

V. ELISSEEFF

Possibilités du scalogramme dans l'étude des bronzes chinois archaïques

Mathématiques et sciences humaines, tome 11 (1965), p. 1-10

http://www.numdam.org/item?id=MSH_1965__11__1_0

© Centre d'analyse et de mathématiques sociales de l'EHESS, 1965, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Mathématiques et sciences humaines » (<http://msh.revues.org/>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

V. ELISSEEFF

POSSIBILITES DU SCALOGRAMME

DANS L'ETUDE DES BRONZES CHINOIS ARCHAÏQUES

Cet article traite d'une procédure de mise en ordre automatique d'un matériel archéologique. Bien que la méthode exposée ici soit très différente, les études que Monsieur V. ELISSEEFF nous expose aujourd'hui sont le prolongement de celles qu'il a entreprises il y a plusieurs années avec le Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie du C.N.R.S., et dont un compte-rendu a été donné lors d'une séance du séminaire sur Les Modèles Mathématiques dans les Sciences Sociales.

Monsieur P. IHM avait exposé à ce séminaire (séance du 12 Mai 1961) une méthode, basée sur l'analyse factorielle, "Détermination automatique des objets de l'âge du bronze". On en trouvera un résumé dans les Comptes-rendus du Séminaire sur les Modèles Mathématiques dans les Sciences Sociales, Année 1960-61, fascicule III.

N.D.L.R.

Le scalogramme figure, pour une série donnée, une distribution particulière qui rend compte de la transformation successive des individus. Il nous a semblé possible de traduire par cette image l'ordre dans lequel se sont produits les changements qui ont présidé à l'évolution des différents ensembles de bronzes archaïques chinois. Ces derniers se répartissent en trois grandes catégories: les vases et instruments de cérémonie, les ustensiles et outils d'usage courant et les objets d'armement ou de harnachement.

Ce sont surtout les magnifiques vases aux formes multiples et aux décors variés, parfois couverts d'inscriptions plus ou moins longues, qui ont fait l'objet d'études stylistiques ou épigraphiques. Les premières ont abouti à une classification sommaire de styles, orné, sévère ou simple, que le Professeur Ludwig Bachhofer, entre autres, a spécialement étudiés (1). Les secondes, marquées par les découvertes des années 1928-1937 des sites de Ngan-yang, dernière capitale des Chang, ont permis de définir une chronologie simple, attribuant les pièces soit à la deuxième moitié de la dynastie des Chang-Yin (XIV^o-XI^os. av. J.C.), soit aux Si-Tcheou (XI^o-VIII^o s. av. J.C.).

Depuis les fouilles de Ngan-yang et leur abondante moisson, de nombreuses monographies furent consacrées à une meilleure connaissance des bronzes. Parmi

celles-ci, se dégage l'important travail du Professeur B. Karlgren (2) à qui nous devons la seule étude qui fit appel à des comparaisons statistiques. Suivant la nature des motifs, le Professeur Karlgren s'est appliqué à choisir une trentaine d'éléments du décor. Sur un millier de spécimen il observa qu'un groupe d'éléments, appelés A, ne se rencontrait jamais avec un autre groupe appelé B tandis qu'un troisième groupe, appelé C, pouvait s'allier aux deux autres. Il considéra dès lors qu'il existait un style A et un style B, caractérisé par la présence respective d'éléments A ou d'éléments B. Le style A, antérieur au style B, continua toutefois à fleurir lors de l'épanouissement de ce dernier. De plus, par des voies analogues et grâce aux indications épigraphiques, le Professeur Karlgren dégagaa une nouvelle périodisation. Aux styles des Chang-Yin, succédait un style Yin-Tcheou (1050 à 947), suivi par un style des Tcheou Moyen (946-771) qui précédait lui-même le style de transition conduisant au deuxième grand âge des bronzes, celui du style de la Houai (VI^o-IV^o s. av. J.C.), caractérisé par la renaissance de l'art animalier.

Le solide schéma établi par le Professeur Karlgren a servi de base à toutes les études ultérieures. Des controverses ont pu modifier quelques détails ou renverser des attributions, mais le cadre de nos études était bien défini. Ce fut, dès lors, sur des séries plus courtes et des périodes plus brèves que l'attention se porta. Le Professeur Tch'en Mong-kia apporta dans ce sens une importante contribution. Une première étude (3) dégagaa les caractéristiques des yeou, vases globuleux, munis d'une anse mobile et garnis d'un couvercle à petite poignée. Une deuxième étude (4) établit le classement chronologique des vases inscrits de la période des Si-Tcheou (1050-771).

Malgré tous ces efforts, les spécialistes ne parvenaient pas à se dégager des définitions subjectives sur lesquelles reposait l'interprétation typologique et stylistique des pièces. Une nouvelle analyse objective des matériaux (5) nous a conduit à établir un code descriptif qui puisse rendre compte séparément des détails, tant de forme que d'aspect et de facture. Ce code met en jeu des éléments irréductibles, qu'il s'agisse d'anse torsadée, plate ou ronde, d'ergots qui ornent une patte ou de l'orientation que prennent les griffes de celle-ci. Suivant 31 facteurs principaux, nous avons dégagé pour chacun des quelques vingt types de vases, un demi millier d'éléments. Ces derniers, transformés en caractéristiques binaires, permettent de donner à chaque individu une définition comparable et de laisser à l'ensemble des éléments un caractère homogène qui n'existait pas dans les classifications précédentes. En plus des services que peut rendre un tel code pour l'identification des pièces et leur classement, il en est un qui présente un intérêt particulier, c'est son utilisation pour hiérarchiser les individus et fabriquer des classements ordonnés d'ensembles et de sous-ensembles. Et cela, non plus sur les bases d'attribution traditionnelle et d'appréciation personnelle, mais suivant des termes précis et sans équivoques qui définissent la structure des formés et des motifs.

La fiche signalétique d'un type se présente sous la forme d'un tableau à deux entrées. En abscisse, apparaissent les différentes caractéristiques numérotées par couple suivant leur définition binaire. En ordonnée, nous avons la liste des pièces par numéro d'immatriculation. A chaque individu correspond donc sur chaque ligne une série de croix qui signalent l'absence ou la présence des caractéristiques placées en abscisse. Ce tableau, qui compte en moyenne 100 à 300 pièces et engage 50 à 100 caractéristiques, est appelé la matrice d'un type. La matrice permet de procéder à des calculs statistiques multiples et à la confection de réseaux, déjà abondamment utilisés dans certaines branches des sciences sociales. Les réseaux permettent de distinguer nettement les sous-ensembles, mais

ils peuvent être avantageusement complétés par des scalogrammes qui établissent avec plus de précision la proximité des individus les uns par rapport aux autres, leur distribution en ordre hiérarchique montrant les modifications successives, ainsi que l'homogénéité des groupes et leur rapport.

L'hypothèse de départ est que tout individu procède d'un ou de plusieurs individus antérieurs et, d'autre part, que l'évolution est arborescente dans son ensemble et linéaire dans ses détails. Il s'agit de pouvoir retrouver les individus qui se déterminent par suite d'une évolution linéaire. Nous admettons que le scalogramme parfait témoigne de cette filiation tandis que des scalogrammes sous-parfaits rendent compte des phénomènes de liaisons avec des types voisins.

Afin de garder à l'interprétation ultérieure une base solide et aux scalogrammes sous-parfaits leur valeur de référence, nous avons établi une procédure uniforme pour toutes nos manipulations. C'est cette procédure que nous soumettons à l'attention des mathématiciens qui ont bien voulu nous encourager dans cette recherche.

L'exemple que nous avons choisi est celui des vases de type yeou dont nous étudierons le sous-type de yeou large, nettement différencié des autres sous-types: yeou étroit, yeou cylindrique et yeou en forme de hibou.

Nous savons par quelques indications épigraphiques que les yeou larges ont existé sous les Chang et les Si-Tcheou, soit au moins du XIV^e au IX^e siècles.

Durant leur évolution nous pouvons supposer qu'à côté d'éléments accidentels ou uniques, certaines caractéristiques ont contribué à en marquer les grandes étapes; les unes, principales, constituent une chaîne continue, les autres, secondaires, illustrent des résurgences périodiques. Les matériaux ayant une fonction religieuse, nous sommes en droit d'admettre que des modèles rigoureux présidaient à leur fabrication et de plus, que, à l'intérieur de ces limites, les formes du vase ont évolué plus lentement que son décor, ou tout au moins à des vitesses différentes. C'est la comparaison des structures typologiques et iconographiques qui constituera la base de l'interprétation stylistique appelée à se juxtaposer à celle de l'épigraphie.

Nous choisirons pour notre exemple l'étude la plus simple, celle des structures typologiques.

En premier lieu nous dégageons de notre matrice les caractères typologiques suivant: position de l'anse, latérale ou transversale (1 et 2), section de l'anse, cordée ou plate (3 et 4), forme de l'attache de l'anse, à anneaux ou à masques (5 et 6), forme en bouton ou en cupule de la poignée (7 et 8), présence ou absence d'arête (9 et 10), présence ou absence de gorge sur le couvercle (11 et 12), présence ou absence de bec sur le couvercle (13 et 14), profil normal ou surbaissé de la panse (15 et 16). Ces caractères ne couvrent pas toute la définition typologique des yeou larges mais nous les avons choisis parce qu'ils sont ceux que le Professeur Tch'en Mong-kia a utilisé pour définir les types de yeou dans son étude, sans toutefois les employer systématiquement. Grâce à ces caractères le Professeur Tch'en Mong-kia a dégagé parmi le groupe qui nous intéresse, les types Aa, Ab, ADA, Da, Ha, Hb, Hc, qui correspondent à nos types Ia, Ic, IIIb, IV, IXa, Xa, Xb. Le classement chronologique qui résulte de son étude est reproduit sous forme de résumé graphique dans le Tableau I. On y a ajouté le type Ca et Cb (nos IIa et IIb), correspondant aux yeou en forme de hibou qui n'interviennent que pour expliquer l'apparition des becs sur les couvercles. L'application du système binaire à notre classification a dégagé des variantes, signalées par des lettres a, b, c.. a', b'.. b". Nous voyons ainsi apparaître sur le tableau de base (fig. 1) 17 sous-

4.

types que nous avons appelé, pour rendre les manipulations plus anonymes, A B C.. V X Z (col. IV. du tableau de base).

Tableau de base des caractères typologiques																			
I	II	III	IV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aa	14	I a	A	x		x		x		x		x		x		x		x	
	1	I a'	B	x		x		x			x	x		x		x		x	
	5	I b	C	x			x	x		x		x		x		x		x	
Ab	18	I c	D	x			x		x	x		x		x		x		x	
	1	III a	F	x		x		x		x			x	x		x		x	
	1	III a'	H	x			x	x		x			x	x		x		x	
AD	11	III b	J	x			x		x	x			x	x		x		x	
	1	III b'	K	x			x		x		x		x	x		x		x	
	1	III b''	M	x			x		x		x		x		x	x		x	
D	14	IV a	N		x		x		x	x			x	x				x	x
	1	IV a'	P		x		x		x	x			x		x			x	x
Hb	6	IX a	R	x			x		x		x	x		x		x			x
	1	IX b	S	x			x		x		x	x			x	x			x
	1	IX b'	T	x			x		x		x	x			x	x			x
Ha	32	X a	V	x			x		x		x	x		x				x	x
Hc	2	X b	X	x			x		x		x	x			x			x	x
	2	X b'	Z	x			x		x		x		x		x			x	x
Total	112		17																
Total des binaires majeurs				15			14		12		9	9		11		12		11	
Total des binaires mineurs					2	3		5		8			8		6		5		6
Ordre croissant des totaux				16	1	2	15	3	13	7	9	10	8	11	5	14	4	12	6
<i>Légende:</i>																			
Colonne I : Désignation des sous-types de Tch'en.																			
Colonne II: Nombre de pièces par sous-types.																			
Colonne III: Sous-types de la matrice.																			
Colonne IV: Désignation des sous-types dans les manipulations.																			

Fig. 1.

A partir de ce tableau de base commence la procédure de fabrication du scalogramme:

1° - On relève en bas du tableau le nombre de fois qu'apparaît chaque caractère dans l'ensemble des sous-types, appelé dès lors les individus; soit le caractère n° 1, 15 fois, le caractère n° 2, 2 fois, le caractère n° 3, 3 fois, le caractère n° 4, 14 fois, .. etc.. On prend soin de figurer sur une première ligne le total des caractères binaires majeurs, c'est-à-dire des chiffres les plus forts à l'intérieur de chaque paire, définie par le binaire, soit ici, 15, 14, 12, 9 etc.. Sur une deuxième ligne figurent les binaires mineurs, soit ici 2, 3, 5, 8 etc..

2° - On ajoute dans une dernière ligne le numéro d'ordre par total croissant. Le caractère n° 2, qui n'apparaît que deux fois est le premier, le caractère n° 3,

qui apparaît trois fois est le 2°, et ainsi de suite, le caractère n° 1 qui apparaît 15 fois est le 16° et dernier. Cette dernière opération permet de dresser le tableau croissant des caractères (fig.2), la dernière ligne rendant compte des totaux dans leur ordre croissant, compte-tenu des cas d'égalité.

3° - On fait apparaître le nombre de caractères que chaque individu a en commun avec chacun des autres dans un Tableau triangulaire d'accrochage (fig. 3). Soit A: il a avec B: 7 caractères communs, avec C: 7 caractères communs, avec D: 6, avec F: 7 etc. soit une ligne qui se lira 7767... A partir de ce tableau on peut déjà fabriquer les réseaux de proximité.

		Tableau croissant des caractères														Total	
		car. 2 3 5 14 12 16 7 10 8 9 11 15 6 13 4 1														16	
typ.																	
A		x	x				x			x	x	x		x		x	8
B		x	x						x	x	x	x		x		x	"
C			x				x		x	x	x		x	x	x	"	
D							x		x	x	x	x	x	x	x	"	
F		x	x				x	x		x	x		x		x	"	
H			x				x	x		x	x		x	x	x	"	
J							x	x		x	x	x	x	x	x	"	
K								x	x		x	x	x	x	x	"	
M					x			x	x			x	x	x	x	"	
N	x		x			x	x	x			x		x		x	"	
P	x		x	x	x	x	x					x		x		"	
R									x	x	x	x	x	x	x	"	
S				x					x	x		x	x	x	x	"	
T				x	x				x	x			x	x	x	"	
V			x		x				x	x	x		x		x	"	
X			x	x	x				x	x			x		x	"	
Z			x	x	x				x	x			x		x	"	
17		2	3	5	6	8	9	11	12	14	15						

Ordre croissant faibles ou mineurs majeurs ou forts

Fig. 2.

Triangle d'accrochage et ordre de richesse																												
Nombres d'accrochage														I		II		III		IV								
A	B	C	D	F	H	J	K	M	N	P	R	S	T	V	X	Z	T.Ra.	R.	Ma.									
	7	7	6	7	6	5	4	3	2	1	5	4	3	3	2	1	A	66	13'	7	B	12'	+	C	9	+	F	14
		6	5	6	5	4	5	4	1	0	6	5	4	4	3	2	B	67	12'	7	A	13'						
			7	6	7	6	5	4	3	2	6	5	4	4	3	2	C	71	9	7	A	13'	+	D	2'	+	H	6
				5	6	7	6	5	4	3	7	6	5	5	4	3	D	84	2'	7	C	9	+	J	3	+	R	1
					7	6	5	4	3	2	4	3	2	2	1	2	F	65	14	7	A	13'	+	H	6			
						7	6	5	4	3	5	4	3	3	2	3	H	76	6	7	C	9	+	J	3	+	F	14
							7	6	5	4	6	5	4	4	3	4	J	83	3	7	K	2'	+	H	6	+	D	2'
								7	4	3	7	6	5	5	4	5	K	84	2'	7	R	1	+	M	5	+	J	3
										3	4	6	7	6	4	5	M	79	5	7	S	4	+	K	2'			
												7	3	2	3	5	N	58	15	7	P	16						
														2	3	4	P	53	16	7	N	15						
																7	R	85	1	7	S	4	+	K	2'	+	D	2'
																	S	80	4	7	T	7	+	R	1	+	M	5
																	T	75	7	7	X	11'	+	S	4			
																	V	73	8	7	X	11'						
																	X	68	11'	7	Z	10'	+	T	7	+	V	8
																	Z	69	10'	7	X	11'						

Fig. 3

Légende:
 Colonne I : Nombre total d'accrochage.
 Colonne II : Ordre des totaux d'accrochage.
 Colonne III : Nombre maximum d'accrochage par sous-types.
 Colonne IV : Sous-types accrochés au maximum avec un autre suivi du numéro d'ordre.

Corrigendum: Fig. 3, colonne 1, pour 71 lire 77 - pour 69 lire 67. et rectifier la suite des opérations. (Voir suite page 10).

6.

4° - En regard du triangle on relève le total des caractères en commun soit ici 66 pour A, 67 pour B, etc.. Il convient évidemment de veiller à faire l'addition en virant sur la diagonale; ainsi pour K nous avons 4+5+5+6+5+6+7 sur la verticale et vers la droite, sur l'horizontale, 7+4+3+7+6+5+5+4+5, soit un total de 84 (col. I).

5° - On relève l'ordre du total d'accrochages qui donne l'ordre de richesse des individus; ici R, qui a 85, est le plus riche donc n° 1, D et K sont n° 2 à égalité avec 84 etc. (col. II).

6° - L'individu le plus riche étant dans un scalogramme parfait celui autour duquel s'ordonne la figure, nous l'appelons "pilote". Pour trouver son voisin il suffit de prendre celui qui s'accroche le plus à lui (col. IV). Dans notre cas R s'accroche le plus à D, K et S. Le voisin du plus riche devant être aussi un des plus riches c'est donc K ou D en premier lieu puis S. Il peut y avoir des exceptions c'est lorsque le triangle d'accrochage fait apparaître l'existence de pilotes riches mais non consécutifs. Le fait de poser d'abord le pilote le plus riche puis celui qui s'accroche le plus à lui permet de traduire la situation. Dans ce cas en effet la figure s'éloigne du losange pour dessiner un diabolo et rend compte d'une évolution par double enrichissement. Ici, nous avons donc pour pilote et co-pilote. RK ou RD puis RS. Nous pouvons établir ainsi un ordre des pilotes en prenant successivement chaque individu. Ces indications sont appelées à servir lors des manipulations sur différents pilotes, mais l'expérience montre que le meilleur résultat est obtenu par les pilotes les plus riches, ici RK ou RD. Dans le cas du scalogramme parfait, tous les pilotes donnent évidemment la même séquence.

7° - On aligne, après les pilotes, tous les individus par ordre de richesse soit ici:

R
D J S M H T V C Z/X B/A F N P
K

et on place en regard le nombre d'accrochage de chacun avec les pilotes soit:

R 7 6 7 6 5 6 6 6 4 5 6 5 4 3 2
D J S M H T V C Z/X B/A F N P
K 6 7 6 7 6 5 5 5 5 4 5 4 5 4 3

Cette opération permet de pondérer la série par le nombre d'accrochage des voisins en rapprochant les meilleurs voisins des pilotes.

On procède en assignant à chaque individu le chiffre qui correspond aux deux nombres d'accrochages, en plaçant le plus fort en dizaine soit:

R
D J S M H
K
76 76 76 76 65

Dans notre cas la pondération ne change par l'ordre.

L'ordre d'accrochage final est donc:

R
D J S M H T V C B Z/X A F N P
K

8° - On procède dès lors à la hiérarchisation des individus. La hiérarchisation peut se faire sur les pilotes directement ou sur chaque nouvel individu placé. Seule cette dernière que nous appelons hiérarchisation sur les pôles nous donne jusqu'à présent des résultats satisfaisants (fig. 4). En partant des pilotes R K, placés l'un au dessus de l'autre, D est en 7 avec R et en 6 avec K, il doit donc venir au dessus de R; J est en 7 avec D et en 7 avec K, il sera placé en réserve sur la gauche dans ses deux places possibles, au dessus de D et en dessous de K, il en sera de même pour S qui est aussi à égalité; M, qui a 5 à D et 7 à K viendra en dessous de K; H, qui à 6 à D, et 5 à M viendra au dessus de D. Ayant deux nouveaux bouts, on peut placer J et S: J a 7 avec H et 6 avec M, il est donc du côté de H; S a 4 avec H et 7 avec M, il vient donc au côté de M. Puis on reprend la même opération avec les suivants. A l'issue de cette opération, que nous appelons balançoire, puisqu'elle répartit en balancier les individus de chaque côté des pilotes, nous obtenons un ordre hiérarchisé des individus, qui peut se lire de haut en bas ou de bas en haut, dans notre cas c'est:

F A B C H J D R K S M T V X Z N P

I	II																			
	F																			3 2
	A																			7
	B																			2 3 7
	C																			6
	H	7 4																		3 3 7
S	J																			
J	J																			
	D	7 6 5 6																		
	R	7 6 7 6 5 6 6 6 6 4 5 5 4 3 2																		
	D	J S M H T V C B Z X A F N P																		
	K	6 7 6 7 6 5 5 5 5 5 4 4 5 4 3																		
J	J	7																		
S	S																			
	M	6 7 5 6																		
	T																			6
	V																			4 4 6
	Z																			7
	X																			2 1 4
	N																			7
	P																			

Légende:
Col. I: Individus mis en réserve jusqu'à la possibilité de leur placement.
Col. II: Ordre des sous-types obtenu par la balançoire.
Les chiffres entourés indique le nombre prioritaire qui détermine le placement vers le haut ou vers le bas.

Fig. 4.

9° - Le scalogramme est établi en plaçant cette série en ordonnée et en faisant apparaître en abscisse

les caractères pour chacun dans l'ordre croissant jusqu'au moment où l'on a placé le plus fort caractère, ici le n° 1, après quoi on continue à placer les caractères par ordre décroissant pour rendre compte des caractères propres au scalogramme parfait.

Dès lors on a obtenue que nous appelons un scalogramme sous-parfait (fig. 5) parce que la procédure semble le rapprocher le plus possible par son mécanisme des propriétés du scalogramme parfait. Ce dernier est obtenu en supprimant le minimum d'individus ou de

		3	5	10	7	11	15	13	1	9	8	4	6	12	16	14	2
IIIa	F	x	x	x	x	x	x	x	x								
I a	A	x	x		x	x	x	x	x	x							
I a'	B	x	x		x	x	x	x	x	x							
I b	C		x		x	x	x	x	x	x		x					
IIIa'	H		x	x	x	x	x	x	x			x					
IIIb	J		x	x	x	x	x	x				x	x				
I c	D			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
IX a	R				x	x	x	x	x	x	x	x					
IIIb'	K		x		x	x	x	x			x	x	x				
IX b	S					x	x	x	x	x	x	x	x	x			
IIIb''	M		x			x	x	x			x	x	x	x			
IX b'	T						x	x	x	x	x	x	x	x	x		
X a	V				x			x	x	x	x	x			x	x	
X b'	Z		x					x		x	x	x	x	x	x	x	
X bo	X							x	x	x	x	x	x	x	x	x	
IVa	N		x	x	x							x	x		x	x	x
IVa'	P		x	x								x	x	x	x	x	x

Fig. 5.

caractères insolites, ici nous voyons qu'il suffit de supprimer les caractères des arêtes (9 et 10) et ceux des gorges de couvercle (11 et 12) pour obtenir un scalogramme presque parfait (fig. 6) et de retirer les individus NP pour arriver au scalogramme parfait (fig. 7)

Il reste qu'à chaque modification du nombre des individus et des caractères, le scalogramme change; il n'est donc considéré comme unique qu'en fonction des individus et des caractères conservés. D'autre part l'interprétation peut être différente suivant que l'on effectue l'opération de la balançoire sur la série des individus ou sur la série des caractères, mais la procédure de sélection reste la même.

La procédure automatique est terminée, il reste maintenant à interpréter les résultats. Tout d'abord, nous pouvons distinguer des caractères principaux et des caractères secondaires, ces derniers étant ceux que nous avons éliminés. En second lieu nous savons par quels caractères les individus N et P s'éloignent de l'ensemble homogène défini par les caractères subsistants. Les caractères étant choisis au départ par une analyse objective leur importance relative est forcément arbitraire et il est naturel que les caractères non pertinents apparaissent en perturbateurs plus ou moins forts, ce qui nous permet d'en user plus ou moins dans d'autres manipulations sur d'autres types.

L'isolement des individus perturbateurs est aussi significatif car il n'est plus dès lors, comme dans les réseaux, définis quantitativement mais qualitativement; dans notre exemple, les caractères d'anse (1 & 2) d'arête (9 & 10) et de gorge (11 & 12) distinguent nettement N de la structure des autres. Cette combinaison différente invite à supposer une évolution différente avec vraisemblablement une influence extérieure. Or nous savons que N et P c'est-à-dire les sous-types IVa et IVb sont issus du type de yeu en forme de hibou, ou sous-type IIa et IIb (Ca et Cb de Tch'en Mong-kia). Nous voyons donc apparaître ici nettement la perturbation relevée par l'observation traditionnelle.

L'ordre hiérarchisé du scalogramme sous parfait peut varier suivant la nature des manipulations. Nous pouvons en effet l'établir sur le total moins les individus à exemplaire unique pour mieux rendre compte des séries, sur chacun des binaires ou en éliminant des binaires extrêmes, en tenant compte de l'ordre en cas de scalogrammes sous parfaits ou parfaits, en prenant comme pilotes les différents couples d'individus. Un tableau peut se prêter ainsi à une douzaine de manipulations différentes. Dans le cas présent nous avons procédé à douze manipulations (cf. fig. 8) qui nous permettent de ranger des individus par groupes à l'intérieur desquels se joue une alternance, nous avons ainsi AF, B, CH, JDR,

	3	5	7	15	13	11	1	8	4	6	12	16	14	2
F A	x	x	x	x	x	x	x							
B	x	x		x	x	x	x	x						
H C		x	x	x	x	x	x		x					
J D			x	x	x	x	x		x	x				
R K				x	x	x	x	x	x	x				
S M				x	x		x	x	x	x	x			
T					x		x	x	x	x	x	x		
V						x	x	x	x	x		x	x	
Z X							x	x	x	x	x	x	x	
N			x			x			x	x		x	x	x
P			x						x	x	x	x	x	x

Fig. 6.

	3	5	7	15	13	1	4	6	8	16	14
F A	x	x	x	x	x	x					
H C		x	x	x	x	x	x				
J D			x	x	x	x	x	x			
S R M K				x	x	x	x	x	x		
T					x	x	x	x	x	x	
Z X V						x	x	x	x	x	x

Fig. 7

Nature des manipulations		Ordre des Individus			
1	Sur le total avec <u>KR</u>	<u>F A</u> B C H	J D R	K S M T V	Z X <u>(N)</u> P
2	Sur le total - 9 et 10	<u>F A</u> B <u>C H</u>	<u>J D</u> R	<u>K S M</u> T V	<u>Z X</u> <u>(N)</u> P
3	Binaires majeurs -unica	A C	J D R	V	Z X <u>(N)</u>
4	id. en scalogr. parfait	A C	<u>J D</u> <u>(N)</u> R	V	<u>Z X</u>
5	Binaires mineurs -unica			V	Z X <u>(N)</u>
6	Sur le total -unica avec <u>VR</u>	A C	J D R	V	Z X <u>(N)</u>
7	-id- avec <u>XZ</u>	A C <u>(N)</u>	J D R	V	Z X
8	-id- avec <u>VX</u>	A C	<u>(N)</u> J D R	V	Z X
9	-id- avec <u>AC</u>	A C	<u>D J R</u>	V N	Z X
10	-id- avec <u>CD</u>	A C	<u>D R J</u>	V N	Z X
11	Sur le total en scal. parf.	<u>F A</u> <u>C H</u>	<u>J D</u> R	<u>K S M</u> T V	Z X
12	Sur le total -unica, en scl.p.	<u>A C</u>	<u>J D</u> R	V	<u>Z X</u> <u>(N)</u>

Fig. 8.

Ordre hiérarchisé des individus

Les sous-types ambivalents sont entourés d'un rectangle. Le sous-type N (IV a) entouré d'un rond est perturbateur. Les sous-types soulignés ont une alternance à l'intérieur de leur séquence.

KSMT, VZX, ce qui revient à dire que dans un groupe KSMT la filiation peut être KSMT, SKMT, SMKT, SMTK etc., mais les groupes ont entre eux une filiation de structure irréversible, FA étant toujours devant B, ce dernier devant CH etc..

Quant à N on le voit apparaître suivant les manipulations à divers endroits, il apparaît en avant-dernière position et aussi autour et à l'intérieur du groupe JDR, nous pouvons donc lui assigner comme place initiale celle qui se trouve entre CH et JDR. L'ordre moyen sera donc AF, B, CH, N, JDR, KSMT, VZX correspondant à l'ordre d'apparition chronologique des individus, sachant que A est le type le plus ancien, si c'était Z on renverserait la série. Il est ainsi possible de reporter la série résultant de l'ordre hiérarchisé des individus sur un tableau chronologique. Il suffit de porter la série en abscisse et de placer en ordonnée chaque sous-type. Nous obtenons ainsi le tableau II dans lequel s'échelonnent de gauche à droite les différents sous-types. On remarque que les types datée par les méthodes traditionnelles et épigraphiques du Professeur Tch'en Mong-kia (tableau 1) se trouvent à la même place.

Les possibilités du scalogramme sont nombreuses et il est encore prématuré d'en déduire des interprétations définitives. Dès maintenant toutefois nous savons placer des pièces de transition et situer les individus ou les caractères d'une série lorsque nous avons une date ou une indication précise pour un ou deux traits seulement d'entre eux. Mais nous serions heureux que nos collègues puissent se livrer à une analyse mathématiques de notre procédure.

La question essentielle est de savoir si les scalogrammes sous parfaits, presque parfaits et parfaits représentent l'aboutissement à des étapes mathématiquement définies et aux propriétés permanentes qui nous permettent de les prendre pour bases solides d'un raisonnement d'interprétation. Parmi les questions secondaires il faut relever celle des hypervalents: c'est le cas des individus qui se trouvent accrochés plus de deux fois à d'autres individus par la totalité de leurs caractères. Pour l'instant nous les mettons en réserve et ils sont placés à vue en fin de manipulation à l'intérieur du scalogramme sous-parfait. C'est aussi le problème des hypovalents, lorsqu'un individu est accroché par la totalité de ces caractères à un autre individu plus riche, l'expérience nous a montré qu'il était préférable de le garder dans le cours des manipulations, car si sa place est bien assurée dans les calculs, en revanche sa présence dans les calculs est importante.

Sur ces points comme sur l'ensemble de notre démarche nous attendons beaucoup de la critique des mathématiciens. Telle qu'elle est, l'application du scalogramme à nos matériaux conduit à établir des conclusions sur des groupes de données typologiques, iconographiques ou épigraphiques bien différenciés. Cette méthode permet donc de procéder à des raisonnements étayés par la convergence de ces trois sources d'informations traitées séparément. Nous pensons qu'elle peut convenir à un grand nombre de problèmes d'art et d'archéologie et c'est pourquoi nous la soumettons à nos collègues avec l'espoir qu'il nous sera possible de l'améliorer si ce n'est de la parfaire.

NOTES

1. - Ludwig Bachhofer, The Evolution of Shang and Early Chou Bronzes, in "The Art Bulletin" XXVI, June, 1944.
2. - Bernhard Karlgren, Yin and Chou in Chinese Bronzes, in BMFEA: 8, Stockholm, 1936; New studies in Chinese Bronzes, in BMFEA: 9, Stockholm 1937.
3. - Ch'en Meng-chia, "Style of Chinese Bronzes", in ACSA, New York, 1947.
4. - Ch'en Meng-chia, "Si Tchou t'ong k'i touan tai" (Périodisation des bronzes des Si Tchou), in K'ao kou hui pao, 9, Pékin, 1955, et sqq.
5. - Cf. Compte-rendus des cours, in Annuaire de l'EPHE, VIe section, Paris, 1962-63, 1963-64, 1964-65.

Corrigendum (suite de la page 5)

La seule conséquence est que la série CH devient HC et la série VZX devient VXZ. Ces rectifications ne changent rien au raisonnement, et elles rendent mieux compte, dans l'interprétation, du fait que le sous-type XB (c'est-à-dire X) est intermédiaire entre les sous-types XA (V) et XB' (Z).