30^\circ$.

S'admet també que $LM = 86;51^\circ$ (corresponen a 88 dies i $1/8$ més), i $M\Theta = 88;49^\circ$ (90 dies i $1/8$). El Sol travessa GD , que va des de l'equinocci de tardor al solstici d'hivern, en $88\frac{1}{8}$ dies, i DA , des d'aquest solstici a l'equinocci de primavera, en $90\frac{1}{8}$ dies. Tot això està d'acord amb les estimacions d'Hiparc.

No hi ha solució de continuïtat entre el model i allò que és modelitzat. Aquest tot explícit astronòmic subsumeix quelcom els orígens del qual gaudien d'una elementalitat que es fa ràpidament reiteració, còpia, variació, etc., que ara ja simplement s'agafa.

Certament el treball de Ptolemeu suposa, àdhuc per a les dades d'origen observacional, el model conjunt, fins i tot nous models més elementals en profit de la construcció d'instruments, del compte dels dies de l'any; i té necessitat de les mateixes mesures aconseguides amb l'observació i els aparells. Tanmateix roman que allò que manté alguna significació observacional, i que es quantifica, exemplaritzta estructures numèriques relacionables amb d'altres dels models pròpiament considerats.

Hi ha una complicació que va del model general a les dades recollides passant per d'altres modelitzacions. Alhora es manté el

¹⁷ Recordi's que cal llegir: $93^\circ 9'$, etc.

¹⁸ És a dir: si el diàmetre val arbitràriament 120 parts, llavors la corda valdrà 4 parts i 32 unitats sexagesimals menors. Tots els càlculs amb cordes es fan seguint aquests patrons, molt útils quan es desconeixen els valors reals.

domini de la quantificació numèrica, amb alguna exemplaritat quan es fa un mesurament, però que va a parar al càlcul general, el qual ja es domina i que lliura prèviament resultants interessants de geometria i de quantificació. I, pel que fa a les quantitats numèriques, és des d'aquesta estructura d'un nivell més baix que s'estableix el paral·lelisme amb aquella del model general.

S'acompleix una tasca joiosa: es perllonguen les reflexions, s'hi palesa una coherència complexa, malgrat que immediata per a l'ocupació, que es desplega segons un discurs que conté les seves pròpies condicions.

3. El càlcul, la geometria, i els models.

Sense la geometria i el càlcul (circumscriu a l'àmbit on ens movem) no hi hauria hagut possibilitat, no d'imaginar una esfera (quelcom que es pot fer sense saber-ne, de geometria), sinó d'ocupar-se de les relacions entre les seves parts quantificades.

S'hauria pogut fer pròpiament astronomia (calcular les relacions entre parts de l'eclíptica i les altres línies: l'equador celeste, el meridià, l'horitzó del lloc, l'estudi de les anomalies del Sol, de la Lluna, dels planetes, l'apunt de la precessió – una qualsevol relació ho palesaria: per exemple, la raó de l'excentricitat del cercle solar que acabem de veure) gràcies a una congruent implicació mútua entre observacions i modelització.

Aquest punt de mira rebla que no tot està al mateix nivell d'explicitació, que s'hi troba quelcom que mai no sobrepassarà una latència implícita (allò per la qual cosa s'assumeix el càlcul) que diu que té sentit d'usar-lo, hi ha aquesta mínima significació.

En efecte, referit al món del càlcul i de les proporcions, ha calgut bastir quelcom a partir d'una representació que s'ha fet reproduir a semblança seva; es relaciona parts amb parts, de tal manera que res del que s'hi diu és aliè a la realitat representativa, però on pràcticament res hi remet ara perquè es descabdella a un altre nivell. Es tracta d'una expressió autònoma per la manera com es treballa, però no una que no remeti als continguts representatius com el mitjà on s'ha après i com el lloc que basteix l'origen de la seva certesa. Amb el càlcul i amb la

proporció es pensa alguna cosa que d'una manera o d'una altra remet al representatiu i que pot considerar-se un tractament d'allò que s'ha après, i per tant pot estimar-se a un qualsevol nivell, àdhuc aquell que el manté sempre com a autònom, com un punt d'arribada, no perquè la representació sigui capaç de lliurar-lo d'una qualsevol manera, sinó perquè s'ha esta capaç d'elaborar-lo, i és en aquesta acció una resultant.

L'origen de la geometria es palesa amb molta més facilitat perquè sempre és representativa. No hi ha res que se n'aprengui que no hagi de remetre a les coses i als esdeveniments com els seus orígens. Tot el que se'n diu en deriva, és una manera de tenir-ho, i l'actitud d'estudiar-ne les relacions perllonga la circumstància que es refà una qualsevol circumstància i es relliga allò que convé: hi ha, es podria acceptar de dir, un tal teoritzar representatiu. La capacitat d'afigurar-se coses sembla en qualsevol cas descabdellar-se de manera indefinida, com també l'enginy de trobar-hi problemes i solucions. Però no hi hauria aquí tampoc res que no remetés a consideracions més simples a propòsit de consideracions sobre les coses i els esdeniments, per tant d'allò que és representatiu i natural. Es tractaria d'un saber après des dels afers naturals i representatius i que no els trairia en el seu descabdellament.

Cal no estranyar-se que el càlcul i la geometria en l'astronomia sigui allò més convenient de fer si més no si s'atén que els càlculs i les proporcions, i la geometria, s'adiuen a allò representatiu i de la natura; si es té en compte que el rigor en la quantitat discreta prové des d'un exercici representatiu, per tant que l'encert d'una relació quantitava vol dir que rebla el rigor i la força d'observacions fetes, de supòsits atesos; si no s'oblida que, les facultats intel·lectuals essent les que són, fóra impossible de trobar les relacions en l'astronomia, i en allò que es vulgui, sense haver après moltes coses abans, sense exercitar-se en un tipus de raons, sense el domini en alguna de les seves resultants en profit d'aprofitar-les més i més.

Allò meravellós rau tant en la certesa que hi ha una imbricació de tal manera que el coixí que es tracta respon a diferents nivells de significació mentre es mantenen les tasques de tenir present afers bàsics (naturals i reproductius).

Per això les observacions en conjunt han subsumit en una aproximació rigorosa de relacions: car han suposat que ho permetien com una exemplificació.

¿Hi ha un model astronòmic? Certament que sí: en l'accepció que el geocentrisme de l'*Almagest* no es podria dur a terme sense esferes concèntriques i sense excèntrics i epicicles, i que després hi ha les proporcions i el càlcul.

També potser es pot dir que la geometria, el càlcul, la proporció, presos d'un a un, i deixant qualsevol aplicació, serveixen per si sols de models en l'accepció que es pensen des de si mateixos al marge d'assumir-los formant part d'un tot (per exemple, l'astronomia), i llavors caldria distingir aquesta manera de ser model i el fet de palesar-se com a models dins d'un tot que inclou a més a més experiència perceptiva i allò que s'imagina que hi és o que s'estima que hi és present.

L'única cosa a evitar fora l'equiparació entre la manera de modelitzar alguna branca de la matemàtica per si mateixa, i la de fer-ho amb el conjunt dels afers¹⁹.

¹⁹ La distinció permetria capir fàcilment que una relació quantitativa pogués servir per a estudis plurals (per exemple, les sèries i les transformacions de Fourier), mentre que un model holístic fóra una única aproximació vigent, si fos el cas, d'un conjunt de fenòmens.

IV

A PROPÒSIT DE LES ANTIGUES CONCEPCIONS GEOCÈNTRIQÜES I HELIOCÈNTRIQÜES

1. S'assumeix pel cap baix que entre el fet observat, el que es «veu» perquè s'anima amb la imaginació el que s'observa, i les consideracions que poden remetre a l'un o a l'altre, no hi ha solució de continuïtat.

Hi pot haver equivocació en la concepció del moviment dels cels i en una munió d'afers; però no hi ha possibilitat de destriar en principi encert i error, l'esforç fet de comprendre el moviment dels cels esdevé l'exercici de perllongar el saber, en un ple de positivitat que no cal que arreu se senti igualment certa, malgrat que després s'admeti que havia dut a algun desencaix lleu o greu.

Es defensa l'heliocentrisme, i llavors se cerca una seva coherència, s'esmenta motius, es procura trobar-hi observacions que s'hi adiguin, al costat de totes les qüestions quotidianes, polítiques, estètiques, religioses. Es té una realitat circumdant que es pot fer pròpia de moltes maneres. El procés es renova, i rep precisions, correccions, perfeccionaments, completesa, noves observacions, noves teories específiques.

Una concepció astronòmica representa més aviat un compromís en l'exercici de l'activitat de ser-hi.

Parlant en conjunt, i deixant ara si els antics grecs (o el mateix Copèrnic) defensaren models que estimaren o no reals, si més no les concepcions astronòmiques són elaboracions complexes que no volen ser còpies, mers actes d'imaginació, o un qualsevol altre assumpte estrafolari: volen comprendre els afers.

La teoria heliocèntrica, ¿deslegitima el saber de l'estabilitat de la Terra i del moviment dels cels? L'heliocentrista parteix d'una tal estabilitat i moviment. En aquesta accepció no hi ha res més consistent. I després ho pondera des de si mateix, i pot procurar-se suports, de la forma que sigui, de tal manera que des d'aquest punt de

vista intel·lectual l'acceptació de l'heliocentrisme fa admetre que una observació feta des de la quotidianitat és aparent.

L'aparença de l'estabilitat de la Terra, del moviment dels cels, no mina que sigui el saber més consistent i segur malgrat les rectificacions. Ho confirmaria el fet que sempre fóra el punt de partida.

2. El teoria astronòmica no exclou una qualsevol de les moltes problemàtiques inherents a una activitat més i més complexa.

La coherència, el fet que això i això es trobin conjuntats, l'harmonia de les coses en una ocupació que ho va fent, no sols no són incompatibles amb la reflexió que es deriva de la verificabilitat i de la falsabilitat, sinó que les fan valer i tot sense problemes. Una elaboració que no pot fer encabir una observació tendeix a modificar-se, a perllongar-se, o a alterar les condicions de l'observació.

Alhora la coherència conjunta no pressuposa un impossible, no té força per a manar sobre el futur (necessitat), no es generalitza sinó com a llenguatge (universalitat). Certament hi ha astronomia per una conjunció perceptiva, imaginativa, modèlica, que ha de poder contrastar-se.

La sort de l'heliocentrisme va dependre de diferents factors: la seva capacitat per a comprendre noves observacions en fou un.