

Modélisation, représentation et cartographie des formes du décor architectural

Rached Barbouche^{1,2}

¹ École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, 2026 Sidi Bousaïd, Tunis, Tunisie

Résumé. La production des formes en architecture est un acte dans lequel se construit le projet et se façonne l'espace. Elle est une action qui structure l'environnement humain. La conception architecturale est aussi une production spatiale de formes et exploration de potentialités de composition. Deux approches nous intéressent ici : formalisation du savoir-faire architectural et analyse des modes de composition en architecture. Il s'agit d'une part de comprendre la notion de composition, d'organisation et de configuration architecturale et d'autre part de décomposer, segmenter et caractériser morphologiquement un ensemble d'objets architecturaux (décors des fenêtres) en vue de mettre en évidence et d'expliquer les lois du système de formes qu'ils organisent. L'objectif est de développer des outils d'aide à la conception architecturale dans le cadre de la pédagogie du projet et de l'informatisation du savoir-faire architectural. La mise en place d'un environnement virtuel et d'un dispositif de matérialisation spatiale de formes apporte une aide opératoire dans la conception architecturale.

Mots-clés. Composition, Modélisation, Représentation, SIG.

Abstract. The production of forms in architecture is an action in which the project is built and the space is shaped. It is an action that structures the human environment. Architectural design is also a spatial production of forms and exploration of compositional potentialities. Two approaches interest us here: formalization of architectural know-how and analysis of composition modes in architecture. On the one hand, it involves understanding the notion of composition, organization and architectural configuration, on the other hand decomposing, segmenting and morphologically characterizing a set of architectural objects (decors of windows) in order to highlight and to explain the laws of the system of forms they organize. The objective is to develop help support tools for architectural design within the framework of project pedagogy and the computerization of architectural know-how. The establishment of a virtual environment and of a device for the spatial materialization of forms provides operative help in architectural design.

Keywords. Composition, Modeling, Representation, GIS.

² rachedbarbouche@yahoo.fr

1. Introduction

La production des formes en architecture est une activité de création n'échappant pas à la connaissance. Elle est un acte installant dans l'espace des configurations et des compositions susceptibles d'un diagnostic et d'un examen par l'étude des formes produites. Il s'agit d'observer les formes existantes pour modéliser ce qui commande leur production et formaliser le système qu'elles constituent et dont il est possible de déceler le principe organisateur. Prendre conscience de ce fait prête la conception architecturale à un formalisme opératoire. Il s'agit aussi de considérer la production des formes comme un langage formel qui est réductible à des règles de construction et des schémas de composition. La compréhension des opérateurs élémentaires et fondamentaux des productions des formes permet de décrire des manières de concevoir et de penser l'espace architectural. C'est un niveau de constance et de stabilité permettant de découvrir de nouveaux découpages de l'espace, susceptibles d'une variation plastique et dimensionnelle.

Cet article présente les résultats d'une étude empirique effectuée sur des édifices appartenant à l'architecture européenne de Tunisie de la période XIX-XX^e siècles. Il vise à faire état des outils méthodologiques utilisés pour analyser les formes du décor porté par les fenêtres de ces édifices et comprendre les modes de composition adoptés par les concepteurs de l'époque. La question est de savoir comment se manifeste la composition du décor et de déterminer dans quelle mesure l'analyse permet de déceler les règles qui régissent son organisation.

Le corpus comprend près de 3500 spécimens de fenêtres sélectionnés sur 1200 édifices.

2. Problème et méthodologie

L'étude s'inscrit dans un cadre scientifique pour le développement des recherches sur la conception architecturale, qui proposent de construire les objets théoriques de connaissance de la discipline et d'en développer des méthodes adéquates. Elle considère l'activité de composition comme un système complexe (Le Moigne, 1995) d'actions cognitives de manipulation de l'information, qui prend lieu dans l'intellect et qui se prolonge dans l'action d'apparence figurative. L'objectif de cette étude est la description des modes de composition par une modélisation systémique. Elle propose une démarche empirique basée sur une méthode d'analyse systématisée afin de vérifier et développer le modèle proposé.

2.1 Principe méthodologique

Le postulat fondamental de l'étude est que les formes du décor architectural porté par les fenêtres des édifices sont des productions humaines dont l'organisation permet de construire une connaissance ; ce qui justifie l'existence du paradigme de leur modélisation. Ces formes présentent un intérêt manifeste pour comprendre et expliquer les phénomènes culturels qu'elles produisent et dont l'architecture serait un des indicateurs pertinents.

2.2 Méthode d'analyse

L'étude adopte une méthode empirique de caractérisation / identification qui se base sur des opérations explicites d'analyse descriptive et comparative. Elle considère que les objets analysés présentent a priori chacun une forme propre et que cette forme peut être mise en relation avec celle de certaines autres, afin de déterminer ce qui les caractérise.

La méthode consiste à décomposer ces objets en entités élémentaires significatives et à spécifier la forme de chacune d'entre elles pour rendre compte de leur organisation

structurale et plastique. L'objectivité de cette méthode dépend d'une part de la façon dont la comparaison est systématisée selon les « mécanismes perceptifs » (Piaget, 1975) et d'autre part des méthodes et dispositifs utilisés pour y parvenir. Les deux objets de connaissance théorique et empirique ici considérés sont étroitement liés.

L'interprétation des résultats de l'analyse s'appuie sur différents moyens de traitement de données et divers outils numériques et cartographiques, dont il faudra à leur tour « analyser les formes ». Ces moyens de médiation permettent non seulement un traitement scientifique de l'identification des formes et élaborent des modèles formels spécifiques, mais ils permettent aussi d'accéder à un environnement numérique interactif de représentation, de visualisation et de simulation qui restait auparavant inaccessible.

2.3 La segmentation

Chaque spécimen, dûment sélectionné et répertorié, est décomposé en un nombre limité d'unités de composition appelées « segments » (Salem, 1987) qui prennent des formes diverses constituant son identité³. Ces segments élaborent la structure intelligible du décor selon laquelle s'organisent ces formes. L'identification des segments repose sur des assimilations perceptives transposables en opérations d'association et de dissociation.

La segmentation demande à repérer d'abord pour chaque spécimen des discontinuités ou *lyses* manifestes dont l'analyse a besoin pour guider ses procédures. Ces discontinuités représentent les dispositifs par lesquels un spécimen délimite des parties morphologiquement homogènes et distinctes des parties voisines. Il s'agit ainsi de repérer ce qui est manifestement délimité et analysable.

La segmentation est ensuite validée par les comparaisons multiples entre les différents spécimens. L'objectif est d'identifier des entités constantes comparables et de mettre en évidence les variations de leurs combinaisons, indépendamment des formes singulières que ces entités peuvent prendre dans tel ou tel cas. La procédure de comparaison des spécimens nécessite la définition de relations d'équivalence entre segments, dites d'homologie, qui trouvent principalement leur fondement dans la spatialité des entités analysées. Ainsi, la relation d'homologie entre segments est fondée par les positions et les relations dispositionnelles d'éléments présentant des discontinuités suffisantes pour être distingués.

La segmentation nécessite enfin l'établissement de critères à utiliser dans l'examen du corpus. Ces critères sont identifiés selon deux registres différents, géométrique et sémantique, et doivent satisfaire certaines conditions :

- ils doivent permettre un traitement équivalent de tous les spécimens considérés, et ils correspondent à des segments homologues.
- leur mode d'expression doit être adapté au type de caractère décrit et être rendu indépendant de toute modification de sens.

Par ailleurs, l'observation analytique du dispositif décoratif de la fenêtre considère l'identification de deux facteurs distincts : structure et décor. Le premier, morphologique, concerne la composition de l'objet ; le second descriptif touche à la plastique du détail. La synthèse de ces deux facteurs produit une « dichotomie méthodologique » (Theodorescu, 1980) dans la réalisation matérielle de l'objet achevé. Ces deux facteurs s'opposent aussi par le caractère divers des moyens adaptables à leur définition : topographique pour la structure localisant les segments, descriptif et plastique pour le décor. Évidemment, au cours d'un examen systématique, les moyens d'analyse doivent être adaptés aux traits

³ L'identité désigne les caractérisations morphologiques de l'objet ; sa mise en évidence n'est pas entièrement donnée par une perception immédiate mais elle est élaborée par l'analyse.

particuliers de chacun de ces deux facteurs et doivent être envisagés à la lumière de leur coexistence, voire d'un éventuel « déterminisme réciproque » (Focillon, 1993).

2.4 La codification

Afin de formaliser la structure morphologique du décor et pour comprendre l'arrangement de ses segments constitutifs, la description s'intéresse d'abord à la structure principale, puis aux segments secondaires et ainsi de suite jusqu'à un certain niveau de détail suffisant à enregistrer les variations de formes observées sur le corpus. Le but est de systématiser la description et d'établir un système de codage permettant de rattacher tout élément à une classe de segments homologues en toute rigueur. Le codage adopté fait référence à celui développé par l'archéologue (Gardin, 1978) c'est celui qui s'est révélé le plus instructif et le plus efficace car le plus systématique, notamment lorsqu'il a été utilisé dans un contexte d'inventaire comme celui de la présente étude.

Partant du développement de certaines autres recherches (Duprat et Paulin, 1995), un codage a été appliqué pour en faire l'hypothèse d'abord, en produire une description systématique ensuite et mettre au point, enfin, un procédé stable et efficace de modélisation des organisations rencontrées. Ce codage se base sur dix descripteurs ou attributs classés du haut en bas (figure 1) : (A) couverture de la baie ; (B) couronnement ; (C) motif central de couronnement ; (D) motif latéral de couronnement ; (E) jambage ; (F) chambranle ; (G) motif de chambranle ; (H) appui ; (I) motif central d'appui ; (J) motif latéral d'appui.

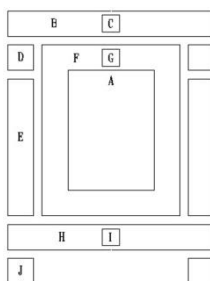


Figure 1. Modèle de la structure du décor de la fenêtre.

L'étude menée en utilisant cette grille d'analyse ou ce codage topographique permet de représenter et décrire tous les cas de figure présents sur le corpus, en levant tous les obstacles et les ambiguïtés dues aux entités complexes qui apparaissent dans les opérations de segmentation des spécimens étudiés.

Une fois le modèle structural défini, il est assorti de catalogues de formes élémentaires (figure 2), un catalogue par classe de segments homologues où sont enregistrées des propriétés structurales et plastiques qui conduisent à des opérations de calculs formalisés.

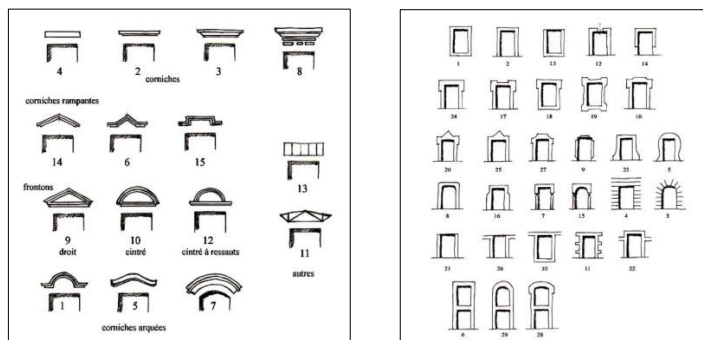


Figure 2. Exemples de catalogues de variation de formes (couronnement et chambranle).

3. Traitement des données

3.1 Quantification des segments

Les informations morpho-structurales, convenablement transposées dans un système de codage alphanumérique sous la forme de tableaux attributs/objets, peuvent faire l'objet de traitements statistiques et de calculs informatisés (tableau 1). Le tableau segments/spécimens enregistre, pour chaque spécimen répertorié, le codage de la forme de ses segments, rattaché aux catalogues des formes élémentaires précédemment constitués.

Tableau 1. Description des spécimens et codage des segments (Id : identifiant ; Spécimen : nom attribué à la fenêtre ; Colonnes A à J : codage rattaché aux catalogues des variations de formes).

Id	Spécimen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Abdari 08	5	0	8	0	0	0	0	15	0	0
2	Abdari 12_1	1	0	0	0	0	0	0	2	5	0
3	Abdari 12_2	1	0	0	0	0	0	0	22	13	34
4	Ang 11_2	1	3	10	0	0	24	0	8	1	5
5	Abk 11_1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	23

3.2 Fréquence des segments

L'analyse statistique des segments permet de considérer sur le corpus une sorte de « complexe expérimental » où plusieurs événements, au sens mathématique, peuvent se produire. Ces événements sont définis comme des classes ou sous-ensembles du corpus. Il s'agit de considérer successivement le caractère « contenir A », puis « contenir B », etc. Enfin « contenir J » et d'enregistrer pour chaque spécimen la présence ou l'absence du segment en question. Le calcul des fréquences des segments de même catégorie pour chaque spécimen permet de constater l'écart entre eux. L'histogramme (figure 3) permet de caractériser l'ensemble du corpus et rend compte de l'abondance des segments par classes. Les zones à valeur élevée représentent le principal domaine d'investissement décoratif.

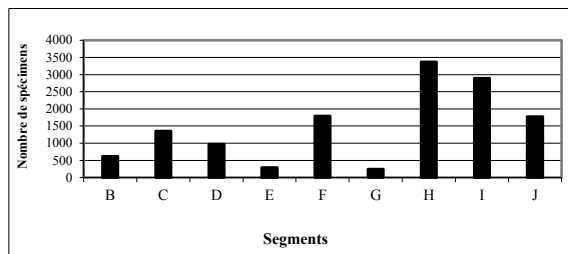


Figure 3. Histogramme des fréquences des segments.

L'étude de la fréquence des segments apporte une information qui n'est pas immédiatement disponible ni à l'examen des données empiriques brutes ni à l'exploration du tableau attributs/objets sans calcul. L'analyse permet de repérer les segments distinctifs tels que l'appui (H) et son décor central (I) ; alors que les compositions utilisant un jambage (E) ou un décor de chambranle (G) sont relativement rares. L'histogramme montre que la majorité des spécimens possèdent soit un balcon, un balconnet ou un garde-corps ; soit un appui muni simplement d'un décor central. Le segment A (couverture de la baie) ne figure pas sur l'histogramme car il n'est pas un segment structural délimité susceptible d'être soit présent soit absent ; il ne peut constituer de ce fait une variable structurale substituable à une autre. Par contre, toujours présent, il peut varier dans sa forme plastique.

4. Analyse du système du décor

4.1 Organisation des structures

Afin de mieux comprendre la logique de manipulation de l'information dans le mode de composition du décor, les structures attestées sur le corpus ont été soumises à une analyse basée sur la technique matricielle ou la méthode de sériation. Cette méthode, conduite par le logiciel BSK (Ben Saci, 2000) sur le tableau attributs/objets (segments/structures), permet de traiter un ensemble d'informations assez considérable comme c'est ici le cas. Selon cette méthode, les ensembles d'unités x et y sont réordonnés par permutation des lignes et des colonnes en fonction de la quantité d'information qu'ils portent respectivement ; ce qui modifie l'image initiale du tableau sans qu'il y ait perte d'information ou altération des données de base. La mesure de cette quantité d'information est représentée par un « scalogramme » (Bertin, 1977 ; Theodorescu, 1980).

L'analyse par cette méthode fait apparaître, dans l'ordre de la diagonale du graphique obtenu, des groupements significatifs de structures attestés et qualifiés de classes homogènes, résultant de partitions strictes de l'ensemble étudié, fondées elles-mêmes sur des variations importantes de la quantité d'information associée à ces structures. Chaque structure peut ainsi se ranger dans une et une seule de ces classes distinctes en fonction du nombre et du type de segments qui la composent. Les traitements effectués révèlent certaines classifications significatives des structures et/ou des segments (figure 4). Ils permettent aussi de constater des séries d'opposition : la colonne blanche située au centre du graphique représente le segment dominant (appui de fenêtre), le plus communément partagé par les structures du corpus ; les segments plus rares, qui opposent les structures du haut et du bas du graphique, sont situés de part et d'autre de la colonne centrale.

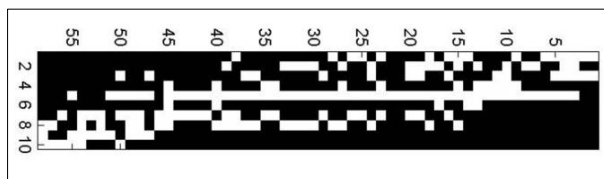


Figure 4. Scalogramme des structures et de leurs segments. Il est retourné pour une raison de mise en page. Le noir indique l'absence de modalité, alors que le blanc signifie que les modalités concernées sont présentes. Les chiffres de 1 à 10 représentent les segments A à J.

L'ordre du scalogramme est confirmé par le diagramme de sériation des attributs, appelé par le logiciel « descriptomètre » (Ben Saci, 2000), qui représente la variation de la quantité d'information associée aux segments en fonction des structures. Il montre que les traits décrivant ces segments ne constituent pas des éléments de différenciation ou d'individualisation et que cette variation est relativement régulière (figure 5).

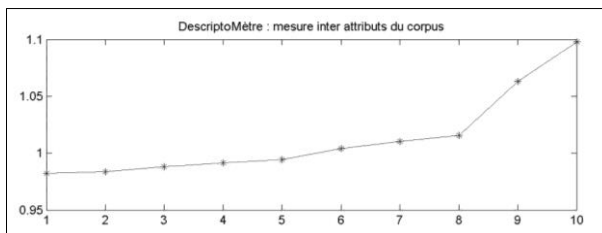


Figure 5. Descriptomètre de la variation de la quantité d'information associée aux segments en fonction des structures.

La finalité des traitements effectués permet de mettre des classes de spécimens en relation avec des faits extrinsèques relatifs à ces spécimens ou à leur production, ses circonstances ou ses conditions. Ils sont par-là porteurs d'une partie de l'explication des faits intrinsèques, relatifs aux propriétés morphologiques des spécimens, que l'analyse a préalablement mis en évidence. Le principal acquis de ces traitements est d'avoir dégagé la possibilité de groupements typologiques significatifs, fondés sur des critères quantitatifs et décrivant des relations proportionnelles entre les spécimens analysés.

4.2 Classification des structures

Les informations structurales ont été également soumises à l'analyse factorielle des correspondances multiples. Cette méthode calcule une distance entre structures et/ou segments dans l'espace multidimensionnel. Le résultat de cette analyse, conduite par le logiciel WAD (Tounissoux, 2002), donne un graphique (figure 6) qui montre la projection des structures en fonction des segments sur les deux premiers axes factoriels. La projection est représentée selon l'importance de la quantité d'information portée par ces deux axes.

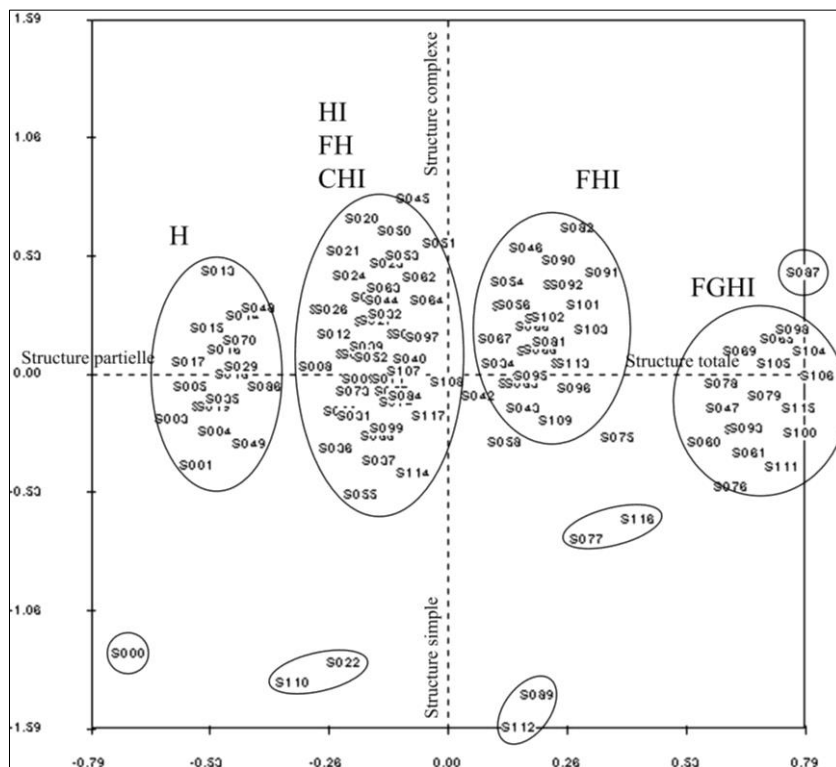


Figure 6. Analyse factorielle des correspondances multiples dans les plans 1-2.

La projection des structures sur les deux axes factoriels permet de repérer quatre classes distinctes selon la fréquence et le type de segments qu’elles portent respectivement. L’axe 1 (partielle/totale) oppose les structures incomplètes avec segments rares (à gauche) aux structures complètes avec segments fréquents (à droite). L’axe 2 (simple/complexe) oppose les structures incomplètes avec segments fréquents (en bas) aux structures complètes avec segments rares (en haut). Les structures situées à l’origine des deux axes sont celles qui partagent les mêmes attributs. Les structures isolées sont des atypiques.

L’analyse factorielle révèle ainsi des variations structurales qui organisent l’ensemble en quatre classes distinctes dont la distribution chronologique, étalée, est remarquable (figure 7) : la première (à droite) se caractérise par un fort emploi de segments reflétant une richesse du décor (fin XIX^e siècle), puis la tendance se dirige progressivement vers un faible emploi de segments (à gauche), donc peu de décor (milieu du XX^e siècle).



Figure 7. Spécimens typiques représentant les principales classes de structures du corpus.

4.3 Distribution spatiale des données

Pour spatialiser les informations obtenues, il a été réalisé un système d'information géographique SIG à partir du plan de la ville, divisé en sept quartiers. Les objets de la carte, qui sont des polygones représentant les parcelles des édifices, sont discernés en fonction des valeurs des informations associées à la carte. La base du SIG est constituée de deux tables séparées nommées « Édifices » et « Fenêtres ». Les deux tables sont rapprochées par une fonction de jointure à l'aide d'un champ descriptif commun. La sélection de traits est faite aussi bien sur les édifices que sur leurs fenêtres. Toutefois, les polygones de la carte qui représentent les édifices ne permettent pas de différencier cartographiquement les fenêtres d'un même édifice ; celles-ci peuvent apparaître sur des cartes différentes.

Les informations morphologiques sont insérées dans la table « Fenêtres » de la base du SIG. Elles s'ajoutent ainsi aux données non morphologiques déjà collectées sur les édifices (date de construction, hauteur, nom de l'architecte, etc.) et saisies dans la table « Édifices ».

L'analyse des informations de la base du SIG fait l'objet de cartes figurant leur répartition spatiale et pouvant révéler les caractères de la production dans chaque quartier de la ville. Il est ainsi possible de chercher dans cet environnement interactif à montrer par exemple que les mouvements de l'urbanisation dans le temps peuvent éclairer ce que l'espace révèle. Ou encore que le décor des fenêtres manifeste une identité morphologique, tout en obéissant à une même organisation spatiale, couvrant toute l'aire étudiée. Et voir si sa distribution dans l'espace est clairement repérable et interprétable. Le SIG permet ainsi de réaliser diverses opérations comme par exemple :

- visualiser des édifices portant des décors de fenêtre de mêmes formes,
- sélectionner des édifices comportant des spécimens remarquables,
- représenter des édifices construits à une même époque ou par un architecte particulier.

La lecture de la distribution spatiale des structures (figure 8) montre que certains quartiers sont caractérisés par des modèles qui s'y trouvent majoritaires. La concentration de ces modèles environne certains quartiers plutôt que d'autres et se fait surtout selon les relations qui se lisent à travers leurs segments. Ces segments sont significatifs quant à la chronologie du développement urbain des quartiers. Plus le nombre de segments est élevé, plus la richesse du décor s'accroît. La cartographie de la structure renvoie ainsi aux modes d'organisation adoptés par les concepteurs de l'époque : groupements homogènes dans les quartiers riches où les propriétaires plus aisés construisent des immeubles de luxe, hétérogénéité d'organisations dans les zones modestes où les concepteurs intègrent différents éléments de tous ordres pour les rattacher à de multiples modèles génériques.

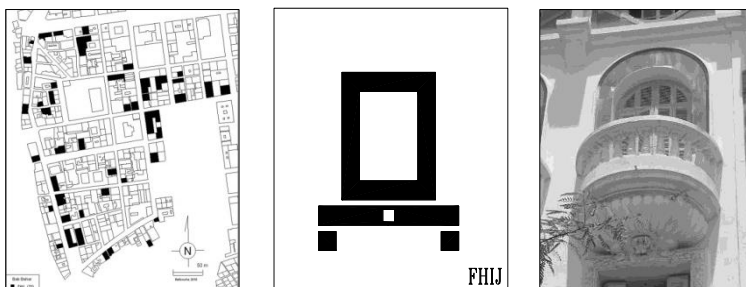


Figure 8. Répartition de la structure type : chambranle/appui/décor central/décor latéral, au quartier Bab Bahar (Tunis) et spécimen possédant cette structure.

La lecture de la répartition spatiale des motifs décoratifs (figure 9), montre que les caractéristiques plastiques du décor sont assez diversifiées, coïncidant remarquablement elles aussi avec une cartographie significative. Cela vient du fait que les quartiers de la ville

sont construits à différentes périodes et qu'à chaque époque les concepteurs adoptent des organisations décoratives différentes ; ce qui engendre une répartition particulière des variantes d'un quartier à l'autre. L'examen cartographique des motifs montre que ceux-ci remplissent inégalement les quartiers de la ville, plus denses dans les quartiers riches, rares dans les quartiers modestes. Certains motifs sont bien des éléments de différenciation stylistique, mais outre le fait qu'ils sont difficilement lisibles directement sur les façades de plusieurs édifices, ces éléments sont dispersés entre les quartiers.



Figure 9. Répartition de la « grille ouvragée » au quartier Jean-Jaurès (Tunis) et spécimen du motif.

La variété dans la répartition spatiale du décor renvoie aux modes de compositions des concepteurs de l'époque qui utilisent à chaque période un type d'organisation différent. Autrement dit, plus l'urbanisation se déploie, plus les concepteurs changent de motifs dans leurs œuvres. Le caractère de chaque quartier est en fait la conséquence des mouvements stylistiques qui se produisent au fil du temps et non du choix ou de l'adaptation de la part des concepteurs à utiliser tel motif exclusivement pour tel quartier.

Les différentes approches envisagées donnent au SIG ainsi constitué un caractère relativement fédérateur sur le plan scientifique et celui des collaborations qu'il suscite (Gauthiez, 1993). Le SIG exploite les informations morphologiques pour les représenter sous un jour nouveau. Il permet non seulement de réaliser des analyses sous divers angles (morphologique, architectural, urbanistique, etc.), mais aussi de construire une plus large communication sur l'intérêt de ce patrimoine architectural et la nécessité de le préserver. Le matériau est susceptible d'une valorisation culturelle renouvelée. Les résultats de cette étude pourront en outre former une base de données ouvertes (Open Data) associée au SIG et mise à disposition du public, notamment des chercheurs et des décideurs, avec les possibilités de synthèse qu'offre un tel instrument de connaissance et d'expertise.

5. Conclusion

Cette étude a fait émerger des connaissances originales sur le système compositionnel du décor dont la validité et la projectibilité ont été empiriquement établies. Elle a développé des nouvelles techniques d'observation du mode de composition et de traitement numérique de l'information (Barbouche, 2012). Elle a montré que la conception architecturale peut être considérée comme un objet de connaissance théorique mais aussi empirique. Les moyens de médiation utilisés ont aidé à objectiver les démarches entreprises et ont fait ressortir des informations nouvelles à propos du décor. Ces techniques, malgré leur caractère quantitatif, ne constituent qu'une sorte de médiation neutre et un pur moyen d'assistance et de contrôle de cohérence des informations, qui permettent de mettre en évidence des contenus auparavant inaccessibles par d'autres moyens. Certes, ces dispositifs restent laborieux, mais il s'agit de ne pas perdre de vue le contenu de leurs résultats, en

cantonnant ces techniques à un simple rôle de médiation instrumentale. Ce qui permet l'ouverture, au sein des théories scientifiques de la conception architecturale, à la fois du champ des connaissances et celui des applications potentielles (Balmissse, 2002). Ce travail ouvre de larges perspectives pour la compréhension du travail de composition, l'élaboration de programmes et de méthodologies d'enseignement de la conception et à terme, pour l'élaboration d'outils numériques d'aide à la conception.

Cette étude a eu le soutien de l'Université de Carthage (Tunisie) et du Laboratoire d'Analyse des Formes (LAF) à l'ENSA de Lyon (France).

Bibliographie

- Balmissse, G. (2002). *Gestion des connaissances : outils et application du Knowledge Management*. Paris : Editions Vuilbert.
- Barbouche, R. (2012). *L'immeuble d'habitation à Tunis (1881-1956) : inventaire patrimonial et étude stylistique de la baie et de son décor*, thèse de doctorat, Enau, Université de Carthage, Tunis.
- Ben Saci, A. (2000). *Une théorie générale de l'architecture, morphométrie et modélisation*, thèse de doctorat, université Lyon III.
- Bertin, J. (1977). *La graphique et le traitement graphique de l'information*. Paris : Flammarion.
- Duprat, B., et Paulin, M. (1995). *Le système de la façade et de la baie : maisons à loyer urbaines du XIXe siècle*. Lyon : Editions du Cosmogone.
- Focillon, H. (1993). *Vie des formes*. Paris : PUF.
- Gardin, J.-Cl. (1978). *Code pour l'analyse des ornements*. Paris : CNRS.
- Gauthiez, B. (1993). *Lyon, formation et évolution d'un espace urbain*. Lyon : LAF. EA de Lyon.
- Le Moigne, J.-L. (1995). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris : Dunod.
- Piaget, J. (1975). *Les mécanismes perceptifs*. Paris : PUF.
- Salem, A. (1987). *Pratique des segments répétés ; essai de statistique textuelle*, Paris, Klincksieck.
- Theodorescu, D. (1980). *Le chapiteau ionique grec ; essai monographique*. Genève : Droz.
- Tounissoux, D. (2002). *Méthodes factorielles : analyse factorielle des correspondances*. Lyon : Université Lyon I.