

La coupole à mouqarnas de la salle des deux sœurs à l'Alhambra de Grenade

Jean Marc Castera
Artiste / mathématicien
6 rue Alphand, 75013 Paris
jm@castera.net

Résumé

La décoration du palais de l'Alhambra de Grenade présente encore des aspects méconnus. C'est le cas de la fameuse coupole de la salle des deux sœurs.

1. Le travail de Jules Goury et Owen Jones.

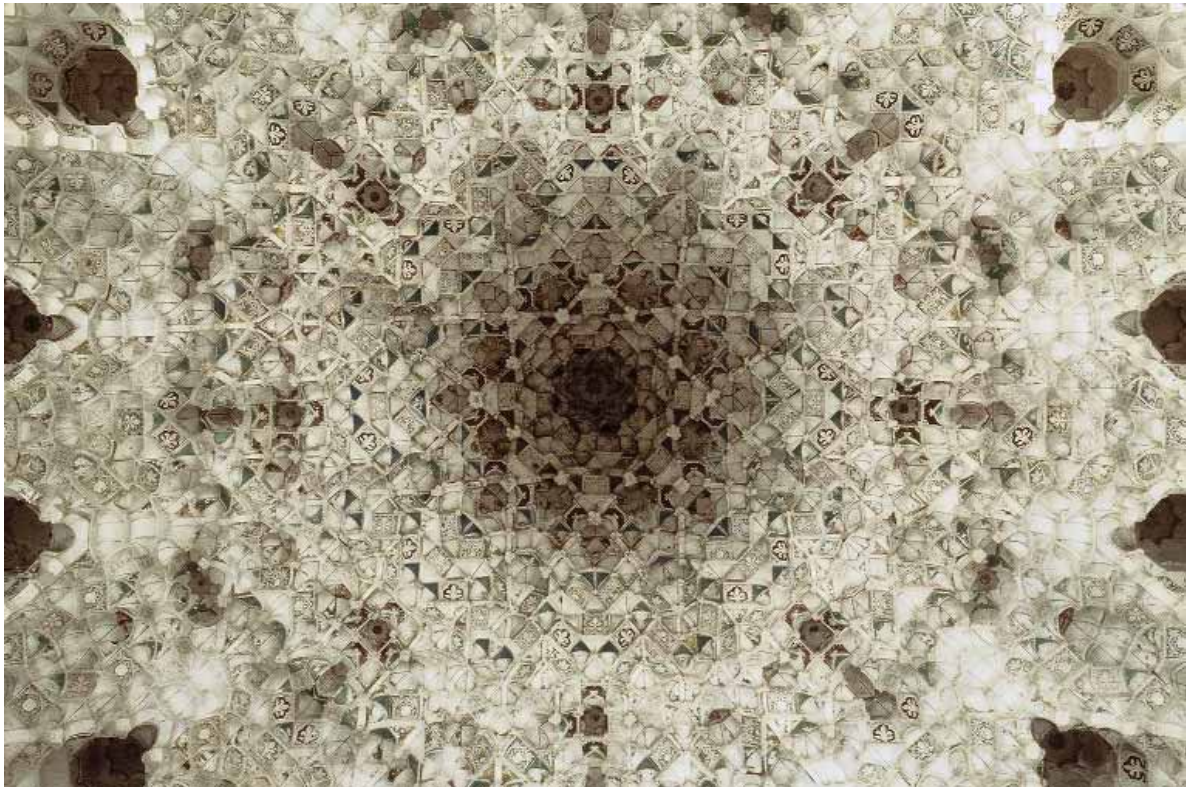


Figure 1.1 : Photographie de la coupole. Une avalanche de géométrie.

En 1834 deux jeunes architectes, l'anglais Owen Jones et le français Jules Goury firent un long séjour à Grenade afin d'étudier en détail le palais de l'Alhambra.

Le voyage fut sans retour pour Jules Goury, qui contracta le choléra et mourut à Grenade le 28 août 1834.

Plans, coupes, élévations, relevés du décor et des écritures, empreintes et moulages, fournirent la matière d'un remarquable ouvrage [1], in-folio en deux volumes et 104 planches gravées, dont la Bibliothèque Nationale de France possède un exemplaire.

On y trouve une étude poussée de la salle des deux sœurs, avec plan et élévation de la coupole.

Ces gravures ont par la suite été abondamment reproduites dans des ouvrages consacrés à l'architecture islamique.

L'étude est conforme aux méthodes occidentales, ou deux projections (plan et élévation) sont nécessaires pour rendre compte d'une structure tridimensionnelle. Nous verrons par la suite comment toute cette information peut être contenue dans une seule représentation plane utilisant un code de représentation des différentes pièces de mouqarnas.

Par ailleurs, il est étonnant que les auteurs ne signalent pas l'irrégularité qui se manifeste dans la projection plane, alors même qu'ils ont bien du la rencontrer en faisant leur tracé.

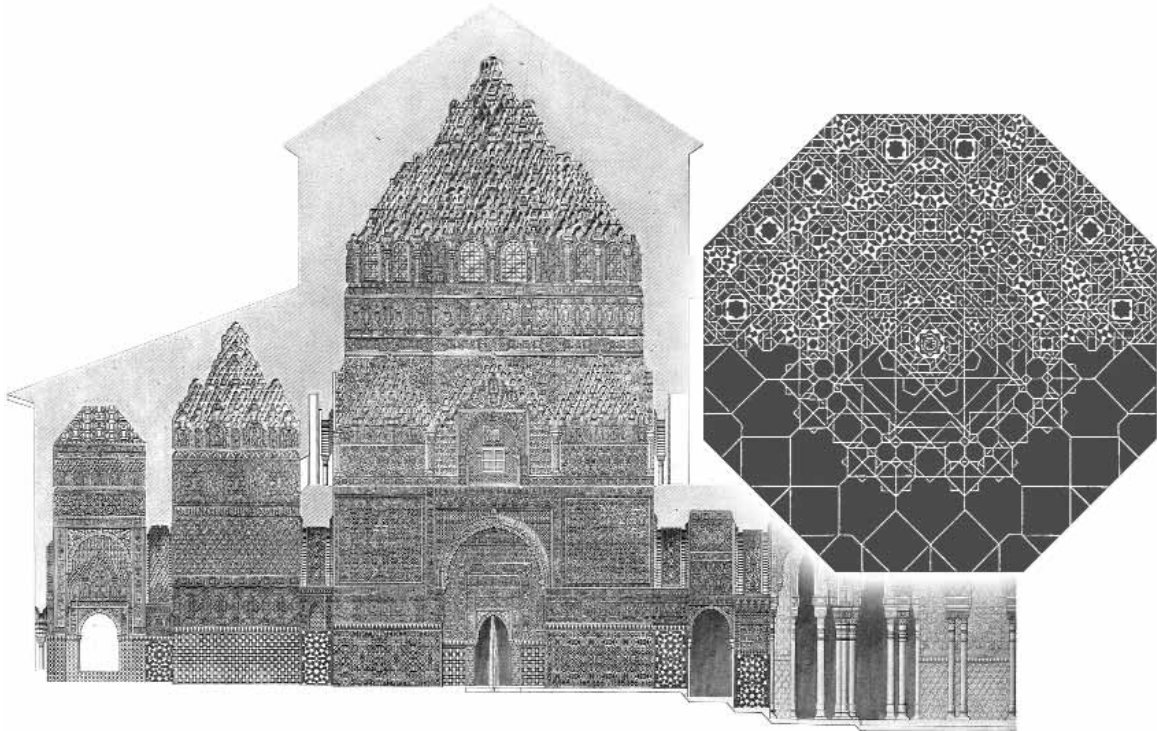


Figure 1.1 : *Élévation et projection plane de la coupole, selon Goury et Jones*

2. Structures à mouqarnas, les principes [2]

Les mouqarnas sont des constituants majeurs de l'identité du style de l'architecture islamique. Il existe pourtant des différences régionales : souvent construits en brique, par niveaux successifs, en Iran ou en Irak, on les verra plutôt taillés dans la pierre en Syrie et en Égypte.

Dans la région arabo-andalouse il s'agit de constructions modulaires, en bois ou en plâtre. La symétrie est à de rares exceptions près celle de l'octogone, alors que la symétrie pentagonale est assez fréquente dans le style persan.

Les modules peuvent être en bois, généralement du cèdre, ou bien en plâtre. Ils sont assemblés en d'immenses puzzles faits de d'un petit nombre de formes différentes. La technique du bois, comme la technique du zellij pour le décor plan, impose un tracé précis de chaque forme.

Par contre, la souplesse du plâtre permet des raccords forcés en déformant légèrement certaines pièces. Les pièces sont décorées (peinture, sculpture) après assemblage.

La coupole de la salle des deux sœurs, réalisée en plâtre, utilise plus de 5000 pièces.

Toutes les pièces sont des prismes droits dont une extrémité a subi une découpe courbe dessinant la partie visible des mouqarnas. Ces surfaces se raccordent par continuité, c'est pourquoi on peut dire que les mouqarnas ressemblent plus à une peau qu'à un volume.

Le détail du modelé des pièces n'a aucune importance structurelle, un même assemblage pouvant se prêter à des habillages de styles fort différents.

4 formes différentes suffisent pour construire une infinité de structures. Deux sont de section triangulaire (un demi carré), les deux autres sont basées sur un losange à 45°. La découpe s'appuie sur une courbe unique, appliquée sur certaines faces du prisme. Cette courbe définit le profil des mouqarnas, qui suit en général une pente de l'ordre de 30° par rapport à la verticale.

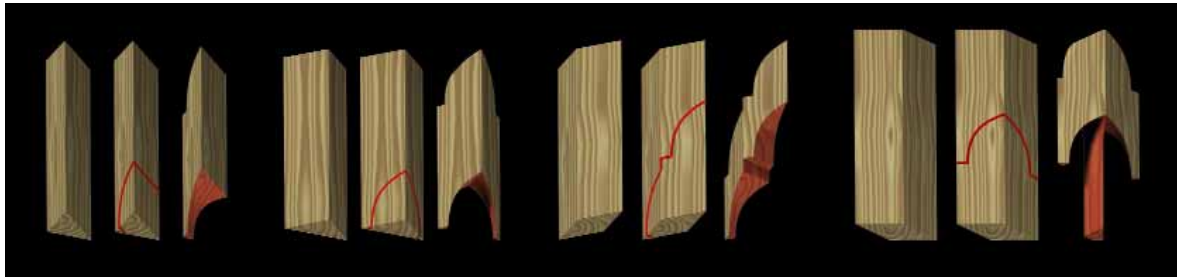


Figure 2.1 : découpe des 4 pièces principales. À partir d'un prisme triangulaire pour les deux premières, rhombique pour les deux autres. Les parties visibles sont colorées en rouge.

Code de représentation : Pour différencier sur la projection plane deux pièces ayant la même section (demi-carré ou losange), on note par un point le où les sommets inférieurs de la pièce. Un tel sommet s'appellera le "pied" du module.

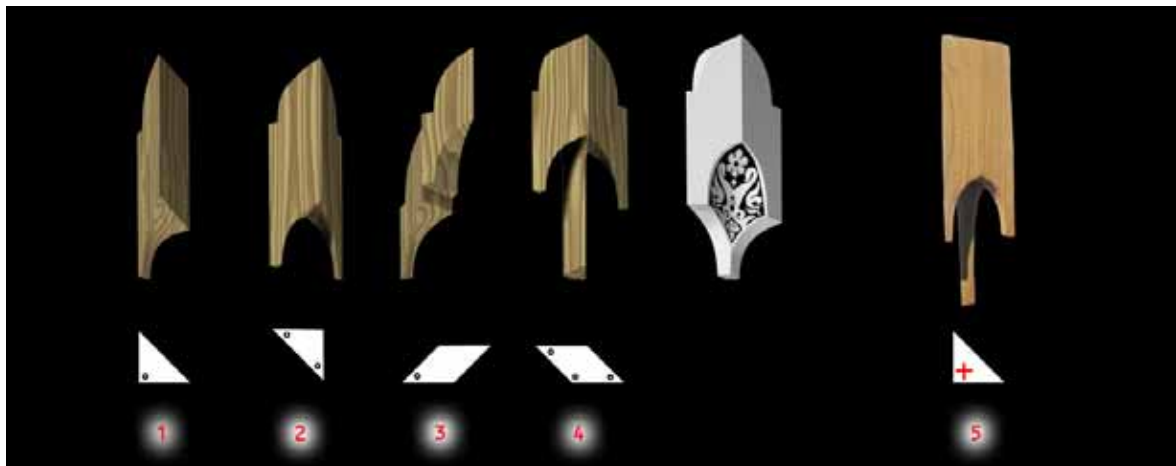


Figure 2.2 : Les 4 principales pièces de mouqarnas, et leur représentation plane. C'est pour faciliter la lecture des plans que l'on note la pièce 4 avec 3 points au lieu d'un seul. À sa droite, la même pièce dans une interprétation en plâtre décoré dans le style de l'Alhambra. La pièce numéro 5 est une variante de la pièce 1.

Les règles d'assemblage.

L'assemblage se fait par mise en commun des arêtes courbes.

Deux arêtes ne pouvant être mises en commun que si elles ont la même orientation. Et dans ce cas, il n'y a qu'un seul positionnement possible.

Ainsi, grâce à ce code de représentation, le plan contient toute l'information sur la structure : dans la mesure où l'on connaît la pente des mouqarnas, ou la hauteur d'un seul module, la représentation est complète.

Les autres pièces.

En plus de ces 4 pièces principales on rencontre plusieurs pièces secondaires, comme la pièce de section rectangulaire (fig.2.3), et ses variantes. Deux petites pièces "en amande" proviennent de la décomposition de la pièce numéro 3. Il y a aussi des demi-pièces utilisées pour raccord d'angle, des pièces à un seul niveau (petits carrés en vert dans la figure 4.1). Quant à la "**chéchia**", c'est une coupolette mise à la place d'un ensemble de pièces au sommet d'une coupole (fig. 4.4 et 5.4).

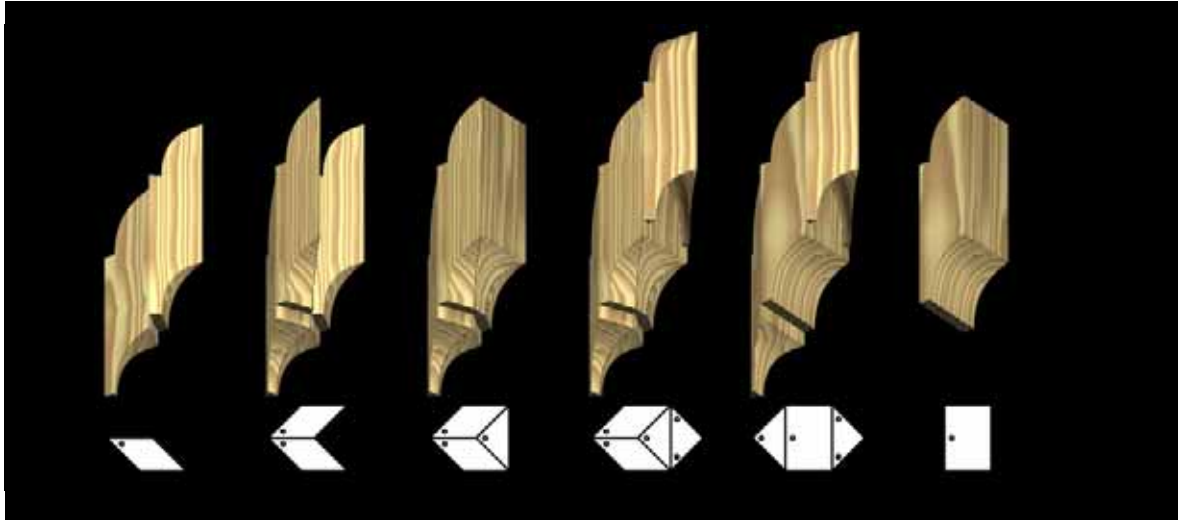


Figure 2.3 : *Formation d'un groupe de mouqarnas et variation faisant intervenir une nouvelle pièce, de section rectangulaire.*

3. Éléments pour une lecture symbolique d'une salle à coupole

Structure

Une salle à coupole est constituée de trois éléments principaux :

- * La salle, de plan carré
- * La coupole, de base circulaire sinon polygonale (au moins 8 côtés).
- * Et le tambour, élément intermédiaire généralement octogonal, permettant le passage du carré à la base de la coupole. Il sert d'assise à la coupole, et repose lui-même sur les 4 murs de la salle.

Ce dernier élément provient d'une nécessité architecturale : un cercle ne peut pas reposer solidement sur un carré.

Les côtés diagonaux du tambour demandent à être soutenus. C'est classiquement le rôle des trompes d'angle ou des pendentifs.

Sur le plan symbolique :

Le carré c'est la terre, avec les 4 points cardinaux. Par rapport à l'homme, c'est donc son aspect matériel. C'est aussi la discontinuité, et par extension l'aspect atomiste de la matière, la séparation des consciences individuelles.

Le cercle c'est le ciel, la ligne d'horizon telle qu'elle nous apparaît lorsque, étendu au sol, on lève les yeux vers le zénith.

C'est aussi la forme des êtres remarquables qui habitent ce ciel inaccessible, la Lune et le Soleil.

C'est encore -dans une première approximation- la trajectoire que dessinent les astres dans le ciel.

C'est aussi la continuité et le mouvement cyclique infini, et encore l'idée de l'unité, le cercle héritant de la symbolique du ciel.

Par rapport à l'homme ce sera son aspect immatériel, aérien, spirituel.

Une salle à coupole réalise donc symboliquement, dans un mouvement d'élévation, le passage alchimique du carré au cercle, de la terre au ciel, de l'homme matériel à l'homme spirituel, de la conscience individuelle à l'idéal de non séparativité, de conscience cosmique.

Ce passage du carré au cercle est rendu possible par l'intermédiaire de l'octogone.

L'octogone, c'est le fruit de la rencontre amoureuse de deux carrés complémentaires.

Notion d'amour -aux multiples descriptions, définitions, aux infinies évocations et invocations poétiques- qui se retrouve dans tous les spiritualismes.

Remarques

Cette symbolique [du carré et du cercle, du ciel et de la terre] a un caractère fortement universel, au-delà de l'habillage que lui prêtera une religion ou une philosophie particulière.

Les premières mosquées -comme les premiers temples- étaient de simples délimitations rectangulaire de l'espace, ouvertes sur le ciel. La mosquée minimale c'est le tapis de prière, de forme rectangulaire.

Très souvent, un bassin est placé au centre de la pièce, miroir reflétant cette image du ciel qui est la coupole. Présence du ciel sur la terre.

On trouve parfois des tambours doubles, le tambour à 8 étant surmonté d'un tambour à 16 (mosquée du Vendredi, Isphahan, Iran).

4. La salle des deux sœurs : relevé du plan

4.1. La coupole

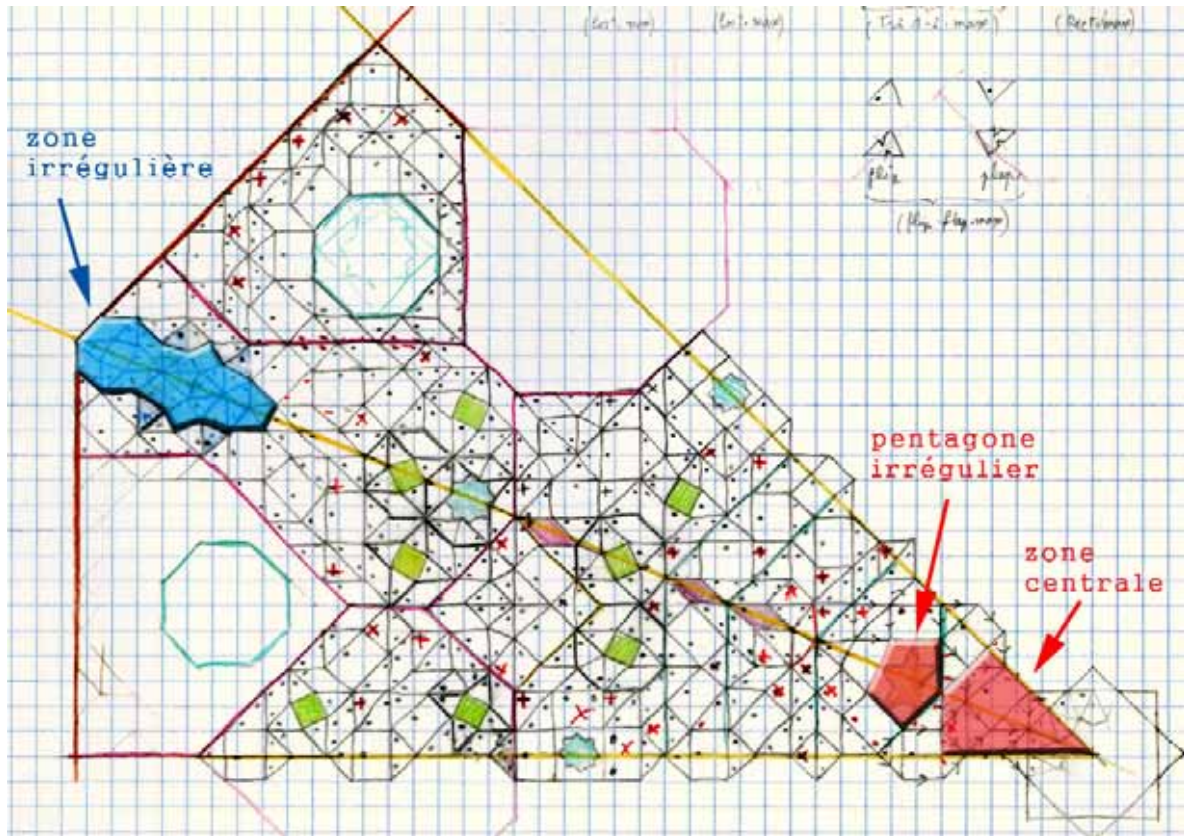


Figure 4.1 : Tracé du plan de la coupole

Le triangle impossible.

Relevé effectué d'après des photographies, en utilisant une technique de dessin à main levée sur papier quadrillé (qui revient à approximer $\sqrt{2}$ par 1,5).

En dessinant le plan, on réalise qu'il y a quelque chose qui ne va pas : "ça ne tombe pas juste".

Nous en avons une confirmation en analysant les longueurs de deux côtés du triangle définissant la 16ème partie de la coupole (fig. 4.2). En effet, le recouvrement des côtés par les pièces de mouqarnas définit un pavage (de dimension 1) de ces côtés par deux types de segments (en bleu et en jaune sur la figure). Si l'on adopte la longueur du petit segment comme unité, alors la longueur du grand est $\sqrt{2}$. Il suffit donc de compter les segments pour avoir (à l'échelle près) la longueur des côtés du triangle rectangle, soit $8+6\sqrt{2}$ pour le petit et $18+15\sqrt{2}$ pour le grand.

Or, il est aussi simple que surprenant de vérifier qu'un tel triangle rectangle, avec un angle au sommet de 22.5° est... impossible !

Certaines pièces doivent donc être irrégulières.

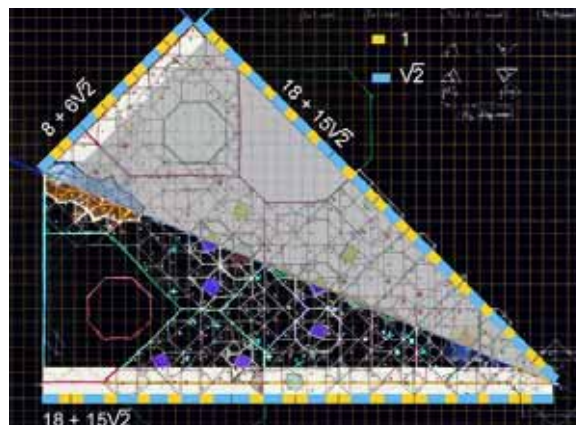


Figure 4.2 : analyse des dimensions : le triangle impossible

Solution proposée.

La solution la plus simple consiste à concentrer les irrégularités sur le petit groupe de pièces colorées en bleu sur le dessin (fig. 4.1), qui seront déformées dans leur dimension horizontale. Cependant, il faudrait un complément d'étude in situ pour savoir si c'est bien la solution qui a été adoptée par les bâtisseurs de l'Alhambra.

Un pseudo pentacle.

Autre bizarrerie remarquable (fig. 4.1 et 5.5), ce pentagone étoilé qui semble tout à fait régulier lorsqu'il est vu sur place. Alors qu'il ne peut bien entendu pas y avoir de pentagone régulier dans une telle structure.

Une étonnante rupture de symétrie

Considérons la zone centrale de la coupole (fig. 4.1). Voici (fig. 4.3) l'assemblage des mouqarnas tel qu'il aurait pu être : solution classique, pièces standard, respect de la symétrie octogonale qui fait loi dans cette histoire. Pas de surprise.

Or, nous sommes ici à l'Alhambra de Grenade.

Donc ce ne sera pas si simple.

La figure suivante (fig. 4.4) montre la solution adoptée en réalité : toutes les pièces sont régulières, mais la symétrie est brisée par la disposition tout à fait originale de certaines pièces (en orange sur le dessin).

La loi représentée par la symétrie octogonale s'effondre, de manière quasi invisible pour l'observateur, tout juste en dessous de la *chéchia*, au sommet de la coupole.

Ne pourrait-on pas y voir une allusion quelque peu subversive ?

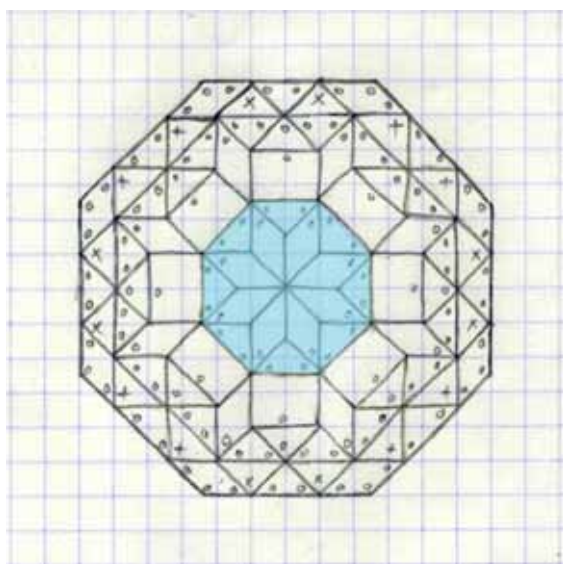


Figure 4.3 : une solution possible pour le centre

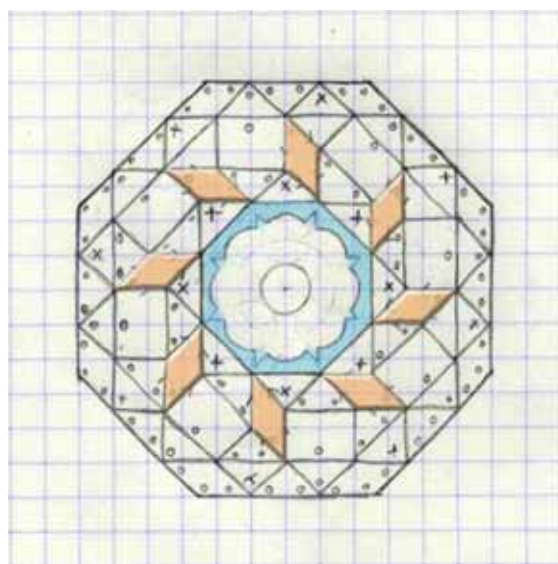


Figure 4.4 : la solution adoptée

4.2. Écoinçons et frise.

La partie inférieure du tambour octogonal repose sur les 4 murs de la salle. Les vides aux 4 angles doivent être comblés pour répartir la charge (celle de la coupole porteuse, invisible de l'intérieur, à laquelle est suspendue la coupole à mouqarnas purement décorative). C'est un assemblage de mouqarnas qui est utilisé ici. Les 4 coins étant reliés entre eux par une frise de mouqarnas très simple. Pas de surprise, tout est bien régulier. Notons cependant que les pièces sont réalisées à une échelle plus petite que celles de la coupole (pour des considérations de perspective ?).

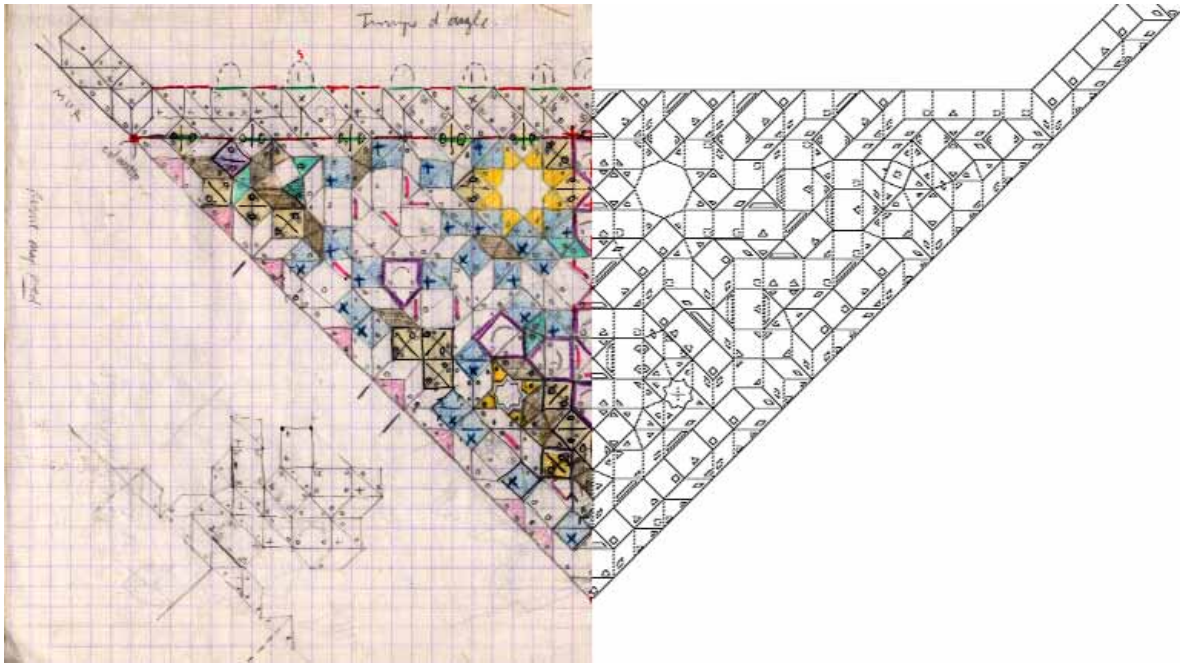


Figure 4.5 : habillage à mouqarnas des trompes d'angle : relevé à main levée et représentation exacte. Toutes les pièces sont régulières.

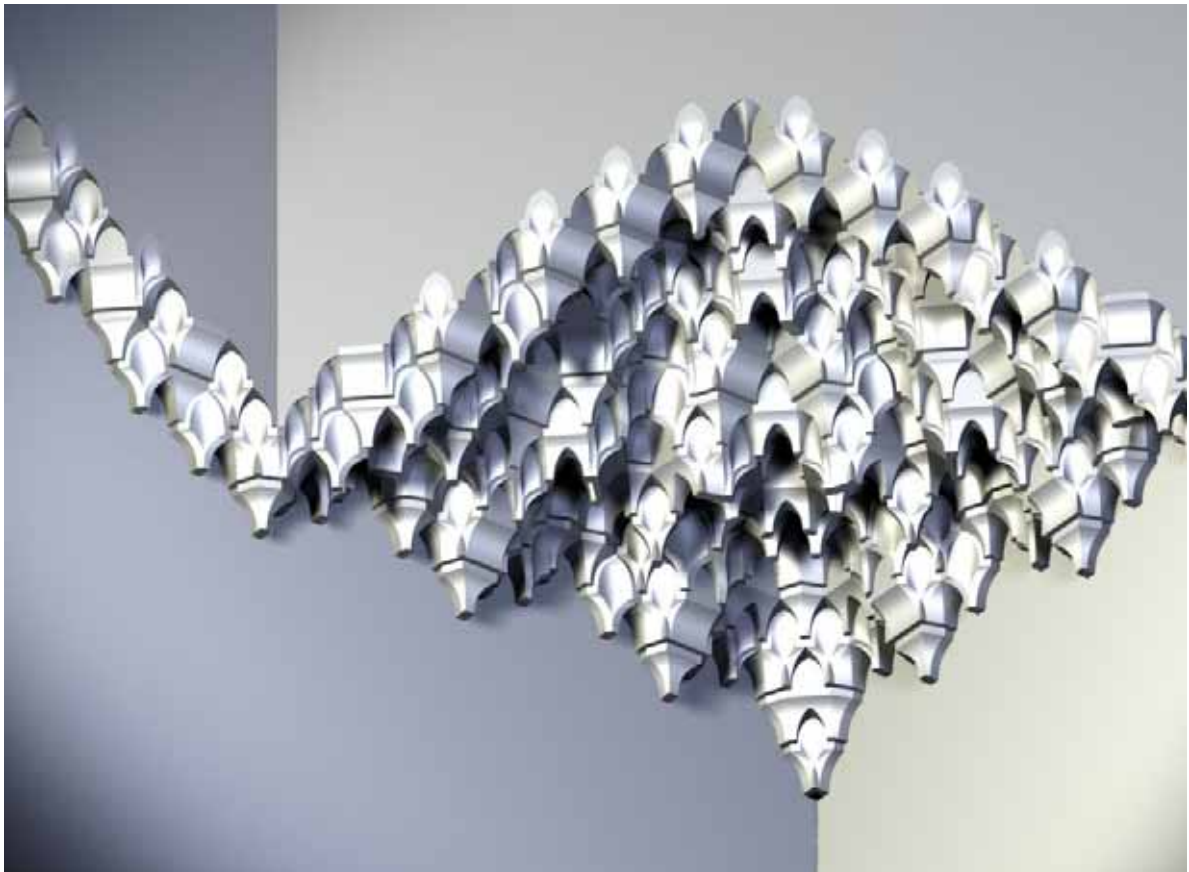


Figure 4.6 : vue axonométrique (modélisation 3D sans décoration des pièces de mouqarnas).

5. Modélisation 3D

Les images qui suivent, extraites d'une animation 3D, montrent la reconstruction de la coupole à partir du tracé plan dessiné à la main.

(fig. 5.1) : tracé plan et élévation. Les pièces de mouqarnas sont simplifiées à l'extrême : simples quadrilatères que l'on remplacera ensuite par des pièces plus réalistes. Quelques éléments sont déjà représentés en volume.

(fig. 5.2) : au premier plan, l'ensemble des pièces irrégulières. Vue de l'extérieur.

(fig. 5.4) : Le sommet, vu de l'intérieur. La symétrie de la chéchia est à 16 côtés, et son sommet est circulaire. Remarquez, juste en dessous, la symétrie brisée.

(fig.5.5) : Étoiles pentagonales, irrégulières malgré les apparences.

(fig. 5.6) : Raccord de la coupole au tambour octogonal.

(fig. 5.7) : Raccord du tambour octogonal aux 4 murs de la pièce, avec trompes d'angle habillées de mouqarnas.

Références

[1] Jules Goury, Owen Jones (1842) *Plans, elevations, sections and details of the Alhambra*, London

[2] Pour des études techniques sur les mouqarnas voir la liste suivante, par ordre chronologique :

J.Rosintal (1928) *Pendentifs, trompes et stalactites dans l'architecture orientale*, librairie orientaliste, Paris

J.Rosintal (1938) *L'origine des stalactites de l'architecture orientale*, librairie orientaliste, Paris

H.Terrasse (1968) *La mosquée Al-Qaraouiyn à Fez*, Klincksieck, Paris

Basilio Pavon Maldonado (1975) *El arte musulman en su decoration geometrica*, Instituto Hispanico Arabe de Cultura, Madrid

M.Ecochar (1978) *Filiation des monuments grecs, bysantins et islamiques : une question de géométrie*, P. Geuthner, Paris

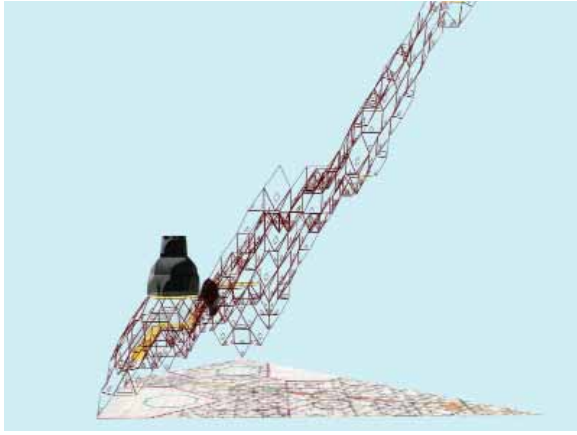
André Paccard (1980) *Le Maroc et l'artisanat traditionnel islamique dans l'architecture*, Atelier 74, Annecy

Christian Ewert et Jenz-Peter Wissmak (1984) *Die moschee von Tinmal*, Deutsches Archäologisches Institut Madrid, Verlag Philippon Zabern, Mainz am Rhein
(un bel exemple de regard "à l'occidentale" sur une architecture à mouqarnas)

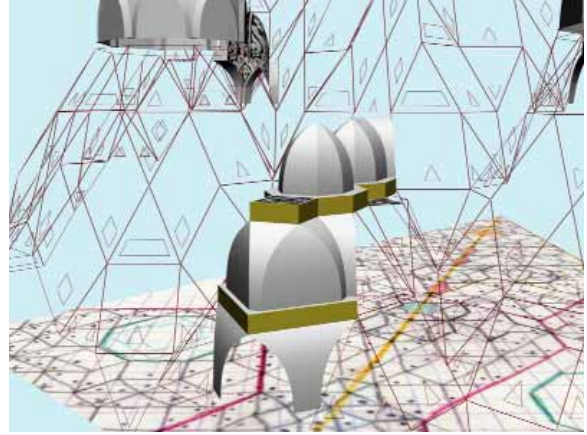
J.M.Castera (1986) *Arabesques*, ACR, Paris

Mamoun Sakkal (1988) *An introduction to muqarnas domes geometry*
in *Structural topology*, Vol 4, Université du Québec à Montréal

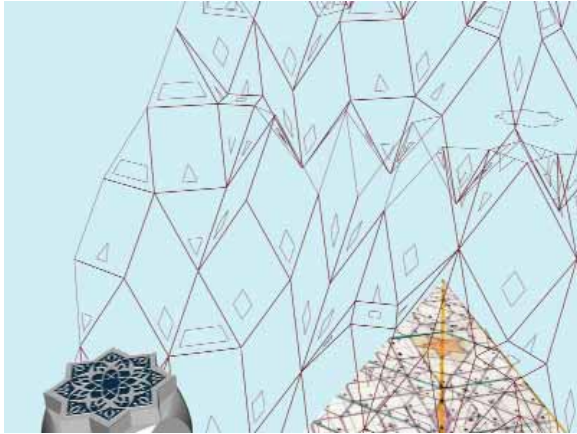
Gülru Necipoglu (1995) *The Topkapi scroll : geometry and ornament in Islamic architecture*, Getty Research Institute.



5.1



5.2



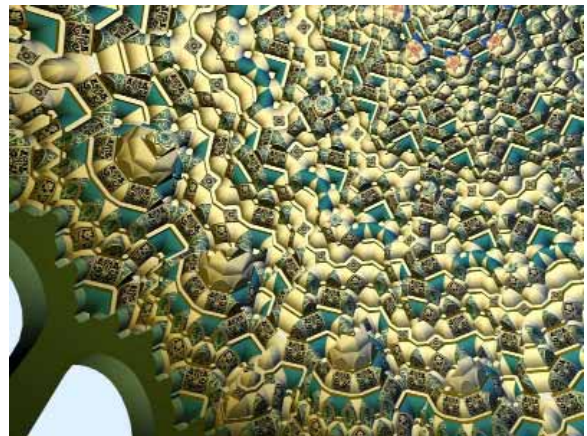
5.3



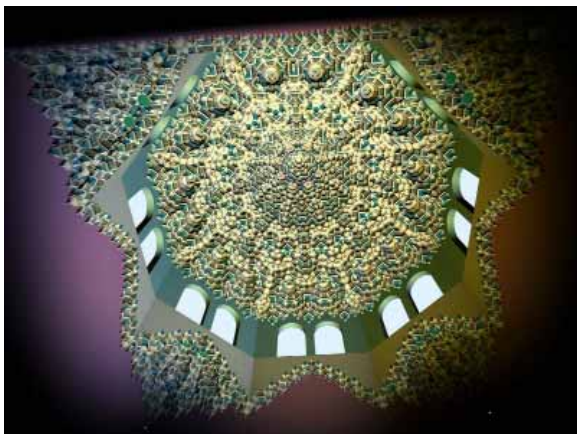
5.4



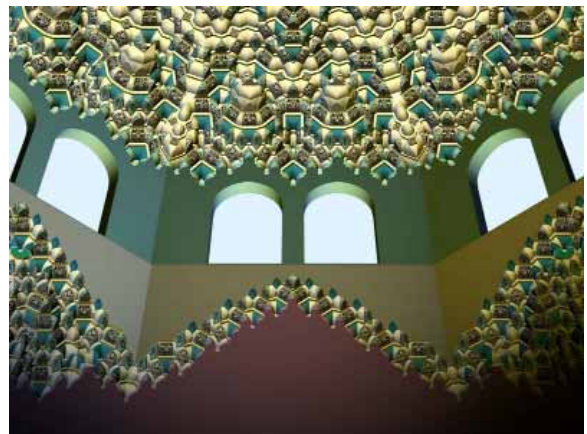
5.5



5.6



5.7



5.8