

LA INFORMÀTICA MODERNA, HEREVA INTEL·LECTUAL DIRECTA DEL PENSAMENT DE LLULL

Els primers propòsits

Al pobre Ramon Llull (1232-1316), mallorquí de família burgesa barcelonina, n'hi ha passat una com un cove. A les històries de la Filosofia tant el veiem exalçat com ridiculitzat. Tot i haver tingut intuïcions que avui són bàsiques per a tot lògic i tot informàtic, el lloc que ocupa a les històries de la Filosofia, de la Matemàtica o de la Lògica és ínfim. I tot i ser un dels primers filòsofs a muntar un sistema lògic per argumentar la Fe (religiosa), ha acabat sovint considerat una autoritat en Alquímia, en Càbala i en Mística. Se'l pinta com un boig superb i excèntric —n'hi ha prou de veure el que en diu el divulgador matemàtic Martin Gardner en un article del 1958—, un garbuix pseudointel·lectual de pensaments confusos. Però aquests judicis condemnatoris amb prou feines lliguen amb els fets, indiscutibles, com ara que Llull va ser el primer a veure coses que només set-cents anys més tard s'han pogut desenvolupar i entendre. Hom acaba demanant-se, doncs, qui era de debò Llull, què era ell en el fons, i què va fer realment.

Doncs d'una lectura lògica moderna el que resulta és que Llull es va proposar construir —i ho va fer— un sistema innovador i complet, i tot seguit va anar a convèncer els intel·lectuals de París de l'època del fet que les seves originals, sorprenents i difícils idees bé valien la pena... sense gaire èxit, val a dir. A la seva primera visita a la Sorbona, el 1289, senzillament no el van entendre. La seva combinatòria no s'assemblava gens al mètode de raonament que calia aplicar, canònicament, a l'anàlisi lògica (i que era l'«encadenament causal»). Quan hi va tornar el 1309-11 amb un sistema més entenedor el van rebre amb simpatia, però amb poca acceptació real. Alguns hi van veure, com era el cas, la fonamentació de la fe exclusivament en la lògica, i de l'enteniment humà en la raó (una idea molt moderna, que s'oposava a la dels revelacionistes i que havia de culminar en els racionalistes i en la Ciència). Però després de la seva mort es va acabar la simpatia, i el lul·lisme va caure víctima de la Inquisició en la pugna que enfrontava franciscans i dominicans al s. XIV. I Llull, que sempre havia volgut argumentar lògicament la fe —i ho havia fet proposant idees noves, progressives i rigoroses en la línia del que avui entenem per ciència— va acabar, perversament, convertit

en un pensador obscur, reaccionari i confús ridiculitzat pels primers peoners de la ciència moderna (Bacon o Descartes, que en llei li haurien d'haver agraït una bona pila de coses), alhora que, inopinadament, esdevenia l'heroi d'alquimistes, cabalistes i esoteristes en general (sobretot per les obres apòcrifes que se li atribuïen). La crítica condemnatòria que li han fet els «moderns», de Descartes a Gardner, —bàsicament, que el sistema lul·lià és confús— no s'aguanta gaire: de fet, l'embolic entre fe religiosa, motius ètics, apologètica i explicacions naturals era la regla general, més que no pas l'excepció, en la filosofia medieval. I, pel que fa a les seves pròpies confusions personals, és prou conegut que tots els innovadors entenen poc i malament els seus propis descobriments —l'abast dels quals no solen copsar i a partir dels quals acostumen a extrapolar sense control. Les innovacions de Llull, que tan estranyes van semblar als seus contemporanis, avui ens resulten ben familiars. Heus-en aquí algunes de les més típiques.

ALGUNS CONCEPTES INFORMÀTICS

1. La idea de Càlcul

Que el raonament lògic és, en certs sentits, càlcul —o, més ben dit, que es pot formalitzar i validar per mitjans controlables— avui és una visió acceptada i clarament explicada pels lògics dels anys 1920 (Hilbert o Herbrand, per dir-ne dos), i efectivament mecanitzada als 1960. Però aquesta idea ja va ser avançada al segle XVII per Hobbes, que va escriure el 1655 que «el raonament no és altra cosa que càlcul», i per Leibniz, que va pensar el 1658 (i ho va escriure el 1666) que, en el futur, els filòsofs resoldrien llurs disputes com ho fan els comptables, prenent plomes i calculadors (àbacs) tot dient «calculemus!». Leibniz deia explícitament que això era ni més ni menys fer realitat el somni de Llull. I ho era. Llull havia avançat aquesta idea el 1274 en observar que, per convertir musulmans (una preocupació obsessiva de l'època), les *disputationes* públiques eren inútils (les dels 1260 havien acabat circularment, sense que ningú convencés ningú). Calia trobar doncs un mecanisme que demostrés i generés veritats de manera que, un cop tothom estigués d'acord en els pressupòsits, la mateixa objectivitat del procediment obligaria a tots a acceptar les conclusions. A l'elaboració d'aquest mecanisme va dedicar Llull tota la vida. El seu admirador Leibniz, 400 anys més tard, va explicar la idea bàsica en termes concisos i atractius, d'una manera que el mateix Llull hauria pogut subscriure personalment. A més, el «mecanisme» de Llull no era tan sols un procediment abstracte; tenia un suport veritablement «mecànic», els seus discs rotatoris concèntrics que, avui considerats joguines banals, van ser els primers dispositius mecànics que mai van existir. A partir d'aquest mecanisme elemental,

i per simples manipulacions mecàniques, es va crear tota una heurística per la qual es generava combinatòriament una cadena deductiva de veritats, que tot seguit s'explorava i validava.

2. La idea d'un «Alfabet del Pensament»

Quan George Boole, el 1847 i el 1854, va descobrir i formalitzar les «lleis del pensament», el que va fer bàsicament és concebre el «pensament» com un conjunt de manipulacions de conceptes expressats algebraicament. O sigui, com Llull el 1274, tot i que el mallorquí, a diferència de Boole, creia que li calien no sols manipulacions (combinacions) permeses, sinó també un conjunt finit de veritats elementals amb què començar. En va dir «dignitats» (per traduir el mot «axiomes» dels grecs) o «principis absoluts», nou en total, més 45 conceptes bàsics addicionals (en grups de nou) que va anomenar «principis relatius» (que incloïen la consistència i la contradicció), «regles» (que incloïen la quantitat o la modalitat), «subjectes», «virtuts» i «vicis». Hi va afegir regles manipulatives bàsiques (un precedent del càlcul relacional) i un procediment de validació. Aquest consistia bàsicament a expandir les possibles combinacions i anar-les seguint fins que, una de dues: o bé dos conceptes es reforçaven mútuament —i així donaven versemblança a la conclusió— o bé apareixia una contradicció —que volia dir que s'havia de negar la hipotètica conclusió. Com Boole, però 550 anys abans, Llull creia fermament que era possible tractar el pensament humà (el raonament lògic) de manera simbòlica i sotmetre'l a procediments normalitzats de control i seguiment objectiu.

3. La idea d'un Mètode

No tots els filòsofs de l'època de Llull se sentien obligats a fixar clarament un mètode —i menys a demanar que fos únic o el més universal possible— i a seguir-lo estrictament. Aquest concepte, plenament modern i que inclou la idea de «procediment efectiu» de Hilbert o la d'algorisme («màquina») de Turing, no s'assemblava gens a res existent el s. XIII, molt abans que Descartes suggerís l'existència i aplicabilitat d'un «mètode» universal (1637). Tot i que de cap manera reconegués el seu deute lul·lià, Descartes —que coneixia bé Llull— va fer per la filosofia el que el mallorquí havia proposat per a l'anàlisi lògica en general: fixar un conjunt de regles, considerar-les permanents i universals, i seguir-les rigorosament.

4. La idea d'Anàlisi Lògica

La idea de Llull era analitzar els conceptes bàsics associant-los uns als altres per veure què passava. Això, per a ell, era com penetrar en els secrets del funcionament de Déu i la natura, i així entendre més bé el món (i poder-ne donar una explicació efectiva i objectiva). I si de passada, com a conseqüència del mètode, s'arribava a la Fe (o fins i tot a la Revelació mística), aleshores Llull satisfia el seu disseny últim, el de raonar la Fe, i de justificar les creences en l'anàlisi lògica. L'originalitat de Llull és que ho aconseguia a la pràctica mitjançant l'execució mecànica de l'expansió iterada d'un conjunt donat de creences inicials (un nucli o «compendi» de veritats) fins que, si arribava el cas, s'hi detectés una contradicció. Postulant l'existència d'un procediment com aquest, el que feia Llull era, de fet, anticipar la idea moderna (1955) dels taulers semàntics. (Més avall en tornarem a parlar.)

5. La idea d'Heurística i de Deducció

A Llull li interessava *trobar* noves veritats, i no sols *demostrar* les conegudes. («Demostrar» volia dir «ser capaç de convèncer qualsevol d'una veritat donada».) Aquesta segona part està inclosa en el que normalment anomenem *deducció*. La primera («trobar»), en canvi, sorprèn una mica. La ciència moderna ha evitat sistemàticament l'anàlisi del procés que seguim per descobrir o inventar. El descobriment s'ha atribuït a la imaginació, al geni o a la casualitat, però ningú no ha pogut explicar, i molt menys controlar, el desenvolupament del procés heurístic, en part perquè només el podem «controlar» a posteriori, un cop ja ha sorgit la cosa: llavors podem verificar si les prediccions que es poden fer a partir d'allò descobert es compleixen o no. Aquesta simple raó era la que va donar Popper els anys 1950 en la seva polèmica amb Carnap i contra la idea d'aquest d'una «lògica inductiva» que descrivís formalment el fenomen. Encara avui estem orfes d'idees sobre la qüestió, fora d'algunes magnífiques intuïcions de Polya sobre el procés creatiu, i algunes pistes i regles semiempíriques que es basen en l'exploració sistemàtica de totes les possibilitats imaginables. En això consisteix el mètode «morfològic» de Fred Zwicky (consistent a generar associacions de manera combinatòria i exhaustiva) o les seves versions modernes més o menys informàtiques i molt *ad hoc* que usem en Intel·ligència Artificial i que pretenciosament anomenem «heurística». El que sorprèn més és que un mètode modern com el de Zwicky, amb els seus algorismes i taules d'exploració i aparionament s'assembla moltíssim, fins en aparença externa, a les eines visuals d'en Llull. No cal ni dir que l'Heurística com a ciència, si mai ha existit, avui està en el mateix estat d'indigència en què Llull la va trobar.

6. La idea de Sistemes Generatius

De les anticipacions de Llull potser la més sorprenent és la idea de tenir un conjunt *finit* de regles i un altre, també finit, de veritats —«conceptes bàsics», *axiomes* o com se'n vulgui dir—, de manera que d'aquests últims es puguin generar un conjunt (normalment infinit) de veritats *derivades*. Avui descriuríem la cosa més senzillament, i diríem que Llull havia descobert la idea de sistema *generatiu*. En lingüística d'un dispositiu finitista com aquest se'n diu *gramàtica* (= conjunt de regles per manipular cadenes d'un alfabet a partir d'uns axiomes inicials) i les cadenes generades són el *llenguatge*. En informàtica del dispositiu se'n diu *màquina* i el que s'hi genera és el conjunt de configuracions d'una cinta. Com avui sabem, el mateix mecanisme pot funcionar amb la marxa enrere: la mateixa gramàtica capaç de *generar* un llenguatge també és capaç d'*acceptar-ne* o *reconèixer-ne* les cadenes. O la mateixa màquina que calcula els resultats acceptables també és capaç de reconèixer un càlcul correcte. (Que aquests dos processos duals siguin lleugerament asimètrics en termes de càlcul és, per cert, un corol·lari del primer teorema d'incompletesa de Gödel.) Llull va ser el primer que va veure aquesta dualitat reversible: en les seves paraules, el mateix sistema heurístic que proposava per derivar noves veritats a partir d'un conjunt abreujat (*compendium*) de veritats inicials i que ell anomenava, en el seu català original, «art de trobar veritat» (o *ars inveniendi* quan ho havia de dir en llatí) i que avui en Lògica anomenem simplement *inferència* (o «forward chaining», si volem pedantejar) tenia una qualitat dual que permetia executar-lo cap enrere, de manera que la cosa quedava convertida en un sistema reconeixedor o acceptador que ell anomenava «art de demostrar» (*ars demonstrandi*) i que nosaltres anomenem simplement *demostració* (o «backward chaining», o «cerca per objectius» en Intel·ligència Artificial). Així, per Llull, si mai havíem de demostrar cap enunciat concret, no caldria que inventéssim cap nou sistema: el mateix que ens permetia explorar noves veritats seria suficient per certificar la presumpta veritat; la demostració seria ni més ni menys el procediment de certificació mateix.

7. La idea de Graf

Llull connectava els seus «conceptes bàsics» amb línies, i prescrivía que, per combinar els conceptes i derivar-ne les conseqüències, calia seguir-les. Això era nou. No pas ara, però; tenim un nom per al dispositiu que Llull va inventar: en diem *graf*. (Bàsicament, un graf és una eina matemàtica, feta de punts i fletxes, que permet representar la majoria d'estructures relacionals.) L'anècdota té dos aspectes interessants: primer, Llull en va donar una varietat dual isomorfa: va reunir tota la

informació del graf en forma de taula de doble entrada (just el que nosaltres anomenem *matriu d'adjacència* del graf, cada element del qual és una fletxa identificada pel parell ordenat de vèrtexs que uneix) i, segon, els grafs lul·lians no pretenien representar l'estructura conceptual o taxonòmica d'un objecte o classe (la presentació arborescent dels conceptes ja era corrent a les darreries de l'imperi romà), sinó que Llull les concebia més aviat com una «xarxa semàntica» actual, per ser «seguida», és a dir, executada *dinàmicament* com si fos un autèntic «programa» descobridor de veritats o l'arbre de decisió (en el sentit informàtic) d'un algorisme o procediment de decisió.

8. La idea dels Taulers

Els procediments de «trobar veritat» que Llull va proposar eren dos sobretot. Un anava cap endavant: els conceptes s'hi combinaven (seguint el graf director) i, si es reforçaven mútuament, demostraven la conclusió «per analogia». El dual negatiu consistia en el fet que si mai els conceptes que s'estava manipulant resultaven ser mútuament contradictoris (inconsistentes), la veritat inicialment postulada quedava automàticament refutada, i demostrada la contrària. Aquesta és la primera vegada que apareix per escrit una idea semblant a la dels taulers (*tableaux*) semàntics de Beth del 1955 (o, en ciència, a la idea de refutació de Popper del 1959). (Però aquesta anticipació del s. XIII d'idees actuals no va tenir, a diferència de les altres de Llull, cap influència directa sobre nosaltres.)

9. La idea de Xarxa Conceptual

Com ja hem dit, els grafs de Llull no eren ni arbres taxonòmics estàtics ni il·lustracions de com estaven estructurats els conceptes, sinó una autèntica xarxa d'enllaços que permetien que l'usuari explorés de manera combinatòria les relacions que hi havia entre els conceptes que es manipulaven. Eren doncs una prefiguració dels moderns grafs conceptuals i de les xarxes semàntiques. No eren estàtics, sinó que pressuposaven una interpretació dinàmica: per Llull, saber què volia dir un concepte equivalia a seguir-ne les associacions i explorar-ne les conseqüències. (La visió inherent d'ontologia dinàmica que això donava del món va ser entusiàsticament rebuda per innovadors filosòfics i científics com ara, al s. XV, l'influent Nicolau de Cusa.)

10. La idea dels Diagrames

Els universalment cèlebres diagrames de Venn (de fet d'Euler) també tenen el seu origen històric últim en Llull (fig. 6). Va ser ell el primer a suggerir implícitament la idea de representar els seus «conceptes» a base de cercles i a enllaçar-los superposant-los i intersecant-los —tot i que el que es pretenia no era ensenyar si hi havia intersecció entre ells, sinó mostrar que tenien una afinitat mútua més o menys forta—. Aquest suggeriment havia estat prou clar perquè els editors posteriors de l'obra lul·liana acompanyessin el text amb aquest tipus d'il·lustracions com si fossin de l'autor, o perquè s'originés el tòpic modern, que propaga, per exemple Gardner, de creure que les representacions eren de Llull mateix. (També és plausible que Llull fos el primer a enllaçar els termes d'un sil·logisme en forma de triangle, en allò que més tard, amb Buridan, es va dir «pons asinorum».) Els dibuixos circulars de conceptes, originats en la lectura i interpretació que molts van fer de Llull, van esdevenir al s. XVI, a mans de J.L. Vives, una eina didàctica, i van ser millorats al s. XVII per Sturm i Leibniz —que en va fer tota una notació lògica (inèdita)— i finalment, és clar, per Euler (a la dècada del 1760). (Nosaltres ara en diem, impròpiament, diagrames de Venn.)

ELS ORÍGENS

Per als historiadors és interessant seguir la pista de com i on va treure Llull les seves idees pioneres. D'algunes ja en sabem alguna cosa. Per exemple, la de començar amb un conjunt finit de regles i desenvolupar tot un sistema té un antecedent remot en Euclides i en els grecs alexandrins, i un altre de més recent i innovador en el llibre d'«àlgebra» d'Al-Khwarizmi, llibre que Llull cita com a font, i que, traduït al llatí poc abans de l'època de Llull, va provocar un positiu daltabaix amb la seva idea inèdita de manipulacions regides per regles i d'«algorismes» (concepte i paraula que precisament deriven del matemàtic àrab). D'altra banda, la idea de Llull d'un mètode omnicomprensiu que a partir de regles desenvolupés conceptes probablement era una extensió formal d'un component bàsic, ara totalment oblidat, de l'educació medieval: les complexes i elaborades tècniques per recordar i estructurar els conceptes en la memòria (humana) en una època sense impremta. De fet, el «mètode» lul·lià, un cop desenvolupat en aquest sentit per Petrus Ramus al s. XVI, va ser la inspiració de Bacon i Descartes. Pel que fa als dispositius mecànics (els discos rotatoris), ara sabem que a la dècada dels anys 1260 a Algèria hi havia uns discos semblants «per respondre preguntes» (de fet estris d'endevinació), i que Llull ben bé podia haver-ne tingut notícia poc abans de proposar, el 1274, els seus propis discos. Discos que per cert han tingut un

aprofitament inesperat en criptografia, des del moment que Alberti els va fer servir per codificar missatges, i encara avui els podem reconèixer en els rotors de la màquina desxifradora alemanya Enigma de la segona guerra mundial, llunyana i inesperada ressonància del mecanisme lul·lià.

LES CONSEQÜÈNCIES

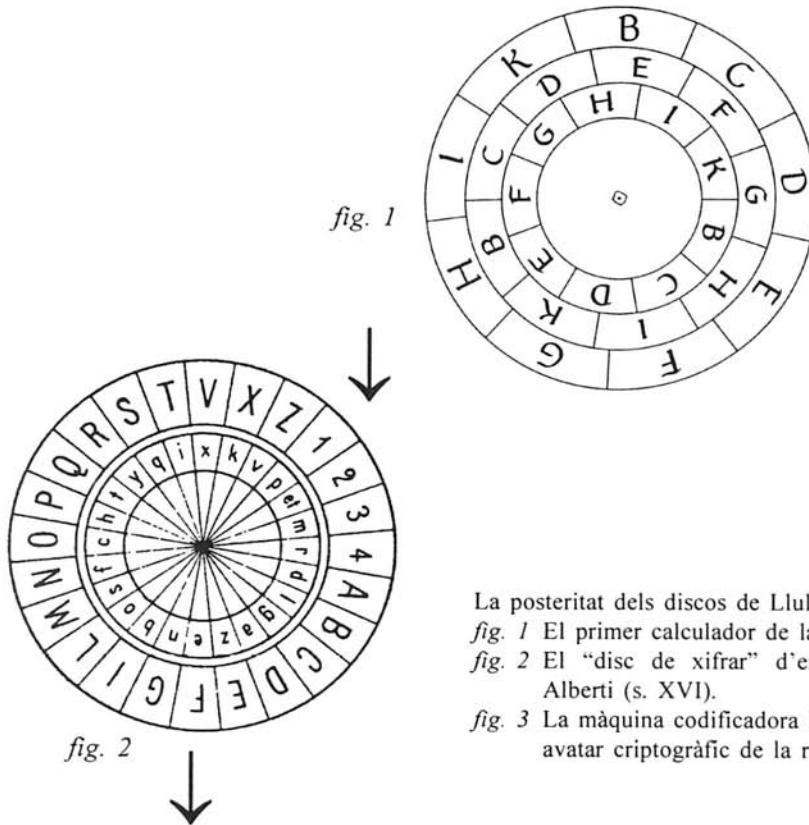
Llull no és un simple precursor ni, com a anticipador, ha estat oblidat. La seva obra, que va haver de pagar el peatge inesperat de veure's incrementada amb tota mena de llibres apòcrifs que li eren falsament atribuïts, era ben conegut i apreciat per molts pensadors influents del Renaixement i posteriors. Va exercir una gran influència en gent —que no sempre la va admetre explícitament— com ara Montaigne, Pascal, Descartes o Newton (que tenia Llull a la biblioteca, fet que l'igualava amb el seu arxienemic Leibniz). Giordano Bruno i Leibniz no sols en van rebre la influència, sinó que no van dubtar a reconèixer haver-la rebuda. Leibniz és el nostre enllaç més directe amb Llull. Tot buscant una notació universal i una manera universal —més o menys inspirada pels mètodes de la matemàtica— d'adquirir i desenvolupar el coneixement (la seva *mathesis universalis*), va llegir i absorbir Llull amb fruïció, el va adaptar críticament i va proposar un sistema objectiu i mecànic per fonamentar-hi sòlidament la lògica i el pensament racional. Hi va fracassar, però, després de deixar un reguitzell de notes inèdites (que inclouen una àlgebra del pensament i un formalisme a base de grafs). Només uns 150 anys més tard el seu frustrat programa va poder ser desencallat per les salvatges intuïcions de Boole. Però altres idees de Leibniz van poder seguir endavant, sobretot el seu intent de descompondre i analitzar conceptes, que va tenir dues derivacions no previstes: (1) l'anàlisi de quantitats menudes (els «infinetèsims», sobre el desenvolupament i prioritat dels quals la discussió amb Newton va acabar en una acrimònia lamentable) i (2) la construcció efectiva per Leibniz, a la dècada del 1670, d'una màquina de calcular real (la primera multiplicadora pràctica) que col·lateralment va motivar una inesperable reflexió per part de Leibniz sobre la idoneïtat del sistema *binari* de numeració per calcular). La reflexiva i elaborada *Dissertatio de arte combinatoria* de Leibniz, publicada el 1666, no sols és una lectura interessant i agradable per a qualsevol lògic o matemàtic d'avui. És la millor crítica i el millor homenatge que Llull ha rebut mai: reconeixent els seus mèrits i adaptant les seves idees a les necessitats modernes de la ciència, Leibniz ho va fer tot i més per incloure Llull dintre la nostra herència científica, i fent-ho ens va fer un favor a tots.

Ton Sales

Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics
Universitat Politècnica de Catalunya (Barcelona)

ABSTRACT

Ramon Llull was the origin —in the thirteenth century!— of concepts that have become (in the twentieth century) the basis of computer science. His ideas have come down to us —and this to our immense benefit— above all thanks to the honest and grateful Leibniz, who admired and made a profound study of this first philosopher to write in Catalan, in whom he recognized the basis and origin of modern logic (a science which, as with computer science, would surely have been quite different without Llull).

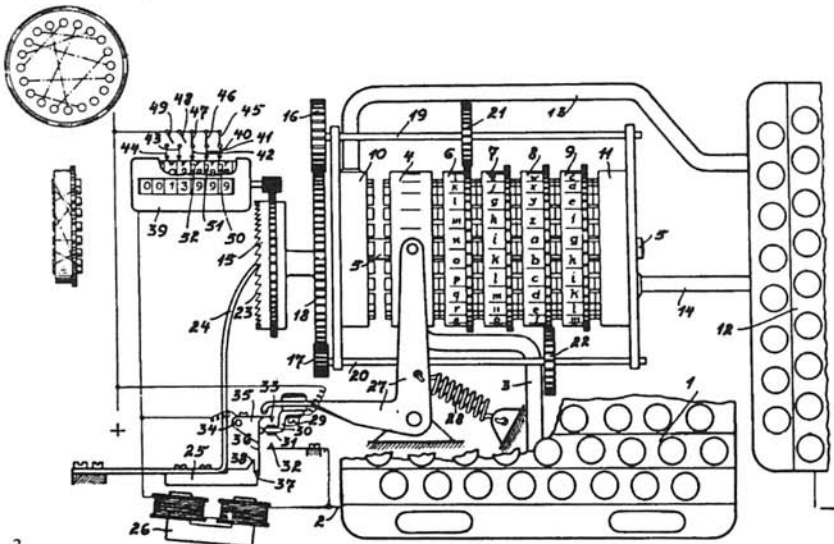


La posteritat dels discos de Llull

fig. 1 El primer calculador de la història.

fig. 2 El "disc de xifrar" d'en Leo Battista Alberti (s. XVI).

fig. 3 La màquina codificadora Enigma, l'últim avatar criptogràfic de la roda de Llull.



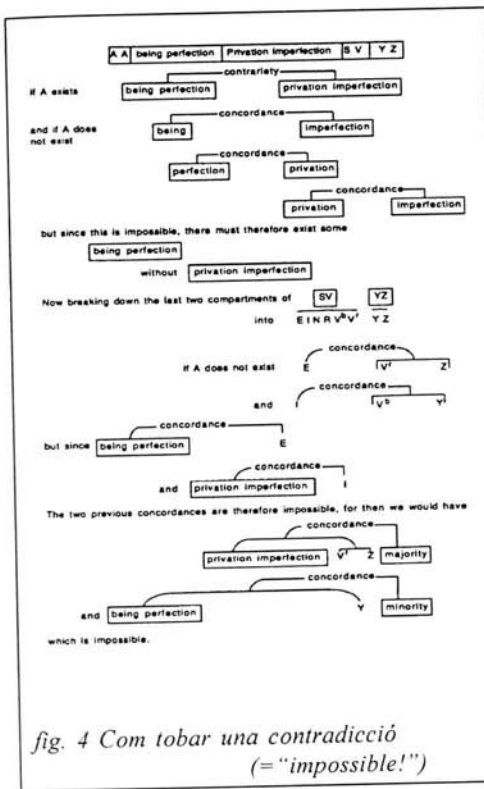


fig. 4 Com tobar una contradicció (= "impossible!")

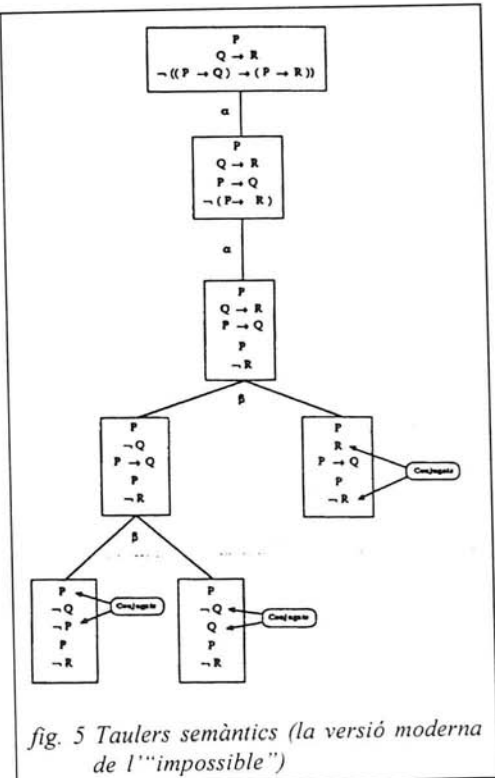


fig. 5 Taulers semàntics (la versió moderna de l'"impossible")



fig. 6 El primer "Venn"