

République Algérienne Démocratique et
Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique

Université « SAAD DAHLAB » de BLIDA 1

Institut d'Architecture et d'Urbanisme



4.720.1196.EX.1

h

Département Patrimoine Architectural et Urbain
Lab ETAP

MEMOIRE DE MASTER
ARCHITECTURE ET PATRIMOINE

LES MOUQARNAS AU MAGHREB ET EN ANDALOUSIE

Cas d'études Mosquée de Sidi Abi Al Hassan a Tlemcen

Présenté par

ELSALEM HadeF Abou Taghleb

Sous la Direction de :

Dr. ABDESSEMED-FOUFA Amina

Jury	Nom et prénoms	Grade	Institution
Président	CHERGUI Samia	MCA	I.A.U
Examineur	HOUGLAOUENE Dalila	MCB	I.A.U
Encadrant	ABDESSEMED- FOUFA Amina	MCA	I.A.U

Juin 2018

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail. Mes remerciements vont à mon encadrant **Dr ABDESSAMAD-FOUFA Amina**, pour ses précieux conseils, son orientation et son aide durant toute la période du travail. Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions. Je tiens également à remercier ma famille, mes collègues et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, je tiens à dédier ce travail aux architectes et artistes musulmans qui ont créé tout ce patrimoine qui reflète le génie d'une architecture qui nous émerveille après tant de siècles.

Architecte HADEF ELSALEM

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
GENERALE.....	1
CHAPITRE 01	7
Etat de l'art.....	7
1. Les Mouqarnas : Définition et genèse.....	8
1.1. Essais de définir l'origine et la genèse des Mouqarnas	8
1.2. Essais de définition et de classement des Mouqarnas	17
1.2.1. définitions et classement descriptifs :	17
1.2.2. définitions et classement géométrique :	18
Conclusions sur les essais géométriques :.....	24
CHAPITRE 02	25
Bases Géométriques de conception.....	25
Des Mouqarnas et Classements.....	25
2. Naissance et création des coupoles à Mouqarnas	26
2.1. Types de coupoles	26
2.2. Naissance géométrique de la notion des Mouqarnas	27
2.3. Coupoles de la mosquée de Cordoue exemple de la genèse des Mouqarnas :	29
2.4. Définition des Mouqarnas sur une base géométrique :	30
2.4.1. La première famille : Le tracé des Mouqarnas à éléments constants	32
2.4.2. La deuxième famille : Le tracé des Mouqarnas a éléments variables	34
2.5. Classement typologique selon la base géométrique :	36
2.5.1. La Première famille	36
2.5.2. La deuxième famille	37
Conclusion du chapitre des bases géométriques :.....	44
CHAPITRE 03	45
Cas d'étude des Mouqarnas andalous.....	45
et maghrébins :	45
Mouqarnas de la coupole de Saïdy Abi Al Hassan à Tlemcen	45
3. Historique	46
3.1. Aperçu Historique : le développement des Mouqarnas au Maghreb et en Andalousie et en Sicile 46	
4. choix du cas de l'étude	48
4.1. Coupole Almoravide (Almorabitya) de Tlemcen :	49

4.2. Etude de Cas : Coupole de sidi Abi al Hassan	51
4.2.1. Principes Géométriques des Mouqarnas :.....	53
4.2.2. Plan de la coupole et logique géométrique de conception	54
4.2.3. Elévation, les pièces et la logique géométrique de conception :.....	56
4.2.4. Montage de la coupole du Mihrab-simulation 3D	60
Conclusion du chapitre du cas d'étude :.....	66
5. PROPOSITION D'UNE TOITURE EN TOIT A MOUQARNAS SUSPENDU PAR UNE CHARPENTE METALLIQUE :.....	67
Conclusion Générale	71
De la tradition a la modernité.....	71
6. Conclusion générale :	72
7. TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	74
BIBLIOGRAPHIE	77

ملخص

يعنى هذا البحث بدراسة المقرنصات، عناصر هندسية و زخرفية دفعت الكثير من الأثريين و مختصين آخرين لمحاولة فهمها و تعريفها من جهة، و التعرف على مختلف أنواعها و الوصول إلى تصنيفها بشكل واضح و مضبوط من جهة أخرى و هذا من دون الوصول إلى نتيجة، الأمر الذي دفع بهم إلى المزيد من البحث و المحاولات.

في هذا الإطار تركزت جهودنا على هذه العناصر باللجوء إلى الهندسة، بهدف تحديد أسس التصميم، و التعرف على مختلف الأنواع بشكل علمي.

تقتصر هذه الدراسة المقرنصات المغربية و الأندلسية و التركيز بشكل خاص على الجزائر، و ذلك من خلال دراسة مثال قبة لمحراب سيدي أبي الحسن بتلمسان المشيدة عام 1296م/ 696 هـ، في مجال زمني محصور بين القرنين الحادي عشر و التاسع عشر م.

تقوم دراستنا أولا بمعالجة الموضوع من خلال إلقاء نظرة على مختلف الدراسات السابقة، لاستنباط النتائج التي ترشدنا و توضح لنا المنهجية الأنسب لدراسة الموضوع.

نقوم بعدها بالتطرق إلى المفاهيم الهندسية، كتحليل و محاكاة مختلف الأنواع، في الرسم ثنائي الأبعاد و ثلاثي الأبعاد، و نحاول الوصول إلى منطق التصميم الذي تقوم عليه. هذه المنهجية التحليلية و الهندسية هي الأنسب من وجهة نظرنا لتعريف هذه العناصر بشكل صحيح بعيد عن الوصف النظري البسيط. نقدم بعدها حالة دراسية لنبين أن المقرنصات الجزائرية محكومة بمنطق هندسي، و خصائص تسمح لها بأن تصنف بين الأنماط الأخرى.

في النهاية نقدم صياغة عصرية لها من خلال مقترح سقف أو غطاء يقدم لنا مثالا لإحياء المقرنصات و احتمال إعادة استخدامها، و يعزز أهمية التراث الذي يحمل في طياته هويتنا.

Résumé

Ce travail de recherche traite des *Mouqarnas*, éléments architectoniques et décoratifs, qui ont suscité un grand nombre d'études par archéologues, ou autres spécialistes, pour les comprendre et les définir, d'un côté, et reconnaître leurs différents types et les classer de façon claire et exacte d'un autre côté. Cela sans un véritable aboutissement, chose qui nécessite aujourd'hui encore plus de recherches et d'essais.

Dans ce cadre nos efforts se focalisent sur ces éléments en faisant recours à la géométrie, dans le but de préciser les bases de conception, et de reconnaître les différents types de façon scientifique.

L'étude se limitera sur les *Mouqarnas* du Maghreb et de l'Andalousie en détaillant le cas algérien qui sera la coupole du **Mihrab de Saidi Abi Al Hassan, de Tlemcen**. La mosquée

a été érigée en 1296 (696hij)¹. dans un intervalle de temps allant du XI^e jusqu'au XIX^e siècle.

Notre travail de recherche abordera le sujet d'abord en donnant une idée sur l'état de l'art (les différentes recherches déjà faites), afin d'en tirer les conclusions qui vont nous orienter sur la méthodologie à utiliser.

Nous nous baserons sur les concepts géométriques, tels qu'analyses et simulations de différents types en 2D et en 3D, et nous tenterons d'arrêter une logique de conception.

Cette méthodologie à la fois analytique et géométrique nous semble la plus adéquate pour comprendre ces éléments de façon claire loin de la simple description visuelle.

Nous présenterons ensuite le cas d'étude, pour démontrer que les *Mouqarnas* algériens sont régis par une logique géométrique et des caractéristiques leur permettant une classification dans la typologie générale des *Mouqarnas*.

Comme conclusion nous présenterons une interprétation contemporaine sous forme de toiture qui offre un exemple du renouveau des *Mouqarnas*, et qui ouvre la possibilité de leur réutilisation et renforce l'importance du patrimoine qui n'est que le support de notre identité.

¹ W&G Marçais, 1990, Les Monuments Arabes de Tlemcen, p 171

² Silvia Harmsen, 2006, Algorithmic Computer Reconstructions of Stalactite Vaults - Muqarnas - in

Abstract

This study is about the subject of the Mouqarnas, architectural and decorative elements, which have aroused a large number of studies by archaeologists and specialists, to understand and define them, on one side and recognize their different types and classify them. In a clear and accurate manner without achieving this clarity, which requires even more research and testing. This is without a real outcome, requiring today even more research and testing.

In this context, our efforts are made to define these elements by using geometry, in order to specify the bases of design, and to recognize the different types of scientific way. The study will focus on the Muqarnas of the Maghreb and Andalusia focusing most on the Algerian case. An example of a case study will be the dome of Mihrab Saidi Abi Al Hassan, in Tlemcen erected in 1296 (696 hij) taking the period of the eleventh century until the nineteenth century. Our study deals with the subject first by giving an idea of the different researches already done, with a critical eye to draw conclusions that will guide us and clarify our vision on the subject We will then address the geometric bases, as we let's look at analyzes and simulations of different types in 2D and 3D, and we will finally try to propose a definition based on geometric rules of conceptions that we could draw from our analyzes. This geometric analytic methodology seems to us the most appropriate in order to understand these elements in a clear way far from the simply visual description. We will then present a case study, to show the credibility of our geometric definition in simulation, but also to get to understand the case of the Algerian mouqarnas, their characteristics and get to locate them in the general typology. To conclude, we will present a contemporary interpretation in the form of a roof that offers an example the renewal of the Mouqarnas, which opens the possibility of reusing them and thus reinforcing the importance of the heritage which is nothing other than the support of our identity.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Dans notre environnement architecturale quotidien, dans les villes d'Algérie, et même dans les différentes villes maghrébines, on constate une variété de styles, dont un patrimoine très varié entre l'architecture islamique orientale et celle occidentale ancienne, classique et contemporaine. La plupart de ce patrimoine se caractérise par la cohérence et la beauté visuelle, tandis que le produit de la fin du vingtième siècle et début du vingt et unième siècle se caractérise par un désordre et une incohérence frappante, ainsi qu'une perte de référence.

Notre intérêt de puiser dans le patrimoine islamique est de chercher un renouveau, de ce patrimoine, en essayant de comprendre son architecture et ses styles, ses éléments architectoniques de composition et ce qui fait sa cohérence et sa beauté, et d'essayer de composer avec ses éléments pour créer un produit contemporain caractérisé par la touche patrimoniale et assurant la continuité identitaire, en s'intégrant dans la vie moderne et répondant à ses besoins fonctionnels ainsi que ses courants artistiques.

Les Mouqarnas sont des éléments architectoniques, structurels et décoratifs, qui sont parmi les éléments les plus spectaculaires dans ce patrimoine d'architecture islamique.

Beaucoup ont essayé de définir ces éléments en ayant différentes visions, on citera une définition, de la chercheuse mathématicienne allemande Silvia Harmsen qui a sacrifié beaucoup de ses recherches aux *Mouqarnas* dans sa thèse de doctorat fait en 2006 et qui s'est basée sur une vision géométrique et structurelle. Elle les définit donc comme suit : « Les *Muqarnas*, ou voûtes en stalactite, sont des ornements en trois dimensions, communs dans architecture de l'Islam. Ils sont utilisés dans les voûtes, les dômes, les niches, les arcs, et comme un décoratif presque plat frise. C'est la fonction d'un *Muqarnas* de garantir une transition en douceur entre murs droits et parties plus incurvées. Une voûte de *Muqarnas* est construite à partir de différentes niches éléments, disposés en niveaux horizontaux. L'une des principales caractéristiques de *Muqarnas* est sa forme comme une unité tridimensionnelle qui peut être représentée comme un contour bidimensionnel. Dans cette étude, nous nous concentrons sur la question de savoir si cette projection bidimensionnelle contient toutes les informations de structure de la voûte de *Muqarnas* en trois dimensions. Des définitions explicites sont données pour créer un cadre dans lequel nous sommes »²

Dans ce travail de recherche nous essayerons donc de comprendre les *Mouqarnas*, leurs origines, et genèse, leur développement dans le cadre historique et spatial, leurs matériaux de construction, leurs aspects, leurs bases géométriques, et classement et typologie.

² Silvia Harmsen, 2006, Algorithmic Computer Reconstructions of Stalactite Vaults - Muqarnas - in Islamic Architecture. Abstract

I. Délimitation spatiale et temporelle de l'étude :

Bien que ces éléments se soient propagés dans tout les pays musulmans, et à travers leur histoire, notre intervention se fera dans un cadre spatial bien défini a savoir les pays du Maghreb et de l'Andalousie, et on verra les caractéristiques spécifiques des *Mouqarnas* de cette région si elles existent.

L'étude se fera sur toute la période du développement des *Mouqarnas* donc du IX^e au XIX^e siècle. La plupart des recherches situent l'apparition des *Mouqarnas* vers la fin du X^e siècle et début du XI^e siècle comme début probable³. Bien que les *Mouqarnas* soient toujours produits mais notre travail de recherche focalisera sur le patrimoine car les produits récents ne sont que des répliques et copies en majorité.

L'Algérie, étant dans la région du Maghreb, notre cas d'étude portera sur un exemple de Tlemcen, il s agit de la mosquée de Sidi Abi Al Hassan a Tlemcen.

II. Intérêt de la recherche et le choix du thème:

A part l'intérêt général qui vise a comprendre notre patrimoine, le choix du thème s'est fait sur les *Mouqarnas* sur la base de deux facteurs :

- le premier est le manque d'étude sur les *Mouqarnas* en Algérie et sur leur reconnaissance surtout en architecture donc un besoin de mieux connaitre cet élément du patrimoine national est ressenti.
- le deuxième est de comprendre les bases de conceptions des *Mouqarnas*, et leur reconnaissance de façon précise.
- Un autre intérêt qui s annonce important dans ce travail de recherche est celui de la possibilité de leur réutilisation dans l'architecture contemporaine en tant que langage nouveau non sous forme de copie ou réplique.

III. PROBLEMATIQUE

Les *Mouqarnas* ont été étudiés par plusieurs chercheurs de différentes spécialistes, les archéologues ont eu la plus grande part de ces études, pour les comprendre et les classer suivant différents types.

³ Alicia Carrillo, 2016, The Sasanian Tradition in 'Abbāsīd Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas, *Mirabilia*, p 01

La grande présence des *Mouqarnas* dans tout les pays islamiques, et à travers presque dix siècles, a laissé un énorme patrimoine qui dépasse les milliers de produits dans les coupoles, sur les minarets, les corniches des façades, les colonnes, arcs, etc. Le chercheur japonais Shiro en a fait le relevé de centaines et a créé une base de données de milliers de ces produits⁴.

La variété en formes, en matériaux, et techniques, a fait que ces multiples études donnent des dizaines de types tout en étant dans la confusion car on pourrait trouver tel *Mouqarnas* dans un tel pays sur l'un ou l'autre type selon sa forme ou son matériau ou son historique.

La question principale qui va diriger notre étude et de laquelle émanent d'autres questions secondaires sera la suivante,

-La géométrie, est elle le facteur prépondérant dans la genèse, la production, et le développement, des *Mouqarnas*. Est elle suffisante pour les comprendre et reconnaître leurs différents types, entre autre reconnaître les *Mouqarnas* de l'Algérie ?

Cette question générale nous mène a poser d autres questions encore plus précise, a savoir :

-Quelle importance aurait la géométrie pour comprendre les bases de conception des *Mouqarnas* pour les classer ? Et quelle importance aurait-elle dans la création de ces éléments et de leur genèse même ?

-Les *Mouqarnas* au Maghreb faisant partie de ces produits du monde islamique, ont-ils leurs propres caractéristiques spécifiques, en formes ou en matériaux, et ceux de l'Algérie sont ils spécifiques à leurs tours ?

- Comment pouvons-nous utiliser ces éléments, et comment les réinterpréter dans l'architecture contemporaine.

IV. Objectifs de l'étude:

Maintes recherches ont essayé d'étudier les *Mouqarnas*, sur différentes bases, que ce soit la base historique comparative, archéologique, architecturale ou même mathématique, cependant le terme nécessite toujours plus de précision et d'efforts dans sa définition et plus de clarté dans le classement de ces différents types.

Outre l'objectif général, qu'on vise dans cette étude au renouveau du patrimoine, et a assurer la continuité identitaire

⁴ Shiro Takahashi, 1983, *Muqarnas* Tama Art University Bulletin No. 1, p 135-152.

- Notre objectif est donc de comprendre les bases de la conception des *Mouqarnas* et de les classer à travers la géométrie
- de prouver l'importance de cette géométrie pour une lecture plus claire et plus précise des *Mouqarnas* ainsi que pour le classement typologique plus scientifique.
- De comprendre et reconnaître les *Mouqarnas* en Algérie.
- et en fin de voir les possibilités de réinterprétation de ces *Mouqarnas* dans l'architecture contemporaine

V. Hypothèses de l'étude :

Les hypothèses qu'on avancera sont trois et seront les suivantes :

- 1- Prouver l'importance de la géométrie comme base dans la conception des *Mouqarnas*
- 2- Prouver l'importance de la géométrie dans classement des différents types et familles des *Mouqarnas*, entre autre la différence entre l'orient et le Maghreb.
- 3- Démontrer que La géométrie des *Mouqarnas* peut donner d'autres applications dans l'architecture contemporaine.

VI. Méthodologie:

La méthodologie suivi dans notre travail de recherche serait analytique, géométrique et déductive,, et se fera par un croisement de disciplines différentes, historique, archéologique, architecturale, ainsi que mathématiques.

Nous utiliserons les concepts géométriques (translation, rotation, déplacement etc.) afin de démontrer la conception en 2D et en 3D.

Nous ferons par la suite les vérifier par la simulation informatique (AUTOCAD).

VII. Structuration du mémoire :

Le mémoire va se structurer autour de trois chapitres comme suit :

1- Premier chapitre

On étalera dans ce chapitre l'état de l'art, donc les différentes recherches qui ont déjà traité le sujet que ce soit par archéologues, artistes ou bien architectes et scientifiques.

2- Deuxième chapitre

Les bases géométriques de conception et le classement ou la typologie des *Mouqarnas*.

3- Troisième chapitre

Le cas d'étude qui va prendre un exemple de coupole a *Mouqarnas* en Algérie, qui sera la coupole du Mihrab de la mosquée de Sidi Abi Al Hassan à Tlemcen.

CHAPITRE 01

Etat de l'art

1. Les Mouqarnas : Définition et genèse

Le premier ouvrage qui a traité les Mouqarnas et dont on dispose est celui de Kashi en Iran, et qui a été évoqué souvent par la plupart qui ont écrit après sur le Mouqarnas et c'est le seul livre historique dont on dispose bien que cela n'empêche pas de penser à la possible existence d'ouvrages bien plus anciens, mais il reste celui qui a perduré et qui nous est arrivé intacte⁵.

Ensuite on a le travail du célèbre Owen Jones sur al Hamra qui a dessiné les coupoles a Mouqarnas du palais en plan et en élévation⁶, et qui représente jusqu'à aujourd'hui le seule document dont on dispose sur les coupoles de ce palais, ses plans ont été repris par les artistes surtout et les chercheurs pour en étudier ses coupoles organiques et assez phénoménales.

Ensuite viennent plusieurs essais et articles ou recherches d'artistes ou de chercheurs universitaires, qui ont essaie de définir la genèse des Mouqarnas d'un côté, ou à classer et comprendre ses Mouqarnas dont la plupart d'entre eux se sont basés sur une manière descriptive vue que ce sont des archéologues en général. Dans son étude sur les Mouqarnas au Maghreb en son magistère le Dr Arezki Alchoqi a essayé de dénommer la plupart d'entre eux pour arriver à classer ses Mouqarnas⁷, alors que le Dr Yasser Tabbaa dans son travail publié aussi après par l'Agha Khan, a essaie de dénommer et classer les différentes œuvres qui ont traité les origines des Mouqarnas.⁸

On notera une recherche assez remarquable faite par un mathématicien japonais Shiro Takahashi 1978⁹, qui a travaillé sur une base de données dépassant les centaines puis élargie ultérieurement, et a essayé de classer les Mouqarnas sur la base de leurs plans, et dont on en parlera plus en détails en critiquant sa méthode

On va essayer de résumer cela dans ce chapitre en deux sous titres comme suite

- 1- Essais de définir l'origine et la genèse des Mouqarnas
- 2- Essais de définition et de classement des Mouqarnas

1.1. Essais de définir l'origine et la genèse des Mouqarnas

⁵ Al kashi,2005, key to arithmetic, p 86

⁶ Jules Goury, Owen Jones , 1842, Plans, elevations, sections and details of The Alhambra.

⁷ شوقي الرزقي، 1997 ، مكانة المقرنصات الحمادية في العمارة الإسلامية، ص 20

⁸ Yasser Tabbaa, 1985, Muqarnas vol 13, p 61-74.

⁹ Giuseppe amoruso Ed Hershey, 2016, handbook of research on visual computing, p 558.

La naissance des Muqarnas a incité des archéologues, architectes et chercheurs en art islamique à proposer plusieurs hypothèses Dr Yasser Tabbaa, a synthétisé cela en trois hypothèses que nous résumons comme suite :

- 1- la première hypothèse avancée par la majorité d'orientalistes : ils défendent l'idée que les Muqarnas sont d'origine persane, c'est-à-dire que ces derniers ainsi que les coupoles à trompes, les plus anciens en orient (dans la période entre fin du X e siècle et début de XI e siècle) sont en Iran. **Fig1 a Fig2**

Ces chercheurs justifient leur point de vue en se basant sur la théorie qui adopte la grande influence de l'architecture persane sur l'architecture islamique.¹⁰

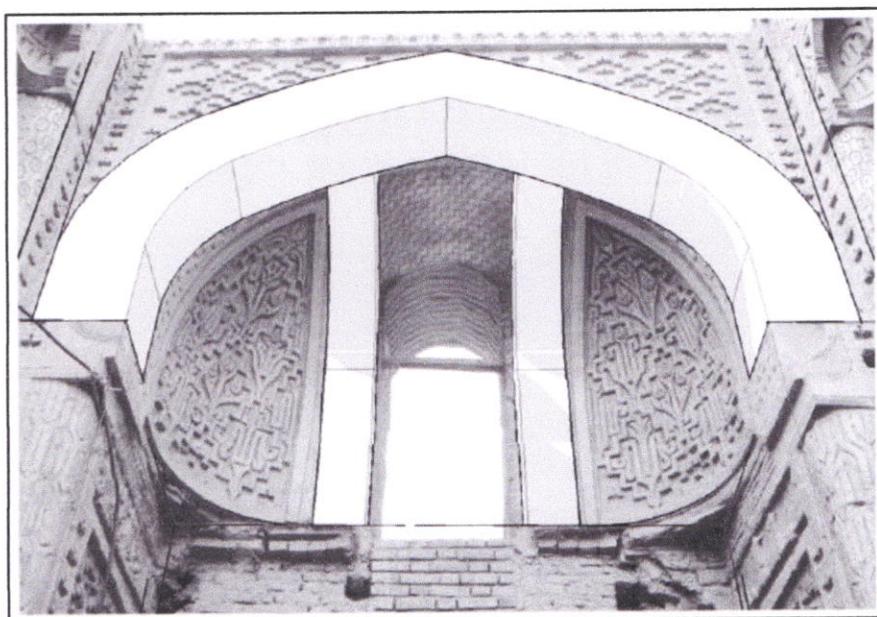


Fig. 1 : Mausolée samanide- prince Ismail à Bukhara –Ouzbékistan- Mausolée samanide- prince Ismail à Bukhara –Ouzbékistan- (301/914-331/943) source : Hadi safeipour,2012, Traditional Complex Modularity in Islamic and Persian Architecture,www.academia.edu,p04

¹⁰ Yasser Tabbaa, 1985, Muqarnas annual Vol 13, p 61-74.

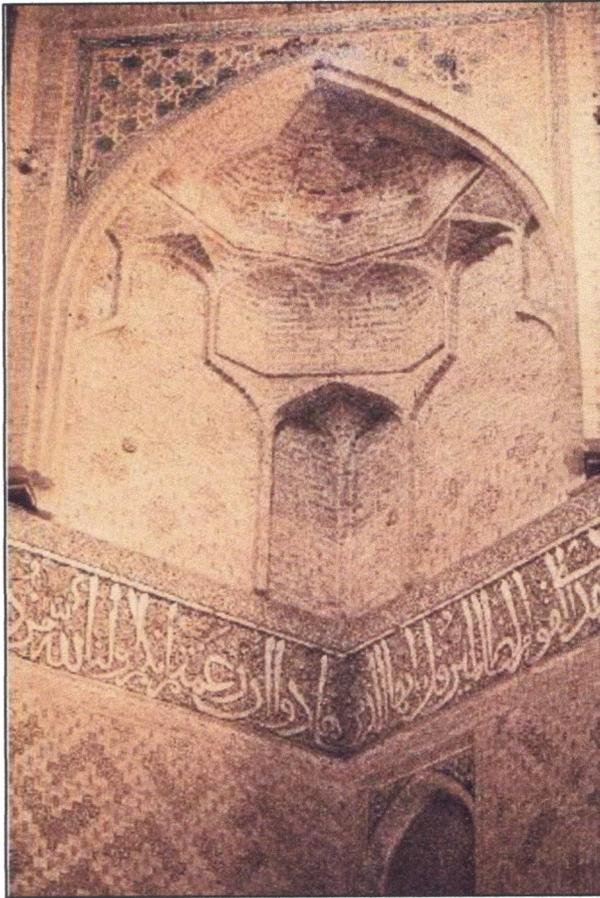


Fig. 3 : Grande mosquée d'Ispahan ; Iran XI e

source Coupoles –jean J Terrain h,dec 2006



Fig. 2 : Mausolée du prince Ismail. Ouzbékistan 301-914

source Coupoles –jean J Terrain h,dec 2006

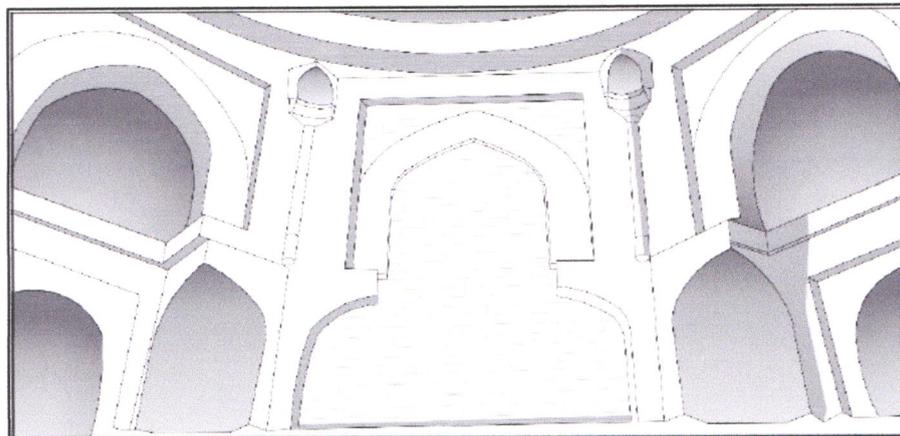


Fig. 4 : Mausolée d'Araba -Ata à Tim Ouzbékistan 367-978 (source Alicia Carrillo, 2016, *The Sasanian Tradition in 'Abbāsīd Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas*, *Mirabilia*, p 08

Sur un article bien détaillé, Alicia Carrelo, détaille sur un tableau les différents Mouqarnas par région et par date, elle est de l'université de Cordoue. **Tableau 1**

Table 1

BUILDINGS with MUQARNAS	PERIOD/DINASTY
Mausoleum of Ismā'īl (301-331/914-943) at Bukhara	Sāmānids (204-395/819-1005)
Great Mosque of Isfahan South-east and North-east domes (464-480/1072-1088)	Saljūqids (431-590/1040-1194)
Shrine of Imām al-Dāwar (477/1085) at Samarra	Abu'l-Makārim Sharaf al-Dawla Muslin ibn Quraysh (453-478/1061-1085), governor of the 'Uqayli (384-594/990-1169).
<i>Ḥammām</i> of Abū'l-Su'ud, Fuṣṭāṭ (tentatively attributed to the third/ninth or fourth/tenth centuries.	'Abbāsids (132-656/750-1258)
Minaret's Mosque Badr al-Jamālī (477/1085), Cairo + window northern section, Cairo wall commissioned by Badr al-Jamālī in 479/1087	Fāṭimids (297-567/909-1171)
Qal'at Banī Ḥammād (405-547/1015-1152) Algeria	Ḥammādids (405-547/1015-1152) al-Nāṣir b. 'Alannās (454-481/1062-1088)

Tableau 1 : tableau de muqarnas apparus par région et par date. Source source Alicia Carrillo, 2016, *The Sasanian Tradition in 'Abbāsīd Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas, Mirabilia, p 04*

- 2- la deuxième hypothèse avancée par *Lucien Golvin* qui a trouvé des fragments de pièces de Mouqarnas dans la capitale d'Al Qalaa Hammadite après celles trouvées déjà avant lui mais qui ne ressemblent pas beaucoup aux Mouqarnas, ou plutôt leurs formes primitives. **Fig6. a Fig.7**

Golvin suppose que le souverain *Al Mansour* aurait été à la source de ces embellissements de la Qalaa entre fin du XI et début des XIIème siècles cette hypothèse met en évidence l'importance des Mouqarnas d'Al Qalaa mais ne trouve pas beaucoup d'adeptes.



Fig. 5 : Pièces de mouqarnas trouvée dans qasr al Salam , la Qalaa de Beni Hammad (fin xe)

Source source Alicia Carrillo, 2016, The Sasanian Tradition in 'Abbāsīd Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas, *Mirabilia*, p 16

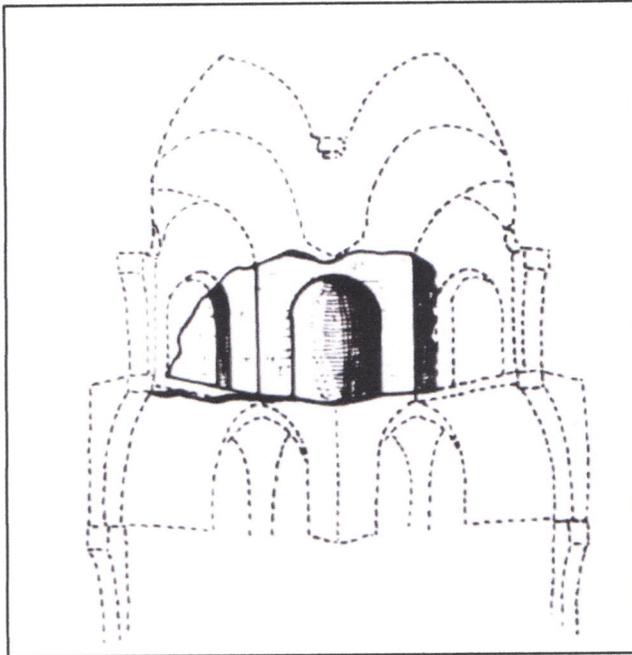


Fig. 6: Pièces de Mouqarnas, qasr al Salam la Qalaa de Beni Hammad fin XIe

(Source : Lucien Golvin)

Lucien Golvin revue de l'occident musulman et de la méditerranée n17 1974.pp63-69, les plafonds a Muqarnas de la Qala

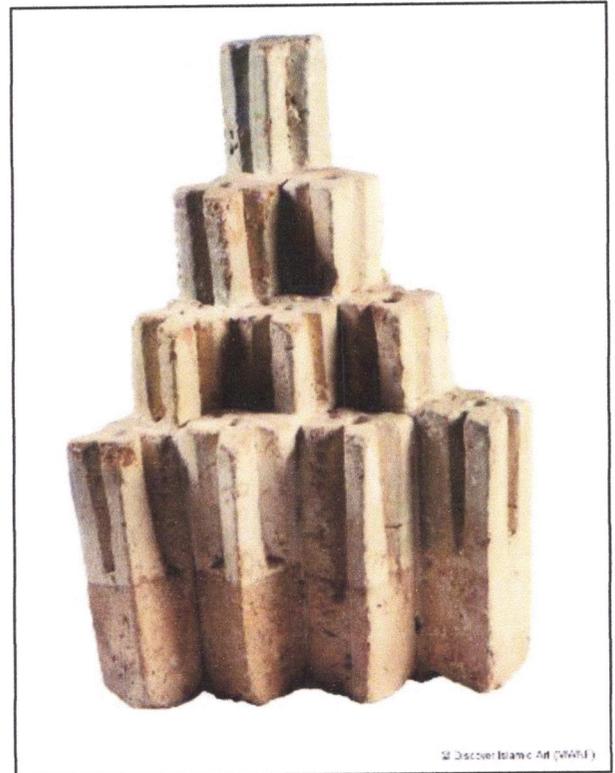


Fig. 7 : Pièces de mouqarnas, XI e- XII e Discover islamic art ; fouilles De Beylié, 1908

(Source : www.discoverislamicart.org)

Discover islamic art source : http://www.discoverislamicart.org/database_item.php?id=object;ISL;dz;Mus01;16;fr

3- une troisième hypothèse à laquelle nous adhérons, est celle qui présume que les Moqarnas ont été créés en Irak abbasside, d'où ils se sont propagés en Est bien qu'en Ouest, **Fig.8 9**

Les deux premières hypothèses démontrent que dans les périodes proches du X^e siècle au XI^e siècle, il y a eu des Moqarnas bien à l'Est qu'en Ouest, sans oublier les trouvailles de pièces de Moqarnas au Caire que certains peuvent dater du XI^e siècle comme celle de hammam Abu al Oussoud, au Fustat **Fig.10** et **Fig.11**, vu la ressemblance avec ceux de la Qalaa.

De cela on ne peut affirmer que la naissance s'est faite sur l'une de ces régions, L'Iran ou Le Maghreb

En effet les coupes de la mosquée de Kairouan montrent une utilisation des trompes dès le IX^e siècle **Fig.9**, et on prêtera aussi une attention assez particulière à celles de la mosquée de Cordoue qu'aucun chercheur jusqu'à présent ne l'a étudié en tant que coupes a Moqarnas.

On verra cela de façon détaillée dans notre étude.

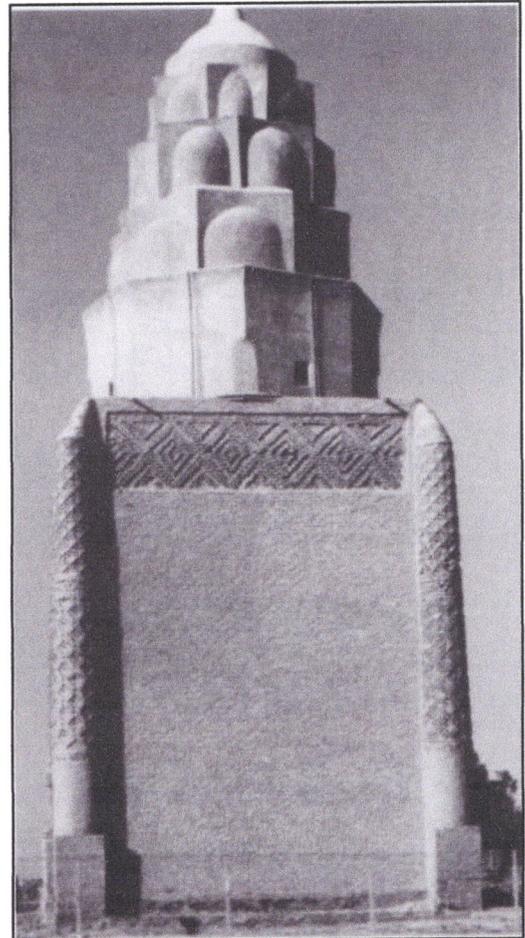
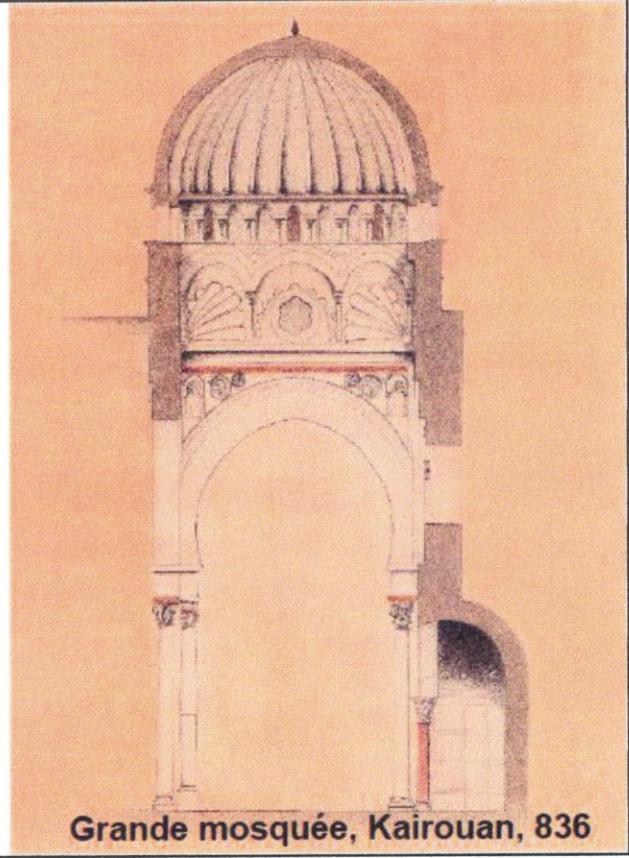
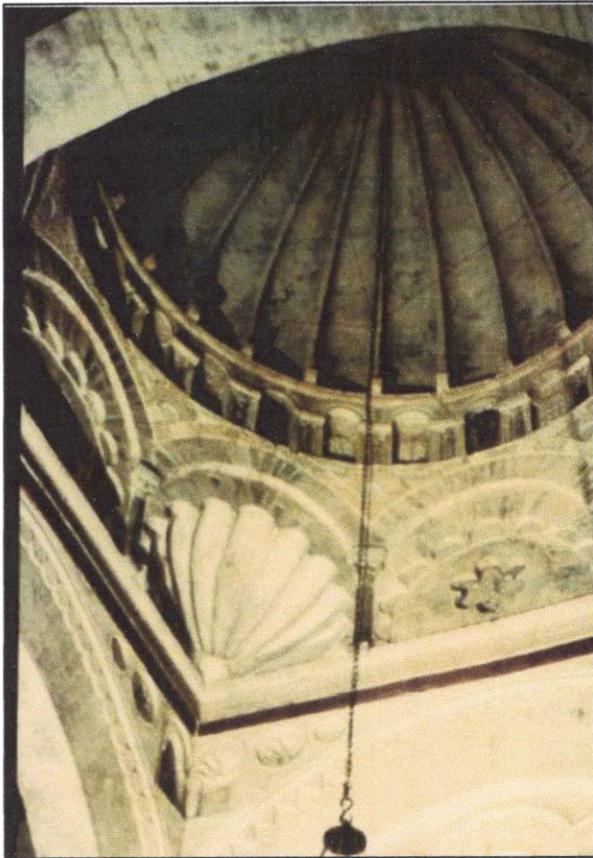


Fig. 8 : Mausolée d'Imam al Dawe 1075-90
(Source : Yasser Tabbaa Yasser Tabbaa
Muqarnas vol3 1985 pp 61-74)



Grande mosquée, Kairouan, 836

*Fig. 9: Trompes dans la coupole de la mosquée de Kairouan 836
(Source : coupoles- Jean jacques Terrain Hazan déc. 2006)*

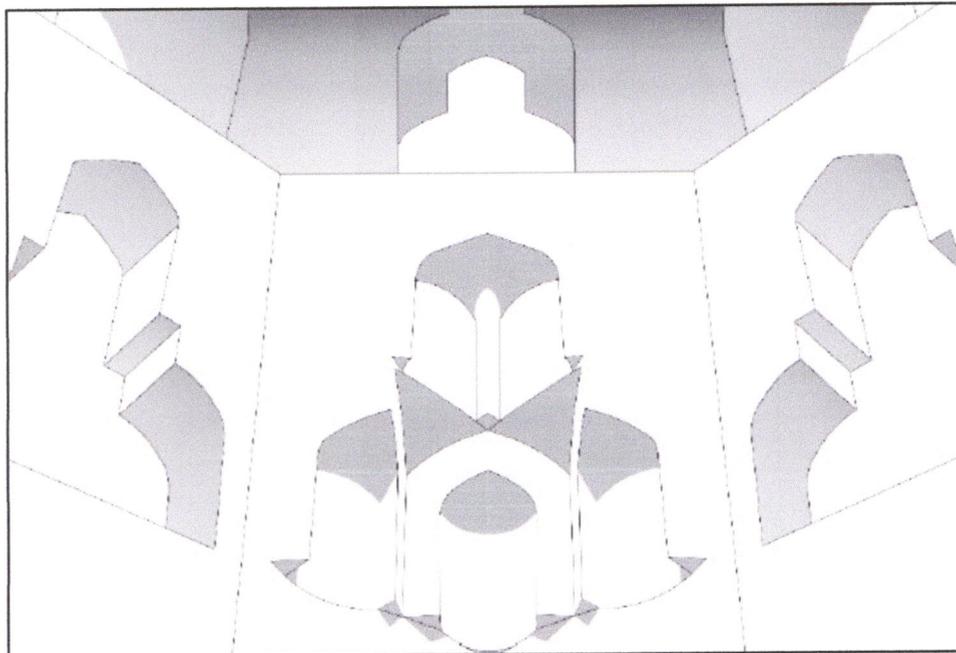


Fig. 10 : *Mausolée à aswan XI e au XII e siècle*

(Source: source Alicia Carrillo, 2016, The Sasanian Tradition in 'Abbāsid Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas, Mirabilia, p 12



Fig. 11 : *Pièce de Mouqarnas Hamam abou al oussoud Fustat XI e au XII e siècle*

source Alicia Carrillo, 2016, The Sasanian Tradition in 'Abbāsid Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas, Mirabilia, p 13

1.2.2. définitions et classement géométrique :

Le Kashi est le premier livre et le seul dont on dispose dans le monde islamique, il présente des dessins qui expliquent les profils et la conception du Muqarnas entre XIII e et XIV e siècle. Sur la revue des Muqarnas, vol 22 Yvon Dol Simplonius et Silva L Harmsen se réfèrent à ses principes pour la conception des pièces¹². Fig. 13

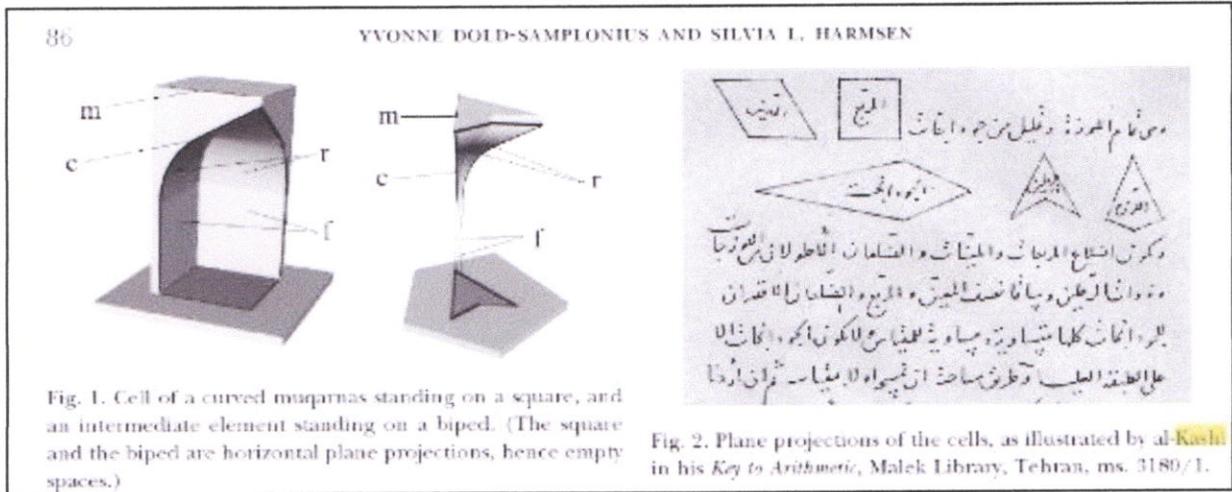


Fig. 13 : source Muqarnas revue:

Yvon Dold Simplonius et Silva L Harmsen, *Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world*, v 22 p86

Vincenza Garofalo, sur la même revue vol 27, présente en détail la conception des pièces et leurs bases elle présente un tableau qui compare les pièces de l'orient aux pièces de l'occident, se référant à la méthode de Kashi en orient et à celle de l'espagnole A. Fernandez Puertas en Andalousie et en occident¹³. Fig.14, Fig. 15

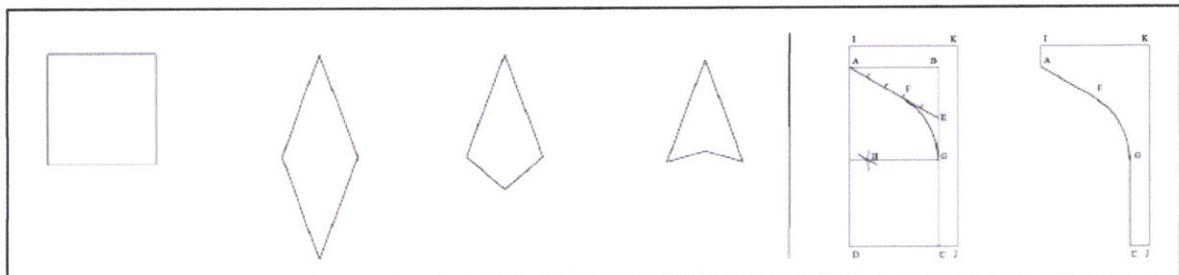


Fig. 14 : pieces d apres le livre du kashi

vincenza Garofalo, *Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world*, v 27 p394-397, 2010

¹² Yvon Dold Simplonius et Silva L Harmsen, 2005, *Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world* v 22, p 86.

¹³ vincenza Garofalo, 2010, *Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world* v 27, p394-397.

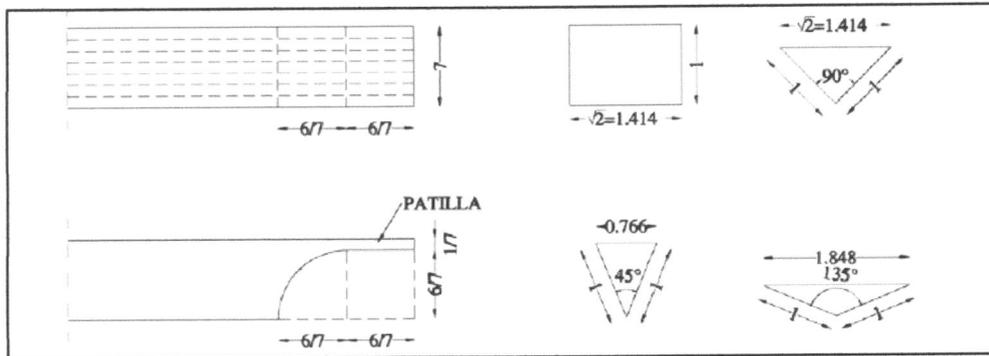
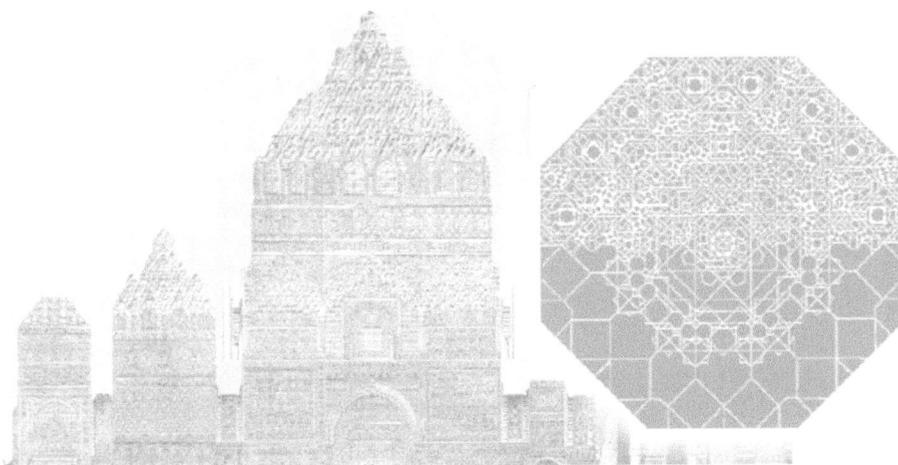


Fig. 15 : pieces d apres A.Fernandez Puertas (9):

vincenza Garofalo, Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world, v 27 p397, 2010:

Après le Kashi il y'a eu au XIXe siècle un livre du fameux Owen Jones, en compagnie de Jules Goury qui décrit la Alhambra, et dessine ses coupoles a Mouqarnas en plan et en élévation, ses dessins restent jusqu'à présent un document inédits¹⁴. Fig.16

Jean.P.Castera mathématicien et artiste français sur son livre Arabesque¹⁵ a essayé de présenter une étude en plan et en élévation de la salle des deux sœurs de L'Al ambra sur son livre arabesque , et a écrit ensuite un article qui corrige certaine erreurs¹⁶, Fig.17, même si on pense que son explication n'a pas justifié correctement ses erreurs de dessin, vue qu' il n'a pas tenu compte des tiges, ou éléments de séparation dans les lots de la coupole¹⁷.



– Fig. 16 : Dessin O Jones et j, Source aricle , j p castera La coupole à mouqarnas de la salle des deux soeurs àl'Alhambra de Grenade, castera.net/entrelacs/public/articles/Venise04-fr.pdf

¹⁴ Owen jones, jules Goury, 1842, plans elevations sections and detail of Alhambra, p100.

¹⁵ Jean p castera, 1999, arabesque.

¹⁶ j p castera, ariclet , La coupole à mouqarnas de la salle des deux sœurs àl'Alhambra de Grenade castera.net/entrelacs/public/articles/Venise04-fr.pdf page 2.

¹⁷ Emmer, 2007, M,ED, Mathematics and culture.

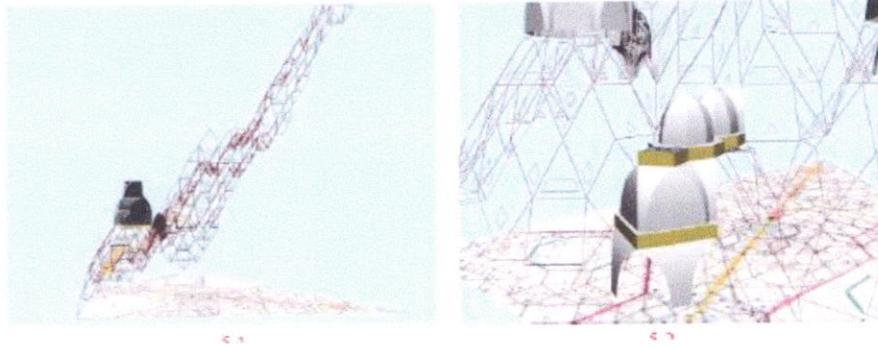


Fig. 17 : Modelisation j p castera ,ariclet , La coupole à mouqarnas de la salle des deux soeurs à l'Alhambra de Grenade
 – castera.net/entrelacs/public/articles/Venise04-fr.pdf

D'autres chercheurs ont essayé de comprendre les principes géométriques de la conception des Mouqarnas, et les ont dessinés tel que, Michel Ecochard dans son livre *Filiation de monuments*¹⁸, ainsi que Bourgoïn dans son livre *Précis de l'art arabe*¹⁹ **Fig.18**, mais sans les définir ou les classer, car chacun a travaillé sur une région, un résumé traduit en arabe illustre un grand nombre de coupoules au Caire²⁰

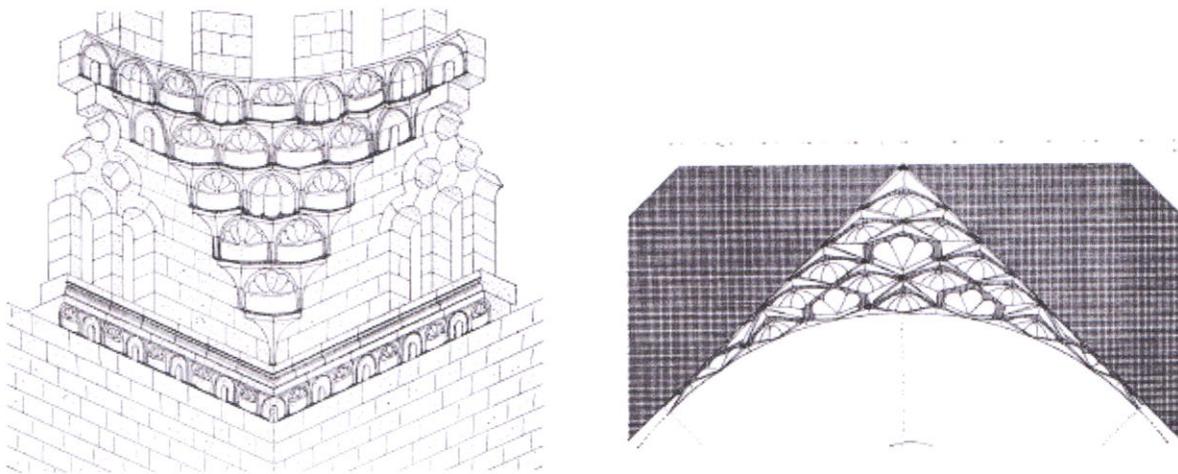


Fig. 18 : plan et axonométrie d'un Mo Bourgoïn. 1890-1892

Bourgoïn. 1890-1892 Précis de l'art arabe et matériaux pour servir à la théorie et à la technique des arts de l'Orient musulman p 65 .1892 BNF

¹⁸ Michel Ecochard, 1977, *Filiation De Monuments Grecs, Byzantins Et Islamiques- Une Question de Géométrie.*

¹⁹ Bourgoïn, 1890-1892, *Précis de l'art arabe et matériaux pour servir à la théorie et à la technique des arts de l'Orient musulman*, p 65.

²⁰ دلي جوزيف ولفرد، 1923، العمارة العربية في مصر، ترجمة محمود أحمد.

A la fin du 20^e, et début du 21^e siècle, des architectes ou mathématiciens, ont essayé de comprendre le décodage des Mouqarnas, ainsi que le dessin en Modélisation, tel que, Vincenza Garofalo sur la revue Mouqarnas²¹, Mamoun Sakkal *Fig19.*, dans son étude à l'université de Washington²².

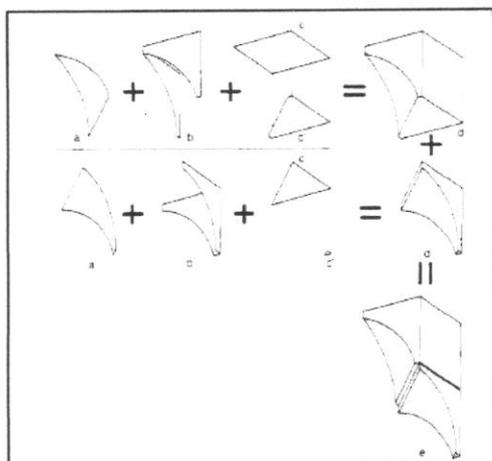


Fig. 19: parties du bloque p 22 par Mamoun sekkal:

Mohammad AL Asad, est parmi les premiers à avoir modélisé les Mouqarnas²³, d'autres l'ont suivi. Silvia Harmsen dans son doctorat sur la modélisation paramétrique²⁴, mais le Mouqarnas reste un travail tellement complexe que les résultats et conclusions notent toujours des lacunes dans ces études.

Fig.20, Fig.21

Un iranien, Mohammad Mansouri, lui aussi a essayé de traiter la modélisation paramétrique des Mouqarnas, en master2 a lion²⁵.

²¹ Vincenza garofalo, 2010, Muqarnas annual on the visual culture of the Islamic world vol 27, p 357-403.

²² Mamoun Sakkal, 1981, Geometry of Muqarnas in Islamic Architecture, p 22.

²³ Al Assad M, 1994, Applications of Geometry.

²⁴ Silvia Harmsen, 2006, Algorithmic Computer Reconstructions of Stalactite Vaults - Muqarnas - in Islamic Architecture, p 104.

²⁵ Mohammad Mansouri, 2013, Modélisation paramétrique des muqarnas.

Silvia Harmsen Algorithmic Computer Reconstructions of Stalactite Vaults -
Mugarnas - in Islamic Architecture, p 104 THESE à l'Obtention du doctorat la
Faculté des sciences naturelles et des mathématiques la Ruprecht-Karls-
Universität Heidelberg 2006

Fig. 21 : modélisation paramétrique d'une voûte par Silvia Harmsen.

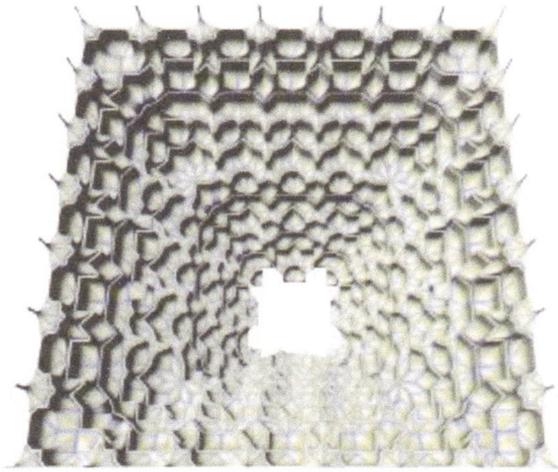
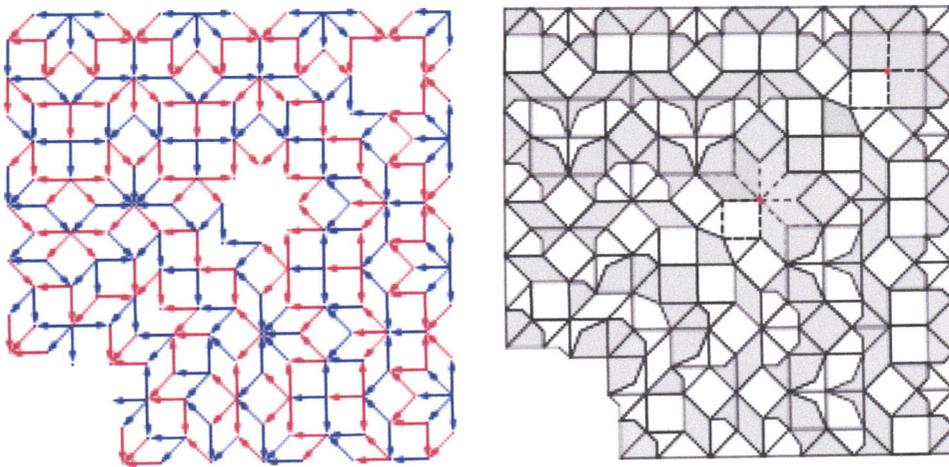
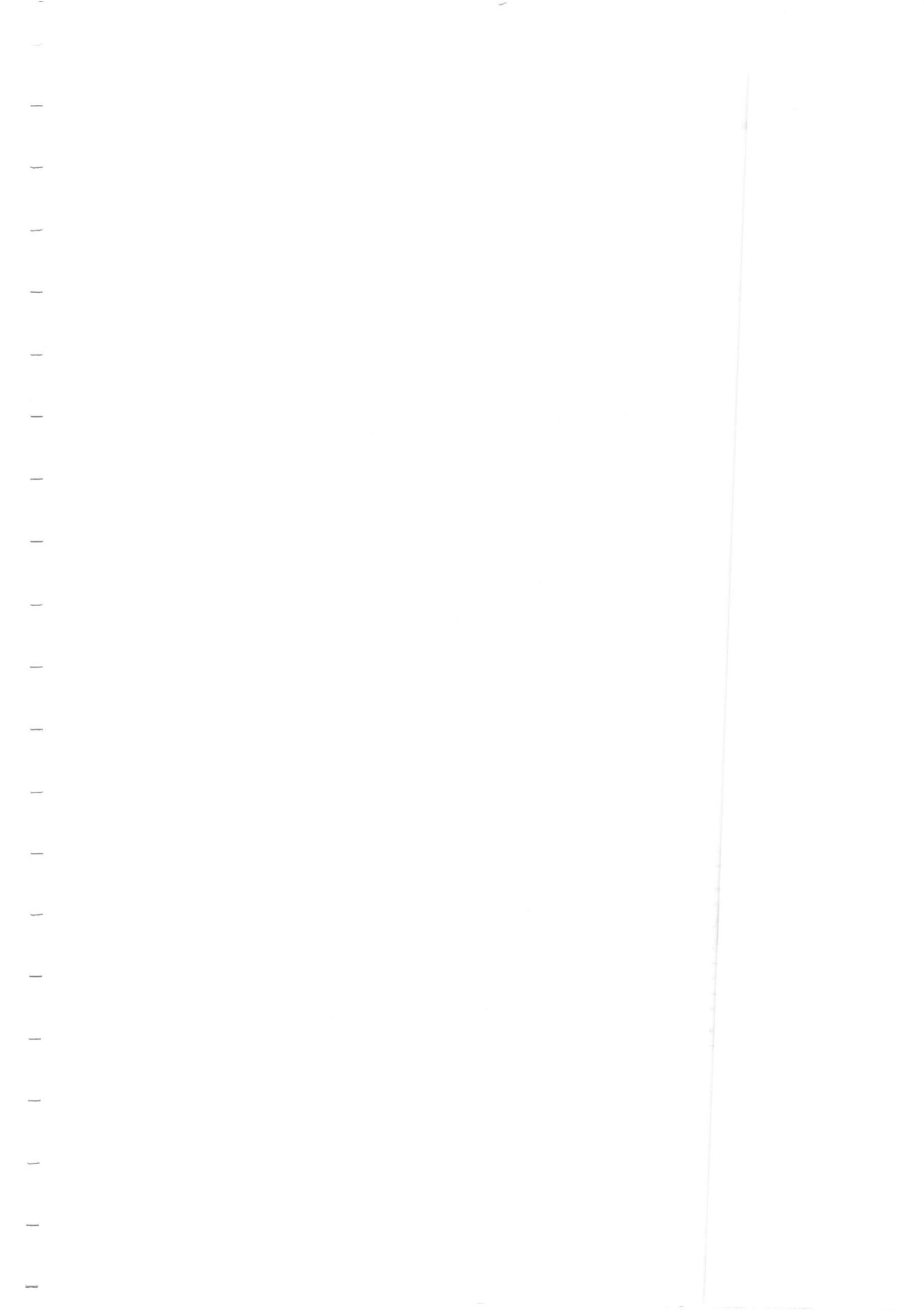


Fig. 20 : plans paramétrique d'une voûte par Silvia Harmsen.





Un travail assez important qui permet d'avoir une vision si nette des Mouqarnas en plan est celui du japonais Shiro Takahashi dans ses recherches sur les Mouqarnas²⁶, il a présenté plus de 400 coupoles a Mouqarnas en plan et l'élargie ensuite sur une base de donnée qu'il a réussi à établir. **Fig. 22**

Il propose un classement basé sur une définition géométrique en plan et par éléments, il classe les Mouqarnas en trois familles, la première a base de carré, la deuxième polaire et la troisième a bases différentes triangulaires ou autres.

La critique la plus importante qu'on peut faire sur ce classement c'est qu'il met souvent la même coupole dans plusieurs familles et qu'il relevé par cela une ambiguïté de lecture, d'un côté, et de l'autre il ne complète pas sa lecture par l'étude de l'élévation des éléments et se contente à les avaliser en tant que formes en plans.

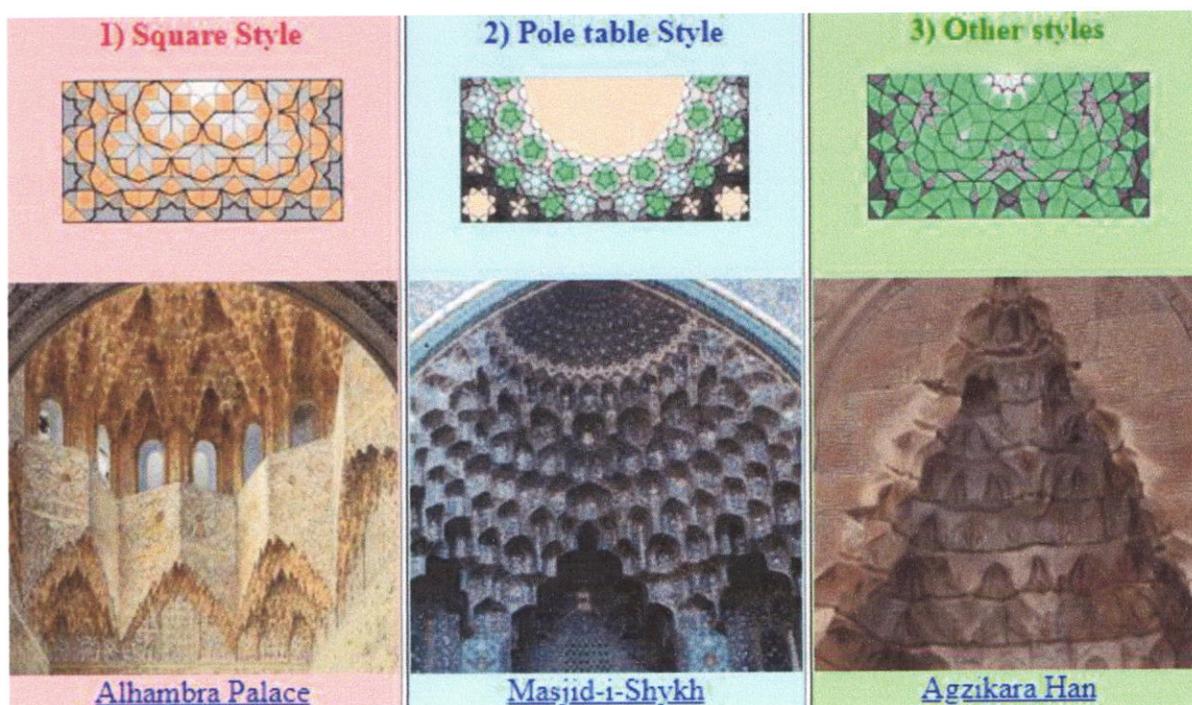
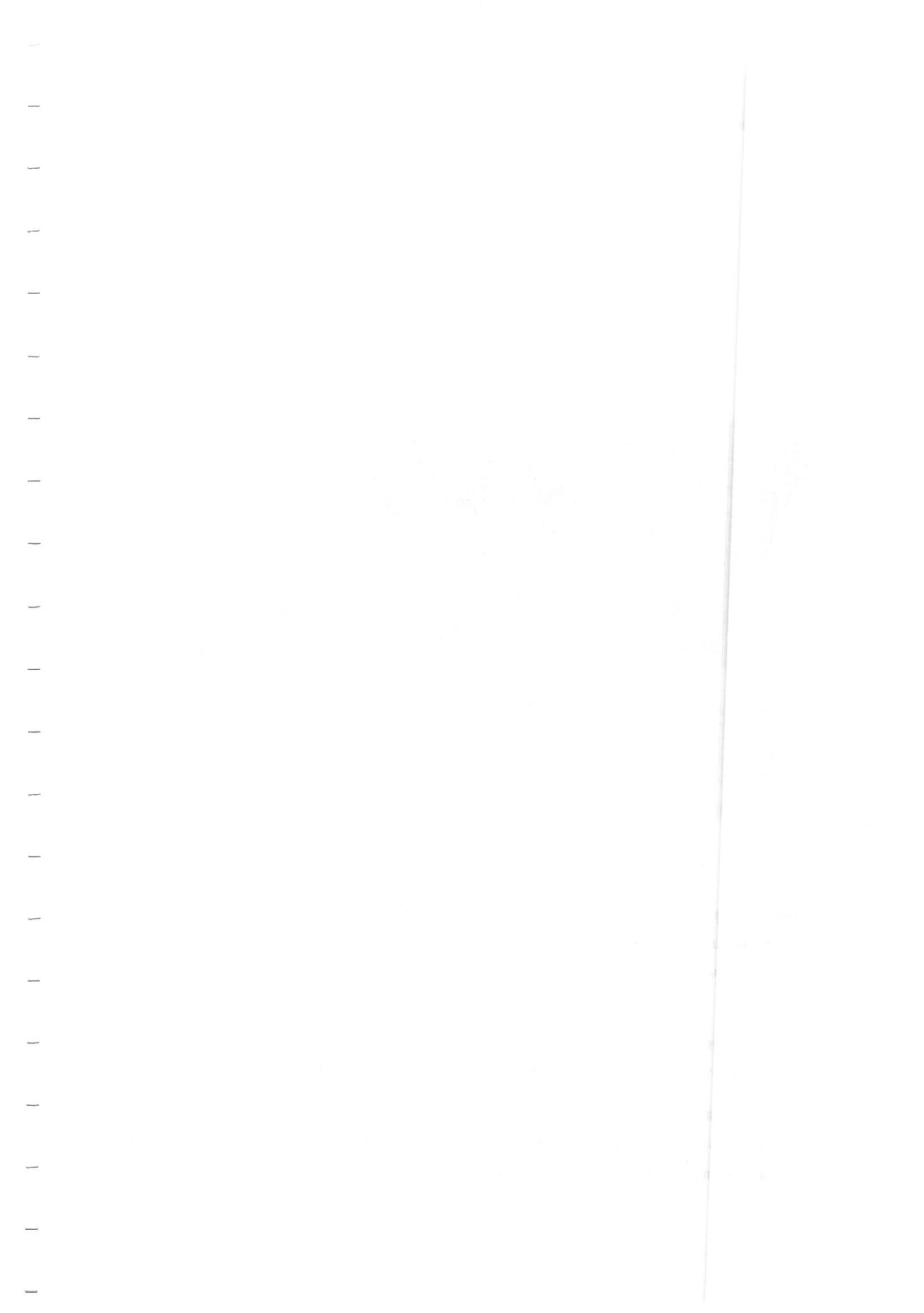


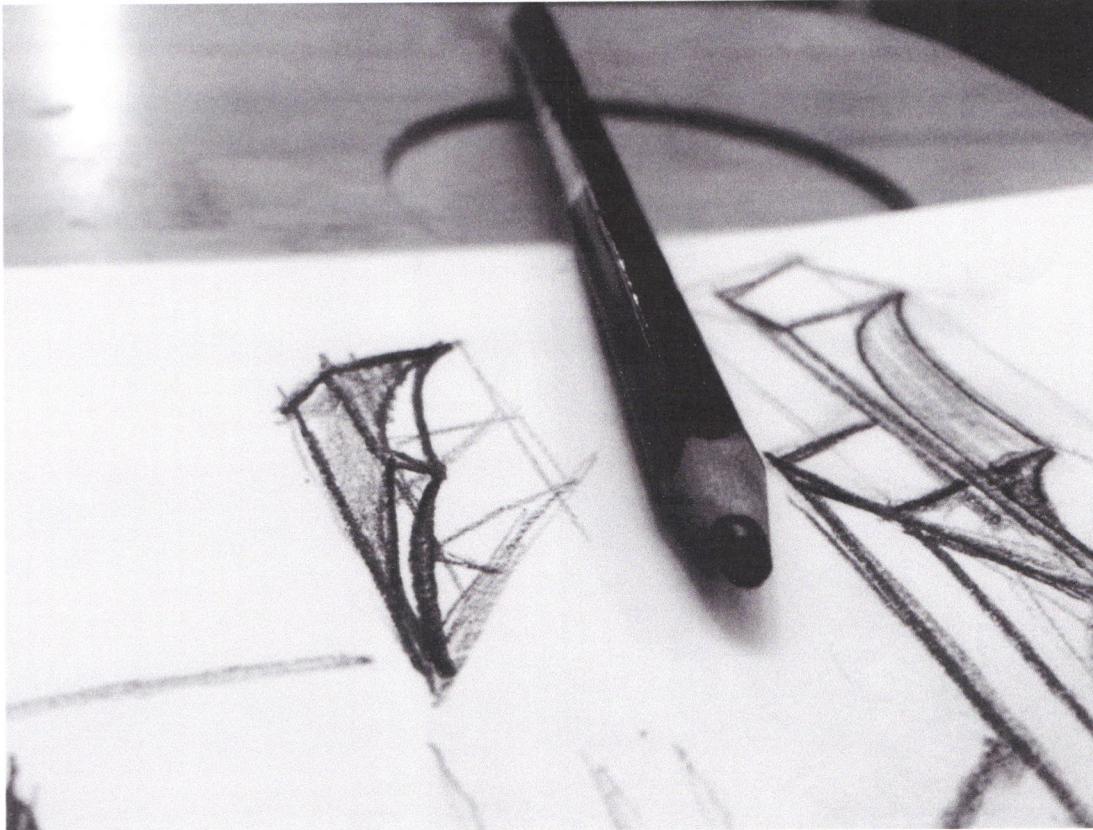
Fig. 22 : les trois styles de Mouqarnas proposés par shiro takahashi (19)

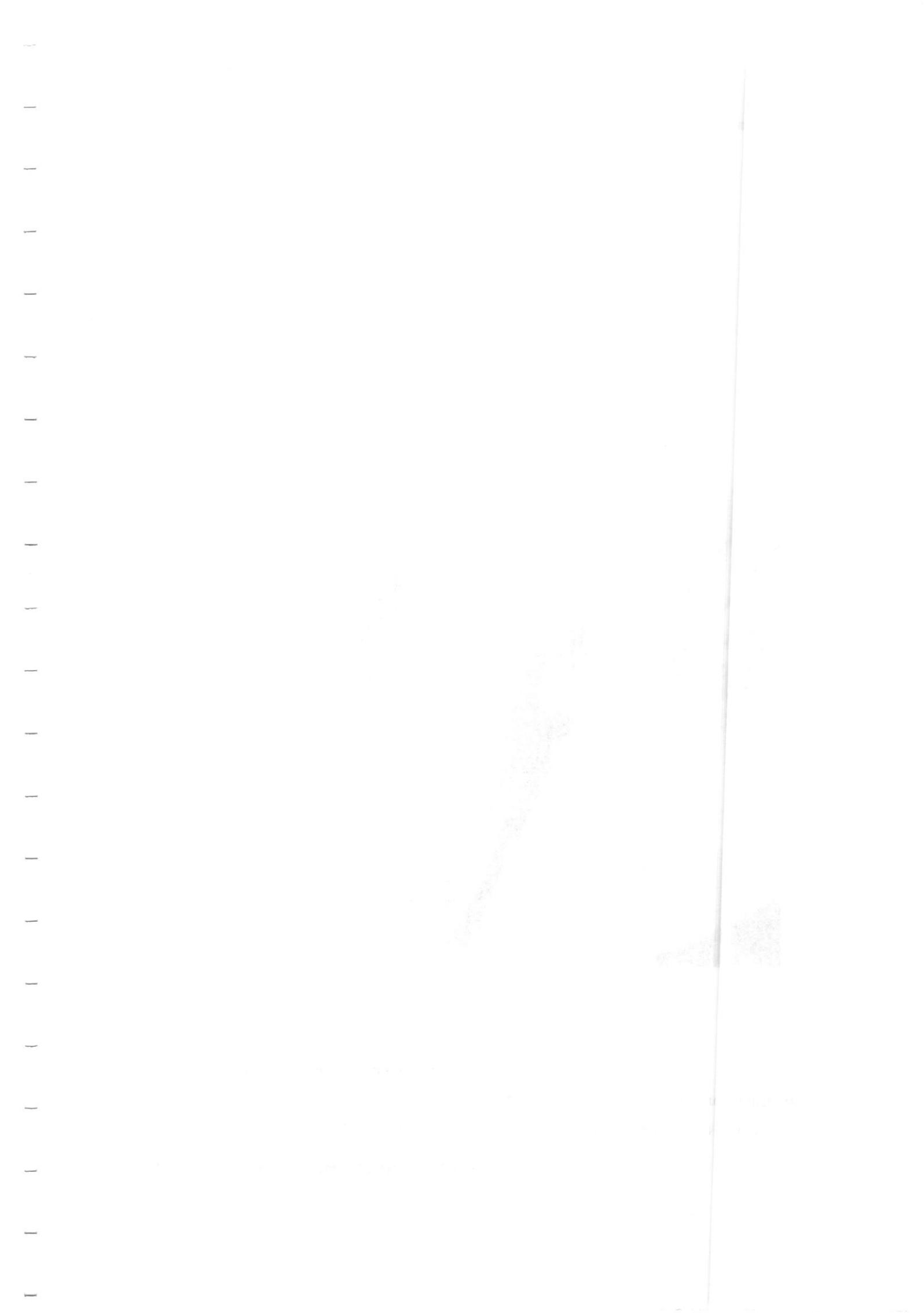
²⁶ Shiro Takahashi, 1983, Muqarnas Tama Art University Bulletin No 1, p 135-152.



Conclusions sur les essais géométriques :

En général, les essais sur la définition et classement géométrique n'ont pas pu arrêter une définition ni un classement bien claire et reste indécis et confus, même si ils sont très utiles pour tirer construire dessus, et essayer de trouver une définition et un classement claires.





CHAPITRE 02

Bases Géométriques de conception

Des Mouqarnas et Classements

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

PHYSICAL CHEMISTRY

Naissance et création des coupoles à Mouqarnas

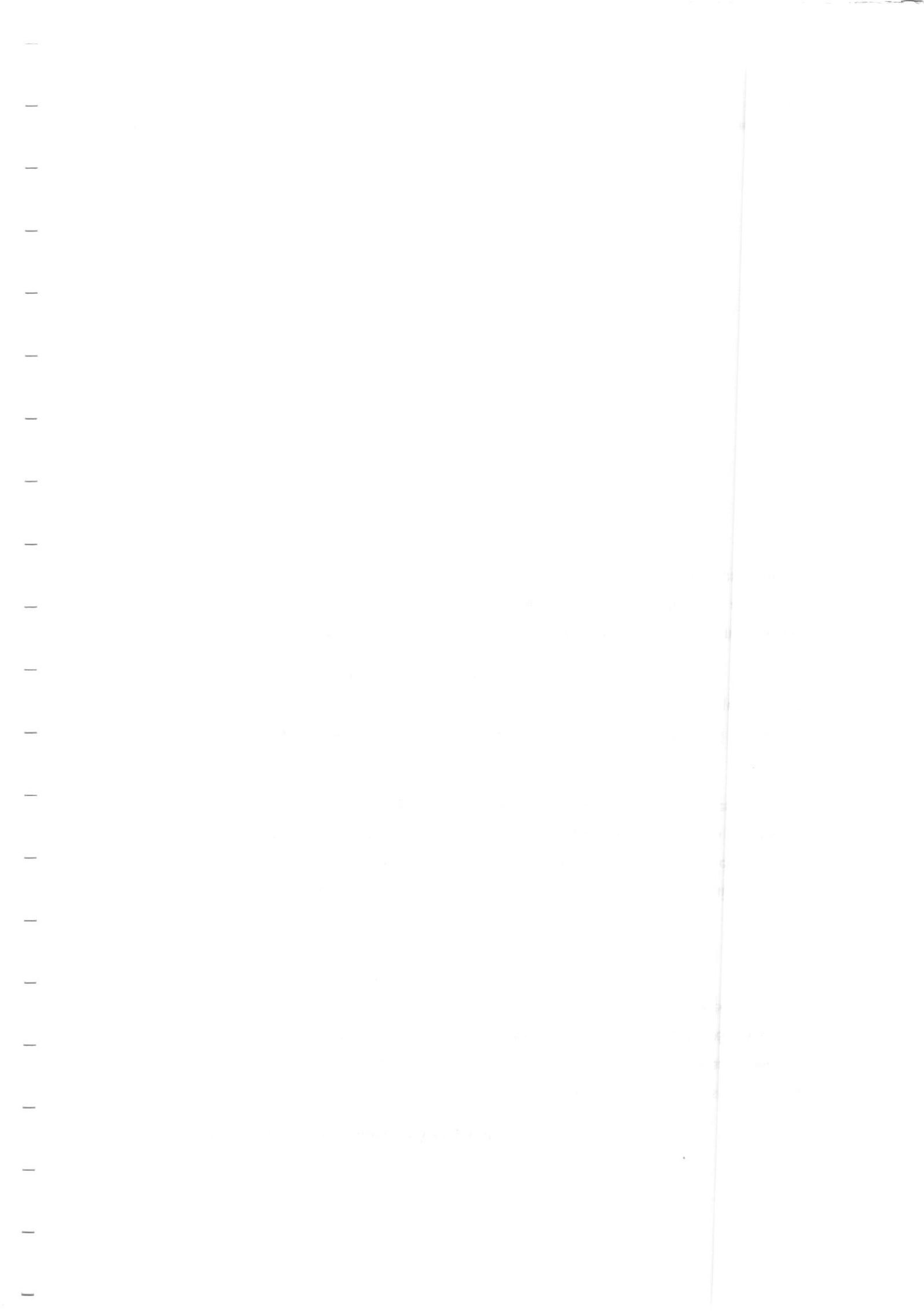
Comme on venait d'avancer en introduction ; la naissance de la coupole à Mouqarnas s'est faite par un processus mathématique qu'on va expliquer et expliquer aussi les variantes de cette naissance, donc on peut dire que les Mouqarnas sont nés à partir de la géométrie et cela était une sorte de création et non pas un développement naturel, c'est pour cela que cette création n'a pas eu de précédents ou un développement assez long à travers l'histoire.

2.1. Types de coupoles

Avant de commencer de parler de la base géométrique des Mouqarnas on trouve nécessaire de parler rapidement des différents types de coupoles islamiques ; à savoir les coupoles selon leurs arcs de profile et selon leur matériaux aussi que ce soit les coupoles en charpente de bois ou celles en briques ; en pierre et notamment les coupoles composées avec deux couches en pierre ou en briques et bois ou gypse à l'intérieur

un type de coupole très important à étudier aussi ; les coupoles a surfaces ornementées qui forment un sujet d'étude assez important pour maîtriser et comprendre les surfaces ornementées et qui couvrent les coupoles soit de l'extérieur ou même de l'intérieur.

C'est un domaine assez vaste qu'on ne va pas étaler sur cette recherche pour se consacrer aux coupoles à Mouqarnas qui sont un produit géométrique arabo islamique qui commença a Baghdâd dans des laboratoires de recherches mathématiques et géométriques ainsi qu'astrologiques connus à l'époque par Beyt el Hikma .



2.2. Naissance géométrique de la notion des Mouqarnas

Après des recherches, d'observation et d'élaboration des plans de Mouqarnas ainsi que lecture de ce qui a été écrit et dessiné sur ce sujet, et vu qu'il n'y a pas encore une définition claire et ferme des Mouqarnas, on a essayé de mettre une définition à base mathématique et géométrique capable de définir ce qui est une coupole à Mouqarnas.

En fait une coupole simple à pendentifs aux coins n'est pas une coupole à Mouqarnas, car pour définir le Mouqarnas qui est né dans la coupole à l'origine il faudrait qu'on dispose de deux principes

- 1- le plan géométrique doit créer les éléments constitutifs pour la composition de Mouqarnas par la rotation des carrés ou polygones comme étant la base de tout dessin géométrique de Mouqarnas. **Fig.23**
- 2- l'élévation doit contenir les éléments de compositions des Mouqarnas de base dont les deux les plus élémentaires sont le pendentif et la trompe.

Le dessin **Fig.24** (éléments constitutifs de la coupole du mihrab à Cordoue en rouge trompe et en bleu pendentif) Montre les pièces de bases des Mouqarnas coupole de l'avant mihrab mosquée de Cordoue.

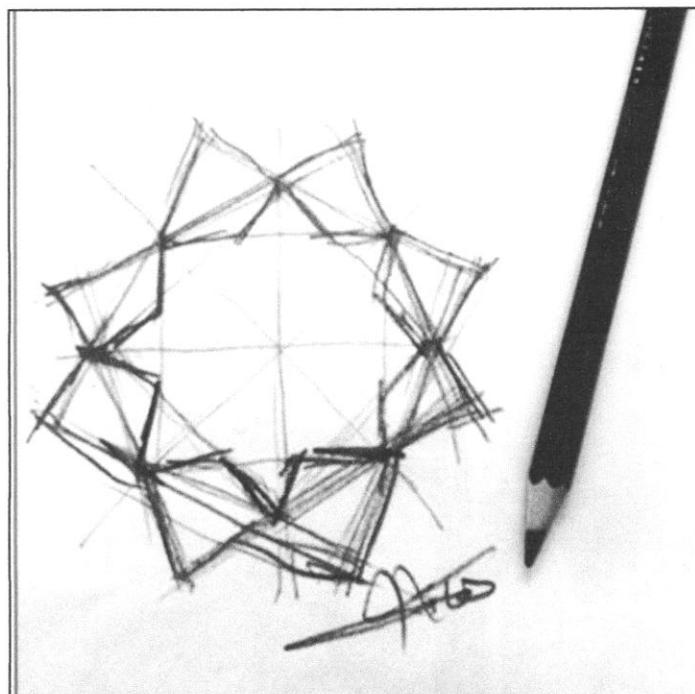
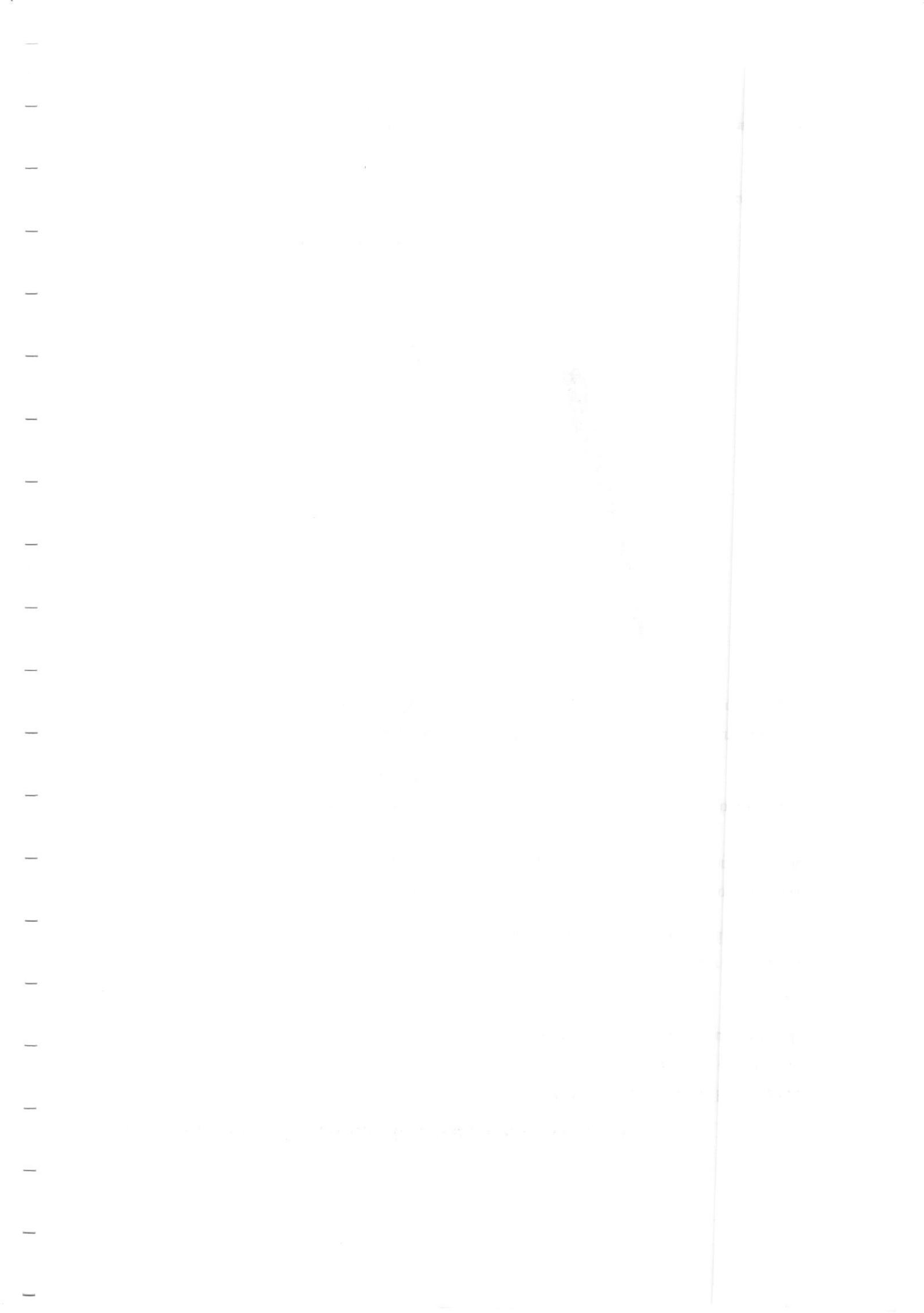


Fig. 23 : croquis de rotation de polygone comme principe de tracés des coupoles a mouqarnas - dessin auteur



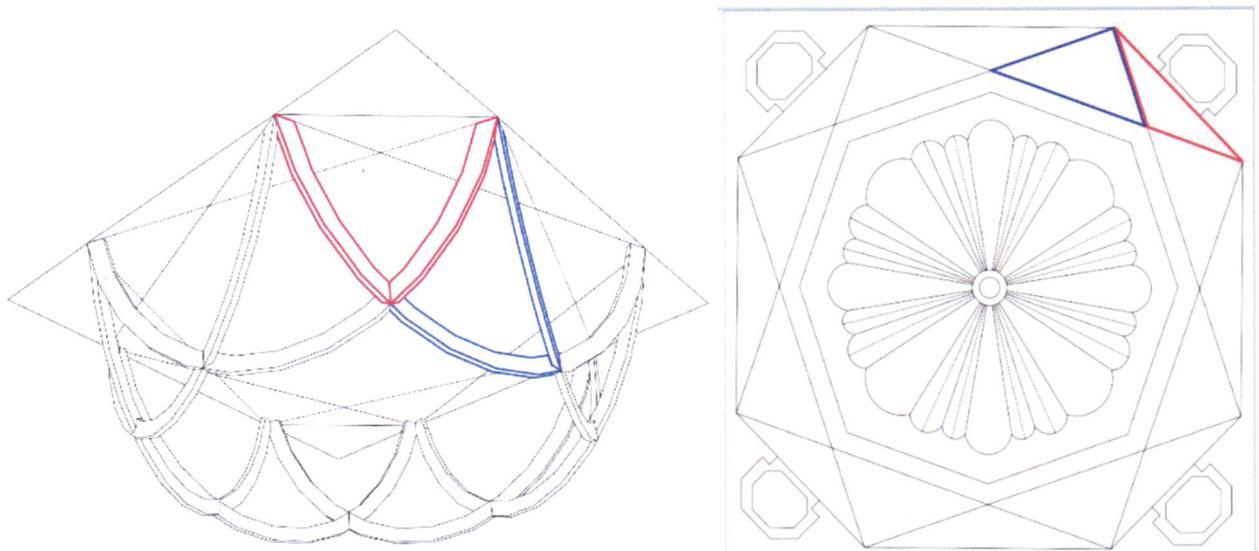
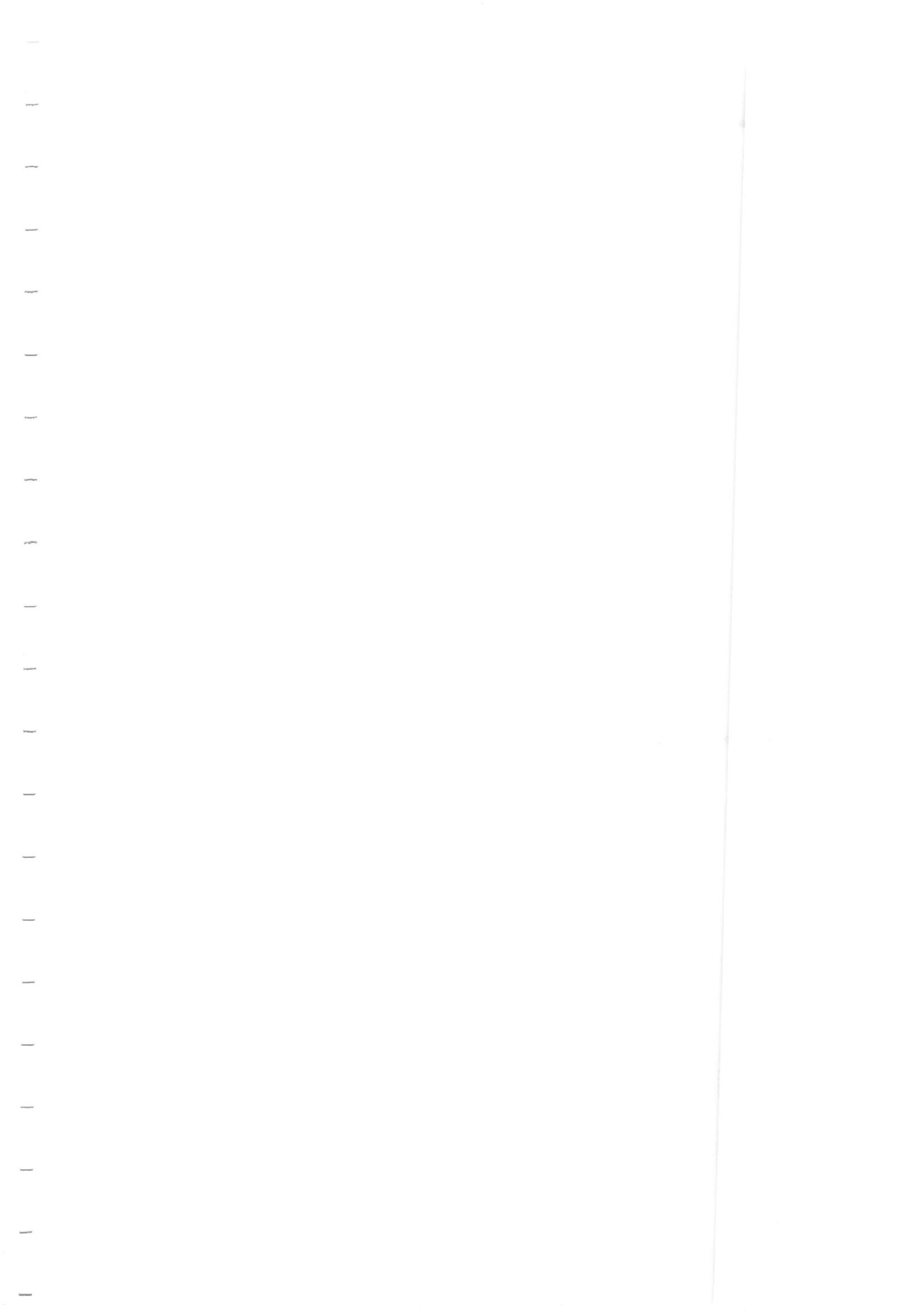


Fig. 24 : éléments constitutifs de la coupole du mihrab à Cordoue en rouge trompe et en bleu pendentif-dessin auteur



2.3. Coupôles de la mosquée de Cordoue exemple de la genèse des Mouqarnas :

Il est si spectaculaire de voir que toutes les coupôles de la mosquée omeyyade de Cordoue, construites par le Kalif *Al Moustansir Bilah Al Hakam II* au X^e siècle, sont faites avec un tracé en plan typique des coupôles à Mouqarnas, et qu'elles possèdent les éléments constitutifs de ces dernières, et de cela font partie de cette famille islamique et sont les exemples les plus anciennes même de cette invention purement islamique (**Fig.24, Fig.25**).

Ce constat a été vérifié après avoir arrêté soigneusement une définition précise des Mouqarnas.

On vient donc de mettre en haut le plan et axonométrie de la coupôle de maqsura de la mosquée de Cordoue (**Fig. 24**) qui illustre comme on a avancé une coupôle à Mouqarnas à une seule rangée. Et on voit une autre coupôle qui est elle aussi faite par *Al Hakam II* mais qui est plus complexe, par son tracé à deux rangés de Mouqarnas, qui est celle du côté droit du mihrab (**Fig. 25**). cela renforce à notre vision la troisième hypothèse qui considère Baghdâd comme source de la création des Mouqarnas.

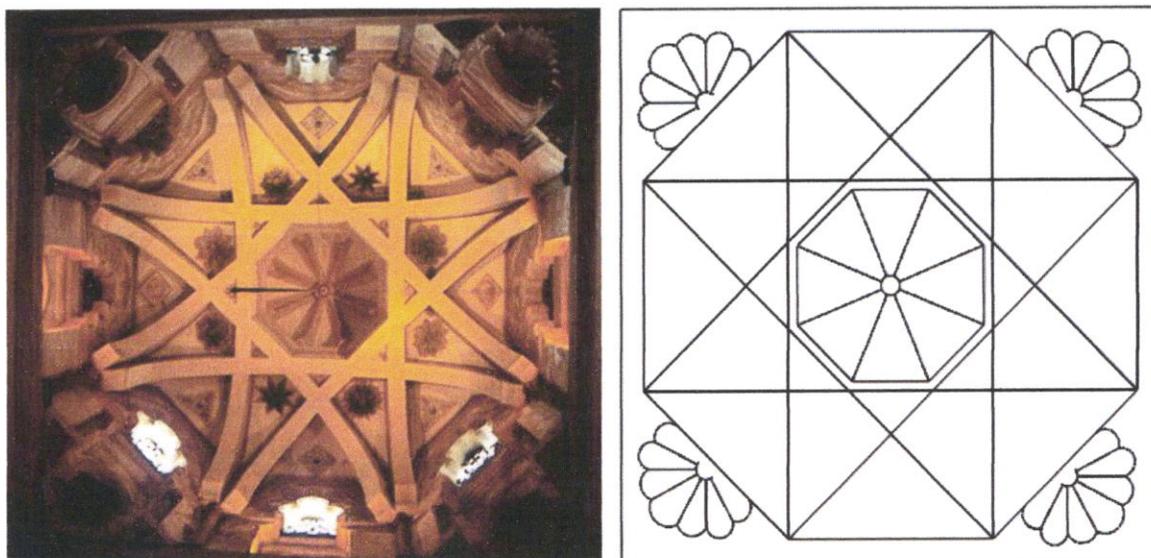
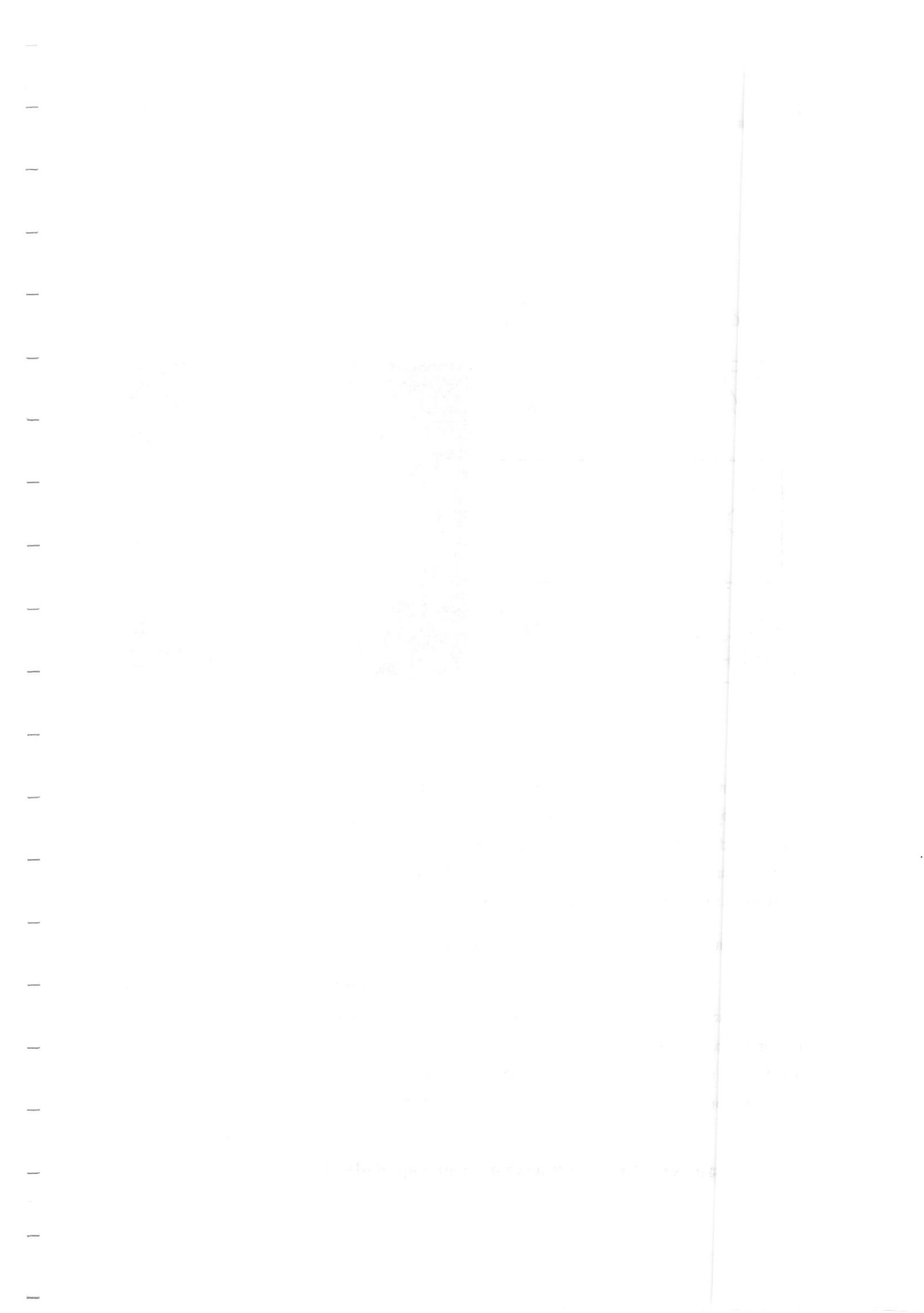


Fig. 25 : Plan et vue de la coupôle au côté droit du Mihrab à la mosquée de Cordoue Dessin schématique repris par l'auteur



2.4. Définition des Mouqarnas sur une base géométrique :

Pour définir les types on va procéder à une définition géométrique en plan d'abord pour définir les familles de racines qu'on va détailler plus bas, ensuite définir les différents types de chaque famille en se basant sur le dessin de profile des pièces en élévation, à savoir le dessin de l'arc sois : **Fig. 26**

- 1- En plein cintre,
- 2- En arc brisé ou recti-curviligne
- 3- Prismatique ou triangle sans courbe

Ces trois façons différentes en élévation font que le Mouqarnas change d'allure et donc de type en étant dans la même famille racine sur plan.

Le matériau des Mouqarnas aussi peut être un élément de différenciation car le même Mouqarnas avec le même tracé et profile de pièces peut être fait avec deux matériaux et à ce moment donner des allures différentes.

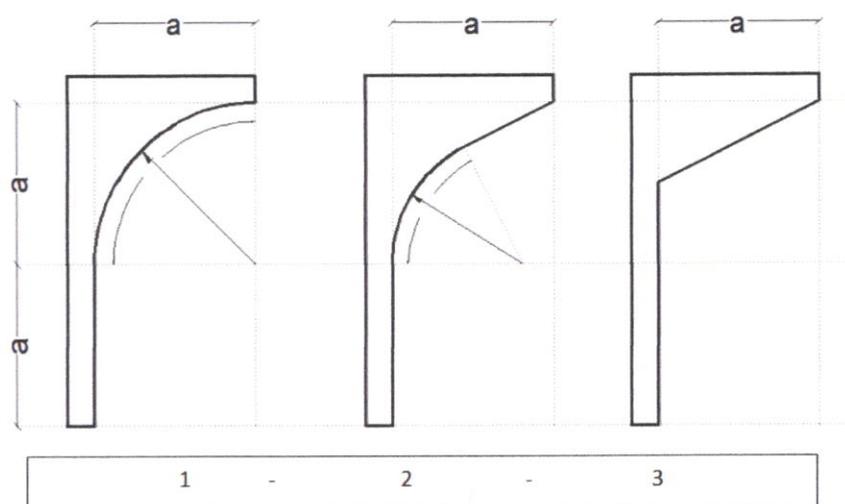
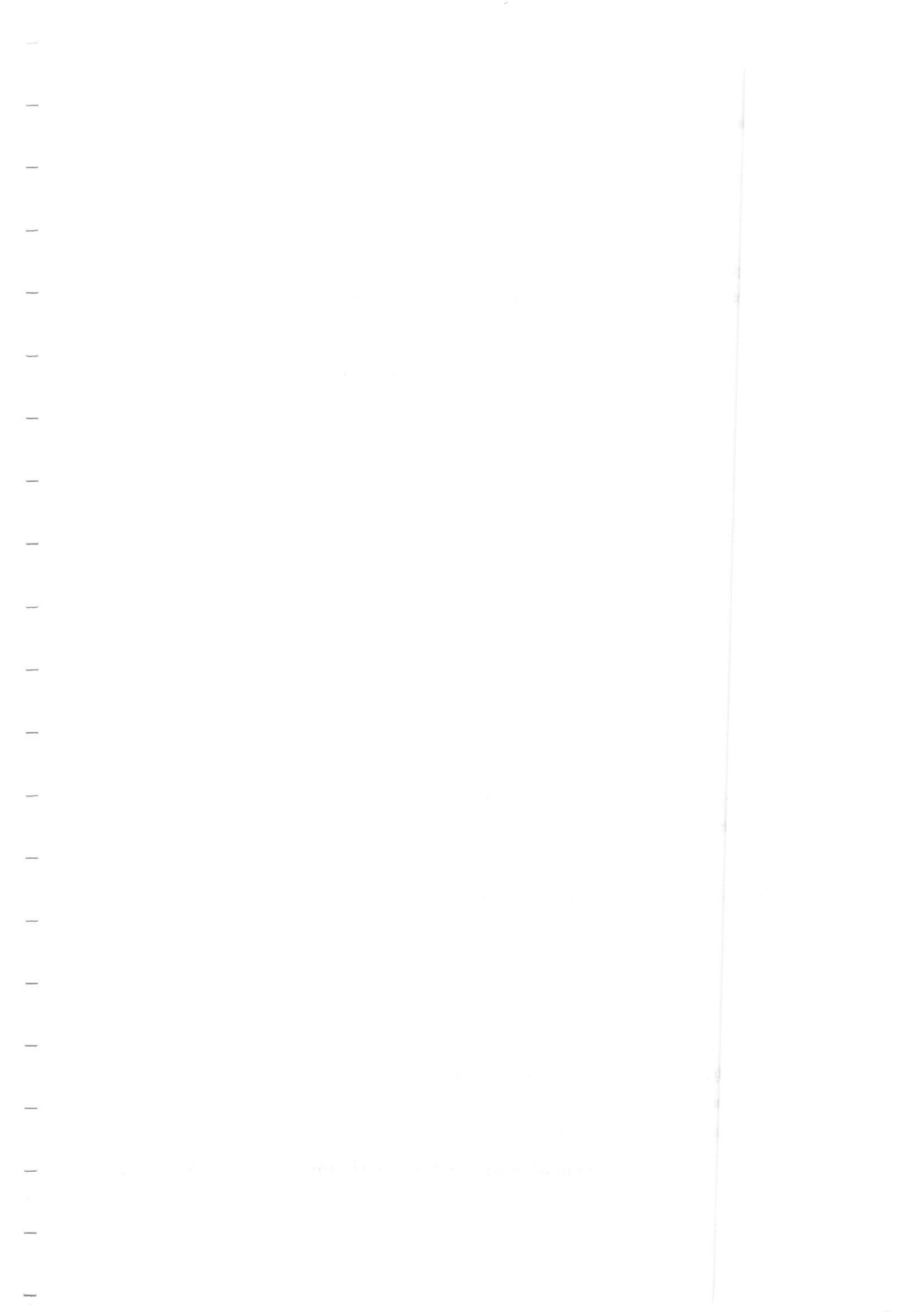


Fig. 26 : Schéma montrant les trois types de profils de gauche

- dessin auteur

En fait les deux types ou familles de tracés existent en orient vu que la création vient de Bagdad et on peut les remarquer dans les premières coupoles à Mouqarnas à savoir celles du X et XI e siècle (palais abbasside et Set Zoubeida tombe).



Dans les deux cas de famille , le tracé se base en fait sur une opération de rotation ,qui divise le plan de la coupole de manière géométrique avec des polyèdres croisés ou des cercles croisés; ceci est tiré certainement des tracés utilisés dans l'ornementation , tracés qui ont développé la géométrie de l'ornementation arabo islamique et qui priment sur toute l'ornementation islamique là où elle se trouve, de l'Asie a l'Andalousie , étant avec différents matériaux avec lesquels elle est matérialise ; soit en pierre ,stuc , bois minéraux; céramique et même sure toile.

Le tracé régulateur de toute ornementation islamique donc serait à la base du tracé des Mouqarnas.

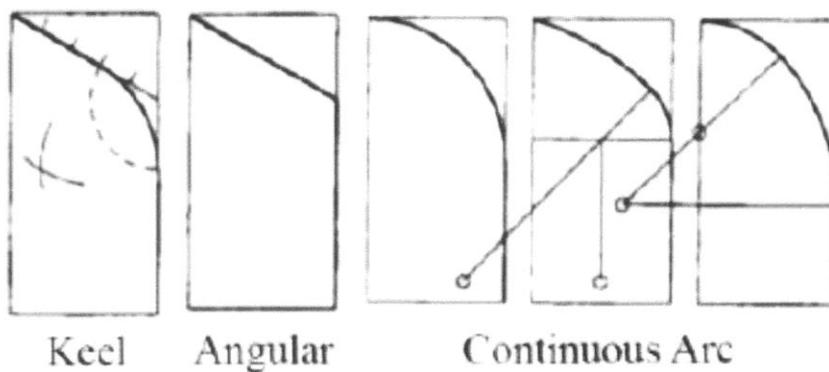
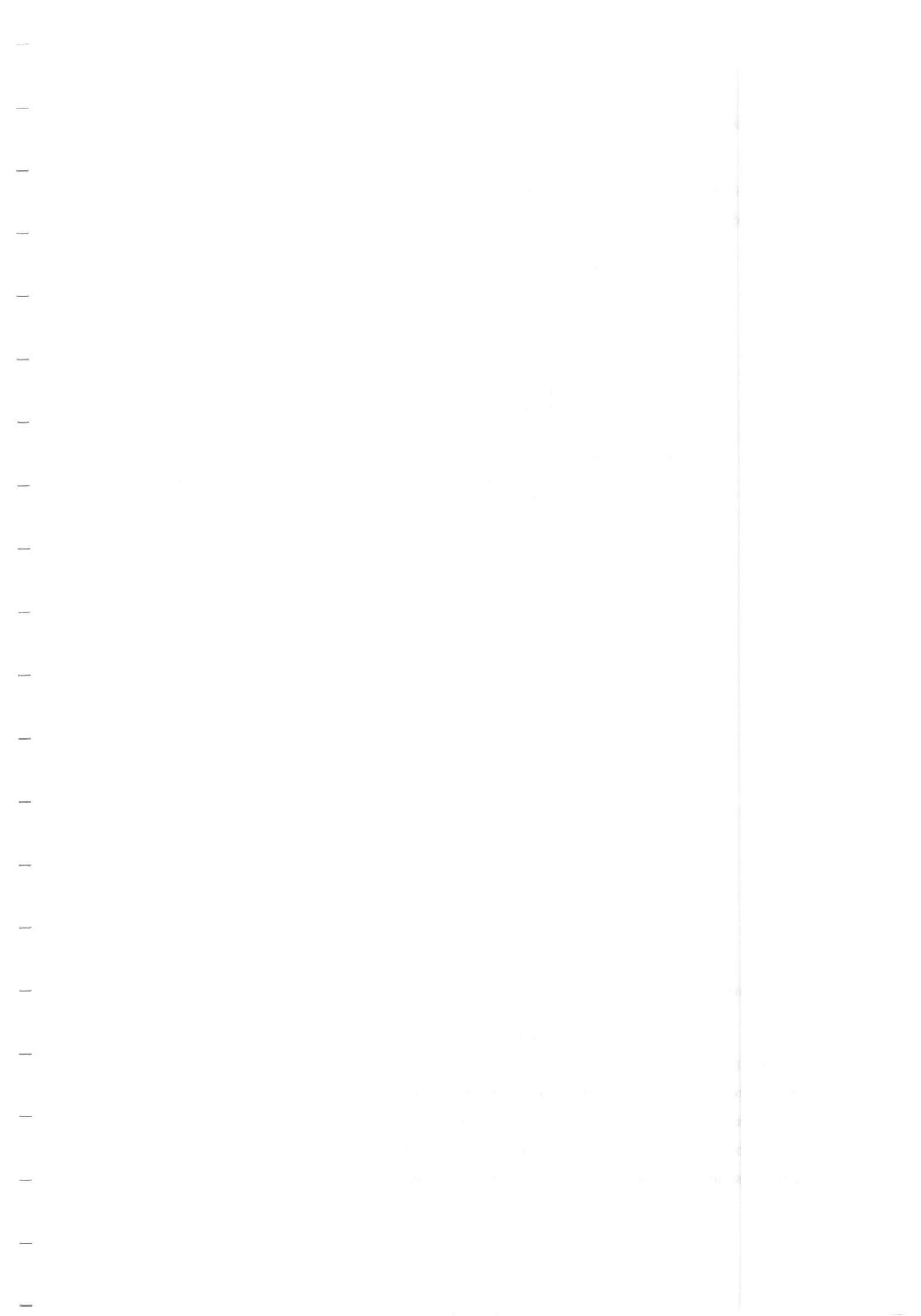


Fig. 27 : Différents profils de pièces Mouqarnas

Orkan Zeynel Güzelci T.C. Istanbul Kultur University OMPUTATIONAL INTERPRETATIONS OF 2D MUQARNAS PROJECTIONS IN 3D FORM FINDING
https://www.researchgate.net/publication/310374670_COMPUTATIONAL_INTERPRETATIONS_OF_2D_MUQARNAS_PROJECTIONS_IN_3D_FORM_FINDING

Pour mieux comprendre ces deux familles nous donnerons un exemple de chacune.

Les deux exemples qu'on a choisi sont de Damas, car nous expliquerons après qu'en général au Maghreb les Mouqarnas sont du premiers type et que le deuxième n'a pas été vraiment utilisé ou presque pas utilisé au Maghreb.



2.4.1. La première famille : Le tracé des Mouqarnas à éléments constants

Nous donnerons un exemple de ce tracé qui est la coupole de *Bimarestan Nouri* (**Fig.28****Fig. 28**), et qui compose avec des unités à mesures constantes pour couvrir la coupole en tracé de plan, l'élément est en général fixe, carré, losange ou tétraèdre (**Fig.29**), ensuite ses éléments prennent la troisième dimension pour en faire la coupole tridimensionnelle.

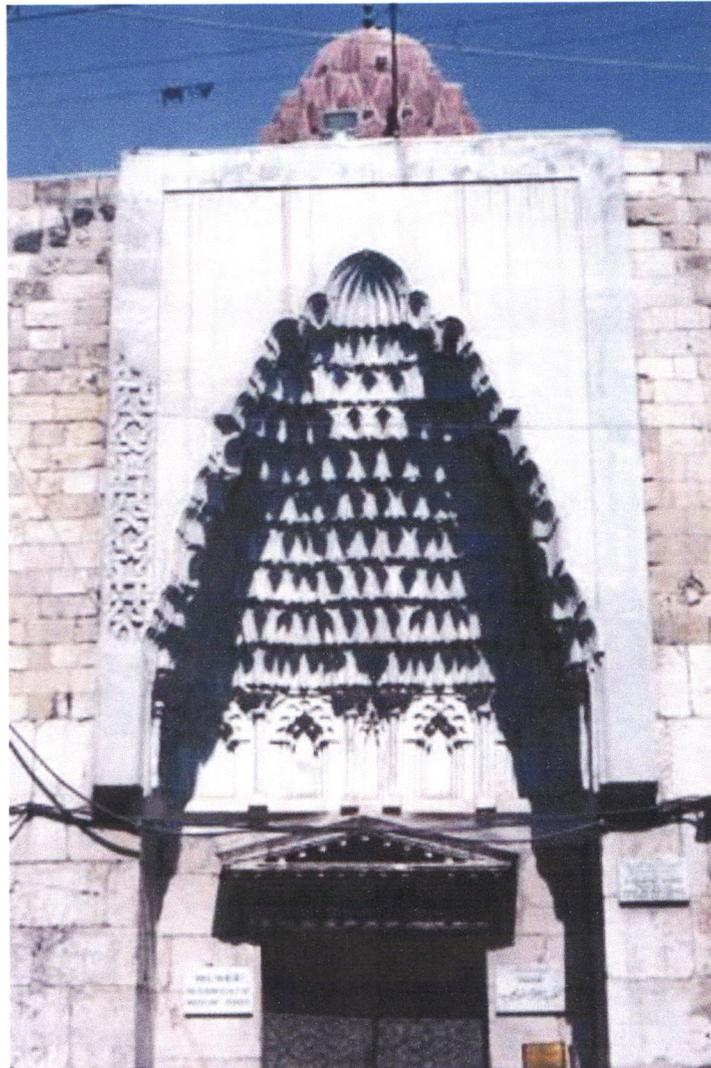


Fig. 28 : *vue de la coupole de l'entrée principale du bîmâristân Al Nourri à Damas*

photo JAMAL H ABED . archnet. org

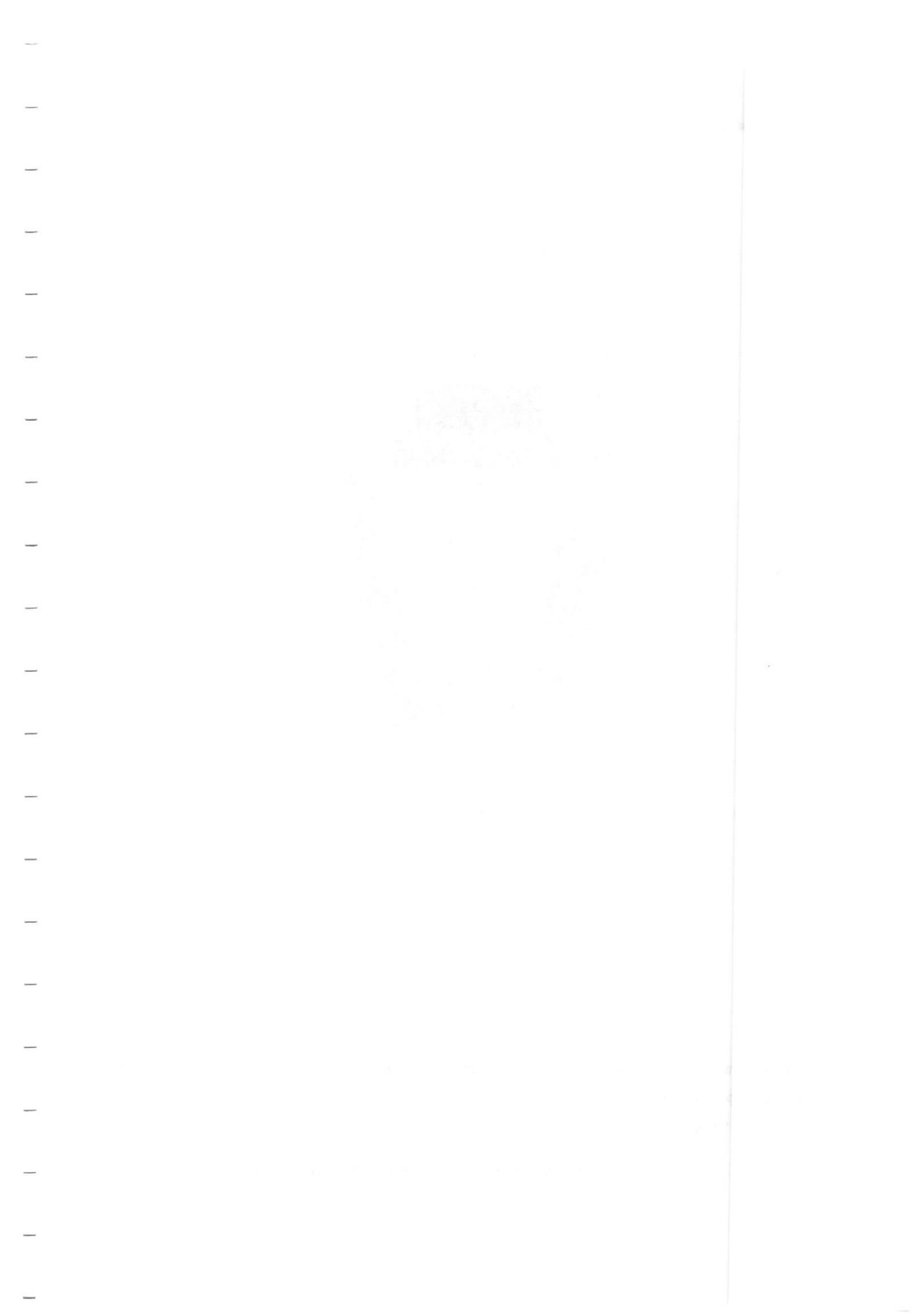
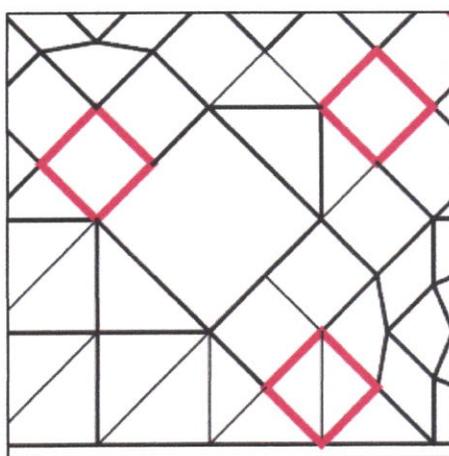
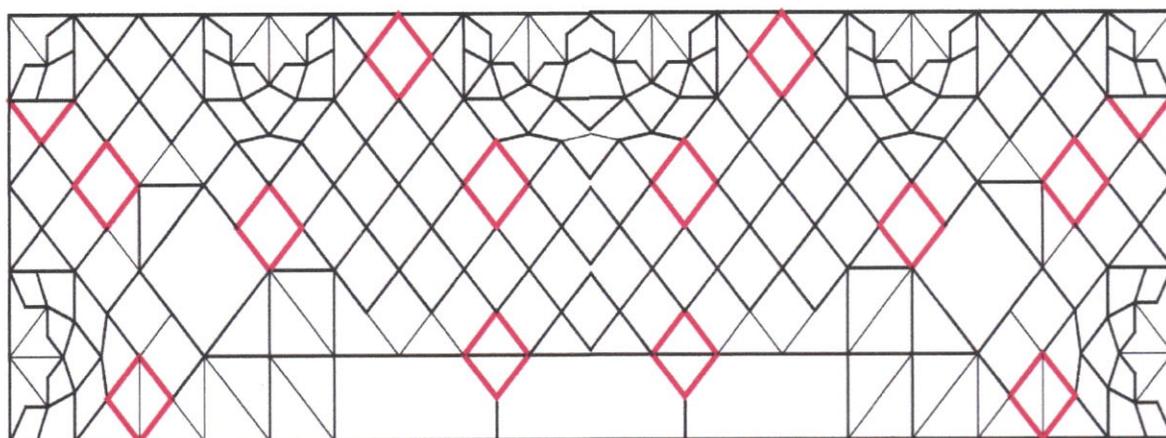
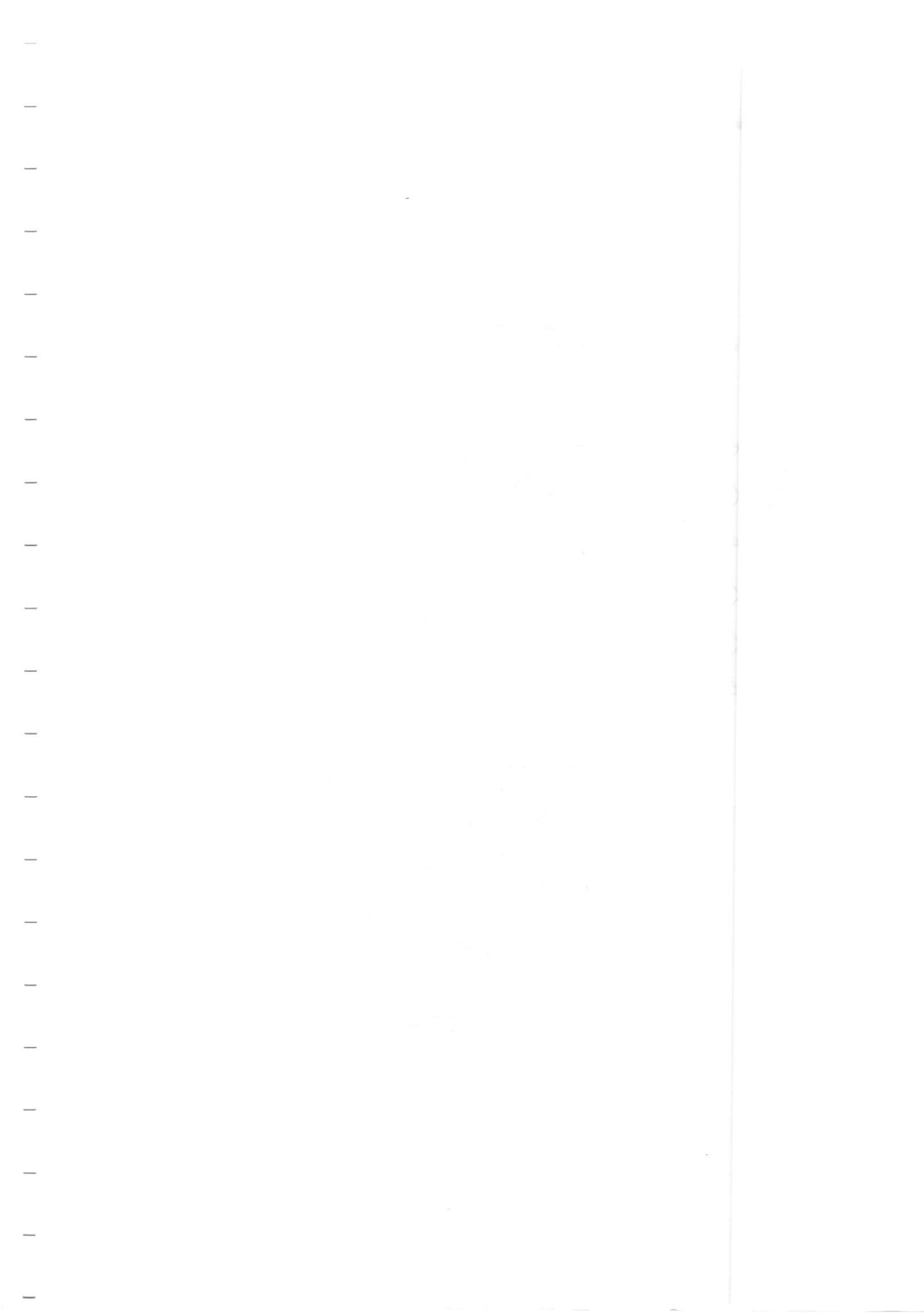


Fig. 29: Plan et détail de la coupole de l'entrée du bimaristán Al Nourri à Damas principale montrant le module unitaire de la composition - dessin auteur





2.4.2. La deuxième famille : Le tracé des Mouqarnas a éléments variables

L'exemple qu'on a choisi est la coupole de l'entrée de la madrasa jaqmaqya **Fig30**, ce type de tracé se base sur une idée différente du premier en se basant toujours sur les cercles ou polygones croisés. Il compose avec des pièces unitaires qui changent de mesure d'une façon excentrique, chaque fois qu'on s'éloigne du centre de la coupole en plan les pièces grandissent, avec un rythme qui garantit la cohérence globale, en plan et en allant dans la troisième dimension aussi. **Fig.31**



Fig. 30: *vue de la coupole de l'entrée principale de la Madrasa Al Jaqmaqya à Damas* Photo Daniel Demeter syriaphotoguide.com

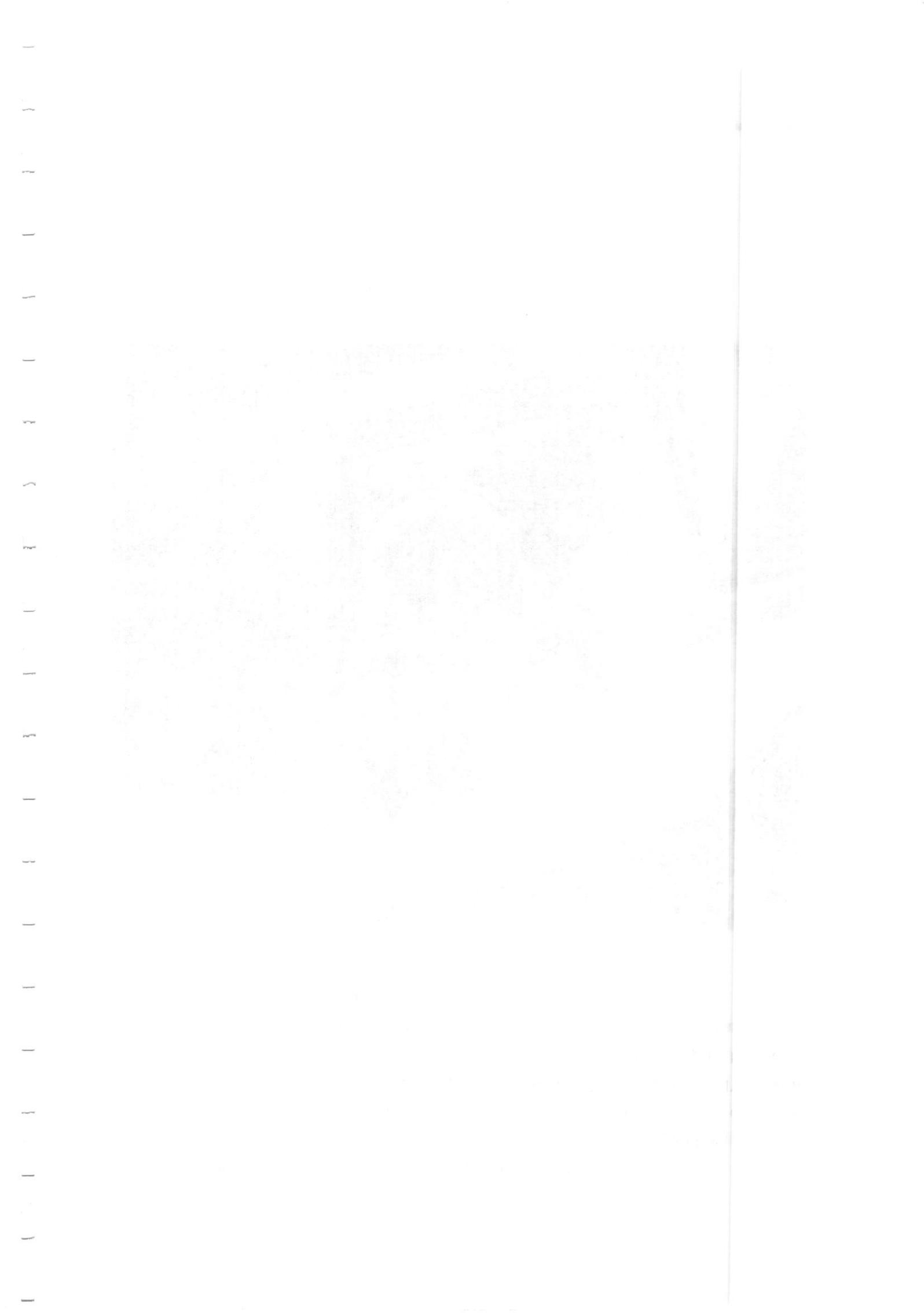
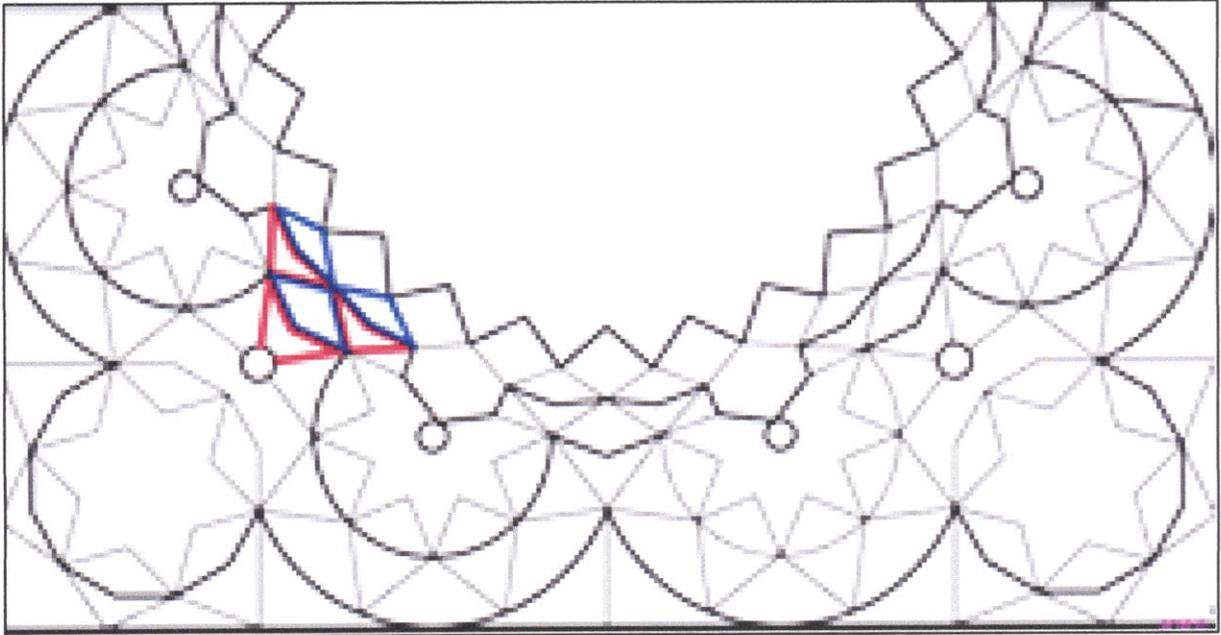
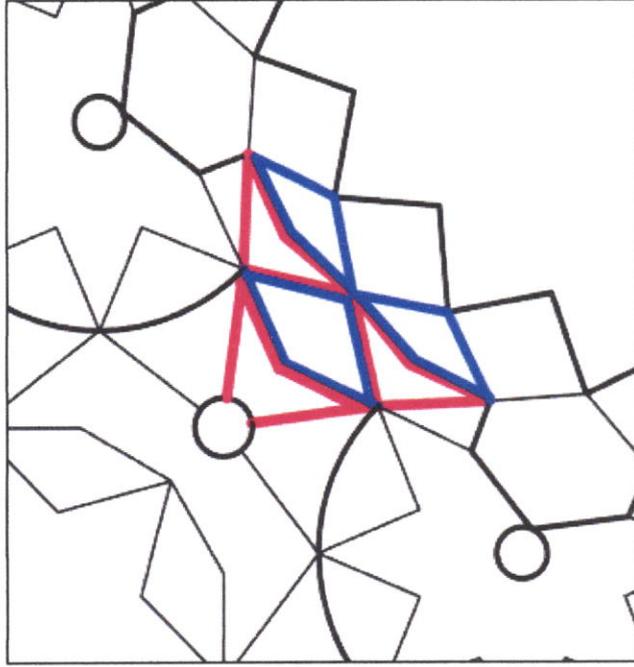


Fig. 31 : Plan et Détail de la coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jagmagya à Damas montrant le principe des unités variables qui constituent la composition -dessin de l'auteur



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Handwritten text, possibly a signature or a set of initials, located in the center of the page. The text is faint and difficult to decipher.

Vertical line of text or markings on the right side of the page.

Comme on disait les deux familles se trouvent à l'orient mais la première a été utilisée bien en orient qu'au Maghreb ; même si on ne connaît pas le patrimoine perdu de Bagdad ou les Mouqarnas ont probablement connu leur naissance mais ce qui en reste aux alentours de Bagdad nous donne une idée plus ou moins claire, de la présence de cette famille

Ce tracé dont on parle à savoir à éléments constants, s'est confirmé en occident voir en Andalousie, et sur le grands Maghreb et en Europe donc on peut dire que les Mouqarnas andalous sont tous fait exclusivement avec ce tracé à éléments constants.

Le deuxième tracé à éléments variable n'a été utilisé qu'en orient et on ne le trouve presque pas en occident islamique.

Il a cependant pris plusieurs allures qui composent avec la première famille des fois, de l'Irak à l'Asie centrale jusqu'à la Syrie et l'Égypte, et dès la fin du X^{ème} siècle au XVIII^{ème} siècle et surtout après le XVI^{ème} avec les ottomans et les mongoles et safawides.

2.5. Classement typologique selon la base géométrique :

Donc pour résumer, les deux familles racines, ont donné naissance à plusieurs variantes de Mouqarnas suivants selon le profile en élévation et les matériaux utilisé :

2.5.1. La Première famille

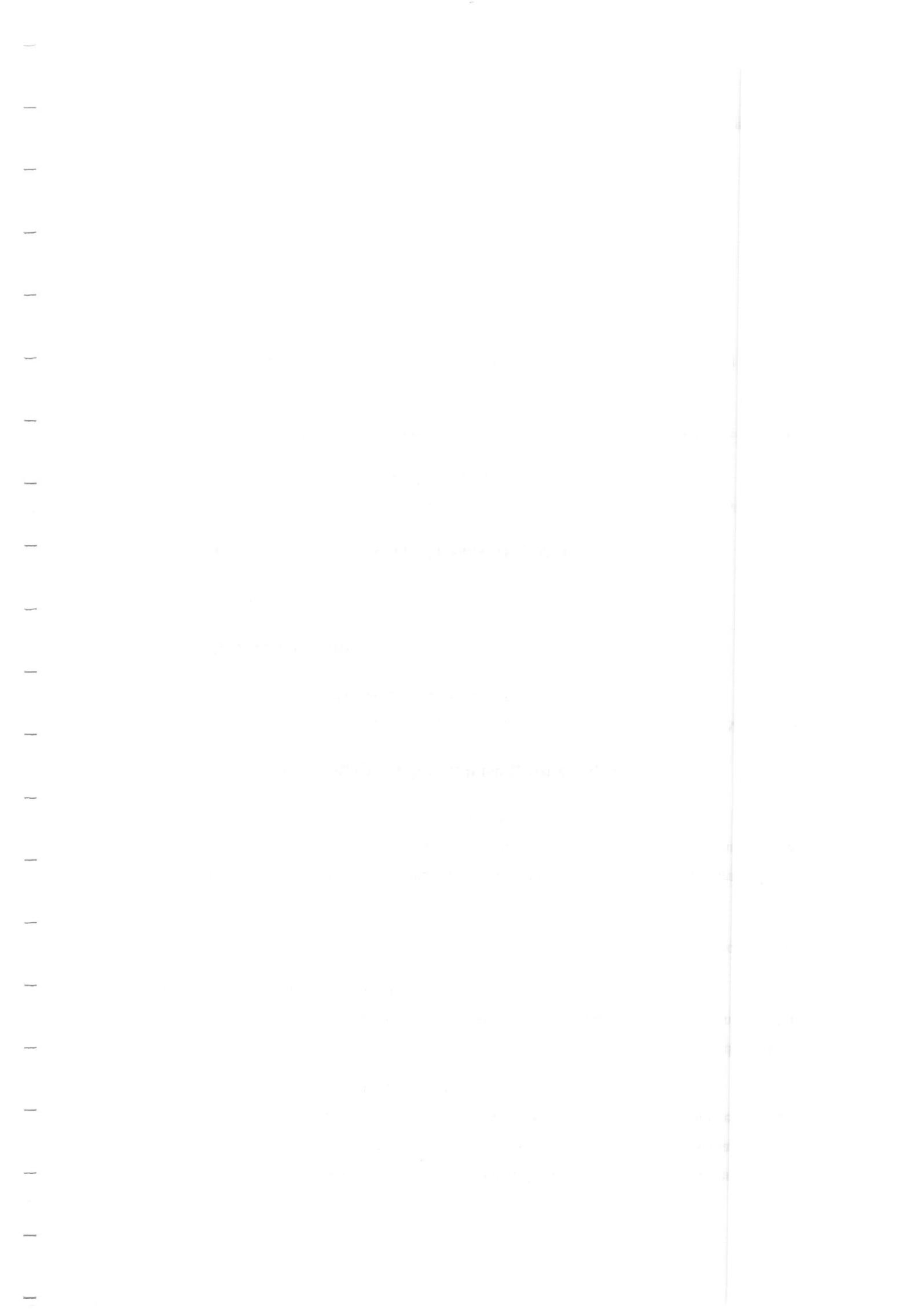
Ou on trouve principalement

- **les Mouqarnas Andalous et maghrébins : (Fig. 32 et Fig. 34),**

On le trouve en profile arc plein cintre en général et en plâtre, même si au Maroc on le trouve aussi en profile en arc brisé surtout ceux d'après le XVIII^e siècle.

On trouve aussi en orient l'utilisation des Mouqarnas à éléments constants (**Fig. 37**) même si la plupart du temps en composition mixte avec les éléments variables.

La majorité des Mouqarnas de cette famille en orient sont en moellon ou en briques crépis en stucs.



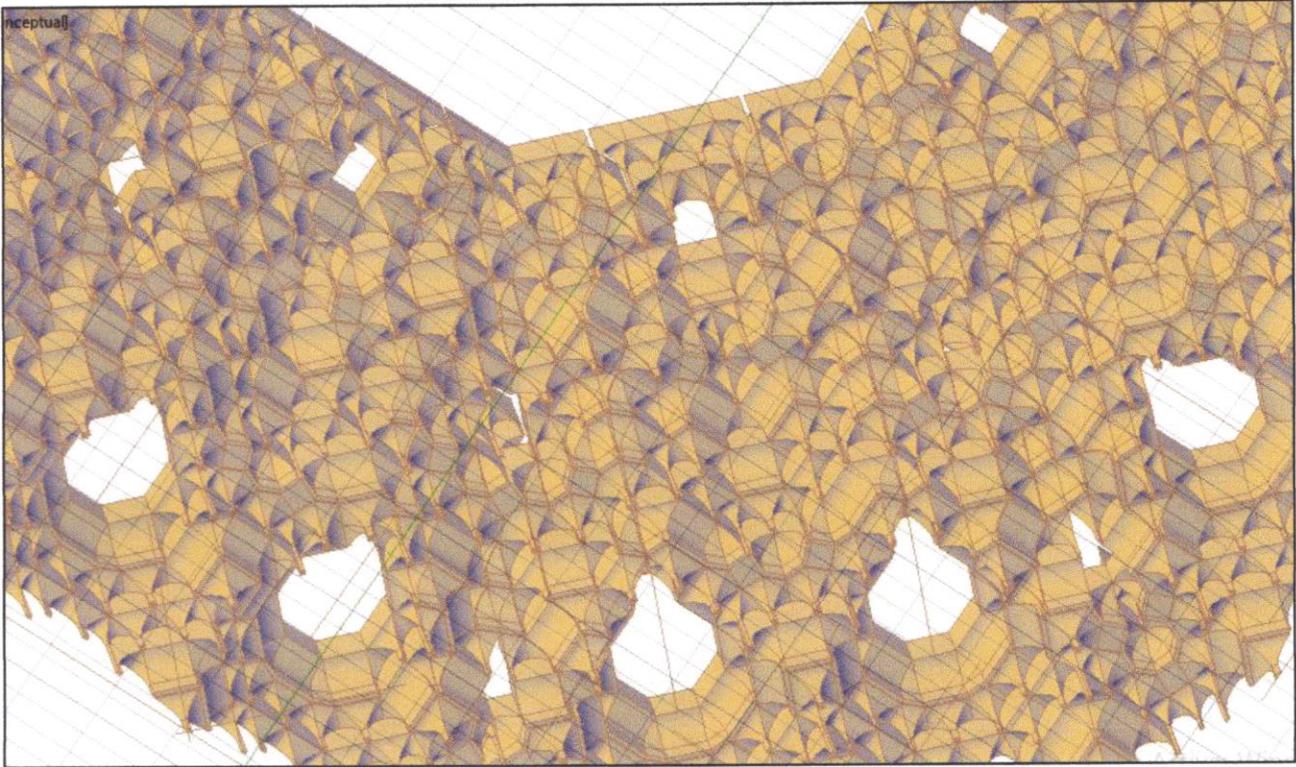


Fig. 32 : *Coupoles de La salle des Deux Sœurs, Palais des Lions*

Al Hamra –Grenade - dessin auteur

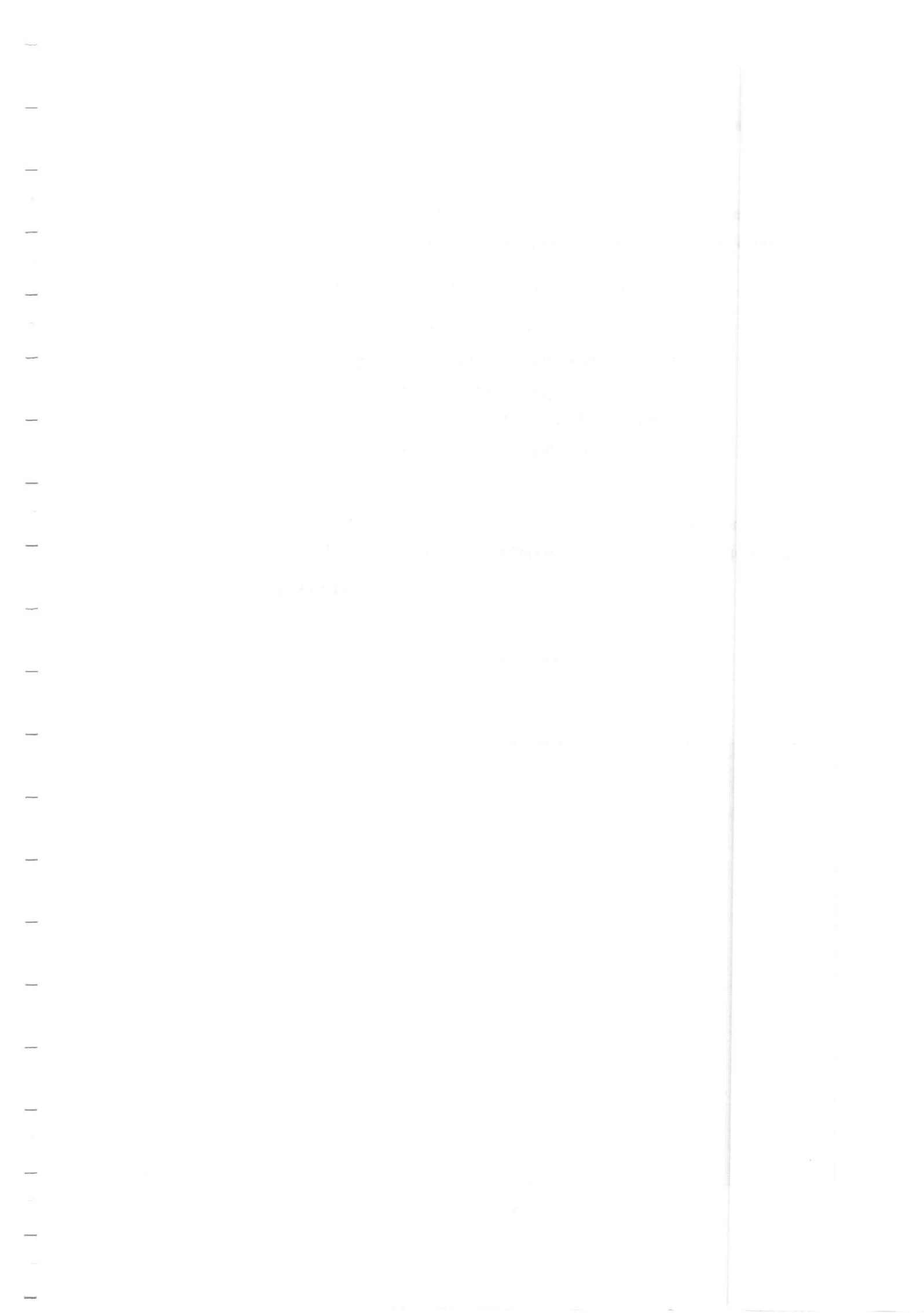
2.5.2. La deuxième famille

On trouve une variété selon le profil en arcs brisé ou triangulaire mais très peu en arcs en plein cintre et comme on a dit souvent en composition des deux types de traces ou l'un deux, on peut trouver donc différentes variantes tel que ;

- 1- Mouqarnas au Shame (syrien) : profil arc brisé (**Fig. 32 et 38**)
- 2- Mouqarnas au Caire dans les deux familles : profil triangulaire (**Fig. 35**)
- 3- Mouqarnas en Turquie dans les deux familles : profil triangulaire (**Fig. 36**)
- 4- Mouqarnas a Bagdad dans les deux familles : profil arc brisé (**Fig. 37**)
- 5- Mouqarnas en Iran dans les deux familles : profil arc brisé (**Fig. 39**)

Donc en orient on trouve souvent pour le même profil dans le même pays les deux racines,

On peut citer aussi d'autres variantes développées de Mouqarnas tel que les Mouqarnas qui ont connu les stalactites suspendus ou les Mouqarnas à façades perforées, ou même les Mouqarnas ornementés. et d'autres en période ottomane en Anatolie et en Syrie.



On ne va pas s'étaler ici sur les différents types bien qu'on voulait les nommer pour montrer la classification et typologies, organisée selon notre définition géométrique.

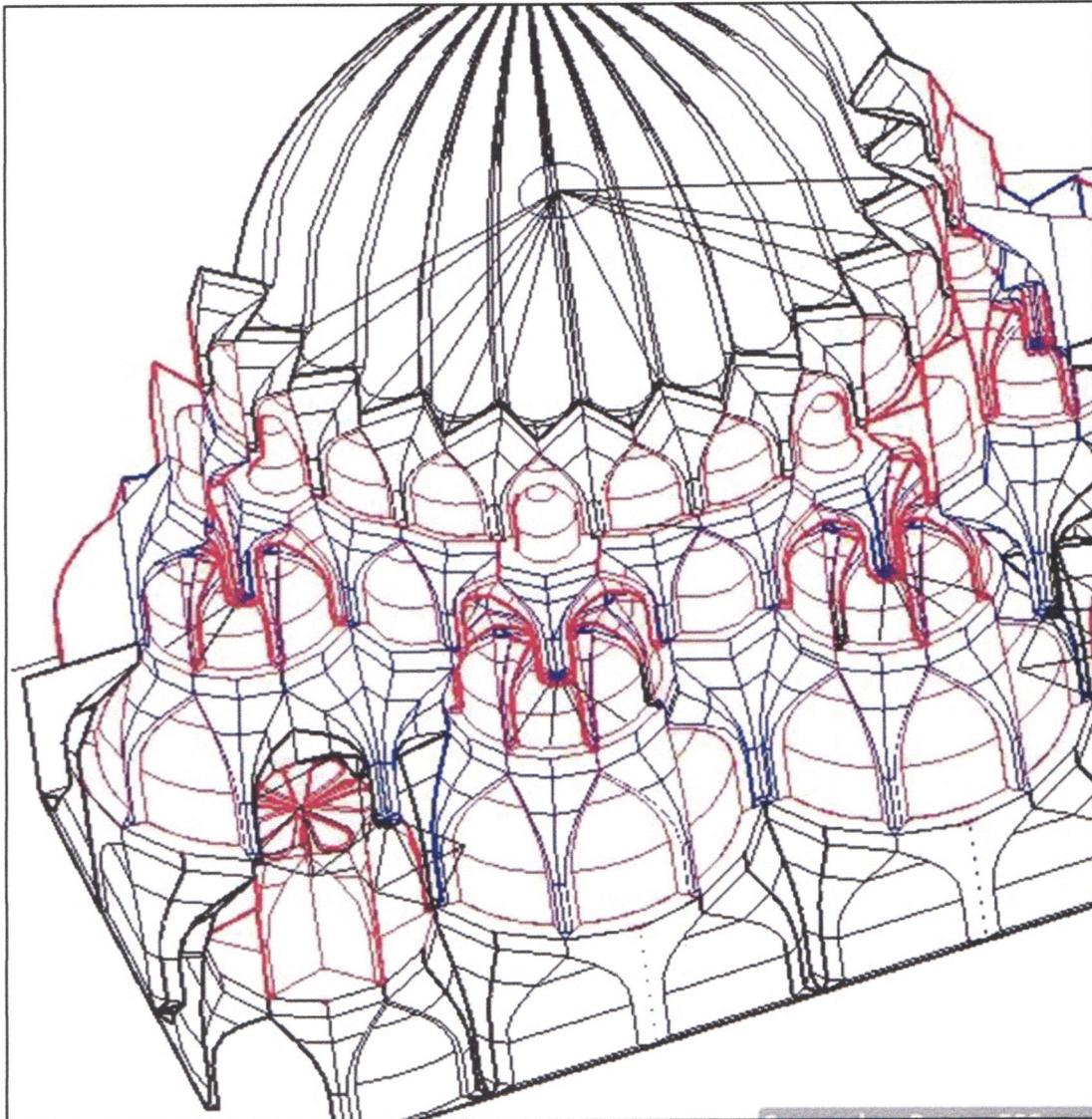
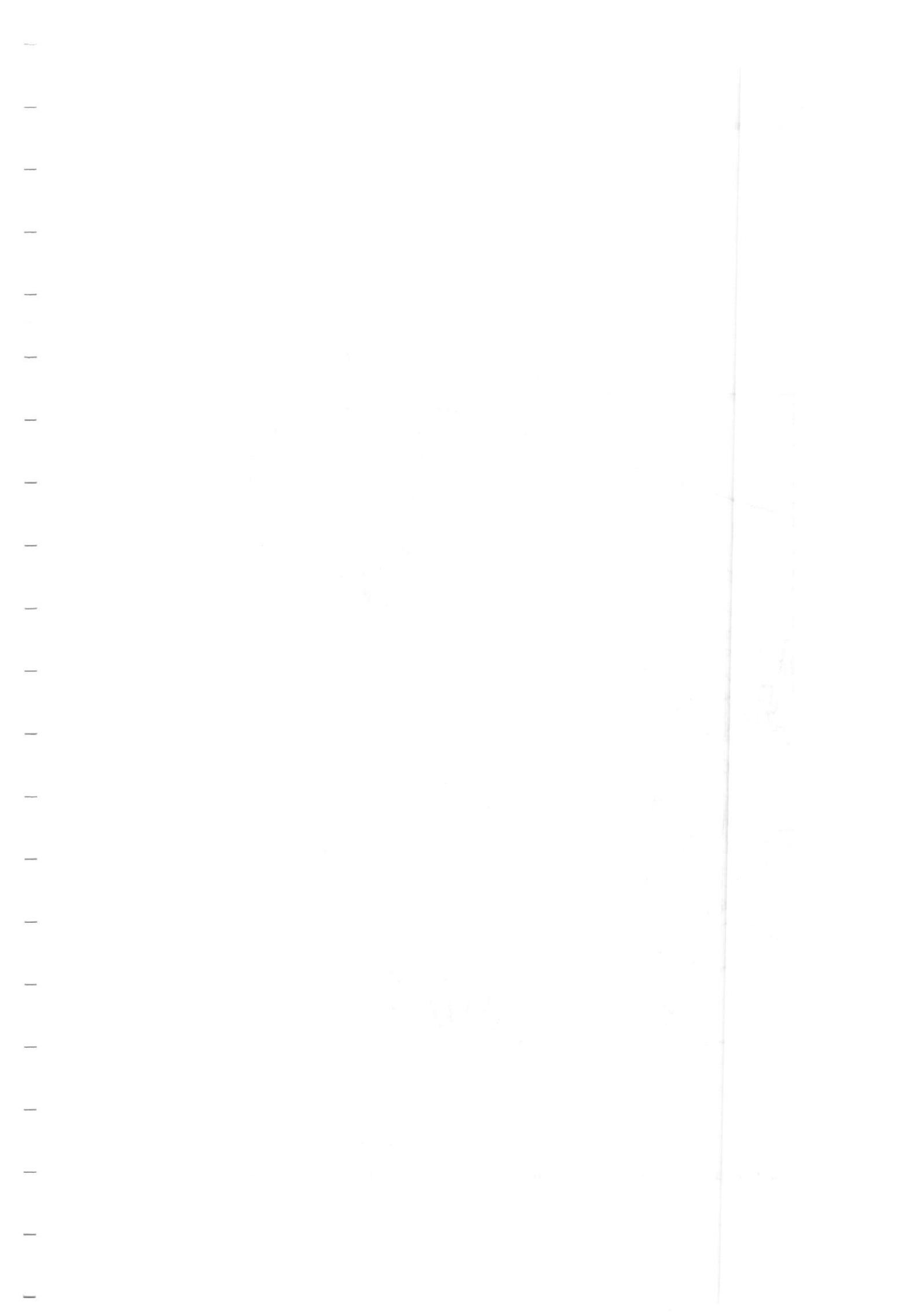


Fig. 33 : coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas - dessin auteur



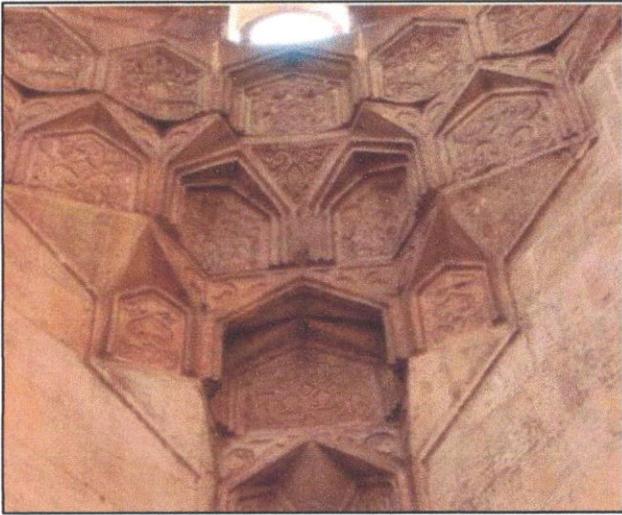


Fig. 35 : *Mausolée de Gulshani
egypt 15 e siecle*

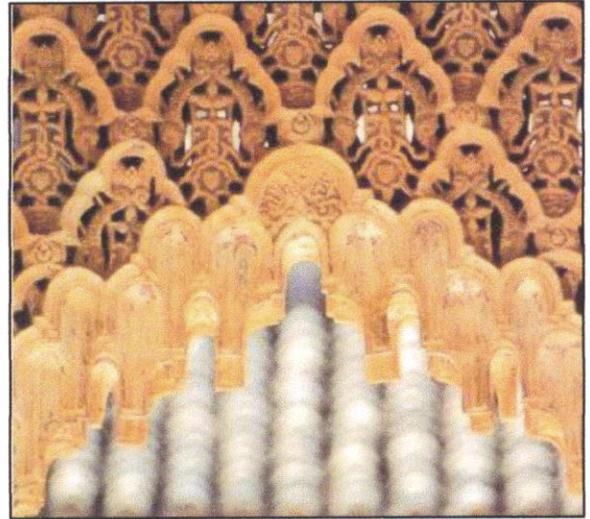


Fig. 34 : *Cour des lions grenade
14 e siecle*

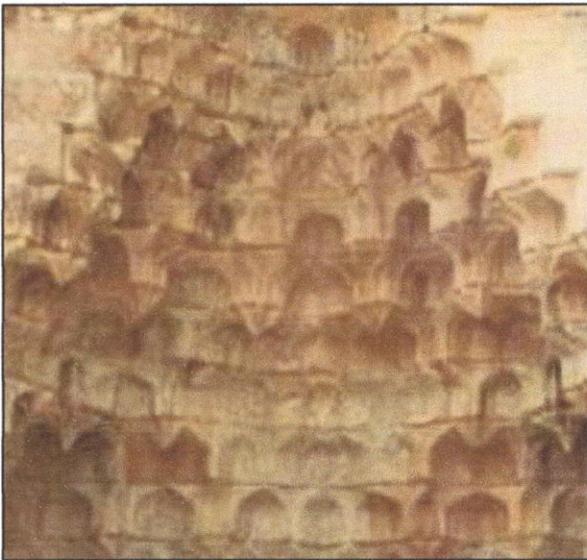


Fig. 36 : *Esrefoglu Mosquée
Turquie 13 e siecle*

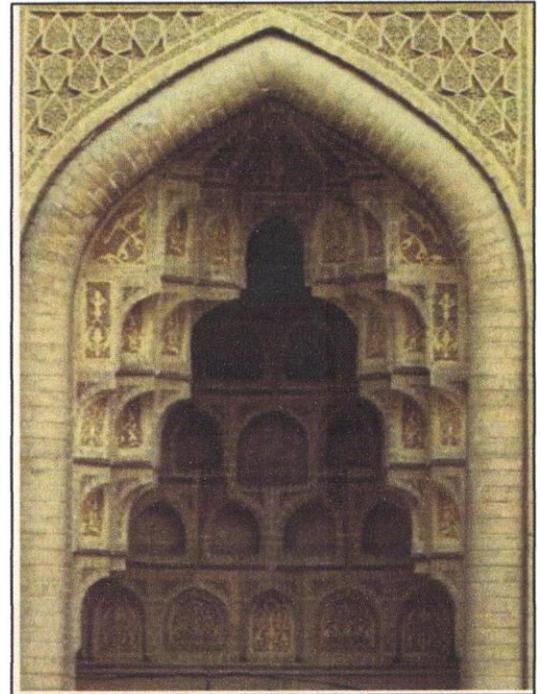
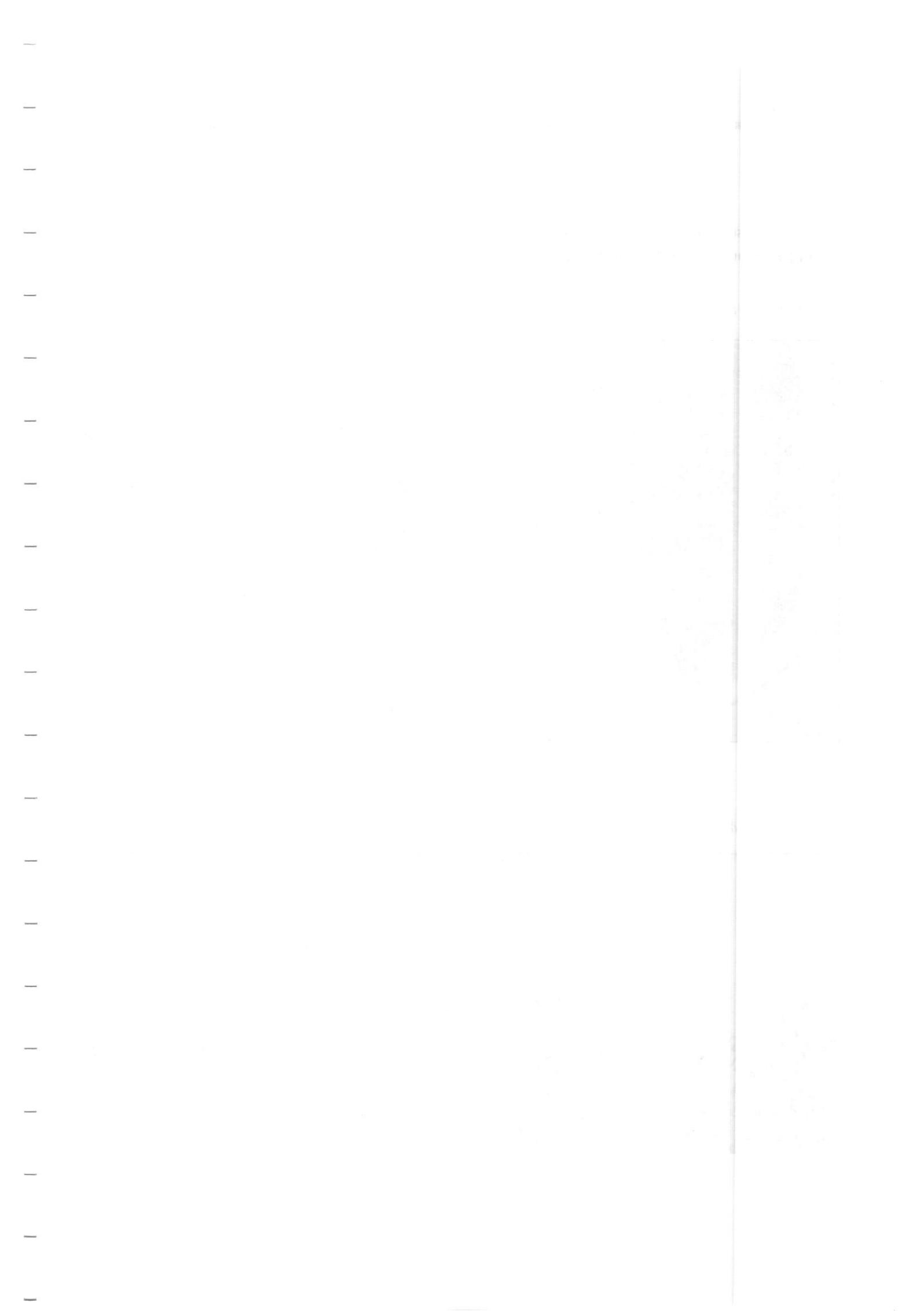
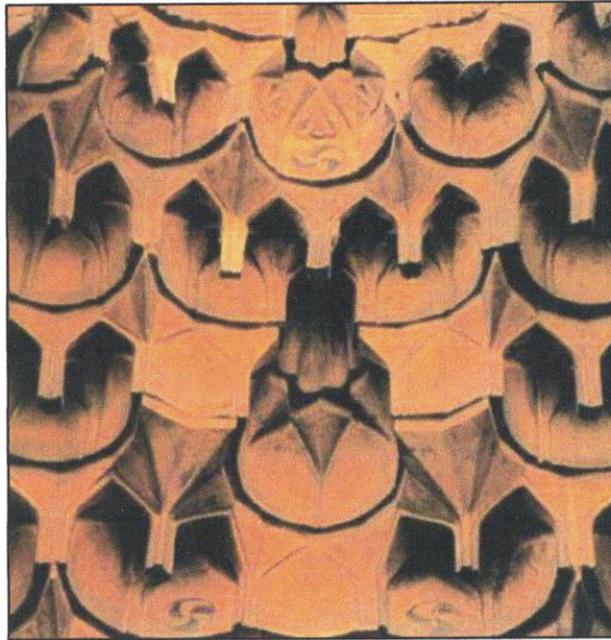


Fig. 37 : *Palais Abbaside Bagdad 13 e
siècle*

Art of islam language and meaning, Titus
Burckhardt, 2009 ; wrold <wisdom, inc





*Fig. 38 : Siba iyya Madrassa Damas
16 e siecle*

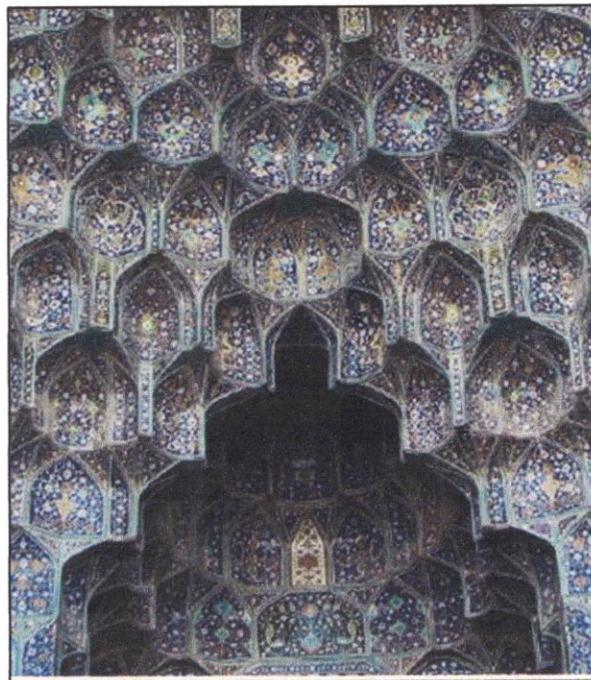
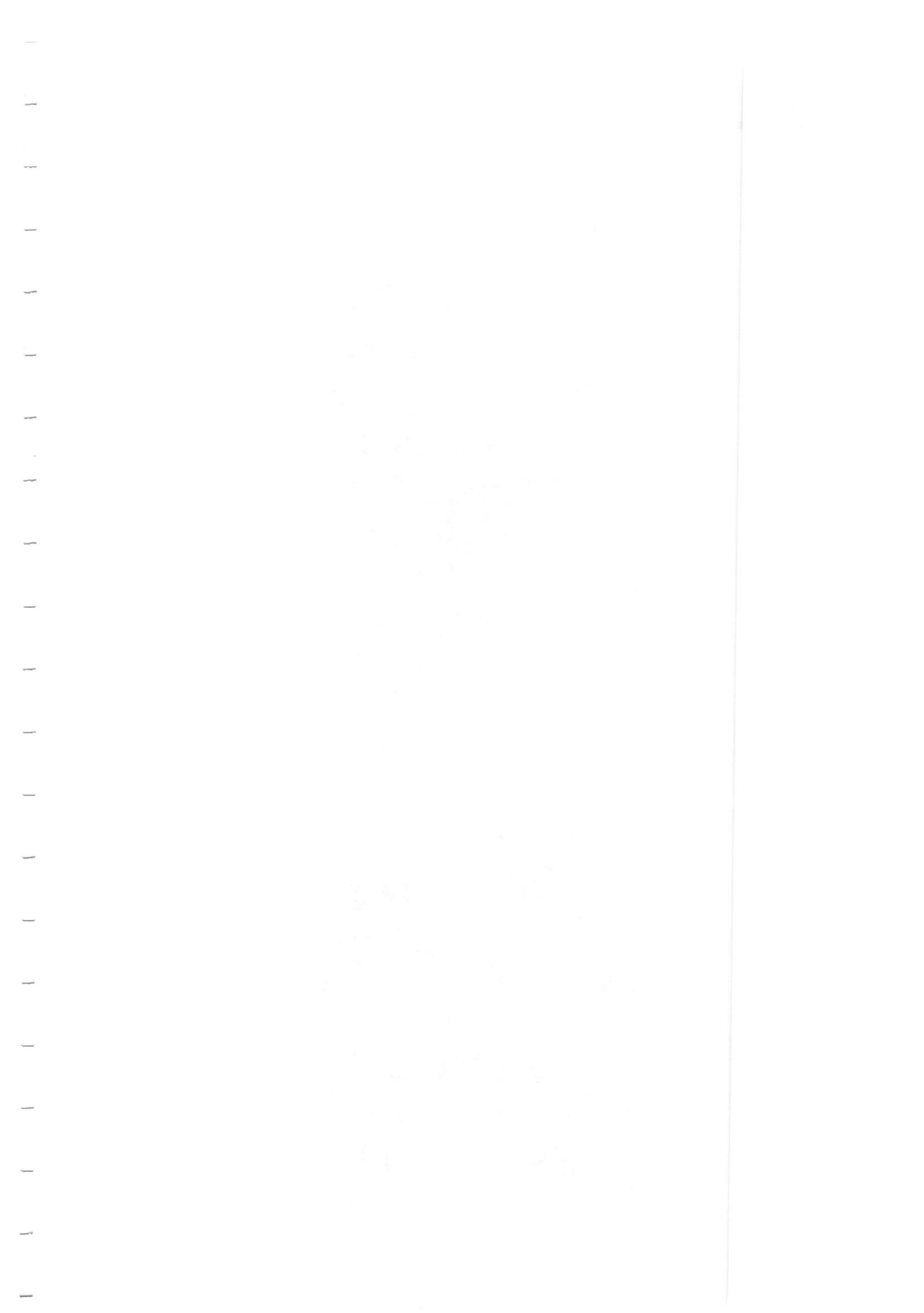
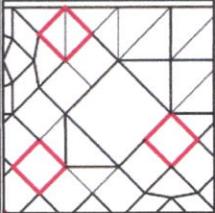
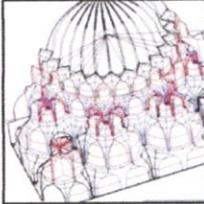
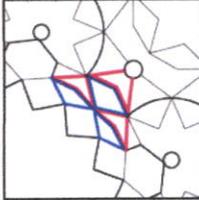
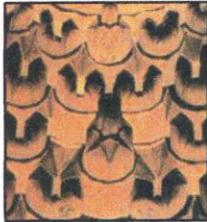
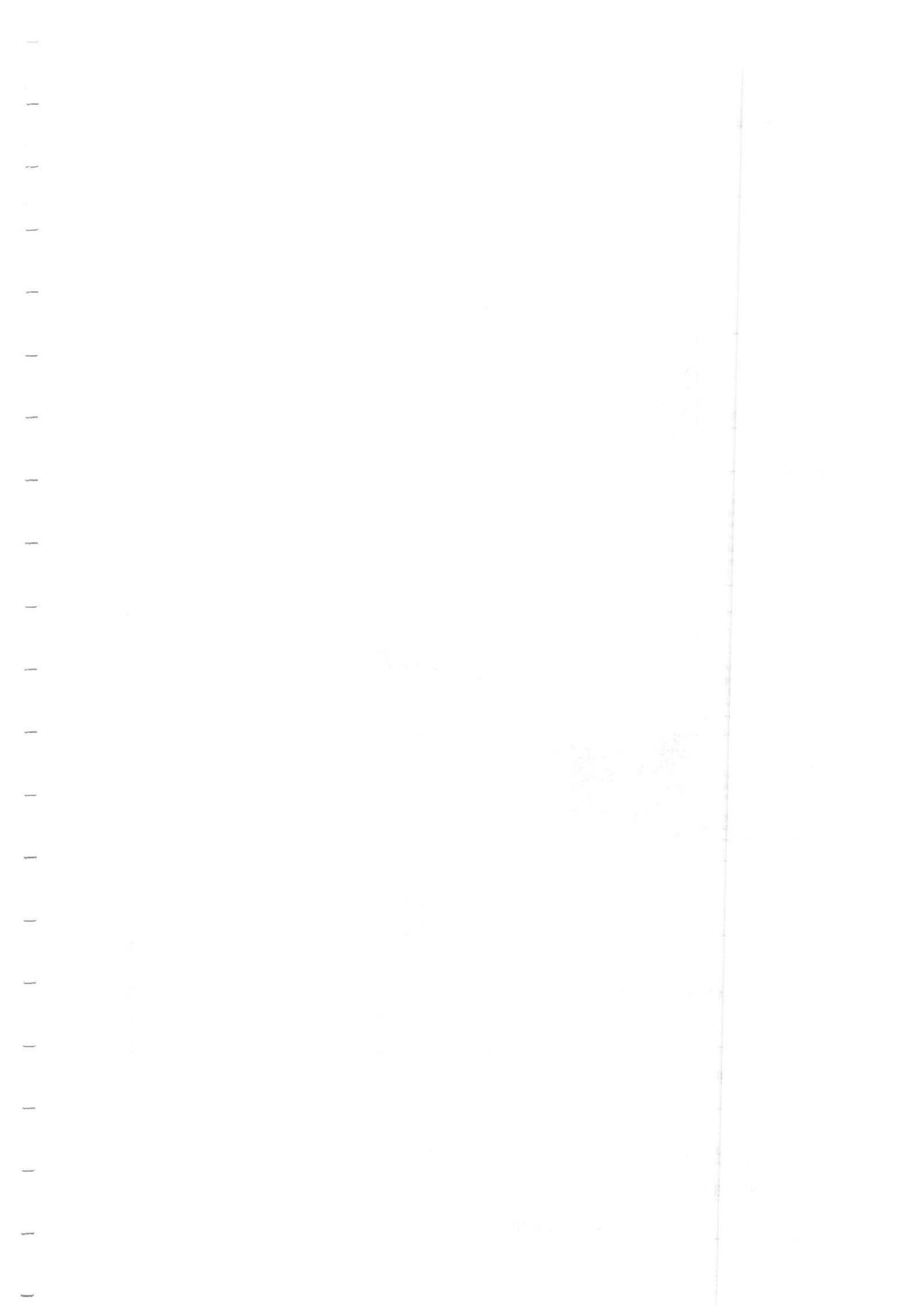


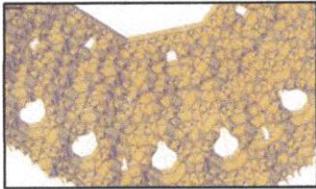
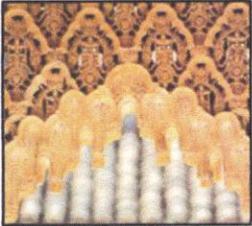
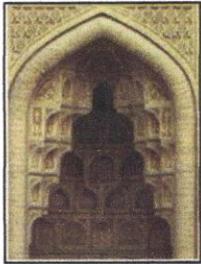
Fig. 39: Entree shah mosquée Isfahan

Art of islam language and meaning, Titus
Burckhardt, 2009 ; wrold <wisdom, inc



		DESIGNATION	
		La première famille	La deuxième famille
CARACTERISTIQUES	Le tracé	A éléments constants	A éléments variables
	La base géométrique	<ul style="list-style-type: none"> - Arc plein cintre - Arc brisé - Profil triangulaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Arc brisé - Profil triangulaire
	Les matériaux	<ul style="list-style-type: none"> - Le plâtre - Le bois - Exceptionnellement briques 	<ul style="list-style-type: none"> - Le plâtre - moellon - briques simples ou crépis en stucs - la pierre
	Lieu	<ul style="list-style-type: none"> - L'Andalous - le Maghreb - l'orient 	L'orient
PAYS	SYRIE	 <p><i>Vue de la coupole de l'entrée principale du bimâristân Al Nourri à Damas</i></p> <p><i>photo JAMAL H ABED. archnet. Org</i></p>  <p><i>Détail de la coupole de l'entrée du bimâristân Al Nourri à Damas principale montrant le module unitaire de la composition - dessin auteur</i></p>	 <p><i>vue de la coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas</i> Photo Daniel Demeter syriaphotoguide.com</p> <p><i>arc brisé</i></p>  <p><i>coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas - dessin auteur</i></p> <p><i>arc brisé</i></p>  <p><i>Détail de la coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas montrant le principe des unités variables qui constituent la composition - dessin de l'auteur</i></p>  <p><i>Siba iyya Madrassa Damas 16 e siecle</i></p> <p><i>arc brisé</i></p>



PAYS	ANDALOUSIE	 <p>Coupole de La salle des Deux Sœurs, Palais des Lions Al Hamra –Grenade - dessin auteur</p>  <p>Cour des lions grenade 14 e siècle arc plein cintre</p>	
	EGYPTE		 <p>Mausolée de Gulshani egypt 15 e siècle arc prismatique</p>
	TURQUIE		 <p>Esrefoglu Mosquée Turquie 13 e siècle arc prismatique</p>
	IRAQ		 <p>Palais Abbaside Bagdad 13 e siècle arc brisé</p>

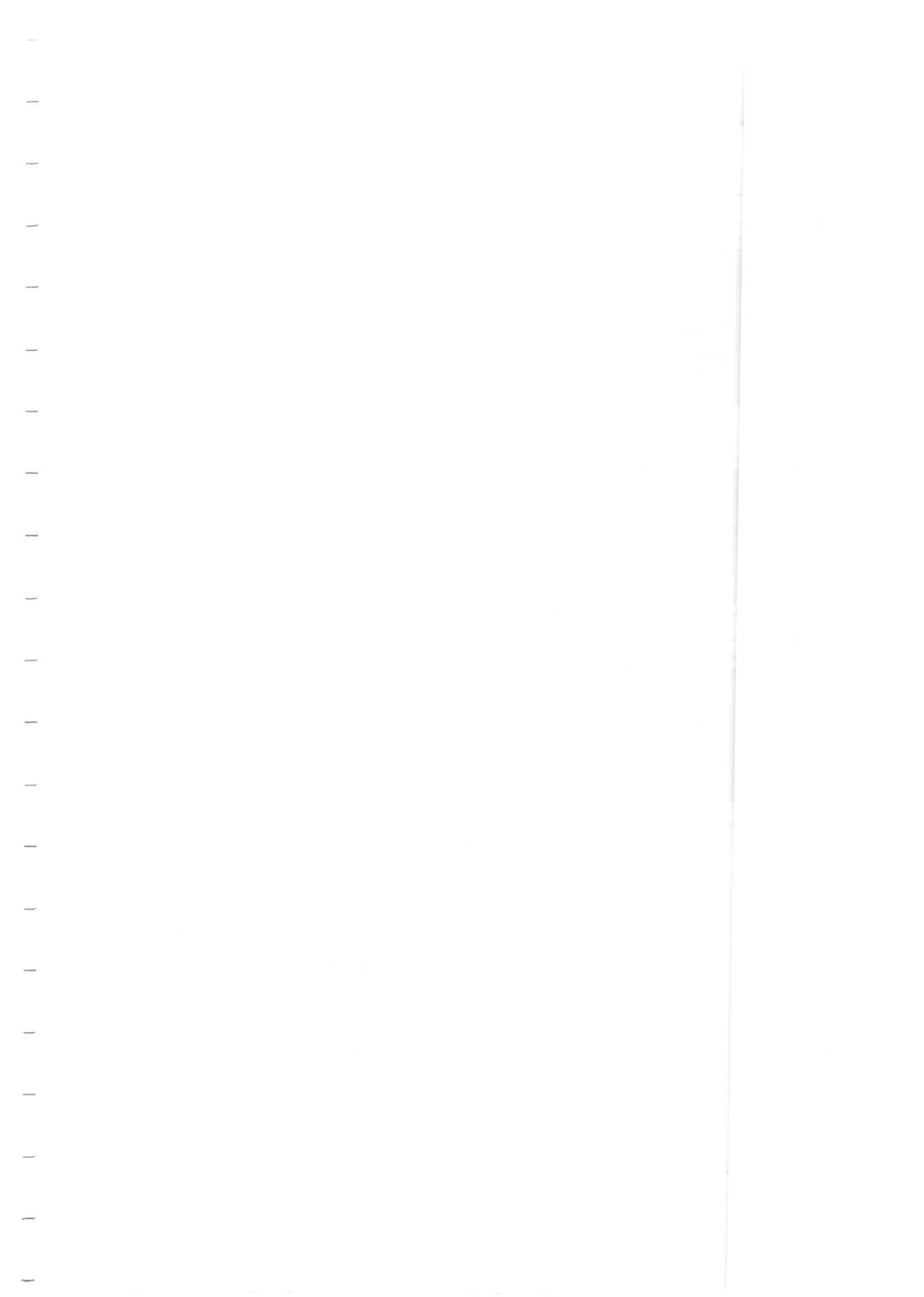
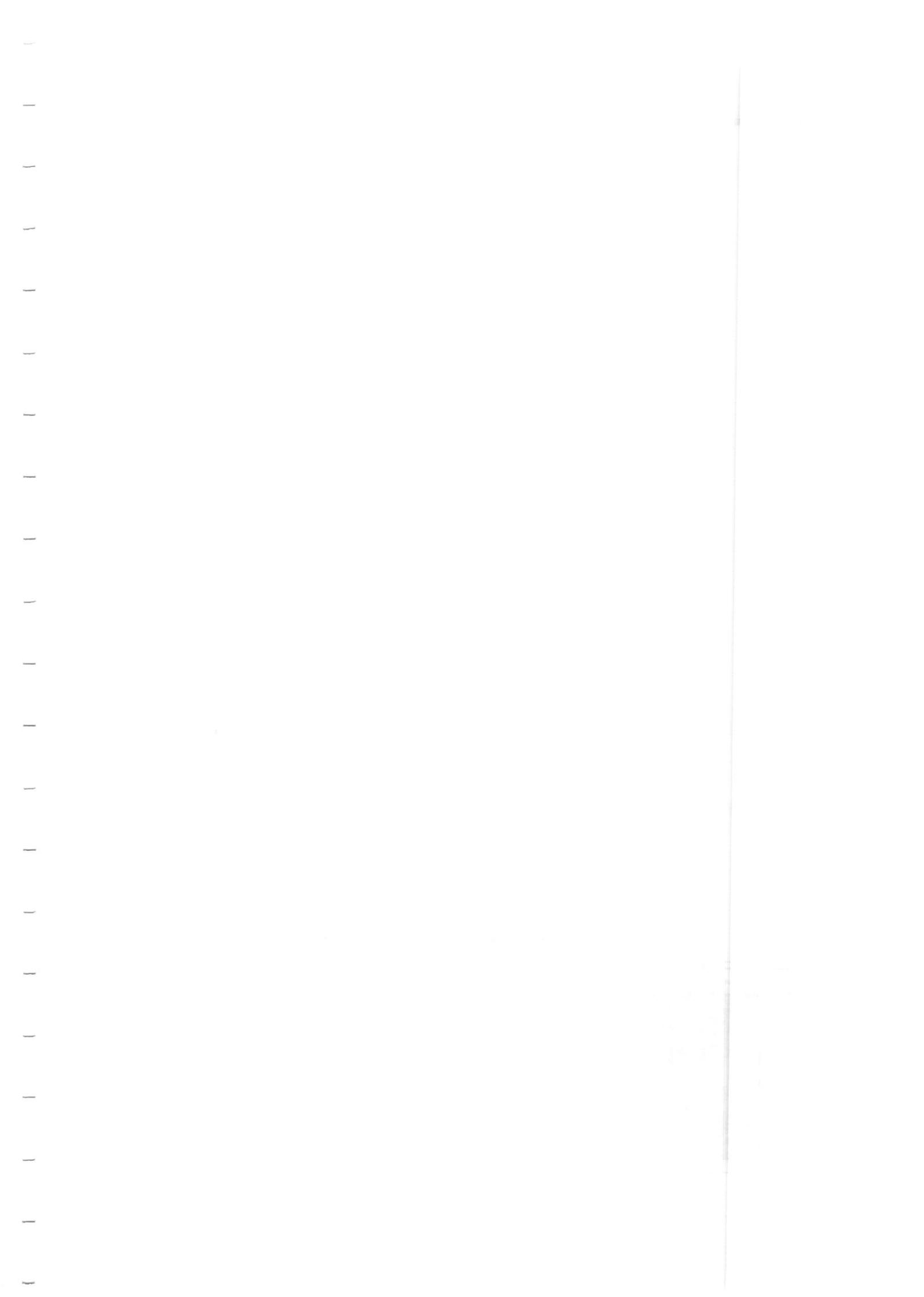


Tableau 2: Tableau récapitulatif de classement des Minqarnas

Entree shah mosquée Isfahan arc brise			IRAN	PAYS
---------------------------------------	---	--	------	------



Conclusion du chapitre des bases géométriques :

Les Mouqarnas peuvent être classés sur la base de leur conception géométrique en deux familles racines, une première famille à unités de composition constantes, et on les trouve en Orient au Maghreb, et une deuxième famille à unités de compositions variables qu'on ne trouve qu'en Orient et presque pas au Maghreb, d'où on peut dire que les Mouqarnas maghrébins et andalous sont de la première famille.

Plusieurs types naissent de ces deux familles en les composant ensemble d'abord, et par le fait des trois variantes de profils en élévation, que ce soit à profil d'arc à plein cintre, triangulaire ou bien arc brisé, on peut aussi noter que l'arc à plein cintre est presque utilisé qu'en Andalousie et au Maghreb, et très peu utilisé en Orient, tandis que l'arc brisé est utilisé au Maroc probablement après le XVIII^e siècle, le profil triangulaire est utilisé en Orient en Turquie et en Égypte. Spécialement,

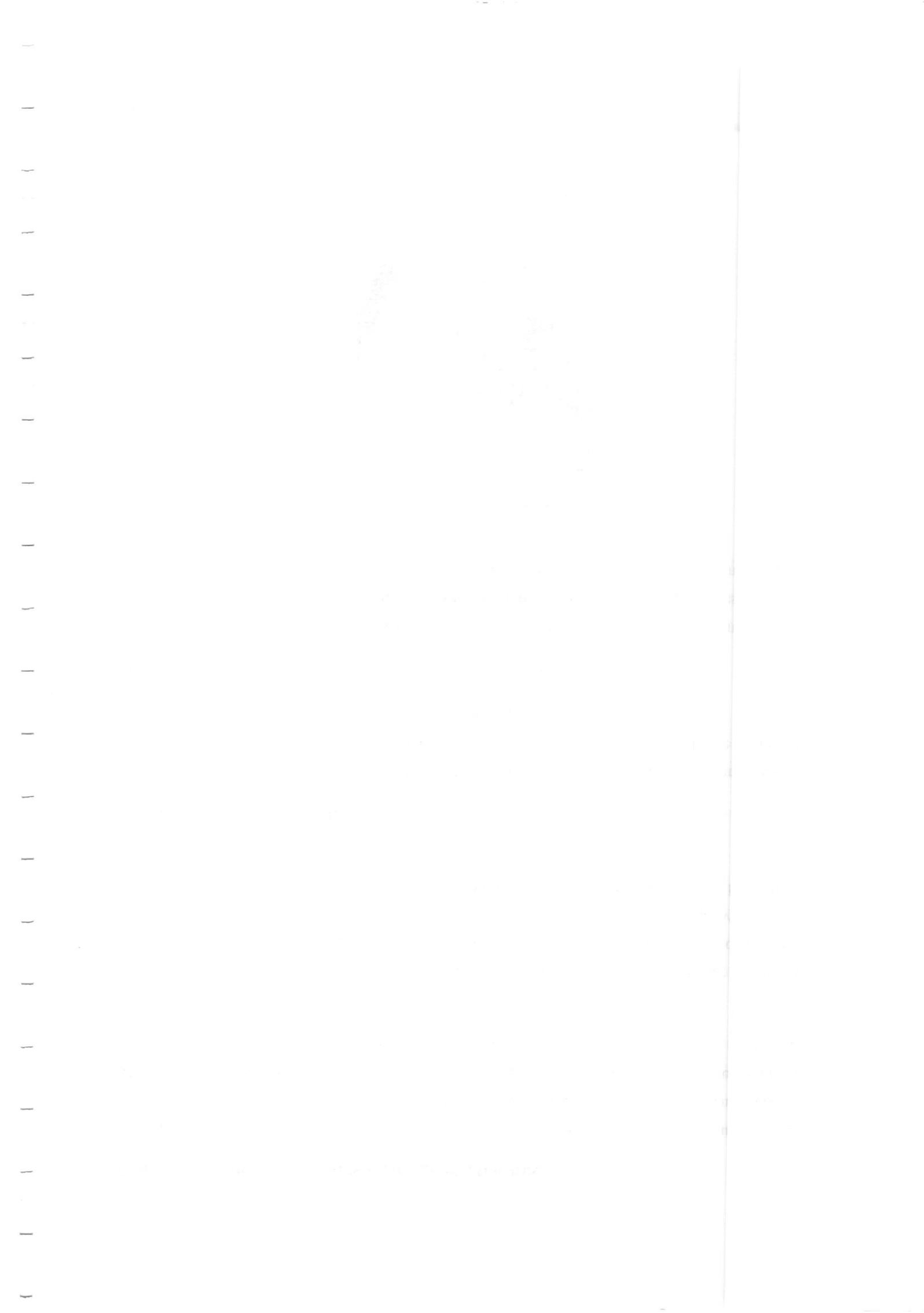
On peut noter aussi que la variété des matériaux crée une multitude de types ;

Au Maghreb et en Andalousie la majorité des Mouqarnas sont en plâtre ou en bois et très peu en briques d'adobe, tandis qu'en Orient ils sont en briques d'adobe, pierre, bois, en plâtre de technique différente que celle du Maghreb ainsi qu'en bois, et en céramique.

On peut aussi parler de Mouqarnas ornements peints ou à reliefs, et perforés.

Le Mouqarnas du Maghreb et de l'Andalousie en général, est à unités constantes, il est en plâtre en général, dans les mosquées tandis que le bois est utilisé surtout dans les palais et résidences, il est en arc à plein cintre en général, mais on remarque aussi une utilisation d'arc brisé surtout dans les trois derniers siècles.





CHAPITRE 03

Cas d'étude des Mouqarnas andalous
et maghrébins :

Mouqarnas de la coupole de Saïdy AbI Al
Hassan à Tlemcen

17. 07. 1971
18. 07. 1971
19. 07. 1971
20. 07. 1971
21. 07. 1971
22. 07. 1971
23. 07. 1971
24. 07. 1971
25. 07. 1971
26. 07. 1971
27. 07. 1971
28. 07. 1971
29. 07. 1971
30. 07. 1971
31. 07. 1971
01. 08. 1971
02. 08. 1971
03. 08. 1971
04. 08. 1971
05. 08. 1971
06. 08. 1971
07. 08. 1971
08. 08. 1971
09. 08. 1971
10. 08. 1971
11. 08. 1971
12. 08. 1971
13. 08. 1971
14. 08. 1971
15. 08. 1971
16. 08. 1971
17. 08. 1971
18. 08. 1971
19. 08. 1971
20. 08. 1971
21. 08. 1971
22. 08. 1971
23. 08. 1971
24. 08. 1971
25. 08. 1971
26. 08. 1971
27. 08. 1971
28. 08. 1971
29. 08. 1971
30. 08. 1971
31. 08. 1971
01. 09. 1971
02. 09. 1971
03. 09. 1971
04. 09. 1971
05. 09. 1971
06. 09. 1971
07. 09. 1971
08. 09. 1971
09. 09. 1971
10. 09. 1971
11. 09. 1971
12. 09. 1971
13. 09. 1971
14. 09. 1971
15. 09. 1971
16. 09. 1971
17. 09. 1971
18. 09. 1971
19. 09. 1971
20. 09. 1971
21. 09. 1971
22. 09. 1971
23. 09. 1971
24. 09. 1971
25. 09. 1971
26. 09. 1971
27. 09. 1971
28. 09. 1971
29. 09. 1971
30. 09. 1971
31. 09. 1971
01. 10. 1971
02. 10. 1971
03. 10. 1971
04. 10. 1971
05. 10. 1971
06. 10. 1971
07. 10. 1971
08. 10. 1971
09. 10. 1971
10. 10. 1971
11. 10. 1971
12. 10. 1971
13. 10. 1971
14. 10. 1971
15. 10. 1971
16. 10. 1971
17. 10. 1971
18. 10. 1971
19. 10. 1971
20. 10. 1971
21. 10. 1971
22. 10. 1971
23. 10. 1971
24. 10. 1971
25. 10. 1971
26. 10. 1971
27. 10. 1971
28. 10. 1971
29. 10. 1971
30. 10. 1971
31. 10. 1971
01. 11. 1971
02. 11. 1971
03. 11. 1971
04. 11. 1971
05. 11. 1971
06. 11. 1971
07. 11. 1971
08. 11. 1971
09. 11. 1971
10. 11. 1971
11. 11. 1971
12. 11. 1971
13. 11. 1971
14. 11. 1971
15. 11. 1971
16. 11. 1971
17. 11. 1971
18. 11. 1971
19. 11. 1971
20. 11. 1971
21. 11. 1971
22. 11. 1971
23. 11. 1971
24. 11. 1971
25. 11. 1971
26. 11. 1971
27. 11. 1971
28. 11. 1971
29. 11. 1971
30. 11. 1971
31. 11. 1971
01. 12. 1971
02. 12. 1971
03. 12. 1971
04. 12. 1971
05. 12. 1971
06. 12. 1971
07. 12. 1971
08. 12. 1971
09. 12. 1971
10. 12. 1971
11. 12. 1971
12. 12. 1971
13. 12. 1971
14. 12. 1971
15. 12. 1971
16. 12. 1971
17. 12. 1971
18. 12. 1971
19. 12. 1971
20. 12. 1971
21. 12. 1971
22. 12. 1971
23. 12. 1971
24. 12. 1971
25. 12. 1971
26. 12. 1971
27. 12. 1971
28. 12. 1971
29. 12. 1971
30. 12. 1971
31. 12. 1971

Historique

3.1. **Aperçu Historique** : le développement des Mouqarnas au Maghreb et en Andalousie et en Sicile

Les Mouqarnas au Maghreb et en Andalousie ainsi qu'en Sicile ont connu un historique assez important bien qu'il n'est pas aussi vaste que celui en orient.

On a évoqué précédemment les origines des Mouqarnas et proposé parmi les hypothèses que les Mouqarnas ont connu leurs origines à l'est de l'Algérie précisément à Al Qalaa de Beni Hammad.

En effet la première apparition des Mouqarnas connue jusqu'à ce moment par les archéologues au Maghreb est celle d'Al Qalaa, ville Hammadite à l'est de l'Algérie entre XI et XII e siècle²⁷, bien que al meria aurait connu des Mouqarnas à la fin du XIe siècle²⁸, mais cette apparition malheureusement n'a pu connaître une continuité, d'où l'absence totale de Mouqarnas à l'Est de l'Algérie après ceux d'Al Qalaa.

La continuité par contre va se faire à l'ouest et précisément en temps des Almoravide a la grande mosquée de Tlemcen sur la coupole de la Maqsura qui devance le Mihrab XI e siècle²⁹, et aussi en Sicile, et même si en Andalousie les Mouqarnas présentent quelques un des exemples de Mouqarnas des plus spectaculaires dans le monde islamique, ceux de la coupole de la grande mosquée de Tlemcen les devancent de plus de deux siècle³⁰.

Ce sont bien évidemment les Mouqarnas des almoravides en parallèle avec les Mouqarnas de Sicile qui enchainent après ceux de la Qalaa de Beni Hammad à l'Est de l'Algérie,

On note une baisse d'activité de Mouqarnas en période almoravide en Andalousie, par contre plusieurs coupoles au Maghreb notamment à la mosquée de Karaouines à Fès et la coupole d'al baroudines à Marrakech.³¹

En temps d'Almohades on a très peu d'exemples le plus ancien celui de la maison Abou Malek en Andalousie³² bien que le palais d'al mouwaraq démoli presque totalement et refait par Pedro le 1^{er} qui

²⁷ article-arezqi choqi (JGUAA_Volume 5_Issue 5) magazine de l'union général des archéologues arabes, P 32-64.

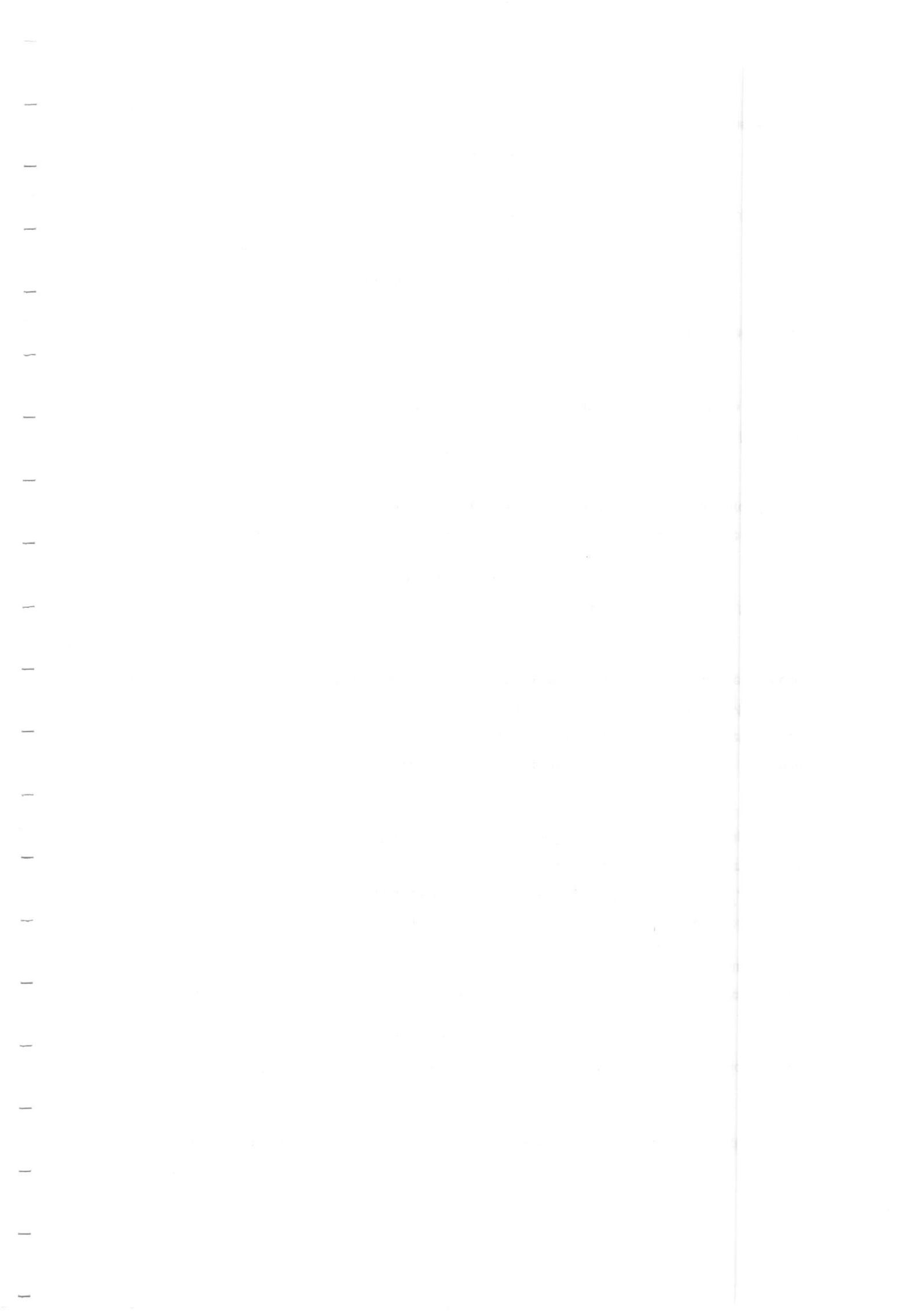
²⁸ Basilio pavon, 2010, Maldonado Tratado De Arquitectura Hispano Musulmana, p 169.

²⁹ Bourouiba, l'art religieux musulman en algerie.

³⁰ شوقي الرزقي ، 1997 ، مكانة المقرنصات الحمادية في العمارة الإسلامية، ص 90

³¹ Idem

³² Basilio pavon, Maldonado Tratado De Arquitectura Hispano Musulmana, p 169



a érigé le fameux Real Alcazar pouvait probablement contenir des Mouqarnas, Ainsi que la mosquée de Séville démolie, appart son minaret connu par AL jeralda qui a échappé à cette démolition,

Au Maghreb extrême on peut noter la mosquée Tenmel ainsi que la fameuse mosquée de Koutoubya qui comprend des coupoles de Mouqarnas³³.

par contre les mérinides, les zianides et Abdel Wadid, les Banu al Ahmar (Banu Nasr) à Grenade nous ont donné de nombreuses exemples de Mouqarnas qu'on peut qualifier de typologie andalouse qui ont pris en quasi-totalité le schéma de la première famille à savoir celui des modules constants, et c'est bien cela qui nous intéresse le plus car c'est le type de Mouqarnas qu'on en trouve spécialement en Algérie.

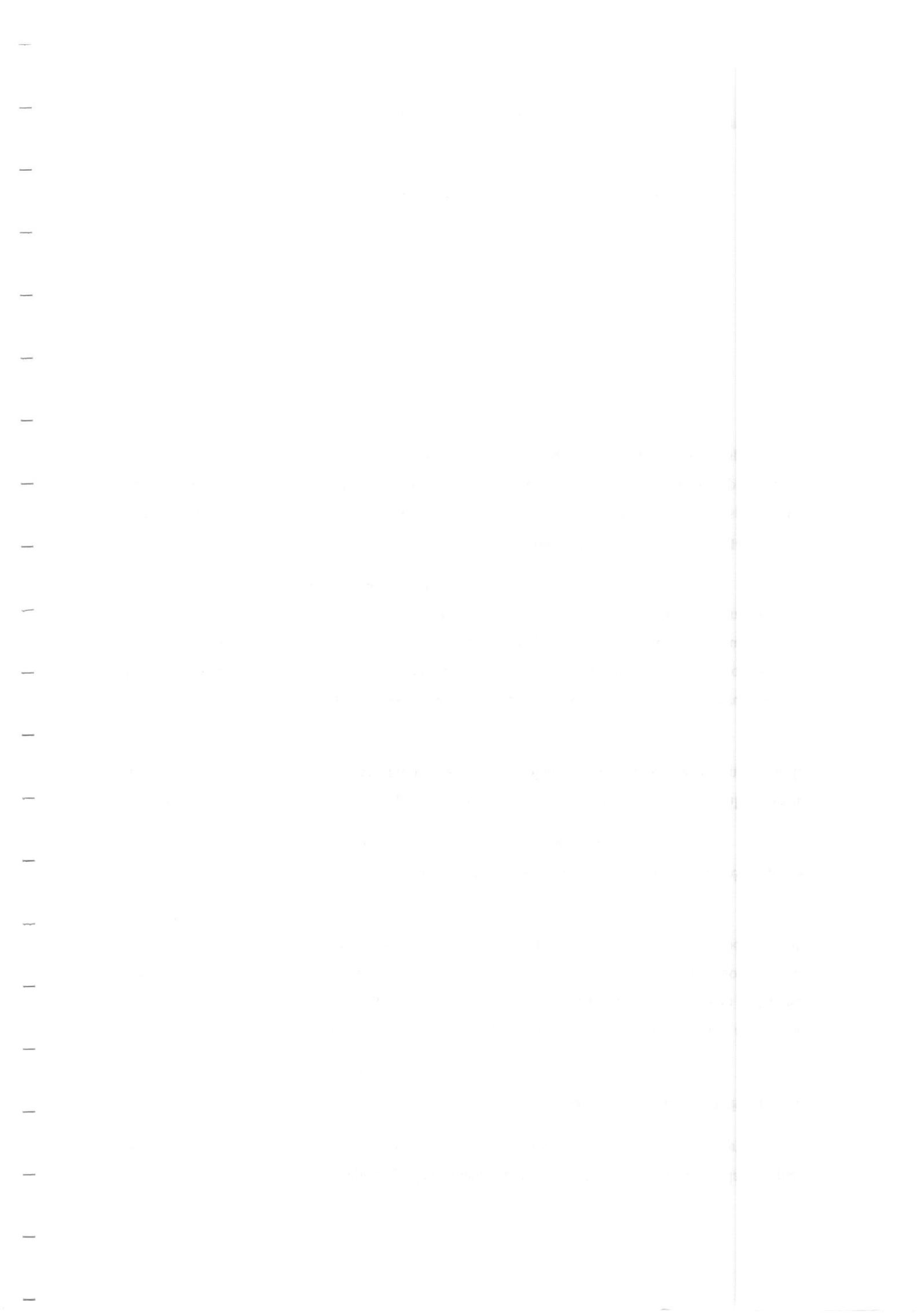
L'Algérie à partir du XIII e siècle au temps des mérinides, ou Abdalwadide, zianides, va présenter des Mouqarnas de ce type donc Andalous, qui appartiennent à la première famille.

Cet aperçu bien entendu rapide n'a pas de but de faire un inventaire ni de s'étaler sur le développement des Mouqarnas au Maghreb mais de cerner plutôt les caractéristiques géométrique de la typologie.

En général les Mouqarnas du Maghreb sont identiques à ceux de l'Andalousie, donc de la première famille à Mouqarnas de modules ou unités constantes, et aussi de profile circulaire, bien qu'on peut noter une utilisation de profiles à arc brisé au Maroc, surtout après le XVIII e siècle, les Mouqarnas aussi sont en plâtre pour ce qui est monuments de culte, et aussi en bois spécialement en demeures résidentielle appart certains cas en adobe et stuc.

Pour la structure et la construction dans ce type de Muqarnas, on peut dire que ce sont des Muqarnas en pièces de plâtres, collées en plâtre aussi, pour former une coupole solidaire, le tout est suspendu en général avec des suspentes en filasse et plâtre sous une charpente en bois ou même sous un plafond simple, c'est le système utilisé dans notre cas d'étude en pièces de plâtres rassemblées et suspendues.

³³ Arezqi choqi, 2000, thèse doctorat le développement des Mouqarnas au Maghreb.



choix du cas de l'étude

Notre choix du cas d'étude s'est porté sur la coupole du mihrab de la mosquée de *Sidi Abi Al Hassan* à Tlemcen.

Le choix en fait s'est fait sur une coupole moyenne, car la coupole de la grande mosquée de Tlemcen bien qu'elle est la première coupole à Mouqarnas en Algérie encore intacte, cependant elle est formée par une petite coupole à Mouqarnas typique qui chapeaute la grande coupole à nervure qui peut aussi présenter une sorte de genèse de la coupole à Mouqarnas.

Les coupoles de *Sidi Boumediene* sont par ailleurs des grandes coupoles qui nécessiteront plus de temps et de travail, et ont été érigées par la dynastie mérinide, d'où notre choix s'est porté sur la coupole de *sidi Abi al Hassan* érigée par les Abdel Wadid, et qui représente la typologie de la coupole de Tlemcen ou les coupoles de l'Algérie ainsi que celles du Maghreb. Bien qu'il y'a une autre coupole a Mouqarnas des Abdel Wadid qui est celle d'Awlad al imam.³⁴

Cependant on voit nécessaire de jeter un petit aperçu sur la coupole de Tlemcen vu son importance et qu'elle est la plus ancienne coupole à Mouqarnas connue en Algérie.

³⁴ Bourouiba, l'art religieux musulman en algerie.



4.1. Coupole Almoravide (Almorabitya) de Tlemcen :

En se basant sur notre définition géométrique des Mouqarnas , on peut dire que la coupole centrale à nervures à Tlemcen est une coupole qui peut être qualifiée aussi de coupole à Mouqarnas de par son plan et tracé géométrique matérialisé par ses nervures, et ses éléments de remplissages en pendentifs et trompes dessinés en feuillage perforés.

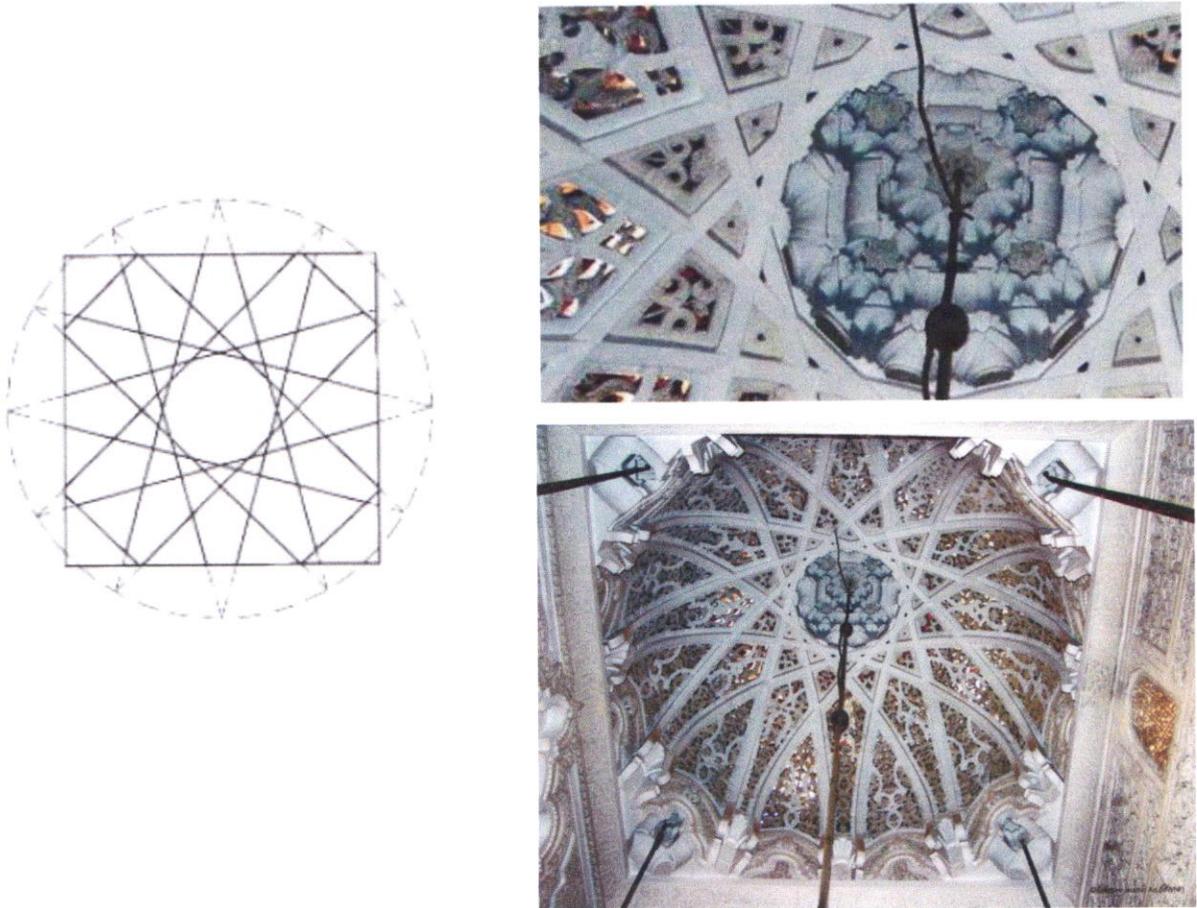
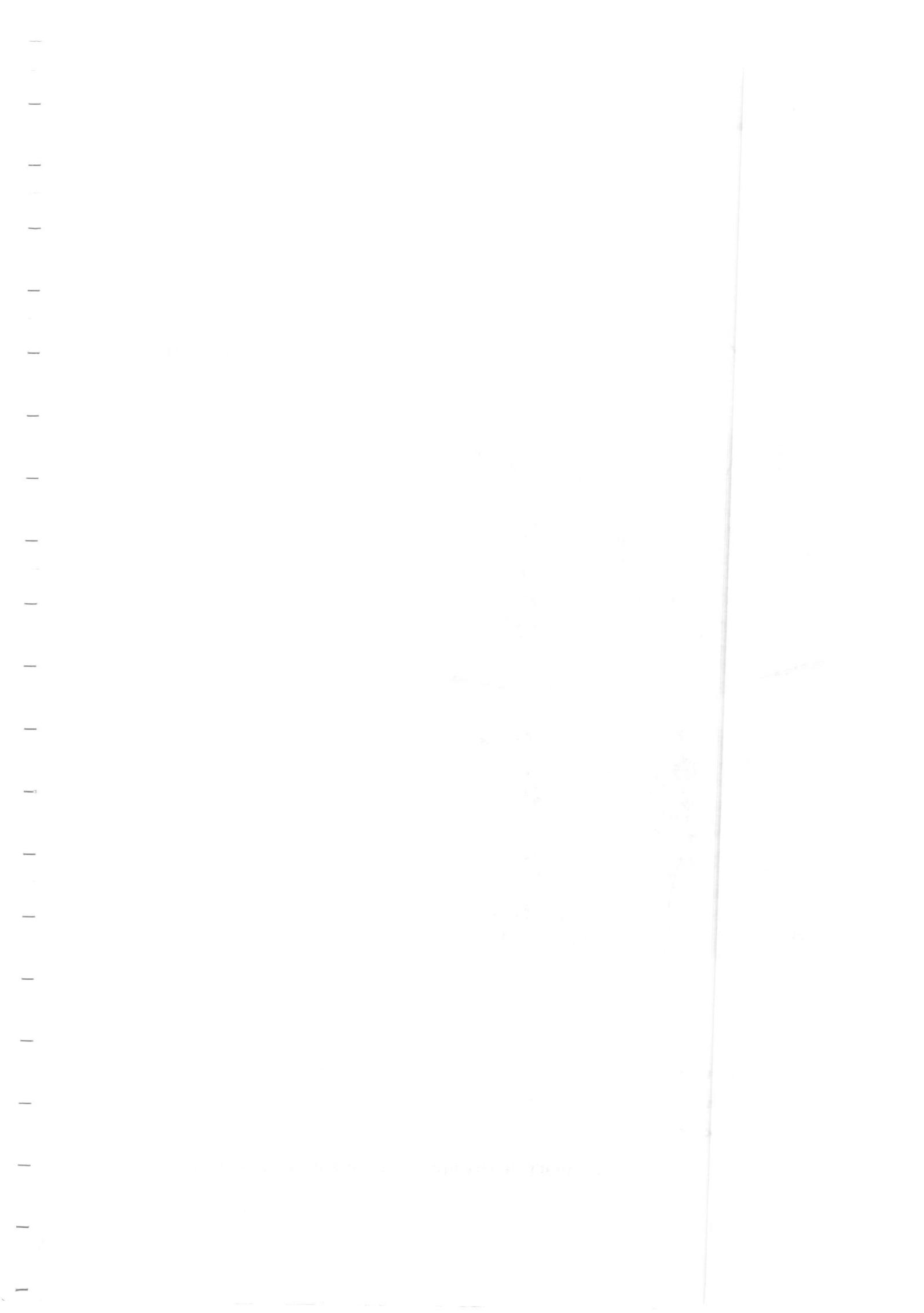


Fig. 40: Plan et vue de la coupole de maqsura de la mosquée de Tlemcen Plan dessin Antonio Almagro

Photos www.discoveislamicart.org



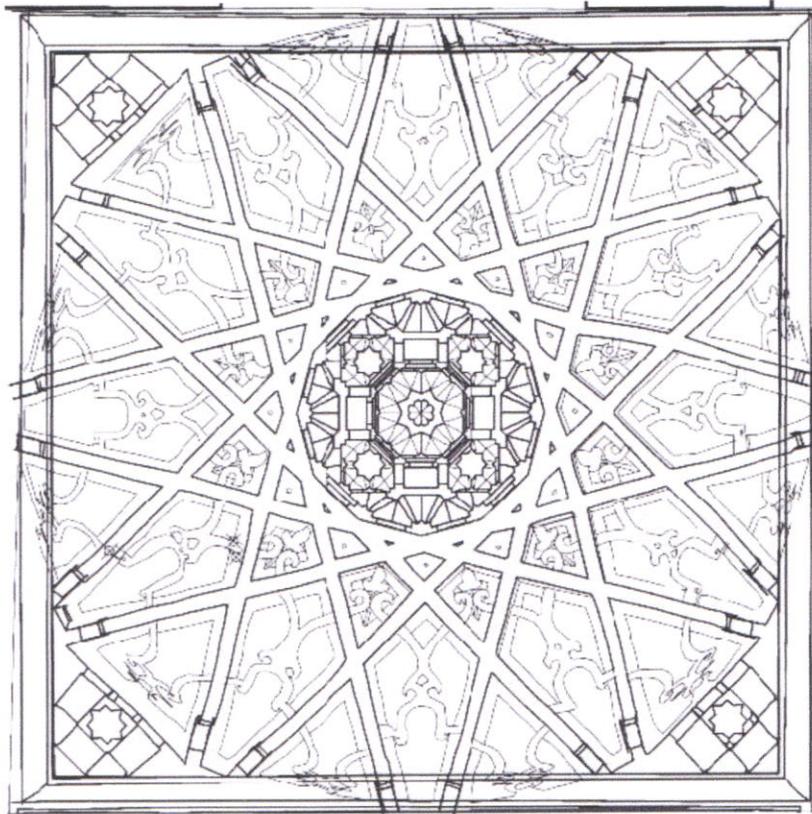
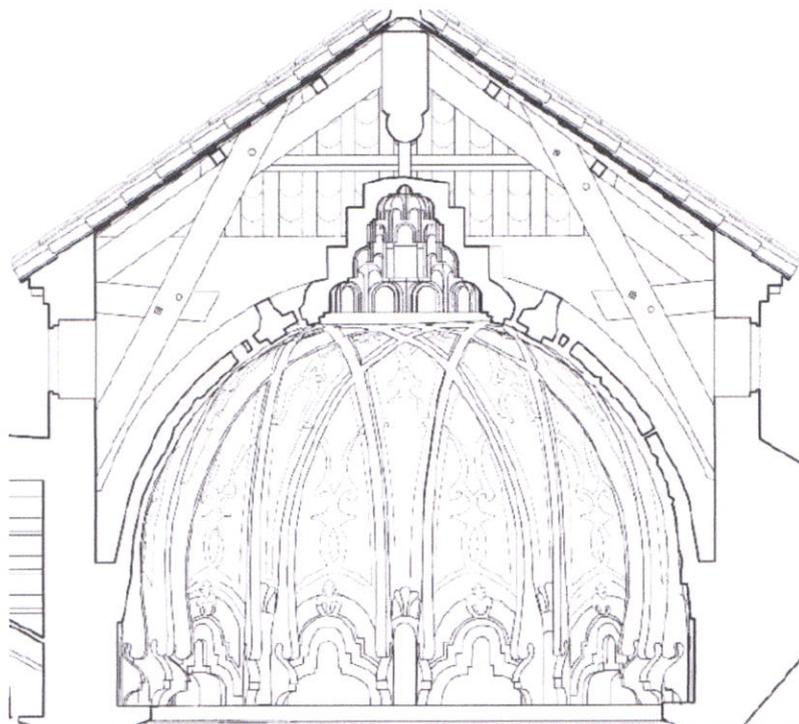
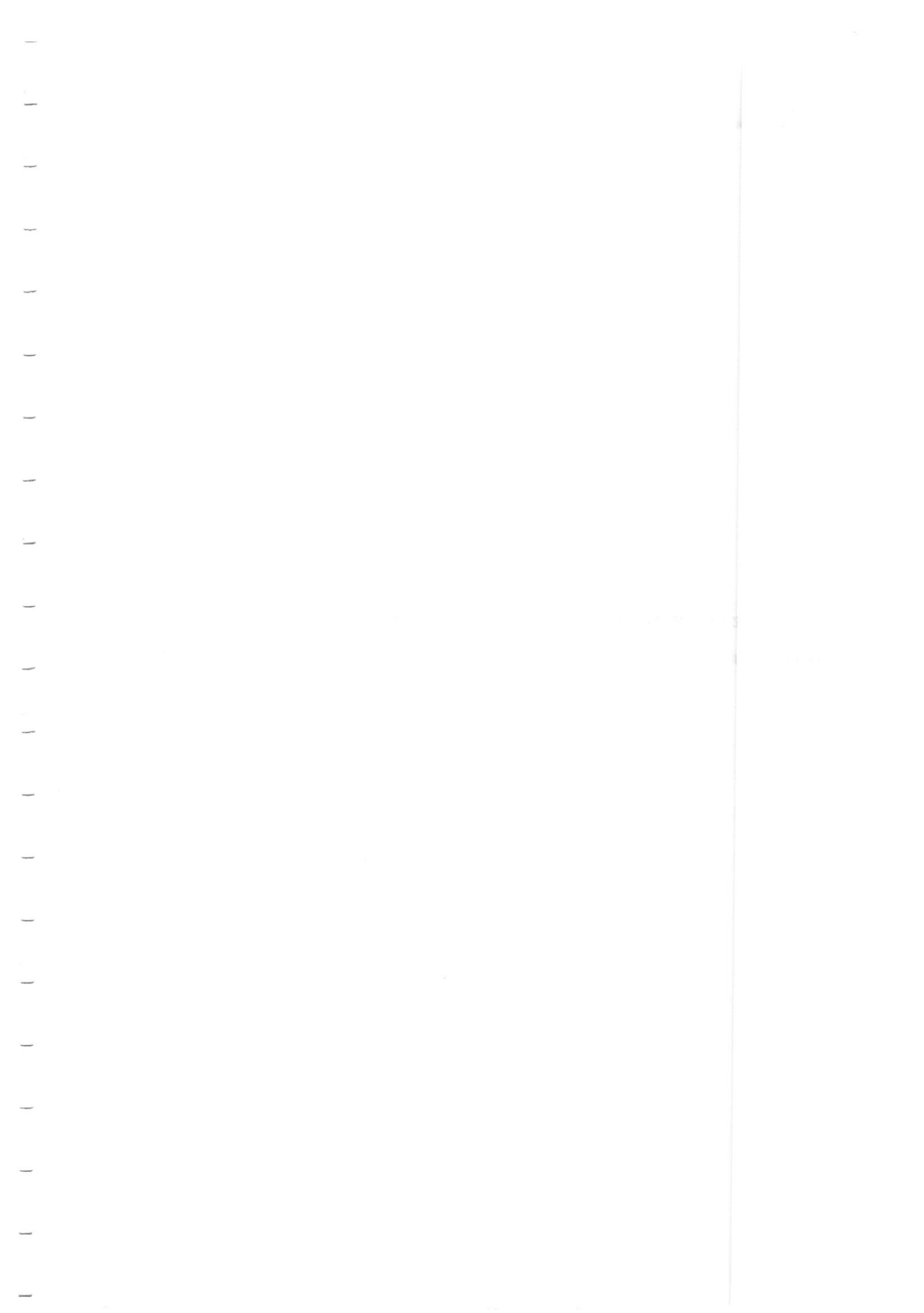


Fig. 41: Plan et coupe de la coupole de maqsura de la mosquée de Tlemcen Plan dessin Antonio Almagro

the Great Mosque of Tlemcen antonio almagro –Al qantaraxxvi enero junio2015





4.2. Etude de Cas : Coupole de sidi Abi al Hassan

Notre choix du cas d'étude s'est porté sur la coupole du mihrab de la mosquée sidi Abi al Hassan à Tlemcen

Cette mosquée date du début de la dynastie Abdalwadide, règne du sultan Abou Saïd Othman (1283-1303) l'émir Abou amer fils de yarmorassen, la mosquée érigé en 1296 apjc-696hij, elle porte le nom de sidi Abou al Hassan, ben yekhlef al tenesi³⁵. **Fig. 42-44**

La mosquée de style andalou comporte une coupole à Mouqarnas qui couronne son mihrab,

G. Marçais met un croquis qui la fait lui-même **Fig.45**, en perspective de la coupole, et une coupe relevé d'après du toit³⁶

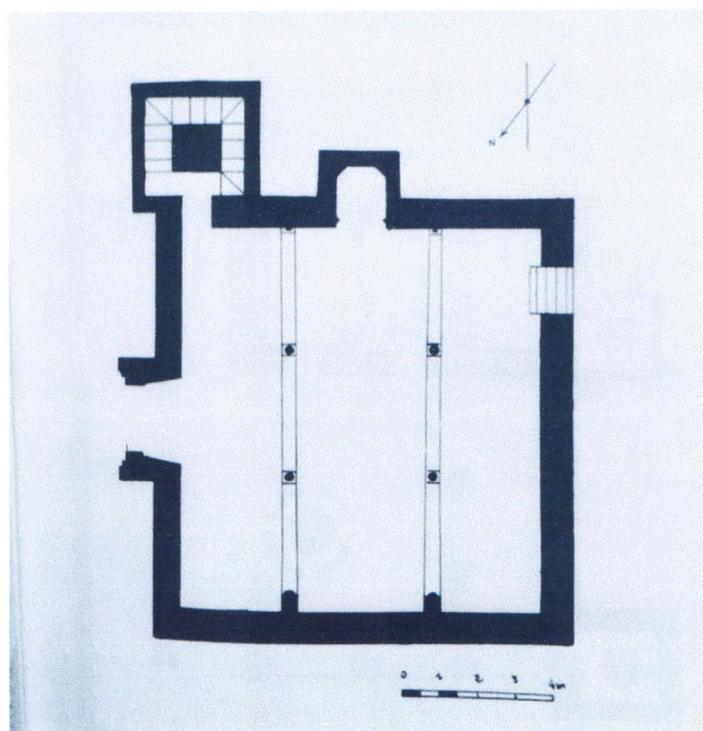


Fig. 42: Plan de la mosquee Sidi Abi Al Hassan Fig 42 R Bourouiba, L Art Religieux Musulman En Algérie -SNED 2em édit 1983

³⁵ W&G Marçais, 1990, Les Monuments Arabes de Tlemcen, p 171.

³⁶ W&G Marçais, 1903, Les Monuments Arabes de Tlemcen, p 178.



Le dessin du plan et la 3d a été fait par l'auteur selon des photos de la coupole, soumis ensuite à une analyse du tracé géométrique, la coupole à Mouqarnas étant une coupole de la première famille à savoir a éléments constants.

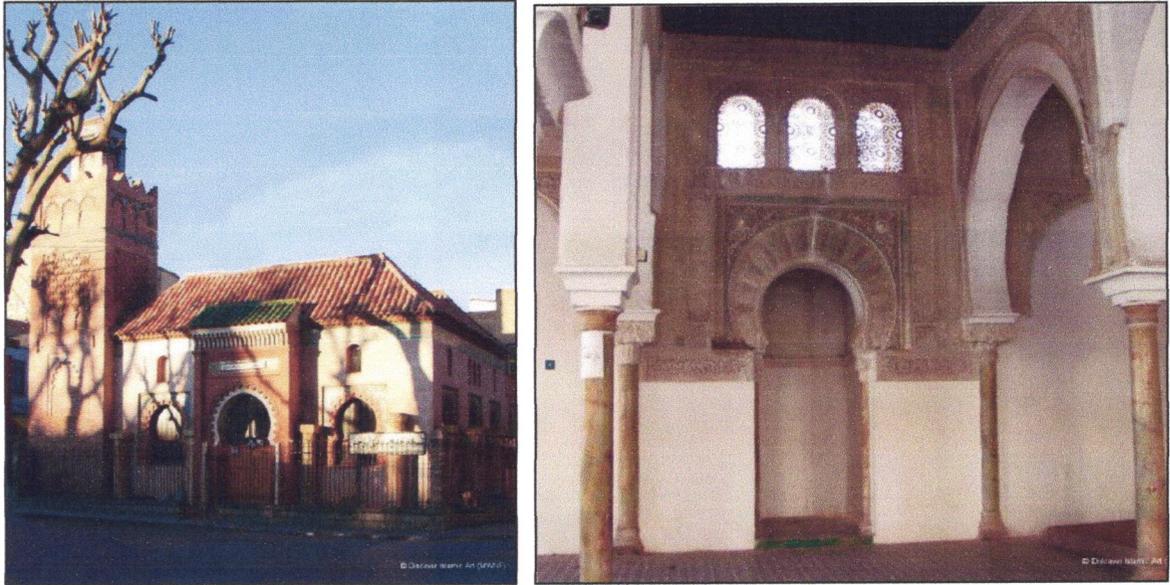


Fig. 43: La Mosquee Sidi Abi Al Hassan , à gauche l' entrée, à droite le Mihrab Source ; <http://www.discoverislamicart.org>

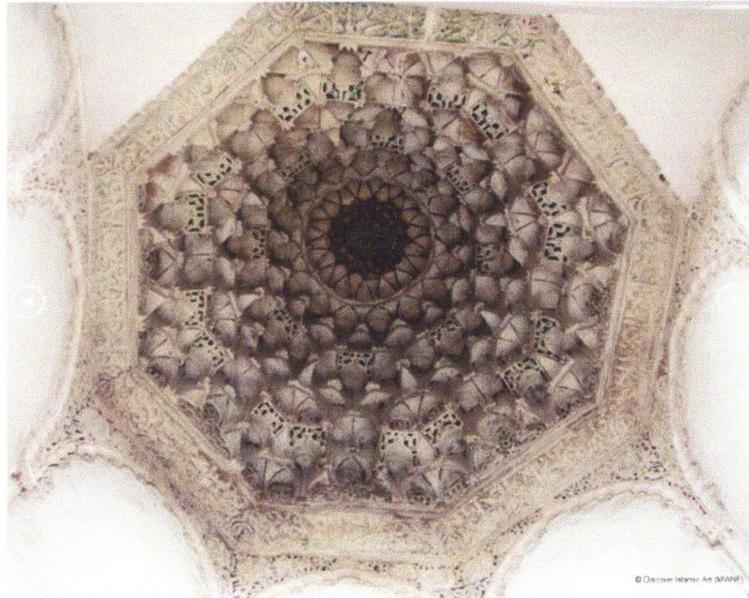


Fig. 44: la coupole du mihrab tirée du même site discover



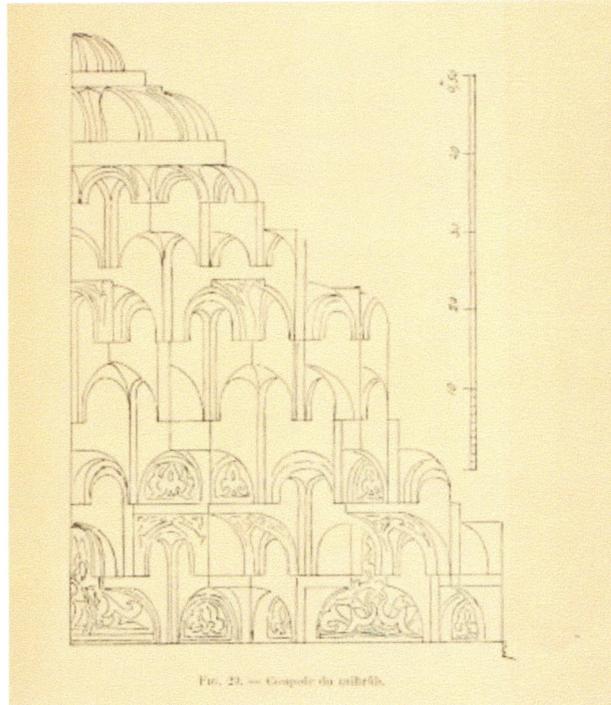
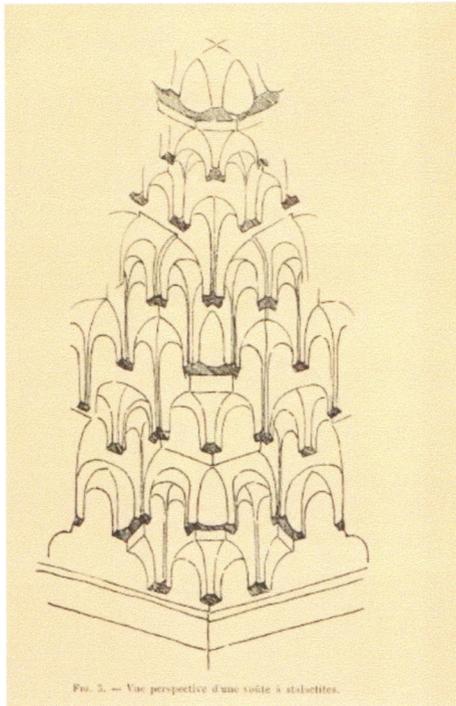


Fig. 45: Perspective et coupe relevé de la coupole du Mihrab de la mosquée de Sidi Abi Al Hassan ; d après G.Marçais (1)

4.2.1. Principes Géométriques des Mouqarnas :

Les Mouqarnas qu'on trouve à Tlemcen sont comme on a avancé en général de même principe que ceux de L'Andalousie, et sont de la Première famille qu'on a expliquée en détaillant notre classement typologique (chap II)

On va donc présenter les caractéristiques de la conception d'une coupole de ce type, en plan d'abord ensuite en élévation **Fig. 46**

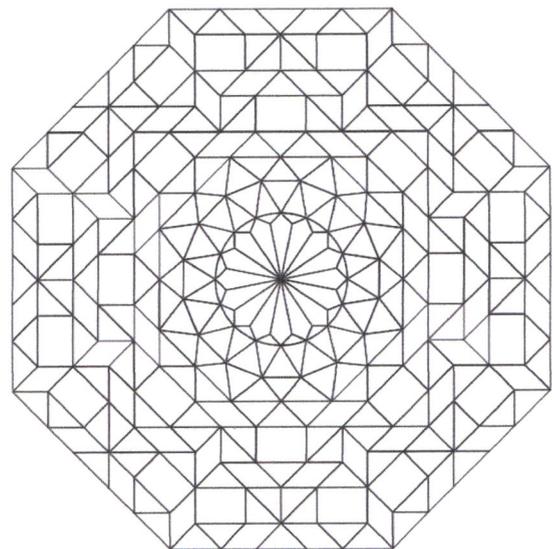


Fig. 46: Plan de la coupole dessiné par l'auteur

4.2.2. Plan de la coupole et logique géométrique de conception

La coupole s'inscrit dans un carré dont on tire l'octogone après rotation à 45 degré ; cela nous donne toujours la mesure des côtés d'un triangle équilatéral à angle droit, et la deuxième mesure de sa base, et toutes les pièces doivent être conçues sur la base de ces deux mesures, les deux ou l'une d'elles.

la rotation des carrés nous donne un rythme descendant jusqu'à ce qu'on arrive au centre qu'on conçoit en général avec une coupolette centrique en concevant des pièces à partir des têtes et angles des pièces de circonférence.

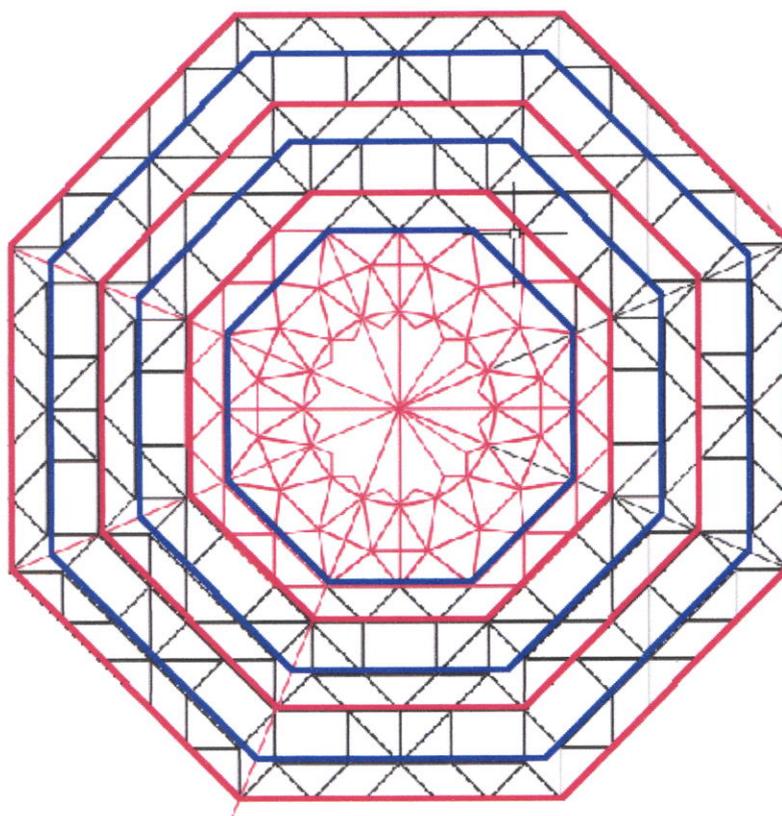


Fig. 47: *Tracé géométrique basé sur des octogones avec a deux mesures répétitives Dessiné par l'auteur*

Sur le dessin ci-contre on voit le principe du tracé basé sur une succession d'octogones résultats de la rotation de deux carrés a 45°, et liés entre eux par le centre et la pointe des angles des carrées. **(Fig.47)**

Ces carrées constituent la nappe de base sous laquelle vient une nappe secondaire pour déduire à la fin les pièces en plan, Le concepteur bien entendu a commencé par le grand carré pour arriver au centre et cela en appliquant ses rotation. **(Fig. 48)**

La conception de tel coupole nécessite une expérience et un savoir d'élaboration des pièces et cela se faisait en général par l'exercice de l'apprenti de longues années jusqu'à ce qu'il arrive à acquérir le titre de Maalem (Maitre).

Le plan se base aussi sur le principe de la répétition d'une portion triangulaire se basant sur un des huit cotés comme base du triangle et le centre de gravité comme pointe. (Fig. 49)

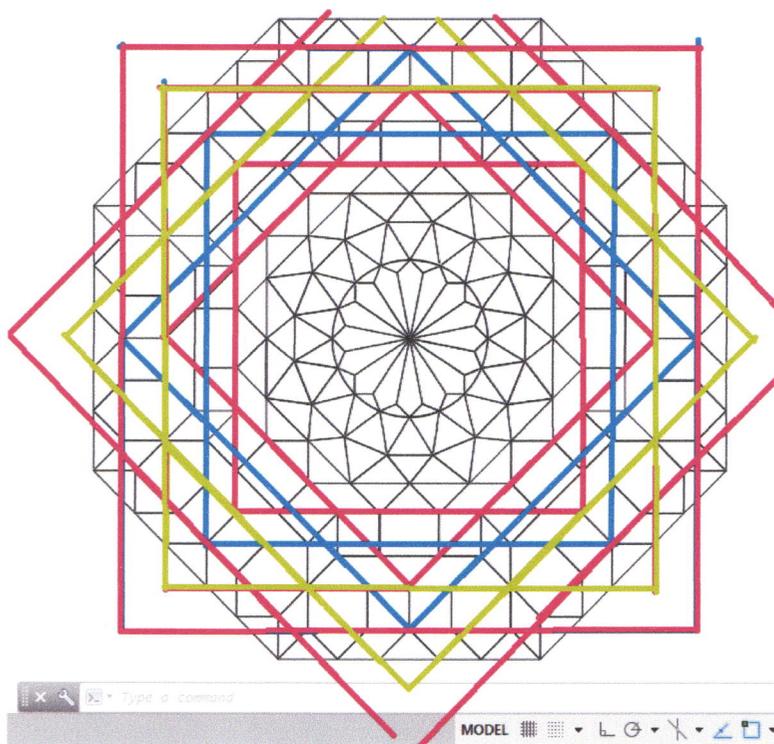


Fig. 48 Principe du tracé basé sur la rotation des carrées,

Dessiné par l'auteur

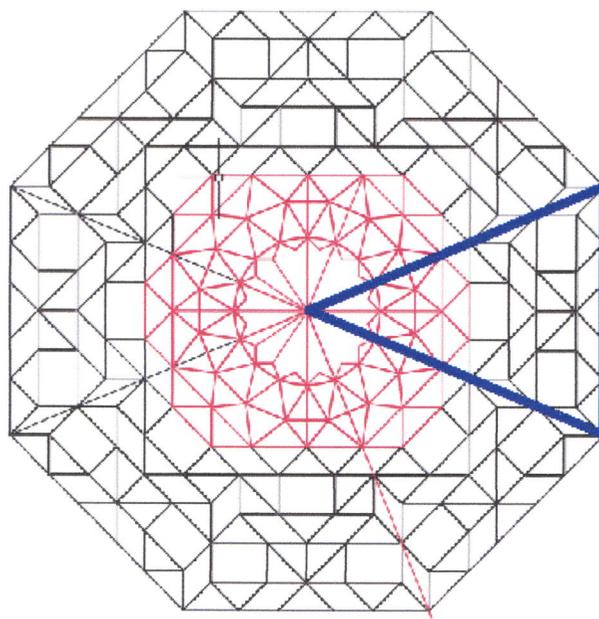


Fig. 49: Principe du tracé basé sur la répétition de la portion triangulaire

Dessiné par l'auteur

4.2.3. Elévation, les pièces et la logique géométrique de conception :

Les pièces de ces Mouqarnas sont de la 1ere famille andalouse, le nombre de pièces dépasse les trentaines, cependant dans notre cas le nombre ne dépasse pas quelques pièces, le dessin de chaque pièce de cette famille se base sur le profile à quart de cercle cintré, en voilà en dessous quelques exemples des pièces et du montage. (Fig.50-53)

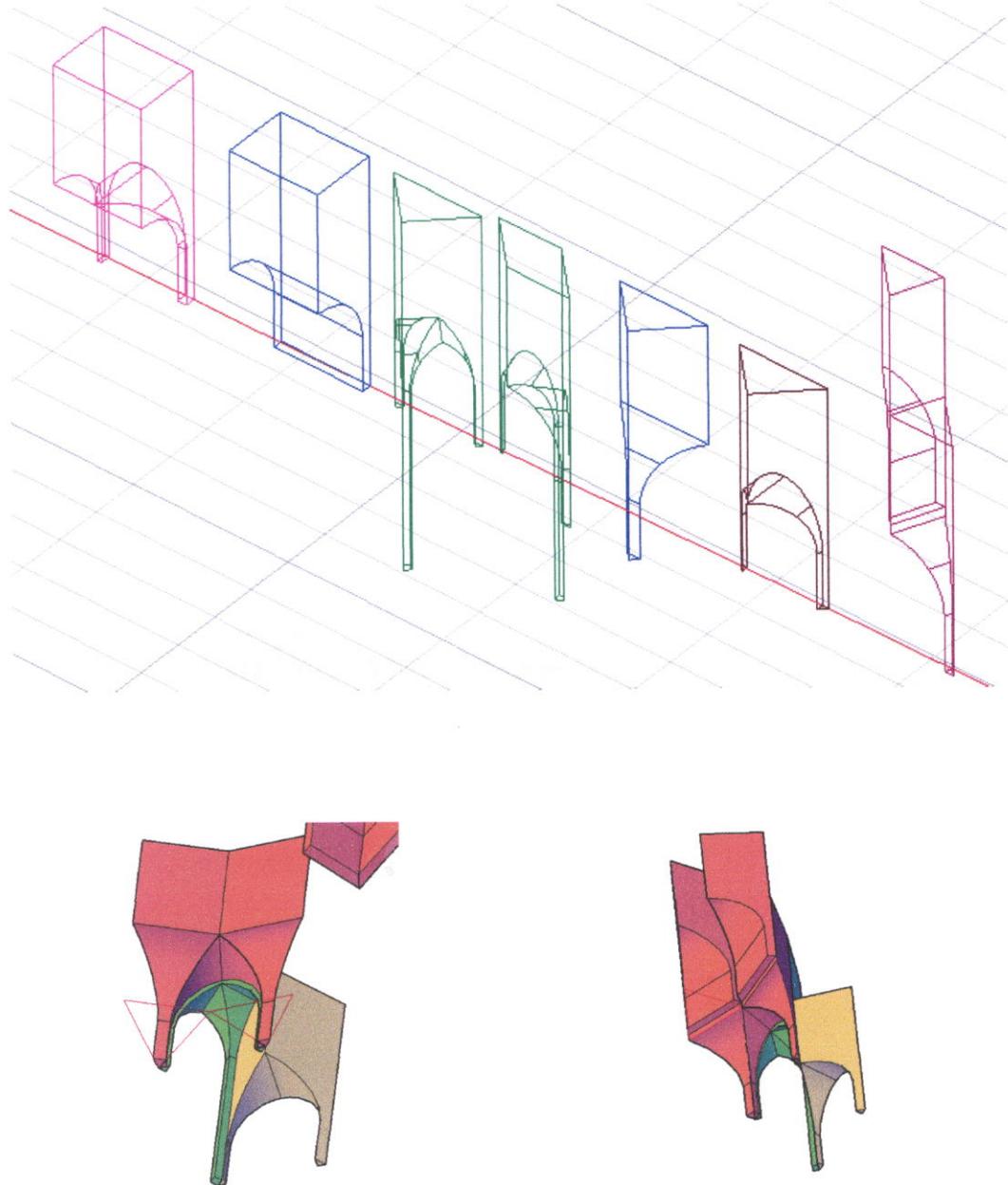


Fig. 50: Quelques pièces de Mouqarnas en 3d séparées et en montage dessin de l'auteur

Fig. 51: Quelques pièces de Mouqarnas en 2d et en 3d séparées dessin de l'auteur

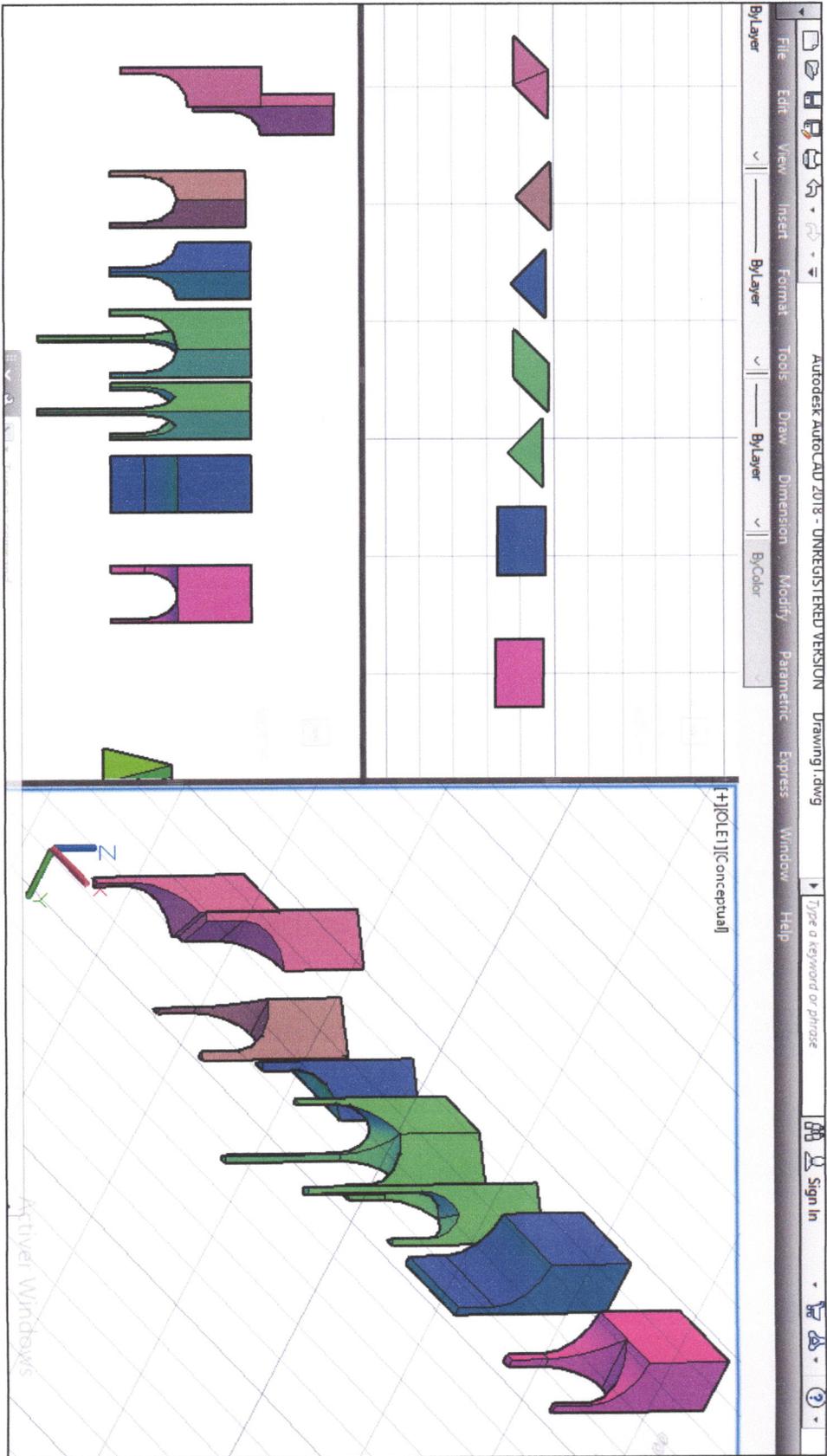


Fig. 52. a/ Principe du Design de quelques pièces de Mouqarnas projection et 3d basé sur le triangle isocèle avec les distances unitaires de ses cotés et de sa base dessin de l'auteur

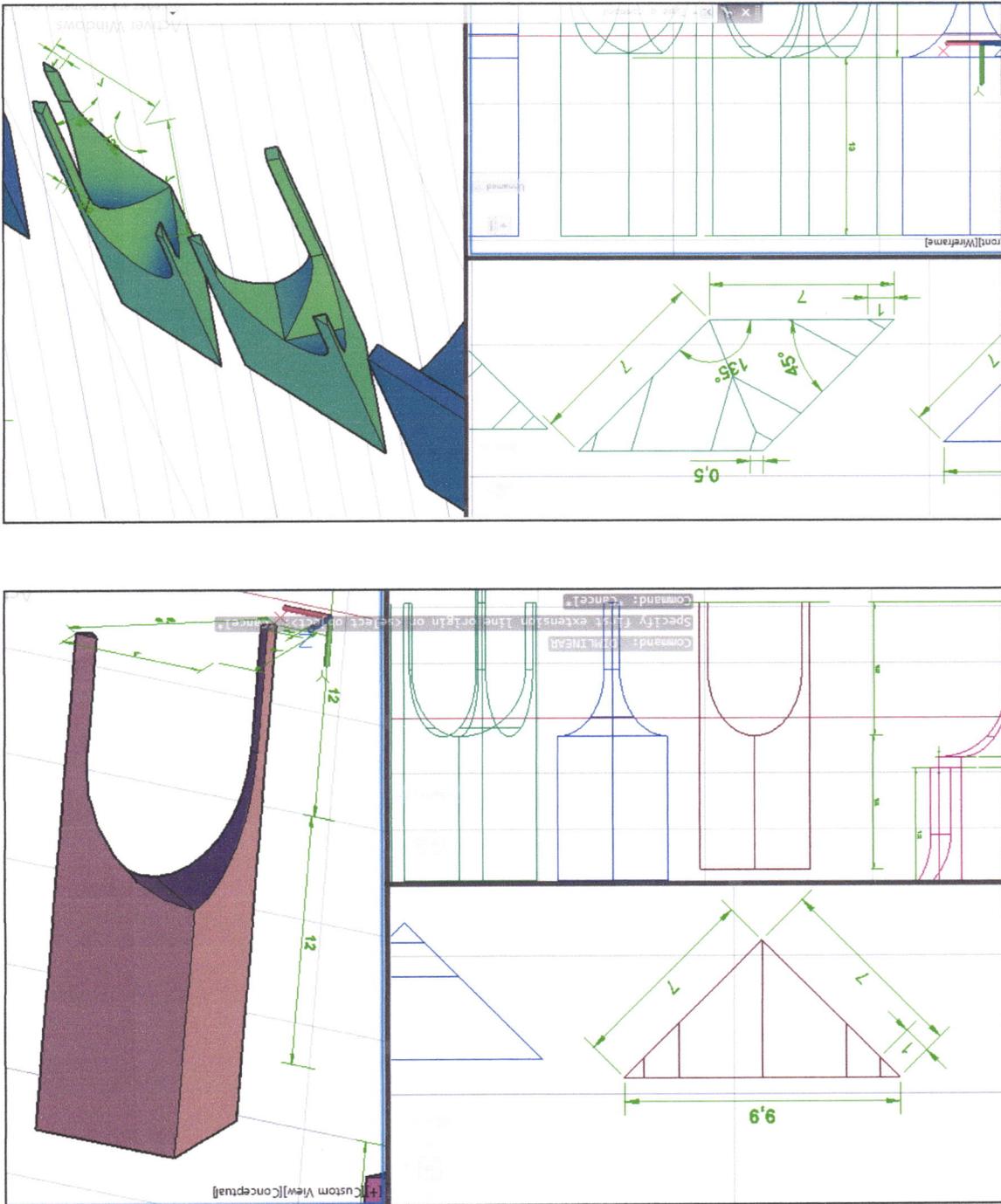
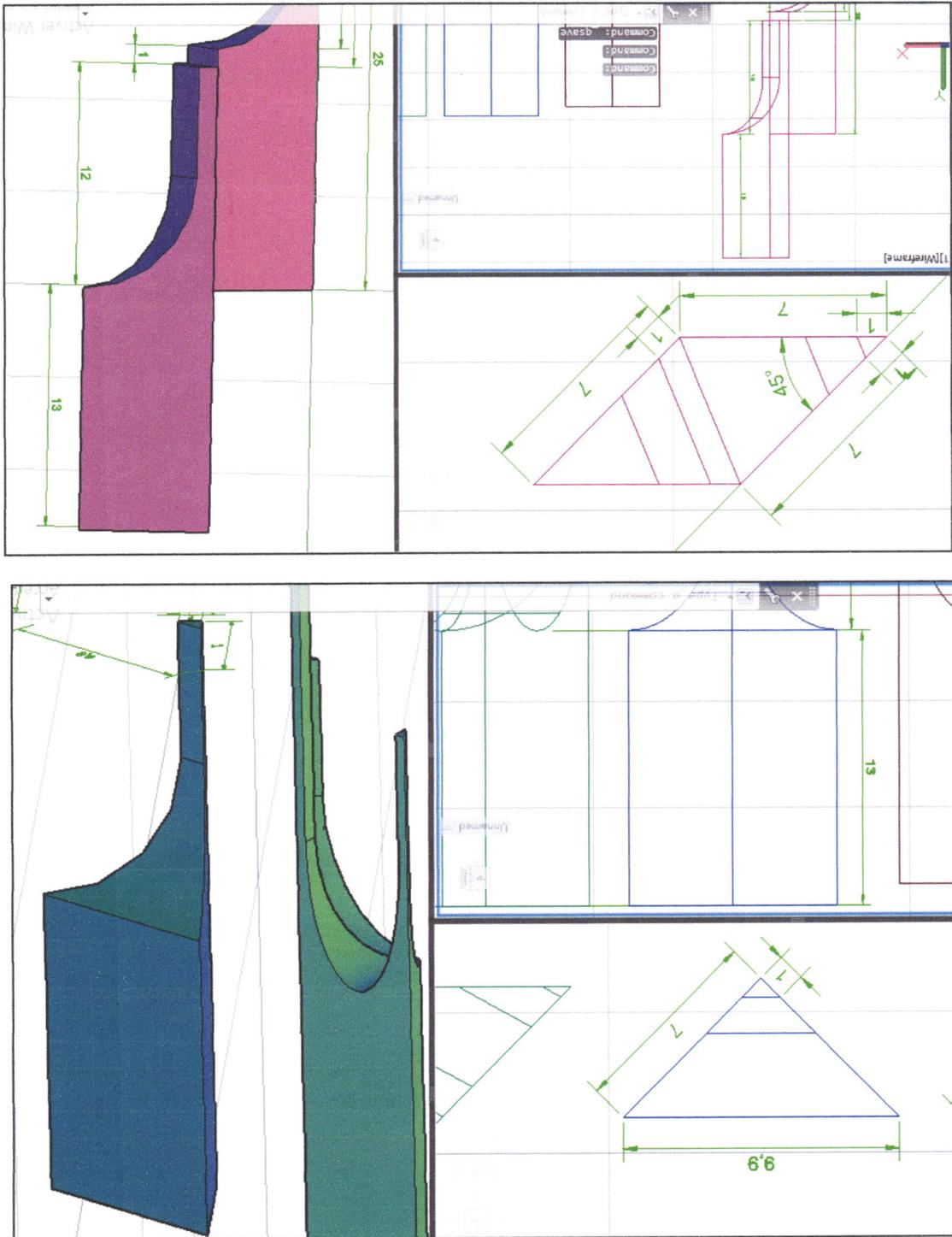


Fig. 53: b/ Principe du Design du Design de quelques pièces de Mouqarnas projection et 3d dessin de l'auteur.



4.2.4. Montage de la coupole du Mihrab-simulation 3D

Après avoir défini le plan de l'étape du croquis à l'étape du dessin 2D sur pc, et reconnu les pièces qui composent la coupole, on est passé au montage en 3d de la coupole, et ce montage nous a permis de lire la coupole en 3d et en projection, ça nous permet aussi d'avoir les coupes exactes ainsi que comprendre réellement les relations de sa conception. **Fig. 54-55**

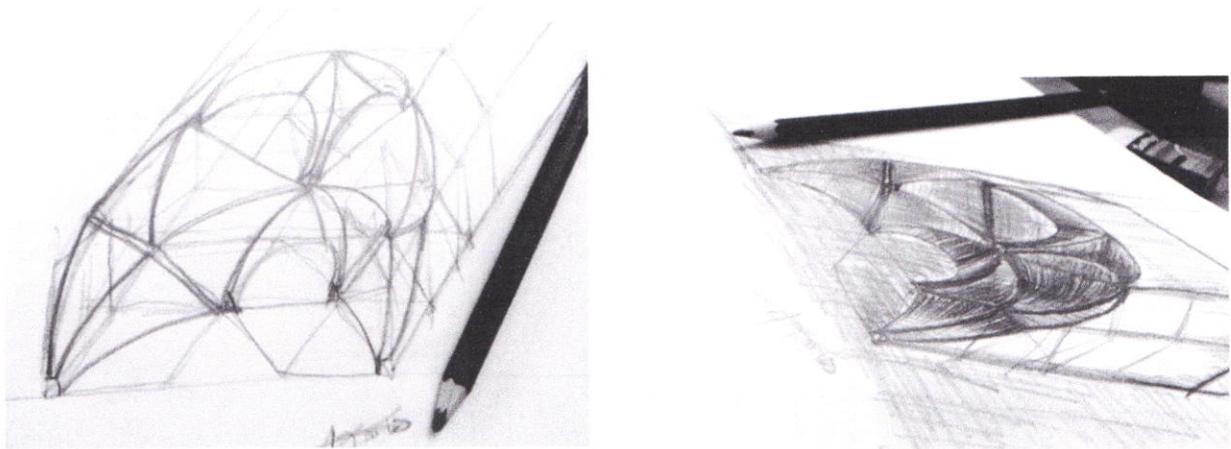


Fig. 54: Croquis montrant la structure filière et ombrée du montage des pièces à Mouqarnas , dessiné par l'auteur

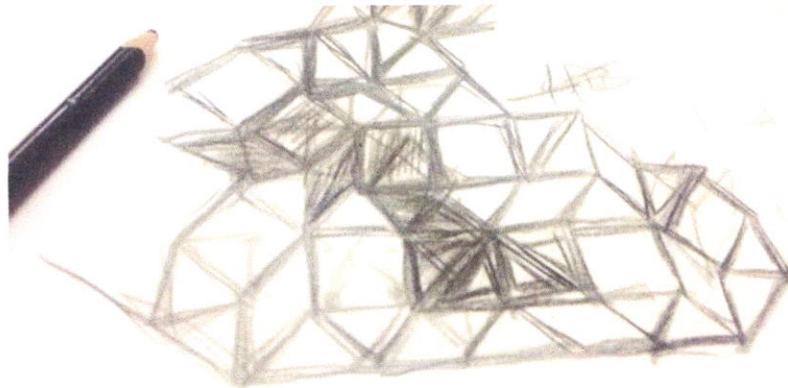


Fig. 55: Croquis de lecture des éléments et pièces constituant la coupole dessiné par l'auteur

Le dessin se fait entre le plan et la 3D, en montant les pièces de manière à vérifier la concordance sur plan et garantir le bon positionnement en 3D, on va mettre ci-après quelques étapes du montage sur le logiciel de dessin montrant la 3D, élévation et plan. **Fig. 56-64**

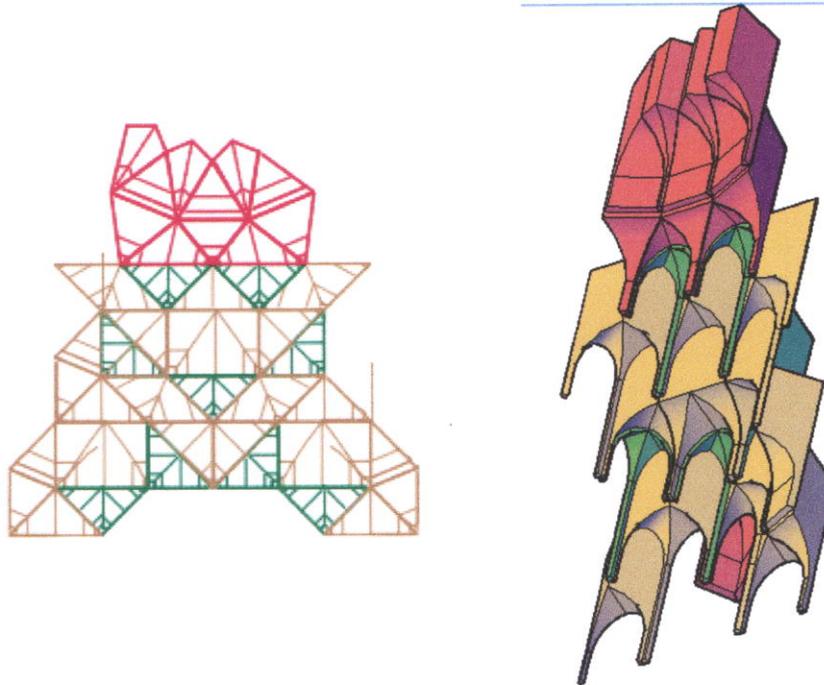


Fig. 56: Montage en 3D en s'alignant sur le plan, dessiné par l'auteur

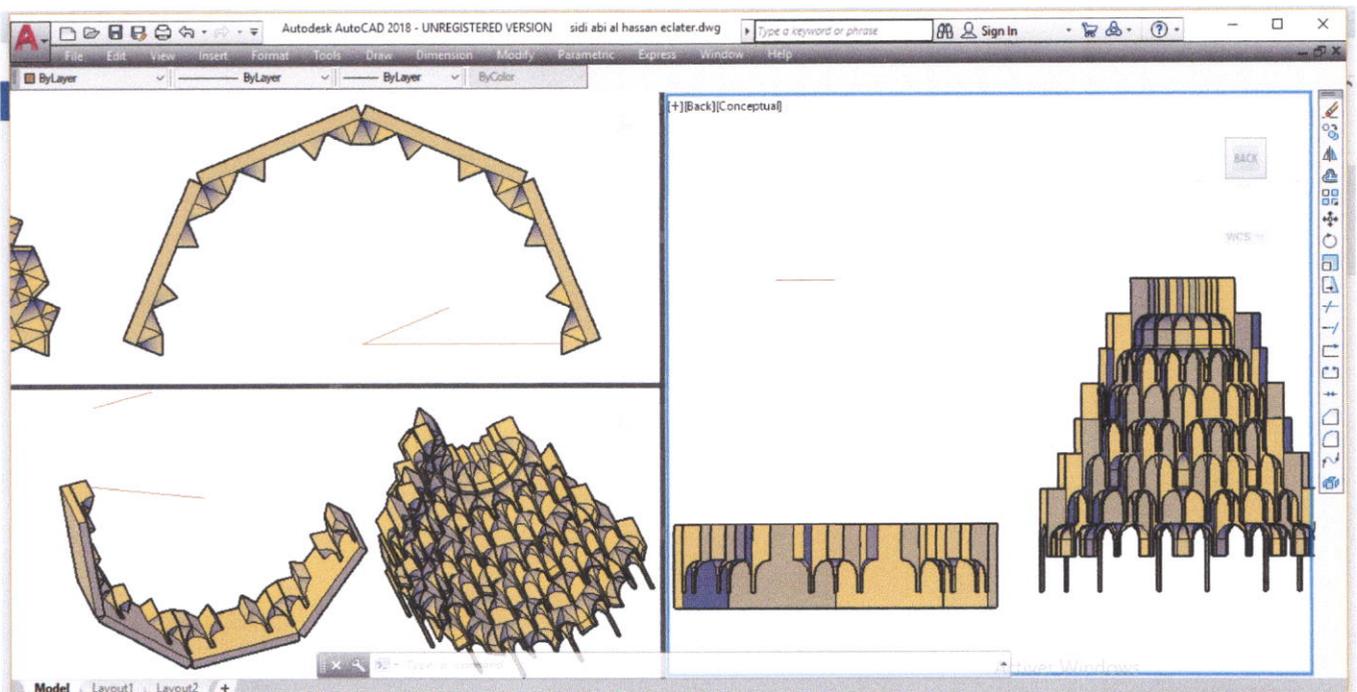


Fig. 57: étape 01 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur

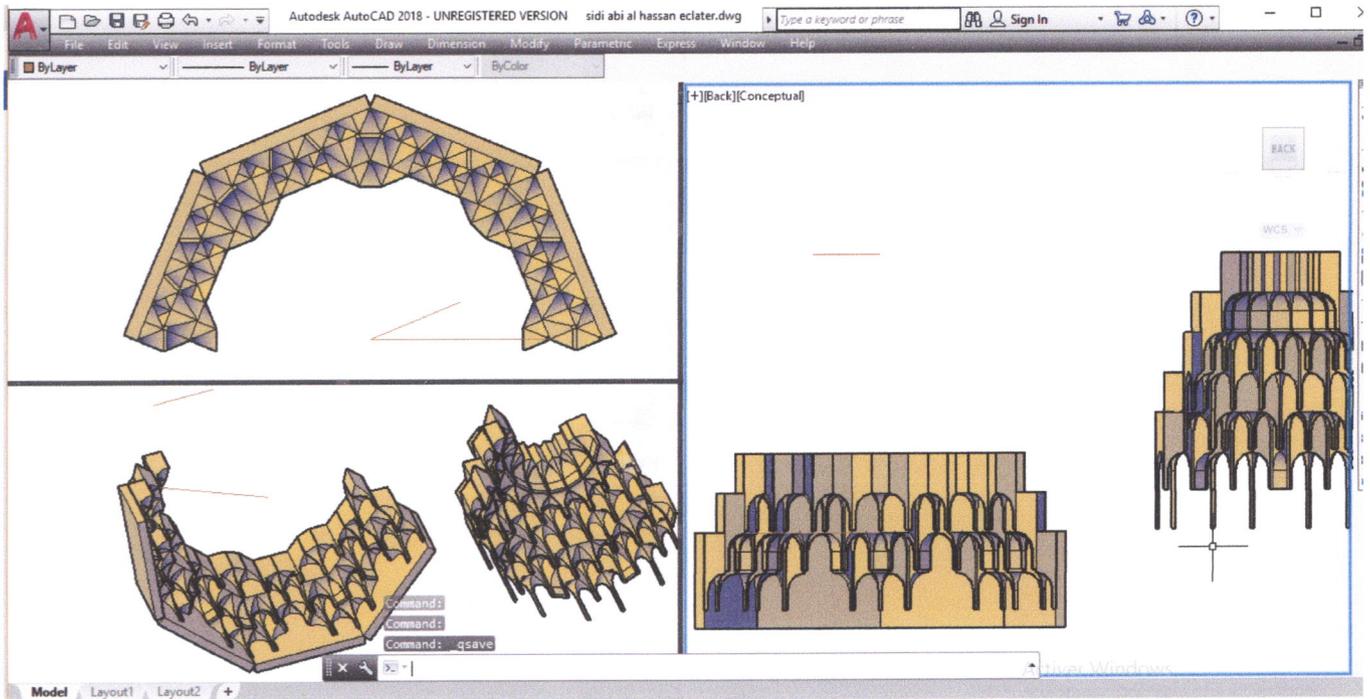


Fig. 58: étape 02 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur

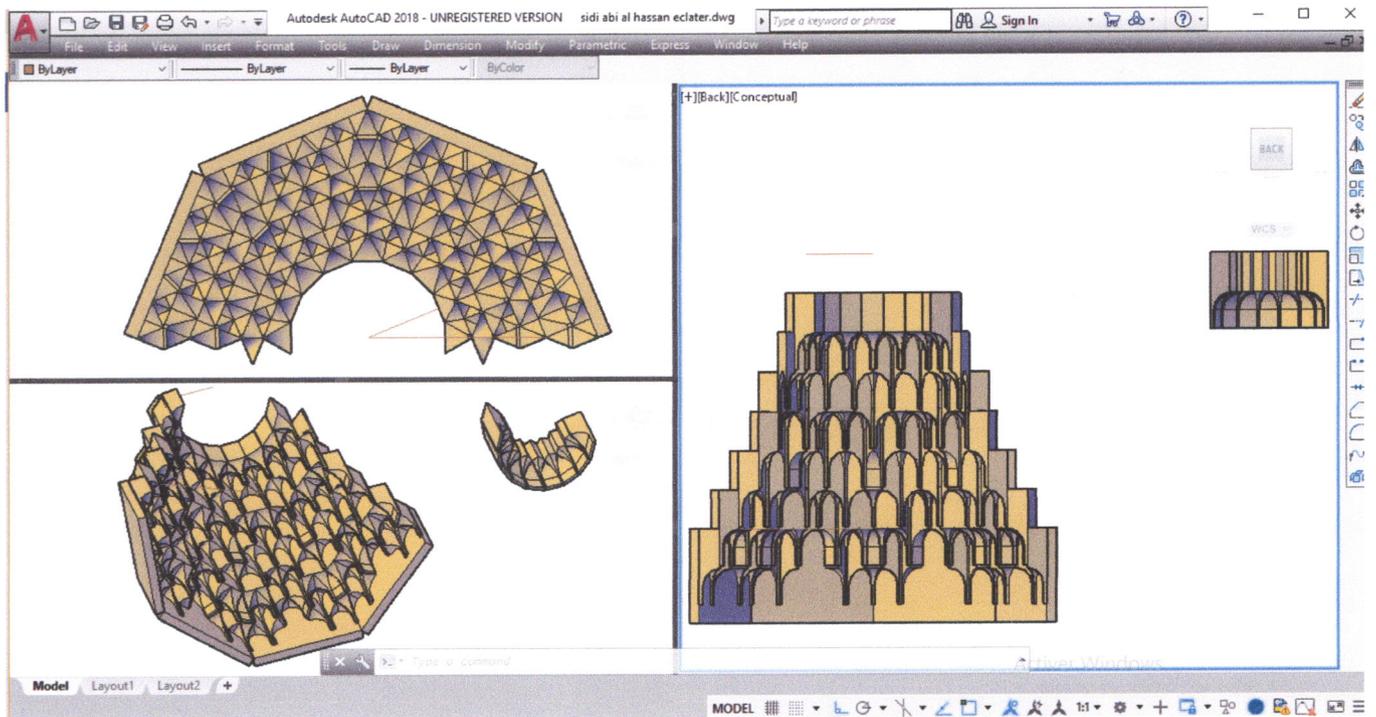


Fig. 59ape 03 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur

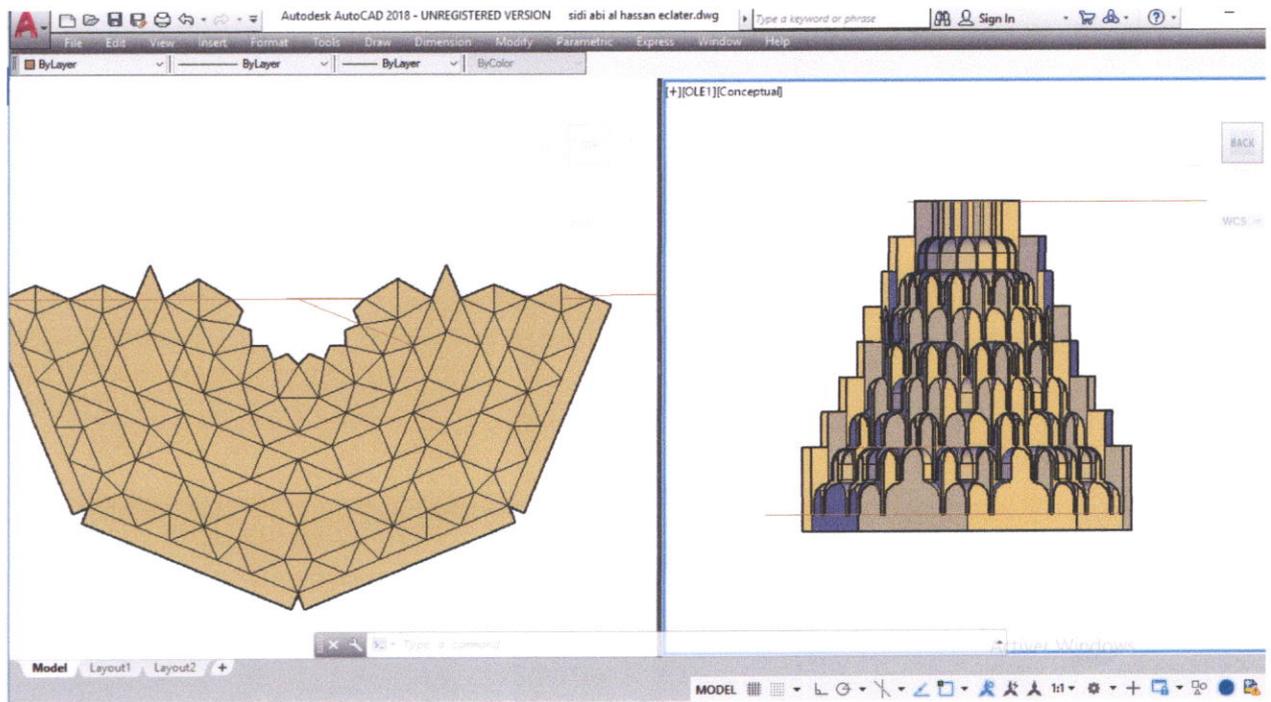


Fig. 60: étape 04 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur

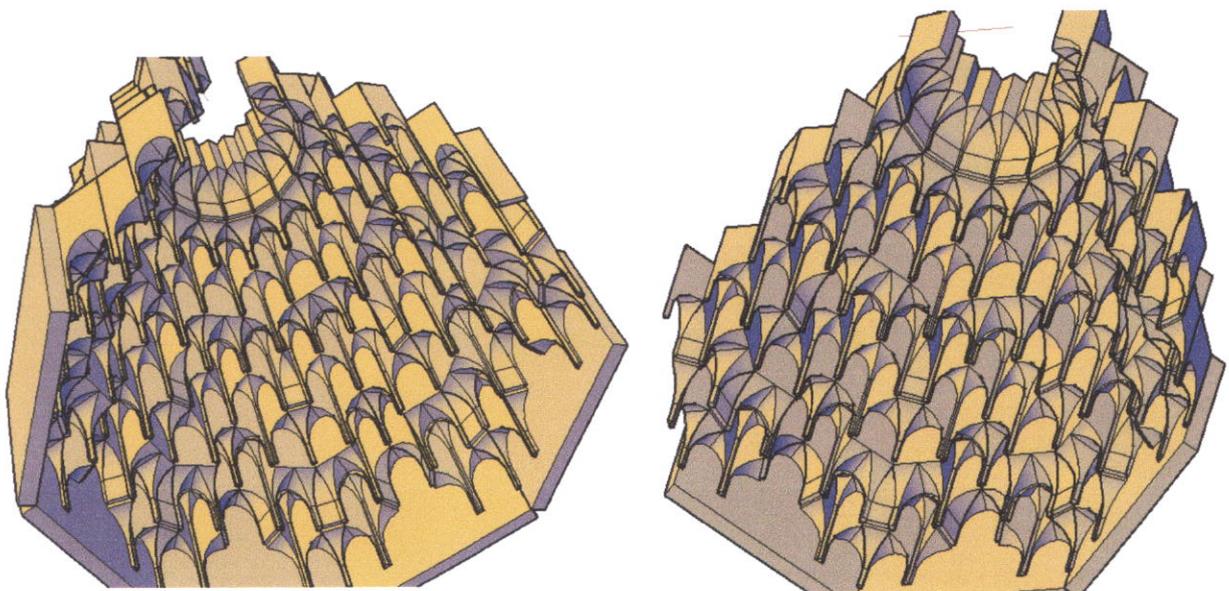


Fig. 61vues éclatées en 3D de la coupole à Mouqarnas dessiné par l'auteur

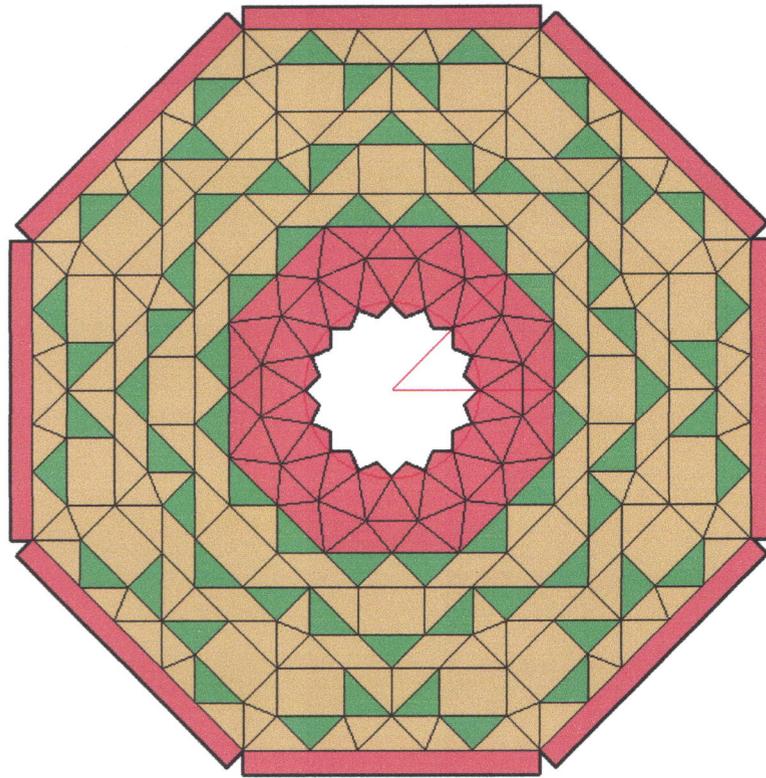
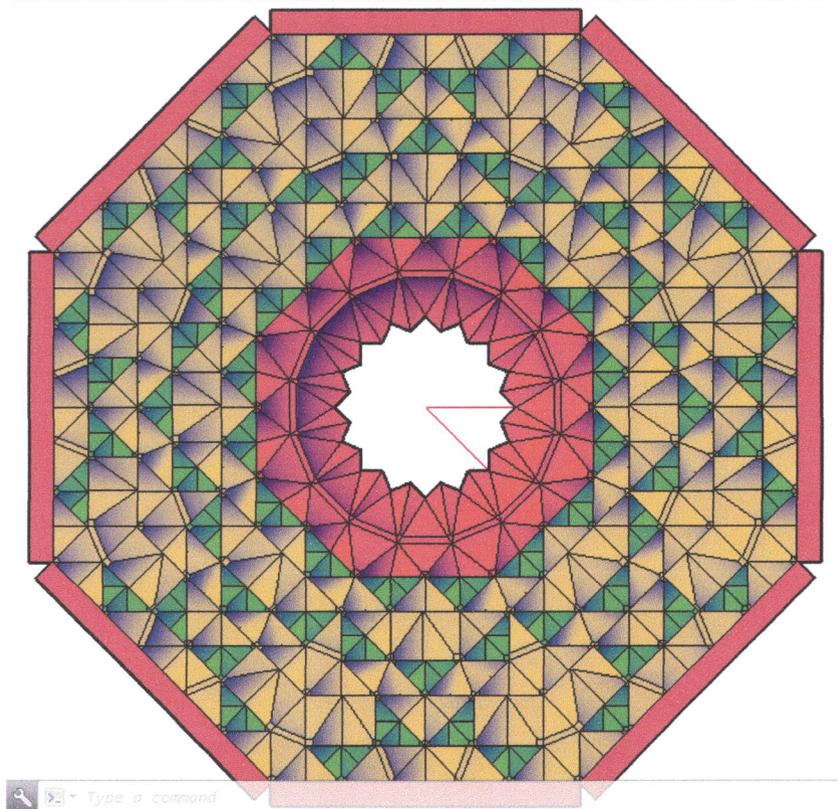


Fig. 62: vues d en dessous et de dessus de la coupole à Mouqarnas dessiné par l'auteur



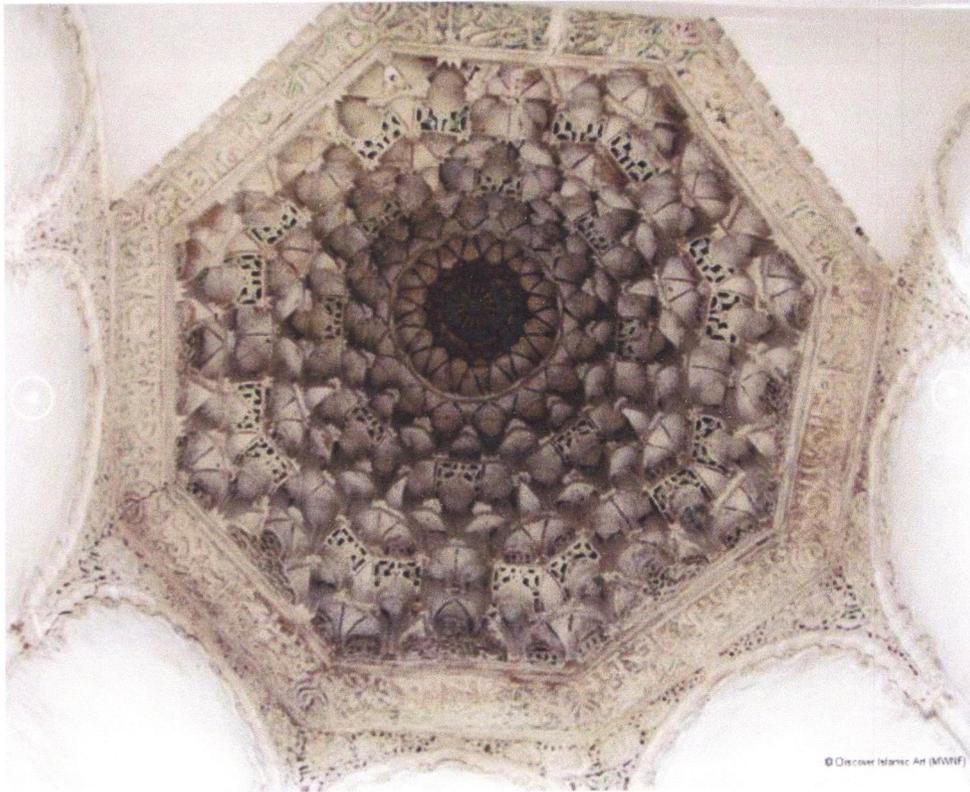


Fig. 63: *l'image réelle idem celle Fig 19bis*

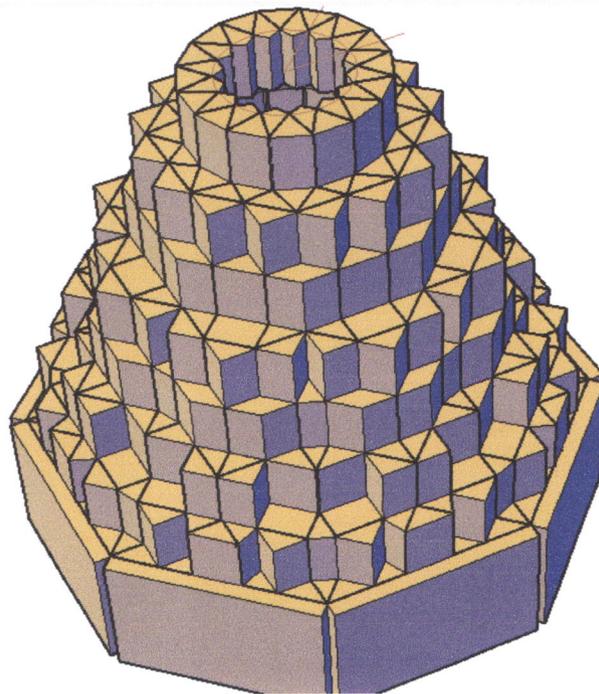
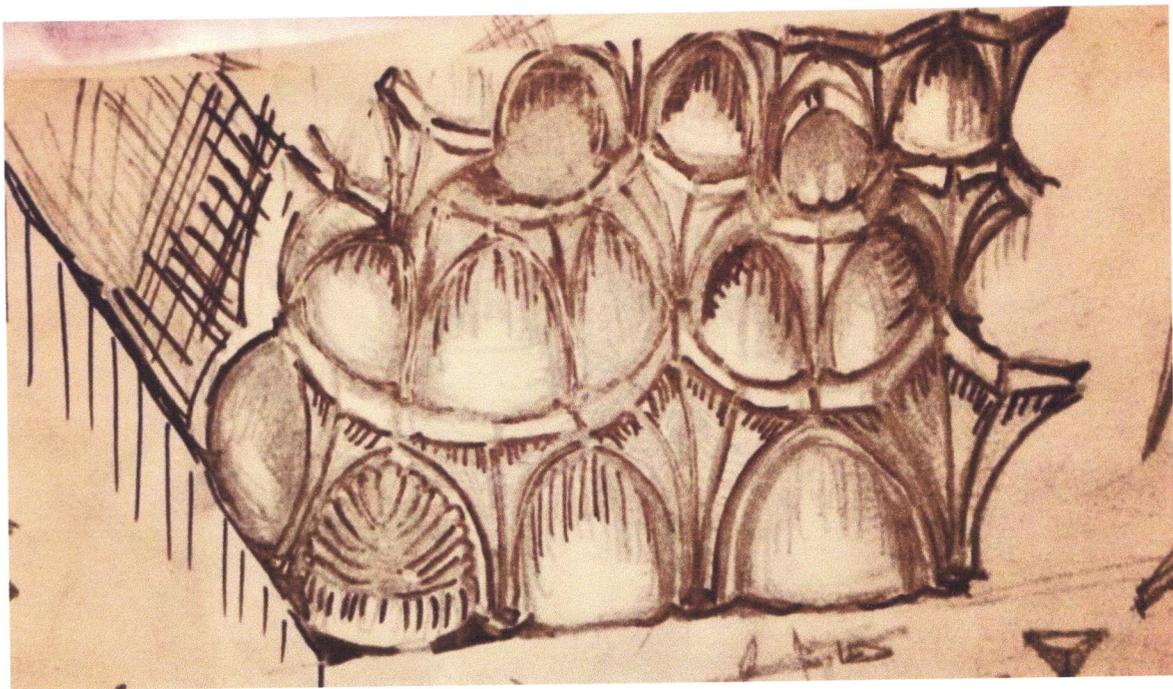


Fig. 64: *vue cavalières de la coupole à Mouqarnas dessinée par l'auteur*

Conclusion du chapitre du cas d'étude :

Les Mouqarnas sont en fait un ensemble de pièces rassemblées par une composition géométrique, à trois dimensions organisées en plans et en élévation avec des règles qui démontrent un niveau assez élevé d'imagination et de maîtrise de la géométrie spatiale. La simulation nous a permis de vérifier la crédibilité des règles et de les corriger, et vérifier que la coupole est montée correctement, chose qui nous évite des maquettes ou réalisation à petites échelle. Il reste à poser une question sur l'utilisation des résultats dans leur exploitation, Comment utiliser ce savoir dans la conception contemporaine ? Et est ce qu'il n'est pas judicieux de comprendre ce patrimoine qui présente des qualités de géométrie sophistiquée, et de l'utiliser dans notre architecture qui manque de cachet identitaire et de création ?

Dans cette optique, nous avons essayé de proposer un exemple qu'on a monté et qui a comme objectif de concevoir une architecture contemporaine organique avec l'utilisation des éléments à Mouqarnas.



PROPOSITION D'UNE TOITURE EN TOIT A MOUQARNAS SUSPENDU PAR UNE CHARPENTE METALLIQUE :

La toiture a comme idée d'une membrane ondulée dans les deux axes X et Y, cela sera plus complexe qu'une toiture ondulée dans un seul sens et va nous montrer les capacités de composition dont disposent ses éléments de Mouqarnas la structure métallique supporte la toiture et le faux plafond est suspendu.

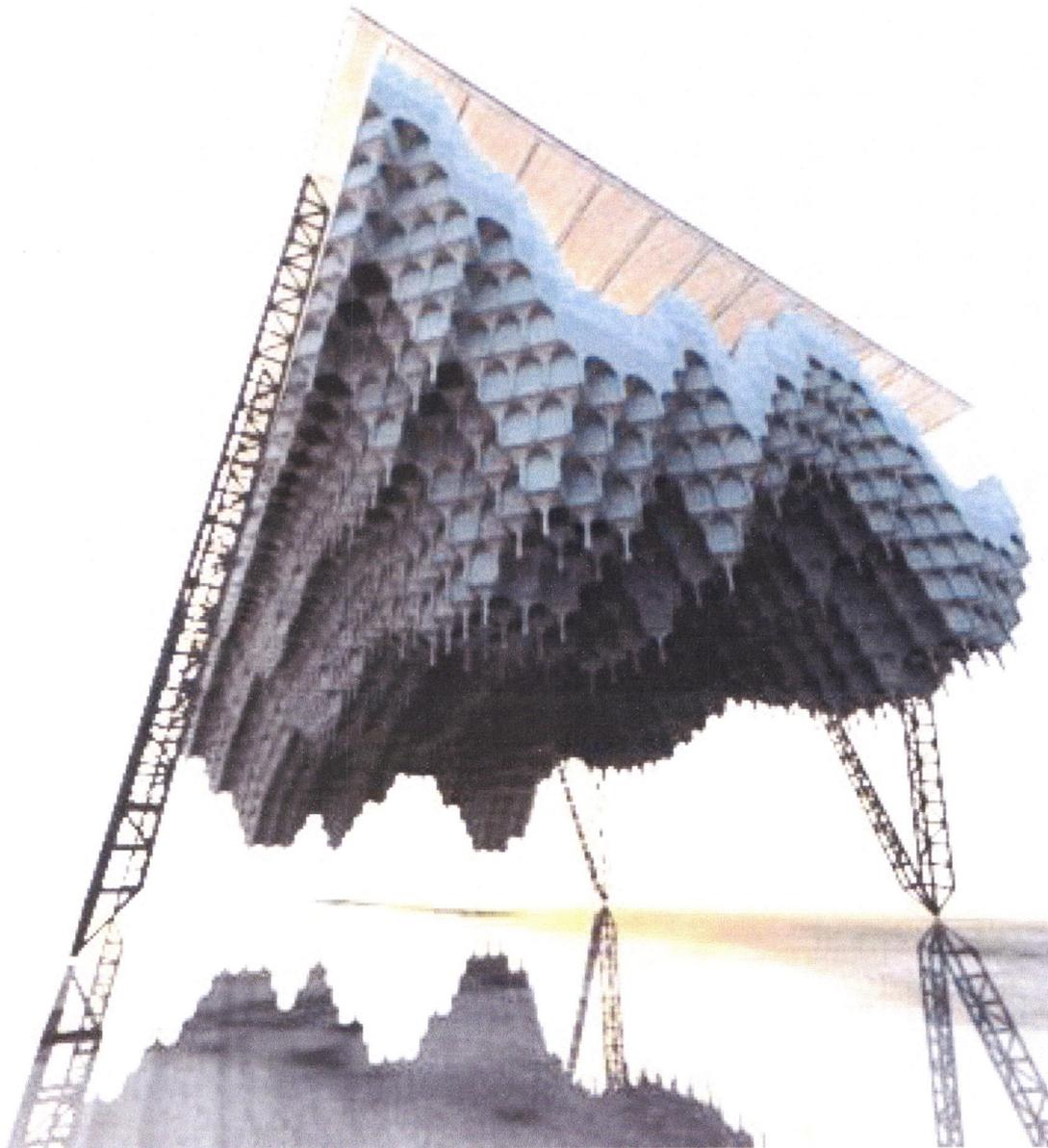


Fig. 65: vue d'en bas d'une toiture contemporaine ondulée dans les deux axes X.Y en Mouqarnas conçue et dessinée par l'auteur



Fig. 66: *vue proche d'en bas de la toiture a Mouqarnas conçue et dessiné par l'auteur*

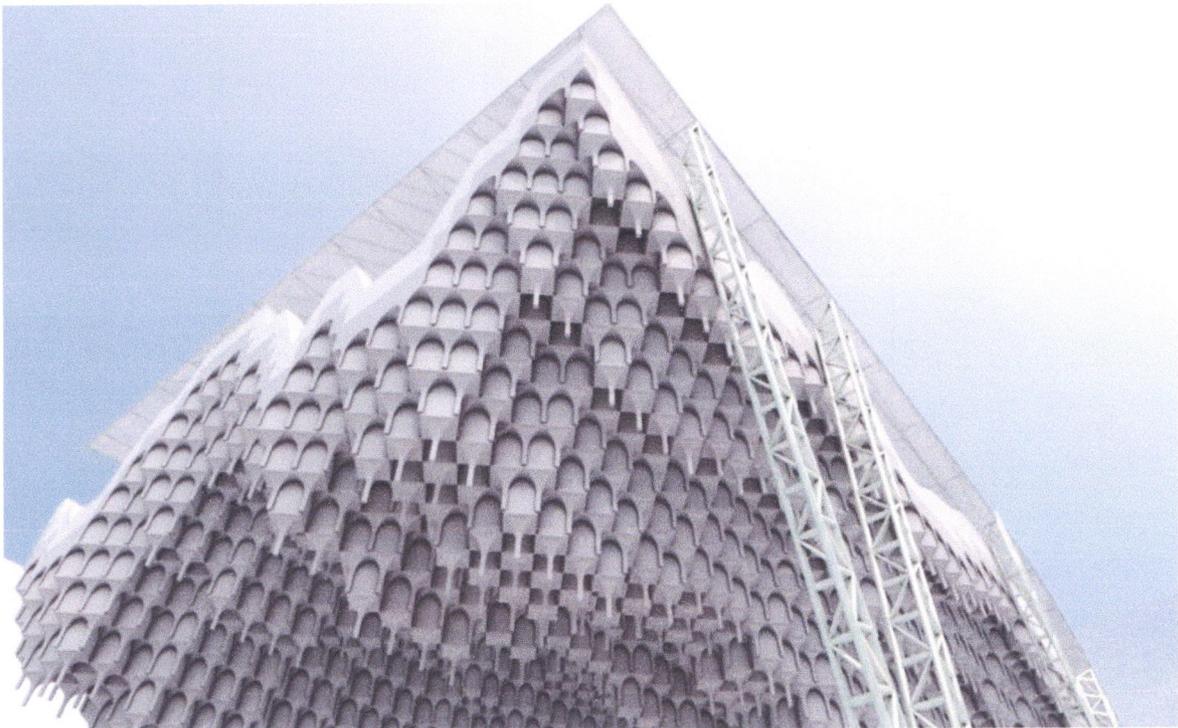


Fig. 67: *vue d'en bas d'une toiture contemporaine ondulée dans les deux axes X.Y en Mouqarnas conçue et dessiné par l'auteur*

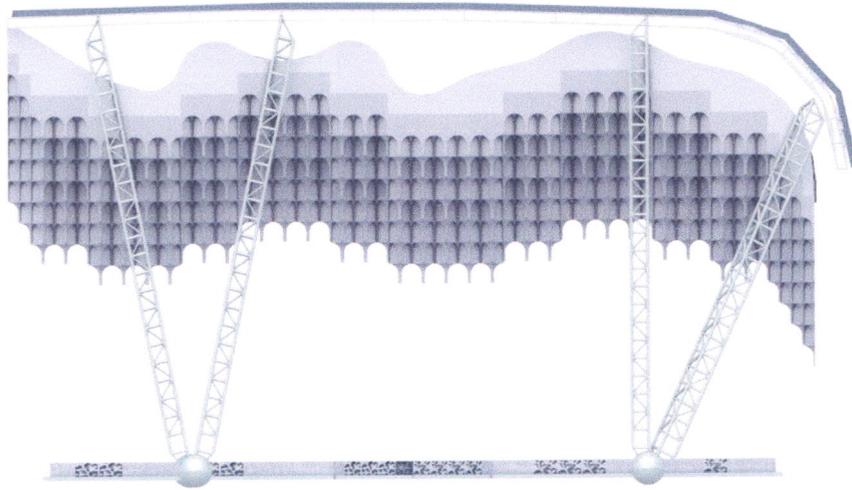


Fig. 68: *vue de façade la toiture a Mouqarnas selon l axe X
conçue et dessiné par l'auteur*

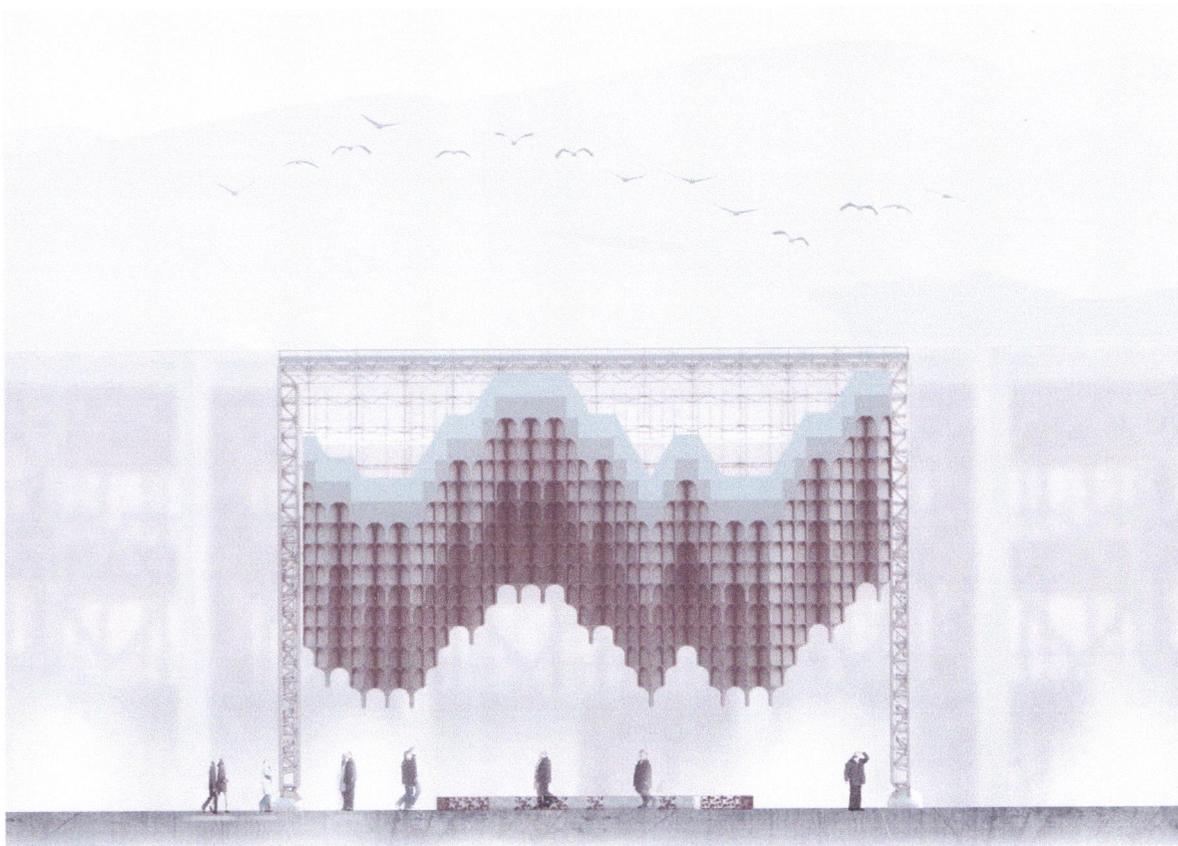


Fig. 69: *vue de façade la toiture a Mouqarnas selon l axe Y
conçue et dessiné par l'auteur*

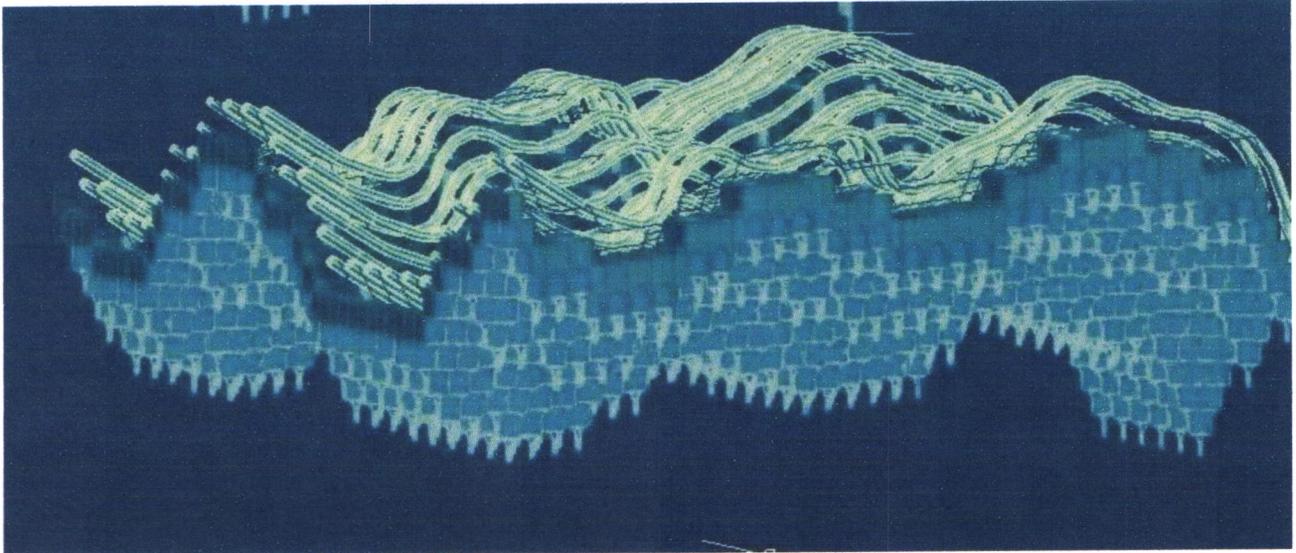


Fig. 70: *vue en haut de la toiture à Mouqarnas dessinée par l'auteur*

La structure métallique étant un support qui va porter la toiture suspendue à l'aide de suspentes en tiges métalliques, le tout en étant une matière légère telle que le GRP en plâtre armé et résistante à l'humidité. Le système de plafond respecte la tradition des Muqarnas suspendus, que ce soit en Algérie, au Maroc ou en Andalousie.

Conclusion Générale

De la tradition a la modernité

Conclusion générale :

Dans ce travail on a essayé de présenter les différentes recherches déjà faites sur les Mouqarnas, que ce soit sur sa genèse et naissance, dont on a étalé les trois hypothèses sur leurs origines à savoir

- L'origine de naissance en Iran soutenue par des archéologues qui croient à l'apport important de la civilisation persane en architecture islamique³⁷
- l'origine algérienne, soutenue par Lucien Golvin³⁸
- l'origine abbaside à Baghdâd soutenue par Yasser Tabbaa³⁹

La deuxième volée des recherches sur les Mouqarnas est celle qui essaye de les définir et comprendre par leurs conceptions et leurs caractéristiques formelles et matérielles, et qui essaye donc de les classer,

Nous avons vu donc les deux grandes tendances dont la première descriptive historique, archéologique, qui décrit les Mouqarnas et les classe par leurs caractéristiques donnant plusieurs types⁴⁰,

La deuxième tendance étant géométrique qui essaye de comprendre le Mouqarnas en tant qu'œuvre géométrique et de classer les types selon une vue mathématique, l'inconvénient de ses études est qu'elles n'ont pas eu de résultats définitifs, et restent par la plupart dans des régions spatialement délimitées et rarement sont les recherches, qui ont essayé de comprendre les Mouqarnas dans la totalité des pays islamiques, comme celle du japonais Shiro⁴¹, cependant il aboutit lui aussi à une définition qui rend le classement assez confus avec une multitude de types entrecroisés.

Notre définition géométrique des Mouqarnas qui les présente sous deux principes de composition à savoir en 2D et en élévation, et essaye de lire les règles de chaque principe, et nous a conduit à arrêter une définition qui nous semble assez simple pour définir ce que c'est un Mouqarnas.

Nous avons essayé dans le deuxième chapitre donc d'expliquer les bases géométriques de notre définition, et de cela essayé de classer les Mouqarnas suivant cette définition et ensuite comprendre les caractéristiques des Mouqarnas Andalous et Maghrébins, et de positionner de dans les Mouqarnas

³⁷ Yasser Tabbaa, 1985, Muqarnas vol.3, p 61-74

³⁸ Idem

³⁹ Idem

⁴⁰ Choqy al rezqy, 2000, thèse magistère le développement des Mouqarnas au Maghreb.

⁴¹ Giuseppe amoruso ed Hershey, 2016, handbook of research on visual computing, p 558

d'Algérie, et vue qu'ils sont du même type de ceux Andalous, basés sur un tracé en unités constantes, donc de la première famille, avec un profile en élévation en arc en plein cintre. On note l'existence d'une autre variante de ce type qui s'est répandue au Maroc basée sur l'arc brisé en élévation au lieu de celui en plein cintre ceci étant notre observation personnelle reste à confirmer par une étude d'inventaire de tous les monuments au Maroc spécialement, vu l'absence d'une telle étude.

Notre travail sur un cas d'étude de la coupole du Mihrab de sidi Abi AL Hassan, à Tlemcen, a permis de démontrer de près les principes de conceptions géométrique, et la simulation en 3d a permis de vérifier ses bases sur le cas choisi et de le comprendre de façon détaillée, l'outil de simulation s'avère assez utile dans une telle étude.

Pour conclure avec cette recherche, nous avons tenu à présenter une tentative de réutilisation, et réinterprétation des Mouqarnas en tant qu'éléments de composition spatiale, dans une toiture de forme organique composée d'éléments unitaires, et ondulée dans les deux axes X et Y,

Ceci étant un exemple d'une probable utilisation de ces éléments patrimoniaux qui sont les Mouqarnas dans l'architecture contemporaine vu qu'ils représentent une potentialité énorme dans la composition de géométrie de toiture et de coupole, et même dans d'autres utilisations.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures :

Fig. 1 : Mausolée samanide- prince Ismail à Bukhara –Ouzbékistan- (301/914-331/943) source : Alicia CARRILLO-Roxana R, Antonio C C).....	09
Fig. 2 : Mausolée du prince Ismail. Ouzbékistan 301-914 source Coupoles –jean J Terrain h,dec 2006	10
Fig. 3 : Grande mosquée d'Ispahan ; Iran XI e source Coupoles –jean J Terrain h,dec 2006	10
Fig. 4 : Mausolée d'Araba -Ata à Tim Ouzbékistan 367-978 (source : Alicia Carrillo -Roxana RECIO, Antonio CORTIJO OCAÑA (orgs.). Mirabilis 22 (2016/1) Isabel de Villena (1430-1490)	10
Fig. 5 : Pièces de mouqarnas trouvée dans qasr al Salam , la Qalaa de Beni Hammad (fin xe).....	12
Fig. 6 : Pièces de mouqarnas, qasr al Salam la Qalaa de Beni Hammad fin XIe (Source : Lucien Golvin) Lucien Golvin revue de l'occident musulman et de la méditerranée n17 1974.pp63-69, les plafonds a Muqarnas de la Qala.....	13
Fig. 7 : Pièces de mouqarnas, XI e- XII e Discover islamic art ; fouilles De Beylié, 1908 (Source: Alicia Carrilo -Roxana RECIO, Antonio CORTIJO OCAÑA (orgs.). Mirabilia 22 (2016/1) Isabel de Villena (1430-1490)	13
Fig. 8 : Mausolée d'Imam al Dawe 1075-90 (Source : Yasser Tabbaa Yasser Tabbaa Muqarnas vol3 1985 pp 61-74).....	14
Fig. 9 : Trompes dans la coupole de la mosquée de Kairouan 836 (Source : couples- Jean jacques Terrain Hazan déc. 2006).....	15
Fig. 10 : Mausolée à aswan XI e au XII e siècle (Source: Alicia Carrilo -Roxana RECIO, Antonio CORTIJO OCAÑA (orgs.). Mirabilia 22 (2016/1) Isabel de Villena (1430-1490)).....	16
Fig. 11 : Pièce de Mouqarnas Hamam abou al oussoud Fustat XI e au XII e siècle (Source: Alicia Carrilo -Roxana RECIO, Antonio CORTIJO OCAÑA (orgs.). Mirabilia 22 (2016/1) Isabel de Villena (1430-1490)	16
Fig. 12 : Pièces et types de Mouqarnas Dr Choqy Al Rezqy7	17
Fig. 13 : source Mouqarnas revue (8):	18
Fig. 14 : pieces d apres le livre du kashi (9)	18
Fig. 15 : pieces d apres A.Fernandez Puertas (9)	19
Fig. 16 : Dessin O Jones et j (10)	19
Fig. 17 : Modelisation j p castera (11)	20
Fig. 18 : plan et axonométrie d'un Mouqarnas d'angle par bourgoun ,Ip 88(14)	20
Fig. 19 : parties du bloque p 22 par Mamoun sekkal (16).....	21
Fig. 20 : plans paramétrique d'une voute par Silvia Harmsen, p 11(18).....	22
Fig. 21 : modélisation paramétrique d'une voute par Silvia Harmsen, p 11(18).....	22
Fig. 22 : les trois styles de Mouqarnas proposés par shiro takahashi (19)	23
Fig. 23 : croquis de rotation de polygone comme principe de tracés des coupoles a mouqarnas - dessin auteur.....	27
Fig. 24 : éléments constitutifs de la coupole du mihrab à Cordoue en rouge trompe et en bleu pendentif- dessin auteur	28
Fig. 25 : Plan et vue de la coupole au coté droit du Mihrab à la mosquée de Cordoue Dessin schématique repris par l'auteur	29
Fig. 26 : Schéma montrant les trois types de profils de gauche dessin auteur	30
Fig. 27 : Différents profils de pièces Mouqarnas	31
Fig. 28 : vue de la coupole de l'entrée principale du bîmârîstân Al Nourri à Damas	32

Fig. 29 : Plan et détail de la coupole de l'entrée du bîmârîstân Al Nourri à Damas principale montrant le module unitaire de la composition - dessin auteur	33
Fig. 30 : vue de la coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas Photo Daniel Demeter syriaphotoguide.com	34
Fig. 31 : Plan et Détail de la coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas montrant le principe des unités variables qui constituent la composition -dessin de l'auteur.....	35
Fig. 32 : Coupole de La salle des Deux Sœurs. Palais des Lions Al Hamra –Grenade - dessin auteur.....	37
Fig. 33 : coupole de l'entrée principale de la Madrassa Al Jaqmaqya à Damas - dessin auteur.....	38
Fig. 34 : Mausolée de Gulshani egypt 15 e siecle.....	39
Fig. 35 : Cour des lions grenade 14 e siecle	39
Fig. 36 : Esrefog'u Mosquée Turquie 13 e siecle	39
Fig. 37 : Palais Abbasi de Bagdad 13 e siècle	39
Fig. 38 : Siba iyva Madrassa Damas 16 e siecle.....	40
Fig. 39 : Entree shah mosquée Isfahan	40
Fig. 40 : Plan de la coupole dessine par l'auteur	49
Fig. 41 : Plan et vue de la coupole de maqsura de la mosquée de Tlemcen Plan dessin Antonio Almagro	50
Fig. 42 : Plan de la mosquee Sidi Abi Al Hassan Fig 42 R Bourouiba, L Art Religieux Musulman En Algérie - SNED 2 em édit 1983.....	51
Fig. 43 : La Mosquee Sidi Abi Al Hassan , à gauche l' entree, à droite le Mihrab Source ; http://www.disccoverislamicart.org	52
Fig. 44 : la coupole du mihrab tirée du même site discover.....	52
Fig. 45 : Perspective et coupe relevé de la coupole du Mihrab de la mosquée de Sidi Abi Al Hassan ; d après G Marçais (1).....	54
Fig. 46 : plan de la coupole dessiné par l'auteur	54
Fig. 47 : tracé geometrique basé sur les octogones avec deux mesures repetitives dessiné par l'auteur	55
Fig. 48 : principe du tracé basé sur la rotation des carrées. dessiné par l'auteur	56
Fig. 49 : principe du tracé basé sur la repetition de la portion triangulaire, dessiné par l'auteur	56
Fig. 50 : Quelques pièces de Mouqarnas en 3d séparées et en montage dessin de l'auteur.....	57
Fig. 51 : Quelques pièces de Mouqarnas en 2d et er. 3d séparées dessin de l'auteur	58
Fig.52 : a/ Principe du Design de quelques pièces de Mouqarnas projection et 3d basé sur le triangle isocèle avec les distances unitaires de ses cotes et de sa base dessin de l'auteur	59
Fig. 53 : b/ Principe du Design de quelques pièces de Mouqarnas projection et 3d dessin de l'auteur	60
Fig. 54 : Croquis montrant la structure filière et ombrée du montage des pièces à Mouqarnas , dessiné par l'auteur	61
Fig. 55 : Croquis de lecture des éléments et pièces constituants la coupole dessiné par l'auteur.....	61
Fig. 56 : Montage en 3D en s'alignant sur le plan, dessiné par l'auteur.....	62
Fig. 57 : étape 01 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur	62
Fig. 58 : étape 02 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur.....	63
Fig. 59 : tape 03 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur	63
Fig. 60 : étape 04 du montage des pièces de Mouqarnas projection et 3d dessiné par l'auteur.....	64

Fig. 61: vues éclatées en 3D de la coupole à Mouqarnas dessiné par l'auteur.....	64
Fig. 62: vues d'en dessous et de dessus de la coupole à Mouqarnas dessiné par l'auteur	65
Fig. 63: l'image réelle idem celle Fig 19bis	66
Fig. 64: vue cavalières de la coupole à Mouqarnas dessiné par l'auteur	66
Fig. 65: vue d'en bas d'une toiture contemporaine ondulée dans les deux axes X.Y en Mouqarnas conçue et dessiné par l'auteur	68
Fig. 66: vue proche d'en bas de la toiture a Mouqarnas conçue et dessiné par l'auteur	69
Fig. 67: vue d'en bas d'une toiture contemporaine ondulée dans les deux axes X.Y en Mouqarnas conçue et dessiné par l'auteur	69
Fig. 68: vue de façade la toiture a Mouqarnas selon l'axe X conçue et dessiné par l'auteur	70
Fig. 69: vue de façade la toiture a Mouqarnas selon l'axe Y conçue et dessiné par l'auteur.....	70
Fig. 70: vue en haut de la toiture à Mouqarnas dessinée par l'auteur.....	71

Liste des tableaux :

Tableau 1 tableau de mouqarnas apparu par region et par date. Source Alicia Carrillo -Roxana RECIO, Antonio CORTIJO OCAÑA (orgs.). <i>Mirabilis</i> 22 (2016/1) Isabel de Villena (1430-1490) ...	11
Tableau 2 Tableau récapitulatif de classement des Muqarnas	44

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

- **français**

- Bourgoïn, 1892, Précis de l'art arabe et matériaux pour servir à la théorie et à la technique des arts de l'Orient musulman, BNF, p 125.
- H. Saladin, 1907, Manuel d'art musulman -l'architecture-, édition Librairie Alphonse Picard et fils Paris, p 630
- Jean-Jacques Tirrin Hazan, 2006, Coupôles. p 79.
- Michel Ecochard, 1977, Filiation De Monuments Grecs, Byzantins Et Islamiques- Une Question de Géométrie, Paris : Paul Geuthner, p 130.
- Rachid BOUROUIBA, 1983, L'art religieux Musulman En Algérie, SNED, p 327
- W&G Marçais, 1990, Les Monuments Arabes de Tlemcen, éd Albert Fontmoing paris, p 442.

- **Anglais**

- Al Assad. M, 1994, Applications of Geometry. In Frishman, M. and Khan, H.-U., editors, The Mosque. History, Architectural Development & Regional Diversity, Thames and Hudson, London, p 288.
- Al kashi, 2005, key to arithmetic, malek library, Tehran- source Muqarnas annual Vol 22, p 289
- Emmer. M, 2007, Mathematics and culture, édition hadcover, p 257.
- Giuseppe amoruso Ed Hershey, 2016, handbook of research on visual computing, Pennsylvania igi global, p 898
- Jean P. Castera, 1999, arabesque, translated from french by Ihearn, acr édition international courbevoie paris, p 480.
- Owen Jones, Jules Goussier, 1842, plans elevations sections and detail of Alhambra London, tome 1 p 344+ tome 2 p 220.
- Titus burkhardt, 2010, Art of Islam, Language and Meaning, World Wisdom Inc, p 240.
- Vincenza Garofalo, 2010, Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world. vol27, p 454.

- Yasser Tabbaa, 1985, Muqarnas vol.3, p 161
- Yvon Dold Simplonius et Silva L Harmsen, 2005, Muqarnas annual on the visual culture of the islamic world, v 22, p 289

Article :

- alicia carelo , 2016, The sasanian Traition in Abbâsid Art: squinch fragmentation as the structural origine of the Muqarnas, p 26
- Hadi safeipour,2012, Traditional Complex Modularity in Islamic and Persian Architecture, www.academia.edu, p13
- Lucien Golvin, 1962, Fouilles archéologiques à la Qal'a des Banû Hammâd, p 12.
- Lucien Golvin, 1974, L'occident musulman et de la méditerranéen Les plafonds à Muqarnas de la Qal'a des Banû Hammâd et leur influence possible sur l'art de la Sicile à la période normande, p 8.
- Nurhan Atasoy / Afif Bahnassi / Mchael Rogers, 1984, XIVE exposition itinérante de reproductions d'œuvres d'art d'unesco, p 175.
- Mamoun Sakkal, 1981, Geometry of Muqarnas in Islamic Architecture, University, p14.
- Shiro Takahashi, 1983, Muqarnas, Tama Art University Bulletin No. 1
- Yasser Tabbaa, 2013, The Muqarnas Dome: Its Origin and Meaning, BIRILL 1985, p 15.
- Alicia Alicia Carrillo, 2016, *The Sasanian Tradition in 'Abbâsid Art: squinch fragmentation as The structural origin of the muqarnas, Mirabilia, P 26*
- الرزقي شوقي ، 2004، المقرنصات الحمادية ، الاتحاد العام للآثار بين العرب، 36 ص

Arabe :

- باسيليون بابون مالدونادو ، 2010، العمارة الإسلامية في الأندلس، عمارة القصور . ion arabe national ، center of traduction cairo, 352 ص
- ولفرد جوزف دल्ली، 1992، العمارة العربية بمصر في شرح المميزات البنائية الرئيسية للطراز العربي، مطابع الهيئة العامة للكتاب، 205 ص

Thèses :

- Arezqi choqi -thèse doctorat le développement des Mouqarnas au Maghreb, univers d'Alger, institut d'archéologie

- Silvia Harmsen , 2006, Algorithmic Computer Reconstructions of Stalactite Vaults - Muqarnas - in Islamic Architecture, THÈSE à Obtention du doctorat la Faculté des sciences naturelles et des mathématiques la Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg , p 137
- Mohammad Mansouri, 2013, master, directeur de memoire F.Guéna ENSAPLV . Modélisation paramétrique des muqarnas. P 71
- شوقي الرزقي، 1997 ، مكانة المقرنصات الحمادية في العمارة الإسلامية.

Sites web :

- discover islamic art- banu hamade , www.discoverislamicart.org
- The great Mosque of Tlemcen and the Dome of its Maqsura. Al-Qantara, 2015, p59, www.alqantara.org
- Orkan Zeynel Güzelci T.C, 2016, Istanbul Kultur University , COMPUTATIONAL INTERPRETATIONS OF 2D MUQARNAS PROJECTIONS IN 3D FORM FINDING, p 10, https://www.researchgate.net/publication/310374670_COMPUTATIONAL_INTERPRETATIONS_OF_2D_MUQARNAS_PROJECTIONS_IN_3D_FORM_FINDING