Chapitre 1.6
La sériation en archéologie

Bruno DESACHY

ArScAn – Archéologie environnementale,
UMR 7041 Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie

1 La sériation graphique : une voie originale de traitement de données

1.1 La sériation : une invention des archéologues ?

Depuis plus d'un siècle, les archéologues ont cultivé une tradition propre de traitement de tableaux de données*, par réorganisation visuelle des lignes et des colonnes. Il s'agit plus précisément de chercher, en permutant lignes et colonnes, à diagonaliser une matrice graphique en présence/absence (cases noires ou blanches) croisant des objets ou faits archéologiques (en lignes) avec des variables caractérisant ces objets ou faits (en colonnes).

Cette diagonalisation correspond à une **sériation**, c'est-à-dire un ordonnancement en série des lignes et des colonnes tel que variables et individus se succèdent d'un bord à l'autre du tableau, avec un postulat d'interprétation chronologique de l'ordre obtenu. Après regroupement des valeurs sur la diagonale, l'analyse de la forme des associations entre individus et variables vise à situer celle-ci entre deux figures de référence (figure 1) : la partition (regroupement en classes distinctes sans éléments communs) et la sériation au sens strict (organisation en succession sans ruptures) (Cleuziou et Demoule, 1980 ; Desachy, 1990 ; Djindjian, 1991 ; Giligny, 2020) ; la forme recherchée étant le plus souvent une « sériation rythmée » (Demoule, 1990), intermédiaire entre ces deux figures, où des regroupements distincts, interprétables comme des phases culturelles stables, sont néanmoins liés dans une succession d'ensemble.

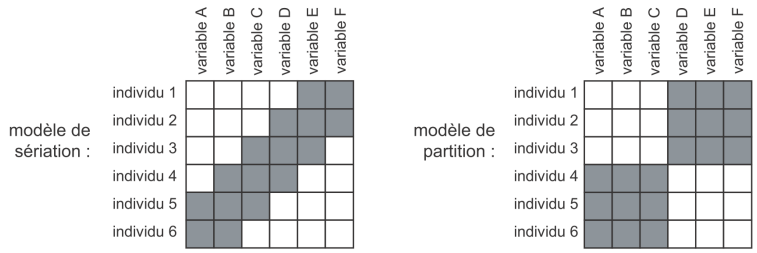


Fig. 1 : Sériation et partition, les deux formes de référence du système d'associations et d'oppositions entre individus et variables pouvant apparaître sur une matrice graphique.

Ce postulat strictement évolutionniste, selon lequel les traits culturels les plus anciens cèdent toujours plus ou moins progressivement la place à des traits plus récents (ainsi, pour l'éclairage de nos habitats, les lampes néon et LED ont récemment chassé les ampoules à incandescence, elles-mêmes succédant à l'éclairage au gaz ou au pétrole, et encore avant aux chandelles…) est sur le fond discutable (voir plus bas). Néanmoins, en pratique, la technique de sériation graphique par permutation matricielle (figure 2) s'est révélée très utile pour l'ordonnancement chronologique des ensembles clos archéologiques (figure 3), en particulier les sépultures dont la diversité des caractères qualitatifs se prête assez bien à un codage en présence/absence. Elle a ainsi été mise en œuvre dès la fin du XIX^{e} s. (Petrie, 1899) ; puis, sans connaître une application massive, elle a été régulièrement employée depuis le milieu du siècle dernier, principalement pour l'étude chronologique des cimetières protohistoriques et du haut Moyen Âge (Hachmann, 1950 ; Cleuziou et Demoule, 1980 ; Périn, 1980 ; Demoule, 1990).

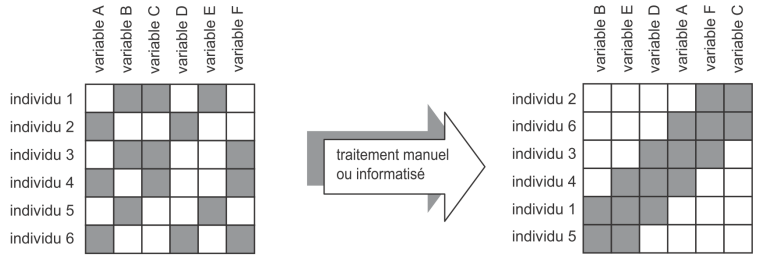


Fig. 2 : Principe du traitement graphique par permutations matricielles : la réorganisation des lignes et des colonnes rend apparente la structure (de sériation et/ou de partition) – si toutefois celle-ci existe – par rassemblement des valeurs sur la diagonale.

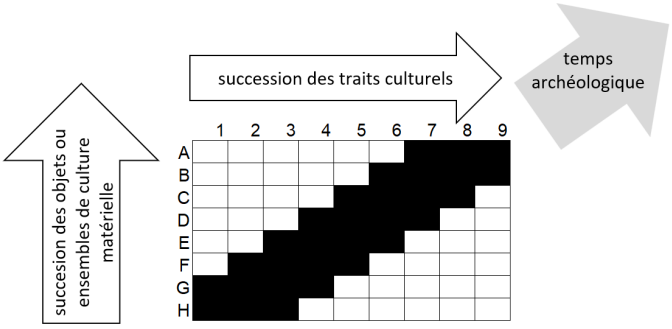


FIG. 3 : L'hypothèse à la base de la sériation chronologique est que le temps se manifeste par une structure de sériation, reflétant la double évolution des variables (traits culturels) et des individus (objets ou ensembles archéologiques).

La sériation graphique s'est étendue au traitement des tableaux de comptage, mis en pourcentages et représentés par des surfaces de taille variables sur des matrices graphiques réorganisées par permutation des lignes et/ou des colonnes (figure 4). Ces matrices graphiques quantitatives (« sériographes » ou « diagrammes en bateaux ») ont été développées dans les années 1960 par des archéologues américains pour traiter des comptages par types et par niveaux archéologiques de fragments de céramique recueillie sur des sites amérindiens (Ford, 1962 ; O'Brien et Lyman, 1999). Notons que les diagrammes polliniques utilisés par les palynologues, traductions graphiques des proportions de taxons végétaux présents dans les couches étudiées, relèvent du même principe graphique, l'ordonnancement des lignes, à signification chronologique, étant en général donné par la stratigraphie (Richard, 1999).

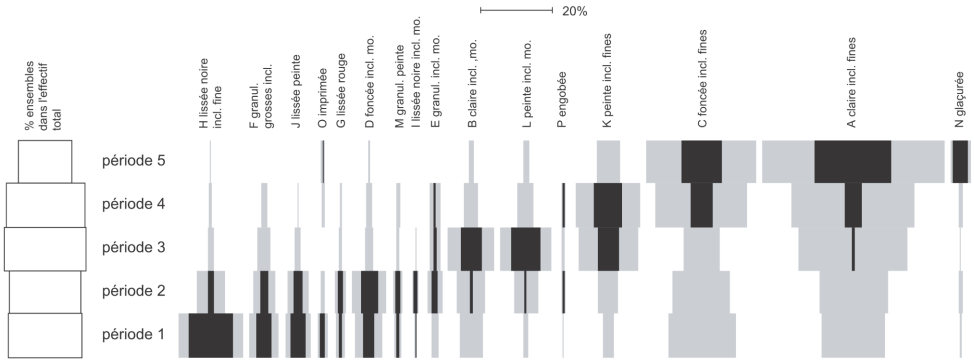


FIG. 4 : Sériographe montrant la sériation chronologique d'un tableau de comptages de céramique. En gris les pourcentages de types pour chaque période, en noir les parts de pourcentages supérieurs au pourcentage moyen du type, exprimant une association entre la période et le type concernés (sério-graphe EPPM – Desachy, 2004)

1.2 Les principes de permutation matricielle graphique : la conceptualisation de J. Bertin

C'est dans ce contexte qu'en France, dans les années 1960 et 1970, les archéologues prennent connaissance des travaux de Jacques Bertin, et du laboratoire de Graphique de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales qu'il a dirigé de 1954 à 2000 ; cela à l'occasion de la parution de « Sémiologie graphique » (Bertin, 2005) (où parmi des exemples de matrices ordonnables de nature historique, sociologique, ethnographique et économique figure déjà un cas archéologique de typologie de chapiteaux), et plus encore de la publication de « La Graphique et le traitement graphique de l'information » (Bertin, 1977) où J. Bertin développe et approfondit la présentation des procédures d'analyse graphique matricielle, par permutations des lignes et colonnes. L'apport de Bertin, essentiel, est celui d'une systématisation et d'une axiomatisation des pratiques précédentes des archéologues. En tant que tel il fut bien accueilli par une nouvelle génération d'archéologues (Olivier Buschenchutz, Jean-Paul Demoule, Patrick Périn, Alain Schnapp…), soucieux de formalisme processuel (suivant la double inspiration, dominante à l'époque, du structuralisme et du mouvement anglo-saxon de la « new archaeology »), mais de formation majoritairement littéraire et préférant le traitement graphique plus immédiatement perceptible aux analyses statistiques jugées trop abstraites et moins accessibles. Un dialogue fructueux se crée ainsi, plusieurs de ces jeunes archéologues venant consulter J. Bertin ou suivre ses enseignements. La thèse de P. Périn sur la chronologie des sépultures mérovingiennes (Périn, 1980) en est un exemple majeur.

D'une façon générale cependant, les principes de la graphique ont malheureusement peu fait école, en particulier auprès des éditeurs de logiciels de tableurs type Excel (Bonin, 2000) ; et les publications montrent souvent, aujourd'hui encore, des données de comptages à plusieurs lignes et colonnes illustrés par des graphiques standards, parfois spectaculaires mais ne permettant qu'une lecture ponctuelle (bâtons empilés, simili 3D…), au lieu de matrices graphiques réordonnées, plus efficaces car permettant une perception d'ensemble.

2 Sériation graphique et statistiques

2.1 Mathématiques et sériation

Un dialogue s'est établi relativement tôt, dans notre champ disciplinaire, entre « sérieurs graphiques » empiriques et « matheux » calculateurs. Dès les années 1950, le traitement par permutations manuelles des lignes et colonnes de tableaux de données archéologiques fait l'objet aux Etats-Unis d'essais de formalisation, au moyen d'algorithmes d'ordonnancement automatisant les permutations (Robinson, 1951 ; Meighan, 1959) De tels algorithmes sont aussi développés en France, à partir de la fin des années 1960, notamment dans le cadre du laboratoire de Graphique de l'EHESS (Elisseeff, 1968 ; Durand et Gimeno, 1987). Parmi ces algorithmes de réordonnancement, la simplicité et la robustesse de celui dit des « moyennes réciproques », élaboré de façon convergente par plusieurs chercheurs (Ihm, 2005) dont en France René Legoux (Legoux, 1980), lui valent d'être encore utilisé aujourd'hui dans des applications ou

macrocommandes d'aide à la sériation graphique (par exemple : Ruby, 1993 ; Desachy, 2004).

A partir de la fin des années 1960, le traitement graphique matriciel, assisté ou non, coexiste avec l'arrivée des techniques d'analyse statistique multidimensionnelle, à commencer par la classification ascendante hiérarchique (*cluster analysis*, convenant bien aux travaux de typologie), tôt utilisées par les archéologues anglo-saxons ; puis, dans les années 1970 et 1980, les analyses factorielles, en particulier, en France, l'analyse factorielle des correspondances développée sous la direction de J. P Benzécri, bien adaptée aux données qualitatives produites par les sciences humaines, et appliquée à l'archéologie sous l'impulsion notamment de F. Djindjian (Djindjian, 1977, 1991).

On peut dire que l'introduction de ces méthodes statistiques d'analyse multidimensionnelles des données a été un choc culturel pour les archéologues pratiquant la sériation graphique : à l'approche graphique directe et empirique des phénomènes d'associations et d'oppositions entre individus et variables, s'opposait l'approche formelle des statistiques multidimensionnelles et en particulier des analyses factorielles, basées sur le calcul de distances et d'angles entre individus et/ou variables régissant leur projection dans un espace géométrique (le caractère multidimensionnel de cet espace n'autorisant pas une vision directe, mais une exploration par axes et plans successifs). La tradition archéologique de sériation par diagonalisation empirique de matrices en présence/absence s'est ainsi maintenue (dans le domaine de l'archéologie protohistorique principalement) alors que l'analyse multidimensionnelle des données, après avoir bénéficié (ou été victime…) d'un effet de mode dans les années 1970 et 1980, a ensuite été largement délaissée par les archéologues (jusqu'à un certain retour en grâce ces dernières années).

Pourtant, entre ces deux approches qui semblaient opposées, la vision graphique de Bertin et la vision géométrique des statisticiens, des complémentarités sont vite apparues. Ainsi, à l'instar des premiers algorithmes évoqués ci-dessus, les outils d'analyse multidimensionnelle ont été employés pour automatiser l'ordonnancement des matrices graphiques (au moyen du classement fourni par une classification automatique, ou de l'ordre des coordonnées sur le premier axe d'une analyse factorielle) (Djindjian, 1991). J. Bertin lui-même a commenté cette rencontre entre sémiologie graphique et outils mathématiques dans un chapitre additif à la 4^{e} édition de « Sémiologie graphique » (Bertin, 2005), reprenant notamment l'exemple de la sériation des objets mérovingiens étudiés par P. Périn, retraité à l'aide de plusieurs algorithmes.

2.2 De la vision graphique à la vision statistique : la visualisation des écarts à l'indépendance.

Ces convergences vont plus loin, et il est possible de créer des ponts entre l'approche graphique et le cadre statistique de l'analyse des données. C'est en particulier le cas du traitement des matrices de contingence, en d'autres termes les tableaux de comptage tels ceux croisant des types d'artefacts ou d'éléments recueillis avec leurs contextes archéologiques de provenance, auxquels la technique du sériographe mentionnée plus haut a été appliquée. Il s'agit au fond d'exploiter la relation contexte / objet (contextes en lignes et objets en colonnes), fondamentale dans le raisonnement archéologique,

pour mettre en évidence des phénomènes temporels, spatiaux ou fonctionnels (sachant que le décompte d'éléments par type et par contexte de provenance n'est pas une opération simple – comme toute statistique appliquée à l'archéologie : même nos individus sont en ruines… – et nécessite le recours à plusieurs indicateurs tels le nombre de restes, le nombre minimum d'individus, etc.).

Ce type de tableau, correspondant à la répartition d'un nombre total d'éléments à travers deux séries de modalités qualitatives (en lignes et en colonnes), est classiquement traité par analyse factorielle des correspondances (AFC). Celle-ci met en évidence les systèmes d'associations et oppositions entre lignes et colonnes révélés par les différences, dites écarts à l'indépendance, entre valeurs de comptage réelles et valeurs théoriques correspondant à l'application à chaque ligne et chaque colonne des proportions générales du tableau (situation statistique dite d'indépendance, où il n'y a aucune association ou opposition entre lignes et colonnes). L'importance globale de ces écarts est donnée par un indicateur statistique bien connu – le Khi-deux – qui intègre une pondération de ces écarts (par les effectifs totaux de lignes et de colonnes) et qui, utilisé comme distance géométrique, régit la position des lignes et des colonnes dans l'espace multidimensionnel créé par l'analyse ; de sorte que les associations et oppositions perceptibles sur les différents axes (dimensions) de cet espace reflètent des variations proportionnelles au sein du tableau et non des différences brutes.

Or, du côté de l'approche graphique, le recours à ces procédures et indicateurs statistiques chiffrés n'était pas dans la démarche de J. Bertin. Cependant – preuve que son approche est solidement raisonnée – il en retrouve les fondements dans le traitement qu'il propose pour les matrices de contingence, à savoir la « matrice pondérée ». Dans « la Graphique » (Bertin, 1977, p. 62-63), il base en effet la construction d'une « matrice pondérée » sur la comparaison entre des valeurs de références calculées à partir des totaux du tableau – qui ne sont autres que la situation d'indépendance, appelée ici « répartition proportionnelle » – et les valeurs réelles (« répartition observée ») ; cette comparaison visuelle est permise par la mise en évidence, en noir, des écarts positifs aux moyennes de lignes ou de colonnes (qui ne sont pas exactement des écarts à l'indépendance au sens statistique, car calculés seulement soit sur les lignes, soit sur les colonnes), et par la pondération des surfaces attribuées aux valeurs, en fonction des totaux de lignes et de colonnes. C'est là, sinon le calcul exact, au moins le principe des écarts à l'indépendance pondérés et de l'indicateur Khi-deux utilisés en analyse factorielle des correspondances, dont Bertin trouve ainsi une traduction graphique. La rencontre entre graphique et outils statistiques n'est ici plus seulement à la marge (des tableaux de données…) pour automatiser l'ordonnancement des lignes et des colonnes, mais se situe plus au cœur de l'analyse statistique, dans l'appréciation de l'importance des phénomènes observés.

Bien que les travaux de Bertin et de son équipe soient comme on l'a dit restés trop peu connus, ce point précis de l'acuité statistique des « matrices pondérées » n'a pas échappé à certains chercheurs ; comme en témoignent les travaux du sociologue et statisticien Ph. Cibois, l'un des promoteurs de l'analyse factorielle en sciences humaines et qui a lui-même développé des outils informatiques de visualisation des écarts à l'indépendance avec son logiciel Tri-Deux (Cibois, 2003) et dans le domaine archéologique

ceux de R. Chenorkian (Chenorkian, 1996), ainsi que, s'inscrivant dans cette lignée, des outils simples de matrices graphiques ordonnables (par l'algorithme des moyennes réciproques ou dans l'ordre des coordonnées du 1er axe d'une AFC) reprenant le principe des sériographes des céramologues anglo-saxons ou des matrices permutables de Bertin en y ajoutant la visualisation des écarts à l'indépendance (Desachy, 2004, 2016).

Ainsi, aujourd'hui, l'expérience tend à montrer qu'il existe une réelle complémentarité dans l'analyse des données entre les approches graphique matricielle et géométrique factorielle ; la première, plus intuitive et immédiatement perceptible, constituant notamment une aide pédagogique pour accéder à la seconde, d'une plus grande puissance exploratoire et modélisatrice, mais plus abstraite aux yeux de la majorité des archéologues.

3 Le modèle sériel et le temps : un paradigme à discuter

3.1 Le modèle chronologique sériel : une loi du temps ?

Retournons à l'objectif et à l'interprétation qui sous-tendent, depuis les origines, les recherches de sériation dans le domaine archéologique. Cet objectif et cette interprétation sont d'abord chronologiques. Le relatif succès de la sériation auprès des archéologues, marqué par le développement et l'usage sur plus d'un siècle de cette voie originale de traitement des données sans équivalent dans les autres sciences sociales et humaines, est en effet en grande partie dû à ce qu'elle est productrice de marqueurs chronologiques non ambigus (car le **modèle sériel** implique qu'un trait culturel apparaît, se répand, disparaît, et a le bon goût de ne plus jamais réapparaître), et cela dans une approche plus nuancée et plus analytique que les « boites » superposées de la typochronologie classique.

Ce modèle chronologique sériel occupe donc une place spécifique dans l'histoire intellectuelle de la discipline, en descendance directe de l'évolutionnisme darwinien (les traits culturels étant considérés à l'instar des espèces vivantes qui, effectivement, apparaissent, se répandent, puis disparaissent sans réapparaître ultérieurement). Sur le plan théorique, ce modèle est toujours défendu par des chercheurs actuels comme étant une « loi de rang moyen » (Demoule, 2020 ; Giligny, 2020), c'est-à-dire une tendance admettant des exceptions mais exprimant réellement une loi sous-jacente d'évolution de la culture matérielle.

Cependant, sur ce même plan théorique, les limites du modèle chronologique sériel doivent être soulignées. En particulier, il exclut implicitement les phénomènes chronologiques cycliques, à la différence des approches du temps des historiens avec notamment la multi-temporalité envisagée par F. Braudel (Braudel, 1958), ou des historiens de l'art de tradition classique (Focillon, 2013). Or, suivant l'échelle d'analyse choisie, mais de façon d'autant plus évidente que l'on s'inscrit dans la longue durée, des phénomènes cycliques affectant la culture matérielle peuvent de fait être repérés, et être riches en signification sociale, économique et historique. Ainsi en Europe occidentale entre la période antique et le second Moyen Âge, on voit l'apparition, puis la raréfaction voire la disparition, puis à nouveau l'expansion de certaines techniques de

production (céramique glaçurée par exemple…) ou de certains éléments matériels de la vie économique (monnaie…). Mais, à la recherche de chronologies de plus en plus précises, et parfois enfermés dans des cloisonnements chrono-culturels académiques, les archéologues envisagent encore peu la longue durée (c'est heureusement en train de changer) ; et ils ont tendance à évacuer les phénomènes cycliques qui, comme dit plus haut, concernent forcément des descripteurs culturels imprécisément situés chronologiquement car pouvant appartenir à plusieurs périodes différentes.

Il faut aussi rappeler que si tout phénomène chronologique ne se traduit pas forcément par une évolution sérielle, la réciproque est vraie : une structuration sérielle des données peut avoir une signification autre que chronologique : spatiale et/ou sociale, économique ou fonctionnelle par exemple. Notons à cet égard que l'exemple de matrice ordonnable sur lequel R. Legoux base l'explication de son algorithme de permutations automatiques, à visée explicitement chronologique (Legoux, 1980), reprend en fait des données de J. Bertin (Bertin, 1977) avec une signification spatiale et économique, et pas du tout chronologique (hiérarchie et rôle de polarisation d'une série d'agglomérations, en fonction de critères d'équipement).

3.2 Le modèle chronologique sériel : un outil efficace de construction typochronologique

Ces limites théoriques sont cependant maitrisables en pratique. Les archéologues praticiens de la sériation sont en effet, aujourd'hui, tous (ou presque) d'accord pour encadrer le traitement de sériation chronologique par des précautions méthodologiques adéquates.

Ainsi, du côté des individus, c'est-à-dire des contextes ou objets archéologiques et de leur ordre chronologique, il est utile voire nécessaire de disposer d'une information chronologique au moins partielle (en chronologie relative – relations stratigraphiques – ou quantifiée – datations de laboratoire par exemple), afin de guider le traitement et de vérifier la cohérence des résultats obtenus avec ces premières indications chronologiques ; on rentre ainsi dans le cadre des « constructions (intellectuelles) guidées » qui pour l'archéologue et épistémologue J.C. Gardin est la voie la plus féconde du raisonnement archéologique (Gardin, 1979). Du coté des variables, c'est-à-dire des caractères à partir desquels on cherche à mettre en évidence une évolution chronologique, le traitement est le plus souvent itératif, supposant un retour à la définition des variables pour modifier celles-ci afin de les rendre plus pertinentes dans cet objectif de sériation chronologique. En pratique, les variables qui perturbent le modèle sériel sont éliminées, ou modifiées ; il est ainsi possible d'essayer, au moyen d'un système descriptif plus poussé, de « casser » une variable se comportant de façon cyclique, en plusieurs variables plus fines reflétant des différences entre les phases du cycle et s'organisant de manière sérielle.

Ainsi apparaît la nature de la sériation chronologique des archéologues : une méthode de structuration chronologique plus qu'un modèle théorique du temps, et, en tant que telle, une approche efficace et robuste. Celle-ci en effet ne s'est pas cantonnée aux outils graphiques simples évoqués ci-dessus et auxquels ses origines sont liées ; Elle a aussi pu, depuis le début de ce siècle, être mobilisée pour fonder de véritables

modélisations avancées recourant aux statistiques multidimensionnelles, comme celle portant sur la céramique médiévale et moderne de la ville de Tours et de la vallée de la Loire (Bellanger et Husi, 2012 ; Husi, 2022).

4 Sériation chronologique, matrices graphiques et analyse statistique : un exemple pédagogique

Les travaux du laboratoire de Graphique dirigé par Jacques Bertin, cités plus haut dans ce chapitre, se sont étendus à la pédagogie et à l'enseignement de la sémiologie graphique, notamment sous forme d'interventions en milieu scolaire animées par Roberto Gimeno (Gimeno, 1980). L'une de ces interventions, (auprès d'une classe de CM2 en 1979) portait sur le traitement d'une matrice graphique, en vue de mettre en évidence une sériation chronologique.

Cette matrice présence/absence croise 9 églises parisiennes ou d'Île-de-France (en lignes) avec une série de critères architecturaux et stylistiques (en colonnes). La diagonalisation obtenue après réorganisation manuelle de la matrice exprime l'évolution stylistique des édifices (figure 5). Les 5 premières colonnes donnent la datation des églises et l'ordre chronologique guidant la réorganisation des 28 autres variables.

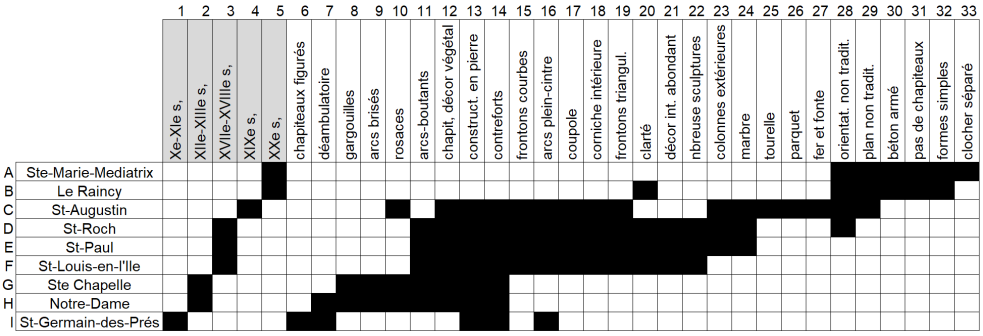


Fig. 5 : Matrice des églises parisiennes (mise au net d'après résultat de l'exercice pédagogique animé par R. Gimeno en 1979)

On voit sur la figure 5 que le modèle sériel est globalement respecté, mais avec quelques irrégularités : des variables de très longue durée telle la construction en pierres (variable 13) mais quand même à signification chronologique car remplacée au 20e siècle par le béton armé (variable 30 – lequel permet de s'affranchir des contreforts – variable 14 – nécessaires avec de hauts murs de pierre) ; et des variables « cycliques » (disparaissant puis réapparaissant) tel l'arc en plein-cintre (variable 16), présent dans l'art roman (X^{e}-XI^{e} s.) puis à nouveau à partir du XVII^{e} s. Cet exemple, bien que très simplifié, suffit ainsi à montrer que des éléments apparemment « perturbateurs » d'une sériation chronologique peuvent néanmoins être signifiants en révélant de multiples temporalités, plus complexes qu'une simple évolution linéaire.

Nous avons opéré une analyse factorielle des correspondances (AFC, *cf.*. 6) sur le tableau présence/absence de l'exercice, de façon à montrer comment l'analyse fait réapparaître la sériation sous la forme caractéristique d'un alignement des variables

et des individus suivant une trajectoire parabolique (« effet Guttman ») (figure 6). Sans rentrer dans un commentaire détaillé des résultats, notons que l'AFC permet d'explorer pas à pas cette structure de sériation, par décomposition du tableau en facteurs successifs formant des axes géométriques : l'axe 1 distingue nettement le groupe récent des deux églises du XX^{e} siècle, l'axe 2 distingue le groupe ancien des églises médiévales (G-H-I) du groupe médian formé par les édifices du XVII^{e} au XIX^{e} siècle. Le 3e axe, non visible ici, permet de distinguer au sein des églises médiévales les caractéristiques romanes de St-Germain des Prés (I) des édifices gothiques (Sainte-Chapelle : G et Notre-Dame : H).

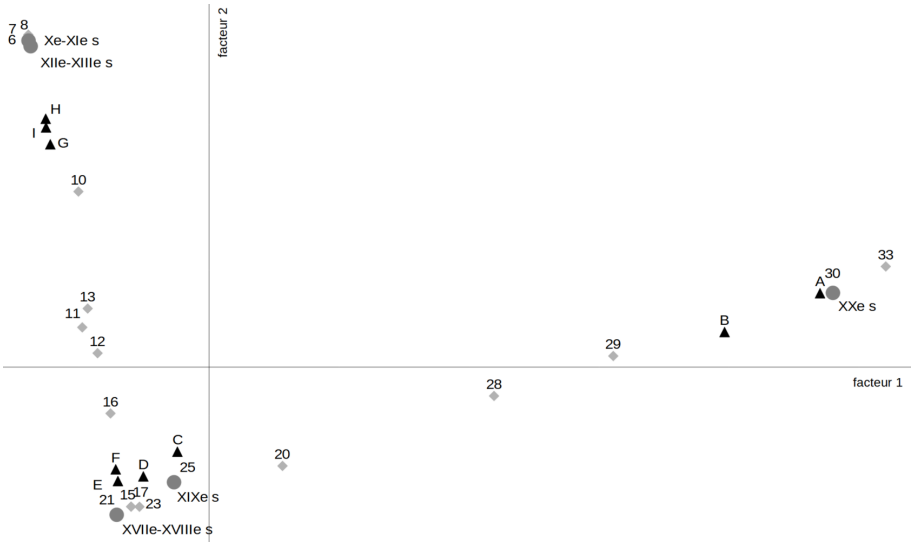


Fig. 6 : Premier plan factoriel (axes 1 et 2) de l'analyse des correspondances réalisée sur le tableau de la figure 5.

Une classification ascendante hiérarchique (CAH, *cf.* 9) opérée sur les coordonnées fournies par l'analyse des correspondances permet de retrouver ce regroupement des églises en 4 classes chronologiques révélé par les trois premiers axes de l'AFC (du plus récent au plus ancien : C4 : églises contemporaines A et B, C3 églises modernes C D E F, C2 : églises gothiques G et H, et C1 : unique édifice roman I), par coupure de l'arbre de classification (dendrogramme) au niveau où il forme 4 branches (figure 7). Il faut noter que l'arbre ne montre pas d'ordre chronologique horizontalement ; en effet la lecture d'un dendrogramme n'est pas horizontale (l'ordre des branches de droite à gauche ou de gauche à droite n'a pas de signification) mais uniquement verticale, par agrégation successive du plus ressemblant (vers le bas) au moins ressemblant (vers le haut).

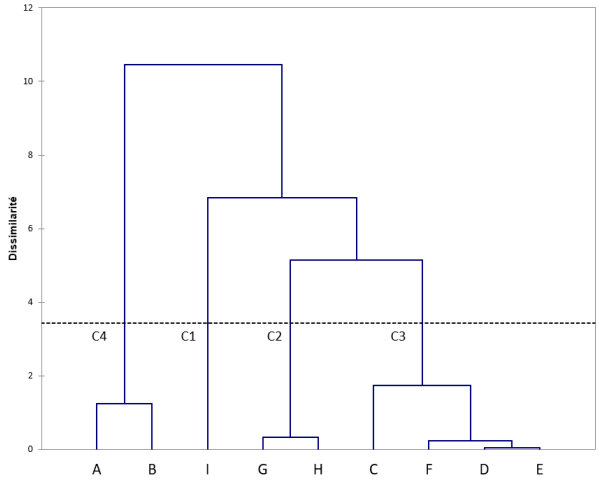


FIG. 7 : Dendrogramme de classification ascendante hiérarchique opérée sur les coordonnées de l'AFC, avec coupure de l'arbre en 4 classes.

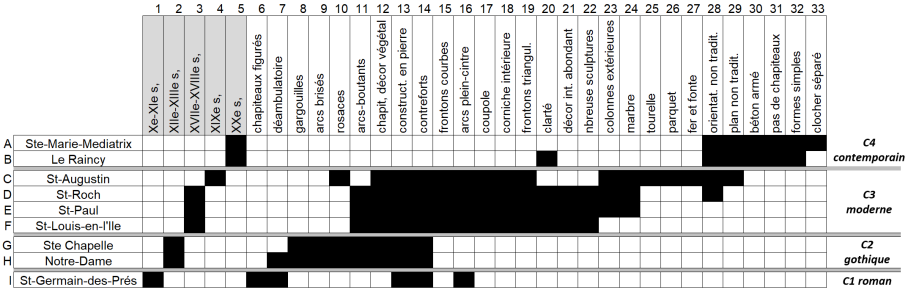


FIG. 8 : Matrice graphique avec divisions horizontales visualisant les 4 classes chronologiques d'églises.

Après ce détour par l'analyse statistique, une dernière étape, de retour vers la matrice graphique, est possible. En effet ces regroupements, c'est-à-dire cette interprétation chronologique plus fouillée de la structure de sériation, peuvent être visualisés sur la matrice graphique, apportant à celle-ci une information supplémentaire procédant d'une analyse statistique multidimensionnelle et non pas seulement d'une détermination visuelle empirique (figure 8).

Cet exemple, encore une fois très simplifié (il ne comprend qu'un nombre réduit d'individus, et des variables descriptives adaptées à un travail avec de jeunes élèves donc fort sommaires et critiquables aux yeux de spécialistes), suffit pourtant à montrer la complémentarité, et non l'opposition, qui peut exister entre l'emploi des matrices graphiques et les techniques d'analyse statistique (au moins lorsque la taille du tableau traité permet raisonnablement sa conversion en matrice graphique, c'est-à-dire jusqu'à des dimensions de l'ordre d'une centaine de lignes par une centaine de colonnes).