Computador analògic nauto-astronòmic català

Autor:
Data de publicació: 29-09-2026

Quan es parla dels orígens de la computació, la major part d'historiadors pensen en l'àbac, en el mecanisme d'Anticitera o en les màquines mecàniques modernes. Tanmateix, molt abans de l'aparició dels computadors digitals existiren els computadors analògics, instruments capaços de resoldre problemes matemàtics, geomètrics i astronòmics de manera directa mitjançant relacions físiques entre longituds, angles i escales graduades.

La meva tesi, desenvolupada durant anys a través d'articles, conferències i aportacions a la Viquipèdia, és que Catalunya i els territoris de cultura catalana van tenir un paper fonamental en la transmissió i perfeccionament dels computadors analògics aplicats a la navegació i a l'astronomia entre els segles X i XV.

Colom i el computador analògic sobre paper

S'ha qüestionat el fet de si Cristòfor Colom disposava de taules trigonomètriques per poder calcular sinus i cosinus. Tot i que era possible utilitzar taules precalculades emprant les taules de cordes d'Alfargani o les de Regiomontanus de 1490 —com es troba documentat en el Regimiento de llegües de Pérez de Moya de 1564—, tanmateix, existeix un fet palès des del segle XIII amb l'ús de la Vara de Jacob de Levi ben Gerson (Gersonides): la seva utilització com a autèntic computador analògic del cosinus. En ajustar visualment els travessers, les línies virtuals cap a l'extrem de la vara formen un angle, i la posició del travesser sobre la escala de la vara indica directament el cosinus d'aquest angle. És a dir, l'instrument mateix executa el càlcul del cosinus de manera mecànica i immediata.

Ens trobem davant d'un problema semblant a la "Disputa entre abacistes i algoristes", però per a determinar el valor de la "distància navegada" (hipotenusa) o de l'?-longitud (catet adjacent), Colom no necessitava taules, ja que podia emprar dibuixos en pergamí de triangles rectangles graduats amb angles fixes (els de 11,25°, 22,5° o 45° i els seus complementaris), un mètode equivalent al que es practica avui dia a Secundària i al Batxillerat, on els costats estarien marcats amb unitats (graus) mitjançant divisions iguals. Només calia agafar sobre el catet vertical, el número de divisions de l'?-latitud observat i traçant una paralel·la a l'altre catet, la intersecció amb la hipotenusa donava la distància navegada en graus.

Una prova evident de l'ús habitual d'aquests computadors analògics és el quadrat d'ombres existent a la cara del darrera de molts astrolabis. Es solia emprar l'umbra versa, l'ombra projectada per un gnòmon horitzontal sobre una superfície vertical (o la funció de la cotangent), concepte clau en la història de la trigonometria medieval. Les primeres taules i escales de tangents i cotangents apareixen ja als reversos dels astrolabis del segle IX, especialment en instruments vinculats a l'entorn d'Al-Battani i a l'escola de Bagdad, on s'empraven indistintament l'umbra recta i l'umbra versa. Ambdues formen un sistema complementari utilitzat tant en la tradició islàmica com en la renaixentista per resoldre problemes d'altituds, distàncies i profunditat. Més endavant, matemàtics com François Viète van reinterpretar aquests conceptes sota els termes d'amsinus i prosinus, integrant-los definitivament en la trigonometria moderna.

Relació entre la umbra versa i la umbra recta

Relació entre ambdues umbrae

Ús en els astrolabis

Del ms. 225 de Ripoll a Europa
L'any 2010 vaig documentar la figura de Lupitus Barchinonensis i la relació del monestir de Ripoll amb la introducció a Europa de coneixements astronòmics provinents del món islàmic.

El manuscrit 225 de Ripoll constitueix un dels testimonis més importants d'aquesta transmissió científica. En una conferència presentada a Òmnium Cultural vaig defensar que Catalunya actuà com una porta d'entrada del saber astronòmic i matemàtic andalusí cap a l'Europa cristiana.

Aquesta transmissió no consistia únicament en textos teòrics. Incloïa també instruments de càlcul, mètodes geomètrics i procediments pràctics que avui identificaríem com a computació analògica.

L'astrolabi de Barcelona i el càlcul analògic
L'astrolabi és probablement el computador analògic més sofisticat de l'edat mitjana. Mitjançant discos mòbils, projeccions estereogràfiques i escales graduades permetia resoldre problemes astronòmics sense efectuar càlculs numèrics escrits.

L'anomenat Astrolabi de Barcelona constitueix un testimoni excepcional de la presència d'aquesta tecnologia al nostre país.

Durant segles, mariners, astrònoms i cosmògrafs van utilitzar aquests instruments per determinar altures astrals, hores, latituds i posicions celestes mitjançant procediments purament geomètrics.

El quadrat d'ombres: un computador trigonomètric
La demostració més clara de la computació analògica medieval pot trobar-se al quadrat d'ombres situat al revers de nombrosos astrolabis.

Les escales d'umbra recta i umbra versa representen funcionalment el que avui coneixem com la tangent i la cotangent. Mitjançant la lectura directa d'aquestes escales era possible obtenir relacions trigonomètriques sense recórrer a taules numèriques.

Això significa que l'instrument mateix realitzava el càlcul.

Quan un observador mesurava una alçada amb un astrolabi equipat amb quadrat d'ombres, estava utilitzant un autèntic computador analògic capaç de transformar una observació física en una solució geomètrica.

La gran aportació catalana: la Vara de Jacob de Levi ben Gerson
Vara de Jacob del 1776, Musée national de la Marine, Paris.

Fa setze anys vaig publicar l'article sobre la Vara de Jacob, defensant que aquest instrument havia de ser considerat un computador analògic.

L'instrument fou desenvolupat per Levi ben Gerson (Gersonides), jueu de la Catalunya del Nord i una de les grans

figures científiques del segle XIV.

La vara permet determinar angles astronòmics mitjançant la posició relativa d'un travesser sobre una regla principal. Però la seva funció real va molt més enllà d'una simple mesura angular.

Quan el travesser es desplaça sobre l'escala graduada es genera una representació geomètrica equivalent al càlcul d'un cosinus. La relació entre la longitud del travesser, la seva posició i l'angle observat proporciona directament valors trigonomètrics sense necessitat de càlcul escrit.

Des d'aquesta perspectiva, la Vara de Jacob pot considerar-se un computador analògic del cosinus.

L'escala transversal: el gran avenç tecnològic
Una altra aportació fonamental fou l'ús de l'escala transversal.

L'escala transversal va permetre augmentar enormement la precisió de lectura dels instruments científics medievals i renaixentistes.

Fins i tot vaig haver de corregir a Wikimedia Commons una representació errònia del seu funcionament.

Aquest sistema constitueix un dels avenços més importants de la instrumentació científica premoderna, ja que permet obtenir subdivisions molt més fines que les divisions gravades físicament sobre l'instrument.

La seva aplicació als instruments nàutics i astronòmics va augmentar significativament la capacitat de càlcul pràctic dels navegants.

Jacob ben Mahir i la tradició científica catalana
La figura de Jacob ben Mahir ibn Tibbon reforça encara més aquesta connexió catalana.

Deixeble de la tradició intel·lectual vinculada a Bonastruc ça Porta (Nahmànides), participà en un entorn científic extraordinàriament actiu que integrava astronomia, matemàtiques, traducció i construcció instrumental.

La presència simultània de savis jueus, musulmans i cristians als territoris catalans va crear unes condicions especialment favorables per al desenvolupament dels computadors analògics medievals.

Conclusions
Els computadors analògics nàutico-astronòmics no són una invenció moderna. Formen part d'una llarga tradició que combina astronomia, geometria i navegació.

La contribució catalana a aquesta història és especialment notable a través del monestir de Ripoll, dels astrolabis medievals, de la tradició científica jueva catalana i de figures com Lupitus Barchinonensis, Jacob ben Mahir ibn Tibbon i Levi ben Gerson.

La Vara de Jacob, el quadrat d'ombres, les escales transversals i els astrolabis constitueixen exemples d'una mateixa idea tecnològica: obtenir solucions matemàtiques per mitjans físics i geomètrics.

En aquest sentit, la història de la computació no comença amb els computadors electrònics, ni tan sols amb les màquines mecàniques modernes. Una part important dels seus orígens pot rastrejar-se en la tradició científica desenvolupada als territoris de parla catalana durant l'edat mitjana, on navegants, astrònoms i matemàtics utilitzaren instruments que, amb tota propietat, poden considerar-se autèntics computadors analògics