

ÉLÉMENTS D'UNE GRAMMAIRE FORMELLE DE L'ART PARIÉTAL PALÉOLITHIQUE

par

Georges SAUVET* et André WLODARCZYK**

Résumé. — La composante figurative de l'art pariétal paléolithique peut être analysée en 14 motifs principaux. Un corpus constitué de 416 panneaux polythématiques (comportant de 2 à 6 thèmes différents) a été rassemblé et analysé d'un double point de vue statistique et structural. L'analyse statistique des données met en évidence une partition des motifs en 5 classes dont l'une joue un rôle hiérarchique particulier (cheval, bison, bouquetin). On observe en outre que très peu de combinaisons ont été produites sur un nombre immense de possibilités et que celles qui ont été produites répondent à des règles de sélection bien précises. Il est possible d'exploiter ces régularités pour construire des modèles formels capables de produire les structures attestées. L'un de ces modèles, de type probabiliste, permet de révéler les formules les plus constantes (cinq règles de production *automatiquement générées* suffisent à rendre compte des 3/4 des panneaux existants). Un autre modèle, de type déterministe, part d'une grammaire "régulière" et lui ajoute des "contraintes" (contraintes structurales limitant la combinabilité des classes et contraintes individuelles utilisant deux connecteurs logiques : l'implication et l'incompatibilité). Ces deux modèles formels, complémentaires, montrent que la constitution thématique des panneaux faisait l'objet de choix (probablement régis par des considérations sémantiques) et que ces choix structuraux ont connu une relative stabilité au cours du Paléolithique supérieur en Europe occidentale.

Abstract. — **Elements of Formal Grammar for European Palaeolithic Cave Art.** The figurative component of European Palaeolithic Cave Art may be analysed in 14 main motifs. A data base consisting of 416 polythematic panels (from 2 to 6 different themes) was collected and analysed from a statistical and structural point of view. Factor Analysis and Ascending Hierarchical Classification led to a partition in 5 classes, one of which being hierarchically dominating (Horse, Bison, Ibex). Moreover, only a small number of the possible combinations have been produced and the selection is not fortuitous. It was taken advantage of these regularities for building two *formal models* capable of producing the existing patterns. One of these models, the probabilistic one, makes use of five "rewriting rules" automatically written which account for 3/4 of the panels; the other one, which is more deterministic, is based on a "regular" grammar to which "constraints" are added (structural constraints limiting the class combinability and individual constraints using two logical connectors: implication and incompatibility). These two models show that inter-thematic links were governed by semantic choices which have been relatively stable during Upper Palaeolithic in Western Europe.

* Université Paris-XIII, av. J.B. Clément, 93430 Villetaneuse.

** Université Grenoble-III, Domaine universitaire, BP 25, 38040 Grenoble - Cedex 9.

Une première version de ce travail a été présentée dans les communications du 8^e Séminaire "Représentations préhistoriques", session 1991, organisée au musée de l'Homme par Denis Vialou, sous-directeur au laboratoire de Préhistoire.

1. INTRODUCTION

La plupart des préhistoriens admettent aujourd'hui que l'art paléolithique est un phénomène collectif, une manifestation culturelle. Son étude est l'un des seuls moyens dont nous disposons pour entrer dans l'univers intellectuel et spirituel des peuples préhistoriques, ou tout au moins – et plus modestement – pour tenter de comprendre le rôle que les représentations graphiques ont pu jouer dans la transmission et la conservation de certaines idées qui faisaient partie de leur patrimoine culturel.

L'art paléolithique sous ses deux formes, pariétale et mobilière, peut aussi contribuer à une meilleure compréhension des relations intergroupes et des réseaux d'échange dans les communautés de chasseurs-cueilleurs. À ce titre, l'étude de l'art est complémentaire de celle des industries lithique et osseuse. Malheureusement cette information ne nous parvient pas sous une forme directement exploitable. Si l'art paléolithique sert bien de véhicule à une pensée collective, comme nous le pensons, il fonctionne nécessairement comme un système de communication, au même titre que tout autre système de signes non verbaux et nous devons le considérer comme un langage visuel, fait de signifiants graphiques et de règles d'assemblage.

Le simple fait d'aborder la question sous cet angle présente un premier avantage qui est d'éviter le piège dans lequel sont tombés nos plus illustres devanciers, et qui consistait à mettre la signification des motifs représentés au premier rang de leurs préoccupations. En effet, le sens n'est pas attaché à une forme, mais à la relation que cette forme entretient avec toutes les autres. La question pertinente que nous devons nous poser n'est pas de savoir ce que signifient ces dessins, mais *comment* ils signifient. En effet, la première question reste complètement hypothétique et à jamais invérifiable, alors que la seconde est susceptible d'être étudiée rigoureusement avec un arsenal de moyens, notamment ceux de l'analyse statistique des données et de l'intelligence artificielle (la théorie des langages), qui ont fait leurs preuves dans d'autres domaines des sciences humaines comme la sémiologie et la linguistique (Rich, 1983 ; Sabah, 1988, 1989 ; Winston, 1988).

Il est légitime de penser que l'art pariétal et l'art mobilier, soumis à des contraintes techniques différentes, répondent à des fonctions différentes de l'ordre du personnel / collectif, solennel / quotidien, profane / sacré, etc. En tout cas, du point de vue analytique qui est le nôtre, il n'est pas possible d'étudier de la même façon le décor géométrique d'une sagaie et l'ornementation mo-

numentale de la Rotonde de Lascaux. De plus, par rapport à notre objectif qui est d'étudier les associations thématiques, il faut dire que l'art mobilier est relativement pauvre en associations (que cela tienne à des raisons fonctionnelles ou simplement à l'exiguïté des supports). Nous nous limiterons donc dans cette étude à l'art pariétal.

Toutes les recherches récentes sur l'art pariétal ont confirmé l'intuition de Max Raphaël et les travaux de Leroi-Gourhan concernant le caractère organisé du décor des grottes ; l'idée d'une " syntaxe figurative " (A. Leroi-Gourhan) ou d'une " construction symbolique " (D. Vialou) est aujourd'hui largement admise. Les auteurs ont insisté tantôt sur le choix non aléatoire des motifs, tantôt sur la disposition spatiale des figures. Seul le premier aspect sera abordé dans ce travail, car il nous a semblé logique d'aborder la question des associations thématiques en premier lieu, l'étude de la disposition relative des figures et des différents traitements graphiques dont elles ont fait l'objet ne prenant tout son sens qu'une fois établie l'existence de règles concernant le choix des thèmes.

2. LES DONNÉES

Les éléments graphiques que nous avons à étudier sont d'une très grande variété formelle. Ils sont traditionnellement divisés en représentations figuratives et non figuratives, ces dernières couramment appelées " signes ". Cette division est commode, mais en grande partie arbitraire et génératrice de confusion. En effet, d'un point de vue sémiologique, tout est signe (Eco, 1972). Qu'elle soit d'aspect figuratif ou non figuratif, l'image ne renvoie pas à elle-même, mais à toute une série de concepts associés. Dans l'iconographie chrétienne par exemple, un Christ en majesté et une simple croix peuvent véhiculer la même idée. Avec l'art paléolithique, la difficulté vient du fait que nous sommes en présence d'un système conventionnel dont nous ignorons bien évidemment les conventions.

Dans le cas des représentations non figuratives, le problème de classification est déterminant (Sauvet, Sauvet et Włodarczyk, 1977). Parmi de nombreux choix typologiques possibles, ceux que nous faisons ne sont pas neutres puisqu'ils imposent arbitrairement une structure qui vient se superposer à la structure propre des documents paléolithiques. Nous courons en permanence le risque que les classes que nous croyons découvrir ne soient qu'un reflet de notre propre typologie (Sauvet, 1990, 1993).

Dans le cas des représentations figuratives, le problème, s'il n'est pas complètement absent, se pose néanmoins de façon moins aiguë. En effet, alors que les difficultés typologiques concernent la totalité des représentations non figuratives, dans le cas de l'art pariétal animalier, seuls quelques cas marginaux poseront des problèmes d'identification et de regroupement. En termes statistiques, la difficulté n'est donc pas du tout du même ordre de grandeur. Ce sont ces considérations méthodologiques qui nous ont poussés à choisir le sous-ensemble des représentations pariétales figuratives pour mettre au point de nouvelles méthodes d'analyse structurale. Celles-ci pourront être étendues ultérieurement à l'ensemble de l'iconographie paléolithique.

2.1. MOTIFS

Nous avons commencé par dresser un inventaire quantitatif des motifs rencontrés. Notre premier objectif étant de mettre en évidence des régularités structurales à l'aide d'outils statistiques, seule l'information relative aux catégories les mieux représentées sera pertinente. Aussi regrettable que cela puisse paraître, les cas rares seront écartés par l'analyse. C'est ainsi que le sexe des animaux n'a pas pu être pris en compte car il est trop rarement déterminable. La seule distinction que nous avons pu conserver est celle du cerf et de la biche en raison de leur dimorphisme. Les espèces rarement figurées ont également été éliminées en utilisant un critère arbitraire, mais qui a le mérite d'être objectif : nous avons fixé un seuil à 0,5 % du total. Certaines espèces animales qui n'atteignaient pas ce seuil ont pu être regroupées avec des catégories existantes (les hémionides avec les chevaux, les saïgas avec les bouquetins, les mégacéros avec les cerfs). Cette décision est discutable dans son principe, mais pas dans ses conséquences, puisqu'il s'agit de cas très rares, donc numériquement insignifiants. D'autres espèces rares (oiseaux, loup, renard, mustélidé, etc.) ont été regroupées dans une catégorie hétérogène appelée "divers". À cette catégorie ont également été rattachées les figures imaginaires ou composites telles que les "antilopes" du Combel ou les "monstres" du Tuc d'Audoubert.

Le cas des figures indéterminables pose un problème particulier, car cette catégorie recouvre des situations très différentes : figures détériorées, figures incomplètes, figures *volontairement* ambigus, etc. Nous avons enregistré, dans chaque panneau, la présence de ces figures d'espèce

Tabl. 1. — Les 14 motifs figuratifs identifiables de l'art pariétal paléolithique (nombre d'unités figuratives et nombre de panneaux comportant le thème).

Table 1. — *The 14 figurative motifs in Palaeolithic Parietal Art (number of figurative units and number of panels).*

Motif	Symbole	Nombre de figures	(%)	Thèmes
Cheval	Ch	946	28,7	457
Bison	Bn	730	22,2	307
Bouquetin	Bq	312	9,5	201
Biche	Bi	239	7,3	122
Mammouth	Ma	257	7,8	135
Aurochs (Bos)	Bo	200	6,1	125
Cerf	Ce	192	5,8	119
Renne	Re	123	3,7	64
Anthropomorphe	An	114	3,5	75
Ours	Ur	47	1,4	36
Lion	Li	41	1,2	31
Poissons	Po	33	1,0	15
Rhinocéros	Rh	18	0,5	13
Divers	Di	43	1,3	31
TOTAL		3 295	100	1 731

indéterminée, mais l'information a finalement été écartée en raison même de son ambiguïté, car nous avons estimé préférable de traiter ce cas à part. C'est donc finalement 14 motifs identifiables que nous aurons à traiter (tabl. 1).

2.2. L'UNITÉ SÉMIQUE : PANNEAU

Si la disposition des figures dans les grottes est porteuse de sens, l'unité sémique — analogue à ce qu'est la phrase pour un énoncé linguistique — doit être ce que le préhistorien appelle un "panneau". La difficulté vient du fait qu'en principe les limites d'un "panneau" en tant qu'unité sémique peuvent être conventionnelles, c'est-à-dire liées à des considérations syntaxiques ou sémantiques internes. Dans ce cas, elles seront difficiles à reconnaître a priori. Fort heureusement, les parois des grottes sont loin d'offrir un support régulier et illimité. Dans la majorité des cas, il y a des discontinuités naturelles que l'homme préhistorique a probablement perçues comme nous et dont il a usé, consciemment ou non, pour ponctuer son message. Lorsque la notion de panneau en tant qu'espace physique limité nous a semblé trop évanescence, dans le cas de grottes-couloirs comme Les Combarelles ou Font-de-Gaume par exemple, nous avons préféré renoncer à une division arbitraire. Il nous semble que l'erreur porte

moins à conséquence sur le plan de la signification si l'on rassemble à tort deux panneaux que si l'on morcelle abusivement un panneau ⁽¹⁾. Malgré ce choix qui tend probablement à agréger des messages qu'il aurait fallu subdiviser, le nombre de motifs figuratifs différents dans un panneau ne dépasse jamais 6 sur 14 (fig. 1).

L'hétérogénéité chronologique peut également être une cause d'erreur. Toutefois les cas d'accumulation de figures sur les mêmes panneaux pendant de longues périodes de temps semblent beaucoup moins fréquents qu'on ne le pensait au temps de l'abbé Breuil. A. Leroi-Gourhan et D. Vialou ont dit ce qu'il fallait penser des "bisons périgordiens" du sanctuaire des Trois-Frères ou du bouquetin "archaïque" du camarin du Portel. Les quelques cas où il y a des différences chronologiques flagrantes entre les représentations d'un même panneau (El Castillo, galerie aurignacienne des Trois-Frères, etc.) ont été écartés de notre corpus.

2.3. LA RÉDUCTION THÉMATIQUE

Dans la suite, nous appellerons *thème* la présence d'un motif dans un panneau, *quels que soient le nombre, la qualité et la disposition relative des individus qui le représentent*. Un panneau composé d'un troupeau de bisons et d'un protomé de cheval sera – provisoirement – considéré comme équivalent à un panneau constitué d'une troupe de chevaux et d'une tête de bison. Ainsi une association thématique désignera simplement la *co-occurrence de motifs différents*. On notera qu'un motif est une entité abstraite alors qu'un thème est une *réalisation* de ce motif, dans un espace limité, à l'aide d'une ou plusieurs unités graphiques.

L'idée de réduire un panneau à ses thèmes constitutifs était déjà présente dans les travaux de Leroi-Gourhan qui appelait *sujet de composition* ce que nous appelons thème (mais à ce stade de l'analyse, nous préférons éviter de parler de composition). Nous reprenons la procédure à notre compte d'une manière explicite bien qu'elle ait été critiquée (Vialou, 1986 ; Ucko, 1992). Il est

vrai que cette approche peut paraître choquante parce que nous touchons au domaine de l'art, mais elle est entièrement justifiée dans le cadre d'une démarche structuraliste. Elle est de pratique courante dans d'autres domaines. C'est elle par exemple qui a permis à Lévi-Strauss de déceler des homologues, des réciprociétés, des correspondances de toutes sortes parmi des centaines de mythes sud-américains profondément différents au premier degré (Lévi-Strauss, 1964). C'est elle encore qui a permis de reconnaître, dans plusieurs centaines de contes merveilleux, un nombre limité de *fonctions* des personnages et de ramener leur immense diversité apparente à quelques éléments morphologiques récurrents (Propp, 1970). C'est elle enfin qui autorise le linguiste à analyser toute phrase selon le modèle syntaxique "sujet-prédicat" (ou "syntagme nominal-syntagme verbal")... même si cette phrase est extraite du plus admirable poème. Il n'y a pas de sacrilège à poursuivre une démarche analytique.

En ce qui concerne l'art pariétal paléolithique, il est incontestable que l'iconographie figurative tourne autour d'un nombre limité de motifs et que certains d'entre eux sont de véritables leit-motifs (n'oublions pas que globalement chevaux et bisons représentent à eux seuls la moitié des représentations ; cf. tabl. 1). La question que nous voulons poser concerne la possibilité de déceler des régularités dans les co-occurrences de motifs ; il est légitime que nous nous donnions les moyens d'y répondre ⁽²⁾.

Nous avons montré précédemment que le nombre moyen d'individus par thème était très variable selon les espèces (Sauvet, 1988). Il est possible que ce nombre soit directement lié à l'espèce représentée, soit d'un point de vue zoologique (comportement grégaire / solitaire), soit d'un point de vue symbolique et que le choix du nombre de représentants soit par conséquent secondaire par rapport au choix du thème, ou plus exactement *subordonné* à celui-ci, au même titre que toutes les autres caractéristiques morpho-syntaxiques que nous nous réservons d'étudier dans un deuxième

(1) L'intérêt pour l'organisation spatiale des grottes ornées étant relativement récent, les limites naturelles des ensembles peints ou gravés sont rarement figurées dans les monographies anciennes. Il est donc souvent difficile de réaliser le découpage en panneaux sur publication, alors que cette opération peut être pratiquée *de visu*, sans difficulté majeure, dans de nombreux cas. Nous ne cachons pas cependant que cette étape est la plus délicate de notre travail et probablement la principale cause d'erreur. Nous estimons à environ 10 % les cas susceptibles de prêter à discussion.

(2) D. Vialou qui critique "le passage du pluriel au singulier" franchi par certains présente néanmoins dans son travail sur les grottes ariégeoises magdaléniennes un long paragraphe consacré aux *liaisons figuratives interspécifiques* qui ne sont pas autre chose que nos associations thématiques (Vialou, 1986, pp. 368-371). Loin de toute idée polémique, nous voulons seulement faire remarquer que la question de l'existence de choix symboliques s'exerçant au niveau des espèces se pose dans toute recherche. Nous avons simplement choisi de l'aborder en priorité.

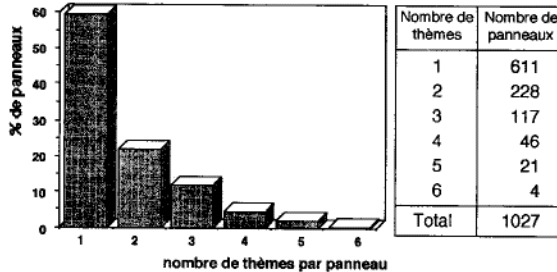


Fig. 1. — Histogramme des panneaux en fonction du nombre de thèmes qu'ils renferment.

Fig. 1. — *Histogram of panels by number of themes.*

temps. Nous pensons simplement que, d'un point de vue méthodologique, la question des associations thématiques peut être traitée séparément et qu'elle doit l'être en priorité.

2.4. LE CORPUS

Le corpus de données que nous avons rassemblé à partir de 84 sites comporte 3 295 unités figuratives réparties en 1 027 panneaux, ce qui, compte tenu de la réduction thématique envisagée, correspond à un total de 1 731 occurrences de motifs. En moyenne, un thème est représenté par un peu moins de deux individus ($3\,295/1\,731 = 1,9$).

On constate que le nombre de panneaux décroît rapidement lorsque le nombre de thèmes aug-

mente (fig. 1). Les panneaux monothématiques sont largement les plus nombreux, ce qui indique un système sémiologique assez pauvre sur le plan combinatoire.

Une fois retranchés les 611 panneaux monothématiques, nous ne disposons finalement que de 416 *panneaux-messages* pour étudier les associations interthématiques, ce qui est bien peu d'un point de vue statistique. On comprendra qu'il n'a pas été possible de subdiviser encore ce corpus en sous-ensembles régionaux et chronologiques, comme nous l'aurions souhaité afin de pouvoir examiner le développement de particularités locales et leur évolution au fil du temps : cela aurait conduit à des ensembles de taille insuffisante. Ce point très important sera repris dans la discussion des résultats globaux fournis par ce corpus dont l'homogénéité est donc a priori contestable.

Il est également intéressant de noter que les 416 panneaux polythématiques de notre corpus ne représentent que 162 *types* différents (cf. annexe). Beaucoup de types, notamment les plus complexes, ne sont connus qu'en un seul exemplaire, tandis que d'autres sont répétés en de multiples occurrences (par exemple la dyade cheval-bison : 45 fois).

Notre corpus se présente donc comme une liste de 416 *panneaux-messages* constitués de 2 à 6 thèmes choisis parmi 14 motifs. Une telle liste peut aisément être convertie en un tableau de co-occurrences des motifs, tableau symétrique de 14 x 14 (tabl. 2) qui peut alors être traité par des

Tabl. 2. — Tableau des liaisons inter-thématiques (co-occurrences des motifs figuratifs). Les symboles sont ceux du tableau 1.

Table 2. — *Inter-thematic links (co-occurrences of figurative motifs). For symbols, see table 1.*

	Ch	Bn	Bq	Bo	Ce	Bi	Ma	Re	Ur	An	Li	Rh	Po	Di
Ch	278	126	78	63	55	41	26	30	19	37	19	7	2	10
Bn	126	186	52	13	23	22	30	30	13	27	4	6	4	9
Bq	78	52	135	33	38	24	14	16	8	16	3	2	3	4
Bo	63	13	33	96	32	16	8	2	3	11	4	2	1	2
Ce	55	23	38	32	97	31	5	4	3	7	1	1	1	4
Bi	41	22	24	16	31	76	0	4	1	6	1	0	1	2
Ma	26	30	14	8	5	0	50	8	7	5	0	4	0	1
Re	30	30	16	2	4	4	8	51	9	4	2	0	1	4
Ur	19	13	8	3	3	1	7	9	29	3	2	1	0	1
An	37	27	16	11	7	6	5	4	3	59	3	1	2	1
Li	19	4	3	4	1	1	0	2	2	3	21	1	0	3
Rh	7	6	2	2	1	0	4	0	1	1	1	10	0	0
Po	2	4	3	1	1	1	0	1	0	2	0	0	8	2
Di	10	9	4	2	4	2	1	4	1	1	3	0	2	19

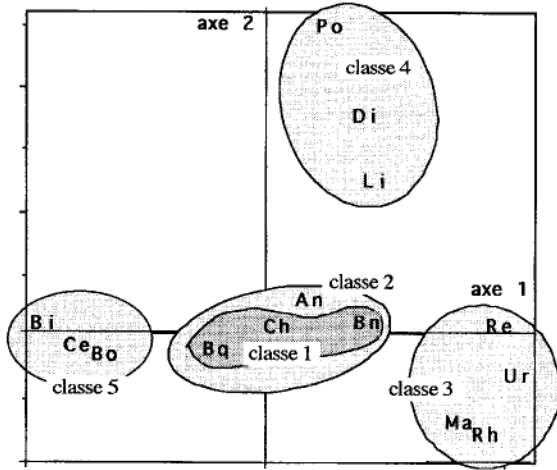


Fig. 2. — Analyse Factorielle des Correspondances. Projection dans le plan [1,2] (les domaines sont définis par la Classification Ascendante Hiérarchique, fig. 3). Les symboles sont ceux du tableau 1.

Fig. 2. — Factor Analysis. Projection in plane [1,2] (the domains are defined by Cluster Analysis, fig. 3). For symbols, see table 1.

méthodes statistiques telles que l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

3. ANALYSE STATISTIQUE

3.1. ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

L'Analyse Factorielle des Correspondances du tableau 2 montre, dans le plan de projection principal, une distribution très remarquable des motifs (fig. 2). Ceux qui apportent la plus grande contribution à la définition de l'axe 1 sont la biche, le cerf et l'aurochs d'un côté, et le mammouth, le renne et l'ours de l'autre. Cet axe qui représente 34 % de l'inertie du nuage peut en partie être interprété par le régionalisme. En effet, cerfs et biches sont particulièrement abondants dans les Cantabres et les mammouths en Périgord et en Quercy. Nous avons montré dans un travail précédent que ces deux espèces constituaient justement deux pôles antagonistes dans une analyse qui tenait compte à la fois de la distribution régionale et chronologique des motifs figuratifs (Sauvet, 1988). Le deuxième axe sépare le mammouth des motifs rares (lion, poissons et "divers"). Il est remarquable que le cheval, le bison et le bouque-

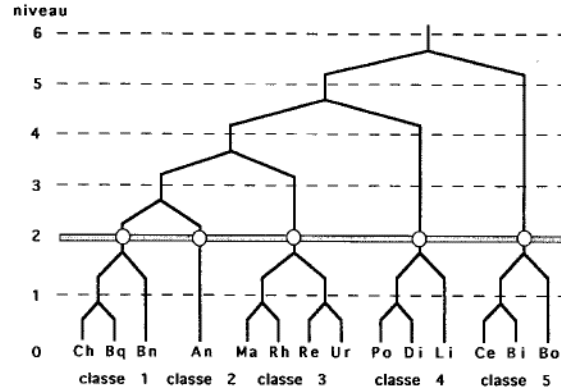


Fig. 3. — Classification Ascendante Hiérarchique. Noter la constitution de 5 classes dès le deuxième niveau d'agrégation. Les symboles sont ceux du tableau 1.

Fig. 3. — Cluster Analysis. Dendrogram scaled by levels of aggregation. For symbols, see table 1.

tin, qui sont les trois motifs principaux de l'iconographie paléolithique, sont presque au centre de gravité (et c'est également vrai sur les autres plans factoriels).

3.2. CLASSIFICATION ASCENDANTE HIÉRARCHIQUE

Une Classification Ascendante Hiérarchique (Jambu, 1978 ; Benzécri, 1984) sur les coordonnées factorielles permet de compléter l'analyse précédente. Le dendrogramme obtenu est présenté sur la figure 3 d'une manière un peu particulière qui consiste à placer chaque nœud à une hauteur proportionnelle à son rang dans l'arborescence. Cette présentation permet de montrer que les classes sont constituées très tôt. Ainsi, si l'on coupe l'arbre dès le 2^e niveau, on obtient déjà cinq classes :

- classe 1 : cheval, bouquetin et bison ;
- classe 2 : le thème "anthropomorphe" seul ;
- classe 3 : mammouth, rhinocéros, renne et ours ;
- classe 4 : poissons, lion et "divers" ;
- classe 5 : cerf, biche et aurochs.

Les contours de ces classes ont été reportés sur le premier plan de l'analyse factorielle (fig. 2). On constate qu'elles constituent des domaines indépendants, nettement séparés. Cette représentation montre clairement le rôle central joué par la classe 1 (Ch, Bn, Bq) qui est véritablement le pivot des assemblages, ainsi que la position particulière des humains et anthropomorphes, tout près du groupe central, et l'indépendance des trois groupes périphériques (classes 3, 4 et 5).

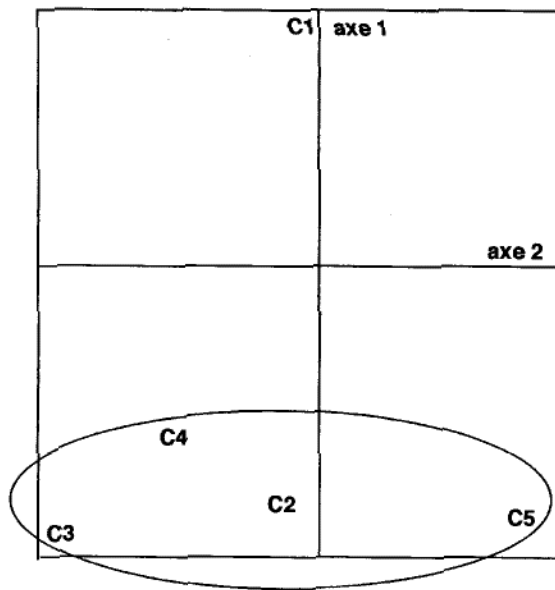


Fig. 4. — AFC des co-occurrences des cinq classes (C1 = Ch, Bq, Bn ; C2 = An ; C3 = Ma, Rh, Re, Ur ; C4 = Po, Di, Li ; C5 = Ce, Bi, Bo).

Fig. 4. — Factor Analysis of the co-occurrences of the five classes (C1 = Ch, Bq, Bn ; C2 = An ; C3 = Ma, Rh, Re, Ur ; C4 = Po, Di, Li ; C5 = Ce, Bi, Bo).

Cela suggère une hiérarchie des classes. Pour confirmer cette hypothèse, nous avons repris chaque "panneau-message" en remplaçant chaque thème par la classe à laquelle il appartient. Cela nous a permis de construire un tableau de co-occurrences des classes de 5 x 5 dont l'AFC est représentée sur la figure 4. On voit que la classe 1 s'oppose de la façon la plus nette aux quatre autres sur l'axe 1 qui représente à lui seul plus de 95 % de l'inertie du nuage. Cette opposition est confirmée par la CAH qui montre la réunion précoce des classes 2, 3, 4 et 5 et au contraire très tardive avec la classe 1. Cela confirme le rôle très particulier joué par cette dernière.

Dans les pages qui suivent, nous allons tenter d'utiliser ces données statistiques pour développer un modèle formel des associations de motifs figuratifs dans l'art pariétal paléolithique. Le passage de l'analyse statistique à l'analyse structurale est en effet une étape importante pour confirmer notre interprétation de l'art pariétal en tant que système de communication (Sauvet et Włodarczyk, 1992). La possibilité de traduire des données quantitatives dans un modèle formel cohérent confirmera que, derrière les chiffres, vivent des symboles.

4. ANALYSE STRUCTURALE

Nous avons vu que les 416 panneaux polythématiques de notre corpus comportant de 2 à 6 thèmes ne représentaient que 162 types différents, ce qui correspond à un taux de répétition moyen de 2,6. Pourtant, le nombre de types possibles est beaucoup plus élevé. Un calcul statistique simple indique en effet que le nombre de combinaisons de 14 motifs par groupes de 2 à 6 est de 6 461. Cette simple constatation est un premier argument en faveur de l'hypothèse selon laquelle la constitution thématique des panneaux est soumise à des règles de sélection.

Du point de vue structural, chaque panneau peut être considéré comme un réseau de liens entre thèmes. Bien que nous ignorions quels sont les liens significatifs, nous savons déjà, grâce au tableau des co-occurrences (tabl. 2), que certains liens se rencontrent plus fréquemment que d'autres. Faute d'une information détaillée sur la composition de chaque panneau, c'est cette information globale, de type statistique, que nous allons devoir exploiter pour déterminer quels sont les liens privilégiés qui existent soit entre les 14 motifs en général, soit entre les thèmes de chaque panneau examiné séparément.

4.1. "L'ARBRE OPTIMAL" DES QUATORZE MOTIFS

Pour étudier les relations de dépendance entre les motifs, nous avons utilisé une méthode mathématique issue de la théorie des graphes, qui a fait ses preuves dans le déchiffrement des codes et des langages (Apresjan, 1967). En effet, le tableau des co-occurrences (tabl. 2) peut être considéré comme la matrice associée à un graphe complet, chaque couple de motifs représentant une arête du graphe et son "poids" étant proportionnel au nombre total d'associations des deux motifs.

Il est possible de transformer un tel graphe cyclique en arbre en supprimant un certain nombre d'arêtes (par définition, un arbre est un graphe connexe dépourvu de cycles). Un algorithme particulier utilisé en recherche opérationnelle permet d'obtenir, parmi les différents arbres possibles, celui que l'on appelle "arbre de valeur optimale" (*algorithme de Kruskal* ; Pelletier, 1971). La procédure consiste à supprimer les arêtes de moindre valeur, de manière à ne conserver que celles dont les valeurs sont optimales (maximales ou minimales selon le but recherché).

Dans notre cas, nous avons appliqué l'algorithme de Kruskal de manière à obtenir l'arbre

des associations les plus puissantes, puisque nous cherchons à matérialiser les lignes de force principales (fig. 5). Il est intéressant de noter que cette méthode recoupe bien la méthode de la CAH, tout en apportant quelques précisions supplémentaires sur les liens entre motifs. Conformément à la CAH, la classe 1 se présente comme la "racine" de l'arbre et les autres classes constituent autant de branches directement reliées à cette racine. En outre, l'algorithme de Kruskal montre que la classe 3 est composée de deux sous-groupes distincts (mammouth-rhinocéros et renne-ours) directement liés au bison, de même que l'anthropomorphe (classe 2). Quant à la classe 5, elle est liée directement au bouquetin par le cerf. Enfin le lion apparaît comme l'élément dominant de la classe 4 (en liaison directe avec le cheval).

4.2. GRAMMAIRES FORMELLES

Pour aller plus loin, nous allons faire l'hypothèse que la sélection des thèmes qui entrent dans la constitution d'un panneau est régie par des lois internes. L'objectif que nous nous fixons est de construire un modèle capable de rendre compte de la structure apparente des panneaux. Si ce but peut être atteint, c'est-à-dire si nous parvenons à édicter un ensemble cohérent de *règles de combinabilité* (ce qu'en théorie des langages formels on appelle des "règles de production") permettant de prévoir les types de panneaux qui existent et ceux qui n'existent pas, alors ces règles pourront être considérées comme une *grammaire formelle* de l'art pariétal paléolithique, ou plus exactement comme un modèle d'une telle grammaire.

Lorsque nous allons tenter d'écrire des règles de production applicables à l'art pariétal paléolithique, nous allons rencontrer des difficultés liées spécifiquement à la petite taille de notre corpus et à notre incertitude quant à son homogénéité. En effet le problème qui se pose est de savoir si nous voulons obtenir une grammaire entièrement *déterministe*, capable de produire la totalité des panneaux existants ou si nous acceptons qu'elle ne soit que *probabiliste*, c'est-à-dire qu'elle ne rende compte que des tendances les plus profondes, celles qui sont susceptibles de transcender les éventuels particularismes régionaux et évolutions diachroniques. Dans ce cas, quelle sera notre tolérance ? Ce sera évidemment affaire de compromis entre notre souhait d'être le plus déterministe possible et le souci de simplicité (en effet une trop grande complexité des règles serait suspecte de masquer la superposition de plusieurs sys-

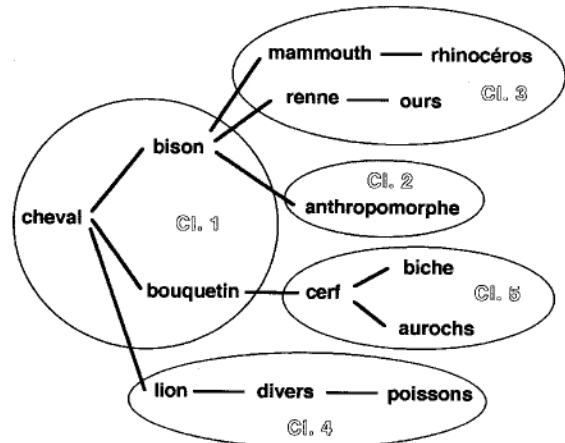


Fig. 5. — "Arbre de valeur optimale" obtenu par application de l'algorithme de Kruskal au graphe dont la matrice associée est le tableau 2.

Fig. 5. — "Shortest spanning tree" obtained from the graph described by the matrix of table 2 (Kruskal's algorithm).

tèmes). Pour résoudre ce problème bien connu en Intelligence Artificielle, il est habituel de faire appel à des procédures heuristiques⁽³⁾.

Nous avons développé deux approches complémentaires, l'une délibérément probabiliste dont le but est de mettre en évidence les éléments *les plus stables* du système, l'autre de type déterministe, partant d'une grammaire régulière (combinatoire totale) et visant à reconnaître différents types de *contraintes* qui réduisent la combinabilité.

4.2.1. Une "grammaire" de type probabiliste comme "réseau de liens"

Nous avons recherché le moyen de produire une grammaire par une procédure entièrement automatique, qui ne soit pas suspecte d'utiliser des règles "ad hoc". Pour ce faire, nous avons opéré selon l'algorithme suivant :

- 1) réduire le corpus aux panneaux-types en supprimant les répétitions ;

(3) "Often the solution of completely deterministic problems requires probabilistic techniques because at each step of the problem-solving process there is not enough information available to enable us to predict the outcome with certainty. In these situations, we use heuristics that represent the probabilistic information we need to help us move in the direction that is most likely to lead to a solution" (Rich, 1983, p. 187).

- 2) ordonner les thèmes selon l'ordre décroissant de leurs occurrences ;
- 3) en suivant cet ordre, combiner successivement chaque thème avec chacun de ceux qui le suivent et compter les occurrences des paires ainsi formées ;
- 4) éliminer les paires les moins fréquentes, c'est-à-dire celles dont le nombre d'occurrences est inférieur à un certain *seuil* (étape déterminant le caractère plus ou moins probabiliste de la grammaire) ;
- 5) réunir les paires par paquets en fonction de l'élément le plus fréquent qu'elles ont en commun.

L'application de cet algorithme aux données de notre corpus fournit un réseau des liaisons thématiques (ou réseau de transition). Le fait de fixer un seuil dans l'étape 4 donne à la démarche un caractère probabiliste, puisque le nombre de règles, ainsi que le nombre de types de panneaux produits va dépendre directement de la sévérité du seuil (tabl. 3). À titre d'exemple, voici le réseau que l'on obtient lorsque le seuil est fixé à 9 occurrences :

- 1) Ch → [Bn, Bq, Ce, Bo, Re, Bi, Ma, An, Ur, Li].
- 2) Bn → [Bq, Ce, Bo, Re, Bi, Ma, An, Ur].
- 3) Bq → [Ce, Bo, Re, Bi, Ma, An].
- 4) Ce → [Bo, Bi].
- 5) Bo → [Bi].

Ces "règles" se lisent de la façon suivante : "Prendre l'un des thèmes "principaux" (ou "têtes de règles" apparaissant à gauche de la flèche : Ch, Bn, Bq, Ce ou Bo) et le combiner avec l'un des thèmes figurant à droite de la flèche. Si ce dernier est lui-même "tête" d'une autre règle, la règle correspondante peut à son tour être appliquée".

Par exemple, ces règles seront capables de générer des panneaux tels que [Ch, Bn], [Ch, Bn, Bq], [Ch, Bn, Bq, Ce], [Ch, Bn, Bq, Ce, Bo] et [Ch, Bn, Bq, Ce, Bo, Bi] ou encore [Bn, Bq, An], [Bq, Ce, Bi], etc.

Le tableau 3 montre qu'une telle "grammaire probabiliste" devient de plus en plus déterministe au fur et à mesure que l'on abaisse le seuil, mais que cela s'accompagne d'une augmentation rapide du nombre de productions, celui-ci tendant vers le nombre de combinaisons aléatoires lorsque le seuil tend vers zéro⁽⁴⁾. Ce modèle entièrement algorithmique doit être considéré avant tout comme un moyen de mettre en évidence les principales tendances du système, le noyau structural le plus significatif. Il est remarquable que, même en appliquant un seuil très sévère (par exemple 9 occurrences au minimum), le réseau produit déjà près des 3/4 des panneaux existants et que,

Tabl. 3. — "Grammaire probabiliste" construite automatiquement à partir d'un corpus de 416 panneaux représentant 162 types différents. Influence du *seuil* (nombre minimal d'occurrences requises pour qu'une liaison thématique soit considérée comme significative) sur les performances.

Table 3. — "Probabilistic grammar" automatically produced from a data base of 416 panels corresponding to 162 different types. Influence of a threshold on the performance (threshold : minimal number of occurrences required for a thematic link to be taken as significant).

"Grammaire"	Nb. de règles	Nb. de types produits	Nb de types attestés	% du corpus (types)	Panneaux attestés (nb.)	% du corpus (panneaux)
Seuil = 11	4	60	55	34,0	282	67,8
Seuil = 10	4	66	59	36,4	293	70,4
Seuil = 9	5	82	67	41,4	308	74,0
Seuil = 8	5	129	85	52,5	331	79,6
Seuil = 7	7	178	96	59,3	343	82,5
Seuil = 6	7	180	97	59,9	344	82,7
Seuil = 5	7	196	99	61,1	346	83,2
Seuil = 4	8	378	120	74,1	369	88,7
Seuil = 3	10	804	138	85,2	391	94,0
Seuil = 2	11	1 881	151	93,2	404	97,1
Seuil = 1	12	6 225	162	100,0	416	100,0

parmi les panneaux écartés, la plupart ne sont attestés qu'une seule fois. En outre, ce sont souvent ceux qui comportent des motifs rares (rhinocéros, poissons et les motifs regroupés sous le nom de "divers"). En termes probabilistes, l'essentiel du système est déjà présent. C'est sans doute l'un des aspects les plus intéressants de ce formalisme que de permettre de révéler de façon simple et automatique le noyau du système, celui que l'on peut raisonnablement considérer comme invariant dans le temps et dans l'espace paléolithiques.

(4) Il peut sembler légitime de fixer le seuil de façon à ne pas générer de panneaux comportant plus de six thèmes puisque c'est le nombre maximal qui se présente dans notre corpus (cf. fig. 1). Dans ce cas, la valeur du seuil peut être déterminée automatiquement par l'algorithme. Il suffit de ne pas imposer de seuil dans l'étape 4 et de remplacer l'étape 5 par "Réunir les paires par paquets en fonction de l'élément le plus fréquent qu'elles ont en commun, jusqu'à ce que le nombre de 'têtes de règles' soit égal au nombre maximal d'éléments qui se rencontrent associés. L'application de l'algorithme ainsi modifié donne un seuil égal à 9 occurrences : c'est le modèle à cinq règles qui est présenté ci-dessus. Il génère un seul panneau à six thèmes (ChBnBqCeBoBi).

4.2.2. Une "grammaire" de type déterministe basée sur les classes

Nous avons développé une seconde approche volontairement déterministe utilisant les classes telles que celles-ci sont issues de l'analyse des données. En effet, l'analyse statistique a mis en évidence une partition des 14 motifs en cinq classes dont l'une semble jouer par rapport aux quatre autres un rôle hiérarchique particulier. Nous avons tenté d'utiliser cette notion dans l'écriture d'une grammaire formelle dont le point de départ est une grammaire régulière non contrainte (autorisant toutes les combinaisons théoriquement possibles).

Nous avons tout d'abord remplacé chaque thème par sa classe, puis nous avons décompté le nombre de combinaisons attestées dans notre corpus et nous l'avons comparé au nombre de combinaisons possibles (tabl. 4). L'opération a été conduite séparément pour les panneaux comportant 2, 3, 4, 5 et 6 thèmes.

La première remarque que l'on peut faire, c'est que le nombre des types de combinaisons qui ont été produits par les Paléolithiques est extrêmement réduit par rapport au nombre de combinaisons possibles : 162 sur 6 461, soit 2,5 %. Si notre corpus est représentatif de ce qui fut produit, cela signifie que la composition thématique d'un panneau était sans doute régie par des règles de combinabilité. Le fait que la composition thématique d'un panneau se répète plus d'une fois (le taux moyen de répétition des panneaux s'élève à 2,6) plaide en faveur de la représentativité de notre corpus, mais cela ne suffit pas pour prétendre qu'il renferme tous les types structurellement possibles. Il est probable que de futures découvertes viendront augmenter légèrement ce nombre de 162, mais il est fort peu probable qu'elles puissent bouleverser complètement les statistiques. Si l'on doublait le nombre de figures actuellement connues et si celles-ci s'associaient en panneaux de structures totalement différentes de celles déjà existantes, ce qui est doublement invraisemblable, le rapport des combinaisons attestées aux combinaisons possibles passerait seulement de 2,5 à 5 %, ce qui serait encore très significatif.

La seconde remarque que l'on peut faire, c'est que, comme on pouvait s'y attendre, la classe 1 joue un rôle très particulier. C'est la raison pour laquelle dans le tableau 4, nous avons seulement distingué le nombre d'éléments de la classe 1 et considéré de façon impersonnelle les éléments appartenant aux autres classes. On voit que les assemblages où la classe 1 n'est pas représentée sont rares. Sur 162 types différents attestés, seu-

Tabl. 4. — Structure des panneaux polythématiques codifiés selon les cinq classes de la CAH (C1 = Ch, Bq, Bn ; C2 = An ; C3 = Ma, Rh, Re, Ur ; C4 = Po, Di, Li ; C5 = Ce, Bi, Bo).

Table 4. — Coded structure of polythematic panels, according to the five classes revealed by the Hierarchical Ascending Classification (C1 = Ch, Bq, Bn ; C2 = An ; C3 = Ma, Rh, Re, Ur ; C4 = Po, Di, Li ; C5 = Ce, Bi, Bo).

Nb total éléments	Éléments de C1	Éléments de C2 à C5	Combin. possibles	Combin. attestées	Productivité (%)
2	2	0	3	3	100
	1	1	33	25	75,8
	0	2	55	17	30,9
3	3	0	1	1	100
	2	1	33	20	60,6
	1	2	165	33	20,0
	0	3	165	5	3,0
4	3	1	11	5	45,5
	2	2	165	21	12,7
	1	3	495	8	1,6
	0	4	330	0	0
5	3	2	55	10	18,2
	2	3	495	10	2,0
	1	4	990	0	0
	0	5	462	0	0
6	3	3	165	1	0,6
	2	4	990	3	0,3
	1	5	1 386	0	0
	0	6	462	0	0
TOTAL			6 461	162	2,5

lement 22 ne comportent aucun élément de la classe 1 (17 dyades et 5 triades, soit moins de 14 %). Le tableau 4 montre en outre que la productivité, c'est-à-dire le rapport du nombre de combinaisons attestées au nombre de combinaisons possibles diminue quand le nombre d'éléments de la classe 1 diminue (alors que le nombre de combinaisons théoriquement possibles augmente) ; et ceci de manière systématique pour les dyades, triades, tétrades, pentades et hexades. Pour les pentades et les hexades, la présence d'un seul élément de la classe 1 se révèle même insuffisante : sur des nombres théoriques importants (990 pentades, 1 386 hexades), aucune structure avec un seul élément de la classe 1 n'est attestée.

La figure 6 présente les mêmes données que le tableau 4 sous une forme graphique. On voit que les types de panneaux qui sont attestés peuvent être déduits les uns des autres par adjonction progressive d'éléments, selon une procédure récursive qui aboutit à une structure arborescente. Tous les panneaux attestés sont concentrés dans la partie supérieure du graphe, la partie inférieure

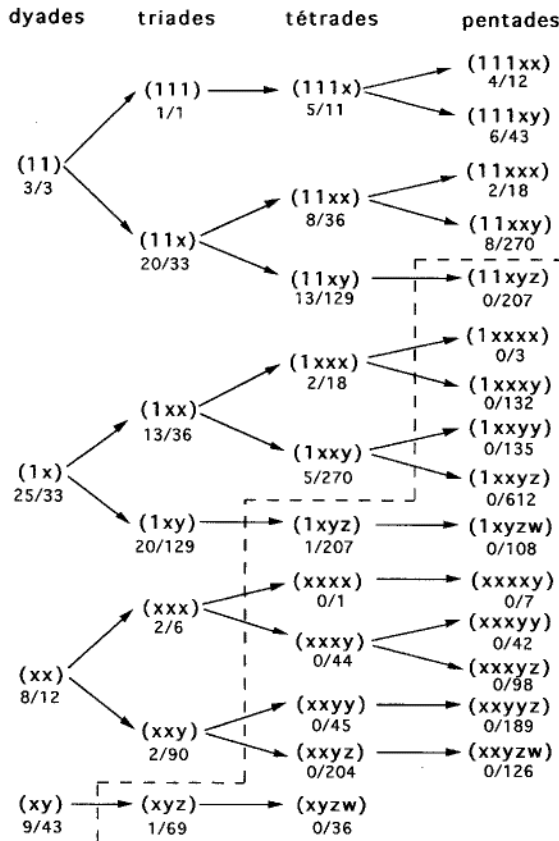


Fig. 6. — Construction des panneaux polythématiques par adjonction progressive d'éléments (1 = élément de la classe 1 ; x, y, z, w : élément de l'une des 4 autres classes). Sous chaque type, sont indiqués le nombre de combinaisons attestées et le nombre théorique de combinaisons.

Fig. 6. — Constitution of the polythematic panels by successive addition of elements. (1 = Class 1-element ; x, y, z, w : element of one of the 4 remaining classes). Below each type, are indicated the number of known combinations and the theoretical number of combinations.

n'ayant pratiquement donné lieu à aucune production. Finalement, on constate que les structures attestées sont assez peu variées lorsqu'on les exprime à l'aide de ce symbolisme de classes. Il est remarquable, par exemple, que toutes les tétrades renferment au moins un élément de la classe 1 et que toutes les pentades en ont au moins deux ; ou encore que l'on ne trouve pratiquement jamais associés trois éléments appartenant à trois classes différentes, xyz (en tant que triade, une seule fois ; dans une tétrade, une seule fois avec un élément de la classe 1 ; dans une pentade, jamais).

L'inexistence d'un grand nombre de types de combinaisons est importante à souligner, car c'est, à notre avis, la meilleure preuve que la composition thématique des panneaux est en soi porteuse de sens et cela justifie a posteriori notre choix d'étudier les associations thématiques en tant que telles. En effet, si la combinabilité des thèmes animaliers est tellement restreinte, c'est que des contraintes, très probablement des contraintes d'ordre sémantique, sont à l'œuvre. En outre, le fait que ces contraintes se laissent aisément exprimer en termes de classes, telles que celles-ci nous ont été fournies par l'analyse statistique, tend à prouver que ces classes sont *sémiotiquement pertinentes*.

De telles contraintes récurrentes exprimées au niveau des classes vont se laisser facilement traduire dans un formalisme proche de celui des grammaires logiques, telles que les grammaires de métamorphose (Colmerauer, 1975) ou les grammaires de clauses définies (Pereira et Warren, 1980). Ces grammaires ont l'intérêt de se prêter aisément à une programmation dans un langage déclaratif tel que Prolog. A la différence des langages procéduraux classiques (Fortran, Pascal), Prolog est particulièrement adapté pour traiter les questions de l'intelligence artificielle, telles que les bases de données des systèmes-experts et surtout les grammaires formelles, intéressant aussi bien le langage naturel que les langages artificiels.

Le tableau 5 donne, à titre d'illustration, la charpente d'un programme Prolog constitué de 4 règles de réécriture et de 14 terminaux (les terminaux étant les 14 motifs). La première règle définit une dyade comme la concaténation de deux terminaux, la seconde définit une triade comme la concaténation d'une dyade et d'un terminal, etc. C'est ce que nous appellerons une *grammaire non contrainte*, car elle est capable de produire la totalité des 3 458 combinaisons possibles parmi lesquelles se trouvent évidemment les 158 types de panneaux attestés dans notre corpus (en se limitant aux panneaux comportant de 2 à 5 thèmes).

4.2.2.1. Contraintes structurales

Une telle grammaire n'a pas beaucoup d'intérêt en soi, puisque cela revient à une simple combinatoire. Cependant, nous avons vu que certains types étaient très rares et que beaucoup étaient même inexistants. Nous allons donc pouvoir supprimer certaines structures (celles qui sont improductives dans la figure 6) en appliquant des contraintes qui interdiront leur production. Nous

Tabl. 5. — Grammaire “régulière” autorisant toutes les combinaisons possibles de 2 à 5 thèmes.

Table 5. — “Regular Grammar” producing all combinations from 2 to 5 themes.

Version 0 : grammaire non contrainte	Combin. produites	Combin. attestées
dyade → te + te	91	45
triade → dyade + te	364	59
tétrade → triade + te	1 001	34
pentade → tétrade + te	2 002	20
te → Ch, Bn, Bq, An, Ma, Rh, Re, Ur, Po, Di, Li, Ce, Bi, Bo	-----	-----
	3 458	158

appellerons *contrainte structurale* une information qui rend impossibles certaines combinaisons de classes.

Ces contraintes structurales, écrites en langage Prolog, effectuent les contrôles suivants :

- pas de tétrade sans au moins un élément de la classe 1 ;
- pas de pentade sans au moins deux éléments de la classe 1 ;
- si un panneau renferme trois éléments (ou plus) n'appartenant pas à la classe 1, ces éléments n'appartiennent pas à trois classes différentes.

On peut voir sur la figure 6 que l'application de ces contraintes élimine toutes les structures qui sont situées au-dessous du pointillé. Ce faisant, nous devons abandonner l'idée de construire une grammaire totalement déterministe, puisque celle-ci n'est plus capable de générer la totalité des messages effectivement produits. La performance d'une telle grammaire s'évaluera par sa plus ou moins bonne adéquation au corpus. Dans l'exemple ci-dessus, la grammaire ne génère plus que 1 193 types de panneaux parmi lesquels se trouvent 156 types de panneaux attestés (sur un total de 158, ce qui est encore très honorable, si l'on tient compte des possibilités d'erreur dans la définition des panneaux évoquées plus haut) (tabl. 6).

4.2.2.2. Contraintes individuelles

Au point où nous sommes parvenus, nous disposons d'un ensemble de règles de réécriture qui génère près de 99 % des types de panneaux figuratifs attestés dans l'art pariétal paléolithique. Les contraintes appliquées sont pourtant assez sévères puisqu'elles réduisent la production au tiers environ des combinaisons théoriquement possi-

Tabl. 6. — Grammaire de type déterministe obtenue en ajoutant des contraintes structurales limitant la combinabilité des classes à la grammaire régulière du tableau 5.

Table 6. — Quasi-deterministic grammar using structural constraints (limiting the class combinability).

Version 1 : grammaire avec “contraintes” structurales	Combin. produites	Combin. attestées
dyade → te + te	91	45
triade → dyade + te		
+ contraintes-triades	295	58
tétrade → triade + te		
+ contraintes-tétrades	464	33
pentade → tétrade + te		
+ contraintes-pentades	343	20
te → Ch, Bn, Bq, An, Ma, Rh, Re, Ur, Po, Di, Li, Ce, Bi, Bo	-----	-----
	1 193	156

bles. Ce résultat est en soi digne d'intérêt, car il confirme qu'au delà des inévitables variations régionales et chronologiques, l'art pariétal repose sur des fondements culturels relativement stables. La notion de classes sémantiques à laquelle nous aboutissons révèle sans doute une structure cognitive commune aux différents groupes humains.

Il est encore possible d'améliorer la performance de notre modèle en ajoutant à chaque règle des contraintes portant sur le choix des thèmes eux-mêmes et non plus sur des classes entières comme précédemment. C'est ce que nous appellerons des *contraintes individuelles*. Nous avons trouvé que ces contraintes pouvaient s'exprimer par des relations logiques correspondant à deux types de *connecteurs logiques* bien connus : l'implication et l'incompatibilité.

L'*implication* ($X \supset Y$) signifie que la présence d'un thème X n'est possible que si un autre thème Y est également présent. L'exemple le plus net est celui du lion qui implique la présence d'un cheval lorsqu'un ou plusieurs éléments de la classe 1 sont présents (on trouvera ChLi..., ChBnLi..., ChBqLi..., ChBnBqLi..., mais pas BnLi..., BqLi..., BnBqLi...). Un autre exemple concerne le rhinocéros qui nécessite la présence du mammoth lorsque deux éléments ou plus de la classe 3 sont présents : des combinaisons telles que MaRh..., MaRhRe..., MaRhUr... sont possibles, alors que RhRe..., RhUr..., RhReUr... ne le sont pas.

Le second connecteur logique que nous avons identifié est l'*incompatibilité* entre deux éléments ($X \mid Y$), ce qui signifie que la présence de X exclut celle de Y et réciproquement. Les exemples les plus caractéristiques sont : Ma | Bi, Ma | Li et Ce | Li.

Etant donné leur forme logique, ces contraintes individuelles sont faciles à exprimer en langage Prolog ; elles réalisent les contrôles suivants :

- pas de lion en absence du cheval dans les panneaux qui comportent un ou plusieurs éléments de la classe 1 ;
- pas de rhinocéros en absence de mammoth dans un panneau qui comporte deux éléments ou plus de la classe 3 ;
- pas de co-occurrence An-Di, An-Po, Ma-Po, Ma-Li, Ma-Bi, Rh-Di, Rh-Po, Rh-Bi, Re-Po, Ur-Po, Po-Li, Po-Bo, Li-Ce.

L'introduction de ces contraintes supplémentaires dans notre modèle formel améliore sensiblement ses performances (tabl. 7). L'adéquation au corpus demeure excellente (156 panneaux sur 158, soit près de 99 %), bien que le nombre total de productions soit fortement restreint (660 sur 3 458 combinaisons possibles, soit 19 %).

Il faut noter que ces contraintes s'appliquent de façon constante et systématique à toutes les règles, sans aucune exception. Il est permis de penser qu'elles reposent sur des contraintes sémantiques inhérentes au système de pensée paléolithique.

5. DISCUSSION

Le point essentiel qui ressort de ce travail, c'est que la combinabilité des motifs figuratifs est apparemment très réduite dans l'art pariétal. Une explication triviale pourrait être la non-représentativité de notre corpus due à sa taille insuffisante, mais nous avons déjà discuté les raisons pour lesquelles cela paraissait improbable. Si l'on admet que le corpus est représentatif, alors il faut admettre que la plupart des combinaisons qui ne sont pas attestées n'ont pas été produites pour des raisons propres à la pensée des Paléolithiques. Bien entendu il est également probable que certaines combinaisons, virtuelles dans le système, n'aient pas été réalisées ou qu'elles ne figurent pas dans notre corpus (qui ne représente qu'une partie de ce qui est connu, qui n'est elle-même qu'une partie de ce qui fut produit).

Il est remarquable que les différentes approches que nous avons présentées sont convergentes. Le modèle probabiliste, construisant automatiquement des règles de production à partir des liaisons les plus fréquemment rencontrées, permet de révéler les structures-types les plus fortes. On constate par exemple qu'avec un seuil fixé à 9 occurrences, presque tous les panneaux générés

Tabl. 7. — Grammaire de type déterministe obtenue en ajoutant des contraintes structurales et des contraintes individuelles à la grammaire régulière du tableau 5.

Table 7. — *Quasi-deterministic grammar using structural and individual constraints.*

Version 2 : grammaire avec "contraintes" structurales et individuelles	Combin. produites	Combin. attestées
dyade → te + te + contraintes-indiv	74	45
triade → dyade + te + contraintes-triades + contraintes-indiv	182	58
tétrade → triade + te + contraintes-tétrades + contraintes-indiv	241	33
pentade → tétrade + te + contraintes-pentades + contraintes-indiv	163	20
te → Ch, Bn, Bq, An, Ma, Rh, Re, Ur, Po, Di, Li, Ce, Bi, Bo	660	156

renferment au moins l'un des trois éléments : cheval, bison ou bouquetin (78 sur 82), ce qui confirme le rôle fondamental joué par ces trois espèces, rôle également mis en lumière par l'application de la théorie des graphes (arbre de Kruskal) et par l'analyse statistique des données (AFC et CAH).

Plus précisément, l'analyse des données a mis en évidence une partition des quatorze motifs figuratifs en cinq classes et la position hiérarchique dominante de l'une d'elles (cheval, bison, bouquetin) par rapport aux autres. C'est cette structuration que nous avons mise à profit pour élaborer un second modèle de type déterministe. Il a été ainsi possible d'exprimer de manière purement déductive des règles de production régissant la combinabilité des classes et les "contraintes" qui la restreignent. Il va sans dire qu'un tel modèle formel ne donne qu'une vision indirecte, sans doute très déformée, des motivations qui ont poussé les Paléolithiques à réaliser certaines combinaisons et pas d'autres. Nous sommes conscients du caractère artificiel de nos "contraintes" structurales et individuelles qui sont destinées à rendre compte des combinaisons qui *n'ont pas été produites* ; cette manière de procéder par la négative masque notre incapacité d'exprimer positivement les raisons d'ordre sémantique pour lesquelles telle ou telle combinaison a pu être produite. Lorsqu'un thème "implique" la présence d'un autre thème, cela signifie probablement qu'ils appartiennent à

des champs sémantiques qui sont dans un rapport d'inclusion ; au contraire, lorsque deux thèmes sont " incompatibles ", c'est qu'ils appartiennent à des champs sémantiques en rapport d'exclusion. En conséquence, les deux modèles formels que nous proposons représentent la *forme du sens* de l'art pariétal préhistorique (5).

Que peut-on dire de cette " grammaire sémantique " sans se laisser entraîner au-delà des données purement structurales fournies par l'analyse ? Il semble que la partition hiérarchique des motifs en classes révèle un système de pensée beaucoup plus complexe que ne l'avait pressenti Leroi-Gourhan. Nous sommes tentés de considérer que cette complexité est liée, d'une manière ou d'une autre, à un mode de pensée taxinomique, c'est-à-dire probablement à une certaine conception de l'organisation du Monde. En effet, c'est une constante de l'esprit humain que de se donner l'Univers pour objet de pensée et de tenter de mettre de l'ordre dans ce qui apparaît au premier abord comme un gigantesque chaos. Or, tous les systèmes classificatoires que l'ethnologie nous a fait connaître fonctionnent sur le mode taxinomique (Lévi-Strauss, 1962) ; c'est sans doute parce que ce type de classification présente des avantages en terme d'économie et de mémorisation et qu'il est bien adapté au fonctionnement de l'esprit humain. Une classification taxinomique étant une partition exhaustive hiérarchisée a l'avantage de préserver la notion de continuité de l'Univers tout en créant des concepts discontinus faciles à manipuler. Aller au-delà de cette simple hypothèse, dans l'état actuel de nos connaissances, serait encourir le reproche que nous faisons à d'autres.

En ce qui concerne les modèles eux-mêmes, ils ne vont pas sans poser toute une série de questions, en raison même de leurs performances qui sont surprenantes et, disons-le, presque inattendues. Notre modèle " déterministe ", par exemple, tient en quelques règles aisément écrites en langage Prolog et quelques contraintes bien définies qui s'appliquent de façon systématique et récurrente. Si notre corpus avait été la réunion artificielle de panneaux appartenant à plusieurs systèmes différents (ou s'il n'y avait pas du tout de

système), il est probable qu'il aurait fallu écrire une multitude de règles " ad hoc " et prévoir de nombreux cas particuliers pour rendre compte tant bien que mal de l'ensemble du corpus. Mais tel n'a pas été le cas et la conclusion s'impose à nous : en dépit de l'extension géographique et chronologique des données rassemblées, celles-ci admettent une forme sémantique unique.

La question de la durée n'est pas la plus délicate. D'abord, il convient de relativiser la portée de la critique, car la plus grande partie de notre corpus est attribuable au Magdalénien : c'est donc une fourchette maximale de 4 à 5 000 ans qu'il faut considérer. Bien que cela soit difficile à admettre pour nous qui vivons une période où de formidables bouleversements technologiques, sociaux et culturels se sont produits en moins d'un siècle, il faut croire qu'en l'absence de modifications profondes des structures sociales et des modes de vie, il n'y a pas eu, au cours du Magdalénien, de bouleversement culturel susceptible de remettre fondamentalement en cause le système de croyances.

Quant aux variations régionales, il n'est pas question de nier leur existence, mais nous voudrions attirer l'attention sur le fait qu'elles sont presque exclusivement de nature quantitative. Tel ou tel motif peut être plus ou moins fréquent dans telle ou telle région (voire même absent), mais il n'y a pas de motif qui soit spécifique d'une région. Les différences que l'on peut noter d'une région à l'autre traduisent des préférences, des choix, qui ne remettent pas nécessairement la structure en cause (il y a bien entendu des différences plus subtiles qui concernent les modes d'assemblage et les styles, mais nous avons été obligés de renoncer provisoirement à les prendre en compte).

Incompatibilité mammoth-biche

Ce point de la discussion est important, car la tendance actuelle chez de nombreux spécialistes est de mettre l'accent sur les différences au détriment de ce qui fait l'unité. C'est pourquoi nous voudrions prendre un exemple pour nous faire mieux comprendre. Revenons un instant sur l'une des contraintes que nous avons mises en évidence, à savoir l'incompatibilité entre le mammoth et la biche. Il est vrai que les deux animaux ont des distributions géographiques très différentes : la biche dans la région cantabrique et le mammoth en Périgord, en Quercy et dans la vallée du Rhône (Sauvet, 1988). On peut donc envisager a priori qu'ils appartiennent à des systèmes différents.

(5) Notons qu'il serait possible d'unifier ces deux modèles en abaissant le seuil du premier jusqu'à zéro et en y ajoutant des contraintes comme dans le second. Il serait alors intéressant d'envisager différemment la question des contraintes, par exemple sous la forme d'annotations attachées à chaque motif (attributs prenant des valeurs particulières) et empêchant d'emprunter certaines arêtes du réseau de liens.

Pourtant, les deux motifs coexistent dans plusieurs sites (El Pindal, El Castillo, Bernifal, Les Combarelles, Ebbou, etc.), mais ils n'apparaissent *jamais* ensemble : ils sont toujours localisés dans des panneaux différents. En revanche, le mammouth et le cerf sont pour leur part associés cinq fois (notamment aux Combarelles et à Ebbou, fig. 7 et fig. 8). C'est l'un des avantages que l'on peut tirer d'avoir distingué le cerf et la biche. En effet, cela démontre que des raisons climatiques ou géographiques ne suffisent pas à expliquer l'absence totale d'association entre le mammouth et la biche, puisque l'on est sûr que les deux espèces ont coexisté.

N'est-il pas plus facile d'admettre que le mammouth et la biche font partie du même système de pensée, mais qu'ils appartiennent à des champs sémantiques différents, sans relation l'un avec l'autre, de sorte que leur co-occurrence dans un même panneau n'avait pas de raison de se produire ? On peut tout simplement penser qu'ils ne figuraient jamais *ensemble* dans un mythe. Il n'y a pas de difficulté à supposer que certains mythes aient pu connaître localement un grand développement, alors qu'ils étaient délaissés ailleurs. Cela peut expliquer à la fois Covalanas et Rouffignac sans les exclure du système, ni les considérer obligatoirement comme des aberrations. Pour prendre

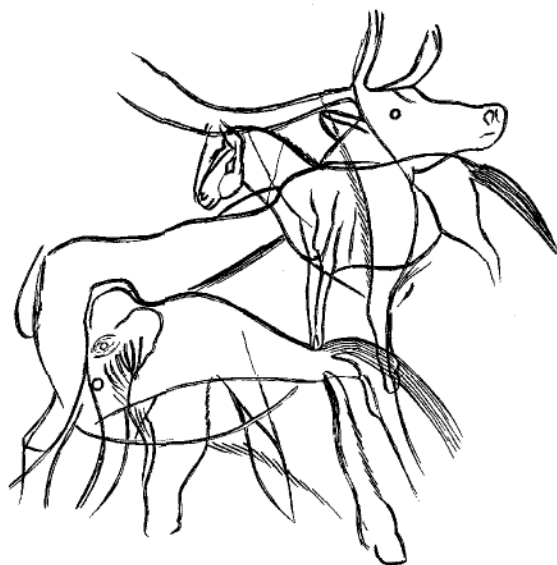


Fig. 7. — Les Combarelles. Cheval, cerf et mammouth gravés (le panneau comprend en outre un deuxième cheval, deux bœufs et un deuxième cervidé qui pourrait être un renne). D'après Capitan, Breuil, Peyrony (1924).

Fig. 7. — Les Combarelles. Engraved horse, stag and mammoth (the panel contains also a second horse, two aurochs, and a second cervid which might be a reindeer). After Capitan, Breuil, Peyrony (1924).

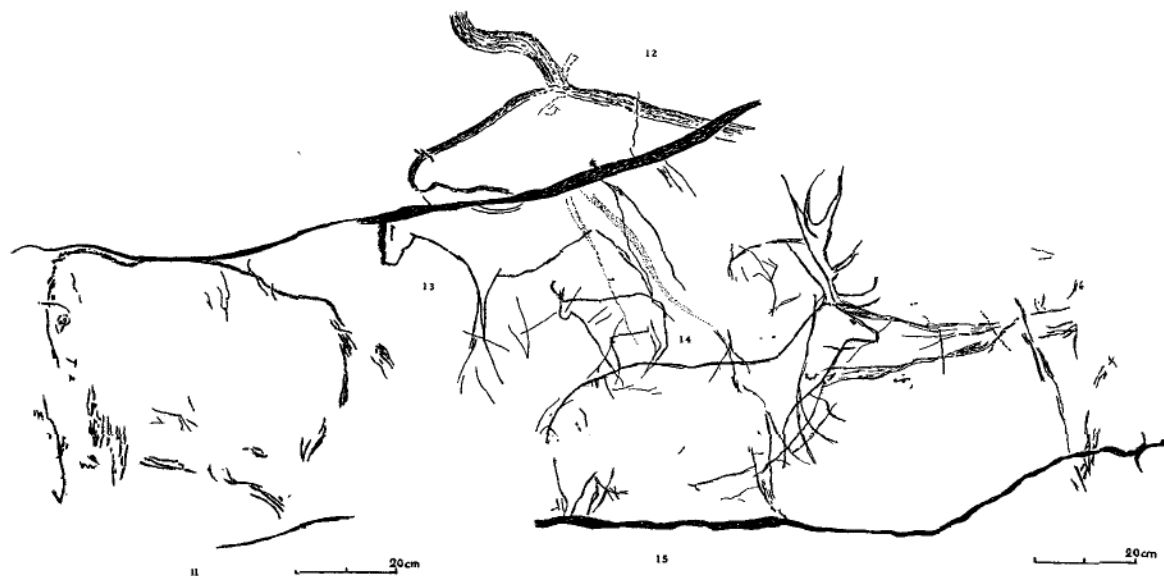


Fig. 8. — Ebbou. Panneau comprenant un mammouth, un cerf, un bouquetin, un cheval, un aurochs et des vestiges de figures indéchiffrées (à l'extrême droite se trouve un second cerf, non figuré, dont la tête utilise un relief naturel). D'après Chabredier (1975).

Fig. 8. — Ebbou. Mammoth, stag, ibex, horse, aurochs and undeciphered figures (a second deer, not shown, using a natural rock shape for the head, exists at the right). After Chabredier (1975).

encore une fois l'analogie avec des pratiques contemporaines, disons que tel ou tel sanctuaire peut accorder une place dominante au saint patron local sans que cela ne remette en cause les dogmes et les croyances fondamentales.

Il n'y a pas de contradiction à soutenir l'idée d'un système de pensée obéissant à des règles sémantiques communes tout en admettant que la diversité existe. En effet, la diversité est un processus dynamique qui naît de l'interaction entre des groupes *culturellement liés* (Conkey, 1989). Paradoxalement, la diversité ne fait que démontrer indirectement que toutes ces manifestations sont étroitement apparentées.

Comment d'ailleurs pourrait-il en être autrement ? Que l'on considère les nécessités de l'approvisionnement en matières premières comme le silex, les réseaux d'alliances matrimoniales ou les grandes chasses saisonnières, il ne fait aucun doute que l'échange de biens de toute nature, et par dessus tout *l'échange d'information*, est une pratique fondamentale de la vie des chasseurs-collecteurs nomades ou semi-nomades. Les contacts à longue distance sont d'ailleurs attestés par l'archéologie (silex bergeracois et grès de Corrèze dans les Pyrénées centrales, coquillages de l'Atlantique et de la Méditerranée présents à des centaines de kilomètres des côtes, objets d'art mobilier stéréotypés tels que les contours découpés sur os hyoïde, répandus du Périgord aux Asturies, etc.).

6. CONCLUSION

L'objectif de ce travail était simple et volontairement limité. Ce que nous pensons avoir montré, c'est que l'assemblage des motifs figuratifs dans l'art pariétal paléolithique obéissait à des règles et à des contraintes qui sont probablement de nature sémantique et que celles-ci sont demeurées suffisamment stables au fil du temps et en dépit de l'étendue territoriale de cette culture pour que l'on puisse les exprimer à l'aide d'un modèle formel unique.

Cette conclusion est-elle si surprenante ? La plupart des préhistoriens qui mettent l'accent sur les différences sont, malgré tout, obligés d'admettre l'existence d'un "fonds commun" paléolithique. Pour notre part, nous pensons être en mesure de préciser en quoi consiste ce "fonds commun" : c'est tout simplement la structure des relations sémantiques qu'entretiennent les éléments du message pariétal, telle que les deux modèles formels que nous avons développés permettent de l'entrevoir. Et cela n'a rien qui puisse surprendre, car

c'est certainement ce qui est structural qui a le plus de chance d'être commun et qui évolue le moins vite.

Dans son dépouillement, cette conclusion est loin d'être satisfaisante. En effet la réduction thématique que nous avons été obligés de faire subir aux documents nous interdit d'aller au-delà d'un simple constat. Pour aller plus loin, il faut maintenant réintroduire des paramètres tels que la disposition spatiale relative des figures et leurs caractéristiques morpho-stylistiques. Nous sommes convaincus que c'est en prenant en considération ces paramètres de nature syntaxique, directement liés à l'acte de création artistique, que nous retrouverons la notion de diversité régionale et peut-être même celle de l'originalité de certains sites.

7. ADDENDUM (mai 1995)

Depuis le dépôt de ce manuscrit en juillet 1993, deux découvertes importantes ont eu lieu. Ce fut d'abord la grotte de Covaciella (Asturies) avec un remarquable ensemble de bisons organisés autour d'un dièdre rocheux et accompagnés d'un cerf, d'un bouquetin et d'une petite tête de cheval. La même tétrade existe à El Buxu (cf. annexe). La seconde découverte, en décembre 1994, plus exceptionnelle encore, est celle de la grotte ardéchoise de la Combe d'Arc (grotte Chauvet). On a beaucoup insisté sur le caractère original de sa thématique avec rhinocéros et félins dominants (cf. § 4.2.2). Cependant, s'il est vrai que les chevaux et les bisons sont moins abondants, ils occupent des positions remarquables, véritables points focaux des ensembles. Il semble que les associations thématiques de cette grotte ne s'écartent pas radicalement de ce qui est connu ailleurs. La tétrade ChBnBoRh, par exemple, existe à Font-de-Gaume ; quant aux tétrades ChBnBoLi et ChBnBoRe (non attestées jusqu'alors), il est intéressant de noter qu'elles sont générées par notre modèle. Seule l'association bison-félin, présente dans le dernier ensemble noir, pourrait sembler contradictoire, au premier examen, avec la règle d'implication évoquée au § 4.2.2.2, mais un cheval est présent dans une niche toute proche qui appartient topographiquement au même ensemble. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces découvertes, en dépit de leur caractère exceptionnel à bien des égards, s'intègrent sans aménagement majeur dans les modèles qui font l'objet du présent travail. Il faut y voir confirmation de notre conclusion générale sur la structuration de l'art pariétal paléolithique.

8. BIBLIOGRAPHIE

1. APRESJAN J. (1967) : Eksperim'entalnoje issledovanie semantiki russkogo glagola (Recherches expérimentales sur la sémantique du verbe russe). Éd. " Nauka ", Moscou, pp. 223-224.
2. BENZÉCRI J.-P. (1984) : L'analyse des données. Vol. 1 : La Taxinomie ; vol. 2 : L'Analyse des correspondances. Éd. Dunod, Paris, 4^e éd.
3. CAPITAN L., BREUIL H. et PEYRONY D. (1924) : Les Combarelles aux Eyzies (Dordogne). Masson, Paris, 192 p., 128 fig.
4. CHABREDIER L. (1975) : Les gravures paléolithiques de la grotte d'Ebbou (Ardèche). *Archéocivilisation*, n° spécial 14-15, 94 p., nbr. fig.
5. COLMERAUER A. (1975) : Les grammaires de métamorphose. G.I.A., Université d'Aix-Marseille, Marseille.
6. CONKEY M. (1989) : The Use of Diversity in Stylistic Analysis. In : *Quantifying Diversity in Archaeology*, R.D. Leonard et G.T. Jones Eds., Cambridge University Press, Cambridge, pp. 118-129.
7. ECO U. (1972) : La structure absente. Introduction à la recherche sémiotique. Mercure de France, 447 p.
8. JAMBU M. (1978) : Classification automatique pour l'analyse des données. Vol. 1 : Méthodes et algorithmes ; vol. 2 : Logiciels (avec M.-O. Lebeaux). Éd. Dunod, Paris.
9. KRUSKAL J.B. Jr. (1956) : On the shortest spanning subtree of a graph and the travelling salesman problem. *Proc. A.M.S.*, pp. 48-50.
10. LÉVI-STRAUSS C. (1962) : La pensée sauvage. Éd. Plon, Paris, 389 p., 11 fig., 8 pl. h.t.
11. LÉVI-STRAUSS C. (1964) : Le cru et le cuit (Mythologiques, vol. 1). Éd. Plon, Paris, 402 p.
12. PEREIRA F. et WARREN D.H.D. (1980) : Definite Clause Grammars for Language Analysis. A survey of the formalism and a comparison with Augmented Transition Network. *Artificial Intelligence*, tome 13, pp. 231-278.
13. PELLETIER P. (1971) : Techniques numériques appliquées au calcul scientifique. Éd. Masson, Paris.
14. PROPP V. (1970) : Morphologie du conte. Éd. du Seuil, Paris, 254 p.
15. RICH E. (1983) : Artificial Intelligence. MacGraw-Hill International Book Company, 436 p.
16. SABAH G. (1988) : L'Intelligence artificielle et le langage. Vol. 1 : Représentations des connaissances. Éd. Hermès, Paris, 357 p.
17. SABAH G. (1989) : L'Intelligence artificielle et le langage. Vol. 2 : Processus de compréhension. Éd. Hermès, Paris, 411 p.
18. SAUVET G. et S. et WŁODARCZYK A. (1977) : Essai de sémiologie préhistorique (pour une théorie des premiers signes graphiques de l'homme). *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, tome 74, pp. 545-558, 4 fig., 7 tabl.
19. SAUVET G. (1988) : La communication graphique paléolithique (de l'analyse quantitative d'un corpus de données à son interprétation sémiologique). *L'Anthropologie*, tome 92, pp. 3-16, 9 fig.
20. SAUVET G. (1990) : Les signes dans l'art mobilier. In : *L'art des objets au Paléolithique. Tome 2 : les voies de la recherche*. Actes du colloque international Foix-Le Mas d'Azil (nov. 1987), Direction du Patrimoine, pp. 83-99, 9 fig.
21. SAUVET G. et WŁODARCZYK A. (1992) : Structural Interpretation of Statistical Data from European Paleolithic Cave Art. In : *Ancient Images, Ancient Thought : the Archeology of Ideology*. Proceedings of the 23rd Chacmool Conference, Calgary, Canada (nov. 1990), University of Calgary, pp. 223-234, 6 fig., 4 tabl.
22. SAUVET G. (1993) : Les signes pariétaux. In : GRAPP : *L'Art pariétal paléolithique : techniques et méthodes d'études*. Éd. du C.T.H.S., Paris, 427 p., 259 fig., pp. 219-234.
23. UCKO P.J. (1992) : Subjectivity and the recording of palaeolithic cave art. In : *The limitations of archaeological knowledge*. T. Shay et J. Clottes Eds., E.R.A.U.L., tome 49, pp. 141-179, 12 pl., 9 fig.
24. VIALOU D. (1986) : L'art des grottes en Ariège magdalénienne. XXII^e supplément à Gallia-Préhistoire. Éd. du CNRS, Paris, 432 p., 28 pl., 245 fig., 55 tabl.
25. WINSTON P.H. (1988) : Intelligence Artificielle. Éd. Inter Éditions, Paris, 528 p.

9. ANNEXE

Inventaire par types des 416 panneaux polythématiques

BiDi : Haza
 BiRe : Tito-Bustillo
 BnAn : Bédeilhac, Fontanet (2), Gabillou, Magdeleine, St-Cirq
 BnBi : Altamira, Castillo, Pasiéga-C, Portel
 BnBo : Pasiéga-C
 BnBq : Altxerri (2), Castillo, Hornos, Nancy, Niaux (2), Santimamiñe, Trois-Frères
 BnCe : Altxerri
 BnMa : Bernifal, Font-de-Gaume (2), Grèze, Pech-Merle (3), Rouffignac (2)
 BnPp : Mas-d'Azil, Pindal
 BnRe : Altxerri, Combarelles, Font-de-Gaume, Portel
 BnUr : Venta-Laperra
 BoAn : Casares, Pech-Merle

- BoBi : Chimeneas, Coimbre, Covalanas, Pasiega-D, Pedroses
 BoCe : Cobrantes, Ebbou, Pileta
 BqAn : Trois-Frères
 BqBi : Altamira (2), Castillo, Chufin
 BqBo : Altxerri, Castillo (2), Chimeneas, Hornos, Niaux, Pileta (2)
 BqCe : Altamira (2), Carriot, Castillo, Cuco, Ebbou, Pasiega-D
 BqDi : Llonin
 BqMa : Martine
 BqRe : Combarelles, Monedas, Pergouset, Ste-Eulalie
 CeBi : Altamira, Ardales, Castillo (2), Coimbre, Ekain, El-Buxu, Micolon, Tito-Bustillo
 CeDi : Pergouset
 ChAn : Casares (4), Comarque, Combarelles (2), Gabillou, Hornos, Portel, St-Cirq
 ChBi : Bernifal, Candamo, Castillo (2), Covalanas, Nerja, Pasiega-A (2), Pileta
 ChBn : Altamira, Altxerri, Bédeilhac (2), Bernifal, Carriot, Christian, Combarelles (4), Ekain (3), Font-de-Gaume (3), Gargas, Labastide (2), Lascaux (3), Marsoulas (3), Mas-d'Azil, Niaux (5), Oxocelhaya, Pergouset (2), Pindal, Portel (2), Santimamiñe, Sinhikole, Ste-Colome, Tito-Bustillo, Trois-Frères (3)
 ChBo : Candamo, Castillo, Chufin, Colombier, Combarelles (2), Croze-à-Gontran, Font-de-Gaume, Gabillou (3), Gargas, Gouy, Lascaux (2), Marsoulas, Mouthe, Pileta, Teyjat, Tito-Bustillo
 ChBq : Castillo (2), Etcheberri (2), Fontanet, Gabillou, Gazel (2), Hornos, Merveilles, Pasiega-C, Pasiega-B, Pergouset, Pileta, Ste-Eulalie, Trois-Frères, Villars
 ChCe : Casares, Chimeneas, Griega, Hornos, Lascaux (2), Merveilles, Niaux, Pasiega-A, Pindal, Portel
 ChDi : Clastres
 ChLi : Bayol, Combarelles, Font-de-Gaume, Merveilles, Mouthe, Trois-Frères, Tuc-Audoubert
 ChMa : Dérouine, Font-de-Gaume, Rouffignac
 ChPo : Pech-Merle
 ChRe : Combarelles, Font-de-Gaume, Gabillou, Monedas, Teyjat
 ChUr : Gabillou
 LiDi : Trois-Frères
 MaAn : Bernifal, Cougnac, Pech-Merle
 MaRe : Mouthe
 MaRh : Bernous
 MaUr : Combarelles
 PoDi : Pasiega-B
 ReDi : Altxerri
 ReUr : Combarelles
 UrAn : Combarelles
 UrLi : Aldène

 BnAnRh : Lascaux
 BnBiRe : Combarelles

 BnBoCe : Altxerri
 BnBoMa : Gargas
 BnBqAn : Marsoulas
 BnBqBo : Altxerri
 BnBqCe : Mouthe
 BnBqRe : Gabillou
 BnBqRh : Trois-Frères
 BnCeBi : Pasiega-A, Tito-Bustillo
 BnCeRe : Trois-Frères
 BnMaAn : Rouffignac
 BnMaRe : Font-de-Gaume
 BnReUr : Combarelles
 BnUrDi : Gabillou
 BoAnPo : Casares
 BoCeAn : Casares
 BoCeBi : Pasiega-A (2), Tito-Bustillo
 BoCeMa : Chabot
 BqBoCe : Bidon, Castillo, Chimeneas
 BqCeAn : Cougnac
 BqCeBi : Llonin, Pasiega-B
 BqCePo : Tito-Bustillo
 BqCeUr : Monedas
 ChBiAn : Combarelles, Griega, Pasiega-C
 ChBiRe : Tito-Bustillo
 ChBnAn : Marsoulas (4), Massat, Rouffignac, Villars
 ChBnBi : Hornos, Pasiega-A, Pergouset, Pindal
 ChBnBo : Gabillou (2)
 ChBnBq : Combarelles, Monedas, Niaux (3), Portel, Trois-Frères
 ChBnCe : Alquerdi, Altamira, Font-de-Gaume, Trois-Frères
 ChBnDi : Montespain, Portel
 ChBnLi : Pech-Merle
 ChBnMa : Combarelles, Croze-à-Gontran, Gargas
 ChBnRe : Combarelles, Font-de-Gaume, Labastide, Trois-Frères (2), Tuc-Audoubert
 ChBnRh : Niaux
 ChBnUr : Combarelles (2), Trois-Frères (2)
 ChBoAn : Combarelles, Gabillou
 ChBoBi : Castillo, Pasiega-A
 ChBoCe : Chufin, Ebbou, Lascaux, Pair-Non-Pair, Pasiega-A
 ChBoLi : Casares (2)
 ChBoMa : Gargas
 ChBqBi : Lascaux, Pasiega-B
 ChBqBo : Castillo, Ebbou, Lascaux (2), Pair-Non-Pair, Pileta, Tito-Bustillo
 ChBqCe : Ebbou, Marcenac, Pair-Non-Pair, Portel
 ChBqRe : Ste-Eulalie
 ChBqUr : Tibiran
 ChCeBi : Altamira, Gargas, Pasiega-A
 ChCeMa : Chabot
 ChCeRe : Teyjat
 ChLiDi : Gabillou
 ChLiRh : Combarelles

ChMaRh : Rouffignac	ChBoCeRh : Casares
ChMaUr : Combarelles	ChBoCeUr : Lascaux
ChReAn : Combarelles	ChBqBiUr : Combarelles
ChReUr : Gabillou, Teyjat	ChBqBoAn : Gabillou (2)
ChUrAn : Combarelles	ChBqBoBi : Pasiega-B
ChUrLi : Gabillou	ChBqBoCe : Coimbre
MaReUr : Pair-Non-Pair	ChBqCeBi : Niño, Pasiega-A, Tito-Bustillo
	ChBqCeUr : Santimamiñe
	ChBqReLi : Forêt
BnBqBoBi : Font-de-Gaume	BnBqCeBiAn : Candamo
BnBqCeAn : Trois-Frères	BnBqMaReUr : Combarelles
BnBqReDi : Altxerri	BnBqMaUrAn : Trois-Frères
BqBoCeBi : Chimeneas	ChBnBoReUr : Bara-Bahau
BqBoMaRe : Mouthe	ChBnBqBiLi : Lascaux
ChBnAnLi : Labastide	ChBnBqBiPo : Ekain
ChBnBiDi : Altamira	ChBnBqBoCe : Candamo, Gargas
ChBnBoCe : Tito-Bustillo	ChBnBqCeBi : Llonin
ChBnBoMa : Pech-Merle	ChBnBqCeRe : Trois-Frères
ChBnBoRh : Font-de-Gaume	ChBnBqMaDi : Gargas
ChBnBqAn : Combarelles (2), Fontanet	ChBnBqMaRe : Font-de-Gaume
ChBnBqBi : Altxerri, Trois-Frères	ChBnBqMaRh : Rouffignac
ChBnBqCe : El-Buxu	ChBnBqReAn : Trois-Frères
ChBnBqMa : Font-de-Gaume, Gargas (2), Mouthe, Trois-Frères	ChBnBqReUr : Trois-Frères
ChBnBqRe : Gabillou	ChBnCeBiRe : Teyjat
ChBnCeBi : Pasiega-A	ChBnMaUrRh : Rouffignac
ChBnCeDi : Combarelles	ChBnReLiDi : Gabillou
ChBnCeMa : Combarelles	ChBqBoCeBi : Ebbou
ChBnMaRe : Bemifal, Font-de-Gaume	ChBqBoCeMa : Ebbou
ChBnReAn : Trois-Frères	ChBqBoMaUr : Pair-Non-Pair
ChBnReUr : Teyjat	
ChBoAnLi : Gabillou	BnBqReAnPoDi : Altxerri
ChBoCeBi : Pasiega-A	ChBnBqCeBiAn : Massat
ChBoCeDi : Casares, Lascaux	ChBqBoCeAnLi : Casares
ChBoCeMa : Combarelles	ChBqBoCeBiAn : Candamo