
Vara de Jacob: Computador analògic nauto-astronòmic català

Autor:

Data de publicació: 29-09-2026

La invenció de Catalunya: el computador de simulació nauto-astronòmic

Argument central: el bastó de Jacob de Levi Ben Gersonides (1288-1344) no era una simple eina de mesura, sinó un veritable ordinador analògic. Amb l'escala transversal, pot fer càlculs de cosinus de manera mecànica i instantània sense necessitat de consultar taules. Aquest producte, fruit de la tradició acadèmica jueva de Catalunya-Provença, va formar la veritable base tècnica dels càlculs nàutics colomians.

1. Evidència documental dels drets d'invenció catalans

El registre documentat més antic del bastó de Jacob (Bastó de Jacob) data de 1342 en una descripció hebrea de Levi ben Gersén, traduïda al llatí pel monjo agustinianà Petrus d'Alexandria, i dedicada al papa Climent VI. Però l'inventor més probable va ser Jacob ben Machir ibn Tibbon (c. 1236-1306), conegut com Profatius Judaeus en la literatura llatina provençal.

Ibn Tibn va néixer en la reconeguda família Tiffan de traductors i era nét de Samuel ibn Tiben. Es va establir a Montpeller, va exercir com a degà de la facultat de medicina i va mantenir intercanvis científics estrets amb estudiosos cristians. L'any 1263, va traduir oralment un text astronòmic de l'àrab al provençal, que Joan de Brescia va transcriure al llatí—aquesta és l'obra d'al-Zarqālī sobre "Safiha" (ʿafṣa).

Aquesta xarxa acadèmica jueva de Catalunya-Provença reunia Lupitus Barchinonensis (també conegut com a Sunifred Llobet, que va ser diaca de Barcelona entre 975 i 995). Estava vinculada a la família Ibn Tiben de Montpeller, i més tard a Gersén. El fet que l'Astrolabi de Barcelona (Astrolabi de Barcelona, 980) estigui inscrit amb $41^{\circ}30'$ —la latitud de Barcelona—suggereix que Catalunya havia dominat sofisticats instruments astronòmics àrabs ja al segle X.

2. El bastó de Jacob com a mecanisme matemàtic per simular computadores

La innovació central del bastó de Jacob rau en l'escala transversal (escala transversal). Gersén no es limitava a gravar marques equidistants a la regla principal, sinó que calculava la distància precisa des de cada punt fins al centre al llarg de la línia transversal per aconseguir una precisió de subdivisió de 4 minuts d'arc per grau.

Aquesta estructura geomètrica dóna al bastó de Jacob la capacitat de simular càlculs:

Quan l'observador ajusta la barra transversal perquè la mirada estigui exactament alineada amb l'objecte celeste, la posició de la barra transversal sobre la regla principal correspon directament a un valor trigonomètric de l'angle d'observació

Les escales de la regla principal es refinen amb escales transversals, fent que la precisió de la lectura sigui molt superior a l'estimació visual directa

Tot el procés no requereix consultes de taules ni càlculs aritmètics: l'instrument en si és una calculadora

Argument clau: L'essència d'aquest "càlcul mecànic" rau en la materialització de relacions geomètriques dins de

l'estructura física de l'instrument. El que llegeix l'operador no és l'"angle", sinó el "resultat" després de la transformació geomètrica de l'instrument.

3. La directesa del càlcul del cosinus

En la configuració específica del bastó de Jacob, quan la posició de la barra transversal està fixa i la línia de visió està bloquejada, hi ha una relació geomètrica definida de mapeig entre la posició de l'escala sobre la regla principal i el valor cosinus de l'angle d'observació. Ajusta la barra transversal fins que la línia de visió passi pels dos extrems; la lectura de la regla és el cosinus.

Això és fonamentalment diferent de "buscar taules trigonomètriques i recalcular":

Mètode de consulta a taules Bastó de Jacob (càlcul simulat)

Coneixements requerits

Entendre l'estructura de les taules de funcions trigonomètriques

Capacitat per operar instruments

Passos de càlcul

Lectures ? Taula de consulta ? Interpolació? Càlcul

La lectura és el resultat

Fonts d'error

Error de cerca de taula + error de càlcul

Precisió en la fabricació d'instruments + error de lectura

El mateix Gersen va discutir aquest mètode en detall al seu tractat d'astronomia-trigonometria (136 capítols, 250 pàgines), utilitzant-lo explícitament com a solució per evitar "estimar o endevinar" els graus fraccionaris.

4. Aplicació nàutica: Colom no necessitava taules trigonomètriques

Argument central: Els navegants de l'època de Colom no necessitaven dominar les taules trigonomètriques perquè utilitzaven eines de càlcul de simulació.

De manera similar al «debat entre l'àbac i els algoristes» (Disputa entre abacistes i algoristes), el problema dels càlculs nàutics no és si hi ha una taula, sinó la qüestió de «com obtenir resultats».

Les eines de càlcul que Colom podria utilitzar inclouen:

(1) La funció cosinus del bastó de Jacob. Determina l'altitud de Polaris per obtenir la latitud. Si es coneix la diferència entre la latitud de la sortida i la destinació (latitud ?), es pot utilitzar una canya de Jacob o una carta nàutica triangular rectangular prefabricada (marcada amb 11,25°, 22,5°, 45° i altres angles) per llegir directament la distància de navegació corresponent (en graus).

(2) Quadrat d'ombres (Quadrat d'ombres). Molts astrolabis tenen quadrats ombrejats a la part posterior, que és la taula de conversió o estructura geomètrica entre umbra recta i umbra versa. L'umbra recta és la projecció d'una vareta vertical en el pla horitzontal, mentre que l'umbra versa és la projecció d'una vareta horitzontal sobre el pla vertical; les dues corresponen a funcions tangent i cotangent, respectivament.

(3) Quadrans Vetus. El quadrant universal conegut del segle XIII, amb un frontal que contenia quadrats ombrejats, línies horàries i lliscadors d'eclíptica, s'utilitzava per mesurar altitud, distància i profunditat. La teoria del Liber 1214 ja registra variants primerenques d'aquest instrument.

Això significa que els càlculs de navegació de Colom probablement eren operacions geomètriques assistides per instruments, més que aritmètica sobre el paper. El que necessitava no era "quin és el valor del sin", sinó "la distància de navegació en aquest triangle corresponent a aquesta diferència de latitud"—aquesta pregunta es podia respondre amb un instrument en sentit horari o un diagrama traçat amb precisió.

Conclusió

El bastó Jacob's de Levi Ben Gersen representa una innovació fonamental en la tradició acadèmica jueva de Catalunya-Provença: materialitzar relacions trigonomètriques en instruments físics, transformant la computació d'operacions simbòliques a operacions geomètriques. El camí de transmissió d'aquesta invenció — des de Lupitus a Barcelona, passant per la família Ibn Tiben a Montpeller, fins a Gersen — forma una clara línia científica catalana.

En la pràctica marítima, això volia dir que Colom no havia de portar taules trigonomètriques; necessitava un bastó de Jacob amb marques horitzontals, un quadrant amb quadrats ombrejats o un diagrama triangular dibuixat amb precisió. La manera com es va proposar la pregunta «Colom tenia taules trigonomètriques?» es va suposar que era un model de càlcul erroni. El model correcte és: l'instrument és el computador.

He trobat 20 pàgines web

Una tradició catalana oblidada: computadors de simulació astronòmica nàutica

Introducció

Quan es parla dels orígens dels computadors, la majoria d'historiadors pensen en àbacs, màquines d'Antikytra o computadors mecànics moderns. Tanmateix, molt abans que apareguessin els computadors digitals, ja existien els computadors analògics—eren instruments que resolven directament problemes matemàtics, geomètrics i astronòmics a través de relacions físiques entre longitud, angle i escala.

El meu argument ha evolucionat al llarg dels anys a través d'articles, conferències i contribucions a la Viquipèdia: Catalunya i la regió cultural catalana van jugar un paper fonamental en la difusió i perfecció dels computadors de navegació i simulació astronòmica entre els segles X i XV.

1. Del manuscrit Ribor núm. 225 a Europa

El 2010, vaig documentar la vida de Lupitus Barchinonensis (Lupitus de Barcelona), així com la relació entre el Monestir de Ribor i la introducció del coneixement astronòmic islàmic a Europa.

El Manuscrit núm. 225 de Ribault és un dels testimonis més importants d'aquesta difusió científica. En una reunió de l'Associació Cultural Catalana (Òmnium Cultural), vaig argumentar com Catalunya servia com a porta d'entrada al coneixement matemàtic astronòmic andalus cap a l'Europa cristiana.

Aquesta difusió no és només la transferència de textos teòrics. També inclou instruments computacionals, mètodes geomètrics i utilitats — que, segons els estàndards actuals, són càlculs simulats amb precisió.

Herbert de Aurillac (més tard papa Silvestre II) va estudiar a Vic i Ripoll, i a partir d'aquests manuscrits tradicionals llatins va aprendre nous mètodes aritmètics i l'ús d'astrolabis, eines que li permetien resoldre una sèrie de problemes computacionals i astronòmics.

2. Carta estel·lar de Barcelona i càlculs de simulació

L'astrolabi podria haver estat el computador analògic més sofisticat de l'Edat Mitjana. Amb discs mòbils, projeccions esfèriques i escales, resol problemes astronòmics sense necessitat de càlculs numèrics escrits.

El Mapa Estel·lar de Barcelona és un testimoni distingit de la presència d'aquesta tecnologia a Catalunya. L'instrument va ser fabricat cap a l'any 980 dC, amb un diàmetre de 15,2 centímetres, fet de llautó, i totes les inscripcions són en

Aquest gràfic s'atribueix a Sunifred Llobet (és a dir, Lupitus Barchinonensis), el diaca de Barcelona, que va morir el 997. Després que Herbert de Aurillac traduís *El Llibre de l'Astronomia* de l'àrab el 984, li va demanar la traducció.

La prova més clara dels càlculs de simulació medievals es troba en els quadrats ombrats (quadrat d'ombres) a la part posterior de molts astrolabis.

Això vol dir: l'instrument mateix realitza els càlculs.

Fa setze anys, vaig publicar un article sobre Vara de Jacob, argumentant que aquest instrument s'hauria de considerar com un ordinador analògic.

El bastó de Jacob determina l'angle astronòmic mesurant la posició relativa de la barra transversal sobre la regla principal. Però la seva veritable funció va molt més enllà de la simple mesura de l'angle.

Des d'aquesta perspectiva, la vareta de Jacob es pot veure com un ordinador de simulació de cosinus.

??15??????17??

??????????????????????????????"???"??——????????????????????
 ???15????????????????????

????????????

escala transversal

[illegible][illegible]

?16????????? Pedro Nunes ??? nonius????????????????1650????????????????????

?????.?.????????????

???-?.???-?.???Jacob ben Machir ibn Tibbon??1236–1304/1312???????????????????????????????? Profatius
Judaeus????????????????????????????????

Provenia de la reconeguda família de traducció Ibn Tibin i era nét de Samuel ibn Tibn. Va completar la traducció dels «Elements de geometria» d'Euclides iniciada pel seu avi, va traduir el «Compendi astronòmic» de Ptolemeu i va escriure

taules astronòmiques—taules utilitzades per Dante a la «Divina Comèdia».

Les seves taules astronòmiques pertanyen a la tradició de Toledo, basades en les obres de Ptolemeu i incorporant les correccions d'Azarchel. Els càlculs comencen a l'any 1300, utilitzant el meridià de Montpeller com a referència.

Jacob bin Mahir també descriu un instrument de quadrant que va inventar, que es detalla al capítol 16, amb l'últim capítol que mostra com construir-lo. Aquesta obra ha estat traduïda al llatí diverses vegades.

L'entorn científic associat a la tradició intel·lectual Bonastrucça Porta (Namanide) integra astronomia, matemàtiques, traducció i fabricació d'instruments. La presència simultània de savis jueus, musulmans i cristians en territori català va crear condicions especialment favorables per al desenvolupament dels computadors analògics medievals.

7. Columbus i els computadors analògics sobre el paper

Alguns qüestionen si Cristòfor Colom tenia una taula trigonomètrica per calcular els sins i cosinus. Tot i que es pot utilitzar la taula d'acords d'Alfargani o la taula de 1490 de Regiomontanus —com es registra al Regimiento de Llegües de Pérez de Moya de 1564— des del segle XIII fins al bastó de Jacob de Levi Ben Gersen, un fet evident és que s'utilitzava com a ordinador analògic cosinus.

Quan s'ajusta visualment la barra transversal, la línia virtual que apunta als extrems de la barra forma un angle amb la barra, i la posició de la barra transversal a l'escala de la barra indica directament el cosinus d'aquest angle. L'instrument mateix realitza càlculs de cosinus de manera mecànica i instantània.

Ens enfrontem a una qüestió similar al "Debat de l'Escola Àbac vs. de l'Escola de l'Algoritme." Però per determinar el valor de la "distància de navegació" (hipotenusa) o la longitud ? (costat adjacent), Colom no necessitava una taula trigonomètrica. Podia utilitzar un diagrama de triangle rectangle graduat dibuixat en pergamí (11,25°, 22,5°, 45° i la resta d'angles), que era equivalent al mètode que s'ensenya avui a les escoles secundàries i secundàries: marcar cada costat amb divisions iguals (graus), prendre la divisió observada de latitud ? al costat perpendicular, dibuixar una línia paral·lela a l'altre angle recte, i la intersecció amb la hipotenusa donava la distància de navegació en graus.

Una evidència clara de l'ús d'aquests computadors analògics és el costat ombrívol present a la part posterior de molts astrolabis. L'umbra versa —la projecció (o funció cotangent) d'un rellotge de sol horitzontal en el pla vertical— és un concepte clau en la història de la trigonometria medieval. Les primeres taules i balances tangents i cotangents van aparèixer a la part posterior de l'astrolabi del segle IX, especialment en instruments associats a les escoles d'Al-Battani i Bagdad. L'umbra recta i l'umbra versa formen un sistema complementari, utilitzat tant en les tradicions islàmiques com renaixentistes per abordar qüestions d'alçada, distància i profunditat. Més tard, matemàtics com François Viète van reinterpretar aquests conceptes sota els noms d'amsinus i prosinus, i finalment els van integrar a la trigonometria moderna.

Conclusió

Els computadors de simulació nàutica-astronòmica no són invencions modernes. Pertanyen a una tradició de llarga data que combina astronomia, geometria i navegació.

La contribució de Catalunya a aquesta història és especialment remarcable, reflectida en els següents aspectes:

El Monestir de Ribor va servir com a porta d'entrada a la ciència àrab cap a Europa;

L'Astrolabi de Barcelona (cap a l'any 980) és l'astrolabi inscrit en llatí més antic d'Europa Occidental;

La tradició científica jueva catalana, des de Lupitus Barchinonensis fins a Jacob bin Mahir ibn Tiben, i després Levi bin Gersen;

Jacob's Rod, com a invenció d'un ordinador de simulació de cosinus, i la millora revolucionària de la precisió dels

El bastó de Jacob, els quadrats d'ombra, les escales horitzontals i els astrolabis exemplifiquen la mateixa idea tècnica: obtenir solucions matemàtiques per mitjans físics i geomètrics.

En aquest sentit, la història dels computadors no va començar amb els computadors electrònics, ni tampoc amb els computadors mecànics moderns. Part dels seus orígens importants es pot rastrejar fins a la tradició científica que es va desenvolupar a la regió medieval de parla catalana—on els instruments utilitzats per navegants, astrònoms i matemàtics es poden anomenar veritables computadors analògics.