



Hunt Institute for Botanical Documentation  
5th Floor, Hunt Library  
Carnegie Mellon University  
4909 Frew Street  
Pittsburgh, PA 15213-3890  
Telephone: 412-268-2434  
Email: [huntinst@andrew.cmu.edu](mailto:huntinst@andrew.cmu.edu)  
Web site: [www.huntbotanical.org](http://www.huntbotanical.org)

The Hunt Institute is committed to making its collections accessible for research. We are pleased to offer this digitized item.

#### *Usage guidelines*

We have provided this low-resolution, digitized version for research purposes. To inquire about publishing any images from this item, please contact the Institute.

#### *Statement on harmful and offensive content*

The Hunt Institute Archives contains hundreds of thousands of pages of historical content, writing and images, created by thousands of individuals connected to the botanical sciences. Due to the wide range of time and social context in which these materials were created, some of the collections contain material that reflect outdated, biased, offensive and possibly violent views, opinions and actions. The Hunt Institute for Botanical Documentation does not endorse the views expressed in these materials, which are inconsistent with our dedication to creating an inclusive, accessible and anti-discriminatory research environment. Archival records are historical documents, and the Hunt Institute keeps such records unaltered to maintain their integrity and to foster accountability for the actions and views of the collections' creators.

Many of the historical collections in the Hunt Institute Archives contain personal correspondence, notes, recollections and opinions, which may contain language, ideas or stereotypes that are offensive or harmful to others. These collections are maintained as records of the individuals involved and do not reflect the views or values of the Hunt Institute for Botanical Documentation or those of Carnegie Mellon University.

#### *About the Institute*

The Hunt Institute for Botanical Documentation, a research division of Carnegie Mellon University, specializes in the history of botany and all aspects of plant science and serves the international scientific community through research and documentation. To this end, the Institute acquires and maintains authoritative collections of books, plant images, manuscripts, portraits and data files, and provides publications and other modes of information service. The Institute meets the reference needs of botanists, biologists, historians, conservationists, librarians, bibliographers and the public at large, especially those concerned with any aspect of the North American flora.

Hunt Institute was dedicated in 1961 as the Rachel McMasters Miller Hunt Botanical Library, an international center for bibliographical research and service in the interests of botany and horticulture, as well as a center for the study of all aspects of the history of the plant sciences. By 1971 the Library's activities had so diversified that the name was changed to Hunt Institute for Botanical Documentation. Growth in collections and research projects led to the establishment of four programmatic departments: Archives, Art, Bibliography and the Library.

CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Marseille, le 3 septembre 1969

CENTRE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE  
POUR L'ARCHÉOLOGIE

31, Chemin Joseph-Alguier  
13 - MARSEILLE 9<sup>e</sup>  
Tel. : Marseille (91) 76-12-20

Monsieur D.J. ROGERS  
Taximetrics Laboratory  
Department of Biology  
University of Colorado

BOULDER (Colorado)  
U.S.A.

Cher Monsieur,

Les congés de l'été ont retardé la frappe et le tirage des discussions qui ont terminé notre Colloque du mois d'avril, sur "l'emploi des calculateurs en archéologie", auquel vous avez bien voulu participer. Vous trouverez ci-joint ces textes, ~~et~~<sup>où</sup> je vous demanderais d'avoir l'obligeance de revoir la transcription de vos interventions. Si vous désirez y apporter quelques modifications, je vous demanderais de me faire connaître celles-ci d'urgence ; en effet, pour ne pas retarder l'impression du volume l'ensemble des textes a déjà été remis à l'imprimeur, y compris celui-ci.

Si nous ne recevons pas de mot de vous avant le 30 septembre 1969, nous en concluons que vous n'avez pas de modification à proposer.

D'avance je vous remercie de l'attention que vous voudrez bien porter à cette dernière demande de notre part, et vous prie d'agréer, Cher Monsieur, l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

  
J.C. Gardin

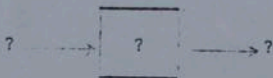
M. Roges

Colloque du C.N.R.S.  
"Calculateurs et Archéologie"  
Avril 1969

Séance de Clôture  
(vendredi 11 avril, 16.00)

J.C. GARDIN

Il est difficile de donner une synthèse d'un colloque comme celui-ci. Je voudrais seulement résumer les problèmes qui me semblent importants pour le développement des méthodes de calcul dans l'Archéologie.



Le "calcul", ici, veut dire que l'on enregistre dans une machine des informations archéologiques, au sens large, et que l'on sort de cette machine un certain nombre de résultats. Ce qui nous a occupés pendant ce Colloque, c'est d'apporter certaines précisions partielles sur ce qui entre, à gauche, ce qui sort, à droite et ce qui se passe au milieu (schéma). Si j'ai mis des points d'interrogation sur chacun des trois éléments, c'est que, malheureusement, nous n'avons souvent qu'une connaissance partielle de ces trois parties du problème - les données, les objectifs et les méthodes. Ainsi, vous l'avez constaté ici même, on définit parfois les objectifs à partir des résultats obtenus, ce qui est une mauvaise démarche. Souvent aussi, on n'étudie les problèmes relatifs aux données qu'après avoir obtenu certains résultats, démarche moins contestable, mais qui prête aussi à certaines critiques. Bref, il n'est pas irréaliste de poser que nous en sommes encore à un stade où pour chacun des trois segments de ce tableau - entrée, sortie, traitement - on peut encore poser un certain nombre de points d'interrogation. Je voudrais d'ailleurs le montrer par quelques exemples.

Une des applications les plus simples, relativement, est le traitement de l'information documentaire, ou la recherche rétrospective d'informations. Deux types de problèmes se posent : d'une part la mise au point des systèmes d'exploitation - problème d'informatique plus que d'archéologie - d'autre part, et surtout, pour ce qui nous concerne, la formulation des données ; en effet, la qualité des résultats obtenus dans une exploitation documentaire dépend naturellement de la qualité de l'information enregistrée, c'est-à-dire de la qualité de l'analyse linguistique, ou sémiologique, des données archéologiques. Or, des problèmes de langage, il a été au fond peu question ici. Je crois pourtant qu'il n'est pas déraisonnable de dire qu'ils sont encore entièrement ouverts. Je veux dire que si l'on voulait aujourd'hui instituer par exemple

J.C. GARDIN (suite)

des banques de données archéologiques - il existe des projets très spéculatifs sur ce thème - nous serions extrêmement embarrassés pour définir les codes ou les langages analytiques qui devraient servir à l'enregistrement des informations, à l'entrée. Ce problème reste à traiter, dans les années qui viennent.

Un deuxième type d'application nous a occupés davantage : ce sont les constructions théoriques bâties à l'aide de méthodes de calcul. Là encore, il me semble que le problème majeur concerne le choix des variables, c'est-à-dire encore un problème linguistique ou sémiologique, mais lié cette fois à une théorie, et non pas simplement à des considérations pratiques telles que l'efficacité d'une recherche documentaire.

Pour ces deux groupes de problèmes linguistiques, les critères d'adéquation sont très différents.

Dans le cas des banques de données documentaires, les critères en question sont, comme l'a rappelé Mrs. Sparck-Jones, des critères pragmatiques, qui se mesurent en général par l'observation de la qualité des réponses obtenues à partir des questions posées au système documentaire. Dans le cas d'une construction théorique, au contraire, le choix des variables dépend en quelque sorte de la théorie, et réciproquement. Si l'on tient à l'analogie linguistique, on voit bien ce que sont les procédures utilisées par les linguistes pour définir les unités signifiantes d'une construction théorique ; en revanche, les procédures de l'Archéologie dans ce cas me paraissent mal définies. D'où l'intérêt d'une communication comme celle de M. Soudsky, qui propose une procédure pour déterminer les traits distinctifs, ou les propriétés des objets, procédure fondée sur certaines observations faites sur le terrain. M. Moberg lui aussi a évoqué des procédures du même genre pour définir des entités, des attributs, dans la perspective de constructions théoriques.

Un élément important du problème est la définition du champ de l'observation. C'est un point dont nous avons peu parlé. Il est tout à fait évident que la définition des unités symboliques nécessaires à la construction d'une théorie dépend du champ de l'observation. A cet égard les différentes communications présentées au Colloque se réfèrent à des contextes très variables. Diversité tout-à-fait légitime d'ailleurs : il ne s'agit pas d'imposer des extensions uniques, mais il reste que dans certains cas on se place dans le

- 3 -

J.C. GARDIN (suite)

contexte d'un site, ailleurs dans le contexte d'un ensemble de sites, ailleurs encore dans un contexte non archéologique - par ex., des collections de musées, etc. Il en résulte une pluralité des constructions théoriques, et, par conséquent, des unités symboliques mises en oeuvre ; et pluralité aussi des systèmes descriptifs liés à ces théories. Ceci va de soi, me direz-vous : toutes les constructions scientifiques font appel à des symboles qui varient selon la théorie en jeu. Si je rappelle ce problème, c'est parce qu'il conduit à poser une dualité, entre analyse perceptuelle et analyse cognitive. L'analyse qui constitue la base des systèmes d'information est en général une analyse de type perceptuel, qui n'est en aucune manière liée à une théorie. C'est le cas par ex. des banques de données liées à des musées. Il est clair en effet que les langages analytiques proposés dans ces entreprises ne sont en aucune manière le reflet d'une théorie archéologique quelconque. L'analyse est perceptuelle, en ce sens qu'elle est essentiellement fondée sur des perceptions a priori à des niveaux de généralité variables, suivant la finesse de l'application documentaire projetée.

En revanche, l'analyse cognitive est liée à des constructions théoriques où l'on cherche à déterminer des unités symboliques signifiantes. Autrement dit, le but est ici de dégager des ensembles de propriétés pertinentes au regard d'une certaine visée théorique - ce qui n'implique pas le même type de procédure analytique que dans le cas précédent.

Si j'ai rappelé cette dualité, c'est pour une raison fort simple : lorsqu'on parle d'analyse perceptuelle à des archéologues théoriciens, leur réaction est toujours négative, et, à mon avis, à juste titre. La construction d'un système documentaire, d'un point de vue linguistique, n'a guère d'intérêt théorique, et lorsqu'on veut engager des archéologues à la construction de tels systèmes, le résultat est, en général, décevant. De la même manière d'ailleurs qu'il est difficile d'enrôler des physiciens ou des chimistes pour la construction des outils linguistiques de la documentation en chimie ou en physique (lexiques, thesaurus, etc.). Inversement, si l'on voulait fonder les systèmes documentaires sur les unités dégagées par l'analyse cognitive, les archéologues s'y intéresseraient davantage, mais la contrepartie est qu'il y aurait à la limite autant de systèmes descriptifs que d'archéologues ou d'écoles d'archéologues. La raison de

J.E. GARDIN (suite)

cet état de choses est simplement que dans l'état actuel des constructions théoriques de la discipline, il n'existe guère de consensus mondial, ni même national, sur l'inventaire des traits distinctifs signifiants de telle ou telle catégorie d'objets, dans telle ou telle culture. Nous n'en sommes pas là : dans l'archéologie que je connais, du moins, il est tout à fait impossible d'utiliser les constructions théoriques pour fonder des systèmes documentaires, parce que, je répète, ces constructions varient selon les individus, selon les époques. La dualité doit donc être comprise dans le sens technique du terme ; il ne s'agit pas d'une alternative, mais d'une complémentarité, dans la mesure où dans l'état actuel de notre discipline, les deux entreprises doivent aller de pair : d'une part ce que M. Moberg appelait l'"archéographie" - analyse perceptuelle - et d'autre part l'archéologie proprement dite - analyse cognitive.

M. Deshayes a beaucoup insisté sur les difficultés qui pèsent sur le choix des unités signifiantes dans l'archéologie actuelle. M. Lingoes a également insisté sur le fait qu'à son avis le choix des variables signifiantes était un problème fondamental dans tous nos projets. De sorte que nous sommes reconduits au "triangle" de M. Estabrook, que je représenterais pour ma part sous forme d'une spirale (schéma), pour montrer l'interaction, entre les constructions analytiques a priori de type perceptuel, à gauche, et les théories qui sont construites à l'aide de ces systèmes primitifs - interaction, en ce sens que l'on est ramené par la théorie à la constatation de certaines imperfections du système symbolique qu'il faut reformuler. Ainsi reformulés, ces systèmes conduisent à la construction d'autres théories, et ainsi de suite. La spirale est centripète, dans l'hypothèse optimiste ; il est des cas où elle est centrifuge aussi.

Venons en maintenant à la place des mathématiques dans ce processus. Elle est la même que dans le triangle de M. Estabrook ; les mathématiques font le pont entre l'analyse symbolique et la théorie, au moins lorsque celle-ci est fondée sur un calcul à partir des unités symboliques de l'analyse. Mais je voudrais proposer une distinction entre deux conceptions du rôle des mathématiques pour établir ce pont. La première est celle dont il a été le plus souvent question ici : elle consiste à voir dans les mathématiques un outil en quelque sorte auxiliaire pour aider l'archéologue dans ses constructions théoriques. Quand je dis "auxiliaire", j'entends un outil <sup>partiel</sup>

J.C. GARDIN (suite)

les mathématiques n'intervenant - qu'à certains moments de la construction théorique, laquelle n'est pas prise totalement en compte par l'appareil mathématique. Ceci est vrai, je crois, de la plupart des projets ou des applications qui ont été présentés ici, en particulier, lorsque les exposés émanent de mathématiciens, comme Régnier, Lerman, De la Vega, Ihm, Jaulin. J'ai entendu, à propos de ces exposés des commentaires inquiets, dans la mesure où les archéologues se demandaient ce qu'on pouvait faire de ces outils théoriques des mathématiciens, l'interprétation archéologique des formalismes utilisés n'étant pas toujours très claire. Ce point de vue, à mon avis, n'est pas fondé, pour deux raisons.

D'abord, c'est qu'en dialoguant avec ces mathématiciens on arrive à retrouver quelquefois l'origine archéologique de leur réflexion - ce qui est une manière d'établir le pont - et quelquefois aussi une interprétation archéologique de leurs résultats. La seconde raison, est que, comme le disait encore Mrs. Sparck-Jones, la multiplication des travaux théoriques sur les outils mathématiques de l'archéologie permet peut-être d'espérer que nous obtiendrons un jour des réponses à deux types de question, partiellement évoqués ici. La première concerne les conditions d'application de tel ou tel calcul en fonction des propriétés des données. Un certain nombre d'exposés ont abordé ce thème, qui mériterait d'être creusé, parce que, comme on l'a dit souvent, les calculs que pratiquent les archéologues sont en fait utilisés parce qu'ils existent, parce qu'on les connaît, mais sans que l'on se préoccupe beaucoup de l'adéquation entre les propriétés formelles ou structurelles des données, et les calculs proposés. En second lieu, on peut aussi espérer mieux connaître les conditions d'application de ces outils, non plus cette fois au regard des données, mais au regard des objectifs de la construction archéologique. Là encore, des ponts sont à établir entre certains types d'objectifs et les types de calcul appropriés. Mais ces liens ne sont pas apparus de façon claire. Une seconde catégorie d'applications mathématiques dans un sens plus large embrasse l'ensemble du raisonnement archéologique. On part d'une formulation symbolique initiale, quelquefois d'ailleurs en l'intégrant au calcul, pour arriver à la construction théorique voulue par une démarche entièrement formalisée, et donc mathématique en ce sens, même si elle ne fait appel à des formulations mathématiques du type des outils précédents. Il s'agit en somme d'études de simulation, comme celles

J.C. GARDIN (suite)

qu'envisage M. DORAN, ou encore M. ELISSEEFF, où tout archéologue peut suivre les étapes du raisonnement, depuis la description initiale des objets jusqu'à la construction finale. De même encore l'étude de M. BORILLO, où l'objet de la démarche est identique : il s'agit de répéter, de simuler la démarche suivie par un archéologue dans sa construction linguistique et classificatoire. Il est clair que ce genre d'études peut avoir une grande valeur heuristique, en mettant en lumière des éléments qui ne sont pas toujours très clairs dans la littérature archéologique, notamment les objectifs - pas toujours très apparents - les hypothèses implicites - toujours très nombreuses - les démarches - rarement décrits -.

Arriverait-on ainsi à des cadres analytiques généraux, du type de ceux que propose CLARKE ? Evidemment non. La pluralité des cadres méthodologiques subsistera. Mais l'élucidation de nos démarches empiriques permettra de voir plus clairement la manière d'introduire le calcul - cette fois au sens strict - dans nos entreprises.

D.J. ROGERS

We always had a little difficulty discovering where we were working or what some particular application was. Until this morning, it came out quite clearly that all the pieces began to fall in the places, in the two lectures by Dr. COWGILL and by Dr. DORAN, talking about CLARKE's work.

It seems very interesting that these two gave a nice framework, as you would, a flow-chart, on the problems that archeologists have in relating themselves to computing machines, and furthermore, in establishing for themselves a theoretical framework for all of their efforts. It would be a very pleasant thing, for me at least, if the individual archeologist would identify himself with respect to a similar type of flow-chart. This would give every body some sort of a framework in which to know

what he is talking about, and what particular problem he is working on.

B. JAULIN

Juste un mot sur la conception des mathématiques en archéologie. Le mathématicien ne peut pas travailler sans physique, à mon avis. Donc, de ce point de vue, le mathématicien ne peut s'intéresser qu'à l'analyse cognitive

-1-

B. JAULIN (suite)

en archéologie. D'autre part, il a été dit que la mathématique était une reformulation. Je ne suis pas d'accord sur ce point de vue. Dire qu'il s'agit d'une reformulation, c'est insister sur le langage utilisé, lequel est en fait secondaire ; ou c'est faire jouer au mathématicien le rôle d'agent de police, consistant à dire aux autres : "vous vous exprimez mal". Ce n'est pas du tout le rôle des mathématiciens.

J.C. GARDIN

Je crois que M. ESTABROOK, par "rewording", voulait dire "passage d'un langage à un autre", d'un langage symbolique à un langage mathématique, mieux adapté au calcul, mais en essayant de conserver toute l'information contenue dans le langage symbolique initial. N'est-ce pas cela ?

B. JAULIN

L'aspect du langage, en mathématiques, n'a pas une importance fondamentale. Le mathématicien est physicien. Ce n'est pas la traduction dans un langage normalisé qui est le fait du mathématicien.

R.C. CROS

Vous avez parlé de dualité à propos de l'analyse perceptuelle et de l'analyse cognitive. Ne s'agit-il pas plutôt d'un continuum ? La perception ne peut être un regard sur les faits sans jugement. A partir du moment où nous parlons, c'est que nous avons déjà appris à parler, en fonction d'une certaine expérience, commune à une partie de l'humanité. Autrement dit, dans tout langage, il y a déjà, non pas une théorie, mais un certain fonds culturel commun. En fait, dans l'analyse cognitive, la différence est simplement que ce fonds commun est réservé à une communauté plus restreinte de spécialistes ; et il existe tous les degrés de connaissance intermédiaire, qui vont d'un point de vue considéré (à tort) comme strictement analytique jusqu'à un point de vue de plus en plus synthétique.

J.C. GARDIN

Cela va sans dire. Mais il était peut-être mieux de dire : toute analyse perceptuelle suppose un système cognitif général de référence, mais il ne s'agit pas alors d'un système cognitif scientifique. Il s'agit d'une culture linguistique ou psycho-linguistique, ce qui est tout autre chose.

S. REGNIER

Je suis d'accord avec B. JAULIN : on peut craindre que le mot "rawor-ding" ne fasse croire que le rôle des mathématiques est de redire d'une autre façon, peut être plus précise, ce que les archéologues savent déjà dire dans leur langage propre. J'aurais tendance à penser que le rôle des mathématiques est plutôt de résoudre certains problèmes spécifiques, pour lesquels on a besoin du langage mathématique. On en a besoin, d'abord, parce que c'est un outil commode pour travailler, ensuite parce que nous n'avons pas le talent d'exposer nos travaux dans une langue naturelle. Je pense aussi que le langage mathématique est accessoire, mais que les mathématiques sont utiles pour résoudre des problèmes qu'on ne peut pas aborder autrement qu'en termes mathématiques.

R.M. NEEDHAM

Despite the view of M. ESTABROOK, mathematics were not particularly easy to invent. Therefore, for a considerable time, the rôle of mathematics will be to see which of existing mathematical facilities can be used for problems that the archaeologist has. It is a very considerably distant aim to invent mathematics specifically for this or for any other purpose. The second point concerns such things as the analysis of quantities of pots. One is inclined to say it should be done on the basis of a theory but there are other people who have to do with objects of one sort or another. Large firms of mechanical engineers invent elaborate classification systems for engineering objects, some times of a very remarkable sort, in which, for instance, the designer who wishes to put an object in some thing he is making, for some purpose, tells, roughly speaking, what shape it is, and relies on some system to tell him what objects of that shape and size the compagny happens to manufacture, in order to see if any of those would do his job. Now, this is a very complicated thing and nobody would dream of saying there is a series of engineering objects. It is not immediately clear to me that there is a series of pots, either.

- 3 -

C.A. MOBERG

D'abord, à propos de la dualité évoquée par M. GARDIN, je suis d'accord avec M. CROS. Je ne parlerais pas d'une dualité, mais d'une polarité dans un continuum, avec beaucoup de "feedback". Quand vous parlez par exemple des systèmes documentaires construits par les musées ou les services des Monuments Historiques, il ne faut pas oublier que ces systèmes sont l'expression d'une analyse cognitive, mais parfois une analyse cognitive périmée. Ces systèmes dépendent en quelque sorte d'une philosophie scientifique, que nous le voulions ou non. Cette philosophie a suivi l'évolution scientifique, mais avec un retard assez considérable. Pour tout établissement d'un système documentaire il faudra tenir compte de cette difficulté ; et il serait important de construire des systèmes flexibles, tels que leur contenu puisse être changé au fur et à mesure des progrès de l'analyse cognitive. Vous avez dit, à juste titre, M. GARDIN, que nous sommes en présence aujourd'hui de systèmes différents. Est-il possible aujourd'hui d'entreprendre une description de ces systèmes, c'est-à-dire en quelque sorte des grandes "religions" de l'archéologie contemporaine, pour les comparer ? Si cela est possible, on pourrait organiser les systèmes documentaires de telle sorte qu'ils soient utilisables sinon par tout le monde, du moins par un groupe de 20 ou 30 personnes. Cela serait utile.

J.C. GARDIN

Je suis d'accord avec ce que vous avez dit sur le continuum, et le fait que toutes les descriptions, mêmes documentaires, sont fondées sur des théories passées, dans un sens large et vague du mot. Si j'ai préféré l'expression "dualité", c'était pour marquer que, dans l'état actuel des choses et probablement pour longtemps, nous avons besoin à la fois d'analyse perceptuelle et d'analyse cognitive, et que l'une ne remplace pas l'autre, au moins dans l'état primitif de la connaissance descriptive qui est la nôtre aujourd'hui, comme vous le laissez entendre en parlant des différentes "religions" de l'archéologie. Mais je pense aussi comme vous que la seule manière d'affronter cette dualité, c'est d'utiliser tout ce que l'on sait des théories actuelles lorsqu'elles sont admises, et d'enregistrer dans les banques d'information la totalité des propriétés ou traits distinctifs mis en oeuvre par ces théories. C'est l'ensemble de ces différentes images qui constituent, à un moment donné, la description documentaire d'un monument ou d'un objet quelconque. Mais je

- 10 -

J.C. GARDIN (suite)

ne vois pas de signe, malheureusement, d'entreprises orientées dans ce sens.

J.C. LINGOES

In your summary, do you have a place for the distinction between a data theory (where I include such things as measurements, those with which archaeologists are concerned) and substantive theory ?

J.C. GARDIN

Je n'ai pas été jusqu'à ces distinctions ; mais il faudrait les faire, dans un inventaire plus détaillé des différents types de problèmes qui sont les nôtres.

M. BORILLO

J'ai eu l'impression ici d'un certain fétichisme à l'égard des outils mathématiques perçus par certains comme des clefs conduisant à la vérité. Cet après-midi, à la fin de l'exposé de B. JAULIN, nous avons fait un pas incertain encore, mais décisif, dans un sens important : une prise de conscience critique des nouveaux outils qu'on nous propose. Par ailleurs, je ne suis pas d'accord avec la distinction de M. GARDIN entre calculs auxiliaires et raisonnement. C'est une distinction justifiée peut-être pour un certain type d'instruments mathématiques, mais qui ne me semble guère productive.

Je me demande, par exemple, si les exposés de type mathématique entendus ici relèvent des outils auxiliaires. En général, à mon avis, il s'est agi de démonstrations de théorèmes, nées de motivations anthropologiques ou archéologiques, mais, comme JAULIN l'a suffisamment montré, encore très éloignée des buts de l'archéologie.

C.A. MOBERG

Revenant aux différences observées dans les méthodes de description et de traitement des matériaux archéologiques, ne pourrait-on trouver une institution qui se chargerait de les comparer ? Je pense en particulier au Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie, qui a déjà pris une part importante

C.A. MOBERG (suite)

dans l'étude de ces méthodes, et que le Centre National de la Recherche Scientifique accepterait peut être de voir désigné pour cette tâche.

J.C. GARDIN

Voyons plutôt la manière dont les choses se passent dans les Sciences Exactes qui sont elles-mêmes en train de construire les outils linguistiques du traitement de l'information documentaire. Car il y a là d'innombrables précédents : le cas de l'archéologie est en ce sens tout-à-fait banal. Les travaux se font dans le cadre d'Unions Internationales pour la spécialité considérée, chimie, physique, géophysique, ou autres sciences. Ce sont ces Unions Internationales, par l'intermédiaire d'organismes nationaux ou régionaux, qui se chargent de la création et de l'entretien des outils linguistiques nécessaires aux banques de données. Le problème est de trouver une institution analogue, qu'il faut peut-être inventer, dans le cas de l'archéologie. A ma connaissance, il n'en existe pas, sinon peut être l'Union Académique Internationale, dont on ne peut guère attendre de contributions de ce genre.

C.A. MOBERG

Je ne crois pas non plus que cette question puisse être résolue dans le cadre d'une organisation archéologique internationale : ce serait seulement le signal d'âpres luttes entre les prophètes des différentes "religions" pour influencer cette organisation ! Il faut trouver un point sur terre, où quelqu'un soit en mesure de conduire des observations impartialement, sans être lui-même trop personnellement engagé ; je crois qu'on pourrait trouver ce point en France.

M. ROSKAM

A few remarks about the place of mathematics, from my own experience in psychology. I believe a number of the problems you are discussing are very similar. The place of mathematics in psychology is that you can use mathematics as a tool to do a particular kind of analysis, when you know precisely what you want to compute, like, I can guess, in archaeology you can use the service of chemistry or physics in those cases when you are interested in

M. ROSKAM (suite)

particular relationships or particular facts which belong to the field of those sciences. And a lot of things which mathematical psychology do are closely related to using mathematics, for instance, to build up a set of equations to solve a particular problem. However, the main contribution of mathematics is in what Dr LINGOES just called theory of data, which is nothing in the spirit of calculation itself, but rather a logical analysis using concepts, notions and theorems mostly derived from modern algebra rather than from calculus, to get a description of the kind of relationships, of or information, which are present in your data. Certainly, ten or twenty years ago, psychologists were really busy trying to find solutions to particular problems for calculation : given a set of equations, how to solve it, and how to get the representation. Today psychologists are much more concerned about developing a formal mathematical language for data, and to see what information is present in the data, and get a general framework for mapping information into a particular model. In general there may be very much relationship and similarity between the problems of many different socio-cultural sciences.

J. DORAN

Could I ask you to clarify the distinction between the language you were saying psychologists were searching for, which would relate data to models and any high-level computer language ?

M. ROSKAM

All that a high-level computer language, perhaps, can do, is give you a way of formalizing and treating very complex structures, once you know how to treat them. The problem, however, is that, first, you must have some general idea, concept, notions how to look upon data and to look upon information present in data. As an example, the psychologist considers sets of subjects, individuals and sets of stimuli or situations, or whatever may be relevant, and considers pairs of those, where you present a particular stimulus to a particular subject, then establish relationships among those pairs - for example, saying that a subject prefers a particular stimulus more than another subject prefers another stimulus. Now, one question, which may be apparent in

M. ROSKAM (suite)

this case, is whether you can ever get information on my preference for one thing, whether it is stronger or less strong than somebody else's preference for something different. I need a means to compare these informations, these phenomena, and if I don't have such a means of comparison, I have no information about that relationship. However, one subject can say whether he likes this better than that. And there I have a means for comparison. So in looking upon data collected in a particular fashion, and asking myself : what kind of information is present in the data, what kind of information is lacking and what additional assumptions do I need in order to extract extra information, that all, I would say, is data theory. This is rather a simple example of the kind of phenomena you can study. You can conceive of much more complex systems where you have different groups of individuals and different groups of stimuli and different sorts of relations, all present in the same system. Before you do any analysis in the sense of calculating any thing, you have to set up and identify, using a suitable language, the kind of information you actually have, before you can think of any equations to solve for. After you have set up the equations, you can use the services of a mathematician, who will tell you how to solve that particular equation. But the first step is something in which you can use language derived from modern algebra, which in itself, completely belongs to your own field, and not to the field of mathematics.

K. SPARCK-JONES

I want to support Mr. DORAN by saying that it is possible - if you are not very sure how to describe your data - to use some high level programming language. That is a convenient way of exploring things because they do provide you with very general methods of description. I hope that was what he might be suggesting.

B. SOUDSKY

Je ne crois pas que nous autres archéologues soyons moins intelligents que les mathématiciens... Mais j'en reviens encore une fois au défaut total de théorie en archéologie, comme l'a dit aussi M. MOBERG. De ce point de vue, je ne crois pas que ni la France, ni aucun autre pays seul puisse résoudre nos difficultés. Il faudrait, dit-on, un organisme international. Il en

B. SOUDSKY

existe un, sans doute inadéquat pour cet usage, mais dont-on pourrait peut-être essayer de faire quelque chose, c'est l'Union Internationale des Sciences historiques et protohistoriques. Cette organisation a toujours quatre représentants par pays, un peu honorifiques, mais il y a aussi plusieurs commissions au sein de cette institution, et l'on pourrait peut-être créer une commission spéciale composée de membres du comité permanent. Mais il faut que quelqu'un présente un projet, par exemple cette assemblée, à Marseille, ou M. MOBERG même, qui, si je me rappelle bien, est ici le seul membre du comité permanent de cette organisation. Une proposition serait faite au prochain congrès ou pendant une prochaine session, visant à la création d'une commission internationale, qui se chargerait de développer les éléments d'une théorie archéologique. Si elle réussissait, peut-être la discussion entre mathématiciens et archéologues serait-elle plus fructueuse qu'à ce colloque.

V. ELISSEEFF

Pourquoi abandonner si vite ? S'il existe une Institution internationale capable de développer, par une de ses branches, les travaux qui nous intéressent, tant mieux ; mais je craindrais pour ma part qu'en nous accrochant à un organisme existant, nous ne retomberions justement dans le travers dénoncé par notre ami, c'est-à-dire que nous nous retrouverions, avec les mêmes personnes, pour aboutir à des théories qui n'auraient plus guère à voir avec les problèmes dont nous avons débattu ici.

Je me rallie donc au vœu de M. SOUDSKY, mais en le modifiant un peu : puisque certains de nos collègues ici représentent des institutions, je crois qu'il est possible d'envisager un petit bureau provisoire, pour préparer, dans un délai de deux ans, la fondation d'une union internationale des "archéologues analystes", qui s'attacherait à développer ce dialogue entre les mathématiciens et nous-mêmes. Ce projet est réalisable sans engager des millions ; et les divers pays que nous représentons sont en nombre suffisant, sans parler des absents qui pourraient s'y joindre par la suite.

J.C. GARDIN

Je ne sais pas s'il faut viser une union des "archéologues analystes" dont l'objectif risque de paraître vague pour beaucoup. Il vaudrait mieux plutôt un objectif précis, tel par exemple la constitution des outils conceptuels et linguistiques nécessaires à la création de banques de données en archéologie. Ce qui est une manière concrète de poser en fait nombre de problèmes théoriques mais à travers un objectif pratique. Il ne s'agit pas de mettre l'archéologie du monde entier en boîte, mais plutôt d'établir un programme de priorités en fonction des compétences disponibles, des urgences, pour tel ou tel secteur de l'archéologie.

M. EGLOFF

L'absence d'un langage commun en archéologie est le vice le plus profond de cette branche qui se voudrait science. Nous n'arriverons pas à décrire les objets au moyen d'un vocabulaire commun, les conventions nécessaires font défaut. Même si notre projet se limitait à cet objectif, je l'approuverais totalement. Un autre vœu cependant : il faut songer à un recyclage en préhistoire et archéologie. Tous ici en sentons la nécessité. Nous entendons parler de topologie, d'algèbre, de statistiques, mais nous renonçons à nous plonger dans des ouvrages sur ces sujets. Ne pourrait-on concevoir, sous forme de feuilles ronéotypées ou d'un manuel, la présentation d'une série de notions indispensables que nous n'avons pas bien comprises dans ces discussions ?

J.C. GARDIN

Il faut, en effet, mettre sur le marché des moyens d'apprentissage assez élémentaires - pour l'archéologue - de certaines techniques qui ne le sont pas. Il existe des outils de ce genre en sociologie et psychologie et il faudrait encourager archéologues et/ou mathématiciens à en créer de semblables pour l'archéologie.

J. BORDAZ

Je suis prêt, pour ma part, à accueillir dans mon Université toutes les suggestions dans le sens indiqué par les derniers orateurs, c'est-à-dire à servir de boîte postale pour faire circuler celles-ci aux personnes présentes ici, dès

J. BORDAZ (suite)

que j'en aurai reçu un nombre suffisant. Ainsi, nous parviendrons peut-être d'ici quelques mois à élaborer des propositions plus concrètes.

J.C. GARDIN

La meilleure manière de conclure, peut-être, serait d'intégrer la proposition de M. BORDAZ, c'est-à-dire de la multiplier autant de fois qu'il se trouve ici de participants, pour que chacun se fasse l'écho des préoccupations qui sont les nôtres auprès des institutions qui sont siennes. Je crois en effet qu'il ne faut pas fonder trop d'espoir sur la portée des vœux d'assemblée, lorsqu'ils ne sont pas canalisés par une personne, ou par un groupe de personnes actives. Nous pouvons difficilement, ici, élire ou désigner les "personnes actives". Il vaut mieux se fier à la bonne volonté et à la motivation de chacun d'entre nous, ou d'un certain nombre d'entre nous, pour essayer d'influer sur les institutions existantes, nationales ou internationales, afin de créer ce climat, ou mouvement d'intérêt qui nous importe au premier chef. C'est peut-être là une position en retrait, mais je ne crois pas que nous puissions faire beaucoup plus, ici, dans le cadre restreint où nous sommes.

July 16, 1969

M. Borillo  
Centre National de la Recherche Scientifique  
Centre D'Analyse Documentaire pour L' Archeologie  
Marseille, France

Dear M. Borillo:

With respect to the publication of the April Colloquium on Archeology and Computers I have the following corrections to suggest.

In the discussion following the communication of M. V. Elisseeff, p. 5 note (1) (bottom of page), J. S. FARRIS (not FARASS, as it appears).

Very truly yours,

George Estabrook  
Research Biomathematician

Marseille, le 8 Juillet 1969

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint le texte des interventions que vous avez faites au cours des discussions qui ont suivi les exposés au Colloque de Marseille.

Compte-tenu des conditions dans lesquelles ces interventions ont été enregistrées, je vous serais très reconnaissant de bien vouloir vérifier les propos qui vous sont attribués et, le cas échéant, de les corriger.

Nous désirons, vous le savez, publier les actes du Colloque dans les meilleurs délais, aussi souhaitons-nous recevoir vos modifications éventuelles le plus rapidement possible. Nous serons obligés, en cas de non-réponse de votre part au 1er Août, de considérer que vous ne désirez introduire aucun changement.

Vous comprendrez, j'en suis sûr, ces méthodes quelque peu arbitraires. En m'en excusant, je vous prie de croire à mes meilleurs sentiments.

M Borillo

M. Borillo

Colloque du C.N.R.S.  
"Calculateurs et Archéologie"  
Avril 1969

Discussion consécutive à la Communication

de Mr. G. COWGILL

Mr J. DORAN

Ma première remarque concerne la procédure de sériation que vous décrivez. Ne serait-il pas raisonnable de considérer toute une séquence de configurations différentes et de tester la procédure sur chacune d'elles ? En effet, la configuration finale que vous obtenez peut ne pas être la meilleure de toutes et n'être que localement meilleure.

Mr.G. COWGILL

Il est vrai qu'on n'est jamais sûr d'atteindre la meilleure des configurations. C'est une difficulté qu'on rencontre avec tous les types de matrices, ainsi d'ailleurs qu'avec les méthodes telles que les techniques de sériation des tessons de moyennes (?), où, si vous arrivez à caractériser vos données en terme de pourcentages de trois éléments seulement, sans rejeter de données importantes, vous n'avez plus que deux variables indépendantes. Vous disposez alors d'un espace à deux dimensions dans lequel vous pouvez exprimer les résultats. Et vous ne recherchez pas des configurations, vous n'avez qu'à les observer. Quant au problème des minimum locaux, il peut se présenter, mais personnellement, cela ne m'a pas trop gêné.

Hollande?  
mean?

Mr. J. DORAN

Je voudrais aussi parler du modèle proposé pour des poteries situées dans des couches différentes, essentiellement le modèle multinomial. Ce modèle semble être indépendant des différents types de tessons et des différentes périodes. Mais avez-vous pensé que si vous avez cinq tessons, ils peuvent provenir tous du même vase ?

Mr.G. COWGILL

Oui, j'y ai pensé. Il me semble en effet faux et dangereux de traiter cinq tessons provenant du même vase comme cinq unités séparées. Cela vaut la peine d'essayer de reconstituer les vases ou tout au moins d'examiner les tessons pour savoir s'ils proviennent ou non du même vase. Mais ce n'est pas facile. La seule règle est d'être extrêmement prudent et soigneux dans l'examen des données.

Mr. J. DORAN

Ma troisième question est la suivante : bien que je sois tout-à-fait persuadé qu'on a besoin d'un modèle mathématique, je ne suis pas satisfait par le concept de "population", qui est quelque chose d'assez statique. Avez-vous envisagé que des procédures statistiques aléatoires pourraient constituer un modèle approprié, à la place de l'idée traditionnelle de "population" ? Je veux parler d'une sorte de processus de dérivation pouvant représenter une "population" sous l'aspect de son évolution dans le temps, comme ce qui se fait pour les phénomènes épidémiques.

Mr. G. COWGILL

Je dois dire que je m'intéresse davantage à des populations qui sont situées en un point particulier du temps. Les types de modèles que j'ai étudiés sont des modèles où l'on postule que la nature des activités d'une population a, en général, une répercussion sur la quantité de vases brisés ou mis au rebut, sur la quantité de débris de silex déposés, sur la quantité d'outils d'un certain type brisés ou éparpillés que l'on pourra trouver, dans une aire donnée. On essaie, par ces modèles, d'exprimer des relations entre activités et trouvailles.

Mr. C.A. MOBERG

A propos des "closed-finds", je voudrais souligner qu'il est dangereux parfois d'utiliser une caractérisation par présence et absence. Lorsqu'on étudie les associations ou combinaisons d'objets trouvés à l'intérieur de sites clos, on n'insiste pas assez sur le fait que l'on a affaire à des échantillons. Si bien que l'on a tendance à donner trop d'importance à l'absence de tel ou tel objet, dans une association donnée. L'absence d'un facteur peut être, dans ce cas, parfaitement aléatoire. Ce point me paraît important lorsque l'on établit des chronologies sur la base d'associations d'objets.

Mr. G. COWGILL

Oui. Quand il s'agit de comparer deux vases, dont l'un a des anses et l'autre n'en a pas, naturellement le critère présence/absence est bon. Il en est de même, dans les cas où l'on s'attend à une alternative de la forme "une seule occurrence/pas d'occurrence", pour tel objet ou tel caractère. Dans toutes les

Mr. G. COWGILL (suite)

autres circonstances, où apparaissent des pourcentages d'occurrences, il n'est pas bon d'appauvrir les informations que l'on possède sur cette distribution.

Mr. R. NEEDHAM

D'après ma propre expérience dans le domaine linguistique, il y a des cas où il est plus intéressant de savoir si un certain type de construction apparaît ou n'apparaît pas dans le discours, que de savoir combien de fois il apparaît. N'existe-t-il pas des cas semblables en archéologie ?

Mr. G. COWGILL

Si nous sommes sûrs de pouvoir affirmer, d'après l'étude d'un échantillon, que tel objet ou caractère particulier est réellement absent dans une population donnée, le critère présence/absence prend un sens. Mais peut-on réellement inférer pareille affirmation à partir d'un échantillon ?

Mr. C. A. MOBERG

Dans l'optique du groupe de BINFORD, pour lequel les données archéologiques sont complètes, un facteur absent dans les données doit être nécessairement considéré comme absent dans la population. Mais l'absence d'un facteur peut vouloir dire beaucoup d'autres choses.

Mr. G. COWGILL

Vous avez probablement raison. C'est un point difficile dans la théorie de BINFORD. Les données archéologiques comportent à la fois des objets matériels qui se conservent bien, d'autres éléments, qui parfois subsistent et parfois sont détruits, d'autres encore qui apparaissent de manière aléatoire.

M. J. BORDAZ

Ce qui nous intéresse dans les sériations est leur continuité. Suivant le type de matériel considéré, le nombre de données, il est justifié, ou non, de se servir de critères de présence et d'absence, ou de critères quantitatifs. J'ai

M. J. BORDAZ (suite)

déjà essayé de convertir une matrice de sériation basée sur des pourcentages en une matrice basée sur les critères de présence et d'absence : on arrive très rapidement à retrouver les diverses coupures qui jalonnent la sériation.

Mr.G. COWGILL

Si la sériation est raisonnablement claire, nous pouvons rejeter une grande partie des informations sans fausser les résultats. Mais si la sériation n'apparaît pas clairement, et si vous ne pouvez l'établir qu'en gardant toute l'information, ou bien si vous obtenez des sériations différentes à partir des mêmes données, suivant la méthode ou les critères utilisés, cela veut dire, peut-être, que vous avez tort d'essayer d'établir une sériation à partir de ces données-là. Je sais que BAUMHOFF (?) et al. ont tenté d'appliquer le critère d'absence et de présence à leur sériation : cela ne l'a pas améliorée. De même pour le matériel de Teotihuacán sur lequel j'ai travaillé : il y avait un peu de tout dans chaque collection, si bien que, si on utilisait le critère de présence et d'absence, on obtenait presque seulement des "présences". Dans des cas pareils, on est obligé de travailler sur les proportions relatives de chaque élément.

M. J. BORDAZ

C'est un problème de tactique. Il faut commencer par utiliser des méthodes simples, et si cela ne réussit pas, tenter des méthodes plus élaborées.

Mr.G. COWGILL

Il est bien difficile d'évaluer des méthodes particulières, et d'en défendre une plutôt que d'autres. Il vaut mieux en essayer plusieurs. Ainsi, pour un essai de sériation d'outils, j'ai utilisé successivement plusieurs coefficients et j'ai remarqué qu'un certain coefficient, très voisin du coefficient de TANIMOTO, se révélait plus satisfaisant que la technique "R", alors que le Dr. LINGOES, travaillant sur des poteries de Hollande, a été très satisfait de "R". Avant de mettre toutes les données en machine, il faut faire de petits essais partiels à la main, sous forme de diagrammes, tabulations et dessins variés. De cette façon, on a une idée du modèle le plus approprié.

Mrs. SPARCK-JONES

Je voudrais faire une remarque relative aux procédures de classification : une procédure simple peut produire un classement apparemment très satisfaisant. On est tenté alors de s'arrêter là, mais n'est-ce pas dangereux ?

Mr. G. COWGILL

Oui. Cette erreur a été commise fréquemment. Sans vouloir toujours revenir au travail du groupe de BINFORD, je citerai d'autres chercheurs, L. G. FREEMAN et J. BROWN, par exemple, qui ont utilisé une seule technique, l'ont testée mainte et mainte fois et s'en sont tenus là. Il faudrait établir une systématique des différentes techniques par rapport aux différents types de données.

Mr. D.J. ROGERS

Je suis entièrement d'accord avec vous. Avant d'utiliser les ordinateurs, il faudrait travailler dans ce sens. Il me semble d'ailleurs que l'élaboration de systèmes documentaires peut permettre de jouer avec le matériel, pour vérifier des hypothèses, avant la recherche de classifications formelles.

Mr. G. COWGILL

Ce qui est commode aussi, lorsque l'on utilise un ordinateur, c'est de prévoir beaucoup de sorties intermédiaires, sous forme de tris et de tableaux divers qui permettent de contrôler pas à pas ce qui se passe en machine.

Mr. G.F. ESTABROOK

Dans toute cette affaire, en fin de compte, nous essayons d'obtenir deux sortes de résultats : l'un est l'exposition des événements, des faits, l'autre est l'explication de ces faits, et la recherche des circonstances où les mêmes faits peuvent se reproduire. En physique, ce qui nous intéresse, ce n'est pas seulement de pouvoir dire que tel et tel phénomène a lieu, mais aussi d'inférer les lois qui nous permettent de le prévoir. En dernière analyse, il est intéressant, non seulement d'établir une technique qui nous permette de dire

Mr. G.F. ESTABROOK (suite)

quelque chose des phénomènes empiriques étudiés, mais aussi de savoir pourquoi cette technique nous permet d'en dire quelque chose. Les techniques sont intéressantes par elles-mêmes, au même titre que des objets empiriques, dans la mesure où elles peuvent nous apprendre quelque chose sur notre science, du point de vue théorique.

M r G. COWGILL

C'est une remarque très importante et très stimulante, valable pour les techniques qui donnent de bons résultats, et aussi pour celles qui, dans certains cas, ne donnent pas de bons résultats.

M. J. BORDAZ

En fait, nous sommes confrontés à deux problèmes : d'une part, vérifier la cohérence d'une technique, - c'est la tâche des mathématiciens et des programmeurs - d'autre part, vérifier que cette technique donne de bons résultats et savoir dans quels cas elle peut en donner de bons. Mais comment être sûr qu'une technique donne ou non de bons résultats ? En la mettant à l'épreuve sur un autre niveau du discours : par exemple, soit une technique appliquée à des objets de fouilles ; il faut utiliser les informations stratigraphiques du site ou bien d'autres sites, ou encore une autre collection d'objets, pour en tester la cohérence, ou tout au moins, le degré de souplesse.

Mr. G. COWGILL

Oui, c'est là la bonne méthode. Le vrai test, en fin de compte, est de pouvoir dire si l'archéologue est satisfait ou non d'une technique. Malheureusement, dans bien des cas, certains sont satisfaits, et d'autres pas, de la même technique. Mais il s'agit d'arriver à établir un certain degré d'accord.

Colloque du C.N.R.S.  
"Calculateurs et Archéologie"  
Avril 1969

Discussion consécutive à la Communication

de Mr. D.J. ROGERS

M. J.C. GARDIN

Cet exposé me paraît extrêmement fécond par les questions qu'il soulève. Mr. ROGERS a demandé s'il existait des systèmes analogues au sien pour l'exploitation des données archéologiques. J'ai trois réponses à lui proposer. Je veux parler d'abord du projet appelé "Museum Computer Network", centré à New-York, et dont le but est d'établir un système d'exploitation mécanique des collections contenues dans une dizaine de musées d'archéologie et d'histoire de l'art dans l'est des Etats-Unis. Les fonctions de ce système, sinon ses moyens (qui ne sont pas encore bien définis) sont tout-à-fait analogues à celles de la banque de données biologiques décrite par Mr. ROGERS. Le deuxième exemple est français : c'est un projet plus ambitieux par son extension, puisqu'il s'agit de traiter par un système de documentation mécanique l'ensemble de ce qu'on appelle les "Monuments et richesses artistiques de la France". Ces monuments vont des édifices complexes de l'architecture civile ou religieuse aux objets les plus petits (bijoux, pièces de mobilier, etc.); on espère entreprendre en 1970 une première application pilote sur machine, en utilisant sans doute un réseau d'interrogation, comme au Museum Computer Network. Le troisième exemple est un programme d'exploitation de données bibliographiques en archéologie, construit par M. CHOURAQUI, au Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie. Bien qu'il ne s'agisse plus de "data" au sens strict, mais de documents bibliographiques, le problème est formellement le même, et les produits sont analogues à ceux qu'a décrits Mr. ROGERS. L'équivalent du catalogue est la liste de titres, l'équivalent des réponses aux questions concernant des propriétés est la liste de documents traitant de sujets particuliers, etc. Tout ceci montre que le courant de recherches dont a parlé Mr. ROGERS est extrêmement actif aussi en archéologie.

Mrs. SPARCK-JONES

Mr. ROGERS a parlé d'"information retrieval" à propos de son système. Mais il vaudrait mieux dire "data retrieval". Je veux dire que les données, en botanique, peuvent être relativement bien décrites, dans les termes d'un langage technique, bien défini, organisé, et connu des utilisateurs, même si leurs questions n'ont pas une forme absolument standardisée. Ce sont les termes que l'on

Mrs. SPARCK-JONES (suite)

trouve dans les classifications de plantes. Mais pourrait-on établir un tel langage descriptif en archéologie ? Les questions posées par les utilisateurs en archéologie sont souvent formulées différemment, suivant la manière dont ils perçoivent les objets. Par exemple : "Je désire retrouver tel misérable petit fragment carré de vase rouge, avec une entaille dans le haut", ce qui n'est pas bien défini du tout.

Mr. D.J. ROGERS

D'abord, je veux faire remarquer que le système TAXIR a été défini au départ comme un système d'aide à l'utilisateur, et non comme un de ces systèmes d'exploitation documentaire, comme il en existe par centaines. Il s'ensuit qu'il est très possible d'y introduire les traits descriptifs nécessaires pour rendre compte même des expressions ambiguës ou qualitatives. Par exemple : "misérable", "petit", "rouge" etc..

Mrs. SPARCK-JONES

Le problème est plutôt un problème de synonymie : le même petit morceau de vase peut avoir été décrit déjà en termes vaguement synonymes, par exemple "rectangulaire" au lieu de "carré" etc.. Et il faut pouvoir faire une comparaison entre les termes de la description et les termes de la question. C'est difficile lorsqu'il n'existe pas de langage descriptif qui tende, au moins, vers des définitions et vers une structure précises.

M. J.C. GARDIN

Du point de vue de la programmation, l'exploitation de données brutes ("data") et de documents pose des problèmes du même type. La différence, bien sûr, est celle que Mrs. SPARCK-JONES souligne, avec raison, à savoir que, dans le premier cas, les banques de données ne seront efficaces que si l'on dispose de langages descriptifs très fins et précis, pour que l'on puisse accepter des questions aussi variées que possible. Dans les deux projets dont j'ai parlé en dernier, l'effort principal, du point de vue intellectuel au moins, porte précisément sur

M. J.C. GARDIN (suite)

l'établissement de ces langages descriptifs spécialisés.

Mr. G.F. ESTABROOK

Le système TAXIR n'implique aucune convention de description, quelàe qu'elle soit. Il ressemble à une coquille vide, sans vocabulaire, sans "data", sans information d'aucune sorte, et comporte simplement la possibilité de contenir des informations relatives au vocabulaire des données. Il est composé essentiellement de deux parties conceptuelles : le programme qui manipule, emmagasine et extrait les données, et un compilateur, ou organe de traduction. Ce compilateur comporte un langage très simple, dont la seule fonction est de spécifier quel type de données sont appelées ou stockées. Ainsi, l'utilisateur précise quelles données il veut enregistrer, quel vocabulaire il veut utiliser et quelle structure, en général est nécessaire. C'est à l'aide de son métalangage que le compilateur traduit les instructions. Mais l'utilisateur choisit lui-même ses propres conventions de description, sans aucune restriction.

Mr. J. DORAN

Je voudrais citer un travail récent et intéressant - la (?)  
Bibliography, publiée dans les Proceedings of the Association of Computing Machinery, 1968, - relatif au traitement de l'information déductive, où le système doit répondre à des questions qui se réfèrent à l'information implicite contenue dans la culture du système. Je crois qu'on a utilisé là un métalangage fondé sur le calcul des prédicats du premier ordre - autre exemple d'une convergence entre certaines branches très puissantes des mathématiques et des applications pratiques du genre de celle qu'a décrite Mr. ROGERS.

Mr. G.F. ESTABROOK

Dans notre système, nous ne faisons pas de traitement d'information déductive, mais je suis d'accord avec vous : le calcul des prédicats du premier ordre est un langage très commode pour décrire des critères de localisation en particulier.

M. J. BORDAZ

Les questions que je voudrais poser sont relatives à la capacité et à la flexibilité du système. Un des traits que je trouve intéressant est que vous employez le langage des utilisateurs. Mais puis-je demander combien d'unités d'informations vous pouvez entrer dans le système ? Egalement, quels sont les temps de calcul nécessaires ? Enfin, quelle est la complexité du processus permettant de réviser, effacer ou modifier les traits descriptifs déjà enregistrés ?

Mr. D.J. ROGERS

Il n'y a pas de limites, pratiquement, au nombre de données que l'on peut faire entrer dans le système. La seule limite est celle de la capacité humaine pour décrire celles-ci. Quant à pouvoir réviser, effacer, modifier les données, il n'existe aucun système qui assure lui-même ces modifications ; mais le système TAXIR est capable de vous fournir par exemple des listes de synonymies (pour le morceau de vase "carré", vous pourrez obtenir "rectangulaire", ou bien "combinaison de telle et telle forme" etc..., ou tout autre terme descriptif reconnu comme virtuellement commode pour la recherche. En ce qui concerne le temps nécessaire pour parcourir une question, la reformuler et y répondre, cela dépend évidemment de la complexité de la question. Pour répondre à une question d'une demi-page, par exemple, il faut 1/10 de seconde de temps machine, entre le moment où la question entre en machine et le moment de la réponse. On utilise dans ce cas à la fois des unités centrales et des organes périphériques. Si l'on utilise un écran cathodique pour affecter la réponse, celle-ci est presque instantanée. Nous avons aussi traité des combinaisons de questions (jusqu'à 100 à la fois) ; le temps de réponse à 100 questions est de deux minutes environ.

Mr. R. NEEDHAM

Ma question s'adresse à Mr. ESTABROOK. Vous avez raison de dire qu'il incombe au savant d'utiliser son intuition et de poser des hypothèses. Mais il y a vraiment peu d'hypothèses que le mathématicien soit prêt à prendre en considération et à traiter par ses techniques à lui. Qui plus est, il n'y a dialogue entre le savant et le mathématicien que lorsque les données permettent un

Mr. R. NEEDHAM (suite)

certain jeu, dont vous dites vous-même qu'il est déraisonnable.

Mr. G.F. ESTABROOK

Je ne suis pas d'accord avec votre dernière suggestion, mais seulement avec les deux premiers points. S'il existe peu d'hypothèses que le mathématicien veuille bien reformuler, c'est parce que le dialogue avec le savant n'est pas encore entamé. Historiquement, le développement des mathématiques, au siècle précédent, a été provoqué par les sciences physiques, où les hypothèses sur les données ont une place importante. Nous avons encore peu d'expérience relative aux diverses branches de la mathématique non continue. Il faut dire aussi que le mathématicien comprend moins bien ce qui se passe dans les sciences sociales que le chercheur des sciences sociales ne comprend les mathématiques. Il faudrait que le mathématicien se familiarise davantage avec les données des sciences sociales, par exemple en les manipulant sur une machine, afin de connaître les relations entre l'algorithme et les sciences sociales. De même, le savant doit apprendre à connaître exactement quelles hypothèses mathématiques il accepte, lorsque le mathématicien traite ses données.

M. B. JAULIN

Mr. ESTABROOK, en quoi la mathématique des nombres entre 100 et 1000 est-elle plus adaptée aux sciences sociales que la mathématique des autres nombres?

Mr. G.F. ESTABROOK

Cette analogie avec les nombres m'a semblé commode, mais elle est très grossière. Les mathématiques du continu font un usage, peut-être abusif, des propriétés mathématiques du continu. Ceci permet de transcrire le concept d'évolution, par exemple, d'utiliser des équations différentielles, etc.. Lorsqu'il s'agit de modèles utilisables dans un espace ordinaire à trois dimensions, nous considérons cet espace comme continu, et certains aspects de l'analogie sont commodes pour représenter des objets archéologiques. Mais cela ne veut pas dire qu'on arrive ainsi à bien représenter des intentions archéologiques, ou scientifiques

Mr. G.F. ESTABROOK (suite)

en général. Sans vouloir dire que les mathématiques analytiques ne servent à rien, je suggère que l'on essaie d'utiliser, pour la construction de modèles dans les sciences sociales, certaines branches des mathématiques qui ne s'appuient pas sur l'hypothèse du continu.

Mr. J.D. ROGERS

D'après ma propre expérience de biologiste et de taxonomiste, je dois dire à ceux qui voudraient utiliser l'analyse factorielle, que les relations entre les résultats de l'analyse factorielle et la description originale des données sont si complexes qu'il est difficile à un botaniste, à un archéologue, à un logicien, de comprendre exactement les manipulations qui ont été nécessaires entre ces deux étapes. Et je défie quiconque dans cette salle de retrouver une information initiale que l'on a fait passer d'abord dans une matrice de similarité, ensuite dans une matrice de distances, et que l'on a ensuite traitée par une analyse factorielle.

M. B. JAULIN

Vous confirmez mon propre point de vue. Pour moi, les problèmes de taxonomie sont des problèmes de géométrie. Et la géométrie ne se fait en général pas tellement entre 100 et 1000, mais bien au-delà. Par ailleurs, les objectifs des sciences humaines sont ils toujours en accord avec ceux des mathématiques ? Par exemple, ce ne sont pas en général des problèmes combinatoires qui se posent dans les sciences sociales. Et la statistique dont on a besoin dans celles-ci font appel à des opérations, à une logique différentes de celles qui sont propres à la mathématique des nombres entre 100 et 1000.

Mr. A.E. HERTEIG

Une question sur la capacité du système : vous écrivez que : "Le module BOOK accepte un petit nombre de critères de comparaison (6 à peu près)". A quel produit s'applique cette limite ?

Mr. J.D. ROGERS

Il s'agit des termes d'indexation associés à un livre. Il ne nous a pas paru nécessaire en effet de prévoir un nombre plus élevé.

Mr. G.F. ESTABROOK

Il faut préciser: "Six critères", cela veut dire ici non pas six termes, mais six niveaux hiérarchiques possibles dans l'organisation du matériau présenté dans le livre.

Colloque du C.N.R.S.  
"Calculateurs et Archéologie"  
Avril 1969

Discussion consécutive à la Communication

de M. LERMAN

M. ROGERS

J'aimerais que M. Lerman me donne une explication intuitive de ce qu'il appelle la "Classification naturelle". Je n'ai pas compris également sa notion d'attributs.

M. LERMAN

J'essaie de mesurer par une statistique ce que l'on sous-entend par "notion de Classificabilité". Un ensemble muni d'une distance est d'autant plus classifiable que cette distance est plus ultra-métrique. On exprime cela en terme de préordre. C'est dans ce sens, par exemple, que je dis que vis à vis d'un triplet quelconque  $(x, y, z)$  l'hypothèse d'ultra-métrie est d'autant plus intolérable que la paire médiane et la paire supérieure se trouvent être séparées par un plus grand nombre de paires. Je propose alors un coefficient qui mesure le degré de non classificabilité. L'expérience permettra de l'améliorer ; Ce qui est important c'est la notion de test qui nous assure si l'ensemble est classifiable. Je m'élève ainsi contre une tendance qui consiste à vouloir découvrir une classification alors que toutes les classifications sont équivalentes compte tenu de la représentation imparfaite des données.

M. JAULIN

Est-il possible de définir un test qui permette d'obtenir une hiérarchie de partitions ayant un nombre de niveaux donnés ?

M. LERMAN

On se propose ici de tester non pas l'existence d'une classification mais sa non existence.

M. JAULIN

Peut-on alors tester la non existence d'une hiérarchie à  $p$  niveaux,  $p$  étant une variable ?

M. LERMAN

Lorsqu'on impose le nombre de niveaux, cela revient à imposer le nombre de classes du préordre ultra-métrique ; a priori il n'y a pas de test. Personnellement, je n'en connais pas.

M. DE VIRVILLE

La définition de l'Hypothèse nulle ne me paraît pas évidente, car quand on applique ces méthodes le nombre d'attributs possédés par chacun des objets subit peu de variation.

Je me demande si l'Hypothèse de tirer au hasard dans les parties de  $P(A)$  est vraiment l'hypothèse nulle. Cette hypothèse ne serait-elle pas mieux traduite par le tirage de parties ayant un certain nombre d'éléments fixés à l'avance ? Je me demande s'il y a autant de chances de tirer un objet qui a une seule propriété que de tirer un objet en ayant un certain nombre.

M. LERMAN

Si on fixe le nombre d'attributs par objet on pourrait effectuer le tirage au sort des parties, représentant les objets dans l'hypothèse nulle, dans l'ensemble des parties de cardinal fixé.

M. DE LA VEGA

Votre dernière objection n'est pas valable dans le cas où un objet a une seule propriété. Si on a  $N$  propriétés et si on tire un objet au hasard, la probabilité de tirer un objet qui n'a aucune propriété est  $1/2^N$ , celle de tirer un objet qui a  $K$  propriétés est  $C_N^K / 2^N$ . Cela veut dire que quand on tire au hasard des sous ensembles dans l'ensemble des parties d'un ensemble, on tire des ensembles ayant un cardinal assez grand, voisin de  $N/2$ .

M. REGNIER

L'Hypothèse que tous les ensembles  $X$  sont équiprobables n'est qu'une hypothèse particulière dans une classe plus grande d'hypothèses nulles qui

auraient à priori la même signification, c'est à dire qui rendraient vaine à priori toute tentative de classification. Les hypothèses nulles sont très simples ; Elles consistent en ce que l'ensemble des objets est muni d'une certaine structure qui reste invariante par permutation des objets. Toute tentative de le classer est donc vouée à l'échec.

Un type d'Hypothèse un peu plus général que celui proposé par M. Lerman serait que tous les ensembles X soient définis par une loi de probabilité quelconque, ce qui permettrait d'inclure le nombre d'attributs, fixé à l'avance, portés par l'objet.

M. BORILLO

Précisez la notion de similarité sous-entendue dans ce modèle ?

M. LERMAN

Je me place au niveau où la donnée est un préordre ; la notion de similarité qui est sous-entendue peut être de sources diverses, ce qui importe c'est de construire après tirage de l'échantillon un préordre de la même façon que celui qui avait été construit sur la population.

M. TOMASSONE

C'est une question essentiellement pratique.  
Est-ce une méthode utilisable sur calculateur ?  
Y-a-t-il des algorithmes qui fonctionnent ?  
Quels sont les temps machines ?, ...

M. LERMAN

Non, on est au stade de l'expérience. Néanmoins on peut d'ores et déjà dire qu'il faut une grosse machine.

M. LINGOES

Même si les attributs sont tirés au hasard, il n'empêche qu'il existe certaines relations entre ces attributs et qu'un algorithme de clas-

sification serait capable de les détecter.

M. DE LA VEGA

Cette question est une justification de ce que fait M. Lerman, car cela montre bien que si l'on applique un algorithme à un ensemble non structuré, on n'obtient pas un résultat identique à zéro, mais légèrement positif. Il faut refuser cette classification et un argument pour souscrire à ce point de vue est d'appliquer le test défini par M. Lerman.

M. LERMAN

Le grand problème est de pouvoir caractériser une Hypothèse de non classifiabilité. L'Hypothèse nulle peut évidemment être reprise. Je voulais simplement évoquer un problème majeur qui consiste à vouloir classifier de force alors que les données ne le permettent pas toujours.

M. LINGOES

Y-a-t-il d'autres statistiques pour traiter ce problème ?

M. LERMAN

Le choix de cette statistique sous la forme d'une moyenne est intéressant car on peut utiliser dans le cadre de l'Hypothèse nulle le théorème central limite. Nous étudions néanmoins la possibilité de créer d'autres statistiques.

M. GARDIN

Il est temps de se demander ce que sont les propriétés et ce que sont les classifications naturelles.

M. MOBERG

On parle beaucoup de classification et d'ordre ; mais la notion de non classifiabilité ou de désordre est tout aussi importante pour l'archéologie. La non classifiabilité nous signale qu'il faut retourner aux

matériaux pour définir de nouveaux attributs et cela peut nous apporter une nouvelle connaissance. Un outil mathématique comme celui que vous avez décrit est très important pour localiser le désordre et nous mène ainsi à chercher de nouveaux chemins pour accroître nos connaissances.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Colloque International  
sur

**l'emploi des calculateurs en archéologie :  
problèmes sémiologiques et mathématiques**

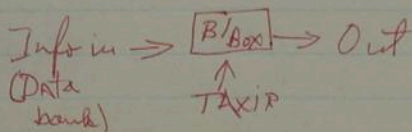
MARSEILLE

7-12 Avril 1969

The paper you have generally supports my talk, but I will not follow its order just a reminder of what I have said.

(8)

# 1. What I talk about is an info retrieval system



## 2. An intuitive explanation -

TAXIR resembles an iceberg - exposed part very small, submerged beneath are some very rich trivial programming, and some nice mathematical concepts.

Programming actually <sup>all</sup> in FORTRAN,

~~Program is TAXIR~~

Math. ~~processor~~ <sup>processor</sup> guarantees efficiency storage and retrieval.

## 3. User-oriented system -

This means the following.

a. Natural language of the user (with some restrictions)

b. ~~User and his data are not separated by~~  
required to precode any of his information, nor to use any artificial language (Fortran, Cobol, Algol, etc).

responses to questions given in natural language.

c. No a priori dictionary or thesaurus required.

## 4. Basis for beginning the development of the system is that <sup>Biological</sup> taxonomy itself an IR system + working in taxonomy gives some ideas helpful for use

1. Biological specimens usually stored in some orderly fashion - some system of placing by name <sup>117</sup> <sup>122</sup> <sup>populace</sup>

4. 2. Biologists describe their organisms, basing their descriptions on a kind of level classification system -  
 i.e. habit of plant: (this equivalent to a character)  
 tree }  
 shrub } these equivalent to a  
 herb } character state (or attribute)  
 color of flower  
 red  
 blue  
 yellow  
 also, usually on geography  
 Country,  
 Province or state, precise locality,  
 other information about the plant  
 etc.

5. What implications do these give for development of a retrieval system -

(1)  $\text{No 1st implication} \Rightarrow$  the museum acts as 2 things  
 1. a storage place  
 2. a filing system

One finds then that 2 operations are implied  
 1. A passive one - storage  
 2. An active one - accession to the store -  
 We separate these 2 operations in the computer

(2)  $\text{No 2nd Implication} \sim$   
 Information, as given by character, and character states  
 Character = some basis for description of objects in

5 (2) Character state = the condition of a single object, on the basis of two character -

illustration for an archeologist interested in retrieval of ~~his~~ info. on his (and others) collection of potsherds -

A potsherd <sup>may</sup> can be described as follows

1. Physical substance (parts) - several different states
2. Probable type of container  
Vessel, lamp, cooking pot, etc.
3. Level at which found
4. Geography of site
5. etc.,

for as many descriptors as are meaningful

5. (3) ~~3<sup>rd</sup>~~ 3<sup>rd</sup> Implication: an information retrieval system has several ~~parts~~ needed parts.

1. A part where the information is put in, and the information checked for accuracy  
this, in TAXIR is done by
  - a. Define item statement (covering of the objects + their descriptions)
  - b. A ~~set~~ program instructions which aids in checking of the accuracy = DATA VET.
2. A set of programs to find the ~~answers~~ answers to a question = ACCESSIONER
3. A set of programs to print ~~a~~ a multiple-indexed list of all the objects described in a data bank - BOOK

How user proceeds.

1. Decides what is desired as a data bank
2. Describes his objects with any, and all, descriptive statements he cares to make.  
Order of description is arbitrary, but once chosen, must remain the same for all objects put in.
3. With DATA VET, checks input for accuracy.
4. Decides whether he wants to use either, or both, BOOK module and ACCESSOR module.
5. To answer queries (questions generally of 2 forms) uses ACCESS.

types of questions:

- 1 - a list of some precisely defined subset of his objects -

ex: list objects with ~~country of origin Peru~~, type of container, cooking pot, and level at which found, and ~~in~~ country of collection Peru,

- 2 - complex of about

Boolean combinations AND, OR, NOT.

(This gives 2 powerful outputs potentials)

- 1 - An informal classification
- 2 - Identification of an unknown.



2A/68/1499

République Française • Ministère de l'Éducation Nationale  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

15, Quai Anatole France, Paris 7<sup>e</sup> - Tél sol 93-39

BUREAU 2A

Relations Extérieures  
et Information

ML/YB

N<sup>o</sup> 3148

PARIS, le 10 SEPT. 1968

LE DIRECTEUR SCIENTIFIQUE

à

Monsieur D.J. ROGERS  
Taximetrics Laboratory  
Department of Biology  
University of Colorado

BOULDER (Colorado)

- U.S.A. -

Mon cher Collègue,

Le Centre National de la Recherche Scientifique organise, chaque année, quelques colloques internationaux réunissant, sur invitation, un nombre restreint de scientifiques français et étrangers.

M. J.C. GARDIN, Directeur du Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie du C.N.R.S., vous a déjà entretenu de celui qu'il prépare sur "L'EMPLOI DES CALCULATEURS EN ARCHEOLOGIE" et qui aura lieu à Marseille du 7 au 12 avril 1969.

J'ai l'honneur de vous inviter officiellement à participer à cette réunion et je serais heureux s'il vous était possible d'y présenter un exposé.

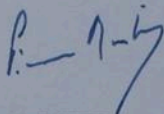
L'ensemble des textes des communications sera reproduit et adressé aux participants afin de leur permettre d'en prendre connaissance avant le colloque : pour que ce travail puisse être effectué en temps utile, je vous serais obligé de faire parvenir au plus tôt, et en tous cas avant le 15 octobre prochain, le texte de votre exposé (limité en principe à 16 pages dactylographiées, double interligne, accompagné d'un bref résumé) à M. GARDIN, Directeur du Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie, 31 Chemin Joseph Aiguier - 13 MARSEILLE 9<sup>ème</sup>.

Le C.N.R.S. assurera le paiement de vos frais de voyage et mettra à votre disposition, pour une durée maximum de 8 jours, une allocation journalière de 80 F qui vous sera versée à votre arrivée à Marseille par le trésorier du colloque.

.../...

A cet effet, je vous serais reconnaissant de bien vouloir renvoyer dès que possible au Bureau 2A - Service des Colloques les deux exemplaires de la feuille de renseignements ci-jointe.

Veillez agréer, mon cher Collègue, l'expression de mes sentiments très distingués.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'P. Monbeig' with a stylized flourish at the end.

P. MONBEIG

P.J. : 2

Centre National de la Recherche Scientifique  
CENTRE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE POUR L'ARCHEOLOGIE

31, Chemin Joseph Aiguier

13 - MARSEILLE 9<sup>e</sup>

Tél. : Marseille (91) 76.12.20

Cable address : CADAR Marseille

Marseille, July 31, 1968

Dr. D.J. ROGERS  
Taximetrics Laboratory  
Department of Biology  
University of Colorado

BOULDER  
U.S.A

*Dear Dr. Rogers,*

In a letter dated 28.2.1968, you kindly accepted to take part in the International Symposium which the Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.) has been planning on "The Use of Computers in Archaeology : Semiological and Mathematical Problems", to be held in Marseille, April 7-12, 1969, and which I have been asked to organize. I am glad to inform you that the necessary funds have just been granted, and that you will consequently receive in the coming weeks an official invitation from the Director of C.N.R.S.

As time is relatively short, I take the liberty to anticipate that invitation, to remind you that we should like to receive by October 15, 1968 the text of your communication : "Theoretical and practical considerations on data structuring for a computerized, information retrieval system".

In order to facilitate the task of all participants, as well as ours, it is recommended that papers should be relatively short - no longer than ca. 4000 words - and accompanied by an author abstract of about 15-20 lines. Those documents will be translated if necessary in either of the two languages adopted for the Symposium (french and english), and reproduced by C.N.R.S. for distribution to participants before the Symposium.

The list of participants is about to be closed (see attached document). However, we are now collecting names of archaeologists who might be interested by the subject-matter of the Symposium, and whom it would be desirable to invite as auditors. Any suggestion from you in this sense would be welcome.

Thanking you in advance for your cooperation,

*With best regards,*

*J. Gardin*  
J.C. Gardin

CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE  
POUR L'ARCHÉOLOGIE

31, Chemin Joseph-Aiguier  
13 - MARSEILLE 9<sup>e</sup>  
Tél. : Marseille (91) 76.12-20

Marseilles, August 1st, 1968

International Symposium on  
The Use of Computers in Archaeology,  
Semiological and Mathematical Problems  
(April 7 - 12, 1969)

Dr. David J. ROGERS  
Taximetrics Laboratory  
Department of Biology  
University of Colorado

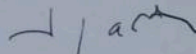
BOULDER - U.S.A.

Dear Dr. Rogers,

In addition to the enclosed letter, I want to give you a firmer answer concerning Mr. ESTABROOK's possible contribution to our Symposium (ref. your letter of February 28 and my reply of March 14, 1968). As I feared, we have not received enough funds to provide for more than 5 or 6 journeys from the U.S.A. (and Canada), so that I cannot offer more than one trip from Boulder to Marseilles. I have therefore put down your name on the list of persons to whom a formal invitation should be extended - which implies financial support, as indicated in my letter of February 12, 1968 - leaving Mr ESTABROOK out of the picture. However, I should very much like him to attend the meeting as well, with or without a paper; if you feel that is easier for you than it is for <sup>him</sup> ~~me~~ to obtain funds from U.S. sources, we should naturally be quite willing to substitute his name to yours, at least on the list of participants which I have to submit to C.N.R.S. at this stage. Then, later, we can have both names recorded, forgetting about administrative constraints.

Looking forward to hear from you on this matter,

Sincerely yours,

  
J.C. Gardin

cc Dr. Estabrook

MAR 18 1968

CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE  
POUR L'ARCHÉOLOGIE

31, Chemin Joseph-Aiguier  
13 - MARSEILLE 9<sup>e</sup>  
Tél. : Marseille (91) 76-12-20

Marseilles, March 14, 1968

Dr. David J. ROGERS  
Taximetrics Laboratory  
Department of Biology  
Armory 101A  
University of Colorado  
BOULDER, Colorado 80302  
U.S.A.

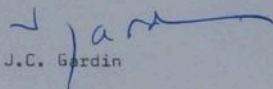
Dear Dr. Rogers,

I am pleased that you have accepted the principle of a participation to the international symposium which we are planning in April 1969, subject to approval by the Centre National de la Recherche Scientifique, and I thank you for your suggested contribution.

Your recommendation concerning Dr. Estabrook is welcome ; only, I cannot say yet whether we shall have enough funds to support both journeys, and it might be wise for you to think about alternative financial means, in case we can only offer one trip from Boulder, Colorado.

Looking forward to further communications with you on those matters,

Sincerely yours,

  
J.C. Gardin

LISTE DES AUDITEURS

--:--:--:--:--:--:--:--:--:--

- M. P.E. ARIAS                    Direttore dell'Istituto di Archeologia, Università degli Studi di Pisa, Via del Collegio Ricci, 10 PISA (Italie)
- Mme C. BAUDRY                    Inventaire Général des Monuments et Richesses Artistiques de la France, 8, rue de Montpensier - 75 - PARIS 1<sup>er</sup> (France)
- Mme H. ÇAMBEL                    Faculté des Lettres, Istanbul, section de Préhistoire, Birinci- cad. 212/2 ARNAVUTKOY-ISTANBUL (Turquie)
- M. J. CHRISTOPHE                12, rue de Guyenne - Maurepas - 78 - TRAPPES (France)
- M. J.M. CRUXENT                Département d'Anthropologie, Institut Venezolano de Investigaciones Cientificas, Apartado 1827, CARACAS (Venezuela)
- M. M. De BOUARD                Professeur à la Faculté des Lettres, Université de Caen, 14 - CAEN (France)
- M. J.P. DEMOULE                Etudiant (Archéologie Orientale), 11, rue Valadon, 75 - PARIS 7<sup>er</sup> (France)
- M. EGLOFF                        Professeur de Préhistoire, Université de Neuchâtel, 33, rue du Cheminot 1400 YVERDON (Suisse)
- M. G.F. ESTABROOK                Taximetrics Laboratory, Department of Biology, University of Colorado, BOULDER, Colorado 80302 (U.S.A.)
- Melle A. FRÀ                      Via Bronzino, 8, MILANO 20133 (Italie)
- Mme V. GERZ Von BUREN            Equipe de Recherche sur l'Humanisme français des XIV<sup>es</sup> & XV<sup>es</sup> siècles, 9, rue Boussingault - 75 - PARIS 13<sup>er</sup> (France)

- M. V. GIANCOTTI-TASSONE Etudiant (Préhistoire), 5, Avenue Stephen Pichon  
75 - PARIS 13<sup>e</sup> (France)
- M. A.E. HERTEIG *Send Users manual and other  
reprints*  
Universitet i Bergen, Historisk Museum, Joachim Frieles  
Gate 3, BERGEN (Norvège)
- M. A. HEYLER Institut d'Égyptologie, Faculté des Lettres, Strasbourg,  
18, rue de Monswiller - 67 - STRASBOURG 3 (France)
- M. F.R. HODSON Institute of Archaeology, 31-34 Gordon Square  
LONDRES W.C.1 (Angleterre)
- M. J.C. LERMAN Centre de Calcul, Maison des Sciences de l'Homme,  
13, Cité de Pusy - 75 - PARIS 17<sup>e</sup> (France)
- M. J. LESAGE Chercheur (Préhistoire), 138, Avenue des Minimes,  
31 - TOULOUSE 02 (France)
- M. R.E. LININGTON Fondazione Lerici - Politecnico di Milano, Via Veneto, 108  
ROMA (Italie)
- M. E. MARETTI Università degli Studi di Milano, Centro di Cibernetica  
et di Attività Linguistiche del Consiglio Nazionale  
delle Ricerche, Via Festa del Perdono, 3, MILANO (Italie)
- M. F. MARTEL Etudiant (Linguistique et Civilisation chinoise)  
119, rue Manin - 75 - PARIS 19<sup>e</sup> (France)
- M. V. De OLIVEIRA JORGE Archéologue, Av. Rio de Janeiro 22 2<sup>e</sup> E LISBOA 5  
(Portugal)
- M. S. REGNIER Centre de Calcul, Maison des Sciences de l'Homme,  
13, cité de Pusy - 75 - PARIS 17<sup>e</sup> (France)
- M. J.J. REICH Institute for Computer Studies, The University of  
Manitoba WINNIPEG (Canada)

- M. G. ROUGEMONT      Attaché de recherches au Centre National de la Recherche Scientifique, 36, rue Bédarides, - 13 - AIX-EN-PROVENCE (France)
- M. R.M. ROWLETT      Department of Anthropology, Museum of Art and Archaeology, University of Missouri COLUMBIA (Missouri) U.S.A.
- M. A. SCHNAPP      Assistant à l'Institut d'Art et d'Archéologie, Paris 87, rue Lomercier - 75 - PARIS 17<sup>e</sup> (France)
- M. R. TOMASSONE      Station de Biométrie, Arboretum d'Amance 54 - CHAMPENOUX
- M. R. TREUIL      Ecole française d'Athènes, B.P. 208 ATHENES (Grèce)
- M. P. TSCHOHL      Rentzelstrasse 12      2 HAMBURG 13 (A.F.)
- M. de VIRVILLE      **USER'S MANUAL**  
Musée des Arts et Traditions Populaires,  
~~135, rue de la Reine, 92 - BOULOGNE (France)~~  
Route de La Porte Maillot à La Porte de Madrid  
Paris (16<sup>e</sup>) France
- M. O. VOSS      Institut for forhistorisk arkæologi og etnografi MOESGÅRD Højberg (Danemark)
- M. G.P. ZARRI      Via dei Pellegrini 3      MILANO 20122 (Italie)



- M. D.J. ROGERS Taximetrics Laboratory, Department of Biology,  
University of Colorado BOULDER (Colorado) U.S.A.
- M. M. SCHUTZENBERGER Professeur de Mathématiques à la Faculté des Sciences  
de Paris, 9, Villa Poirier - 75 - PARIS 15<sup>e</sup> (France)
- M. B. SOUDSKY Directeur des Fouilles de Bylany, Institut für Vor-und  
Frühgeschichte, Universität des Saarlandes  
66 SAARBRUCKEN 15 (A.F.)
- M. K. SPARCK-JONES The University Mathematical Laboratory, Corn Exchange St.,  
CAMBRIDGE (Angleterre)

ARIAS	Hôtel BEAUVAU - 4, rue Beauveu	Tél : 33.62.00
BORDAZ	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
ÇAMDEL	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
CHRISTOPHE	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
COWGILL	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
DEMOULE	Hôtel LE RICHELIEU - 52, Corniche Kennedy	Tél : 33.95.57
DESHAYES	Hôtel PERON - 119, Promenade de la Corniche	Tél : 33.99.58
DORAN	Résidence du Vieux Port - 24, Quai du Port	Tél : 20.02.90
EGLOFF	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
ELISSEEFF	Hôtel ROYAL St GEORGES - 10, rue Cap. Desmond	Tél : 33.56.92
ESTADROOK	Hôtel LE RICHELIEU	Tél : 33.95.57
FRÅ	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
GERZ Von BÜREN	Hôtel LE RICHELIEU	Tél : 33.95.57
HERTEIG	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
HODSON	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
HYMES	Résidence du Vieux-Port	Tél : 20.02.90
IHM	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
JAULIN	Hôtel PERON	Tél : 33.99.58
LINGOES	Résidence du Vieux-Port	Tél : 20.02.90
LININGTON	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
MARETTI	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
MOBERG	Résidence du Vieux-Port	Tél : 20.02.90
NEEDHAM	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
OLIVEIRA JORGE (de)	Hôtel du PETIT-LOUVRE - 19, La Canobière	Tél : 20.16.27
ROGERS	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
SOUDSKY	Résidence du Vieux-Port	Tél : 20.02.90
VOSS	Hôtel BEAUVAU	Tél : 33.62.00
DESSMERTNY	Hôtel de NDAILLES - 64, La Canobière	Tél : 20.98.50
GOULD	Hôtel de NDAILLES	Tél : 20.98.50
CRUXENT	Résidence du Vieux-Port	Tél : 20.02.90
GARDIN	1, Avenue de Monaco	
BORILLO	24, rue Arnaud	



April 7, 1969

MODIFICATIONS IN THE PROGRAM

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-

A number of changes have been imposed in the program, **mainly** due to the absence of Soviet participants, which has only just been confirmed.

1. Monday, April 7, p.m. - The paper by S. CHOUCOURINE is replaced by :

C. MILLIER et R.E. TOMASSONE, "Méthodes d'ordination et de classification : leur efficacité et leurs limites"

2. Tuesday, April 8. - It is proposed to postpone the papers by G. COWGILL and D. ROGERS to Friday, 11, and Wednesday, 9, respectively, in order to make room for a discussion of D. HYMES' contribution on "Linguistic Models in archaeology": D. HYMES will only be present on Monday and Tuesday, April 7-8.

3. Wednesday, April 9, a.m. - (a) The paper by V. KOVALEVSKAJA will be presented in a condensed version by a member of the Symposium. (b) The paper by A. Mc PHERRON is cancelled, and replaced by D. ROGERS's paper, initially scheduled on Tuesday, April 8.

4. Wednesday, April 9, p.m. - The paper by V. USPENSKIJ is replaced by :

S. REGNIER, "Non-fécondité du modèle statistique général de la classification automatique"

5. Thursday, April 10, a.m. . - The paper by B. MARSHAK is cancelled.

6. Friday, April 11, a.m. . - (a) The paper by Ja. SHER is cancelled,  
and replaced by :

A. HEYLER, J. LECLANT, E. MARETTI, G.P. ZARRI, "Problèmes inhérents  
à l'enregistrement et à l'analyse de documents épigraphiques rédigés  
dans une langue non déchiffrée"

(b) The paper by D. HYMES (now to be discussed on Tuesday, April 8)  
is replaced by G. COWGILL's paper, initially scheduled on April 8.

Colloque International du Centre National de la Recherche Scientifique  
sur

"L'Emploi des calculateurs en archéologie, problèmes sémiologiques et mathématiques"

Marseille, 7-12 Avril 1969

Some Sampling and Reliability Problems in Archaeology

George L. COWGILL

Brandeis University

Some Sampling and Reliability Problems in Archaeology

George L. Cowgill

Brandeis University

Abstract

Contrasts are sketched between the kinds of populations archaeologists would like to sample, and the kinds we actually have to work with. Some problems which have often been overlooked in correlation studies are explained and illustrated. We must always worry about the precision of sample correlations as estimators of population correlations. If the correlations are based on unreliable measurements, as is bound to be true if the measurements are counts of specimens, there is also an attenuation effect, which makes sample correlations biased as well as imprecise. It is suggested that probably we have to worry about this bias whenever average counts are below about 10. Retreat to simple presence-absence scoring does not avoid this problem.

Some Sampling and Reliability Problems in Archaeology

George L. Cowgill

Brandeis University

A basic concept in statistics is the "population" or "universe," which is a more or less large or infinite set of conceivable observations. If we actually make all the observations, we can describe the population exactly. But often it is not practical or not possible to make all the observations, and much thought has been given to ways of getting a sample of observations and using these to make inferences about the whole population. Two approaches are standard and complement one another. The sample data may be used to estimate the value of some quantity which could be determined exactly if we could observe the entire population, or we can test a hypothesis about what would be observed in the entire population, which is done by assuming the truth or falsity of the hypothesis and considering relative probabilities of different possible sets of sample observations. To say a finding is "statistically significant" means that the probability is quite low that we could have gotten the kind of sample we did get, unless the finding is in fact true of the population. To compute this probability, we have to make definite assumptions about how elements of the population were selected for the sample. The computed probability is only

meaningful to the extent that actual methods for obtaining the sample approximate the assumed methods.

Too often archaeologists have ignored sampling problems or have not looked very hard at the discrepancies between the populations we are able to sample and the populations we would like to sample. This may encourage the delusion that by carefully following an explicit sampling scheme one is guaranteed results that are valid and relevant, especially if these results are bolstered by computed confidence limits or significance levels. We are far better off, of course, than when we do not really know where we stand with regard to tests of hypotheses or estimates concerning any population at all; but we have to recognize that many more or less precarious steps may still separate us from inferences about populations really relevant to the problems that interest us.

I take it that archaeologists, of whatever school, who can seriously claim to be more than relic-hunters are ultimately concerned with populations whose elements are events involving human behavior. Usually the population would be restricted to the events involving behavior of members of a specific community or society, bearers of a specific culture, or some specific set of societies or cultures. It can often be limited to some more or less broad category of events, depending on one's interests and theoretical views. Also, there is a distinction, which will remain important throughout this paper, between a historical-descriptive interest in the finite population consisting of only those events which

actually happen (so that sometimes it is feasible to observe all elements of the population); and an interest in generalizations which implies an infinite population. Without entangling myself too deeply in the philosophy of science, I believe that generalizations can hardly be useful unless we can derive from them notions about the probabilities of various categories of events, or various combinations of categories, under specified circumstances, and then ask whether our finite number of observations could reasonably be a sample of the unlimited number of events that could conceivably occur in accordance with these probabilities. This is certainly true if our generalizations are supposed to be part of a body of scientific theory about the behavior of human individuals or human societies, and it is true at least to a large extent of generalizations which are claimed to be cultural rules, norms, prescriptions, preferences, models, etc., which predict or (in some sense) explain behavior of participants in a given culture.

Whether this kind of population is seen as finite or infinite, an essential point is that its elements are the raw material of ethnographic observation, if the culture or society is still functioning. But in all studies of prehistoric peoples we cannot hope to observe even a single element of this kind of population, and we can do so for other non-living groups only to the extent that written sources are adequate.

Usually, the most relevant population which we can even approach properly sampling is what I call a physical consequences population. The elements of any such population would be the physical consequences of the events constituting elements of the first kind of population. These include objects and physical structures produced or acquired; wear, damage, and alteration of these objects and structures due to use; effects on plants, animals, natural features, and climate as a result of human activity; and the spatial and contextual relationships between all these manifestations. In cases where preservation is exceptional, we can come close to properly sampling a physical consequences population, especially with respect to some specific event such as a burial or a conflagration, or with respect to a specific category, such as the layout of buildings in a settlement. One reason new scientific instruments and techniques of detection and analysis are so important is that they enable us to come closer to sampling physical consequences populations. But even when we can get such a sample, we have to interpret it in the light of ethnographic data on physical consequences of observed behavior, and we suffer from the relative neglect of this problem by ethnographers. Clearly more ethnographic attention to this matter would be very helpful, but I am sure that frustrating ambiguities in the behavioral implications of our samples will be inescapable. I should especially emphasize my disagreement with Lewis Binford on this point, whose

argument seems to be that because behavior has physical consequences, we can adequately reconstruct at least the systematic and culturally-determined aspects of prehistoric behavior from proper study of archaeological data (Binford 1964:425). I agree that this is what we want to do, but we must always be realistic about how far we are from this goal.

A third kind of population I call a physical finds population. This is the population of all those physical consequences of human behavior which are still present and detectable (by means at our disposal) in a site or in some distinct contextual unit or set of units within a site, such as a stratigraphic layer, a structure, room, hearth, burial, or other "feature." This is the only kind of population which we are ordinarily really able to sample. When our interest focusses on inferring the behavior which actually occurred in the site in historical-descriptive terms, then the physical finds populations can be thought of as all that would be found if excavators had time or money to dig everything. This is often feasible for a small site or a specific context such as a tomb or a single structure, and within these narrow limits we can observe, rather than infer, all the properties of a physical finds population, although this still leaves us a long way from our real objectives. But more often we only excavate a part of the site or context and get a physical finds sample, so that all statements about the physical finds population rest on statistical inference from this sample.

Moreover, if we are trying to use our data to test scientific assertions, then sets of physical finds, however many elements they include, have to be thought of as samples from infinite populations.

It is worth spelling out reasons why physical finds populations are different from physical consequences populations. First, there is deterioration and destruction of materials, so that many objects perish utterly, and much physical evidence of activity is completely destroyed with the passage of time. Second, some physical traces of an activity may survive but be undetectable with the methods and instruments available. Third, some objects can be removed from the site by later human or natural agencies, especially erosion. Fourth, these same agencies may introduce extraneous objects from other sites or from other contexts of the same site. Fifth, the physical remains of activities not carried out in or very near a settlement or other focus of concentrated activity are apt to be so dispersed that they are essentially invisible archaeologically. Finally, there are some cases where the very definition of a site or contextual unit is obscure; where it is hard to say what a "total" excavation would be.

An important distinction is that a physical consequences population is completely determined by the activities of some ancient people. Physical finds populations depend on ancient human activities, but also on subsequent events, human and

non-human, and on the techniques, concepts, and equipment of investigators.

I have taken some time to sketch and distinguish these different kinds of populations partly in order to give full force to my suggestion that when archaeologists have used formal statistics at all, they have tended either to ignore problems of sample adequacy; or else to discuss sampling schemes, confidence limits for estimates, or hypothesis tests in terms which never really go beyond the problems of making inferences about physical finds populations. Perhaps because the mathematical apparatus involved in getting just this far may be awe-inspiring, it is too easy to convey the impression that the remaining steps to interpretation in behavioral terms do not need much examination. There may almost be an inverse relationship between elaboration of the formal statistical machinery and sophistication about behavioral interpretation. What is absolutely required for good research is meticulous and problem-oriented excavation and analysis of materials. Given this much, a great deal can be demonstrated with no more formal statistics than tabulations of counts and percentages, although studies that do NOT go beyond this must often miss much of the potential of their data. At the other extreme, factor analysis studies have seemed to me particularly shallow in their treatment of the behavioral implications of their formal results, perhaps more because the mathematics was overwhelming than because the authors were any less intelligent. Also, factor analysis makes it particularly easy

for the unwary worker to avoid examining even whether his physical finds samples are reliable bases for inferences about physical finds populations, let alone anything else.

I hope that my picture of different kinds of populations is also a small contribution toward clearer thinking about the intervening stages between statistical results and behavioral implications, but this topic cannot be pursued any further here in its general terms. Instead, I will narrow my focus immensely, to consider certain specific problems in using physical finds samples to make inferences about physical finds populations.

A very popular statistic, important in its own right and also the raw material for standard factor analysis, is the coefficient of linear correlation,  $r$ , which is intended to indicate how much, for a given set of observations, we can improve prediction of one variable if we use information about the value of another variable. A correlation of 1 indicates perfect direct relationship, -1 indicates perfect inverse relationship, and zero indicates no relationship, no predictive power of either variable for the other. The most straightforward "cookbook" approach uses formulas which tacitly assume that both variables are measured with perfect reliability. This is often for all practical purposes true. Careful workers with adequate instruments should get virtually identical values if they independently measure lengths and weights of the same flint blades. This means that if, for

example, we pick a random sample of 16 blades (from some much larger population) and find a correlation of .50 between length and weight, then anyone else measuring lengths and weights of the same 16 blades should also find a correlation of .50. We still have to ask how good an estimate this gives us of the correlation in the whole population of flint blades. If we can assume that both lengths and weights in the population have frequency distributions which fairly well approximate "normal" distributions, then the best estimate for the population correlation would also be .50, and methods described in many elementary statistics texts could be used to estimate confidence limits. For example Hoel (1966:200-204) suggests transforming to a new variable,  $w$ , defined by (1)  $w = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right)$  where  $\ln$  stands for the natural logarithm of the quantity in parentheses. The distribution of  $w$  is nearly normal, with standard deviation of  $1/\sqrt{n-3}$ , where  $n$  is the number of items. In our example,  $n$  is 16,  $r$  is .50,  $w$  is .55, and the standard deviation of  $w$  is .28. Since  $w$  is approximately normal, the 95% confidence limits are given by 1.96 times the standard deviation, or .54. This is a range of .01 to 1.09 for  $w$ , and, using a convenient table provided by Hoel to convert values of  $w$  to corresponding values of  $r$ , we find that the 95% confidence range for  $r$  is from .01 to .80. Roughly, this means that if our assumptions that our sample is random and that lengths and weights have roughly normal distributions in the population is correct, then either the true correlation between length and weight in the population is between .01 and .80, or

else we have chosen a set of 16 specimens which happens to show a correlation which differs more from the population correlation than would be expected for 95% of the random samples of size 16 that one might draw. Another inference we can derive is that if the correlation between length and weight were really zero in the population, then the odds are about one in 20 of selecting a random sample of 16 specimens which shows a correlation of less than  $-.50$  or greater than  $.50$ .

It is worth noting that, as the absolute value of  $r$  increases, the confidence interval becomes narrower. If the same 16 flint blades show a correlation of  $.80$  between length and maximum breadth, the 95% confidence interval for this correlation is from  $.50$  to  $.93$ . Although length shows much higher correlation with width than with weight in the sample, the differences between the population correlations could be greater or less, and we cannot even say that the sample results would be more than moderately improbable if length were slightly more highly correlated with weight than with width in the population. If we have only 16 scores for each variable, then only fairly large differences between correlations provide good evidence for differences in "true" population correlations, while smaller differences may well be due to sampling error. In particular, factor analysis of a set of such correlation coefficients is apt to be seriously distorted by these sampling errors. Ordinary

methods of factor analysis take correlations at face value, whether they are based on 16 items or on 16,000. I believe that "in the long run" random errors in the correlation coefficients should themselves be uncorrelated and should average out to zero, but factor analysis uses a "short run"; the distinctly limited set of correlations between each different pair of the limited set of variables being studied. Within this set apparently systematic relationships can appear which originate partly or entirely from random effects rather than from relationships in the population. Several archaeologists have published factor analyses based on only about 16 scores for each variable. One is certainly entitled to interpret the results as somehow relevant for the 16 entities from which the scores were derived (archaeological assemblages, in these cases). But the source of error I have just illustrated is, by itself, enough to make us doubt whether such results can be trusted to tell us very much about any larger populations which the 16 entities may represent.

But, be it remembered, these are troubles that we have even if our variables can be measured with perfect reliability. A variable is measured reliably to the extent that repeated efforts to measure its value for each of the same set of entities will repeatedly give similar scores. Sixty-five years ago Spearman (1904) discussed this problem, with regard to psychological tests, and suggested that the average correlation among a set of tests that supposedly measure the same

thing should be used to measure the reliability of the set of tests. Suppose we measure a variable p with reliability  $r_{pp}$ , and another variable q with reliability  $r_{qq}$ . If the observed correlation between p and q is  $r_{pq}$ , then the "true" correlation,  $r_{pq}$ , can be estimated by

$$(2) \quad r_{pq} = \frac{r_{pq}}{\sqrt{r_{pp} r_{qq}}}$$

Since  $r_{pp}$  and  $r_{qq}$  can each be at most unity (when reliability is perfect) and could not very well be less than zero, equation (2) implies that unreliability will not change the sign of the correlation, but will lower its absolute value. This effect was called attenuation by Spearman. It is very different from the problem of confidence limits for an observed correlation that I discussed above, and it is not helped by increasing the number of items. Measuring p and q for 1600 items instead of 16 would merely mean that  $r_{pq}$ , as computed from equation (2), would be a much more precise estimate of the true correlation in the population. If we are studying a set of variables, some of which are measured much more reliably than others, the attenuation effect can change the whole pattern of relatively low and relatively high correlations in the matrix of correlation coefficients, and thus affect the results of factor analysis, cluster analysis, proximity analysis, seriation, or any other matrix-ordering technique.

It is absolutely imperative that we take account of

attenuation in our correlation studies. Yet, so far as I know, the only instance where an archaeologist has even suggested this is in a recent paper of mine (Cowgill 1968a:373), where in effect I went part of the way toward rediscovering results which had already been known for about 3 generations. Certainly there are several more or less pretentious multivariate analyses where the attenuation problem has not been discussed, and where there is strong suspicion or clear evidence that attenuation must be large enough to affect results. The cultural lag is, and should be, an embarrassment.

The kind of studies I have in mind involve counting specimens in samples, and using these counts as the variables to be correlated. We might, for example, have samples from each of 16 Aurignacian assemblages, count the number of keeled scrapers and the number of bone points in each of the 16 samples, and find the correlation between these counts. If the correlation turned out to be .50, it would look as if this did not differ in any essential way from the earlier example of correlating length and weight measurements for 16 items. Actually, this is so only if the counts are sufficiently reliable so that attenuation of the observed correlation is not serious. One point which should be made absolutely clear is that the problem here has nothing to do with the question of whether correlations of this kind ought to be based on raw counts or on proportions; a controversy which I and others have discussed elsewhere (Cowgill 1968a, 1968b; Freeman, Brown, and Thomas 1968). The proportions are

ratios derived from counts, and it is the actual counts which are important in assessing reliability of the ratios, so much the same problem exists for either counts or proportions.

For an overall assessment of sample reliability it would be well to take two or more samples from each assemblage, preferably by different workers, and test these samples for similarity. This is too large a subject to discuss in what remains of this paper. Guilford (1956:chapter 17) is a useful text on this topic (recommended to me by Dr. Kenneth Jones of Brandeis University). I will limit myself to one source of unreliability that is absolutely unavoidable when the "measurements" of the variables are counts of things, namely, random errors. The reasons for concentrating on this one source of unreliability are that its magnitude can be calculated, at least roughly, on purely theoretical grounds, and that the total expected attenuation cannot be smaller than it would be if this were the only source.

In my last example, the 16 Aurignacian assemblages are a sample of all the Aurignacian assemblages that might be observed. But the actual finite set of items studied from each single assemblage is also a sample. That is, for each assemblage there is a sample corresponding to a physical finds population, and the set of assemblages is a sample of a population of physical finds populations.

Suppose that in one sample, of 100 Aurignacian artifacts, there are 10 keeled scrapers. Our best estimate about the population, then, is that 10% of all artifacts in it are

keeled scrapers. However, we know that if the true population proportion is indeed  $1/10$ , other samples of size 100 could well have substantially higher or lower counts of keeled scrapers. Mosimann (1965) gives an extremely useful discussion of such situations. From, for example, Table 1.1 in Snedecor (1946:4), we find that we could expect about 95% of such samples, from a population with  $1/10$  keeled scrapers, to have between 5 and 18 keeled scrapers. Although the distribution is not exactly normal, we can get a rough idea of the standard deviation involved by assuming that this range, 14, spans from about two standard deviations below the mean to about 2 above, and get 3.5 as a good rough estimate of the standard deviation, or about 12 or 13 for the variance, which is the square of the standard deviation. This gives us a lower limit for the smallest amount of the total variance which could be due to random error.

Now, when we consider other samples, which may have keeled scraper counts of none, 1, 15, 22, or whatever, the distribution of keeled scraper counts over all the samples will have some variance which can be readily computed. If all the error variance is due to random errors, uncorrelated with one another or with observed counts, we can think of the observed variance as the sum of "true" variance plus the error variance (Guilford 1956:436-439). I am aware that in the situation I am describing the error variance would actually be somewhat dependent both on observed counts of keeled scrapers in different samples and on sample sizes. However, within the relevant ranges of sample

sizes and category counts, a more correct model would not alter the orders of magnitude of error variances, and would not affect the practical conclusions. The reliability coefficient will be equal to unity minus the ratio of error variance to total variance.

From this it follows that we cannot possibly ignore attenuation unless we establish that the error variance is small relative to the total variance. If we cannot establish this we must either be able to make some fair estimate of the error variance (and from this estimate ~~and~~ correct for the resulting attenuation) or else be, to say the least, cautious and restrained in our use of observed correlations.

One might pursue this further in various theoretical ways, but I have chosen to do an empirical study, using counts of 22 ceramic and artifact categories in some 515 samples from Teotihuacan, Mexico collected by Professor Millon and his assistants (Millon 1964, 1967, ~~1967a~~<sup>1</sup>; Cowgill 1967, 1968c). I divided these into 187 "large" samples, where the total count of 8 major categories was over 120, and 328 "small" samples, where the same 8 categories totaled less than 100. Collections with counts in the range 100 to 120 for these 8 categories were excluded from this particular study. Twelve of the 22 categories were defined as "scarce" because their count was rarely more than 2 or 3 in the "small" samples, while the other categories were called "abundant" because their count was more than 3 or 4 in a high proportion of the "small" samples. Both scarce and abundant categories tended to have higher counts in the large samples, and I expected when I designed the study

that correlations between counts of scarce categories in small collections would show serious attenuation, that correlations between scarce categories in large collections would show much less attenuation, and that attenuation of correlations between abundant categories would not be serious in either small or large collections.

Separately for large and small sample data, means and variances of counts for each category were computed, and correlations for each of the 231 possible pairs of categories were computed. This led to two complete sets of correlations, one set based on large samples, and the other set based on small samples. I then plotted small sample correlations against large sample correlations. Figure 1 shows the results for abundant categories, (4 points representing partly overlapping and hence partly spuriously correlated categories are omitted) while Figure 2 shows scarce category correlations. The scales shown multiply actual correlations by 1000. The dashed lines labeled "5%" show the upper and lower limits of the ranges within which observed correlations should fall 95% of the time, if true correlations were zero and if we were making some error-free measurement in each sample, so that the 187 large sample sets of counts and the 328 small sample sets of counts could be regarded as, respectively, 187 and 328 sets of exact determinations from unlimited populations of large and small samples. For true correlation values greater than zero, the confidence limits are narrower than those shown.

If the true correlation between counts of a particular pair of categories is the same in large and small samples and if attenuation is negligible, then, within limits suggested by the "5%" lines, the point corresponding to observed values of this correlation should lie close to the line which runs at a  $45^\circ$  angle from lower left to upper right and passes through the zero point, and should be about equally likely to be on either side of it. If, for some unknown reason, there is a systematic difference between true correlations in large and in small samples, points will not lie approximately on this  $45^\circ$  line. If true correlations are the same in large and in small samples, but attenuation is important, there will be a consistent tendency for observed correlations to be lower in the small samples than are the correlations between corresponding category pairs in the large samples, and the swarm of points will show a counterclockwise rotation away from the  $45^\circ$  line.

Figure 2 in fact does show such a counterclockwise rotation, with enough differences between large and small sample sets of correlations between scarce categories that different factor analysis results could be expected. Figure 1 shows less rotation, but still enough to suggest very strongly that attenuation is not always negligible for the 10 abundant categories.

All this was done before reading Guilford. I then saw how one could roughly estimate reliability by estimating average error variance from the mean counts in large and in

small samples for each category, dividing this by the observed total variance, and subtracting this ratio from unity. For abundant categories in small samples, mean counts ranged from 5.4 to 22.3, total variances from 39 to 1700, and estimated reliability from .8 to .99. For scarce categories in small samples, mean counts ranged from .46 to 3.5, total variances from 45 to 24, and estimated reliability from zero to .84. For abundant categories in large samples, mean counts ranged from 20 to 68, total variances from 246 to 3772, and estimated reliabilities were all above .9. For scarce categories in large samples, mean counts ranged from 1.8 to 12.5, total variances from 7 to 214, and estimated reliabilities from .37 to .95. These reliability estimates are rough, but they indicate that reliability generally is high, and attenuation small, only for abundant categories in large samples. This is consistent with the inferences drawn from Figures 1 and 2.

For all 44 sets of counts (22 categories in small samples, and the same 22 categories in large samples), I plotted observed mean count against estimated reliability. The results indicated that to be pretty sure reliability is over .8, the mean count should be at least 5, and to be pretty sure reliability is over .9, the mean count should not be less than 10 or 12.

These results will apply in other cases to the extent that relations between means and total variances are about the same. Where total variances run higher, lower mean counts would be adequate, but if total variance tends to increase less rapidly as a function of mean count, then higher mean counts

would be needed.

The result of all this is not only to demonstrate much more fully what I mean when I wrote that, for correlations of this kind, one should not use categories whose counts are less than 2 or 3 in a very large proportion of samples (Cowgill 1968a:373), but also to show that I underestimated the seriousness of the problem. It now looks necessary to say that mean counts had better be over about 10, or else one must be prepared to estimate reliabilities and use these to make attenuation corrections. All this, be it remembered, still assumes that all sources of unreliability other than random sampling error are negligible.

I have not critically reviewed published correlation and factor analysis studies in the light of the attenuation problem, and it is probably just as well. I think many, perhaps most, would fare badly if evaluated in this way. Since the effect of attenuation is always to lower correlations, it can be claimed that the only consequence is that we may "miss" real correlations, but will not create any false correlations. However, non-correlations have been treated as matters for interpretation in these studies, just as much as are correlations. Also, two variables of low reliability whose "true" correlation is very high, may show a low observed correlation, and higher observed correlations with other highly reliable variables with which their true correlations are lower. An obvious question is "What if counts average only 2 or 3, not

just in samples, but in entire physical finds populations?" If our final objectives do not go beyond these physical finds populations, then possibly we are justified in treating observed correlations as reliable correlations. But if we want to think of physical finds populations as themselves samples of populations which are defined by probabilities that certain objects will be deposited in certain quantities and combinations under certain circumstances (these probabilities themselves given either by the "norms" of a given culture or by some postulated theory of the behavior of human individuals or societies), then we still have to worry about attenuation. To take the extreme case where a category is wholly absent in a sample, we have to ask whether this means it is absent or merely scarce in the physical finds population. When it is clearly absent in the physical finds population, we often must still ask whether this means use of that category by the human group responsible for the finds was inconceivable, or merely improbable.

This leads me to the point that a simple 2-row, 2-column, 4-cell table showing numbers of samples with both categories present, both absent, or either one present and the other absent; is just a simple kind of correlation study. A measure of association often used with these presence-absence tables, "phi," is identical to what  $r$  would be if all the original scores were changed to zero for "absent" or unity for "present." If the variance in observed counts is large enough that we can ignore attenuation, then we will be extremely wasteful of information if we replace all non-zero counts by unity.

But if attenuation cannot be ignored in the original data, it cannot be avoided by retreating to simple presence-absence scoring. Basically this is because absence in the sample is usually not a completely reliable indicator of absence (or zero probability of occurrence) in the population. Only where absence in the sample does reliably indicate absence in the population of interest to us does it begin to make sense to reduce our information to presence-absence terms, and even then I think its great value is mainly for mapping spatial distributions of scarce items. I believe that one of the more lamentable errors committed by archaeologists is to suppose that they somehow simplify or avoid statistical problems or increase reliability or precision by reducing their data to presence-absence terms. If one must reduce original measurements to a 2-valued scale, why not at least use the mean or median of the original values for the dividing point? ~~\_\_\_\_\_~~ If the impression arises that I began by talking about a grand conceptual edifice and ended by discussing one rather special problem, I should say that is absolutely correct. The edifice is not worth much if it is not well built, and I have tried to put in one foundation stone which I hope is fundamentally sound. Further, I should add that I see myself less as an innovator here, than as a "cultural broker," taking some results that have long been available to statisticians but will not or cannot be read by most archaeologists, trying to make myself the master of them, selecting those which seem most useful for us, and trying to rephrase them and illustrate them with archaeological

applications that will be read and used by archaeologists.

---

This is but one small part of my work on Teotihuacan data, which in turn is only a part of Professor Millon's massive survey of the city, which has been supported by a series of grants from the National Science Foundation, sponsored by the University of Rochester (New York), and carried out with the assistance of the Instituto Nacional de Antropología e Historia of Mexico.

References Cited:

- Binford, Lewis R.
- 1964 A Consideration of Archaeological Research Design. American Antiquity, vol. 29, pp. 425-41.
- Cowgill, George L.
- 1967 Evaluación preliminar de la aplicación de métodos a máquinas computadoras a los datos del Mapa de Teotihuacán. Teotihuacán. Onceava Mesa Redonda, México, 1966, pp. 95-112. Sociedad Mexicana de Antropología, México.
- 1968a Archaeological Applications of Factor, Cluster, and Proximity Analysis. American Antiquity, vol. 33, pp. 367-75.
- 1968b Counts, Ratios, and Percentages: Problems in Quantifying Archeological Data. Duplicated ms., 11 pp.
- 1968c Computer Analysis of Archaeological Data from Teotihuacan, Mexico. In New Perspectives in Archaeology (edited by Sally R. Binford and Lewis R. Binford), pp.143-50. Aldine Publishing Company, Chicago, Illinois.
- Freeman, Leslie G., James A. Brown, and Stuart Thomas
- 1968 Alternate Approaches to a Multivariate Analysis of Archaeological Materials. Paper presented at 33rd Annual Meeting, Society for American Archaeology, Santa Fe, New Mexico, May 1968.
- Guilford, J.P.
- 1956 Fundamental Statistics in Psychology and Education. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London.

Hoel, Paul G.

1966 Elementary Statistics (2nd edition). John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney.

Millon, René

1964 The Teotihuacán Mapping Project. American Antiquity, vol. 29, pp. 345-52.

1967 Teotihuacan. Scientific American, vol. 216, no. 6, pp. 38-48.

Mosimann, James E.

1965 Statistical Methods for the Pollen Analyst: Multinomial and Negative Multinomial Techniques. In Handbook of Paleontological Techniques (edited by Bernhard Kummel and David Raup), pp. 636-73. W.H. Freeman and Company, San Francisco and London.

Snedecor, George W.

1946 Statistical Methods (4th edition). The Iowa State College Press, Ames, Iowa.

Spearman, Charles

1904 The Proof and Measurement of Association between two Things. American Journal of Psychology, vol. 15, pp. 72-101.

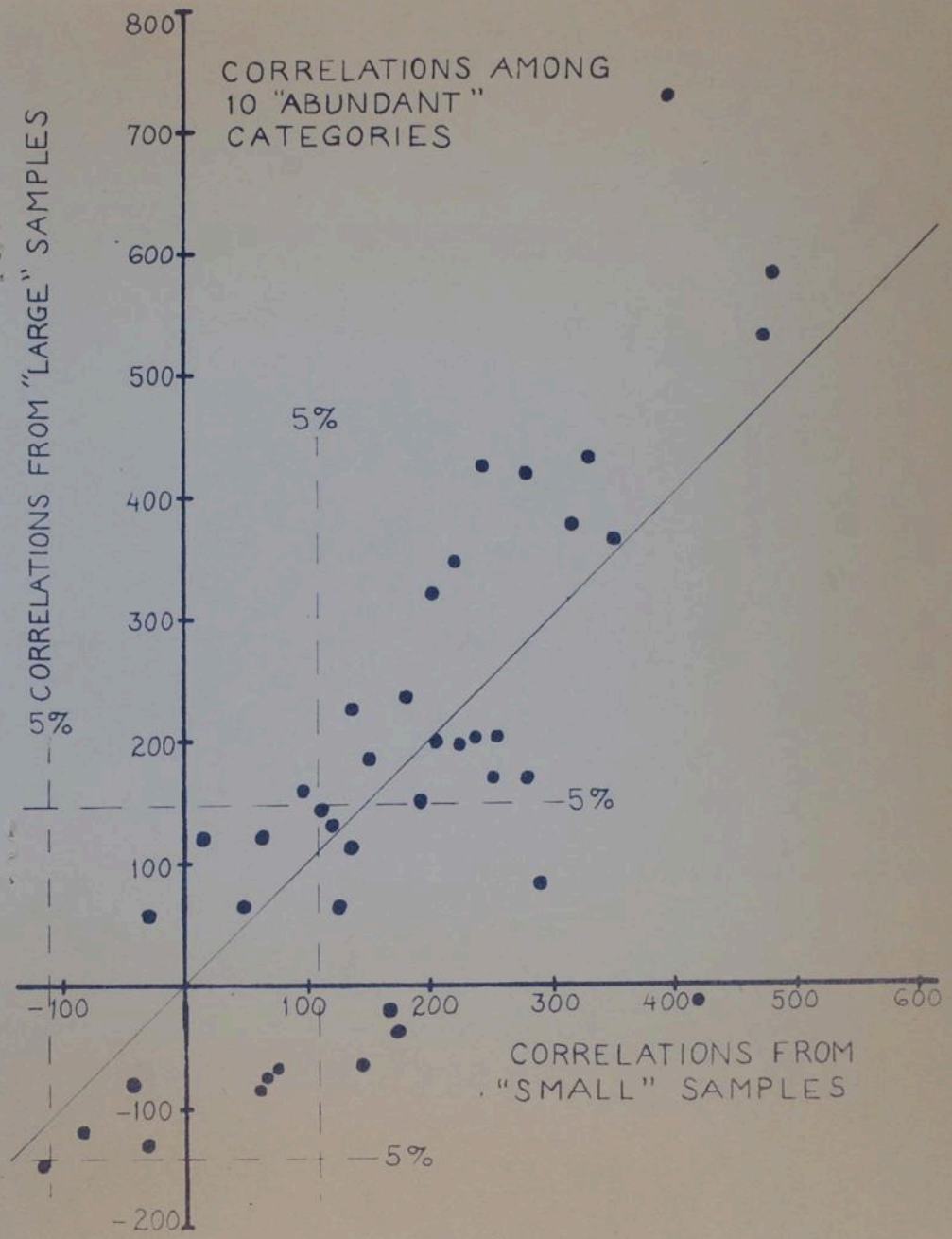


Figure 1

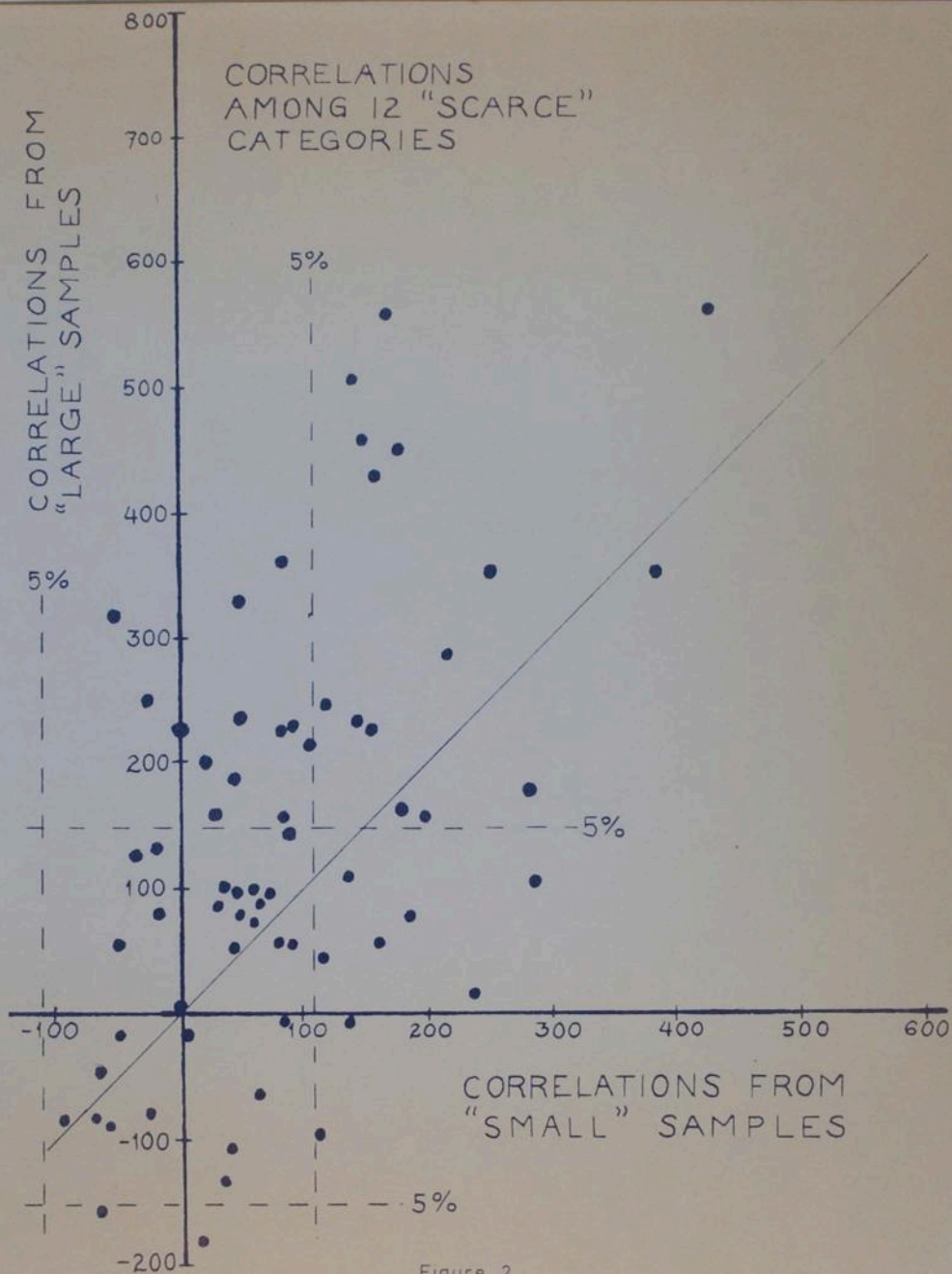


Figure 2.