

# MATEMÀTIQUES

## ARQUEOLOGIA:


per Jean Lesage

14 ( 510/Volum 2/setembre 1982

ciència 19 )

Cada dia que passa cau una barrera de les que separaven les antigues disciplines. La dinàmica de les ciències ha anat creant aquesta necessitat. Jean Lesage ens explica el procés d'aplicació de la informàtica a l'arqueologia a França, procés en el qual ell va intervenir activament.

Jean Lesage és Chargé de Recherches al CNRS, responsable del servei d'ensenyament del Centre de Recherches Archéologiques (CRA), on va formar el primer equip de treball el 1972. És especialista en prehistòria americana i en estadística. Ha treballat al Sàhara, a Mèxic, al Canadà, al Perú i a l'Uruguai. El 1969 va posar a punt el tractament matemàtic automatitzat de la tipologia dels estris lítics americans a l'École d'Hautes Études de París. El 1974, una vegada el CRA es va traslladar a Sophia-Antípolis (Alps Marítimes), va crear un servei de càlcul aplicat a l'arqueologia. L'article ha estat traduït per Ramon Gabriel.

 Històricament, la informàtica i els mètodes que són qualificats com a matemàtics comencen el seu camí, a partir dels anys 1952-55, en direccions paral·leles: l'anàlisi documental i l'anàlisi estadística.

Tot i que durant algun temps van romandre bastant distants entre elles dins del nostre camp, van evolucionar a poc a poc cap, una fertilització mútua.

Més tard, el 1977, els creadors de l'arqueometria contribuiran a engrandir la col·lecció de dades i a desenvolupar la noció de càlcul. Per la seva banda, els creadors de l'arqueologia experimental oferiran el mitjà de verificar hipòtesis mitjançant mesures de validesa. Més recentment, els recursos de la informàtica gràfica i dels tractaments de textos es fan accessibles fins i tot a equips modestos. Al llarg d'aquests anys els desenvolupaments tècnics han experimentat una gran acceleració i no han parat de modificar, sinó la naturalesa mateixa dels raonaments, que ha de ser independent, al-

menys les condicions de la seva expansió.

### LES PRIMERES APORTACIONS

El 1955, J.C. Gardin, en un article titulat *Problemes de la documentació* ("Diogené" 12, juliol 1955) planteja la qüestió: Tenint en compte que l'evolució arqueològica es basa en operacions de comparació, i com que aquestes es fan cada vegada més pesades a mesura que augmenta el nombre d'objectes i el nombre de propietats que els identifiquen, és possible aleshores utilitzar en arqueologia, tal com es fa en altres disciplines científiques, tècniques que facilitin i accelerin les operacions? Però el fons de la qüestió és en realitat: A partir de quina reflexió i de quins comportaments?

En aquella època existien màquines, encara mecàniques com les triadores, però també existien igualment ordinadors electrònics que s'esperava poder utilitzar. En efecte, l'any 1955, gràcies a la transistorització, marca el naixement d'una nova generació i al mateix temps els orígens de la comercialització.

Mentrestant els imperatius tècnics no van minvar la importància de la reflexió, única garantia d'una adequació dels sistemes descriptius i dels seus elements (codis, índexs...) als resultats involucrats. Quan, el 1957, el CNRS va crear un Centre d'Anàlisi Documental per a l'Arqueologia (CADA), J.C. Gardin va escollir lingüistes i matemàtics. Es van elaborar diversos projectes de codis. Intentaven, entre altres coses, estendre l'anàlisi matemàtica a tots els dominis de l'arqueologia: els objectes, les imatges, els textos...

Així apareixen, per exemple, una *Anàlisi conceptual de l'Alcorà sobre targetes perforades* (Allard, Elziere, Gardin, Hours. Ed. Mouton & Cia., París 1963), seguit d'un *Índex de l'utilatge sobre targetes perforades: útils de l'edat del Bronze, dels Balcans fins a l'Indus* (Christopher & Deshayes. Ed. CNRS., París 1964).

El suport de la informació és, doncs, la targeta perforada. Té un format mecano-gràfic estàndard, però aquí la utilitzem de manera oposada a la que es va consagrar molt de pressa universalment. En efecte, la targeta representa una propietat, i són les perforacions, unes 5.000 per targeta, les que representen el document pel seu número.

La temptativa no va ser continuada. La clàssica targeta de l'objecte, les perforacions de la qual representen caràcters alfanumèrics o numèrics, ja no limita les dimensions del cos ni el nombre de descriptors, ni la naturalesa de les operacions. Paral·lelament s'instal·laven els primers centres de càlcul i les seves terminals. Immediatament intervenen els programadors. Els especialistes en estadística també entren en joc.

Durant aquests mateixos anys l'estadística fa una discreta entrada dins l'arqueologia, concretament dins del camp dels prehistoriadors.

El 1952, Alimen i Vignal proposen un *Estudi estadístic dels bifaços acheulians* ("Butlletí de la Societat Prehistòrica Francesa" 49). Els autors exposen els mitjans de l'estadística descriptiva aplicats a l'estudi de les distribucions i per buscar lligams.

Fins aleshores els prehistoriadors havien estat més predisposats a l'explotació empírica dels productes de l'excavació, la qual estava justament en via de sistematització. Un o diversos objectes "molt

# I ORDINADORS EN L'EXPERIÈNCIA FRANCESA

(ciència 19

setembre 1982/Volum 2/511) 15

característics" eren suficients, segons l'opinió dels especialistes, per identificar una divisió espai-temps, de manera semblant als fòssils directors en les classificacions de les ciències naturals.

## LES APLICACIONS EN TIPOLOGIA

D'una manera més exigent, François Bordes, entre 1951 i 1961, va basar els estudis en la creació de llistes tipològiques. La definició dels *tipus* procedeix de l'observació i de l'experiència. Avaluant la seva freqüència relativa, el conjunt dels *tipus* d'un mateix nivell i d'un mateix lloc constitueix allò que avui en diríem un *perfil*. I, de fet, la gràfica acumulativa es presenta com una manera de representació estàndard, i permet superposar els indrets d'un mateix lloc i d'obtenir una informació immediata sobre les similituds o les diferències. La utilització d'aquestes gràfiques va tenir molt d'èxit i els prehistoriadors en van fer "el" mètode estadístic, encara utilitzat avui dia. Una altra preocupació de F. Bordes va consistir a separar, sobre representacions de doble entrada en els eixos de les quals s'expressen les relacions entre les dimensions (fent intervenir diverses variables), els reagrupaments d'objectes; tot això després de calcular les funcions lineals justificatives de les línies de separació dels núvols de punts.<sup>1</sup>

Però, per altra banda, entre 1954 i 1957, Georges Laplace va arribar a replantejar-se la noció de *tipus*. Un *tipus* ha de ser identificat per la conjunció preferencial d'un cert nombre d'atributs i, fins i tot, de modalitats d'aquests darrers. Ell distingeix, doncs, entre l'elaboració dels *tipus* i la construcció dels *sistemes de tipus*. Mitjançant aquesta via analítica, G. Laplace oposa una tipologia racional a una tipologia empírica. Els títols dels seus treballs són significatius: *Aplicacions dels mètodes estadístics a l'estudi del mesolític* ("Butlletí de la SPF", n.º 51, 1954), *Tipologia estadística...* ("Butlletí de la SPF"

1956), *Tipologia analítica...* ("Quaternària" n.º 4, 1957).

G. Laplace va crear un sistema descriptiu a partir dels trets morfològics de les tècniques (retocs) i de les mesures. Va inventar un llenguatge específic constituït per sigles<sup>2</sup> i signes d'associació (prefiguracions de metallenguatges i d'operadors). Aquests treballs van acaparar de seguida adeptes i van suscitar, més tard, però, l'interès dels informàtics i estadístics, en un moment en què l'estadística i la informàtica havien proposat els seus propis procediments.

El 1960 va aparèixer a Bèlgica un article de F. Heinzelin de Braucourt (*Principis de diagnòsi numèrica en tipologia*), treball que va passar pràcticament desapercbut (Ed. l'Acadèmia Royale de Belgique, vol. 14, 6). Després d'haver definit les escales utilitzables, l'autor proposava exemples d'anàlisi d'una variable (mitjana, desviació estàndard, representacions gràfiques, comparació amb una distribució teòrica). Després proposava anàlisis de dues variables (reprement les discriminacions de Bordes), i també mitjans d'estudi per tres variables: mètode de Fisher pel càlcul, triangle de Meigham pels gràfics. Finalment l'autor consagrava dotze pàgines als càlculs, podent posar en joc un nombre qualsevol de variables. Escrivia: "Ja no és utòpic creure que, gràcies a una bona elecció de mesures suficientment variades i nombroses, una màquina pugui classificar automàticament bifaços i destrals de diversos tipus, o qualsevol altra espècie d'objecte".

Es tracta probablement del primer senyal en arqueologia de l'esdeveniment de les *anàlisis factorialis*, a les quals el CNRS havia dedicat un col·loqui el 1955, per presentar les seves aplicacions generals. Aquí ja s'invocaven, doncs, les investigacions de les *components principals*, i en els paràgrafs anteriors les de les *funcions discriminants*. Però, essent fidels a la veritat, la informàtica encara no havia intervingut per deslocalitzar les recerques i impulsar-les dins del domini corrent amb l'èxit que coneixem.

El 1965 la Sorbona va crear un taller

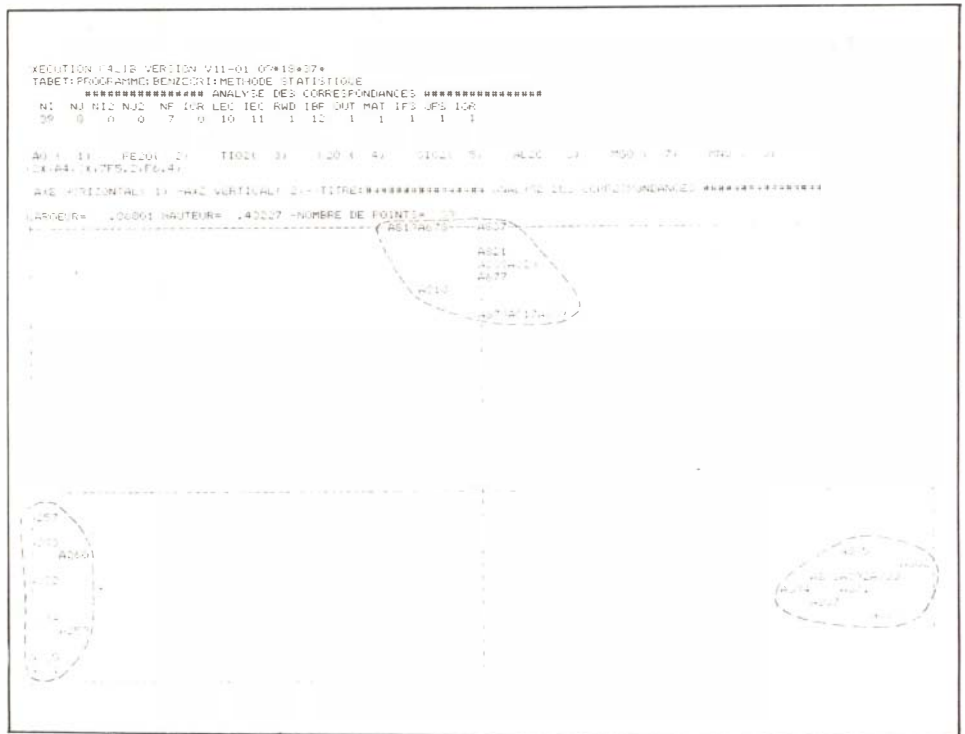
d'estadística, primera manifestació del laboratori conduït per J.P. Benzecri i els seus col·laboradors. Aquest equip, que afegirà als mètodes ja utilitzables l'*anàlisi de les correspondències*, va tenir gran ressò entre els arqueòlegs. Així, A. Leroy-Gourhan sotmetrà al nou tipus de tractament matemàtic les taules estadístiques de representacions pictòriques parietals de les quals precedentment havia extret, per altres mitjans, les estructures ocultes<sup>3</sup>.

## EL CONGRÉS DE MARSELLA DEL 1969

Per la seva part, el CADA continuava esforçant-se a divulgar les seves pròpies recerques i també els treballs estrangers, particularment aquells que provenen dels països anglosaxons. Amb la intenció de fer-ne un balanç, el CADA va organitzar a Marsella (1969) un Congrés Internacional d'Arqueologia i Calculadores que va ser publicat pel CNRS el 1972. Es tractava molt més de definir els problemes que de donar solucions. En són testimonis les grans qüestions plantejades, que encara són actualitat:

1. L'elecció dels trets distintius: ¿s'han de proposar models teòrics (paper dels lingüistes i dels matemàtics) als constructors de sistemes descriptius (els arqueòlegs dins la seva tradició pragmàtica)?
2. A partir d'un sistema descriptiu, quins poden ser els tractaments? Quines tècniques documentals (des de la simple tria fins a la complexa gestió dels bancs de dades dels quals es comença a parlar), i quins procediments de càlcul?
3. Ja que podem no solament constatar globalment diferències o similituds, sinó que també podem avaluar-les amb precisió (penseu en la taxonomia numèrica) i ja que, per altra part, les màquines permeten difondre càlculs que la seva complexitat ha mantingut fins aleshores en conceptes (anàlisis factorialis, classificacions, establiment de sèries), quin és el mètode més ben adaptat sabent que dos

Figura 1. Sortida de dades d'una "anàlisi de les correspondències" d'una sèrie de 28 fragments de ceràmiques de diferents procedències. En introduir en el programa de Benzcri les concentracions respectives en oxid de calci, de ferro, de titani, de potassi, de silici, d'alumini, de magnesi i de manganès, apareixen "nuvols" de punts (cada punt és una ceràmica), insinuant que hi ha tres zones geogràfiques diferents de les quals provenen les matèries primeres de cada un dels grups de ceràmiques. Amb ceràmiques d'origen conegut, s'acostumen a establir els grups de referència amb els quals després compararem les ceràmiques d'origen desconegut. Extret de: M. Picon i M. Antos: *Analyse des correspondences et classification automatique des données archéologiques*. *Curs de l'École Européenne de datation et caractérisation des céramiques anciennes*. Ed. Conseil de l'Europe, 1981.



mètodes poden donar eventualment dos resultats diferents? I si ens pronunciem... com dominar la subjectivitat d'un judici com aquest? Tot això ens porta a revisar molt bé les variables introduïdes en el càlcul.

I és ben bé aquesta elecció inicial i la seva formulació la que, en conclusió, s'ha manifestat com un dels problemes més urgents, tant si es tracta d'informació documental com de mètodes de càlcul.

Malgrat tot, es va manifestar una inquietud entre els trenta arqueòlegs que escoltaven, alguns per primera vegada, conferenciant que en gran part eren informàtics, estadístics o matemàtics. Les nocions fonamentals no eren gairebé gens familiars, els termes s'escapaven, les formulacions esdevien hermètiques. Com apreciar el paper de les matemàtiques, ja sigui només com a instrument auxiliar i momentani o, molt més, com el marc teòric d'una percepció del món exterior i model de raonaments? J.C. Gardin va reconèixer: "En efecte, és necessari llançar al mercat mitjans d'aprenentatge suficientment elementals, per a l'arqueòleg, de tècniques que no ho són pas".

La inquietud va precisar-se l'any següent al seminari coordinat per M. Borillo, "Les Mathématiques de l'Archéologie", novament a Marsella. Van faltar clarament per un costat el coneixement *in situ* de les necessitats dels arqueòlegs i del seu ambient cultural, i per un altre costat, en funció d'una formació universitària eminentment literària, els instruments fonamentals dels raonaments proposats.

Un participant, R. Whallon, arqueòleg americà, habituat a les tècniques estadístiques i a la programació, va comparar la via tradicional i la via formalitzada. Contràriament als teòrics, va sostenir que, en aquesta darrera via, el nivell de reflexió que ha d'existir ha de ser primordial en la mesura que ha de ser destinat a prolongar-se, i fins i tot a renovar-se, per una reflexió sobre la naturalesa mateixa dels procediments matemàtics, dels quals l'arqueologia ha de conèixer bé els mecanismes. Si no els poguéssim dominar, això transformaria en incorrectes

les preguntes i els problemes, de cara a ells mateixos i de cara als estadístics.<sup>4</sup>

Aquestes van ser les dificultats que hi va haver en els orígens del projecte d'ensenyament del Centre de Recherches Archéologiques (CRA) de Sophia-Antípolis (Valbonne, Alps Marítims).

Els anys 1970-75 constitueixen un període de transició (llegiu mutació). Aquest és perceptible en les actituds individuals o col·lectives, en els escrits, en les tècniques, etc.

Quan es convocaven reunions com les que hem citat abans, es podia observar que l'interès pels nous mètodes s'engrandia al mateix temps que les posicions s'extremaven: retops sistemàtics o entusiasmes incondicionals des del principi. Els procediments matemàtics i informàtics es consideraven generalment com a eines de treball. És per això que aquests són reivindicats i sobreentenen una condició de veritable domesticació. Els editors van percebre aquests canvis i començaven a veure's obres d'iniciació. Pel seu compte, els constructors avaluaven l'enorme mercat que se'ls obria. La instal·lació de xarxes i de terminals ajudava a una repartició dels mitjans. Però, sobretot, es van fabricar noves màquines per aconseguir una informàtica no tan sols repartida al millor possible, sinó també oberta a tot tipus de participacions, tal com afirmaven rigorosament alguns pamflets. Les famoses corbes invertides d'augment de les realitzacions o guanys en funció de la disminució de preus que va acompanyar la miniaturització, van permetre substituir la compra de materials pel seu lloguer. Ara tot esdevé accessible a les petites institucions com els laboratoris.

En aquest context, una empresa aïllada (com la que condueix el CADA) tendeix a evolucionar de tal manera que les iniciatives individuals rebran en el futur l'aval i el suport material de les institucions, que responen de la difusió i de les ampliacions.

## LA SITUACIÓ ACTUAL A FRANÇA

Així, el CADA (CNRS), que acull actualment alguns arqueòlegs (entre els quals s'inclouen P. Ihm, A. Guenoche i l'autor) i permet executar els seus treballs amb ordinadors, esdevé la primera unitat activa del CRA, mentre s'espera la creació del nucli del Laboratori d'Informàtica per a les Ciències de l'Home (LISH). Va ser el 1970 quan els responsables científics del CNRS es van decidir per la seva creació. El centre es va consolidar el 1972 i es va instal·lar a París esperant inserir-se en el corrent de descentralització que el va portar, una mica més tard, als locals actuals, prop d'Antibes, a Valbonne.

És concebut com una federació d'equips que van decidir lliurement ajuntar-se, si no en el mateix indret, almenys tractant camps de recerca concertats. Les activitats arqueològiques a França estan bastant dispersades: poden derivar de la tutela i del finançament de quatre ministeris. A aquesta situació, imatge de la seva pròpia gènesi, no li falten avantatges però tampoc pèrdues de temps a causa, per exemple, de la repetició d'accions similars, de l'absència d'intercanvis d'informacions en el temps desitjat, de destrucció dels crèdits ja força restringits. Malgrat una incontestable emulació creadora, el nou centre preveu una coordinació dels programes de treball. Es proposa sobretot alimentar una reflexió comuna sobre els mitjans i els mètodes, esforçant-se a concentrar aquells i regenerar aquests. Aquesta tasca particular és assignada a un òrgan central (el de Valbonne-Sophia-Antípolis), els primers treballs del qual és una enquesta sobre les necessitats. Aquesta enquesta va posar en evidència els dominis on la demanda és més forta: mitjans tècnics corrents (fotografia, edició,...) i d'anàlisi físico-química, mitjans d'informació bibliogràfica i de docu-

mentació, i finalment mitjans informàtics.

Al CNRS hem vist instal·lar-se, als locals de la nova Maison des Sciences de l'Homme, un Centre de Matemàtiques Aplicades i de Càlcul els membres del qual són notables animadors dels congressos i col·loquis de Marsella.

I tornem a trobar el paral·lisme entre la inquietud matemàtica i la inquietud documental en la creació, sota el mateix sostre, d'un Centre de Documentació per a les Ciències Humanes. El seu fi és en gran part recensar les recerques en curs i, esperant la informatització, difondre butlletins que agrupin els documents. El butlletí consagrat a la prehistòria i a l'arqueologia (però, no es tracta de la mateixa família?) és particularment apreciat. Les creacions de la Universitat es manifesten sovint lligades a les del CNRS, ja que són possibles els laboratoris associats. A la Universitat de París IV (Sorbona), J. Leclant ha confeccionat un "Inventari sistemàtic de la documentació sobre la civilització meroítica" (*Les Banques des Données en Archéologie*, Ed. CNRS, 1974) i ha reunit per aquest motiu un equip a l'École des Hautes Études en Sciences Sociales. M. Hainsworth, que també hi va col·laborar, contribuirà més tard a l'enregistrament per microordinador dels caràcters jeroglífics.

A la Universitat de París X, on es va fundar un Laboratori de Semiòtica i Informàtica de l'Arqueologia Clàssica, R. Ginouves somniava la constitució de bancs de dades especialitzats. Més tard publicarà amb A.M. Guimier-Sorbet: *La constitució de les dades en arqueologia clàssica* (Ed. CNRS, 1978). Aquest treball va reprendre's i va modificar les idees sorgides en el Congrés de 1970. La discussió encara continua...

A l'Institut d'Art i d'Arqueologia (París I), J. Deshayes, que el 1962 i 1964 va treballar molt en l'elaboració dels primers codis per a l'anàlisi morfològica de les armes i dels útils de metall, així com en els estris de l'Edat del Bronze, s'inquietava per la finalitat dels sistemes descriptius. Si aquesta finalitat és classificadora,

i no té intencions documentals, ell preconitzava aleshores la restricció de les observacions a l'estrictament necessari així com la crítica que s'ha de fer de la seva pertinència. És el que han de fer els utilitaris dels sistemes actuals.

A l'École des Hautes Études i al mateix temps al Museu Cernuschi, V. Elissef va confeccionar un algorisme de classificació que ell mateix va qualificar d'empíric, utilitzant una representació particular: *l'escalograma privilegiat*. Així va poder establir una seqüència cronològica de bronzes xinesos.<sup>2</sup> El mètode serà reprès per F. Adouze amb altres materials i correspondrà a l'obertura d'una via que mereixeria ser ampliada: la de la comparació i crítica dels tractaments<sup>3</sup>.

Els projectes d'informàtica als museus es fan realitat a poc a poc, i prenen evidentment una orientació documental. Aquest és el cas del Musée des Arts et Traditions Populaires, on des del 1969 hem vist descriure primerament objectes domèstics, després cartells i més tard vestits (J. Cusenier i col., publicat a *Els Bancs de dades arqueològiques* Ed. CNRS).

Tantmateix hi ha dues excepcions: al Musée des Antiquités Nationales de St. Germain-en-Laye, H. Delporte va crear un grup per reprendre estadísticament l'anàlisi d'excavacions conegudes, com la Ferrassie, i sotmetre-les a les tècniques més elaborades. Un dels membres, F. Djindjan, matemàtic i prehistoriador a la vegada (encara representa un cas ben excepcional!) va consagrar la seva tesi de l'aplicació de l'anàlisi de dades a l'estudi dels estris de pedra tallada<sup>6</sup>. Una altra excepció es troba al Museu de Prehistòria de Mònaco, on L. Barral fa un important treball de divulgació amb S. Simone, el qual reunirà les nombroses aplicacions sobre els *choppers* en una tesi dirigida per H. de Humley.

Aquest darrer, director en aquella època del Laboratori de Paleontologia Humana i de Prehistòria de la Universitat de Provença, va introduir un curs d'estadística en els seus ensenyaments, com ja ho havia fet J. M. Dentzer a l'Institut d'Art de París I. Però la majoria dels museus

s'orienten envers la construcció de bases de dades.

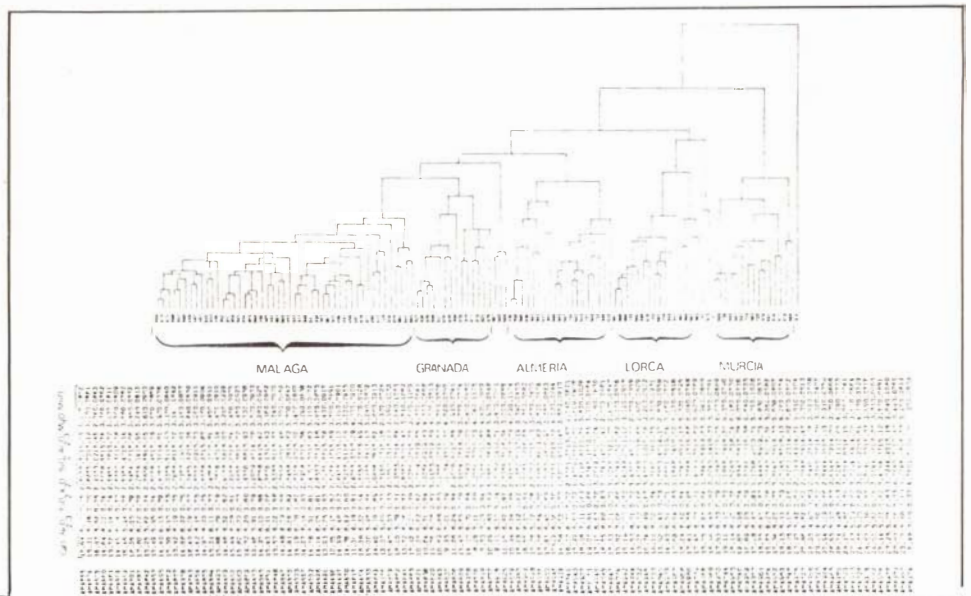
Per altra part, el ministeri francès d'Afers Culturals i el de l'Educació Nacional intentaven normalitzar la nomenclatura de les riqueses del patrimoni, perspectiva molt ambiciosa ja que apunta a administrar i estudiar de quatre a cinc milions d'obres repartides pel territori i en forma de col·leccions. El 1972 es redacta un pla d'operació pilot amb l'ajut del CNRS i sota la direcció de J.C. Gardin ("la informàtica aplicada a la realització de l'inventari general dels monuments i riqueses artístiques de França").

No obstant això, aquí s'abandona l'escala de les realitzacions immediatament possibles. Malgrat el seu atractiu, veurem com es difonen certes intencions o, almenys, veurem com es transporten a unes proporcions compatibles amb els mitjans i les necessitats. Així va ser abandonada la idea d'una "Xarxa d'Informació i de Documentació Arqueològica" (RIDA) de la qual va néixer, però, un sistema de recollida i d'explotació actualment operable en un microordinador. Aquest va ser igualment el destí d'un vast projecte sobre el lèxic de l'utilatge i dels ossaments (H. de Lumley, L. Burrelly i H. Camps-Faber a *Els bancs de dades...* que ja hem citat). Tractant dels bancs de dades, que més tard se'n diran "bases", es van despertar aspres discussions; més endavant veurem com el CRA ha resolt el seu problema.

## UNA ANÀLISI DE LA PENETRACIÓ DE LES MATEMÀTIQUES EN ARQUEOLOGIA

Després d'aquests exemples que han il·lustrat el final d'un període important podem fer-nos una idea de la situació referint-nos a una tesina presentada el 1975 per A. M. Richaud (del CRA) a la Universitat de Provença. Aquest treball

Figura 2. Sortida de dades d'una "anàlisi en forma d'arbre" d'una sèrie de ceràmiques analitzades per fluorescència de raigs X. Extret de la mateixa referència que la figura 1.



aleshores tractant de la informàtica i de les matemàtiques en arqueologia. L'autor va inventariar, a més a més de 23 revistes i 45 obres d'interès general, les següents publicacions:

- 38 articles d'interès metodològic.
- 116 obres o articles que tracten de la descripció dels objectes de cara a una automatització.
- 86 treballs d'aplicació documental.
- 202 exposicions de mètodes matemàtics (mostres, estadística descriptiva, classificacions i sèries).
- 94 articles d'anàlisi i tractament dels textos.

Sabent que diversos noms d'autors es reuneixen en un mateix treball, en mesurarem l'interès suscitat dins la comunitat internacional. Potser és interessant avaluar la participació francesa en aquest conjunt. Trobem aproximadament:

- 48% per als sistemes descriptius (52% la resta del món).
- 42% per a l'anàlisi de textos.
- 32% per a les aplicacions documentals.
- 24% per als treballs d'interès general.
- 15% per als mètodes matemàtics.

Sense voler-nos aturar en els detalls d'aquests percentatges, podem assenyalar la poca participació francesa (Nota del Trad.: i l'espanyola?) a les recerques fent intervenir el càlcul pròpiament dit (un 15%), i en canvi ve a ser la part més gran del total de les nacions, és a dir 202/523 o un 39%, on els anglo-saxons tenen la majoria. En canvi la participació francesa és important en les anàlisis de textos i, sobretot, en els sistemes descriptius.

La pregunta pot ser: hem de veure aquestes xifres com la conseqüència d'una tradició universitària, que fa que els humanistes francesos, i potser també tots els altres, continuïn submergits en la indiferència o, fins i tot, que tinguin por de l'univers de les xifres?

O bé no hem tingut raó constatant que la feblesa de les realitzacions dins d'aquest domini no es devia a un desafecte sinó, al contrari, a una doble manca: la d'una informació i d'una formació suficients;

també la manca d'una disponibilitat dels mitjans. Partint del postulat que el cervell dels arqueòlegs no tenia res a envejar al dels investigadors d'altres disciplines, de les quals es diu que són exactes, era necessari treballar per crear la possibilitat d'accedir-hi intel·lectualment i econòmicament.

## L'ENSENYAMENT D'INFORMÀTICA PER A ARQUEÒLEGS

Aquests dos problemes, que estan relacionats, estan en via de solució gràcies, d'una part, al desenvolupament dels petits sistemes i, d'altra part, al cicle d'ensenyament de la informàtica i del càlcul organitzat des del 1979 pel CRA de Valbonne-Sophia-Antípolis, cicle que constitueix un dels seus objectius prioritaris i que ja havia estat experimentat ben abans de prendre la seva forma actual. En efecte, el 1974 ja s'havia plantejat un projecte en aquest sentit. Al Musée de l'Homme i a l'École des Hautes Études havien tingut lloc alguns intents de funcionament i també a la seu del CRA, quan aquest encara ocupava alguns despatxos als afores de París. És important insistir en aquest temps de gestació. Era necessari adaptar una pedagogia particular al medi en què ens trobàvem, escollir les nocions indispensables, poder il·lustrar-les amb exemples en els quals la pertinència arqueològica havia de ser evident, acceptar el sacrifici de les demostracions teòriques en benefici de la nitidesa dels mecanismes dels càlculs i de la seva programació, evitar les formulacions excessives, trobar les formes d'expressió adequades i escriure-les, etc.

Actualment el cicle es parteix en cinc setmanes separades. La primera és dedicada a les bases matemàtiques indispensables i a l'estadística descriptiva. La segona a la informàtica general i a l'aprenentatge dels rudiments del llenguatge BASIC. La tercera setmana és consagrada

a les probabilitats i a la utilització racional dels tests. La quarta a les construccions de fitxers i bases de dades, als tractaments de textos, als tractaments gràfics i també a les presentacions de realitzacions en aquests dominis per part dels seus autors. Finalment, durant la cinquena setmana s'estudien les anàlisis factorials i els mètodes de classificació.

En una segona fase, si els participants del cicle ho demanen, es fan sessions més curtes limitades a algunes aplicacions específiques. Aquestes sessions s'emmotllen als llocs de treball dels demandants, per tal de ser tan a prop com sigui possible dels seus objectius i del seu ambient científic, tècnic i institucional.

Aquesta acció d'ensenyament, no directiva, pot també ser remodelada contínuament. Respecta les primeres iniciatives dels teòrics, ofereix una sèrie de diferències fonamentals: fundar-se en l'apreciació de les necessitats, descriure els utilatges de la manera més simple possible, posar en marxa mecanismes que s'han de dominar, verificar la seva pertinència, però també els seus límits, i afavorir, per a qui ho desitgi, una comprensió de les problemàtiques.

El problema de l'accessibilitat material ha trobat solució en el desenvolupament de la microinformàtica. Evidentment, és amb aquests mitjans que es realitzen els treballs pràctics d'ensenyament.

El CRA ha pres aquesta opció tenint en compte totes les prolongacions possibles. No té sentit oposar "una petita informàtica" a altres de més grans. De fet existeix, des de fa uns quants anys, una gamma diversificada de productes que van des de la calculadora programable fins als grans ordinadors. Aquesta gamma de productes s'estén sense parar perquè les calculadores esdevenen en aquest moment veritables petits ordinadors, considerats els elements d'una nova generació. Una gran part dels treballs sobre les dades de les excavacions s'ha pogut fer gràcies als microordinadors. S'imposava assegurar dins dels equips la compatibilitat dels materials. En aquest sentit, i per molt de temps, l'única solució és

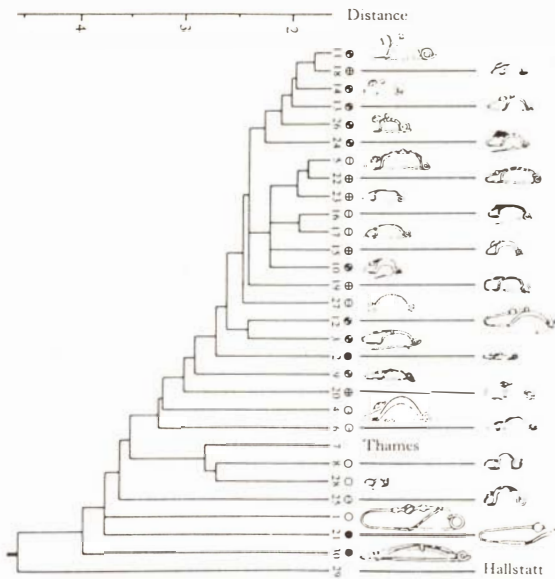


Figura 3. Distribució senzilla "en forma d'arbre" (dendrograma) de 30 fibules. Els cercles representen l'antiguitat, des de les més velles (cercles buits) fins a les més modernes (cercles replets), basada en associacions i en la topografia del cementiri on es van trobar. Extret de (7).

recomanar la utilització de les mateixes màquines (amb el llenguatge BASIC); és el que sempre s'ha repetit en els cursos del CRA. S'ha d'afegir que l'opció de la microinformàtica no implicava cap exclusiva, i era possible la utilització dels recursos dels grans centres per part de tots els interessats. Una de les finalitats de l'ensenyament és permetre els diàlegs que tantes dificultats han comportat. Però passem a estudiar el veritable impacte de la informàtica, de les tècniques i raonaments matemàtics, sobre el que sembla que és una vasta mutació de l'arqueologia, i més enllà del conjunt de les disciplines humanistes.

Més modestament podem fer algunes observacions dins del camp de l'arqueologia. Vist des del punt de vista de l'ensenyament coordinat amb la política i les activitats del Servei d'Informàtica del CRA, que dirigeix H. Ducasse, podem dir que, a partir dels programes de les unitats de recerca del nostre centre (i fins i tot de les que no en formen part), a partir, en fi, d'un contacte freqüent amb la comunitat d'arqueòlegs i d'especialistes d'altres disciplines connectades, s'han tingut en compte tots els moments de l'evolució arqueològica per part dels grups o individus que han fet la recerca metodològica. Hi té gran importància el conjunt de la informàtica, l'estadística, etc.

Podem retenir quatre etapes: la preparació, la recollida de les dades, la seva explotació al laboratori i finalment la comunicació del resultats.

## LA PREPARACIÓ

Normalment comença per una recerca bibliogràfica. Es vol saber qui ha fet alguna cosa en un cert domini, on, i amb quins resultats. Com reduir el temps i el cost d'una enquesta entre les publicacions, malgrat la dispersió de les biblioteques, i assegurant el millor rendiment? Segurament encara som lluny d'una solució ideal, de vegades entrevista en els projectes.

Com que no existia cap xarxa, el CRA va començar per allò que semblava immediatament possible: registrar els autors, els títols, les localitzacions, a mesura que entraven, i preparar la seva inserció futura en conjunts més amplis. Per a aquesta tasca s'ha utilitzat un miniordinador des de fa quatre anys. Permet, a més a més de registrar, la difusió regular de les adquisicions. Si més tard la recerca sobre el contingut i la interrogació a distància esdevenen abordables, això serà gràcies al treball de base que actualment enllestim.

Una preocupació veïna prové del fitxer d'arqueòlegs (uns sis-cents professionals a França) i del fitxer dels equips de treball. Un tercer tipus de producte, de naturalesa encara tradicional, ajuda la circulació de la informàtica en forma de petits textos especialitzats. Un d'ells es redacta regularment pel Service Informatique.

## LA RECOLLIDA DE DADES

Ens introduïm aquí en un camp ben ampli, però els altres articles d'aquest número de (ciència) també il·lustren força bé aquest horitzó.

Tant si es tracta d'una prospecció o d'una excavació intensiva, en tot moment la necessitat de l'anàlisi és present per tal de controlar o reorientar la investigació, mentre que l'acumulació d'observacions espera el moment de l'explotació. En tots els casos el registre obeeix a regles dictades abans dels temps de la informàtica, sense que això hagi impedit temptatives de registre directe. La presència d'un ordinador sobre el terreny ja no és utòpica. Però hi ha límits: apareixen sobretot en la mateixa natura dels sistemes en els quals les exigències s'adapten poc a la generalitat d'un treball consagrat quasi exclusivament a la identificació i localització espacials.

Inversament, una quantitat inconsiderada d'observacions, de testimonis, de mesures, de trets distintius no sempre ha mili-

tat pel millor benefici d'un tractament informàtic. Durant un temps, i en alguns casos, una doctrina de l'exhaustivitat ha semblat trobar la seva justificació en l'aparició dels ordinadors. Aquesta crisi està, segurament, en via de millorament. La creació al CRA de bases per microordinadors pot haver contribuït molt a una reflexió sana sobre les problemàtiques, la naturalesa dels sistemes descriptius en funció dels tractaments escollits o simplement possibles i, eventualment, sobre la presa de mostres. El treball que s'ha de fer prèviament sobre les dades ocupa una plaça important en els esforços conjunts del Servei d'Ensenyament i del Servei d'Informàtica del CRA. És, sens dubte, un dels més llargs de conduir, ja que és necessari un joc de vaivens entre la descripció i els tractaments, sovint provisionals, encara que no siguin confrontats la pertinència dels caràcters, el seu pes, les seves redundàncies i la seva objectivitat. Amb el desenvolupament de l'arqueometria s'expandeix el camp de les mesures, però també la complexitat. Amb una preparació adequada qualsevol arqueòleg pot esdevenir un arqueòmetre. L'essencial és que es recordi que les mesures provenen de la nostra pròpia tecnologia! Hem d'esperar que els adeptes de la tot just recent arqueologia experimental puguin aportar una nova il·luminació sobre la lògica dels sistemes de descripció.

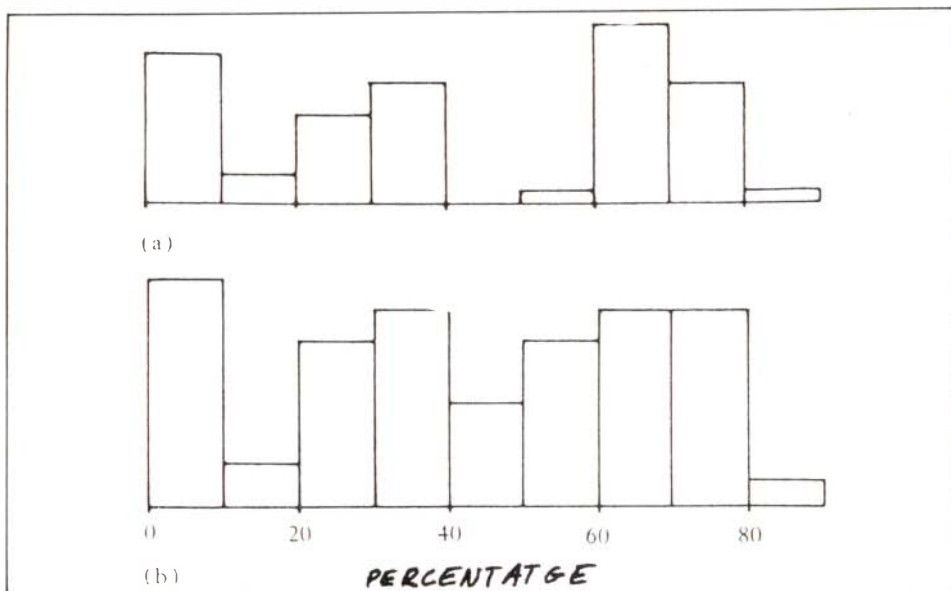
## L'EXPLOTACIÓ DE LES DADES

Suposant que aquests problemes estiguin resolts, podem considerar ara dos moments: la recollida i la gestió d'una base de dades i, posteriorment, els tractaments.

Tenint en compte que la qualitat d'una base reposa sobre el que introduïm, es tracta que les operacions que defineixen la seva estructura, la recollida, la posada al dia i les interrogacions justifiquin, per ser vàlides, un aprenentatge real.

Abans hem fet una al·lusió a les vives

Figura 4. Histogrames de les proporcions de rascadors en col·leccions d'utils del Mosteria. A la grafica els intervals es refereixen als rascadors com un percentatge del conjunt total d'estris amb retocs en els conjunts estudiats. a) Exemple per 48 col·leccions estudiades per F. Bordes el 1953. El dibuix suggereix una clara divisio entre els jaciments amb mes o menys de 50% de rascadors (es a dir, entre les col·leccions Charentianes i altres col·leccions del Mosteria). b) Estudi per 88 col·leccions realitzat el 1970. El model ha canviat drasticament. Extret de (7).



discussions que han acabat separant els defensors de les grans bases de dades universalistes dels defensors de bases de recerca. El CRA, en la persona del seu director, B. Helly, ha participat recentment en els treballs d'una comissió conjunta CNRS- INRIA (Institut Nacional de Recerca en Informàtica i Automàtica) sobre aquesta qüestió; es publicaran aviat. Podrem distingir, sobretot en les ciències humanes i en arqueologia, entre les bases de dades documentals i les bases de dades de recerca, essent aquestes darreres específiques d'un domini definit, constituïdes pensant en tractaments lògics i estadístics i, a més a més, construïdes pel mateix utilitari, el qual defineix el diccionari, el lèxic i la guia de descripció. La decisió va ser, doncs, refusar els grans *thesaurus*, ja que tota recerca és creadora de conceptes que un *thesaurus* no preveu necessàriament, i que, a l'inrevés, una proporció important de les seves informacions estàtiques queda, gairebé per definició, sense utilització. A més, les bases de recerca són fàcilment operacionals.

Avui dia hi ha diversos sistemes de gestió. Citem, per ordre creixent de capacitats: el MICROBASE, concebut per P. François (LISH) per un aparell APPLE II; el MANDOLINE, per la configuració TEKTRONIX; i SOFIA, per un AMS de discos durs. Els dos darrers han estat concebuts per J. Le Maitre al CRA. S'han construït cinc bases: Per exemple, 2.600 objectes lítics del Perú, actualment tractats, ossaments d'animals, esteles Thessalines, destrals polides, etc.

En canvi, tot allò que defineix l'estructura i la localització d'aquestes bases factuales és referit obligatòriament a un sistema documental, a la diligència d'un organisme habilitat per emmagatzemar, conservar i distribuir aquestes informacions.

Hem d'afegir que, quan el volum de les informacions sobrepassi les possibilitats del centre, un dels microordinadors pot esdevenir terminal d'un conjunt més potent. És potser l'ocasió de citar el sistema TEXTO, escrit en FORTRAN sota la direcció de H. Vigne pels arqueòlegs de

la Maison de l'Orient Méditerranéen de Lyon. Aquest sistema TEXTO funciona actualment en un HB-68, i per altra part està en curs d'instal·lació a la Biblioteca Nacional.

Accedint als tractaments, l'utilitari haurà de tenir un domini dels procediments, tant si són tractaments lògics, tractaments gràfics, tractaments estadístics, descriptius o inferencials. I, en conseqüència, ha de poder disposar sense molèstia d'un material fiable i d'un bon joc de programes.

Quan el 1976 va ser necessari decidir una configuració de càlcul per a la instal·lació de Valbonne-Sophia-Antipolis, els criteris ja estaven definits en aquest sentit: gestió de bases de dades al laboratori, execució de tot càlcul científic, accessibilitat per als no especialistes, riquesa dels productes de sortida, tant de textos com de taules o dibuixos.

A l'època, tals exigències facilitaven la decisió, perquè era encara reduït el nombre de constructors. Els logicials d'utilització eren rars i costosos. L'equip inicial (dues persones!) escrivia els primers programes en forma de conversa.

Sabem que l'elecció d'un material és un trencaclosques. El mercat de programes s'ha desenvolupat considerablement, fins al punt que un bon conjunt d'aquests costa una xifra inferior al salari mensual estàndard d'un enginyer, factor que s'ha de tenir en compte d'ara endavant. Però és cert que els programes "casolans" tenen avantatges, precisament en relació amb les exigències que hem vist.

Malgrat tots aquests esforços envers l'autonomia de l'investigador, una part d'assistència al CRA segueix estant reservada als responsables de l'ensenyament i de la informàtica. L'investigador no pot (i no ha de) consagrar gaire temps a adaptar programes de la mateixa manera que, més enllà de l'aprenentatge, no pot assolir-se sempre la manipulació perfecta de les sentències.

Una vegada s'ha arribat a això, l'interès primordial dels tractaments lògics és autoritzar, mitjançant una tria convenient, l'extracció de dins de les cassettes o dis-

cos de tot subconjunt ja definit a les sentències i transferible a suports provisionals. Això hauria d'afavorir una gran flexibilitat en les estratègies de recerca, juntament amb un guany d'espai apreciable dins les memòries centrals.

Quant als tractaments gràfics, aporten una apreciable contribució a la investigació científica, sovint abans del càlcul pròpiament dit. Citem l'observació de les distribucions i dels núvols de punts, les construccions ràpides de mapes de reparticions, les projeccions en perspectiva de volums en tres dimensions sota qualsevol angle per a l'estudi de monuments o per veure la posició d'uns vestigis en un sòl, la cartografia... (H. Ducasse difon, sobre aquest tema, els "Cahiers d'Infographie").

Els tractaments estadístics corrents han trobat amb la microinformàtica els suports ben adaptats a les seves finalitats. Van començar per les calculadores programables, que han jugat, i encara juguen, un paper no menyspreable. No solament des d'un punt de vista pedagògic, sinó també assumint un bon nombre de tasques preparatòries o auxiliars, alleugerint molt els plans de càrrega. La seva mobilitat i el seu baix cost l'han fet útil de terreny ideal. És ben possible que el relleu en aquest domini el prenguin les "microbutxaques", que coneixen el llenguatge BASIC i s'anuncien amb capacitats molt honorables.

Però evidentment quan es tracta de construir fitxers convé recórrer als discos i cassettes dels microordinadors de despatx. La juguesca d'accessibilitat material sembla que està a punt de ser guanyada ja que en aquest moment es poden recensar set grups de recerca equipats així; i la juguesca d'accessibilitat als programes també, ja que, com la compatibilitat està assegurada per la uniformitat de les màquines, tots aquests utilitaris volen establir una xarxa d'intercanvis, volen multiplicar, comparar i criticar les experiències.

Hi havia un domini que semblava que encara era exclòs de les possibilitats del microordinador: el de les anàlisis facto-

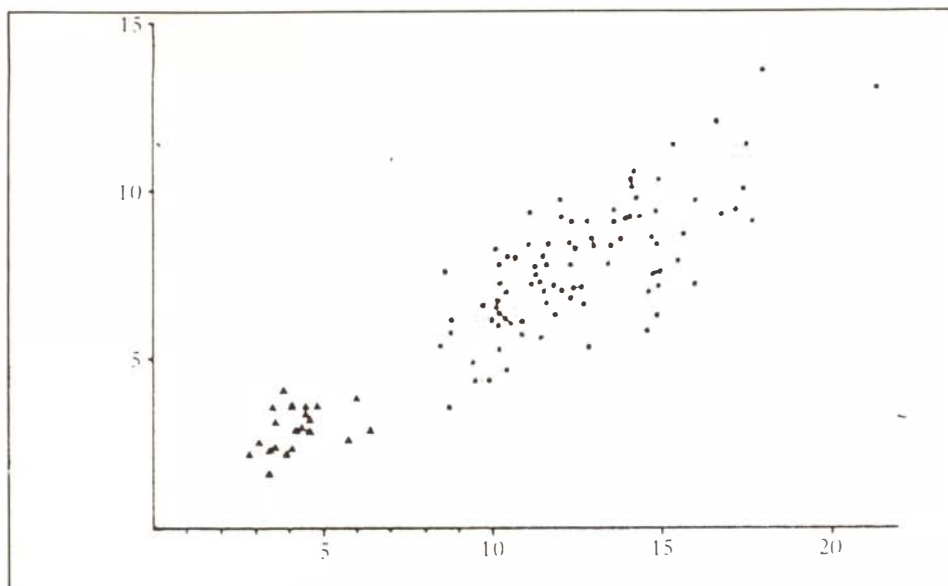


Figura 5. Representació de la longitud i l'amplada d'una classe general d'estris de sílex de Corbiac (sud-oest de França). S'insinuen dos grups dins d'aquesta classe general estudiada per F. Bordes (1967). El fet que les dades estiguin concentrades en una banda que recorda una línia recta mostra que els dos paràmetres, longitud i amplada, estan fortament correlacionats ( $r = 0.88$ ). Extret de (7).

rials i les anàlisis de dades. Però fa alguns mesos s'han executat classificacions ascendents jeràrquiques i també anàlisis en components principals amb el TEKTRONIX del CRA per estudiar els objectes lítics del Perú. És cert que es tractava de mostres representatives i no ultrapassaven els 75 objectes involucrant 5 variables per cada un. Però això és el començament. I també és el moment de recordar la importància que pot revestir en arqueologia la pràctica de l'estadística en la presa de mostra.

Aquestes anàlisis han estat fetes gràcies a un bloc de programes anomenat CHADOC, escrit per M. Belot i dos estudiants de la Universitat de Niça. A aquests programes i als que ja havien fet abans s'afegeix, més recentment, un nou conjunt LAST (Logiciel d'Analyses Statistiques) escrit per A. Guenoche del LISH per a l'ordinador AMS del CRA. És ben evident que per a tot tractament que sobrepassi les possibilitats locals, el contacte amb els centres importants pot assegurar-se per cable.

## COMUNICACIÓ DELS RESULTATS

Al capítol dels tractaments hauríem hagut d'afegir els tractaments de les imatges, els quals ultrapassen els mitjans actualment disponibles, i els tractaments de textos que són objecte d'un pla d'estudi molt profund. Aquí tractarem els problemes de l'edició i sabem que, entre altres dificultats, les publicacions arqueològiques han de poder utilitzar qualsevol alfabet. D'una manera més general, no és possible encara mesurar l'impacte de la informàtica sobre les publicacions. Però, per a més endavant, ¿no podem somniar ja la reinserció en els sistemes documentals dels resultats que no necessàriament serien objecte de publicacions tradicionals?

Hem pogut veure, doncs, a grans trets la posició del Centre de Recherches Archéologiques en els dominis de la infor-

màtica i del càlcul. Sense refusar les marques fonamentals que els teòrics de la informació persegueixen per la seva part, l'equip d'animadors del CRA ha volgut enfrontar-se cara a cara amb les necessitats més urgents i en funció dels mitjans accessibles: Assegurar l'ensenyament, fer circular la informació i els blocs de programes, assegurar l'apreciació crítica per comparació, promoure així l'eficiència de les aplicacions pràctiques, en fi, suscitar i fer conèixer les reflexions a tot arreu.

A aquests objectius, junt amb els dels laboratoris d'anàlisi i els dels serveis tècnics, s'ha d'afegir el desig d'obertura, no solament a la comunitat arqueològica a França i a l'estranger, sinó també a tots els humanistes. Els responsables de la direcció del CNRS han establert l'esquema de desenvolupament científic sobre l'acció de tres organismes, un d'ells el nostre. No es tracta d'un privilegi. Potser és degut, per una part, a la vocació essencialment interdisciplinària de l'arqueologia. Potser l'acció precoç d'alguns pioners ha creat l'obligació de fer-la fructificar. Potser també la interrogació ambiciosa sobre les civilitzacions desaparegudes, sobre tots els seus aspectes, però a partir de documents sempre fragmentacions, predisposa els arqueòlegs a la recerca constant de models i de tècniques pròpies a garantir la revelació de les informacions amagades i, al mateix temps, la seva explotació objectiva. Potser, essent prou curiós pel passat per a l'ésser també del futur, la seva motivació profunda els condueix cap al servei de la memòria i de la creació, fent de la invenció descobriment i innovació a la vegada.

Ja es manifesten alguns signes de transformació: l'acoblament de l'arqueòleg i de l'informàtic-matemàtic, establert amb satisfaccions que depenen del grau de comprensió mútua, tendeix a aparèixer històricament provisorí, per fer lloc potser a un home de ciència.

Així i tot, el balanç no es podrà fer abans que no es presentin, més enllà dels cercles d'iniciats, els testimonis d'un coneixement que sigui considerat beneficiós per als qui l'utilitzin.

Aquesta és una raó per augmentar els intercanvis entre les nostres disciplines humanes i més enllà de les fronteres, intercanvis sempre multiplicadors d'idees i de realitzacions.

( Jean Lesage )

### Material de lectura

1. F. Bordes: *Typologie du Paléolithique ancien et moyen*. Ed. Institut de Préhistoire de la Universitat de Bordeus, 1961.
2. G. Laplace: *La typologie analytique et structurale*. Publicat a *Les banques de données archéologiques*. Ed. CNRS 1974.
3. Roux; Robert; Jambu, M.: *Analyses de données sur l'art préhistorique*. Publicat als "Cahiers de l'Analyse de Données" n.º 1, Ed. Dunod, 1976.
4. CADA: *Les méthodes mathématiques de l'Archéologie*. Publicat després amb el títol *Raisonnements et méthodes mathématiques en Archéologie*. Ed. CNRS, 1977.
5. F. Audouze: *Traitements comparés d'une série d'ornements de l'âge du Bronze*. "Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques". U.E.R. d'Art et d'Archéologie. Paris VI 1974.
6. F. Djindjan: *Contribution de l'Analyse des données à l'étude des outillages de pierre taillée*. Tesi Universitat de Paris I, 2 vol. 1976.
7. J.E. Doran; F.R. Hodson: *Mathematics and Computers in Archaeology*. Harvard University Press 1975.
8. G. Saporta, J.M. Bouroche: *L'analyse des données*. Col. "Que sais-je?" n.º 1.854. Presses Universitaires de France 1980.