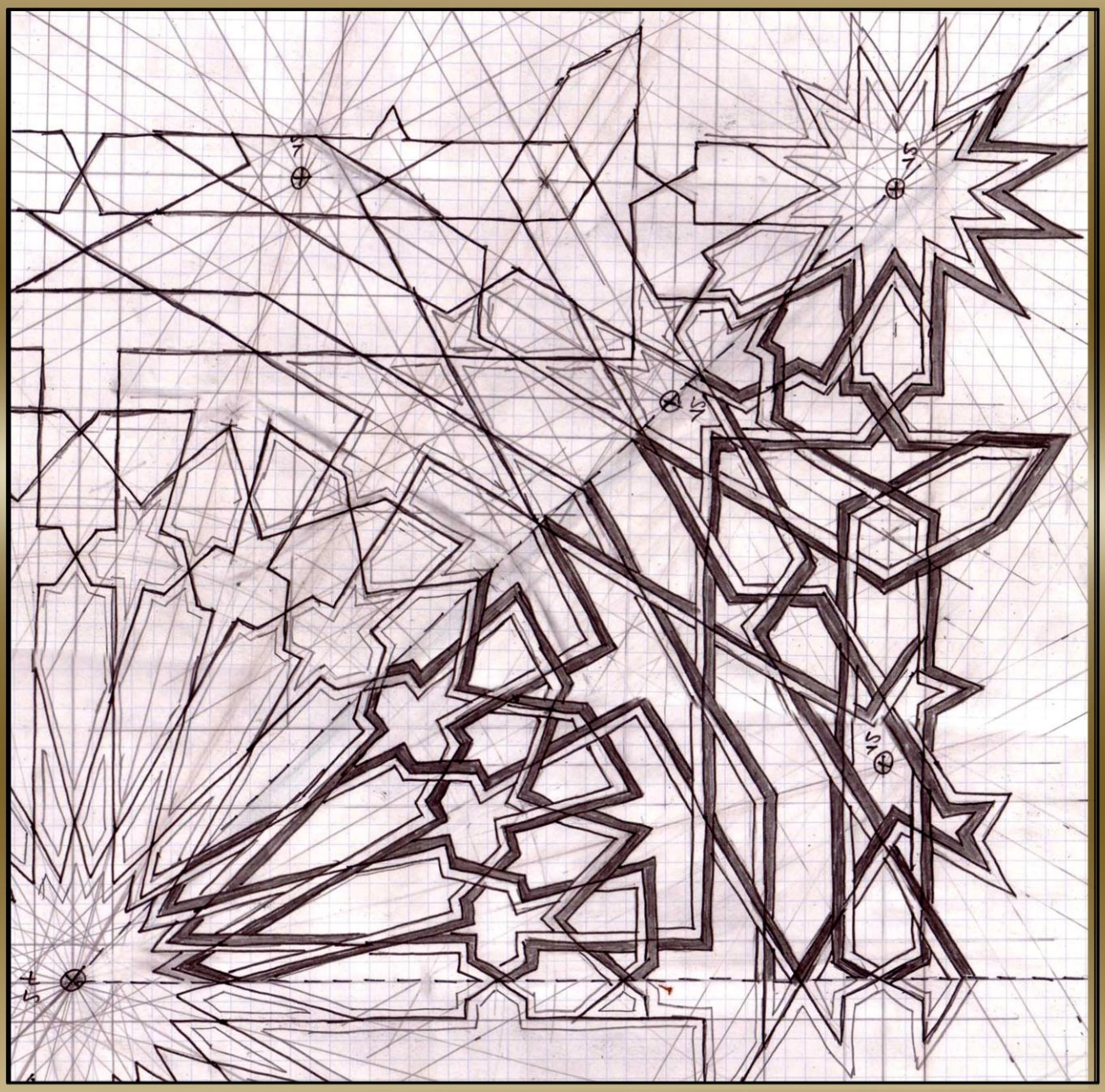
DESSIN DE L'ARABESQUE

TOME 1 : héritages et décors.



Par Louis ARNAUD

Titre des livres de l'auteur :

Dessin de l'arabesque : 4 tomes.
L'arabesque en Espagne : 2 tomes.
L'arabesque au Maroc : 4 tomes.
L'arabesque seldjoukide : 2 tomes.
L'arabesque dans l'empire ottoman : 2 tomes
L'arabesque en Asie Centrale : 2 tomes.
L'arabesque au Rajasthan : 3 tomes.
L'arabesque en Iran : 2 tomes.
Technique de l'arabesque : 2 tomes.
Arabesques traditionnelles : 1 tome.
Arabesques modernes : 1 tome.
Pavages d'arabesques : 1 tome.
Construction d'arabesques : 1 tome.

Pour en savoir un peu plus sur l'auteur :
http://www.arabesquesgeometriques.fr/bibli1/auteur.pdf

Consultez son site pour avoir accès à plus de 2000 photos haute résolution, près de 200 diaporamas ou vidéos et près de 200 constructions guidées, le tout agrémenté d'une musique orientale originale.
www.arabesquesgeometriques.fr/

Tous les dessins et photos sont de l'auteur.

Le dessin de l'arabesque.

LA GEOMETRIE DES ARABESQUES

Ce livre dévoile la clef pour la construction des arabesques des trois grandes zones d'influence de style et de conception :

La zone romaine avec son système **modulaire** convergent rencontré dans l'ouest du bassin méditerranéen.

La zone persane et son système convergent **polygonal** rencontré dans la partie orientale du monde musulman jusqu'aux Indes.

Dans la zone intermédiaire, les Seldjoukides ont su développer, au XII ème siècle, un système très élaboré de construction d'étoiles aux branches multiples.

Les différentes techniques de construction sont étudiées dans les quatre premiers tomes.



Par Louis Arnaud

PHOTOTHEQUE

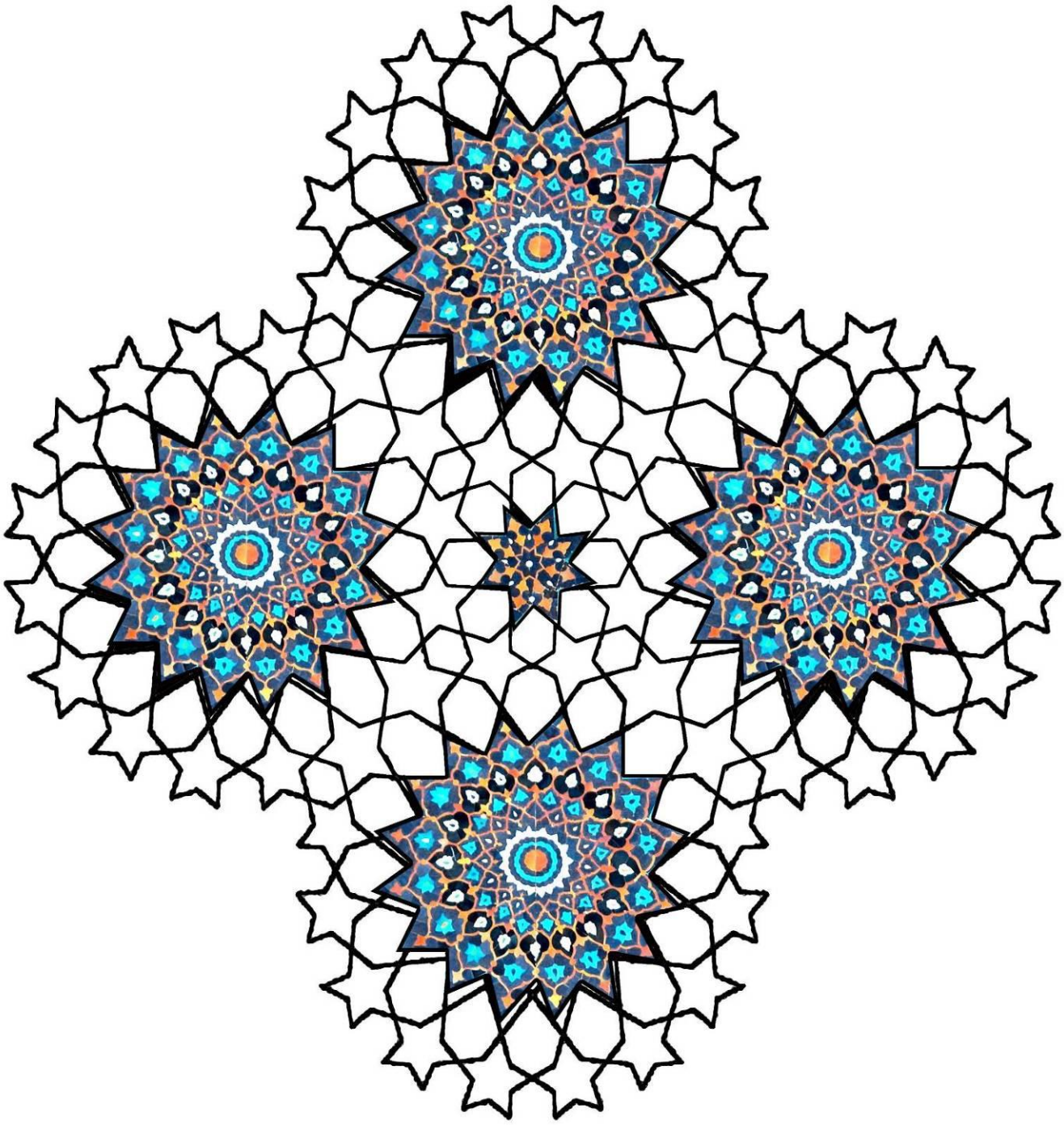


TABLE DES MATIÈRES : TOME 1

Héritages et décors :

PHOTOGRAPHIES

ZONES D'INFLUENCE : ***6***

Zone d'influence romaine : 16

Zone d'influence perse : 35

DIVERSITÉ DES DÉCORS : ***59***

L'iconoclastie : 60

La calligraphie : 66

Les décors floraux : 76

Les décors géométriques : 88

Familles géométriques : 99

TABLE DES MATIERES : TOME 2

Famille octogonale :

SYSTEME MODULAIRE : ***138***

Étude des squelettes : 154

Pièces fondamentales : 160

FAMILLE OCTOGONALE : ***164***

Étoile à huit rayons : 165

Constructions simples : 177

Composition de squelettes : 215

LES ETOILES : ***228***

L’étoile à 16 rayons : 229

L’étoile à 24 rayons : 249

L’étoile à 32 rayons : 258

L’étoile à 48 rayons : 267

L’étoile à 64 rayons : 276

L’étoile à 96 rayons : 282

TABLE DES MATIERES : TOME 3

Système octogonal , pentagonal :

ENTRELACS SIMPLES : ***286***

Entrelacs de type Fès : 297

Entrelacs de type Alhambra : 302

Entrelacs multiples : 308

Entrelacs casses : 319

SQUELETTE CACHE : ***324***

CADRAGE : ***332***

ENTRELACS COLORES : ***336***

SYSTEME HEXAGONAL : ***364***

SYSTEME PENTAGONAL : ***380***

TABLE DES MATIERES : TOME 4

Système persan, seldjoukide :

SYSTEME CONVERGENT PERSAN : ***397***

L’étoile à huit : 413

L’étoile à dix : 424

L’étoile à douze : 436

L’étoile à neuf : 450

L’étoile à seize : 453

L’étoile à sept : 455

Les surmodules : 457

Méthodes de construction : 460

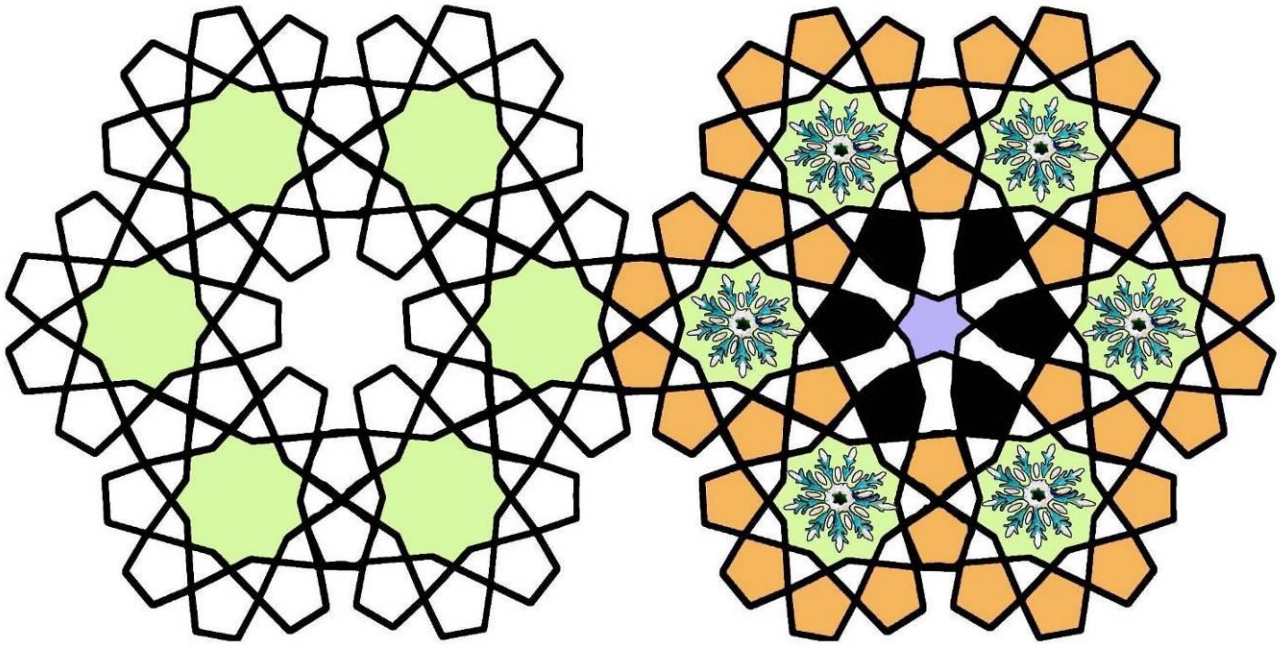
Le nombre d’or : 466

NOUVELLES STRUCTURES : ***471***

CONTACTS : ***507***

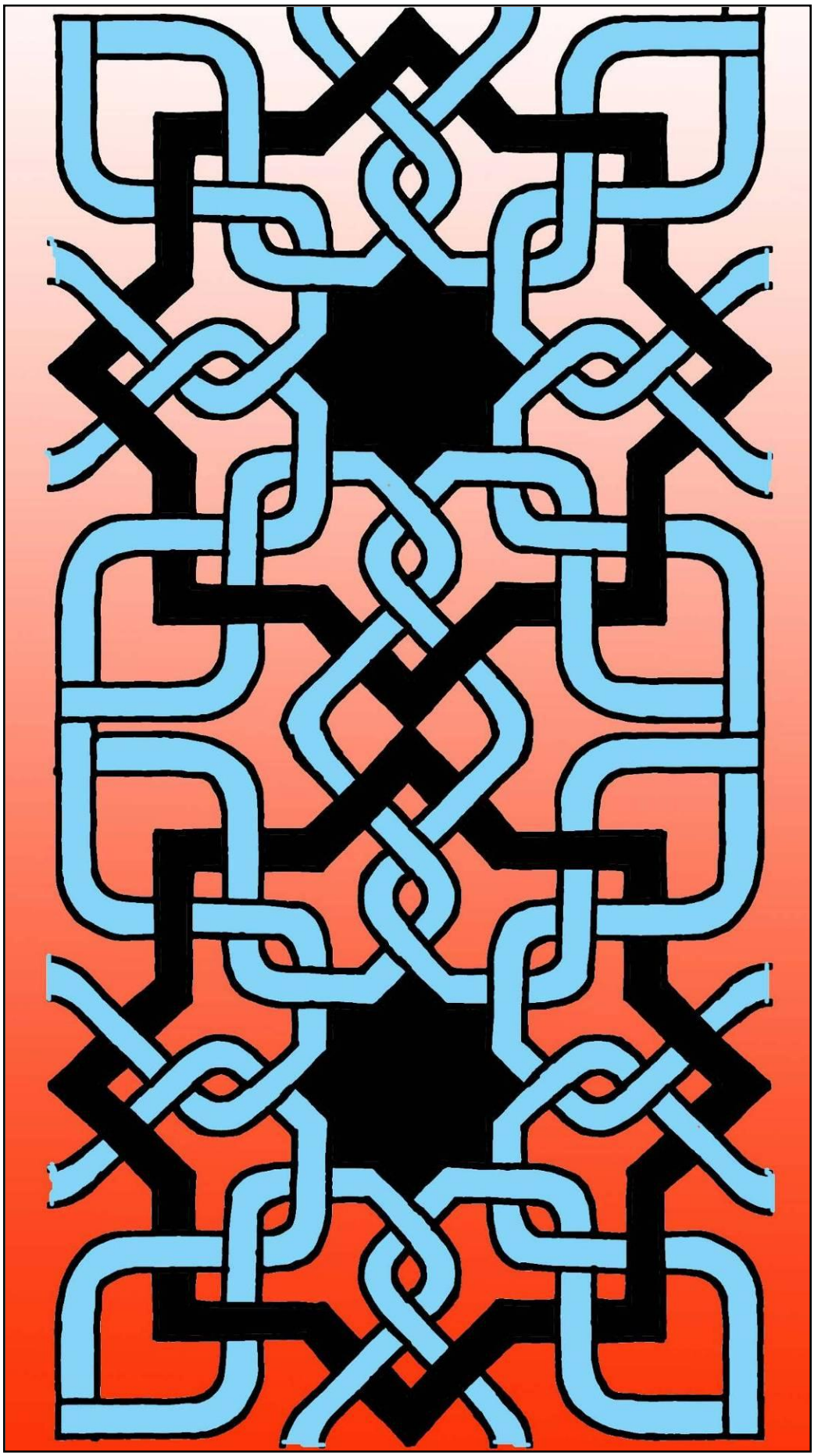
Le dessin des Arabesques

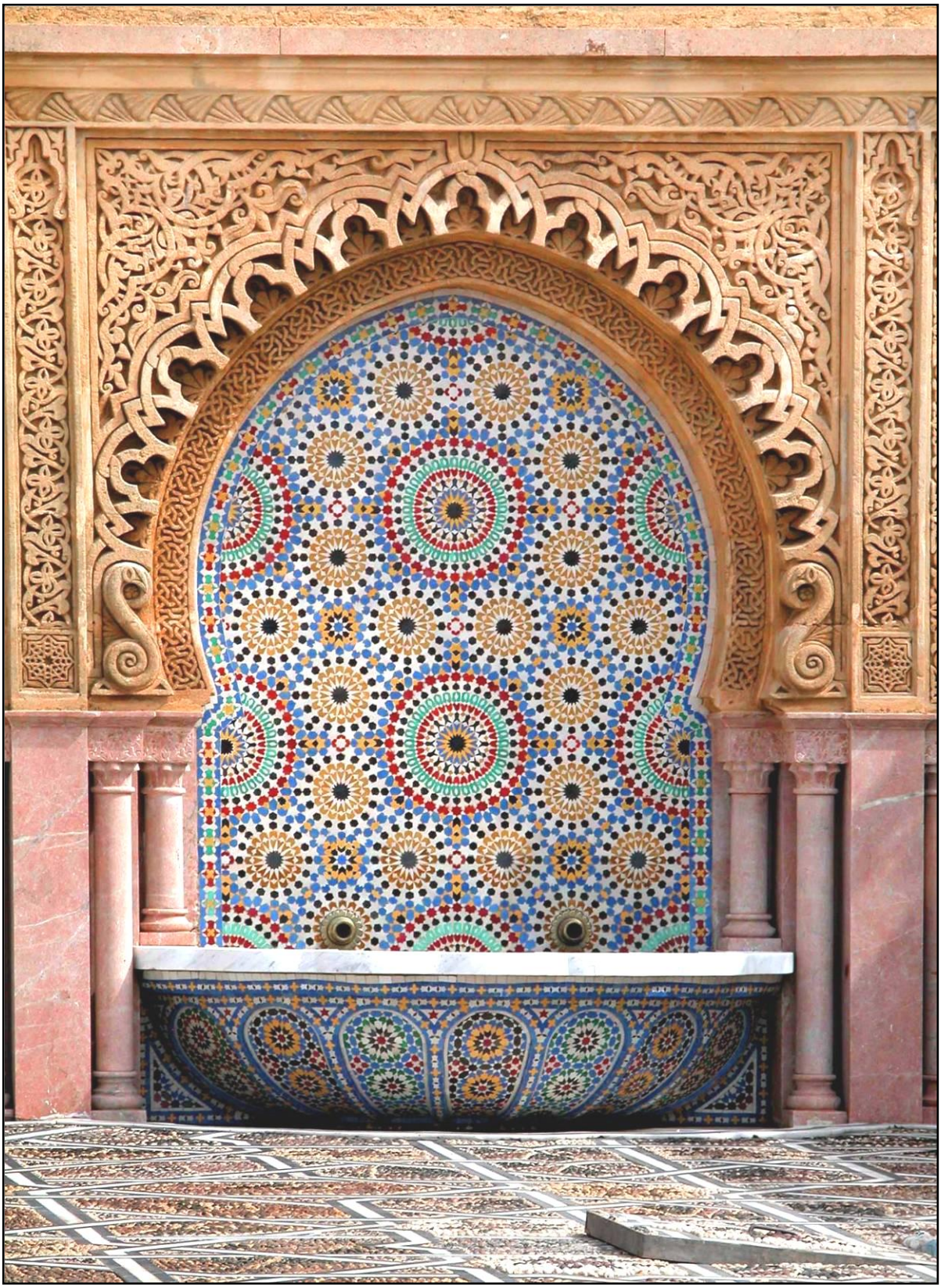
PHOTOGAPHIES **DIAPORAMA**



DESSIN : LES INFLUENCES

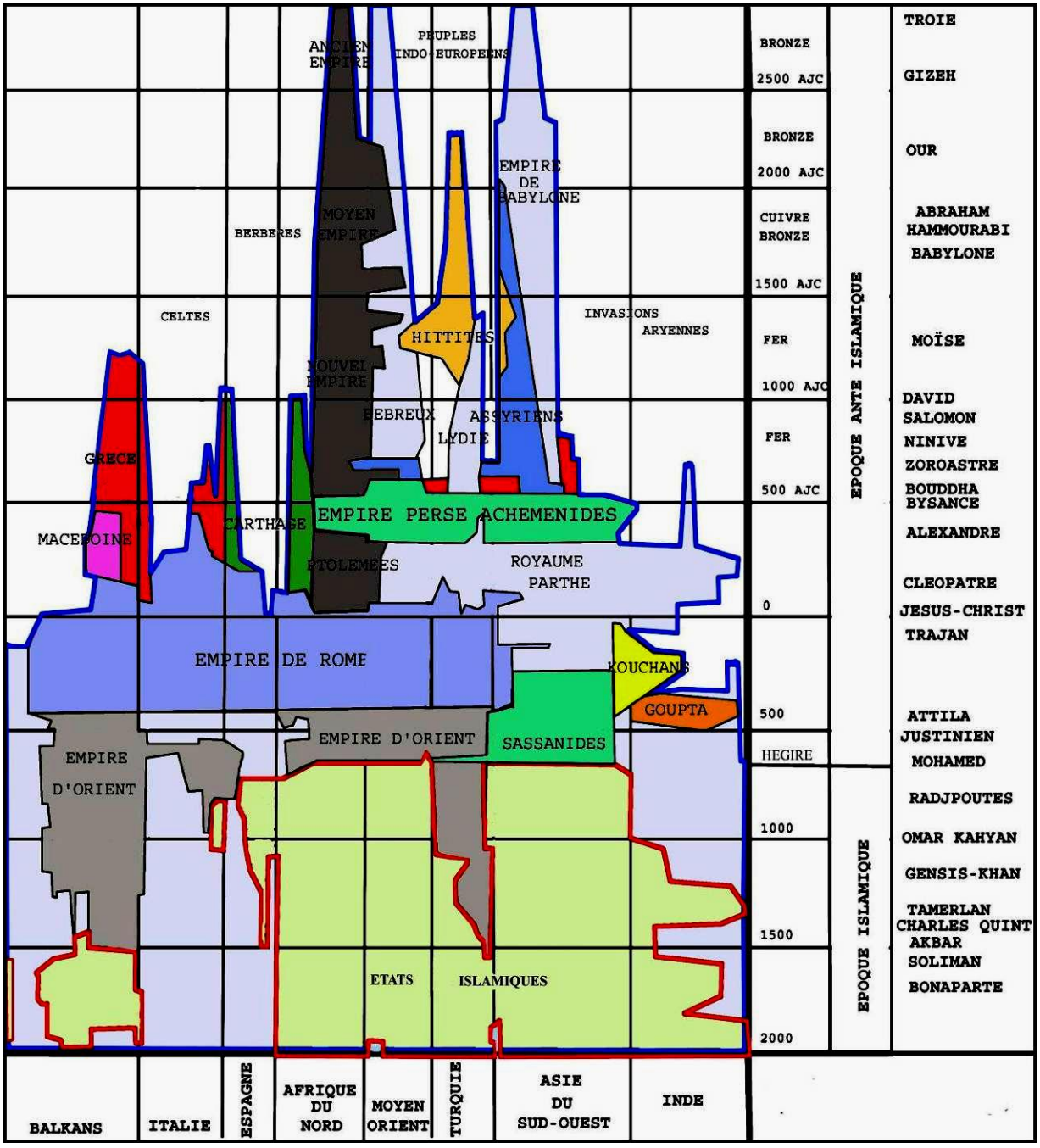
RETOUR





Composition d'étoiles à seize et à trente-deux pour cette fontaine du mausolée Mohamed V à Rabat.

Le monde musulman dans son contexte historique :



De par sa position géographique la civilisation islamique a hérité les cultures, qui, de l'Europe à l'Indus, ont créé notre monde actuel :

- Celle de l'empire romain d'Occident et d'Orient.
- Des peuples grecs, hébraïques, hittites du pourtour de la méditerranée.
- Des empires égyptiens.
- Des populations de la Mésopotamie : Our et Babylone qui nous ont légué l'écriture et la codification de la vie par la loi.
- Des Achéménides, des Parthes et des Sassanides de l'ancien empire Perse ; tous de grands bâtisseurs.

L'empire romain d'orient (en gris), est enfoncé comme un coin dans l'Islam, cela explique les différences culturelles entre ces deux parties du monde, donnant naissance aux deux héritages principaux, l'un d'influence romaine et l'autre d'influence perse ; les Ottomans unifieront ces deux cultures.

Deux zones :

- Romaine : cette zone d'influence (en jaune) englobe tout le bassin méditerranéen ainsi que l'Anatolie, avec les contributions byzantines dans l'architecture et perses dans la céramique.

- Perse : de nombreuses techniques provenant de Chine se sont développées dans cette zone (en rouge) : Transoxiane, Khorezm, Khorasan (régions situées entre l'Amour Daria et le Syr Daria), Sogdiane, Bactriane (nord de l'Iran et de l'Afghanistan) ; zone qui s'étend jusqu'à Delhi.



Le monde islamique s'est développé sur une très grande étendue territoriale et doit son unité culturelle au cinquième pilier de l'Islam : le pèlerinage à La Mecque. Obligatoire pour tous les fidèles en ayant les moyens, ce voyage a permis un véritable brassage culturel et une circulation des connaissances de l'Inde jusqu'en Europe. Après avoir acquis les techniques et les connaissances des peuples assujettis, ces nomades assez frustes de la péninsule Arabique les ont ainsi répandues rapidement dans toute leur sphère d'influence.

Ibn Batouta, grand voyageur du monde arabe de 1368 à 1377, a ramené de ses voyages un journal de route très précis après avoir parcouru, lors de son pèlerinage, tout le monde islamique : de Tanger, son lieu de naissance, jusqu'aux Philippines en passant par l'Asie centrale, et l'Inde.

Apparition des décors de céramique émaillée :

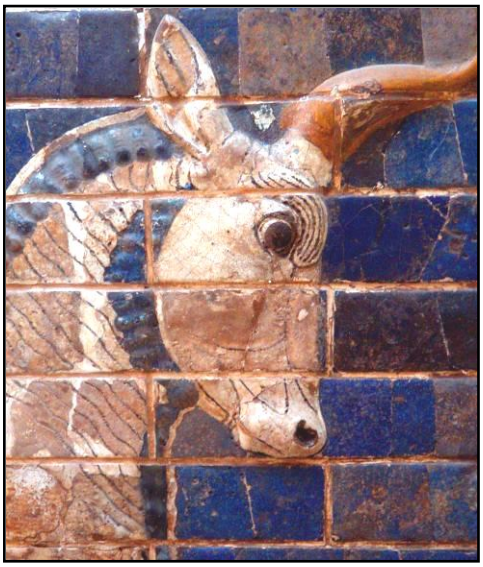
La cuisson de l'argile existe depuis que l'homme de Neandertal a découvert le feu, il y a quelque 70 000 ans avant J.C, mais c'est avec l'homo sapiens, 35 000 ans après, qu'apparaît une volonté artistique des arts du feu.

Les premières traces de céramiques émaillées ont été découvertes dans les sépultures égyptiennes du sixième millénaire avant J.C sous la forme de statuettes faites d'un mélange de silice, d'argile et d'oxydes métalliques : la pâte égyptienne. Des objets d'usage courant se rencontrent dans des fouilles effectuées en Mésopotamie sur des sites du quatrième millénaire avant J.C ; mais, il faut attendre jusqu' en 600 avant notre ère pour voir de grands ensembles architecturaux décorés de céramiques telle la porte d'Ishtar à Babylone ou la frise des Immortels à Persépolis.

Sous l'influence Romaine et Byzantine, présentes dans tout le bassin méditerranéen jusqu'en Anatolie, les premières mosaïques islamiques, celles des Omeyades, apparaissent sous forme de fragments de pierre ou de verre coloré : les tesselles. Celles du mihrab de la mosquée de Cordoue et de la façade de la grande mosquée des Omeyades de Damas sont encore visibles de nos jours.

L'art de la céramique pariétale émaillée était alors inconnu dans la sphère musulmane. Les égyptiens dans les tombeaux de Sakkarah, les Achéménides pour les hauts reliefs de Suse et les Babyloniens utilisaient déjà cette technique qui s'est ensuite perdue pendant plusieurs siècles.

Après la bataille de Talas, en 751, et la victoire des troupes Arabes sur celles de l'empereur de Chine, la céramique a été réintroduite dans la zone d'influence persane par les prisonniers artisans chinois et par les marchands de la nouvelle route de la soie. Au départ de Samarcande et de Boukhara ces techniques ce sont d'abord développées en Perse à Ispahan et à Kashim, où





Tête de taureau sacré et lion de la déesse Ishtar de la porte d'Ishtar à Babylone ; 562 – 604 avant J.C.

Visibles au musée de l'Ancien Orient à Istanbul, ces somptueux bas-reliefs en briques jaunes sur fond bleu, ouvraient la voie sacrée de la porte d'Ishtar de l'antique Babylone. Ils étaient construits dans un appareil de briques cuites colorées par des engobes de différentes couleurs et recouvertes d'une glaçure qui leur donnaient le brillant final.



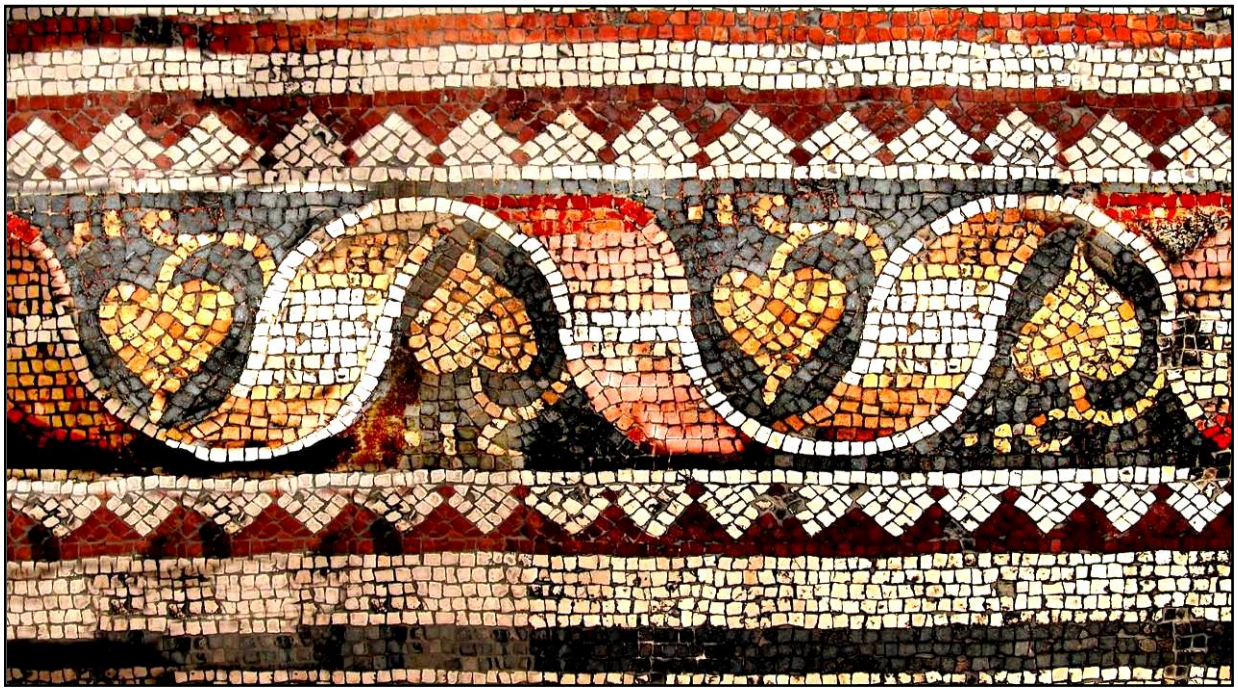


Frise des Archers du palais construit en 520 avant JC par Darius I à Suse









Frise byzantine de tesselles du VIème siècle du Palais des empereurs byzantins à l'Hippodrome d'Istanbul. Ce motif se rencontre dans de nombreuses compositions



Mosaïques à tesselles de Sainte Sophie représentant l'impératrice Zoé avec son dernier mari.

Apres la christianisation de l'empire Byzantin par Constantin en 330, les mosaïques à tesselles byzantines ne représentent plus que des scènes bibliques.

En Europe, l'évolution fut très lente et les premières productions se rencontrent chez les Grecs vers 1600 avant J.C alors que les Chinois maîtrisaient déjà la cuisson à 1200 ° pour la fabrication de la porcelaine à base de kaolin. Les progrès étaient freinés par la diffusion des secrets de fabrication qui ne se transmettaient que de génération en génération.

Les Arabes, profitant de la faiblesse des empires Byzantins et Sassanide en lutte continuelle, conquirent l'Anatolie et la Perse et se trouvèrent ainsi coincés entre deux cultures totalement différentes ; d'une part les restes d'un empire romain décadent avec, comme héritiers, les byzantins chrétiens et d'autre part la nébuleuse de l'empire chinois en pleine expansion vers l'ouest, commerçant avec l'occident par la route de la soie. La bataille de Talas mit fin aux ambitions chinoises en 751 et il fallut attendre 1453 pour que les Ottomans unifient ces deux cultures.



L'influence chinoise est visible sur ce vase Seldjoukide du XIIIème exposé au musée de Bursa.

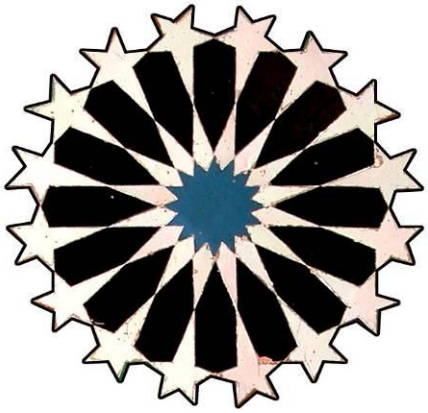


Céramiques Seldjoukides du XIème siècle du musée des arts turcs à Istanbul. L'aspect métallique de l'émail, très recherché à l'époque, était obtenu par une cuisson réductrice mise au point par les céramistes persans de Kachan.

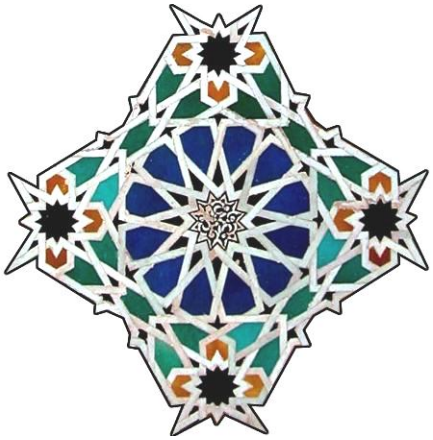




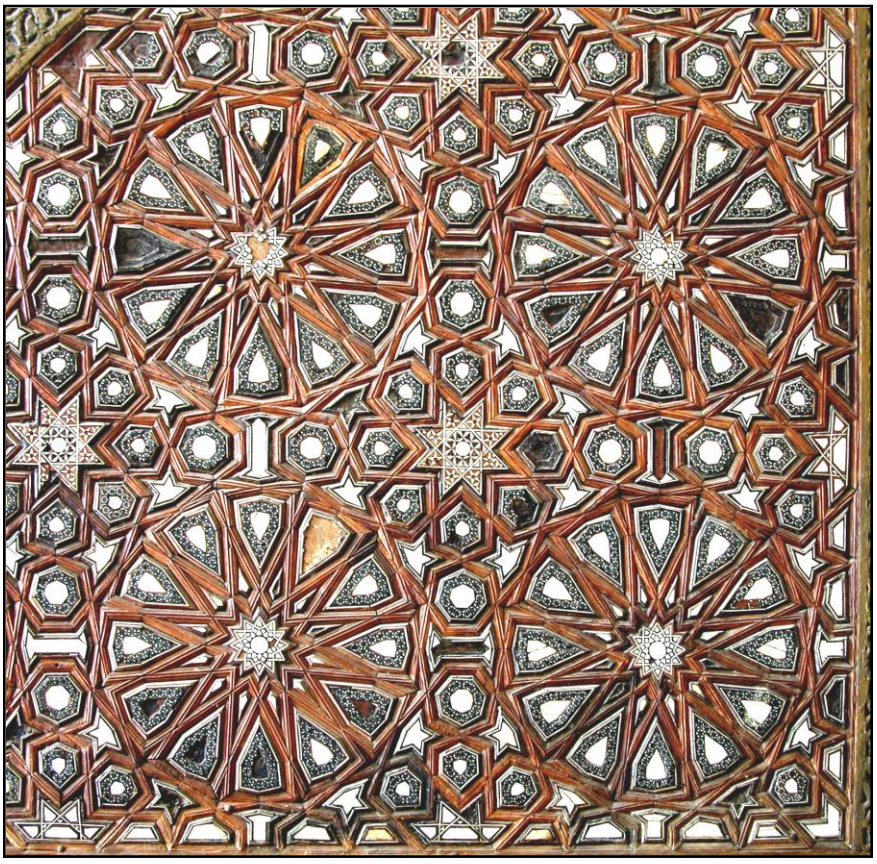
Zones d’influence Romaine :



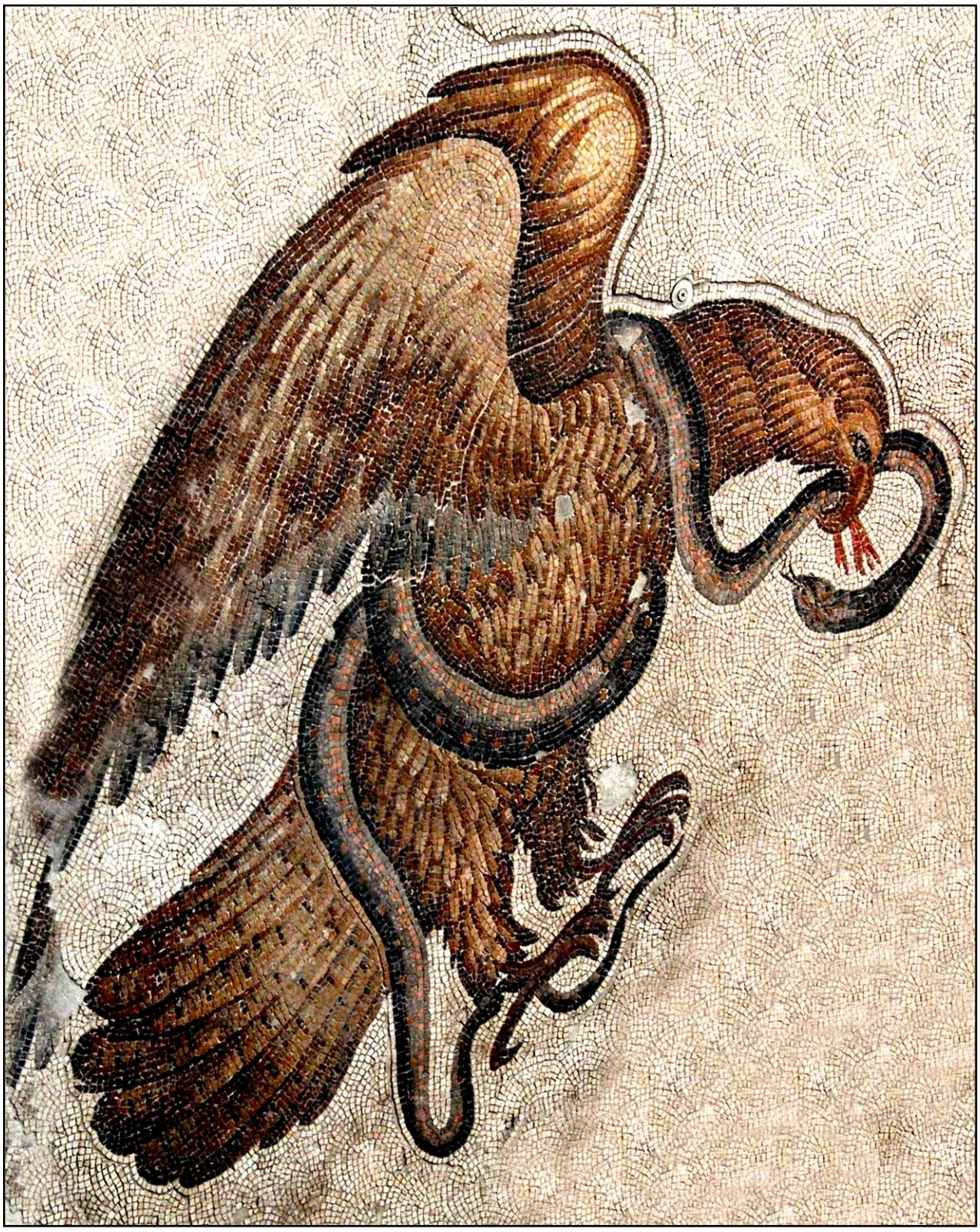
En Anatolie



Les Seldjoukides d’Iran sous le commandement d’Alp Arslam conquirent en 1071 l’Anatolie alors aux mains des Byzantins et fondèrent le sultanat Seldjoukide de Rom. Dans cette expansion vers l’Anatolie, ils se trouvèrent confrontés à deux systèmes architecturaux : celui du monde romano- byzantin avec comme référence Sainte Sophie et le modèle arménien encore visible dans l’architecture des églises d’Ani. La brique utilisée en Perse fut remplacée par la pierre de taille et l’arc persan par le plein cintre des Romains. Plus tard le plan type de la mosquée Iranienne avec son **tchahar bagh** central, ses quatre iwans et son pistach d’entrée fut abandonné au bénéfice de grandes coupoles contrebutées par des demi-coupoles.

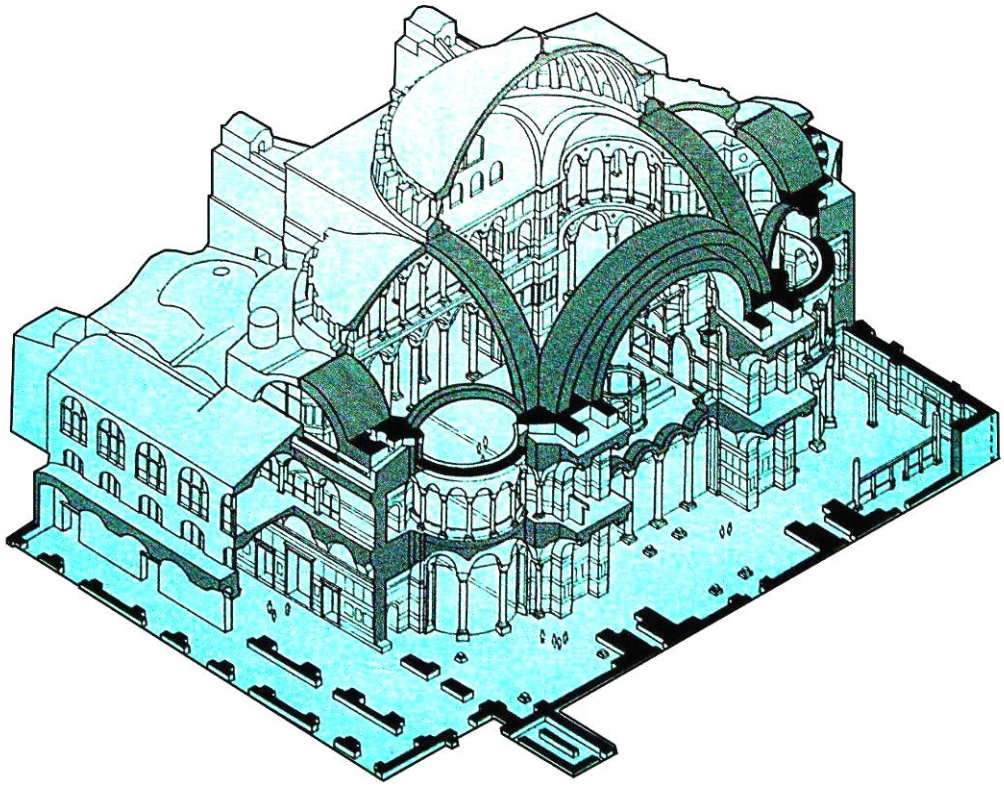


RETOUR



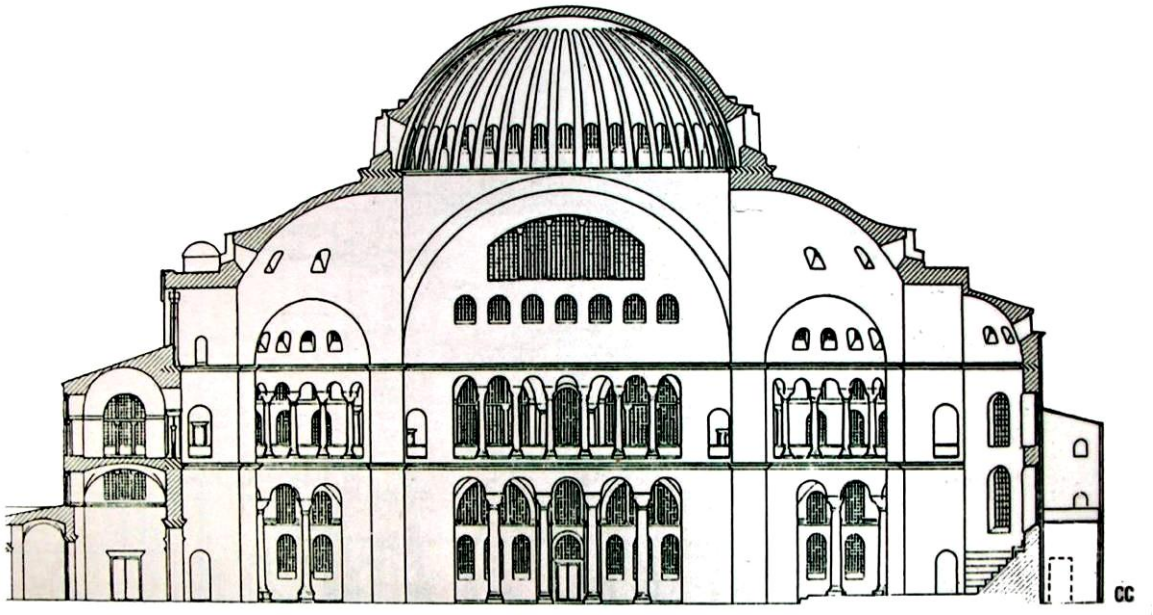
Mosaïque de tesselles du palais des Basileus à Byzance.

Les mosaïques romaines à tesselles représentaient des divinités ou des scènes de la vie quotidienne.

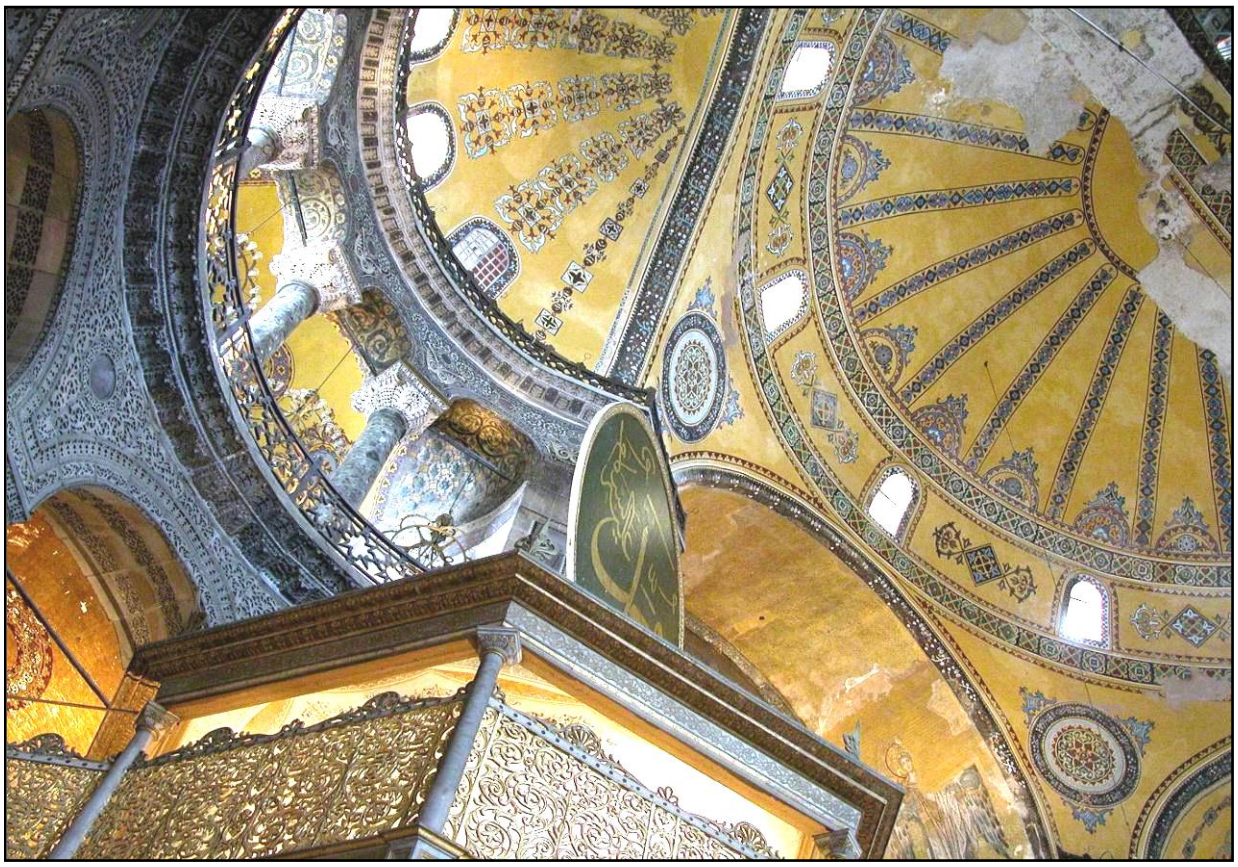


Construite par l'empereur byzantin Justinien en 532, la basilique Sainte Sophie, symbole architectural pour tout le bassin méditerranéen, fut, durant dix siècles, le plus grand monument de la chrétienté et plus tard celui de l'Islam lorsque le sultan Mehmed II la transforma en mosquée le 29 mai 1453.

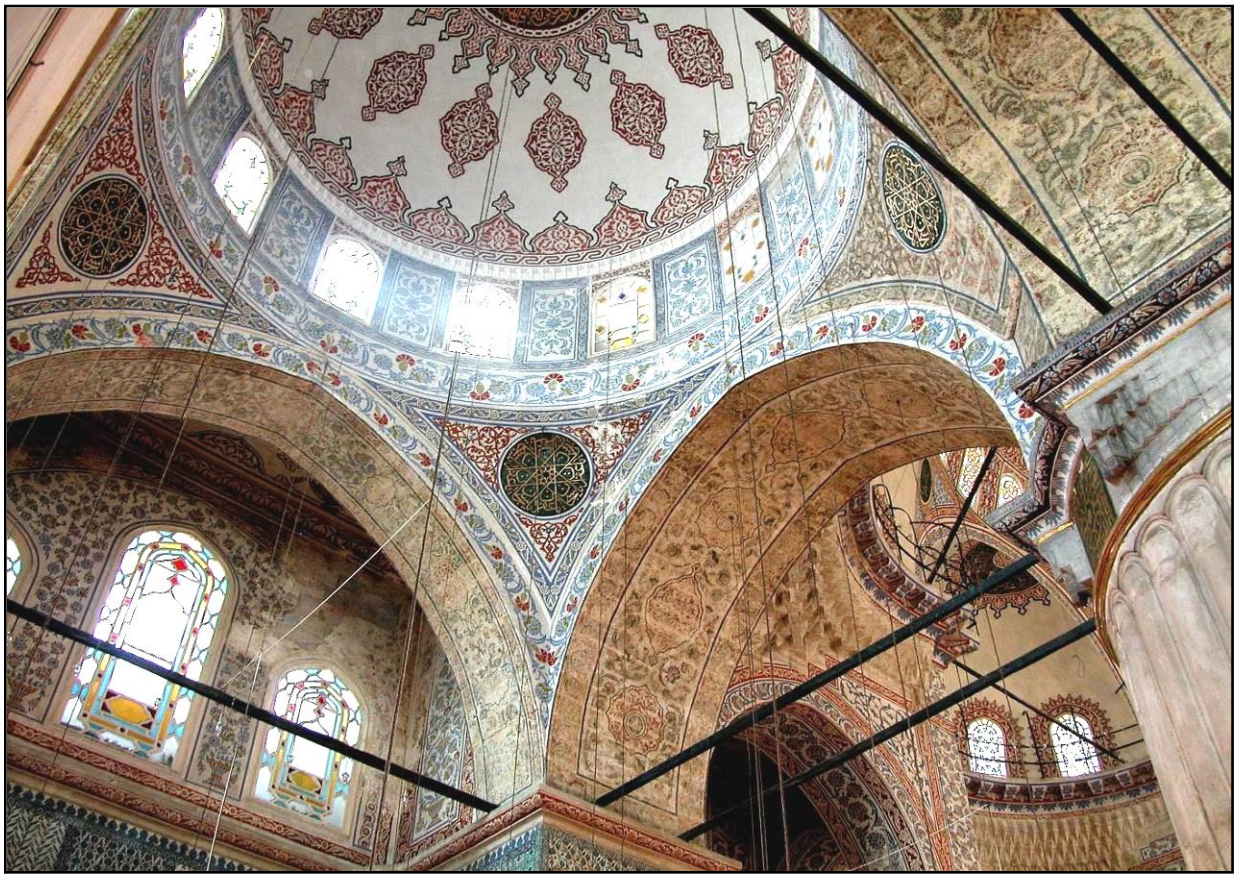
Avec sa coupole de 32 m de diamètre suspendue par un ensemble d'arcs romans et située à 56 m du sol, elle marque toujours de son empreinte les monuments de la zone méditerranéenne Ottomane.



Ce plan de construction du VIème siècle préfigure celui de toutes les grandes mosquées d'Anatolie construites par les Ottomans : une coupole centrale contrebutée par des demi-coupoles.

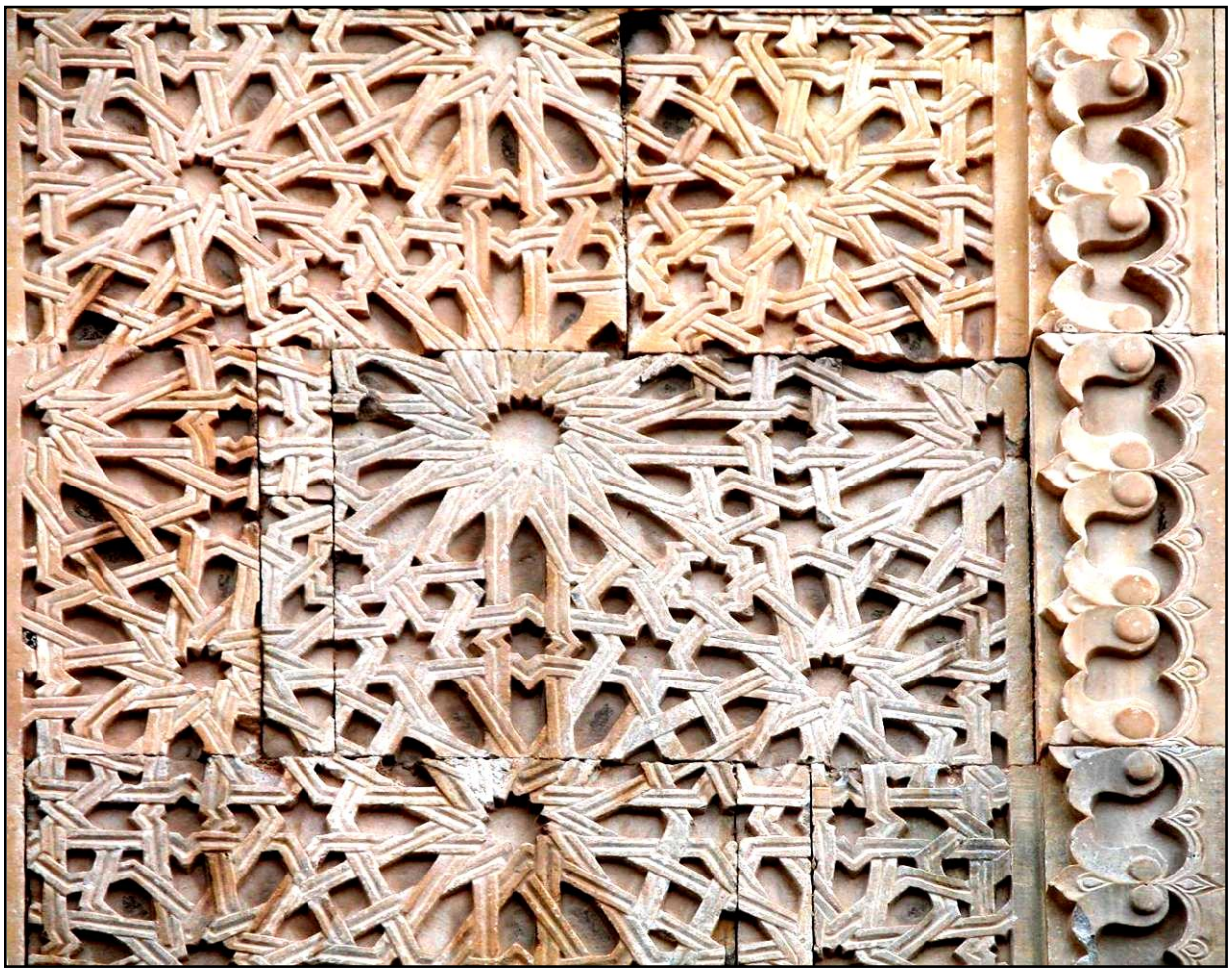


La coupole de Sainte Sophie a toujours été copiée, mais jamais égalée. Ci-dessous la coupole de la mosquée bleue d'Istanbul sa plus proche voisine.





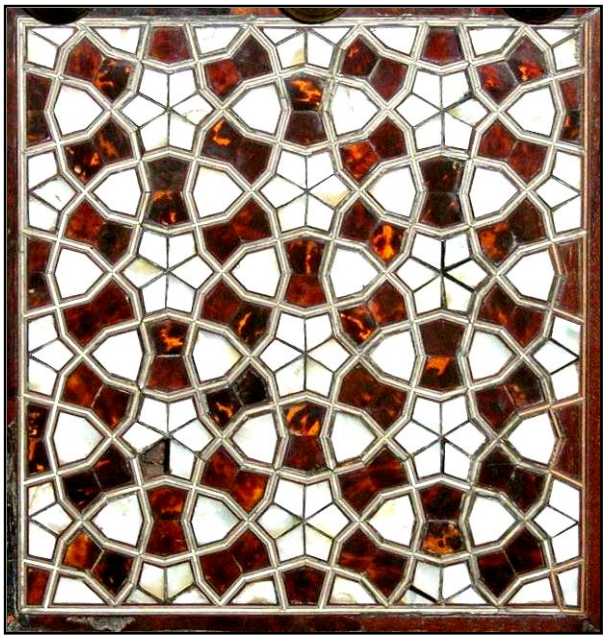
Constructions géométriques Seldjoukides : composition convergente d'étoiles à huit, dix, douze, et seize branches du portail du caravansérail de Sultanhani.



Les églises d'Ani, ancienne capitale de l'Arménie, montrent un goût très prononcé pour les constructions géométriques et pour l'utilisation de frises sculptées dans la pierre.

Le Seldjoukide Alp Arslam s'empara de l'Arménie et puisa dans son patrimoine culturel. C'est ainsi que la plupart des édifices qu'il construisit seront décorés de magnifiques compositions géométriques d'étoiles qui plus tard se répandront dans tout le monde islamique.





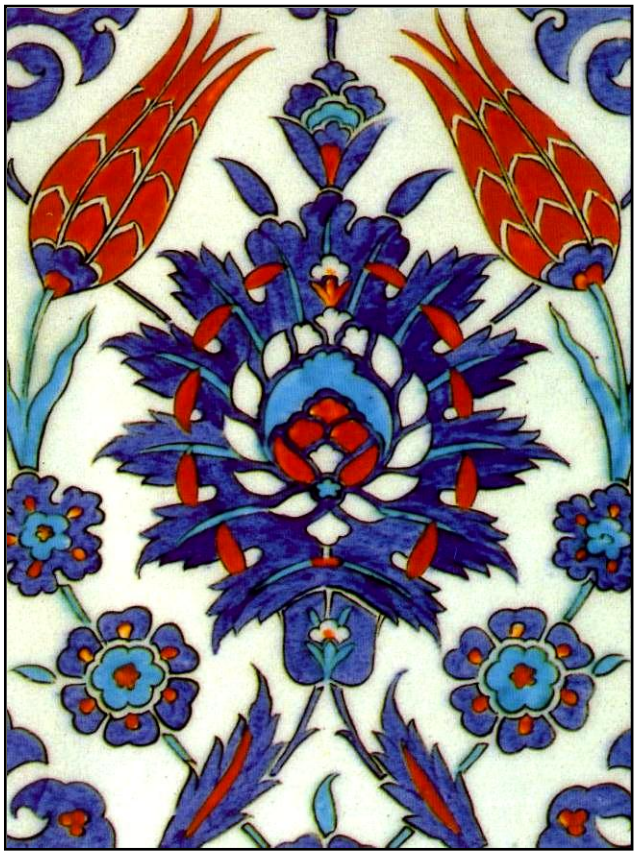
Les Ottomans ont conservé le dessin géométrique pour les plafonds et les portes.





Mosquée Rüstem Pasha à Istanbul : majoliques d'Iznik dans les tons de bleu et de rouge avec tulipes et palmettes stylisées.

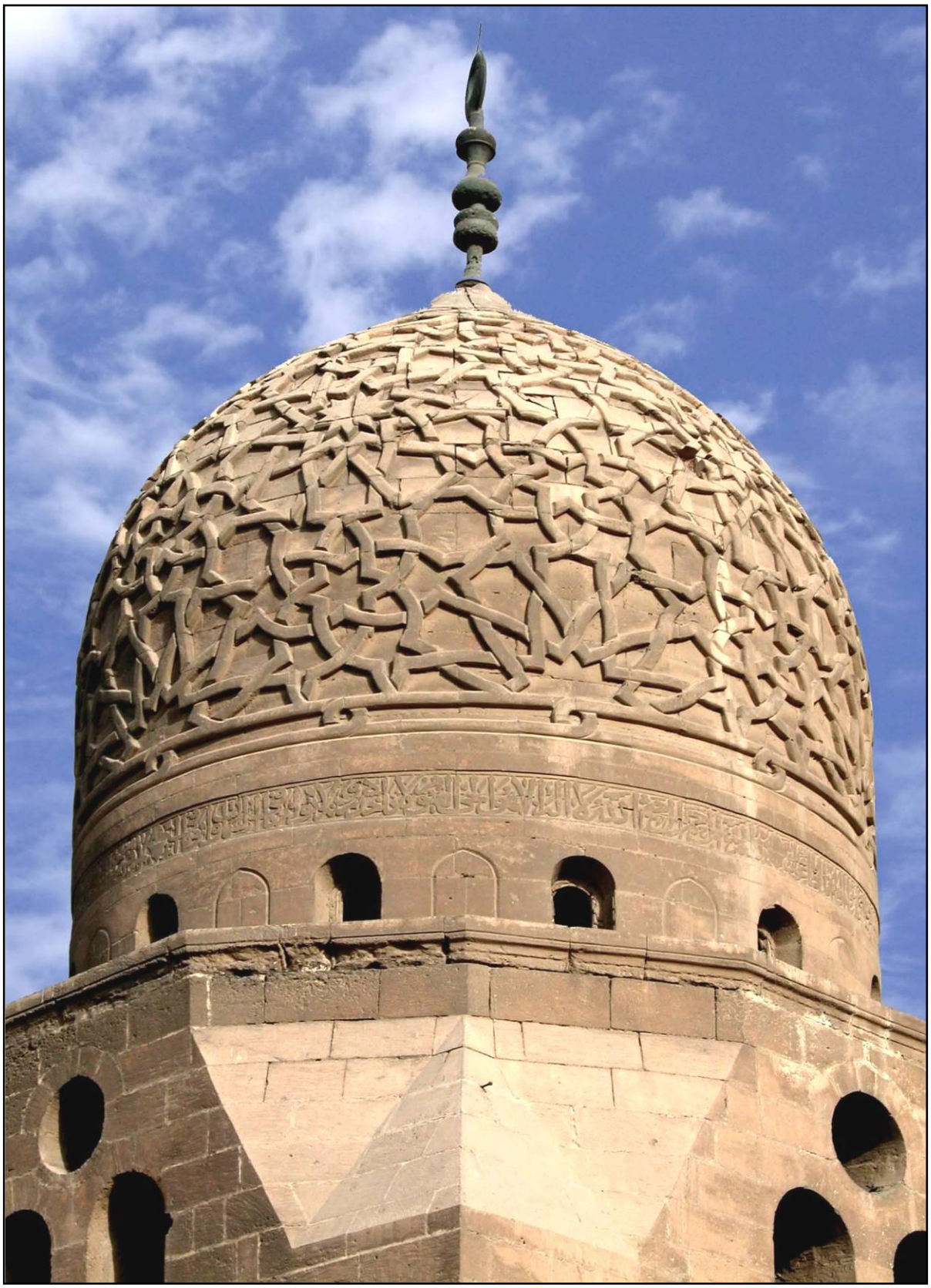




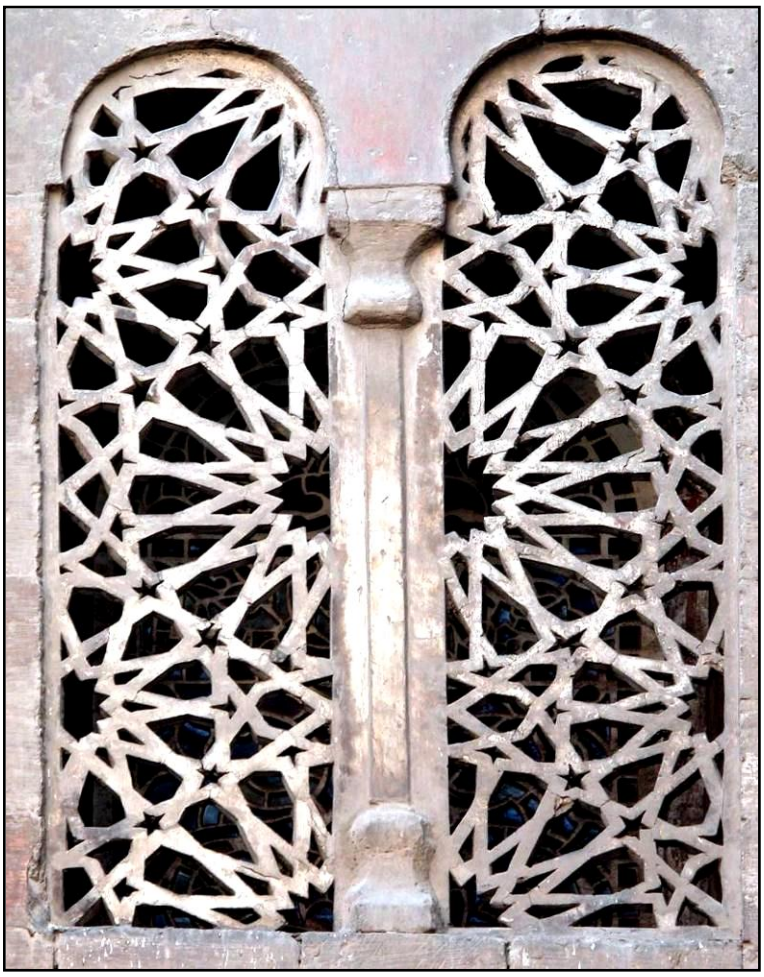


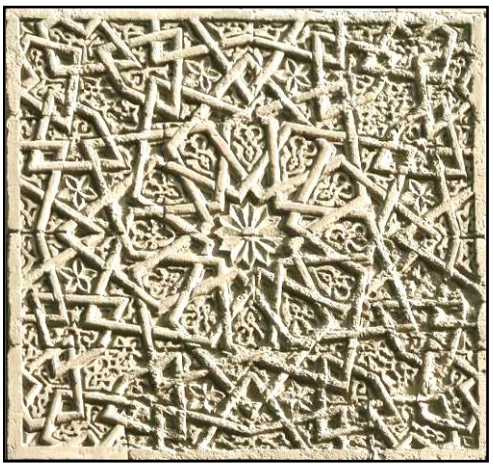
Zelliges du sol et panneaux de marbre de cette fontaine du palais de Topkapi.

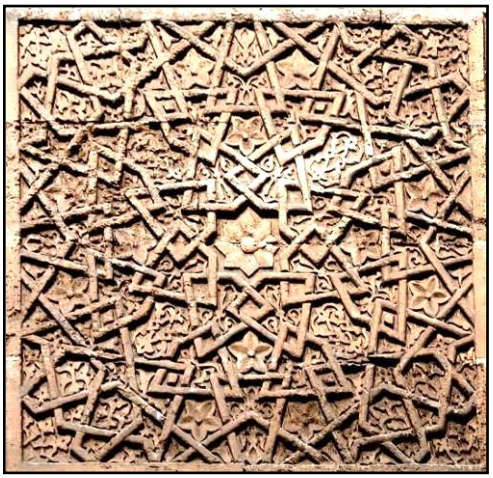
En Égypte :



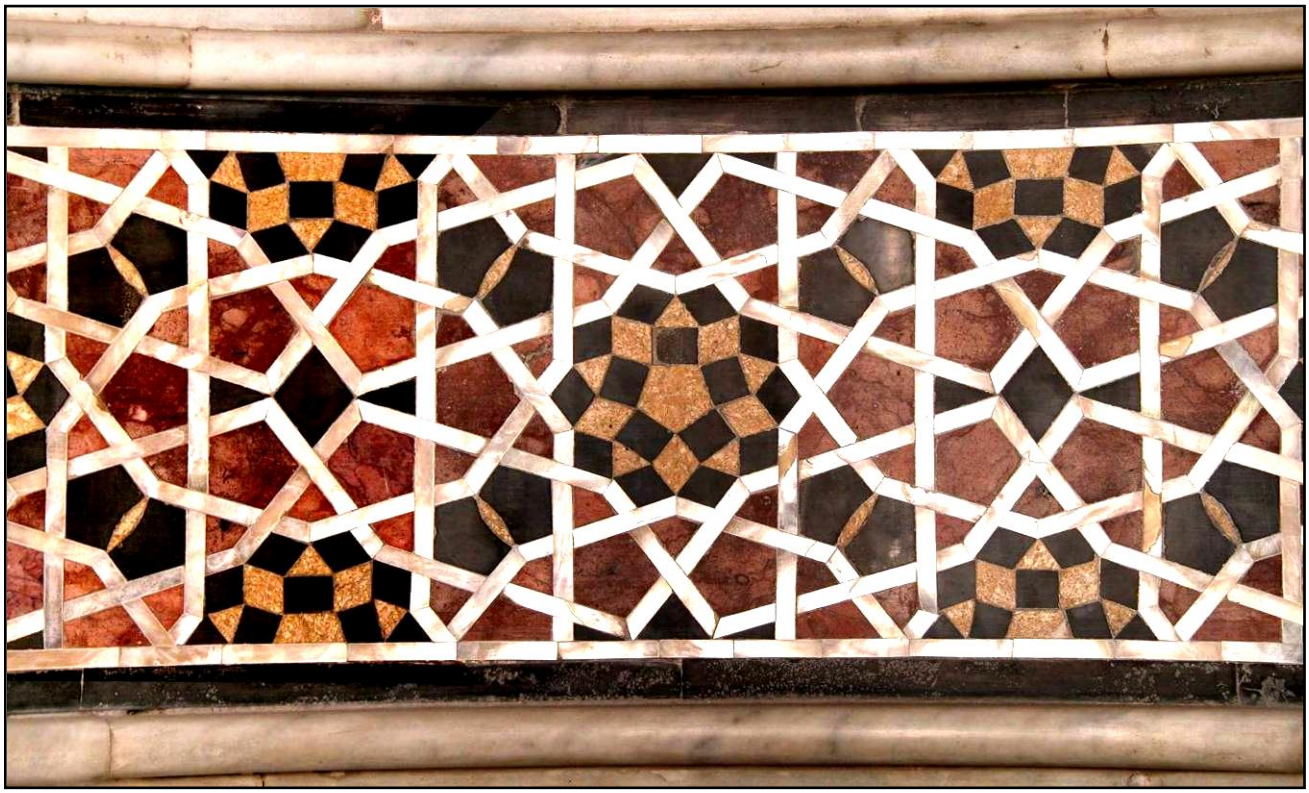
Composition d'étoiles à douze et à dix sur la coupole d'un des mausolées de la nécropole Mamelouk du Caire.



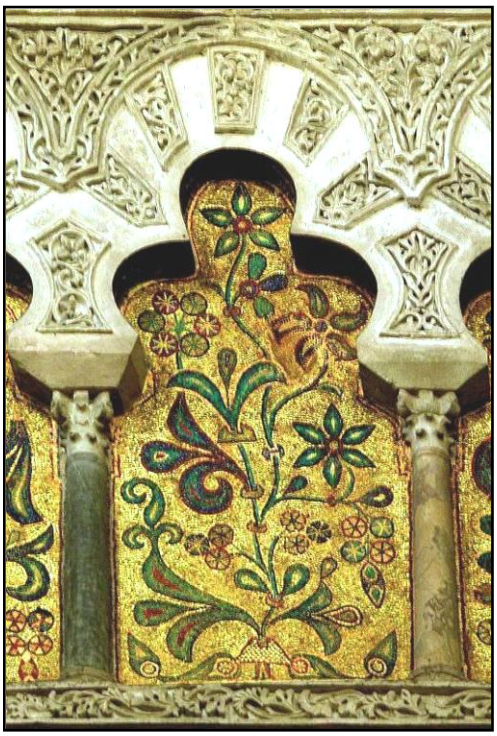




Influence seldjoukide dans les constructions géométriques de la mosquée El Azhar du Caire : Jalis et panneaux de façade sculptés dans la pierre et détail des incrustations de pierre du



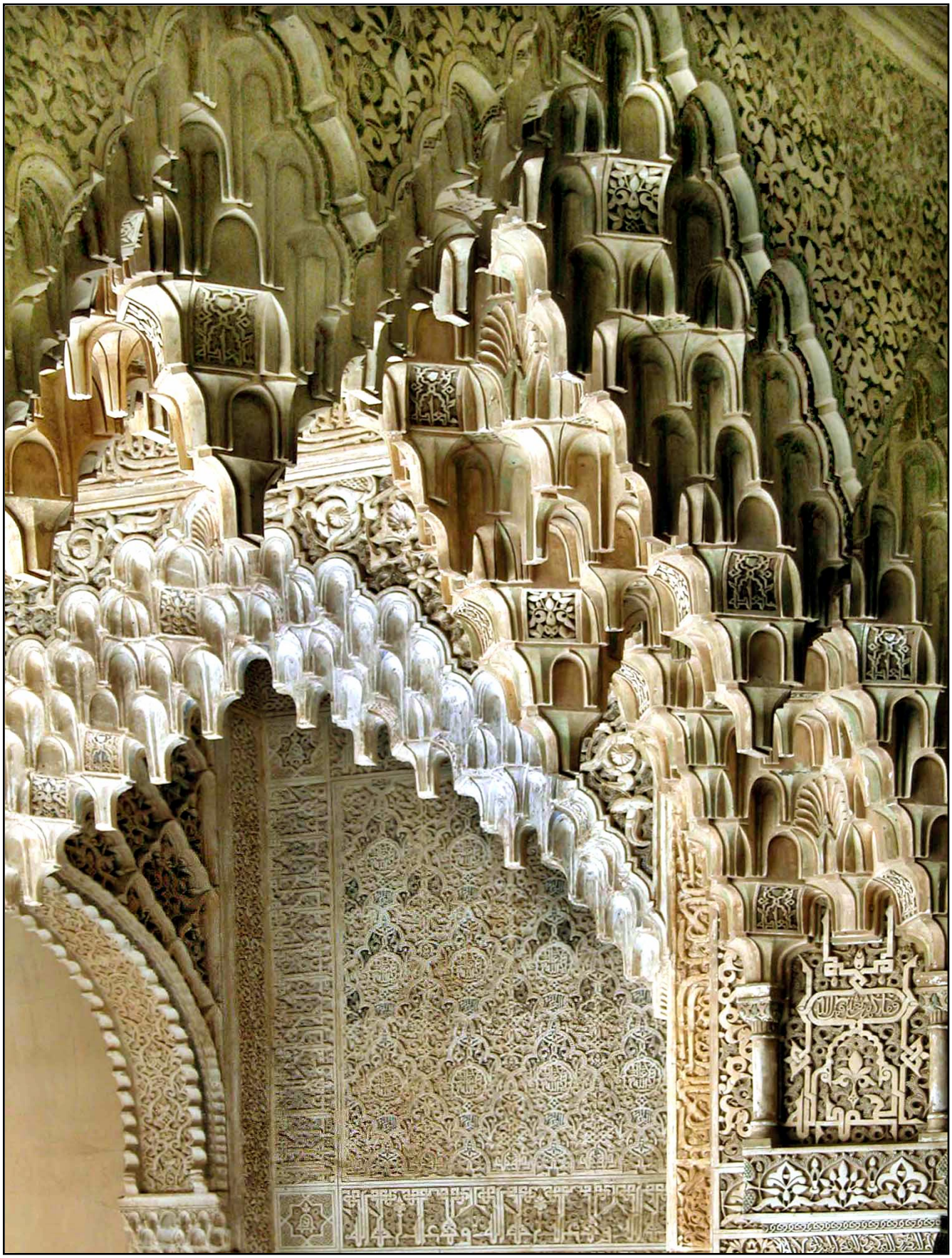




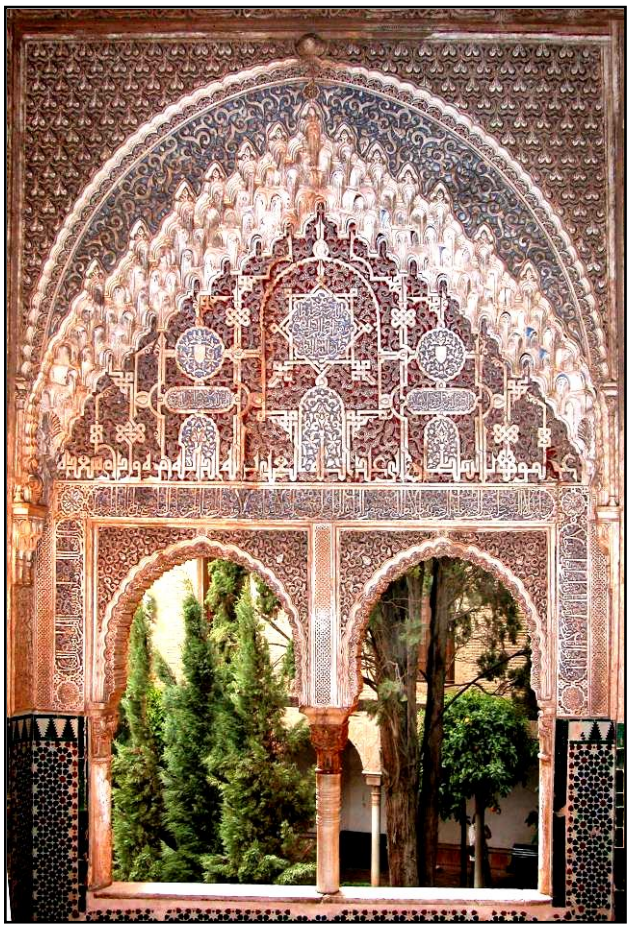
Au IX ème siècle, le mihrab de la mosquée de Cordoue a été décoré de tesselles par des artisans venus de Constantinople ; cadeau du Basileus Théodose au Calife de Cordoue Al-Hakan II.

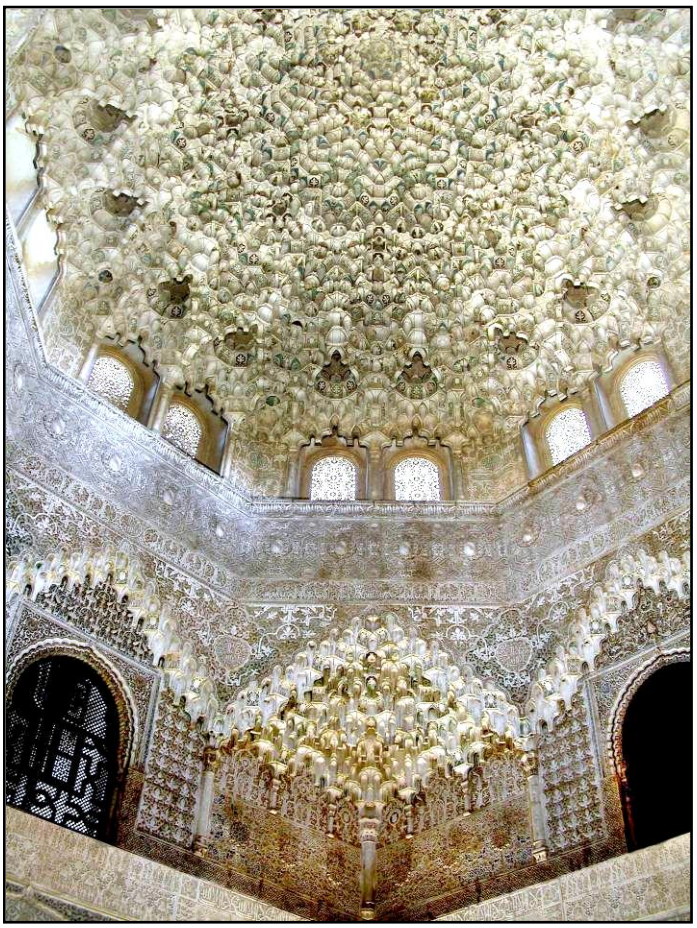


Forêt d'arcs romans outrepassés dans la mosquée de Cordoue.



L'Alhambra, palais des émirs Nasrides à Grenade, construit au XIII ème

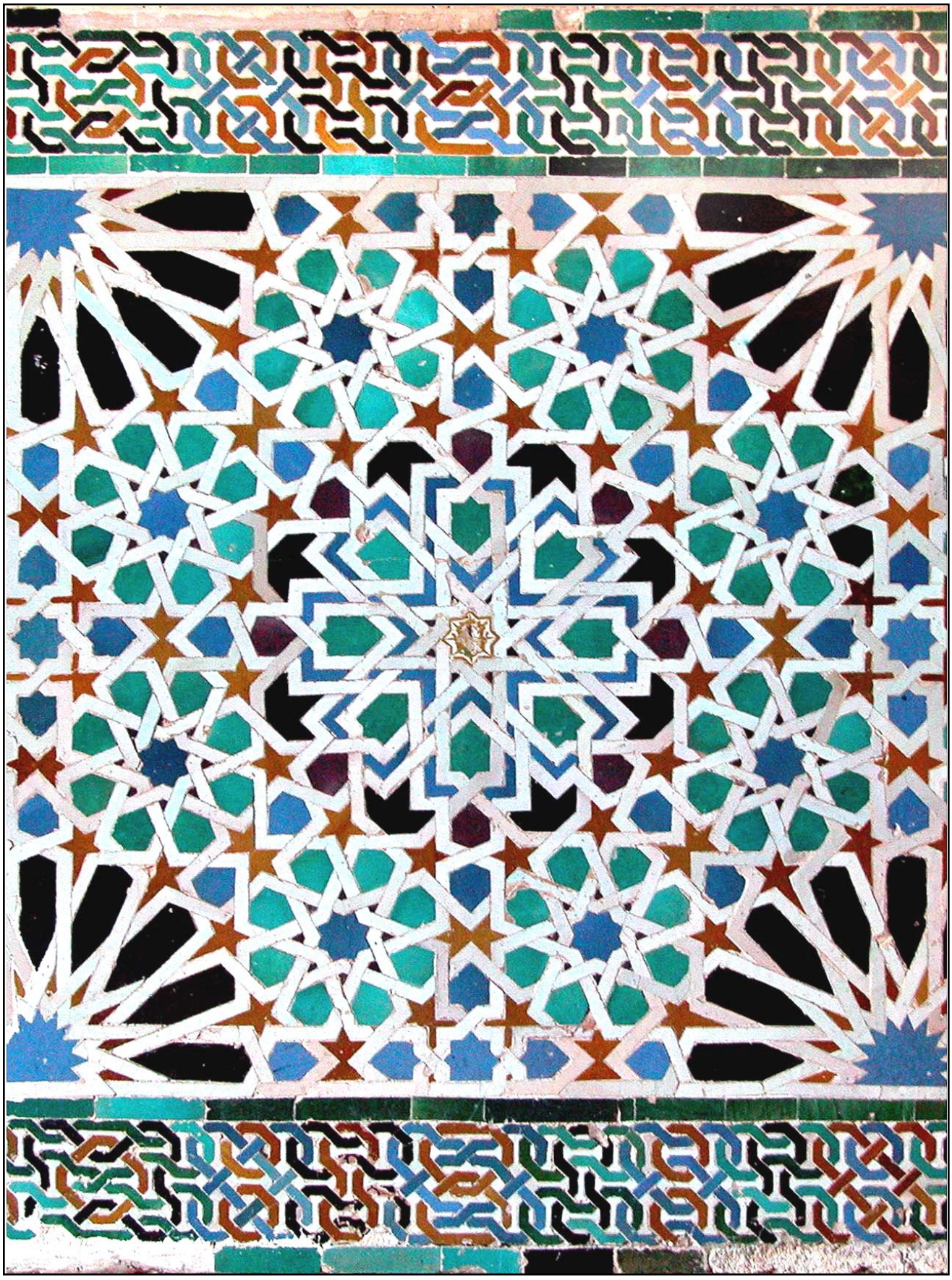




Stucs de l'Alhambra.



Décoration de stuc d'un des rampants d'arc à l'Alcazar de Séville.



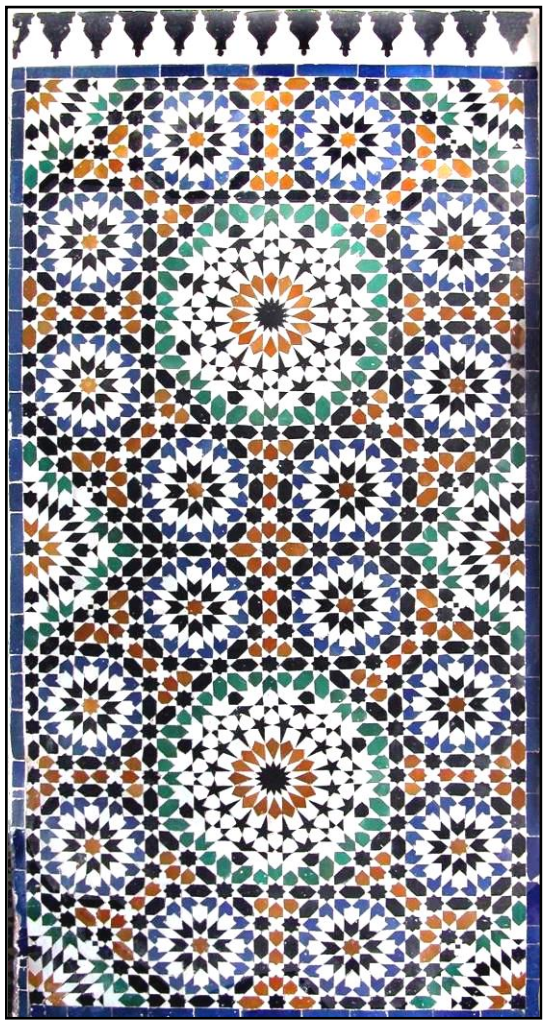
Zelliges à entrelacs de l'entrée du Mexouar à l'Alhambra de Grenade.



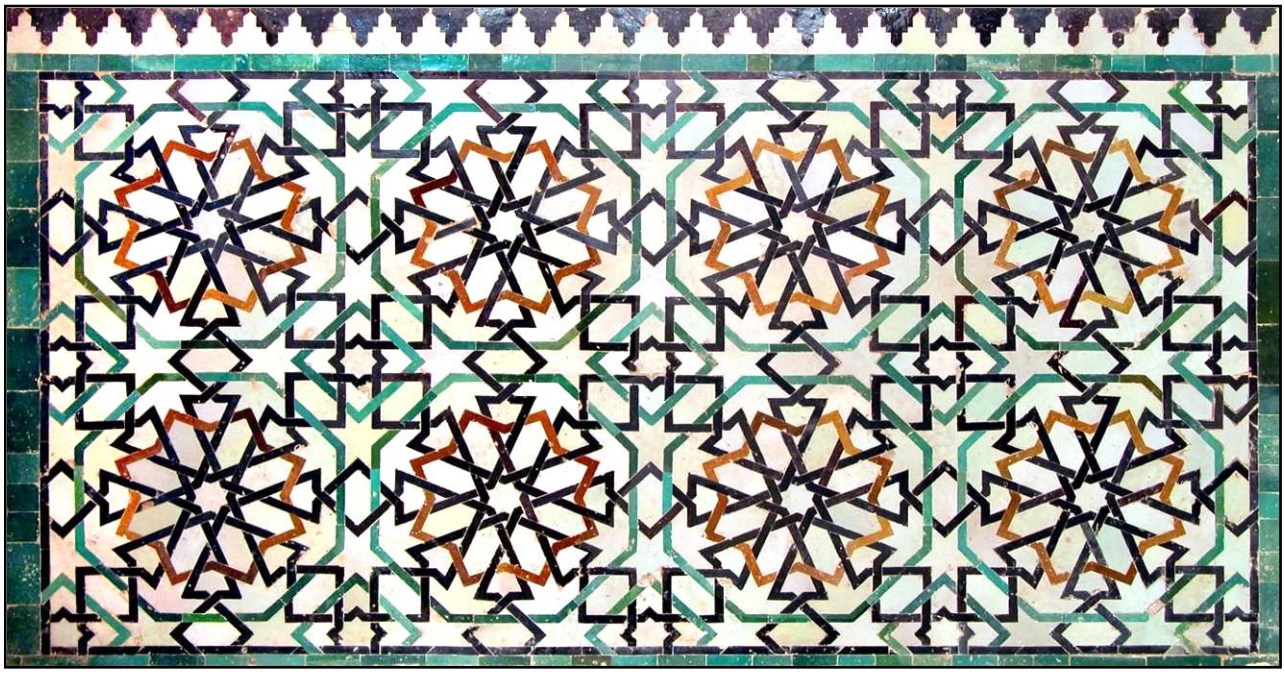
Azulejos portugais : carreaux de céramiques du musée de Lisbonne.

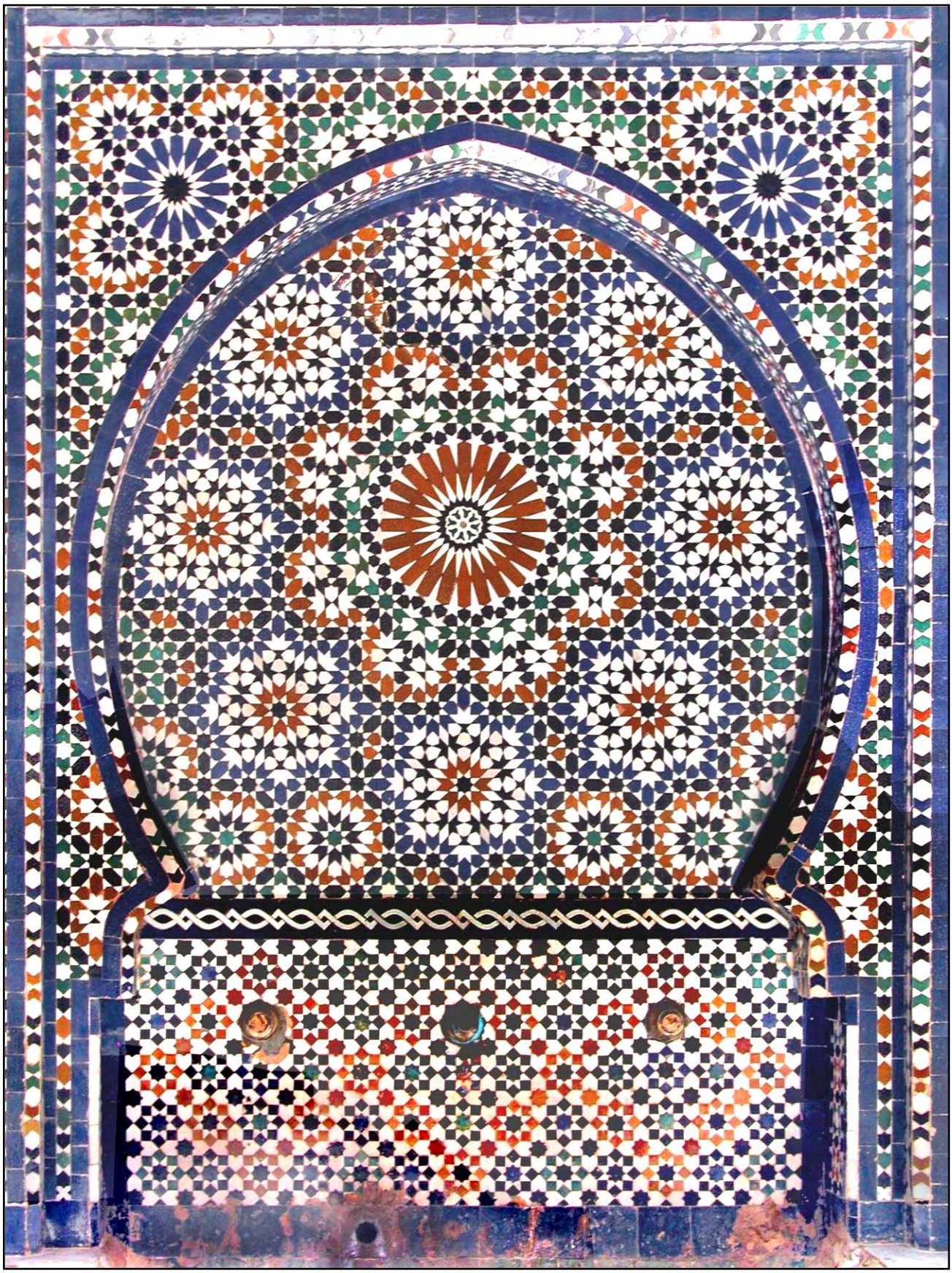
Au Maroc :



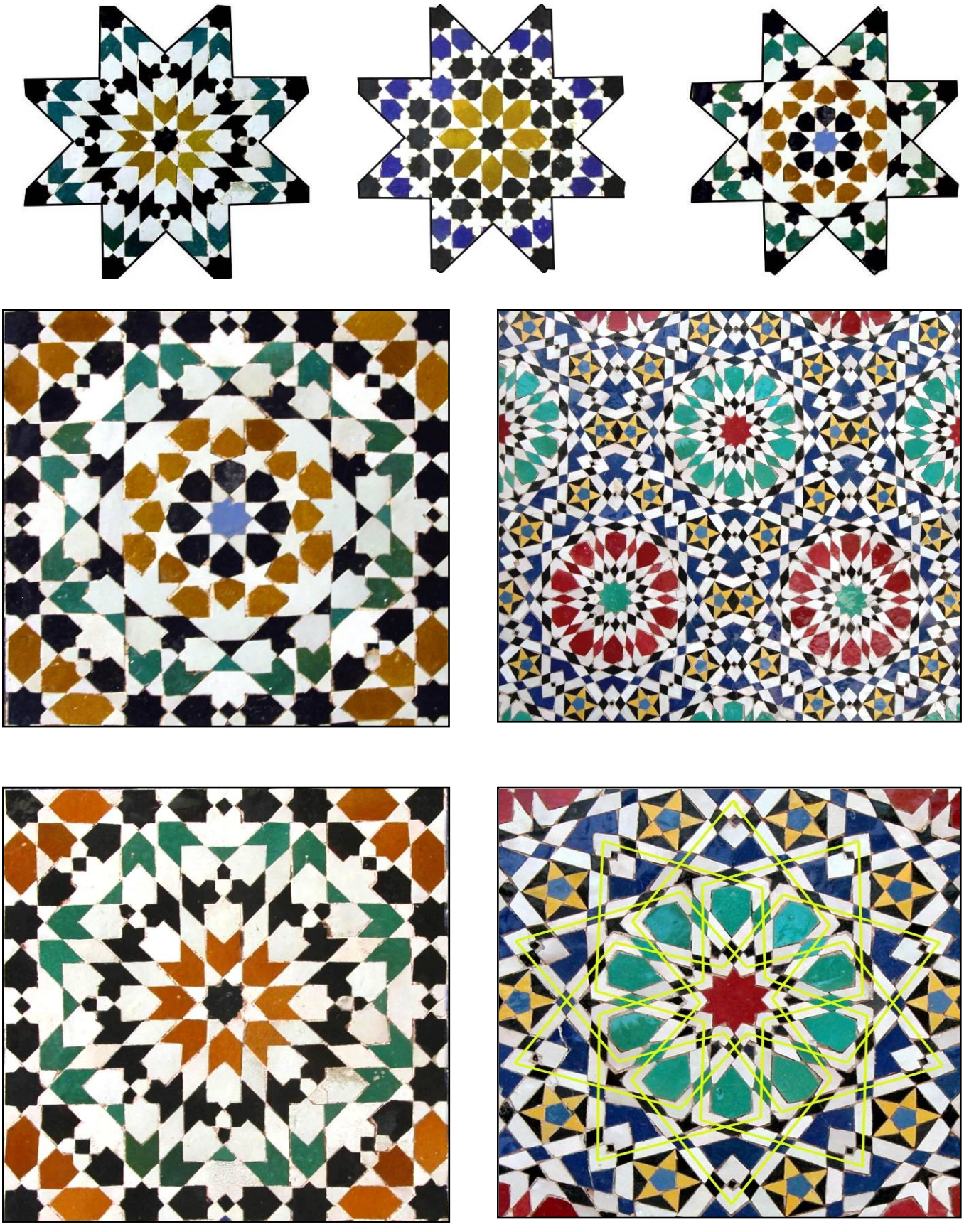


Ces motifs géométriques ornent les édifices andalous du sud de l'Espagne jusqu'au Maroc.





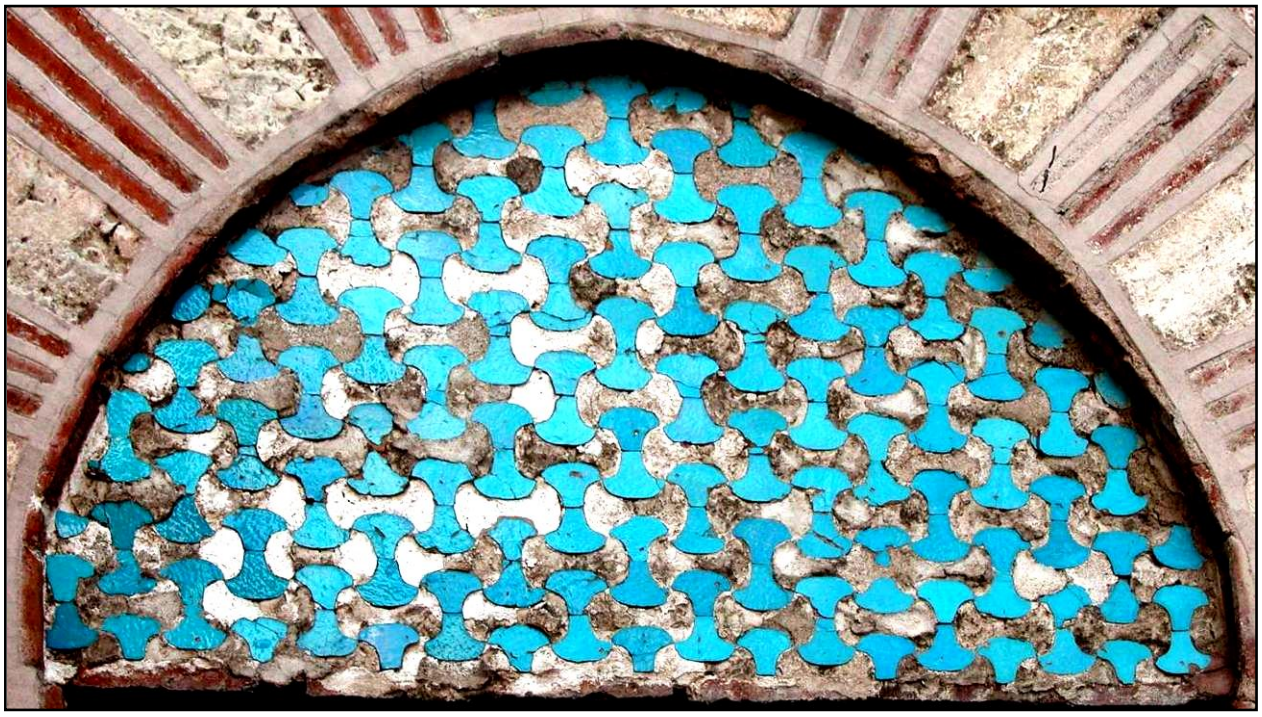
Fontaine tapissée de zelliges modulaires dans le style andalou.



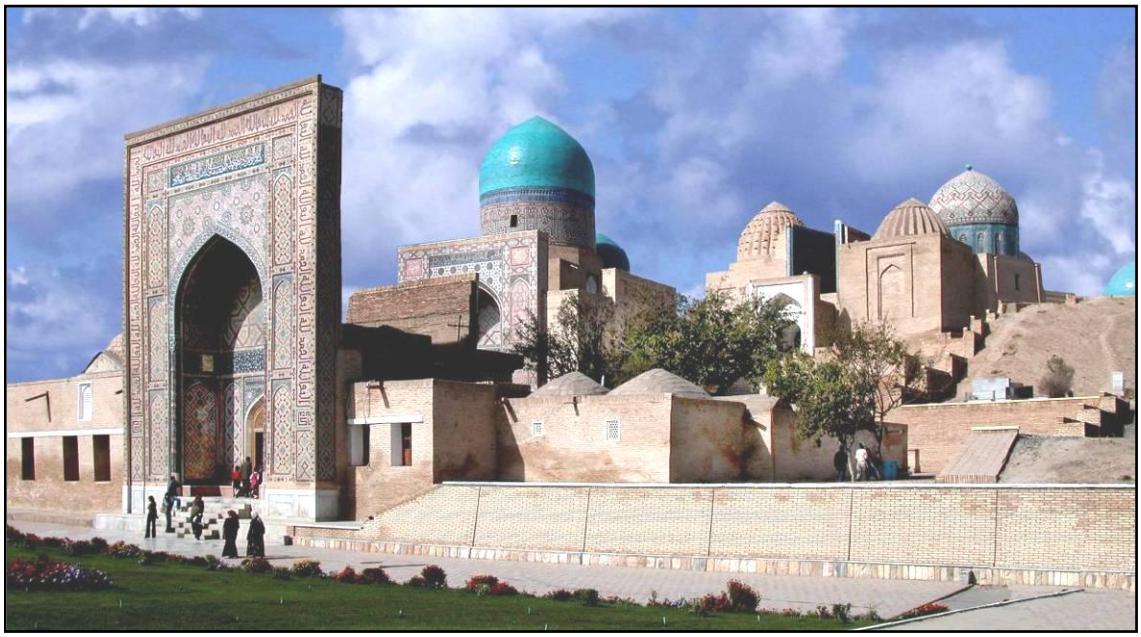
Zelliges marocains : exemples de systèmes modulaires convergents.



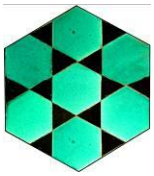
Le motif des tesselles ci-dessus se retrouve dans le monde romain, en zelliges au Maroc et au tympan de la médersa de Bursa du XIV ème.







Pistach monumental de l'entrée de Shah-I-Zinda, nécropole de Samarcande.



Zone d'influence Perse.





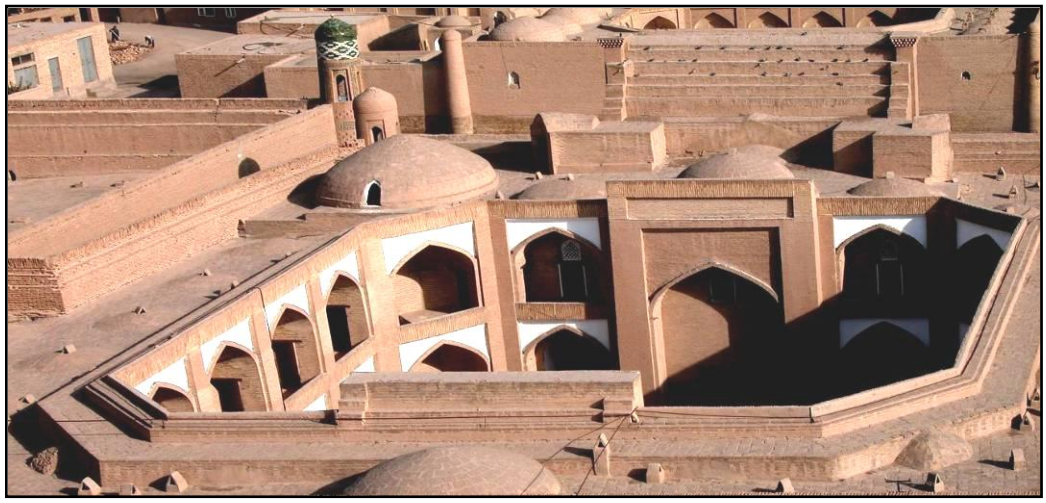
Le défi : l'arc de Ctésiphon : 36 m de hauteur, 27 m de portée et 43 m de profondeur.

RETOUR



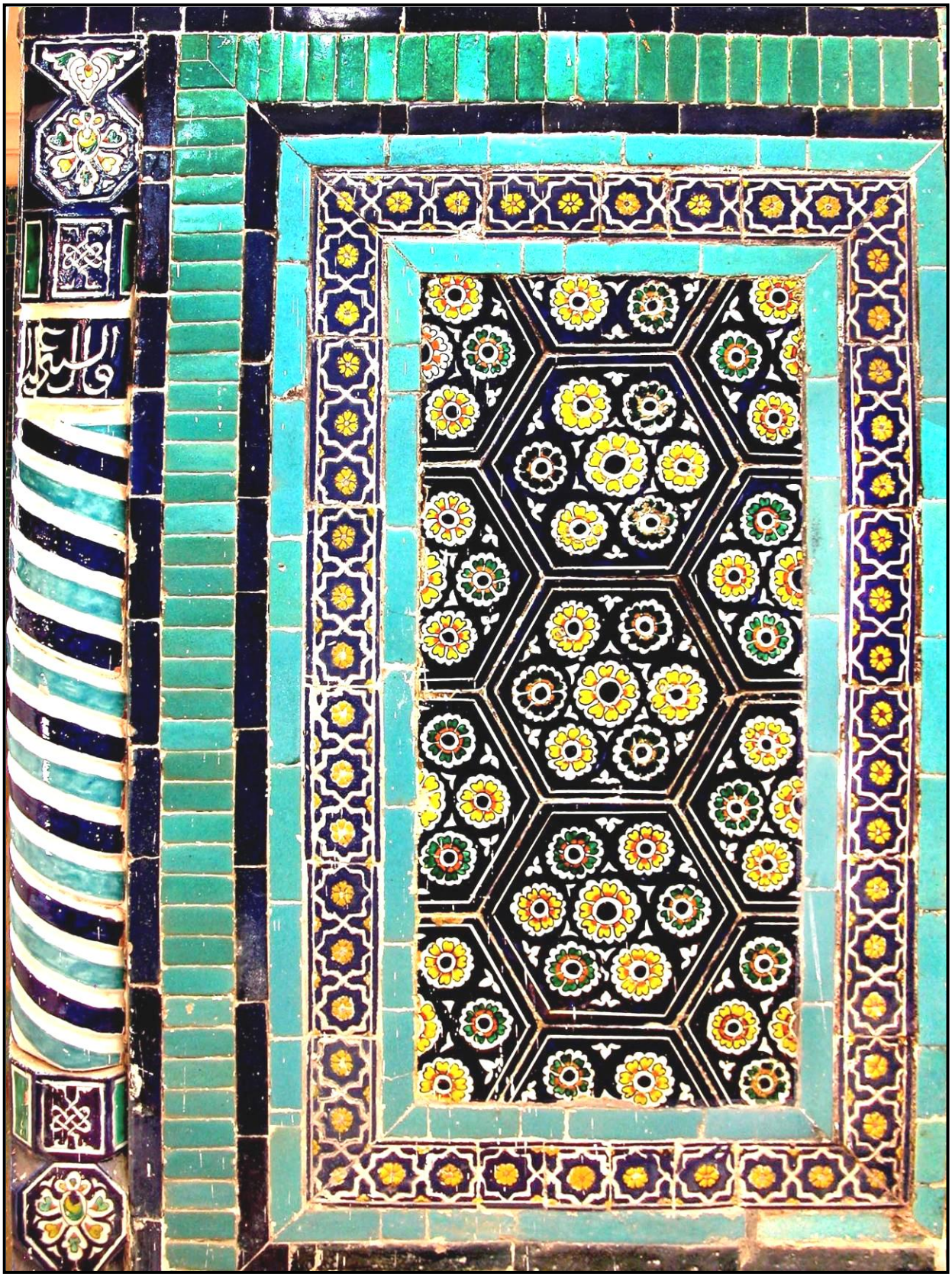
Forêt de dômes (chacun correspondant à un chortak) de la mosquée Pov Kalon à Boukhara.

Chaque zone a son modèle ; le modèle d'arc persan toujours copié mais jamais égalé est l'arc monumental du palais de Ctésiphon, construit au sud de Bagdad par le roi Sassanide Châhpuhr I en l'an 250 de notre ère. Il ne reste plus qu'un arc monumental sans contreforts haut de trente-six mètres, qui défie le temps et servira de modèle pour tous les futurs arcs persans.



Le plan des mosquées et des médersas, développé par les Seljoukides et hérité du palais de Laskaris Bazar du Ghaznévide Mahmoud 998-1030, est typique de la zone persane : composé d'un plan carré avec une cour intérieure, d'un jardin et d'un bassin central, il est entouré de quatre iwans intérieurs permettant la coexistence des quatre écoles juridiques de l'Islam. On y accède par une entrée monumentale, le pistach, et de chaque côté de l'iwan, deux chortak servant d'entrée.

En farsi : *Chortak* ou *tchahar tagh* signifie coupole soutenue par quatre colonnes ; *paradis* Jardin. Le chortak, hérité des temples zoroastriens, est devenu l'unité de construction des mosquées.



Majoliques de 1372, très bien conservées, du mausolée de Shadi Mulk Aka à Shah-I-Zinda.



Giriks à Shah-I-Zinda construit avec des briques vernissées sur une seule face : les kaschis.

Les Chinois voulaient profiter des désordres de l'invasion arabe pour contrôler la route de la soie et les arabes, conquérants de la foi, désiraient introduire leur croyance vers l'orient bouddhiste. Le choc des deux civilisations conquérantes eut lieu à la bataille de Tallas en 751 au bénéfice des Arabes commandés par le gouverneur du Khorasan Abu Salim. Les nombreux soldats chinois fait prisonniers, artisans dans le civil, furent à la base de tous les progrès réalisés à Samarcande vers la fin du premier millénaire: monopole de la fabrication du papier et celui de la céramique. Les secrets de fabrication de la céramique émigrèrent à Kashim en Perse où furent fabriquées les premières briques émaillées sur une face : les kaschis. Les **giriks** formés par un appareil de kaschis commencèrent à décorer les façades de motifs géométriques et de textes sacrés.

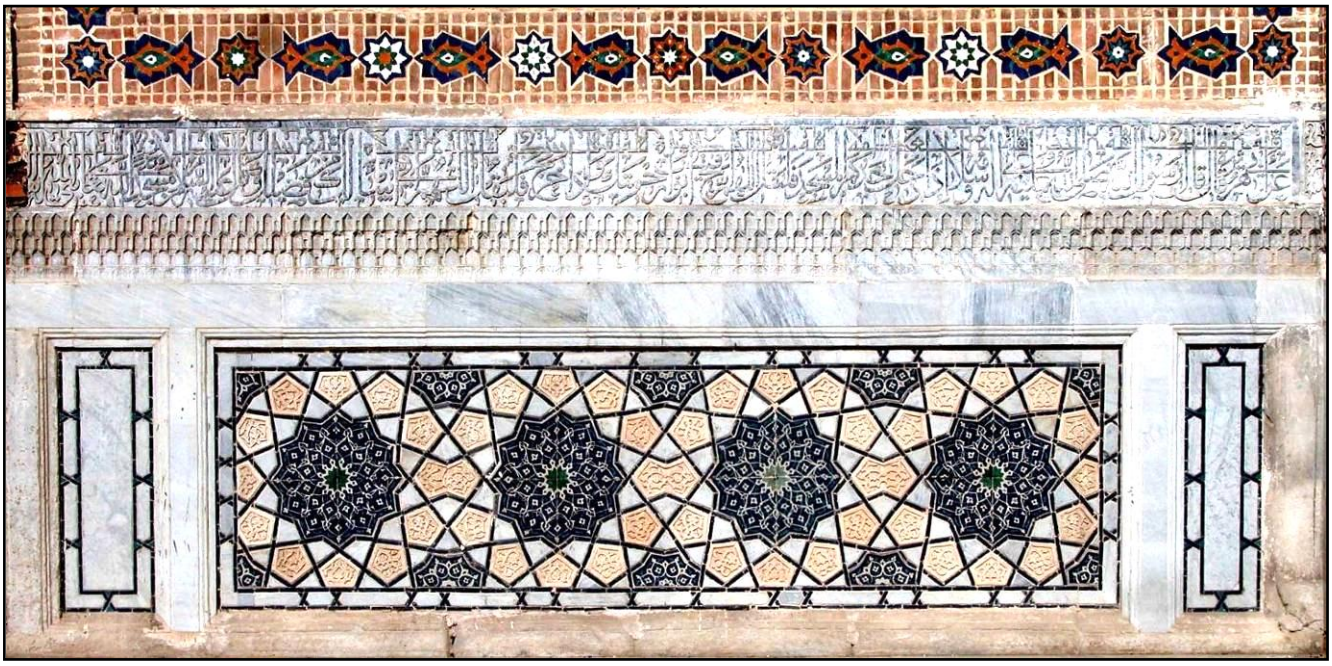
La culture du secret freina la propagation de tous ces savoirs pendant plusieurs siècles, jusqu'à l'invasion de la Perse par Amir Timour. Il s'empara et détruisit Ispahan, capitale incontestée des arts et du progrès et déporta à Samarcande les artistes et savants. Au cours du XIVème siècle le développement de la céramique pariétale d'ornement se propagea dans tout le monde Islamique.

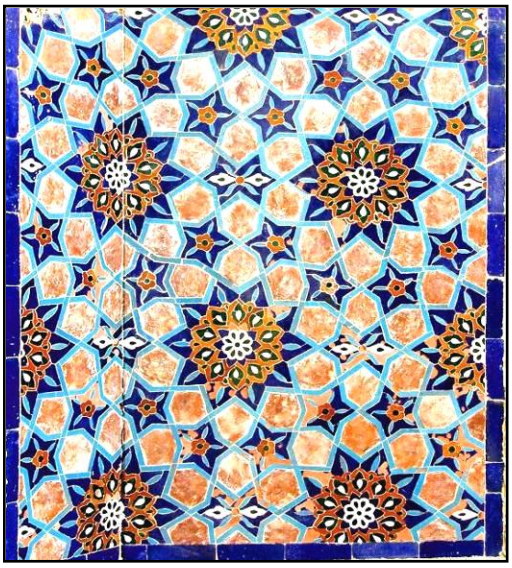


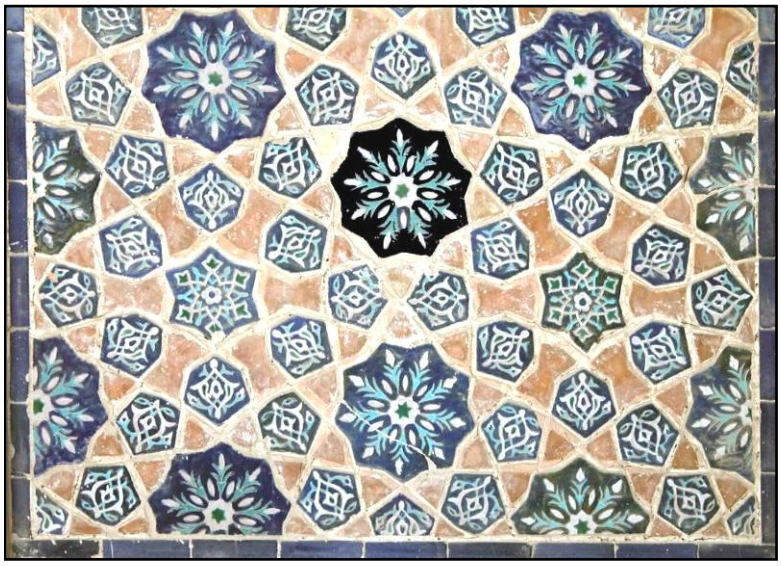
Kaschis découpés au Mausolée de l'Emir Hussein construit en 1376 par Tamerlan à Shah-I-Zinda.

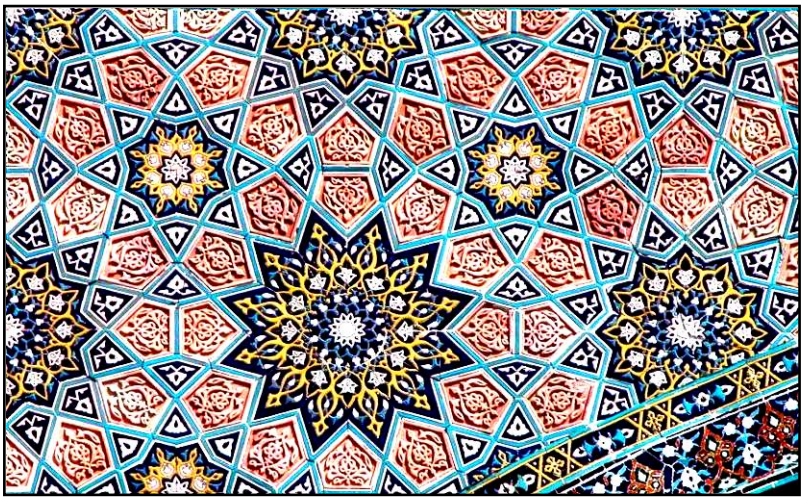


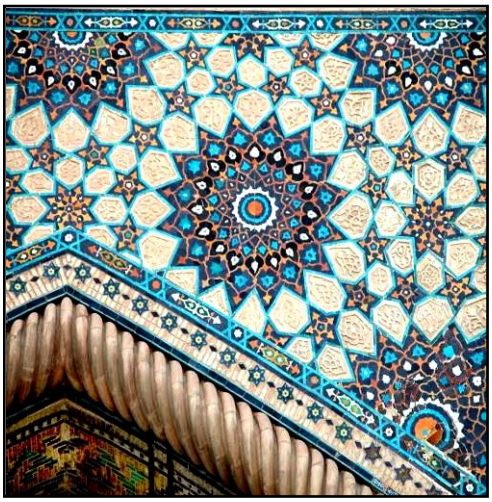
Pilier du pistach de la médersa Mir-I-Arab à Boukhara décoré de Girikh, de zelliges et de majoliques.











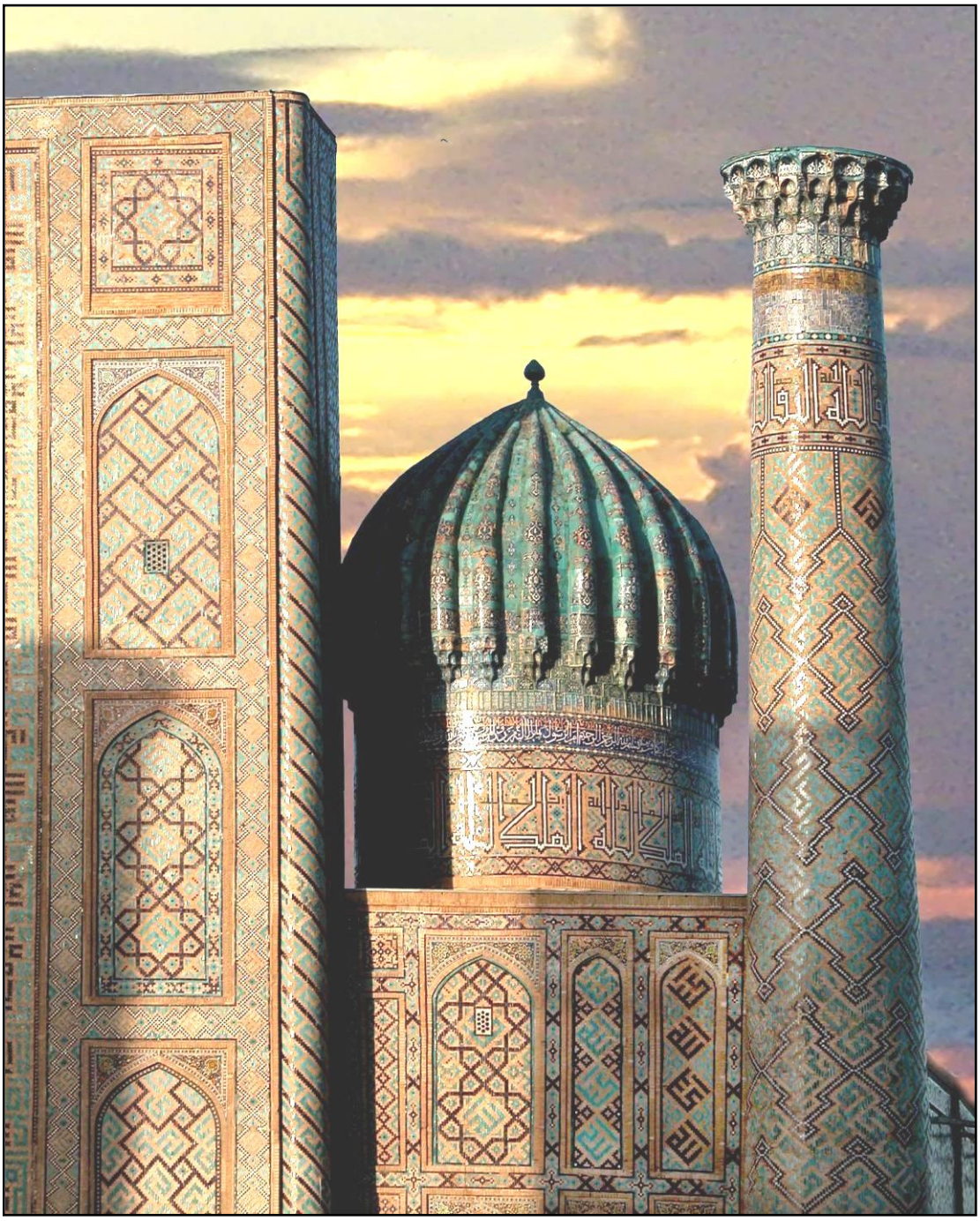
Samarcande : système convergent persan ; composition d'étoiles à dix, douze et seize.



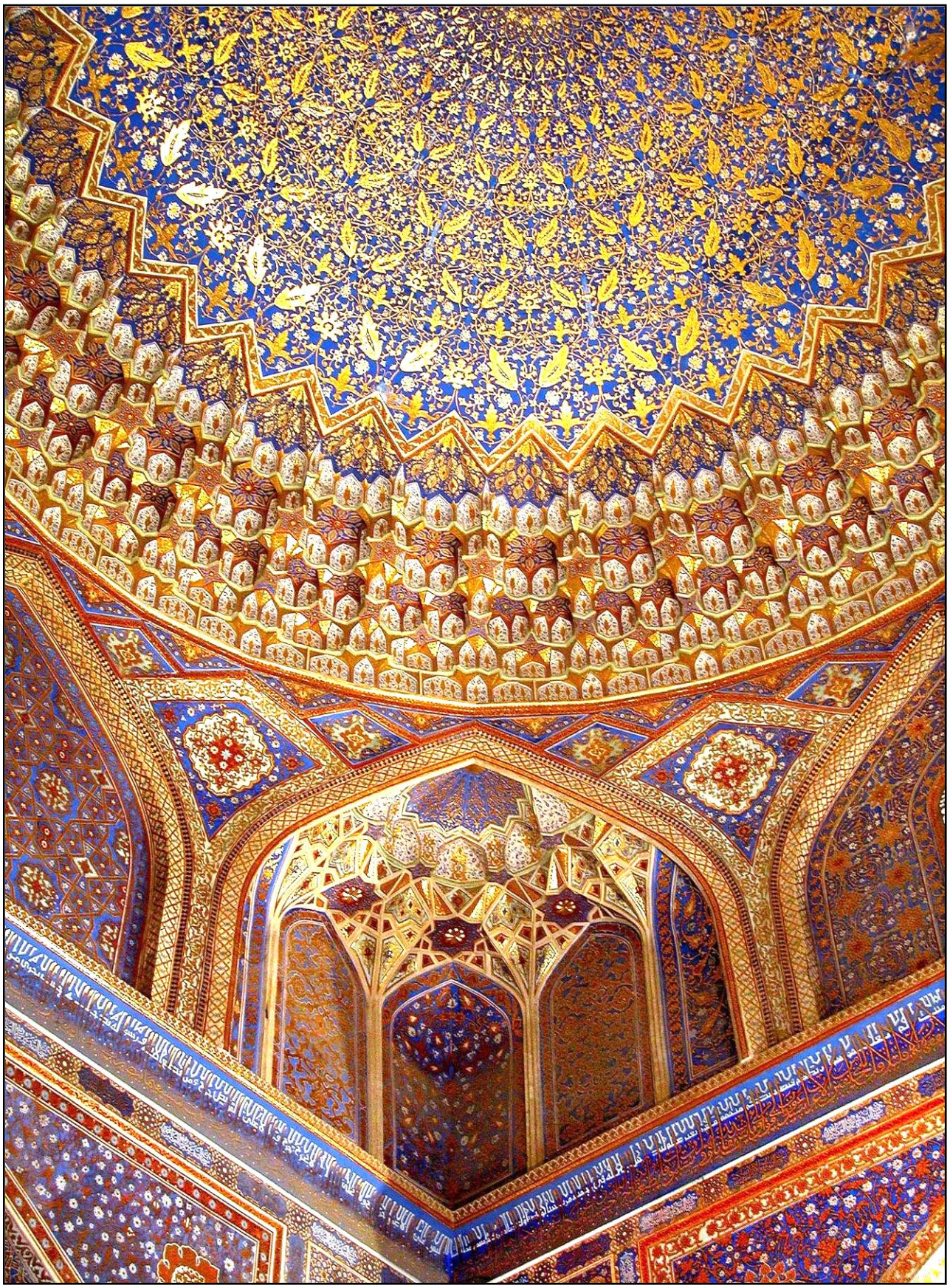
Lanterne du minaret de la mosquée de Gidjuvan.



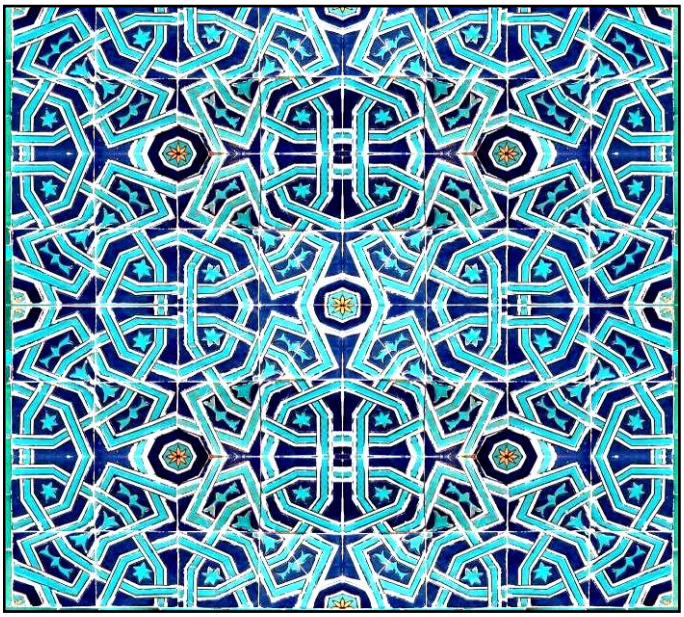
Frise à Shah-I-Zinda (Samarcande).

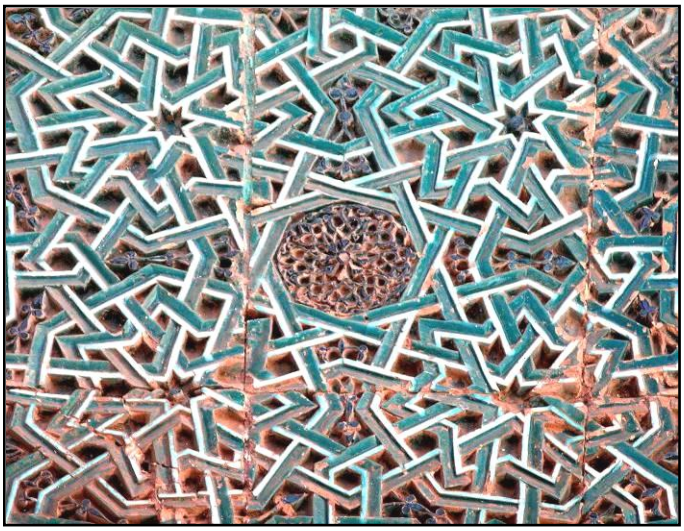


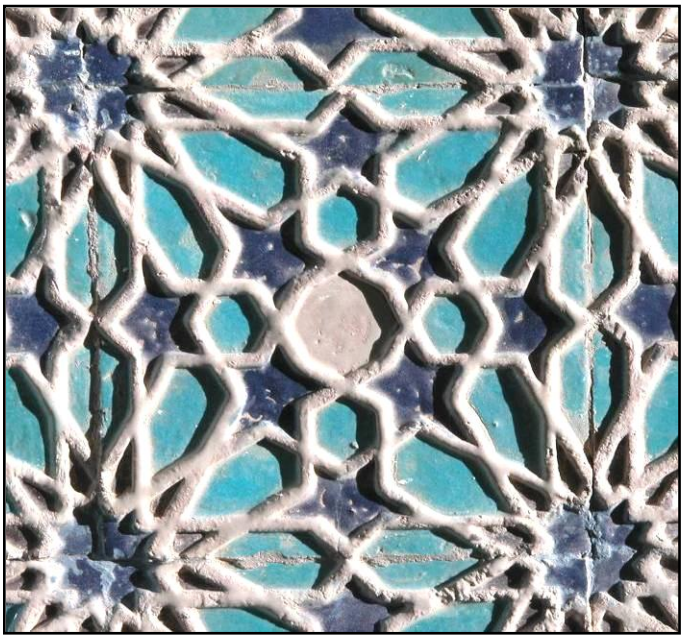
Coucher de soleil sur la médersa Chir Dor à Samarcande.



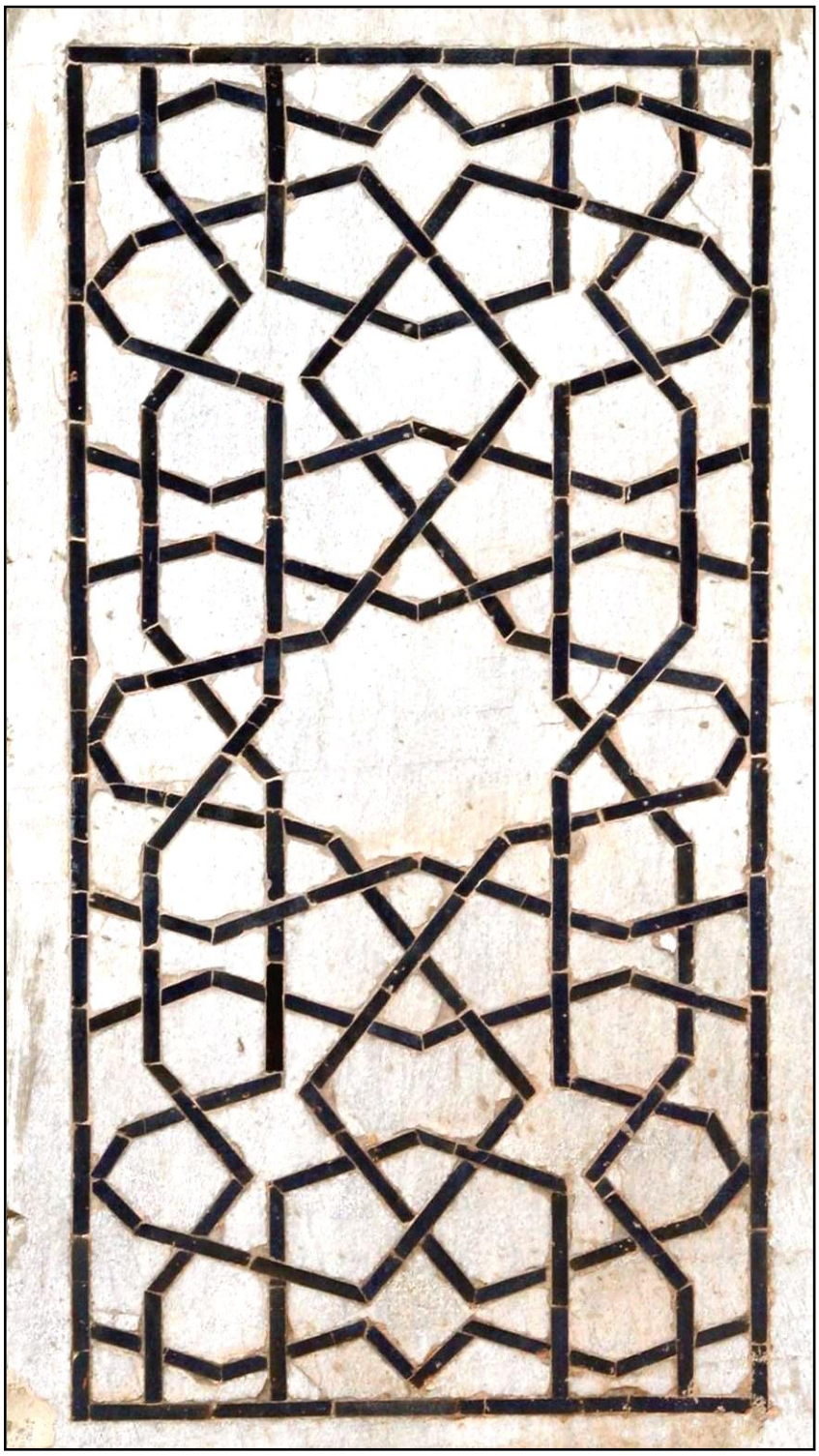
Fausse coupole de gantch du dôme de la mosquée Tilla Khari du Registan. L'effet de courbure de la coupole est donné par une fausse perspective.

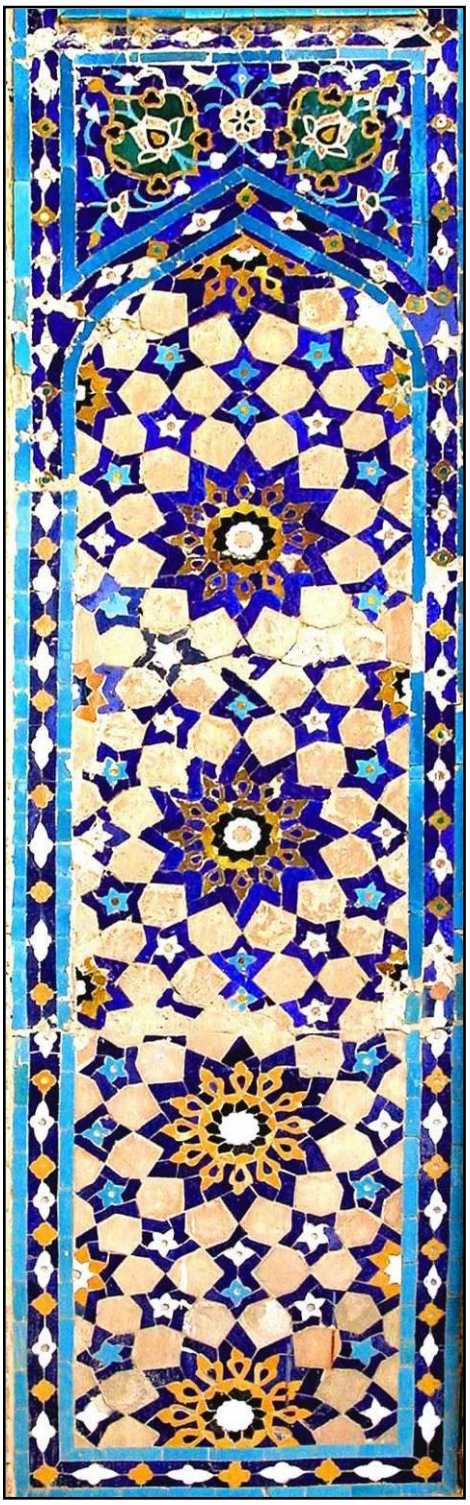




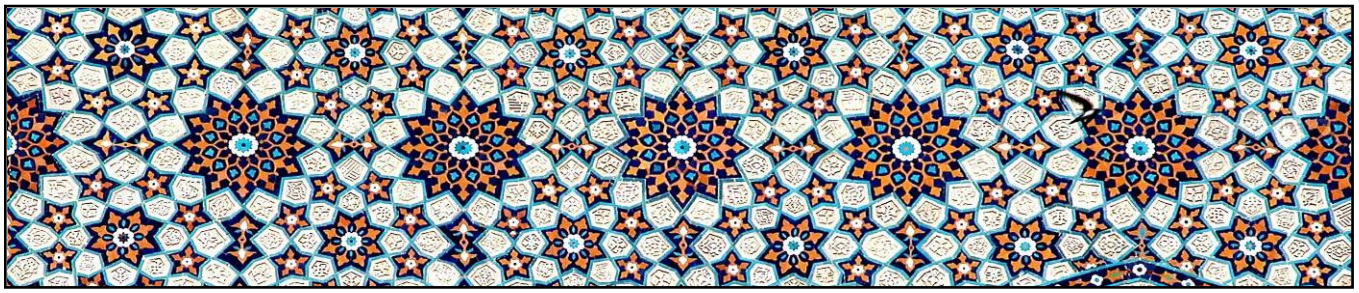


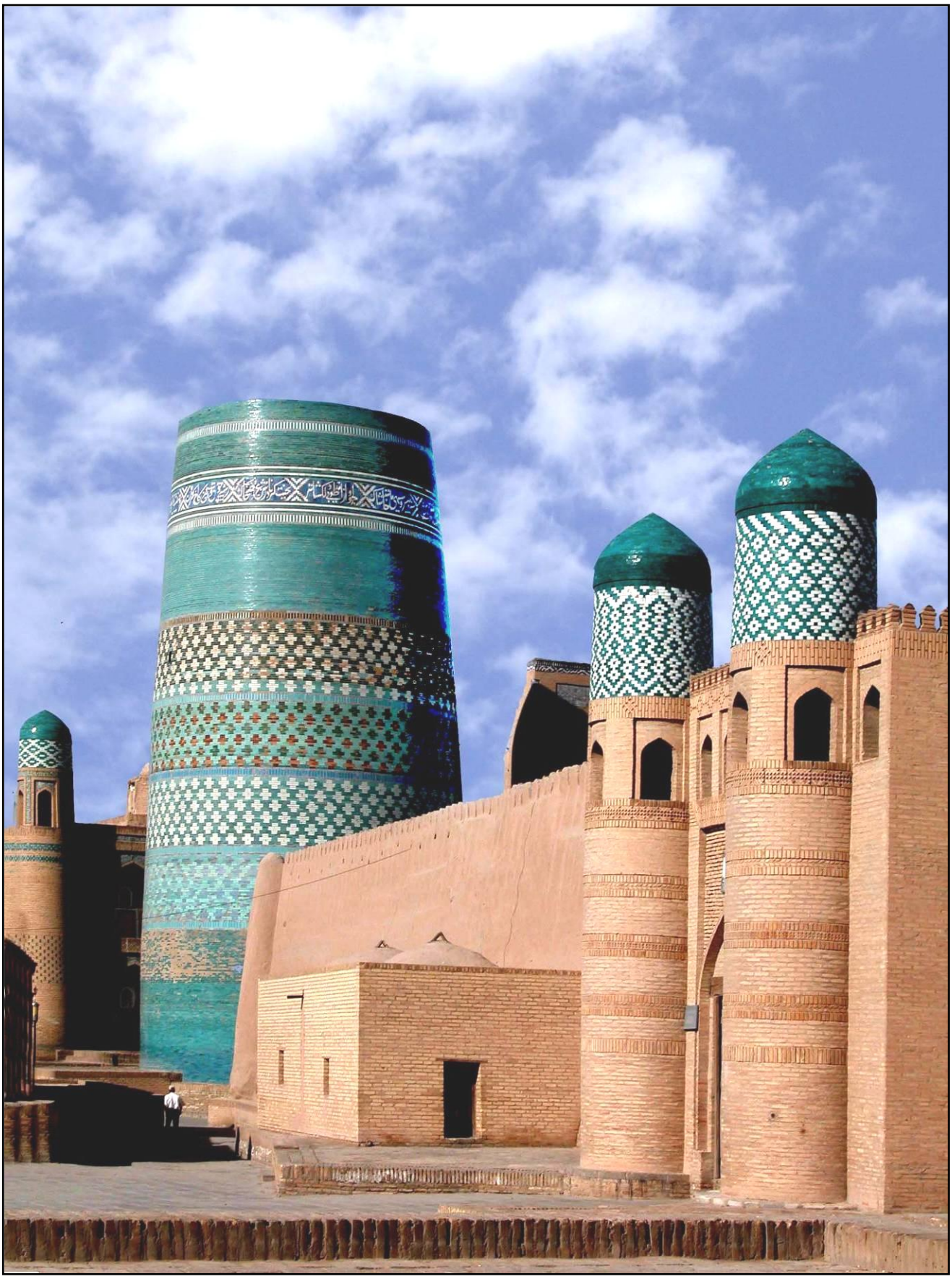

Différentes construction géométriques convergentes du XIVème à Shah-I-Zinda.





Constructions géométriques polygonales convergentes au Registan de Samarcande.

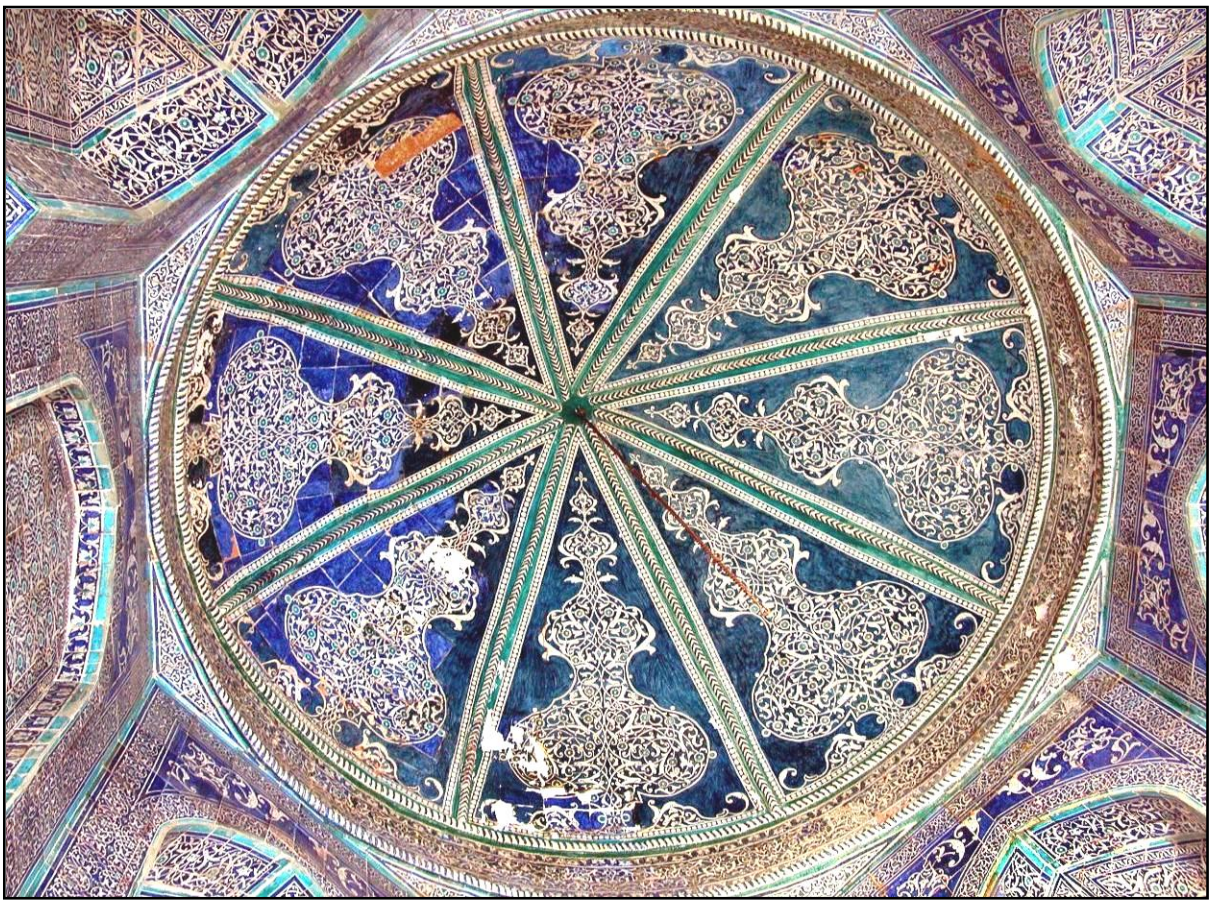




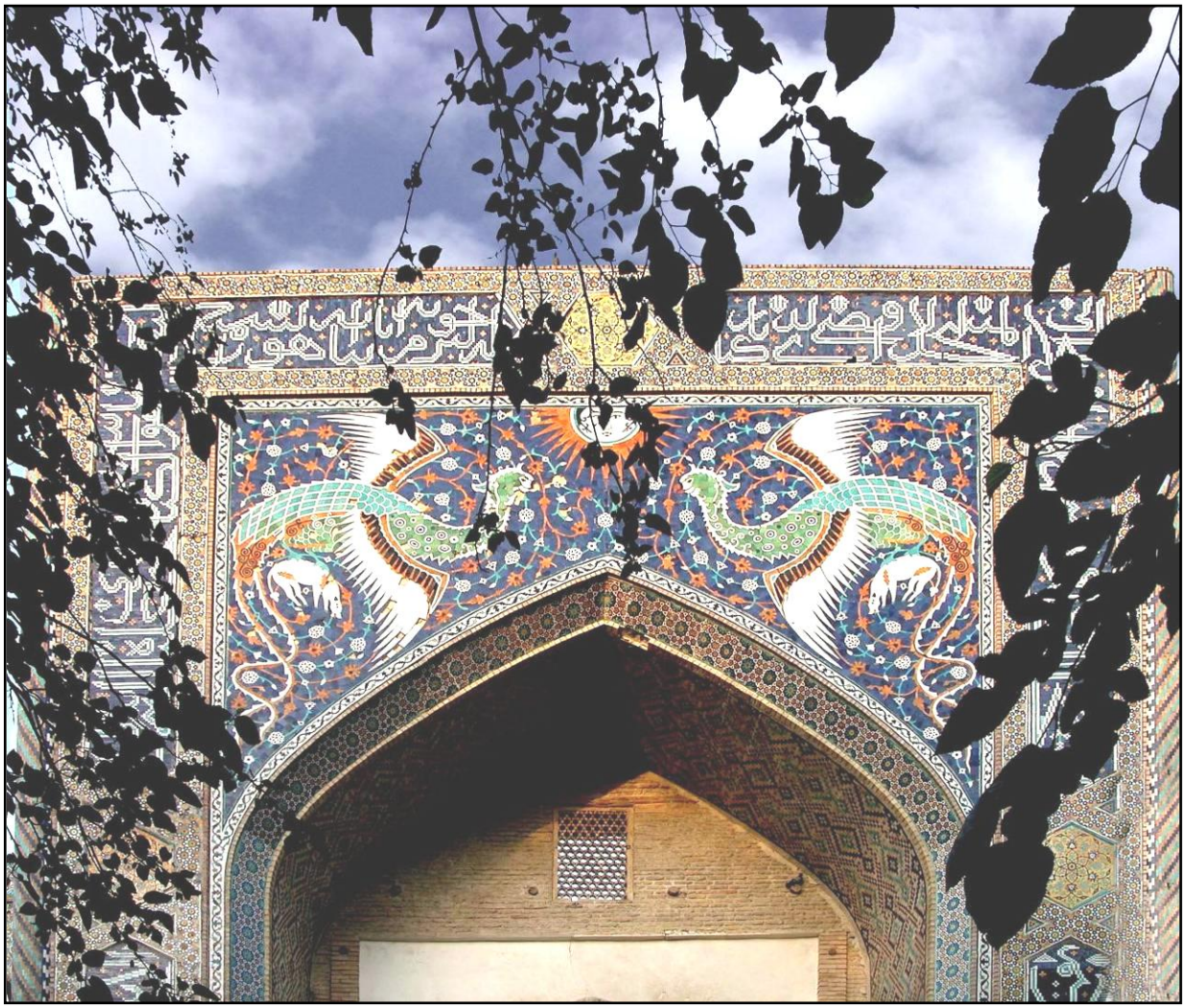
Le Kalta Minor à Khiva décoré de kaschis devait être le plus haut minaret du monde musulman.



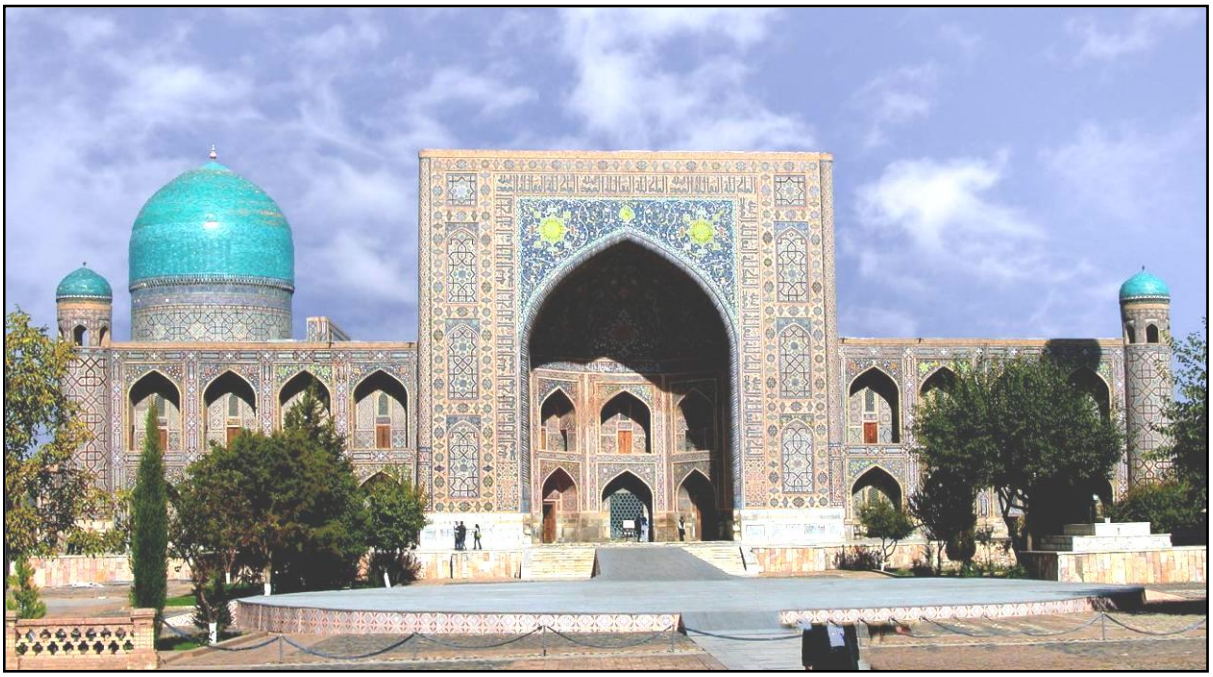
Soutien de pilier du tympan de l'iwan de la mosquée Poy Kalon à Boukhara.



Majoliques du plafond de la coupole du mausolée de Pakhlavan Makhmoud, saint patron de la ville de Khiva.



Médersa Nadir-Divanbegh à Boukhara. Les oiseaux Simorgh de la façade sont sortis directement d'un conte Zoroastrien.



Place du Reaistan à Samarcande : mosauée Tilla Kari.







Bouquet floral du palais de la lune et des étoiles à Boukhara. Colonnes de bois sculpté de la mosquée d'Ichan Kala de Khiva.



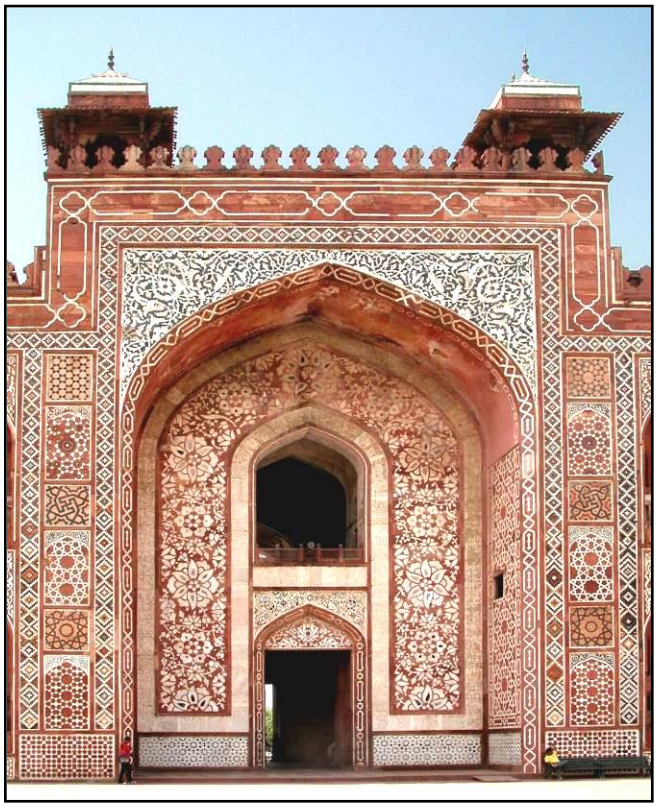
Appareil décoratif de briques de la médersa Koukeldash à Boukhara.



Majoliques du pistach de la médersa Modar-I-Khan dite « des fausses jumelles» à Boukhara.



Le Taj Mahal, construit par Shah Jahan à Agra de 1631 à 1653, reste un des plus beaux monuments mogols avec ses coupoles et ses arcs de style persan. Tout en marbre incrusté de pierres fines, il est surmonté d'une magnifique coupole.

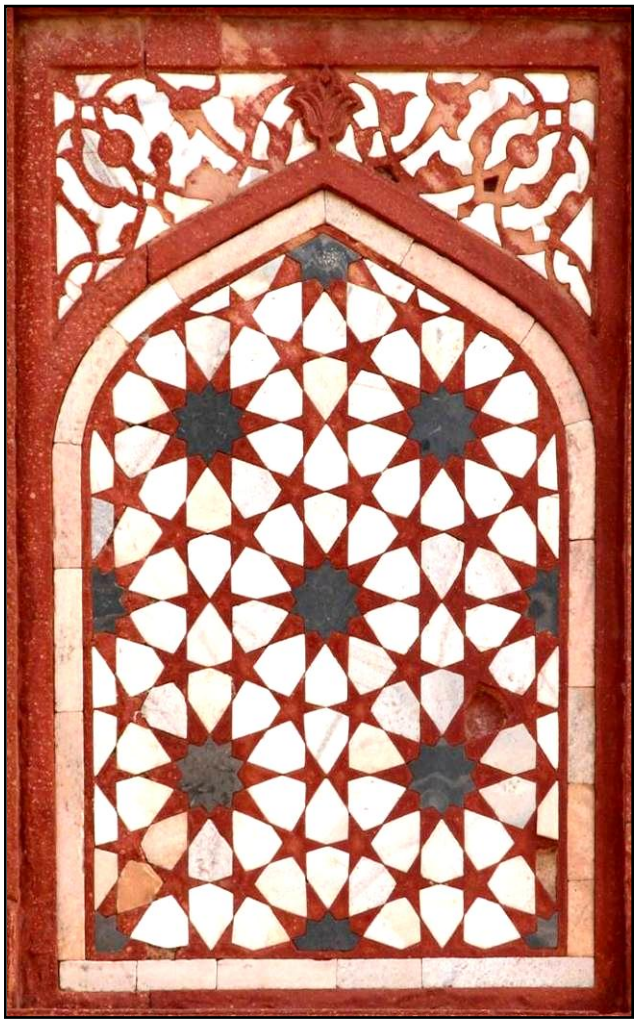


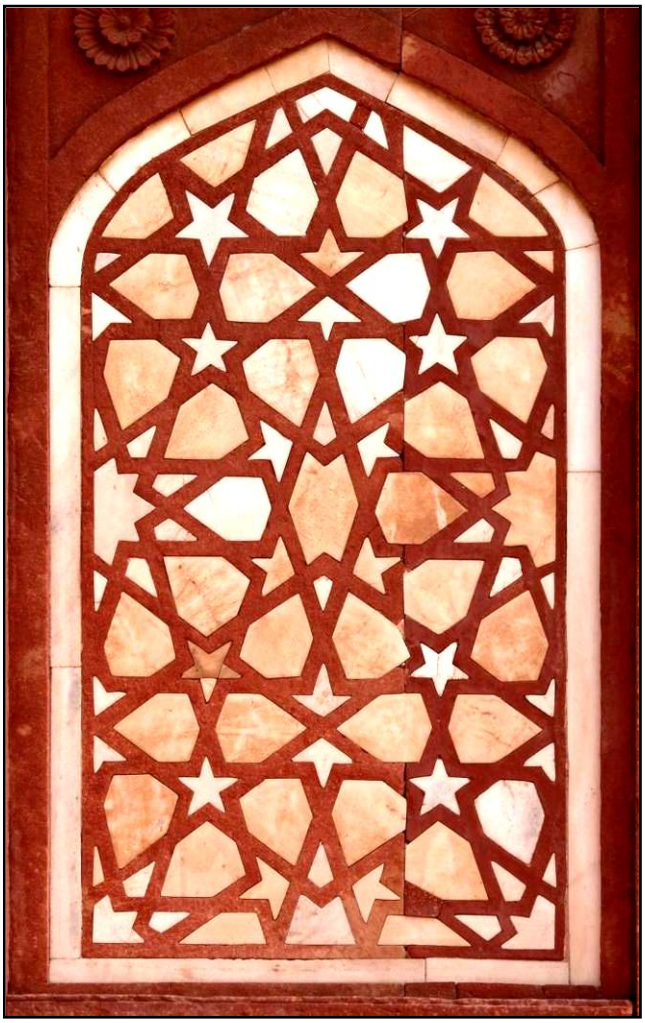
Le tombeau du grand mogol Akbar, construit à Sikandra en 1556 au milieu d'un magnifique jardin persan en tahar bagh, possède quatre iwans d'entrée décorés de motifs géométriques et floraux de marbre incrustés dans le grès rouge du Rajasthan.

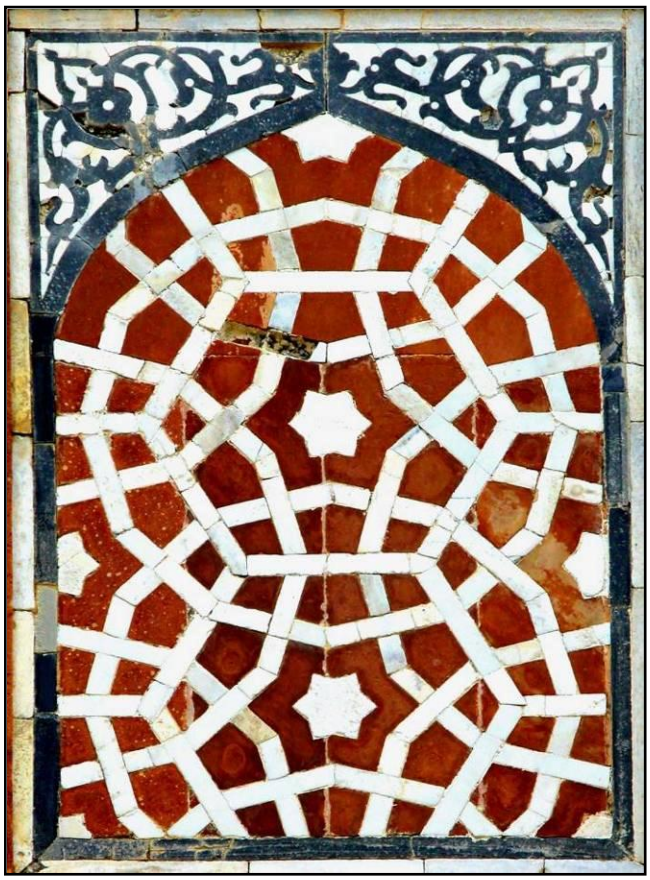
Ce style présente un audacieux compromis, voulu par Akbar, entre l'architecture hindoue et l'ornementation musulmane et bouddhique.

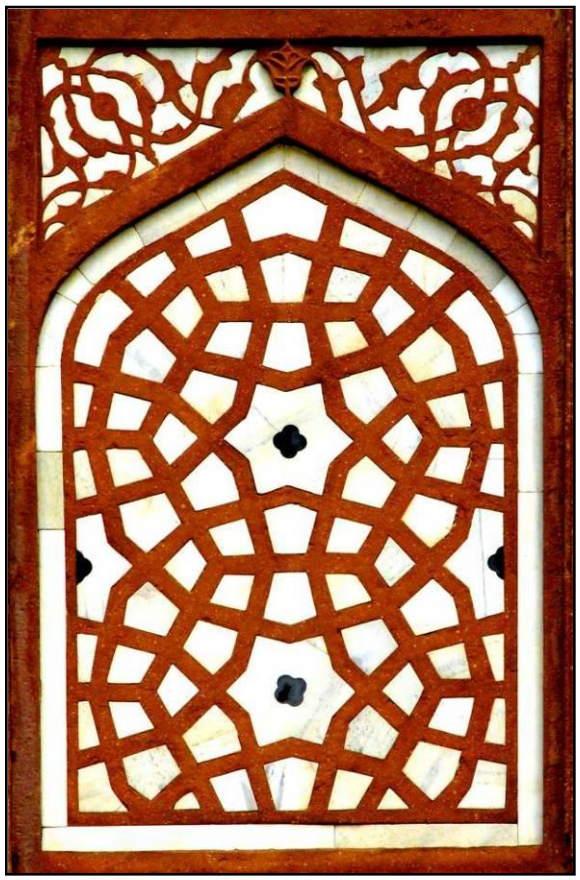
Entrée principale du mausolée

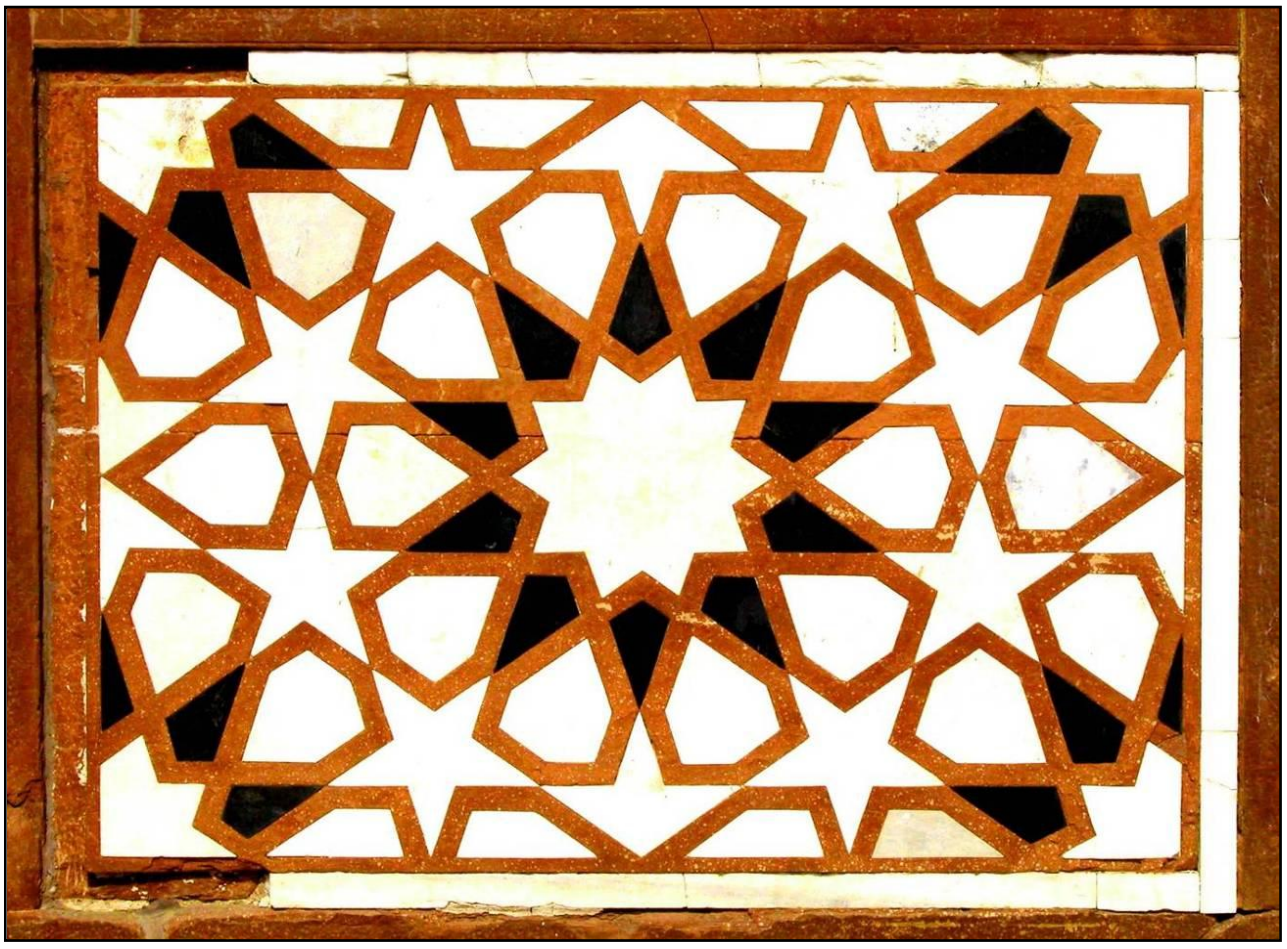
Détail de cinq panneaux de l'entrée.

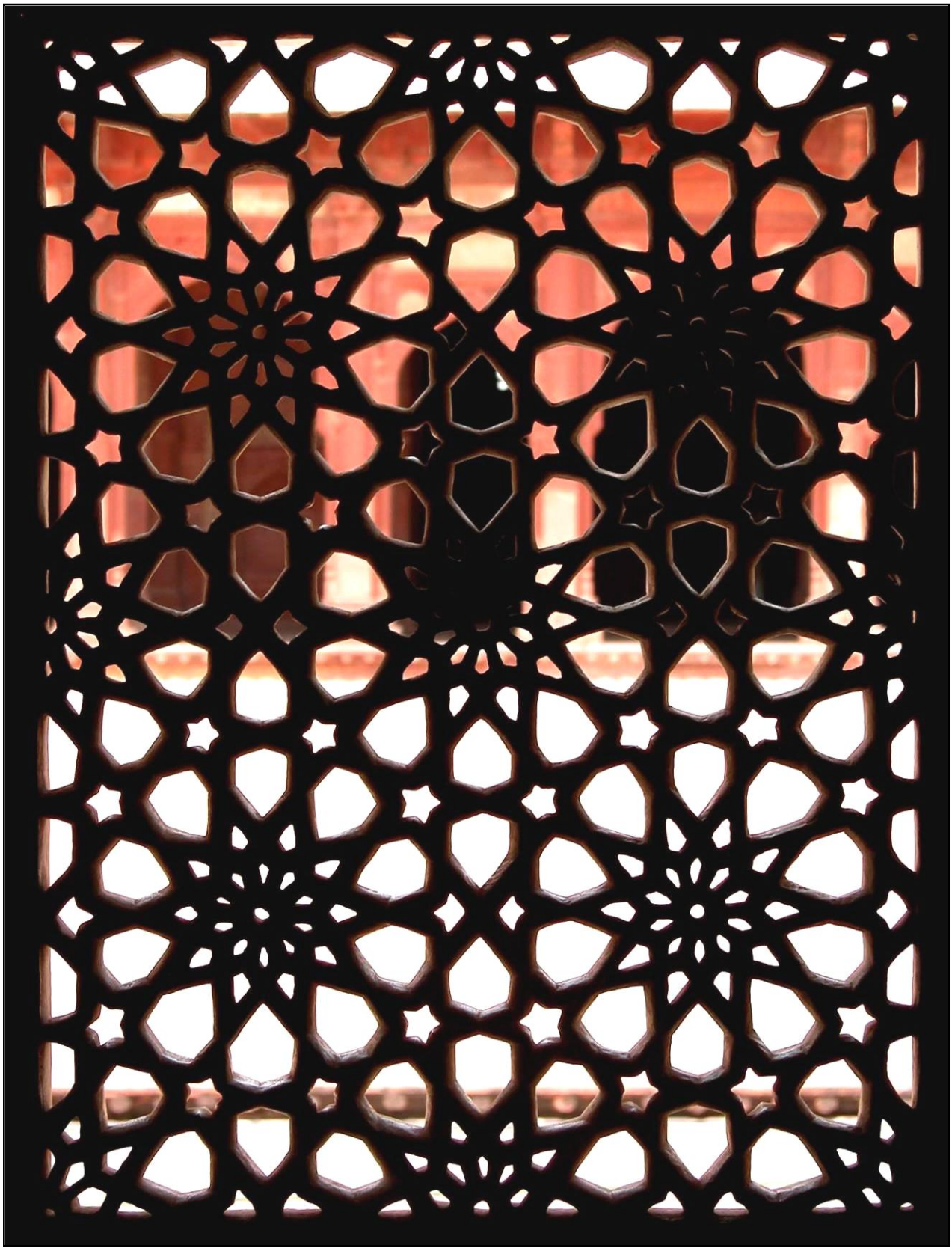




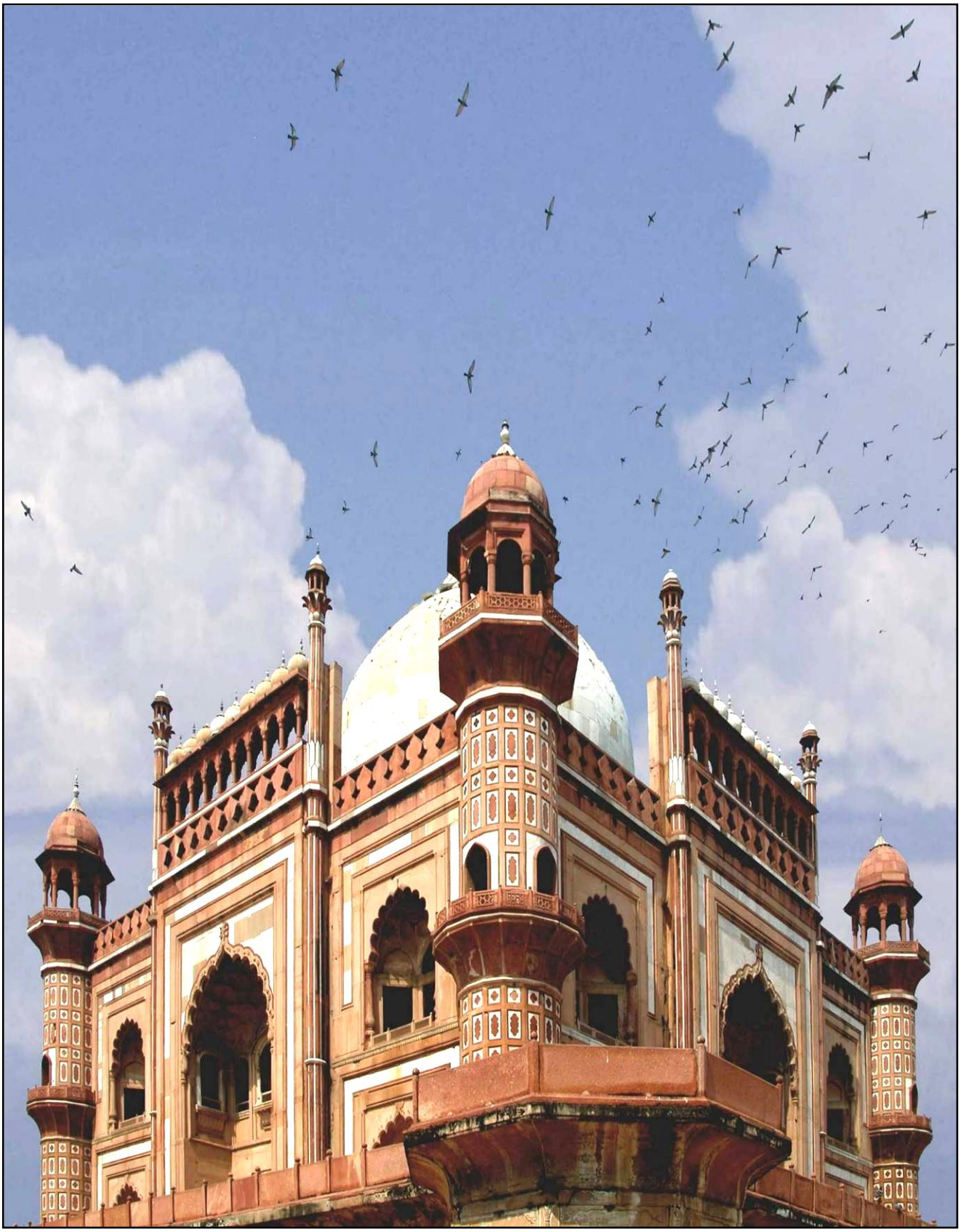




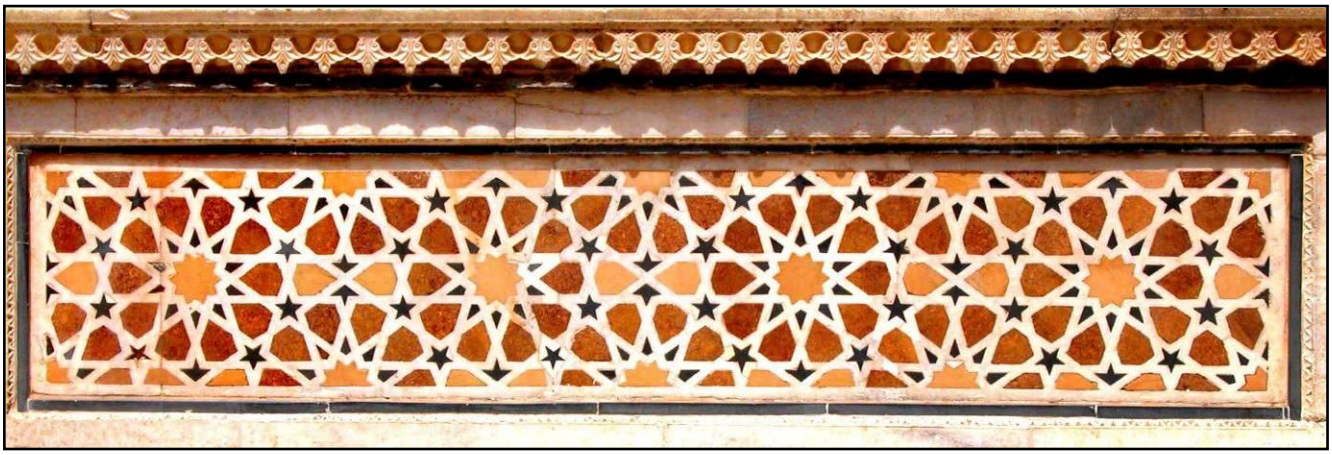


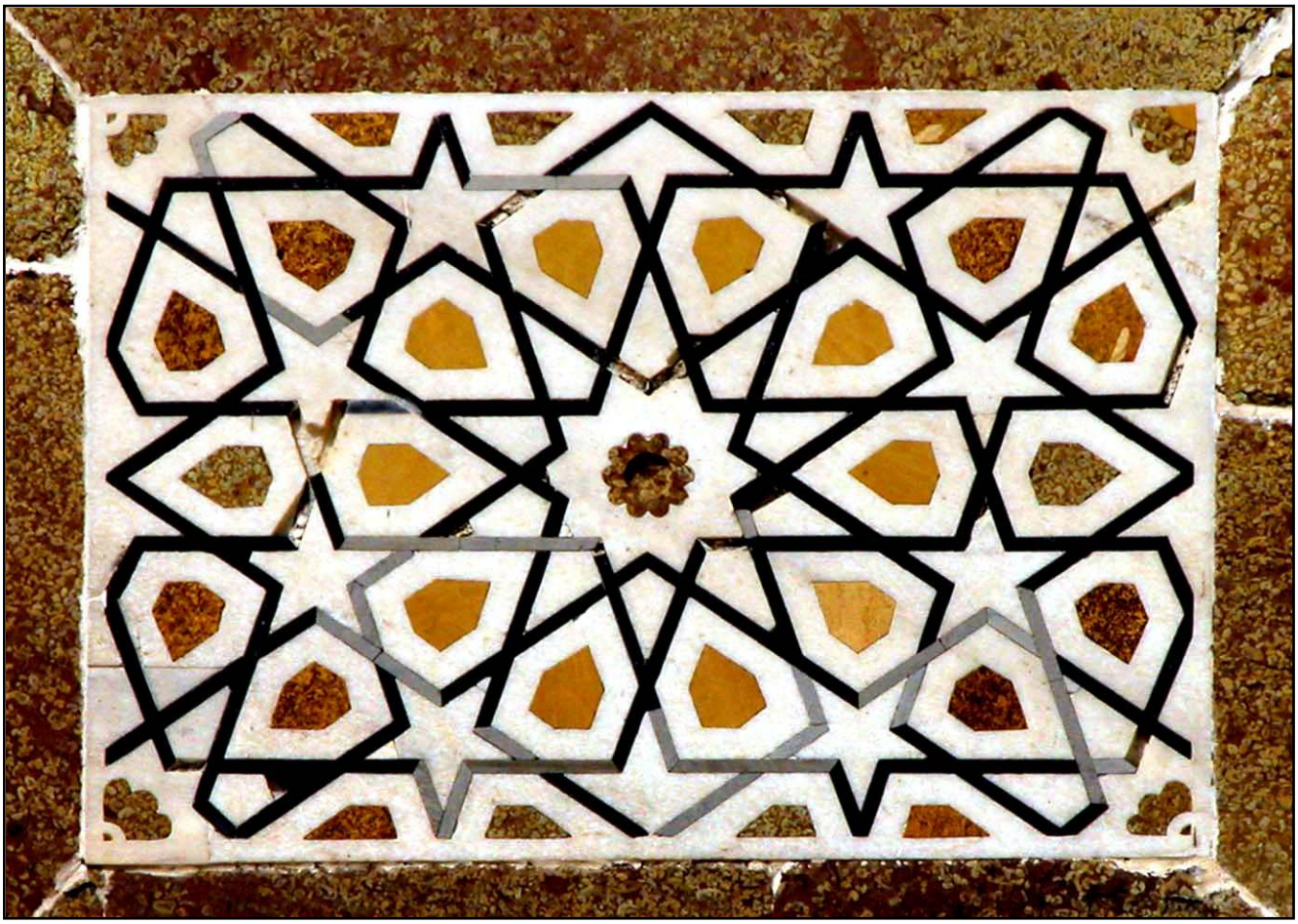


Jalis formés par une composition d'étoiles à dix de la Jama Masdjid de Fatehpur Sikri construite par Akbar en 1572.

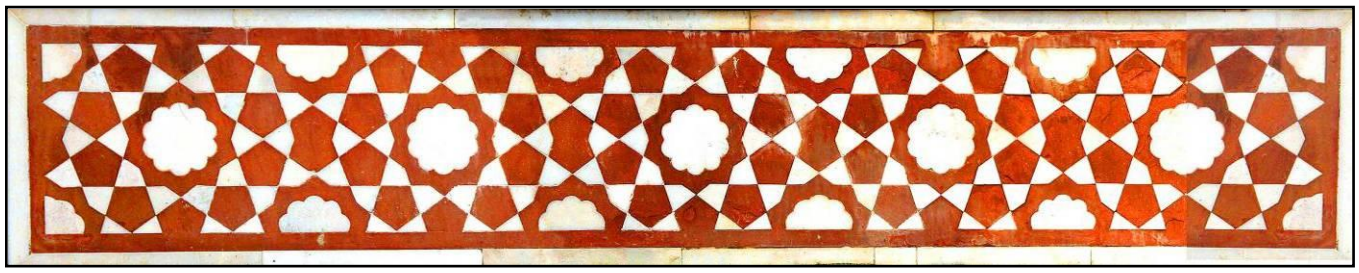


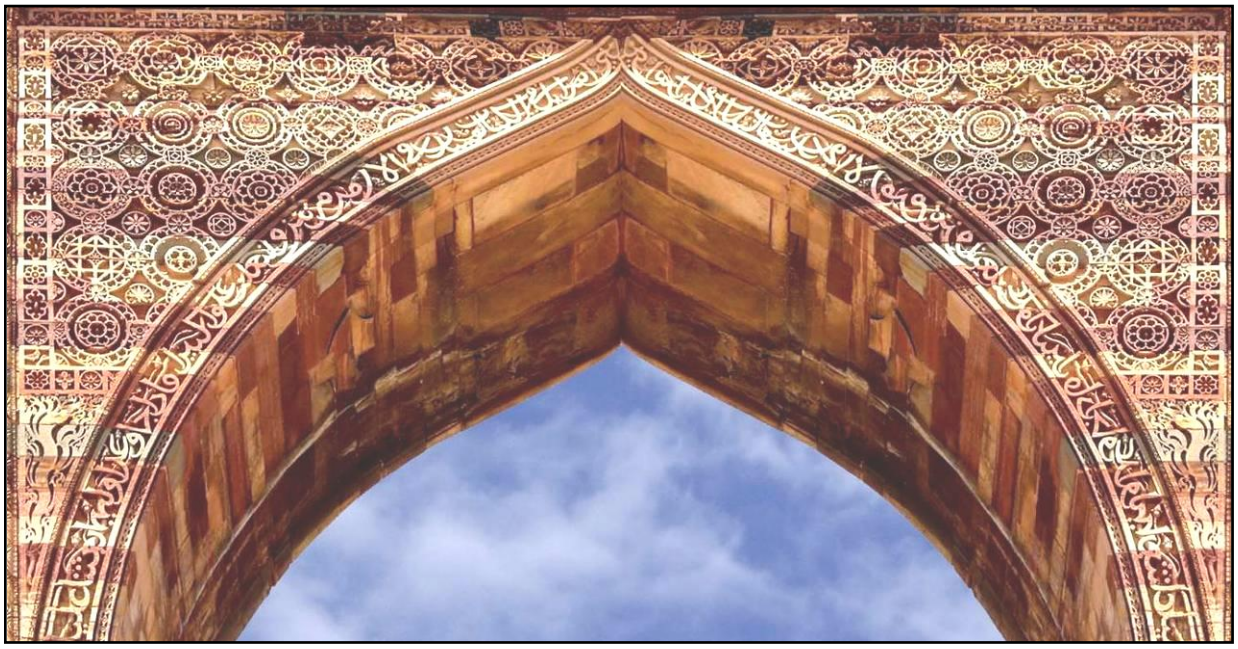
Moins élégant que le Taj Mahal, le tombeau de Safdarjang est un des derniers mausolées de l'époque moghole. L'influence persane tardive est bien visible dans les arcs polylobés et la forme bulbeuse de la coupole de marbre. L'intérieur est peu décoré.





Panneaux du mausolée d'Itimad-ûd-Daulah à Agra : pavages de motifs géométriques formés d'étoiles convergentes à dix obtenu par des incrustations de pierres fines dans le





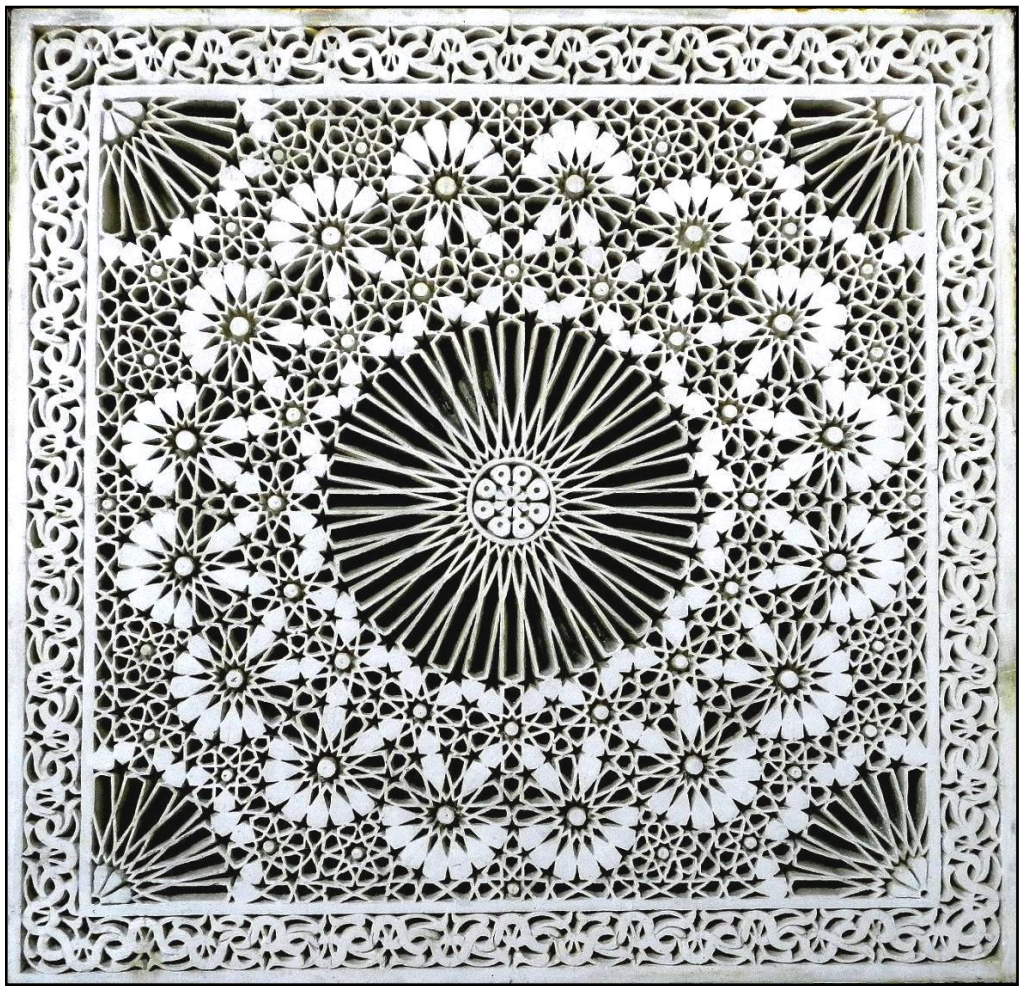
Décoration de type mandala de l'iwan de la mosquée Adhaï-din-ka-Jhonpra construite à Ajmer au XII ème siècle.



Trompes d'angle de la mosquée Quwwat-ul-Islam au Qutb Minar de Delhi : construite au XII ème siècle, cette mosquée fut de son temps la plus importante de l'Inde. Les arcs persans sont taillés dans des linteaux en encorbellements à la manière hindoue.

La géométrie des Arabesques

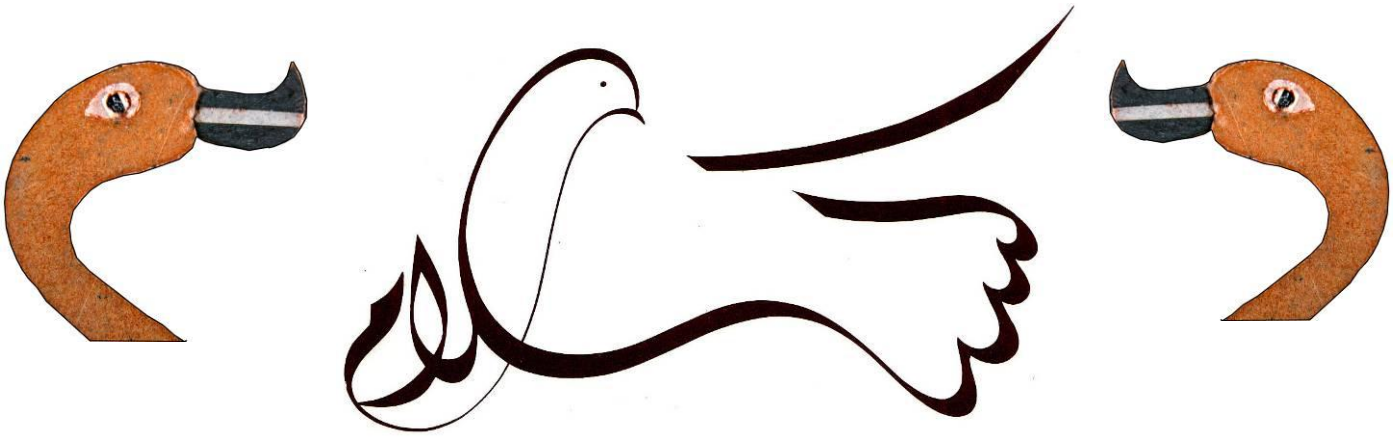
PHOTOGRAPHIES **DIAPORAMA**



DESSIN : DECORS GEOMETRIQUES

RETOUR

L’iconoclastie.



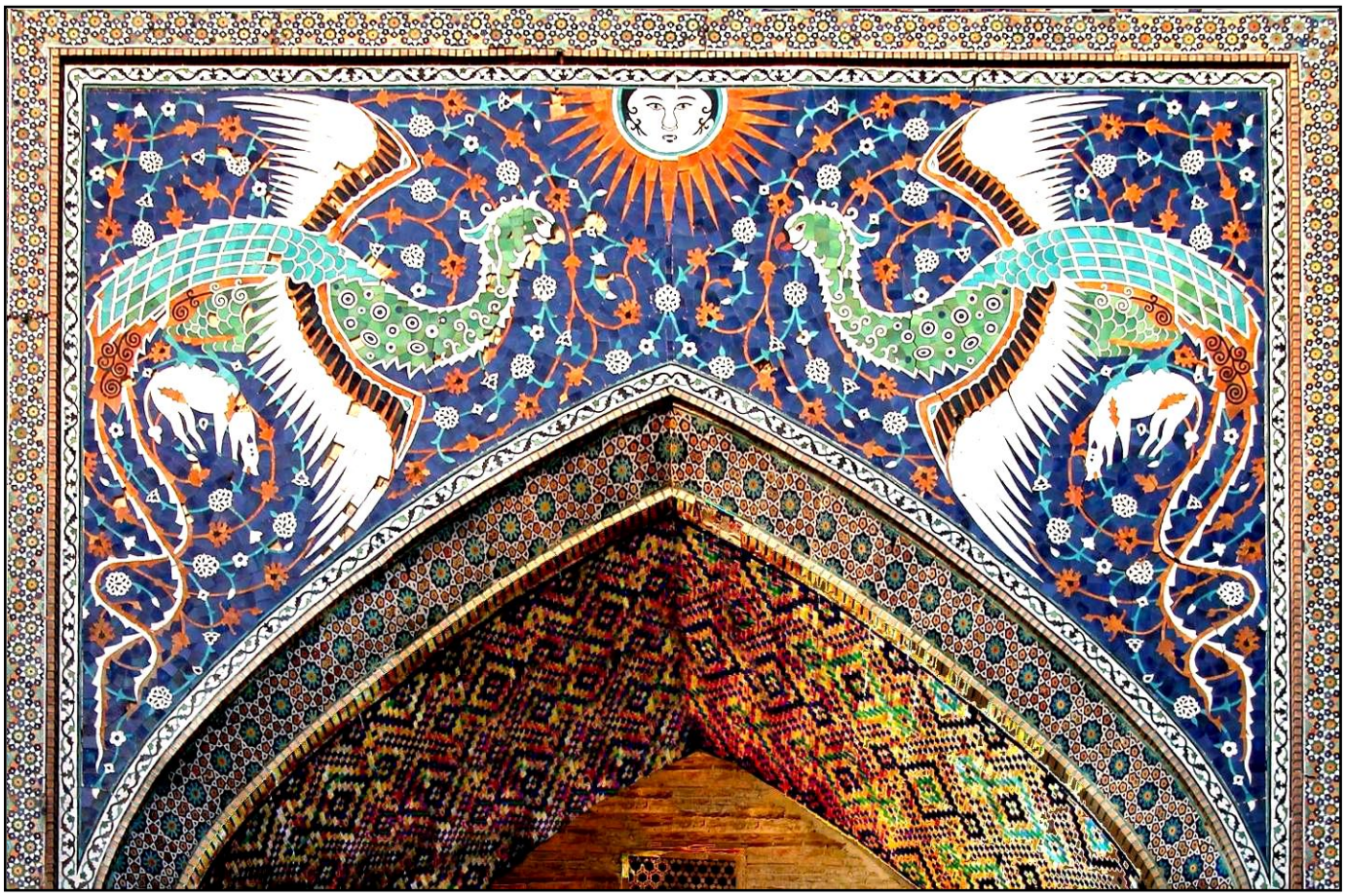
Il existe une erreur couramment admise affirmant que le coran interdit toute représentation des personnages. En réalité, c’est l’obéissance à la deuxième loi du décalogue de l’Ancien Testament qui exclut l’adoration des idoles ; les musulmans, qui reconnaissent l’Ancien Testament comme un texte sacré, appliquent strictement cette loi.

La symbolique s’est largement développée dans la calligraphie, l’art floral et les arabesques géométriques ; les quelques représentations figuratives qui ont subsisté sont symboliques et liées aux croyances ancestrales.



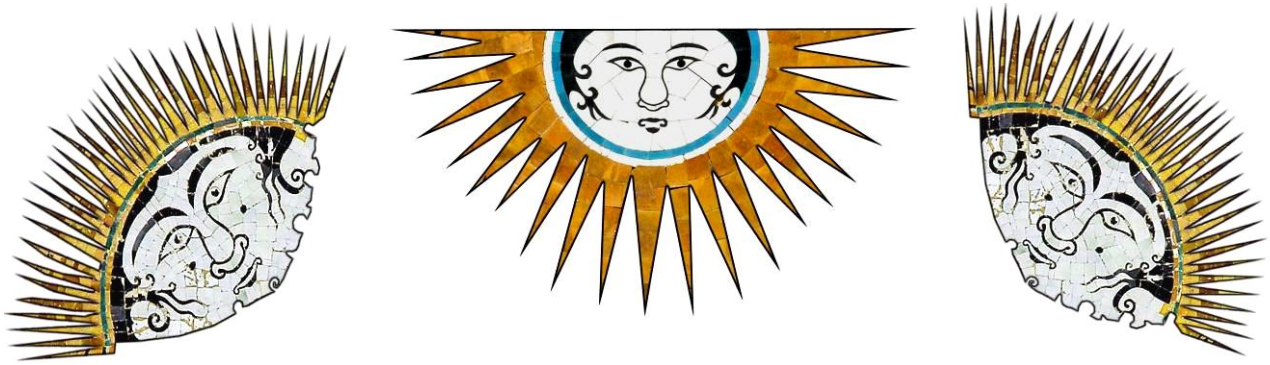
Style Salz yolu propre à l’art Ottoman : le panneau de majoliques d’une seule pièce du palais de Topkapi représente deux chimères.

RETOUR



L'influence zoroastrienne est très marquée dans ces deux pistach l'un à la médersa Nadir Divanbegh de Boukhara l'autre à la médersa Chir Dor de Samarkand.





L'Islam d'Asie centrale, principalement sunnite, a subi de fortes influences zoroastriennes, manichéennes et bouddhistes :

C'est ainsi que, sur le pistach de la médersa Chir Dor au Registan, deux soleils symbolisent la vie, et deux lions, attaquant chacun une gazelle, la force ; Chir Dor signifie d'ailleurs « qui porte deux lions ».

Les deux oiseaux simorgh qui ornent le tympan de la médersa Nadir Divanbegh à Boukhara, évoquent la vie éternelle et le renouveau.

Dans ces deux cas, il ne s'agit pas de la représentation d'idoles mais de l'expression de symboles, ce qui n'est pas en contradiction avec le Coran.



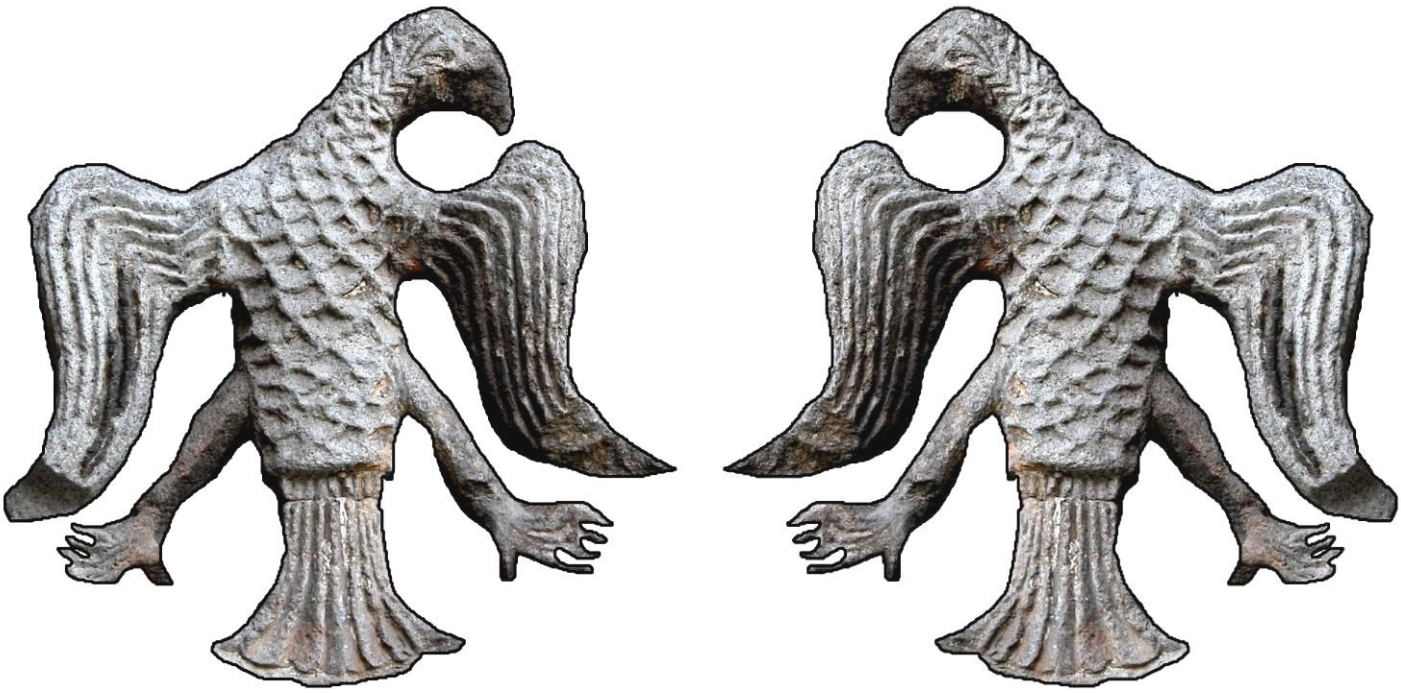
Eléments de la médersa Chir Dor, de la médersa Nadir Divanbegh du Registan de Samarcande et de la médersa Abdul Aziz Khan à Boukhara.

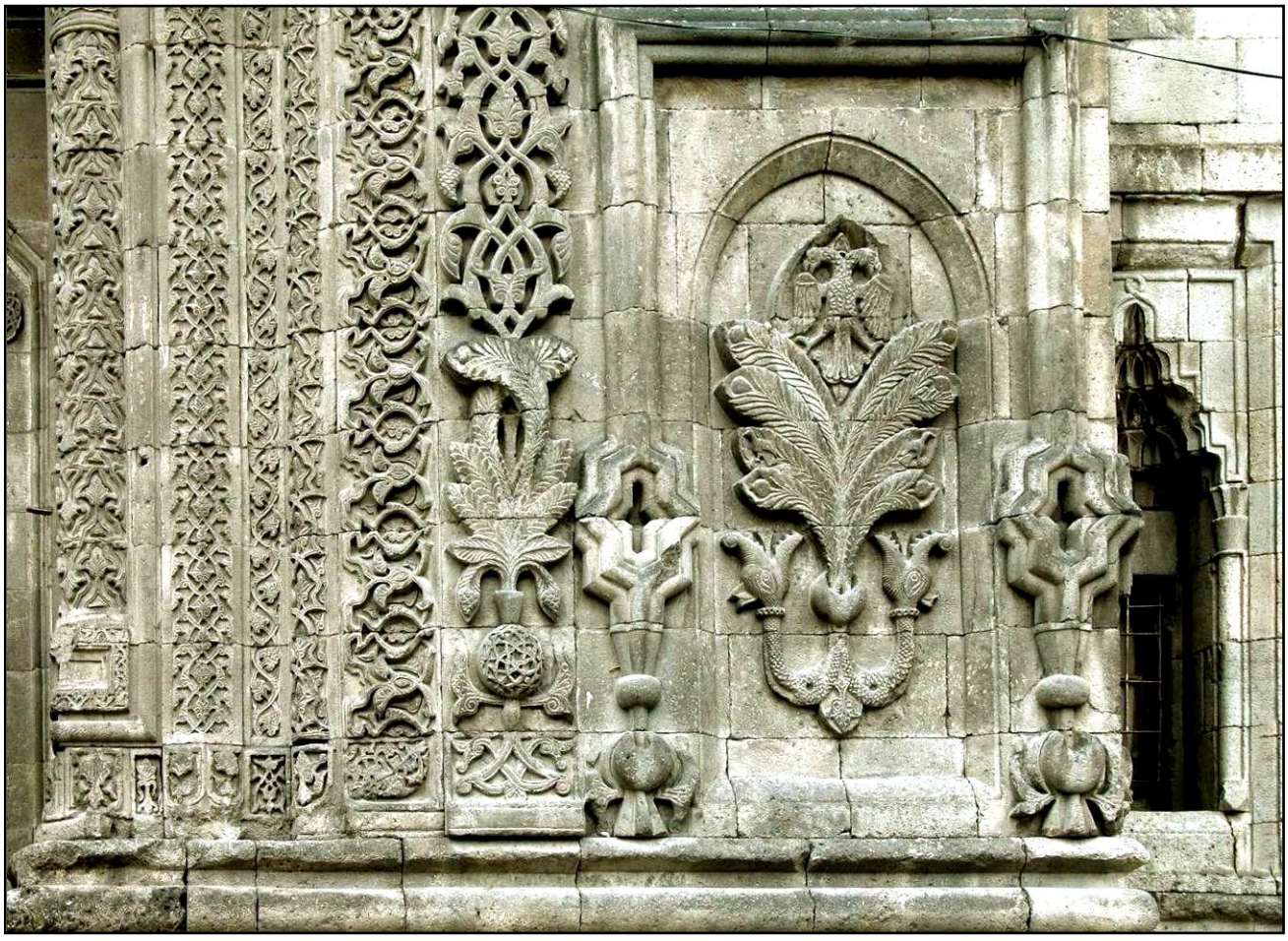


Médersa Abdul Aziz Khan à Boukhara construite en 1654 ; détails de la décoration non restaurée du pistach : un dragon se prélasse derrière le canope sous un bouquet de fleurs et deux oiseaux simorgh sont en adoration devant le soleil.









Les aigles bicéphales Seldjoukides du portail de la Cifte Minare d'Erzurum en Turquie rappellent que les anciens Turcs étaient chamanistes.



Aigles bicéphales Seldjoukides du portail de la mosquée de Divriği en Anatolie.



Oiseaux Simorgh issus de l'ancienne tradition chamanique

La calligraphie.

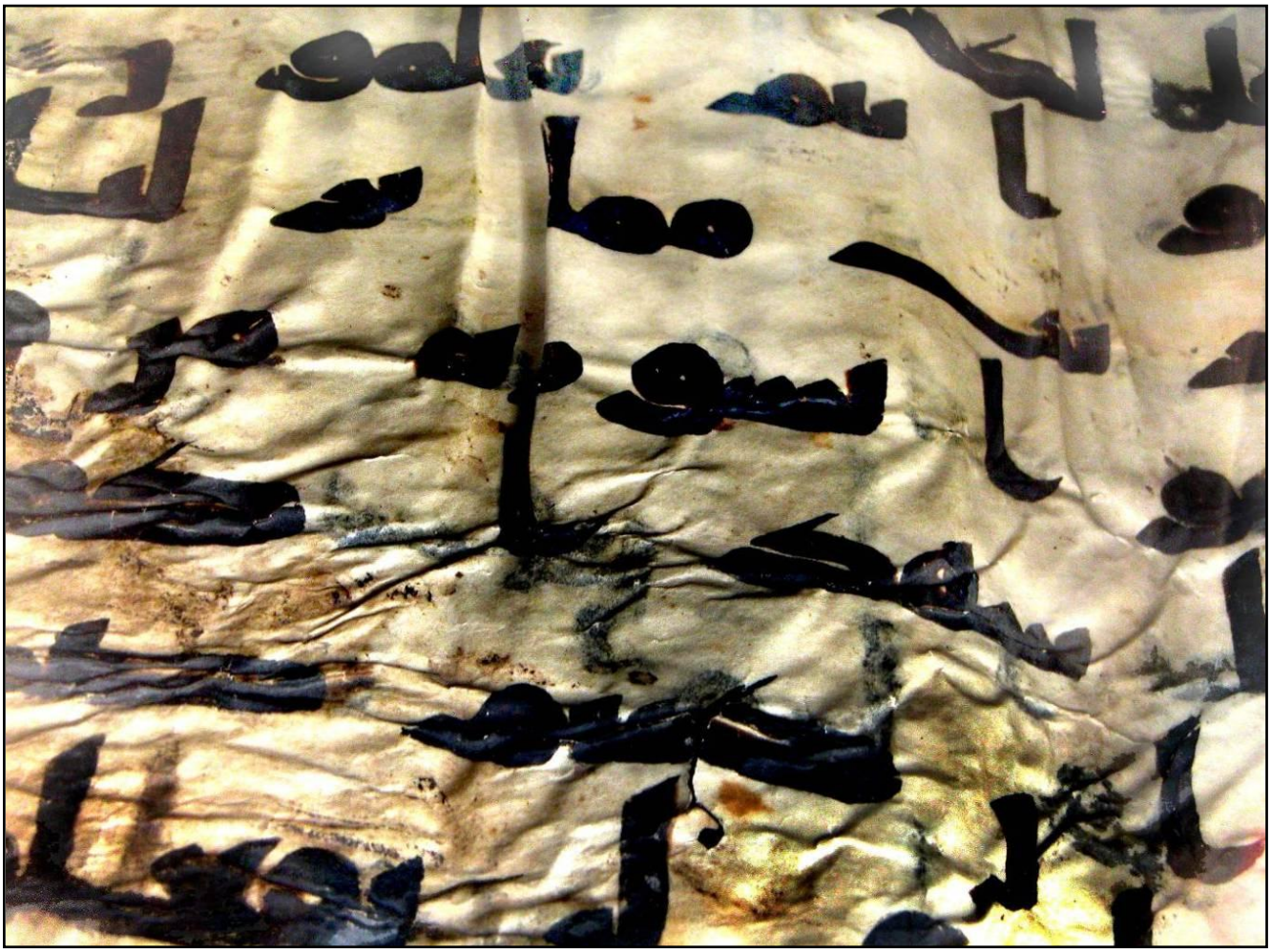


L'obéissance à la deuxième loi du décalogue de l'Ancien Testament a profondément marqué l'art islamique en éliminant toute représentation figurative. L'expression artistique s'est donc développée dans les seuls créneaux restants : le dessin géométrique donnant naissance à l'arabesque, le dessin floral et la calligraphie.

La calligraphie, art par excellence de la belle écriture, s'est développée avec l'Islam au cours des siècles. Les anciens calligraphes travaillaient dans la position du lotus, en tenant leur **calame** (roseau taillé) entre le pouce, l'index et le majeur, utilisant une encre fabriquée avec soin avec de la gomme arabique et des pigments de différentes couleurs.

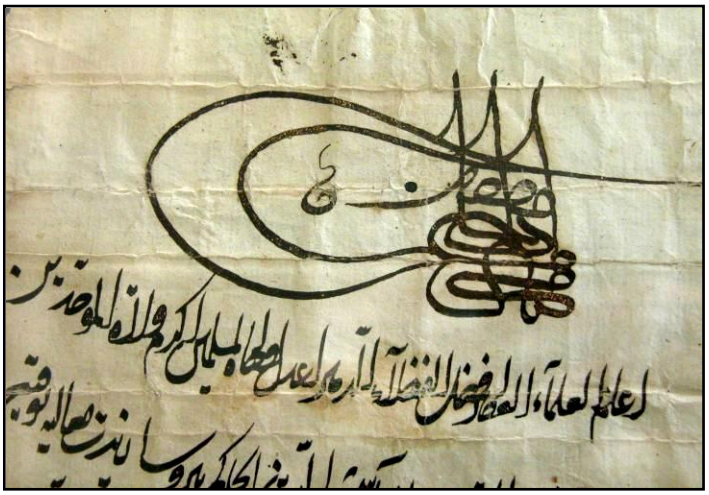


RETOUR



Page d'écriture sur parchemin du premier Coran dit d'Osman, le seul qui reste des sept exemplaires commandés par le calife Osman.





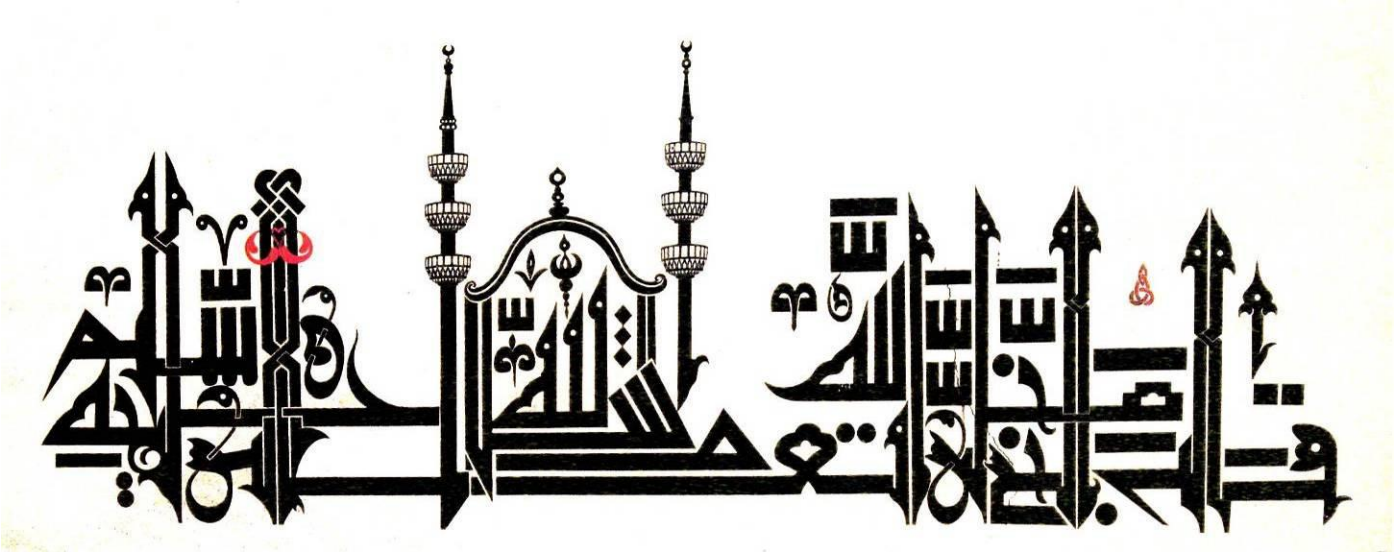
Signatures calligraphiques très caractéristique de deux sultans Ottomans.



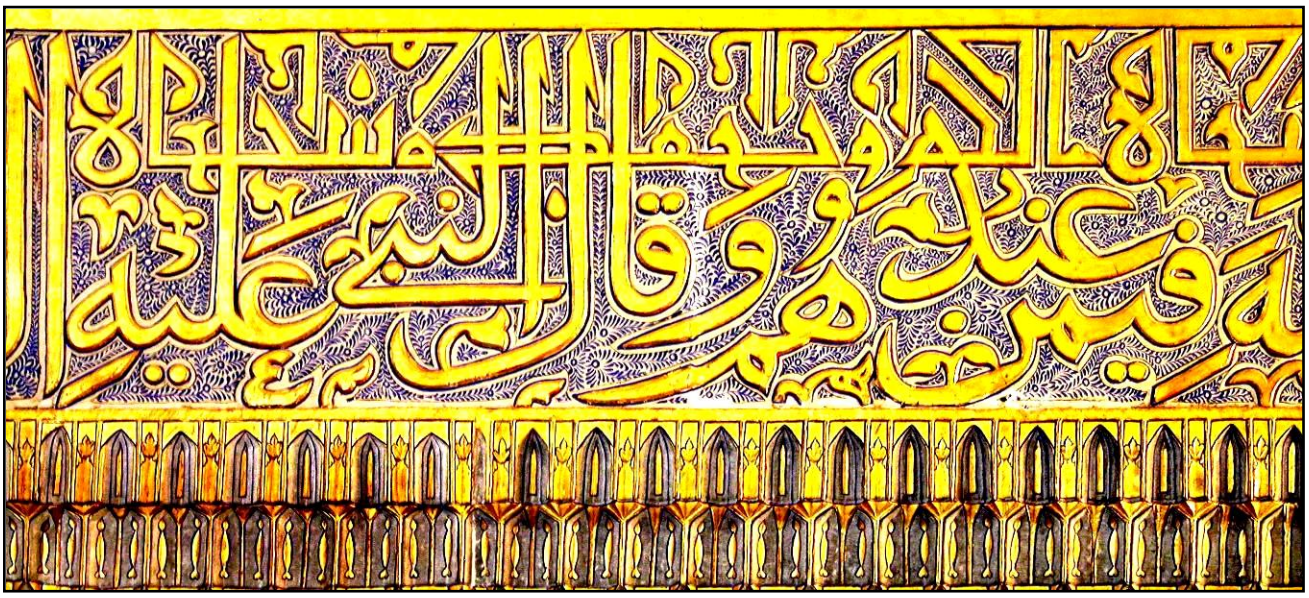
Giriks du minaret et panneau d'écriture coufique de la médersa Chir Dor du Registan.



Ecriture fleurie thuluth avec ses grands jambages ; médersa Chir Dor.



Au dessus, calligraphie moderne de l'Ulu Cami de Bursa.
Au dessous, deux types d'écritures dorées cohabitent sur ce panneau du Gour Emir.





Le calame, roseau du Nil, mesure une vingtaine de centimètres, son extrémité est taillée en biseau pour former un bec. Ce bec est lui-même fendu en son milieu pour réguler le débit de l'encre. C'est son l'orientation et la pression exercée sur son manche qui gèrent la forme du trait, des pleins et des déliés. L'ancienne unité de mesure de la largeur du bec est le poil d'âne : il doit mesurer huit poils mis côte à côte pour le style **thuluth** et vingt-quatre poils pour le style **tomar**.

Différents types de calames étaient utilisés en fonction de la missive : pour les demandes en mariage, ils étaient en cuivre rouge ; en argent pour sceller une amitié et en bois de grenadier pour une déclaration de guerre.

Assortiment de calames de la palette du calligraphe.



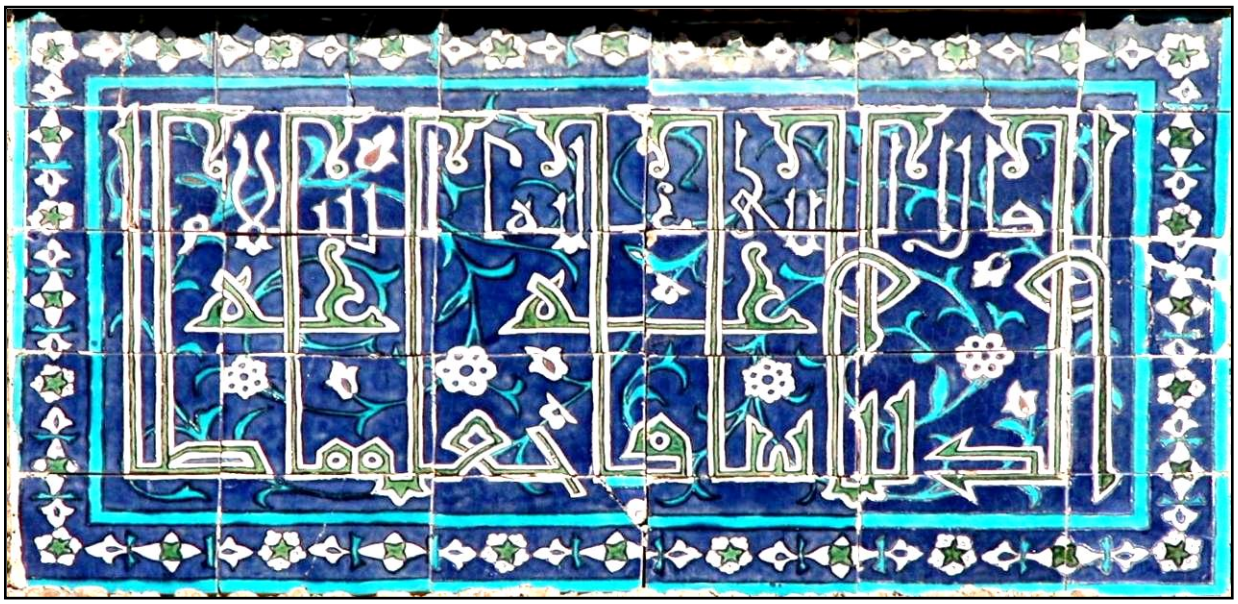
Le rythme, la concentration et le souffle sont les qualités que doit posséder le calligraphe. Il lui faut maîtriser sa respiration pendant la création du trait pour que sa ligne soit pure et, comme pour le chant, prévoir une césure pour reprendre la respiration.

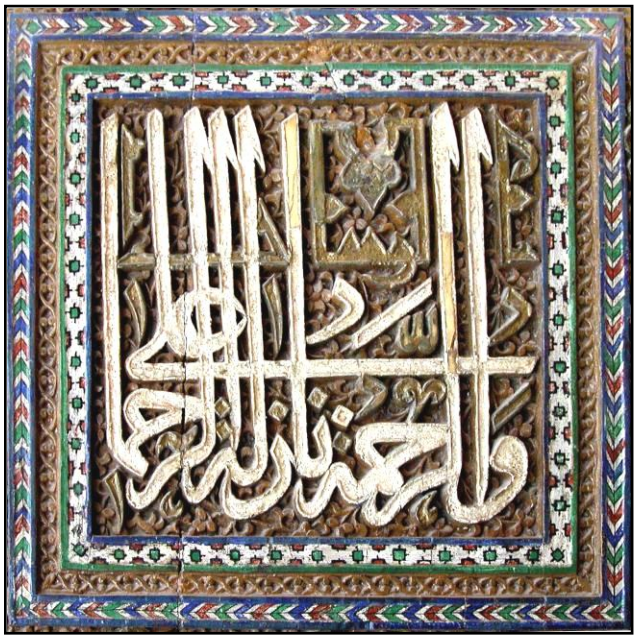


Panneau rajouté à Sainte Sophie lors de sa transformation en mosquée par Mehmet II en 1453.

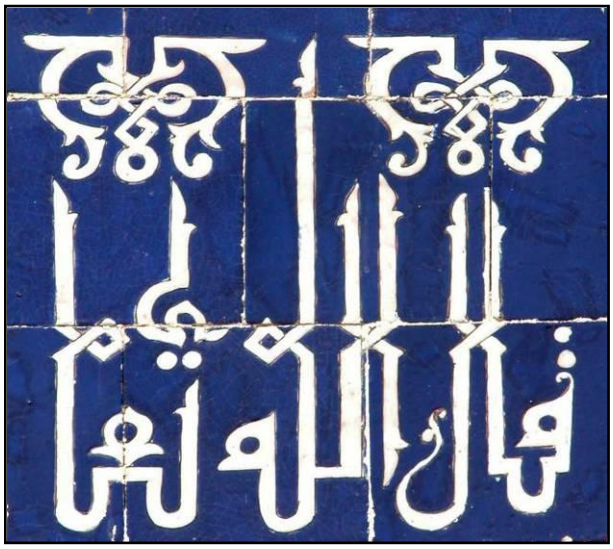


Écriture thuluth et mouqarnas taillés dans le marbre à la mosquée Bibi Kanun de Samarcande.



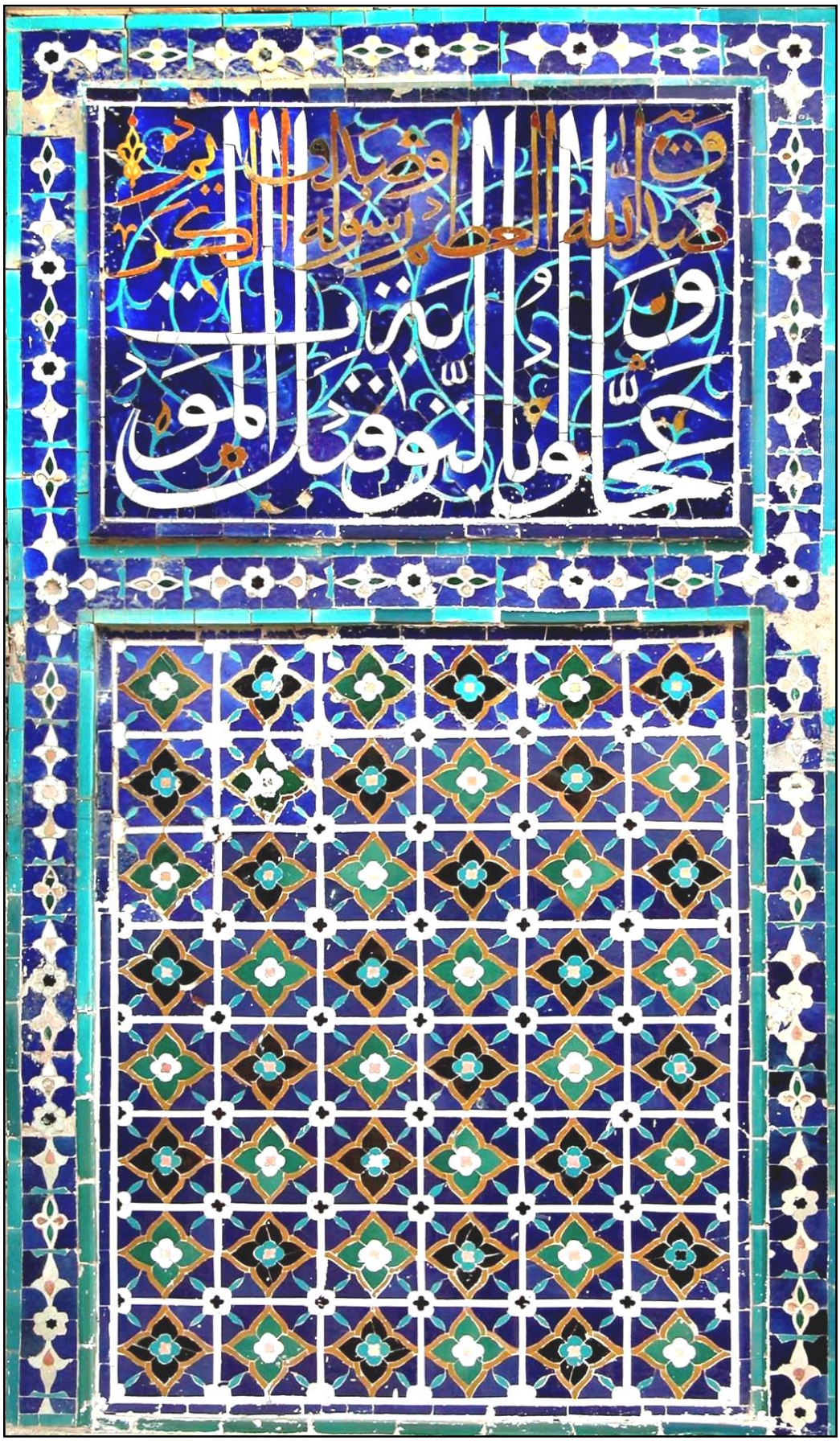




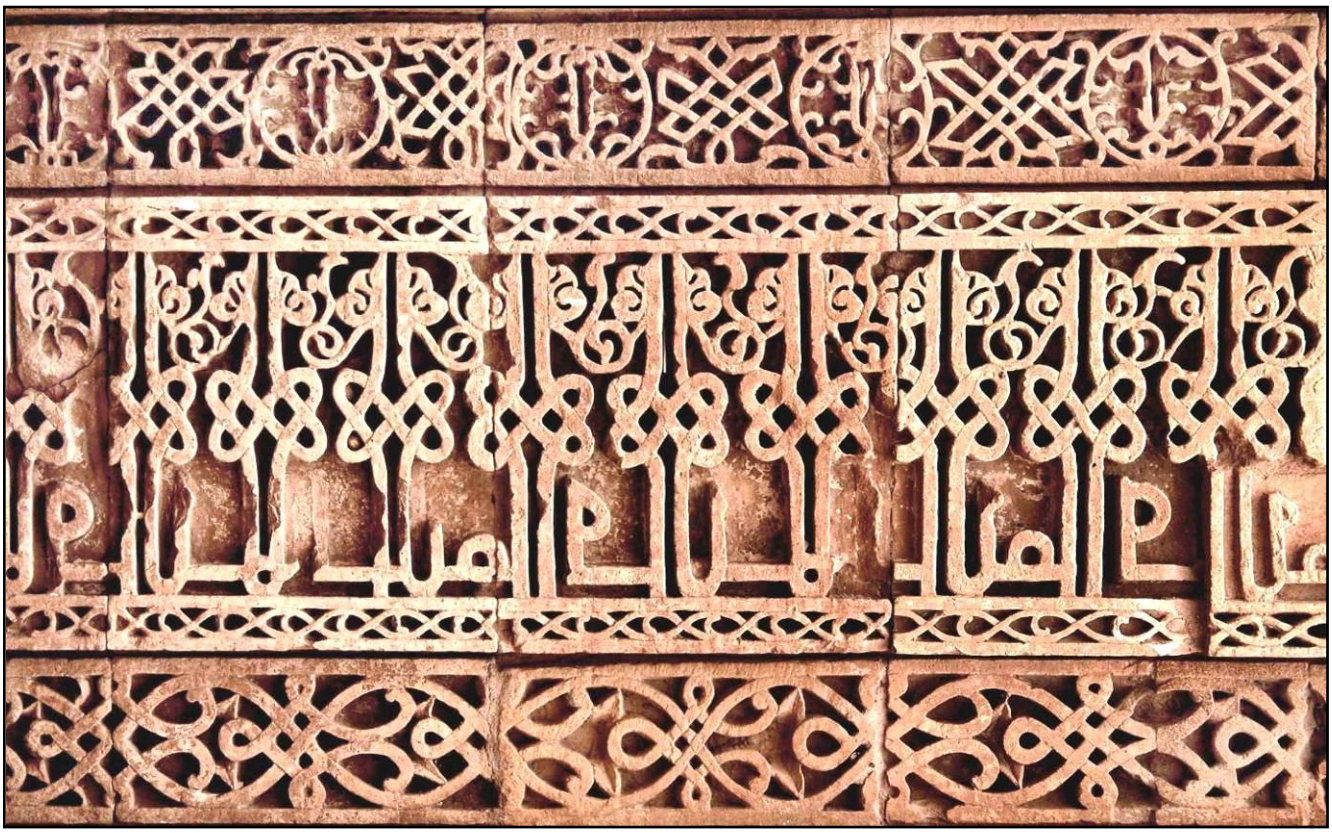


Au dessus, visible au palais d'Ak-Sarai de Timour à Shahrisabz, étoile à six développant un texte coranique.

Différents types d'écritures visibles à Shah-I-Zinda, dont la calligraphie gravée par l'artiste Youssouf de Chiraz sur la porte de bois, surnommée « la porte du Paradis », qui donne accès à la mosquée Qasim-Ibn Abbas depuis plus de 600 ans.

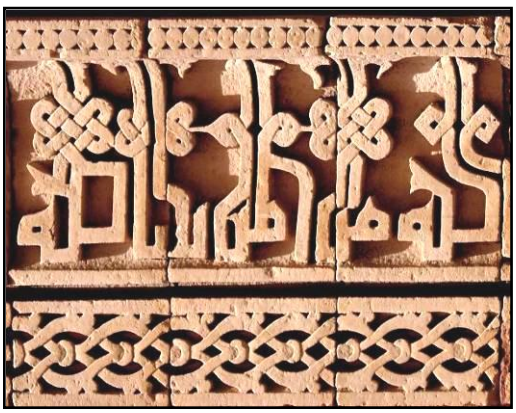


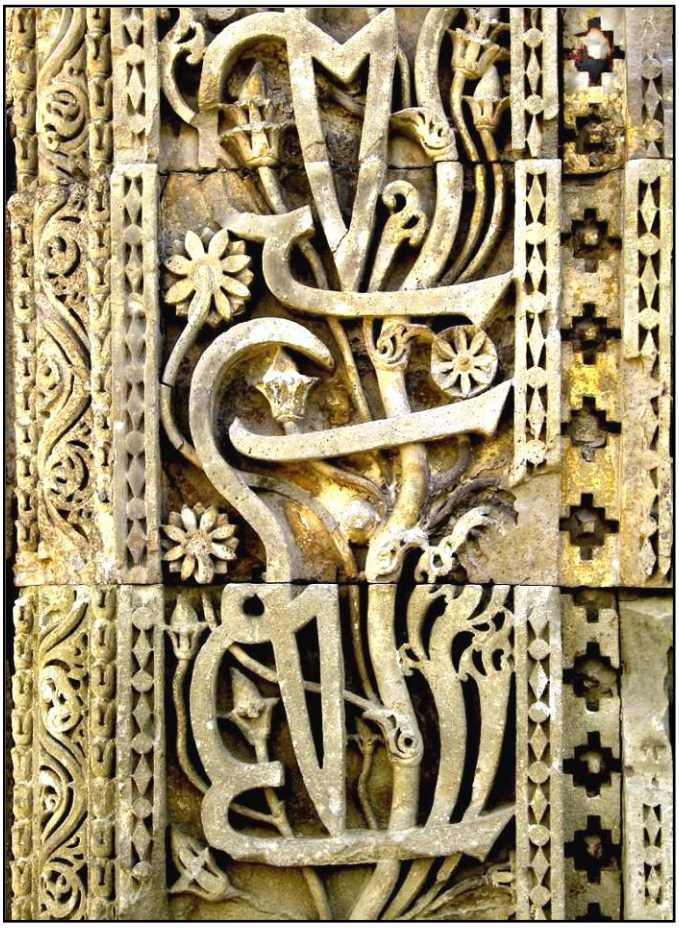
Panneau calligraphié à Shah-I-Zinda.

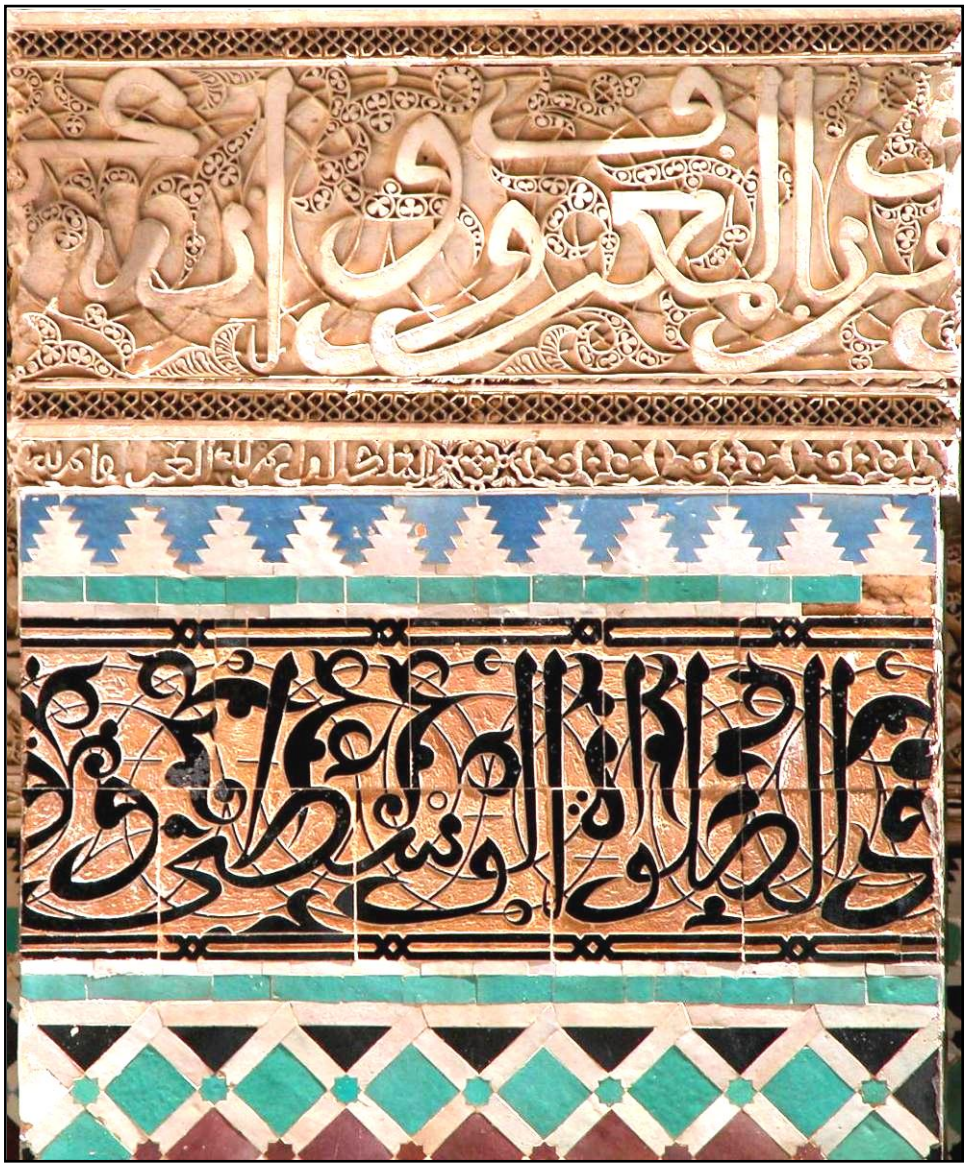


Écritures gravées en 1199 dans le grès rouge au Qutb Minar de Delhi.











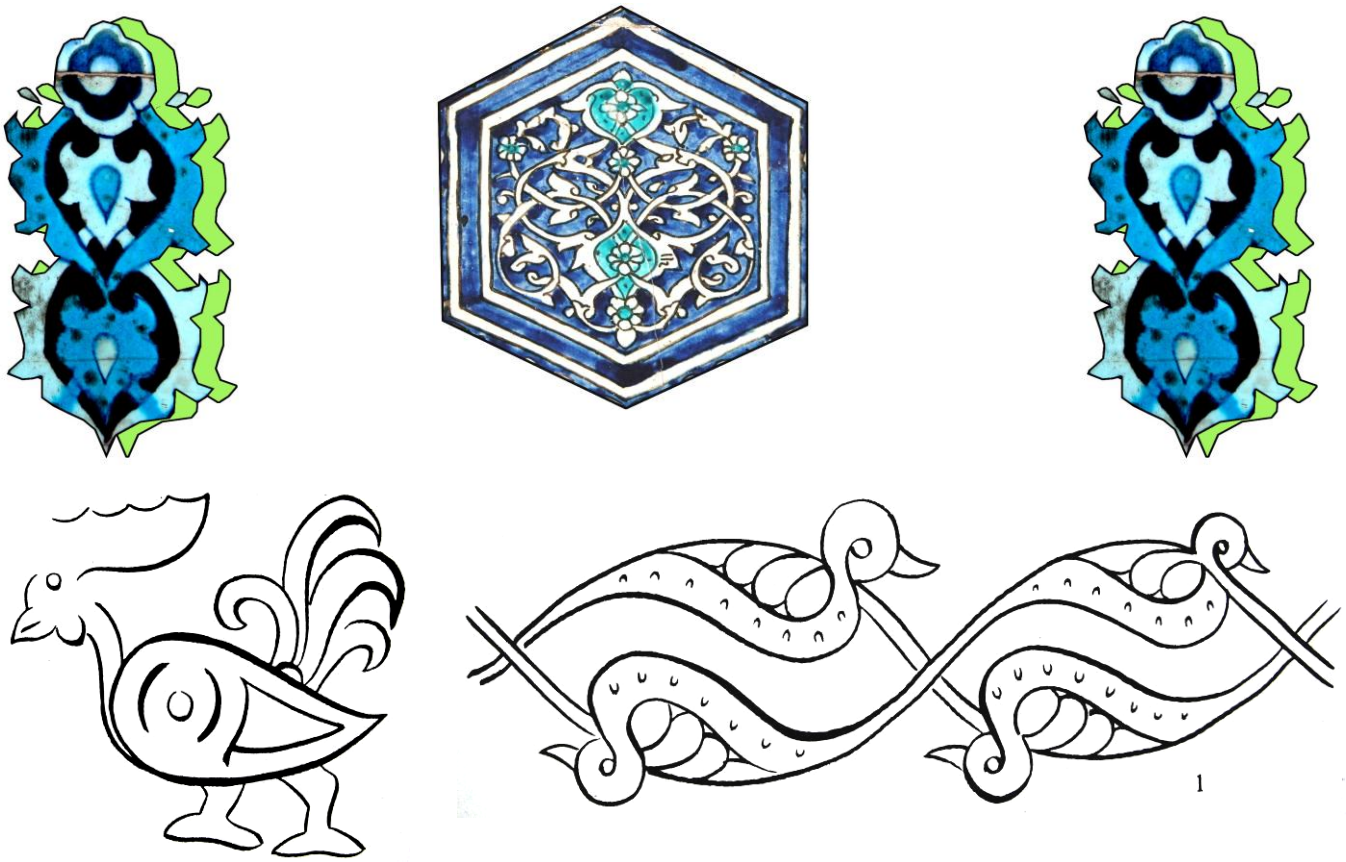


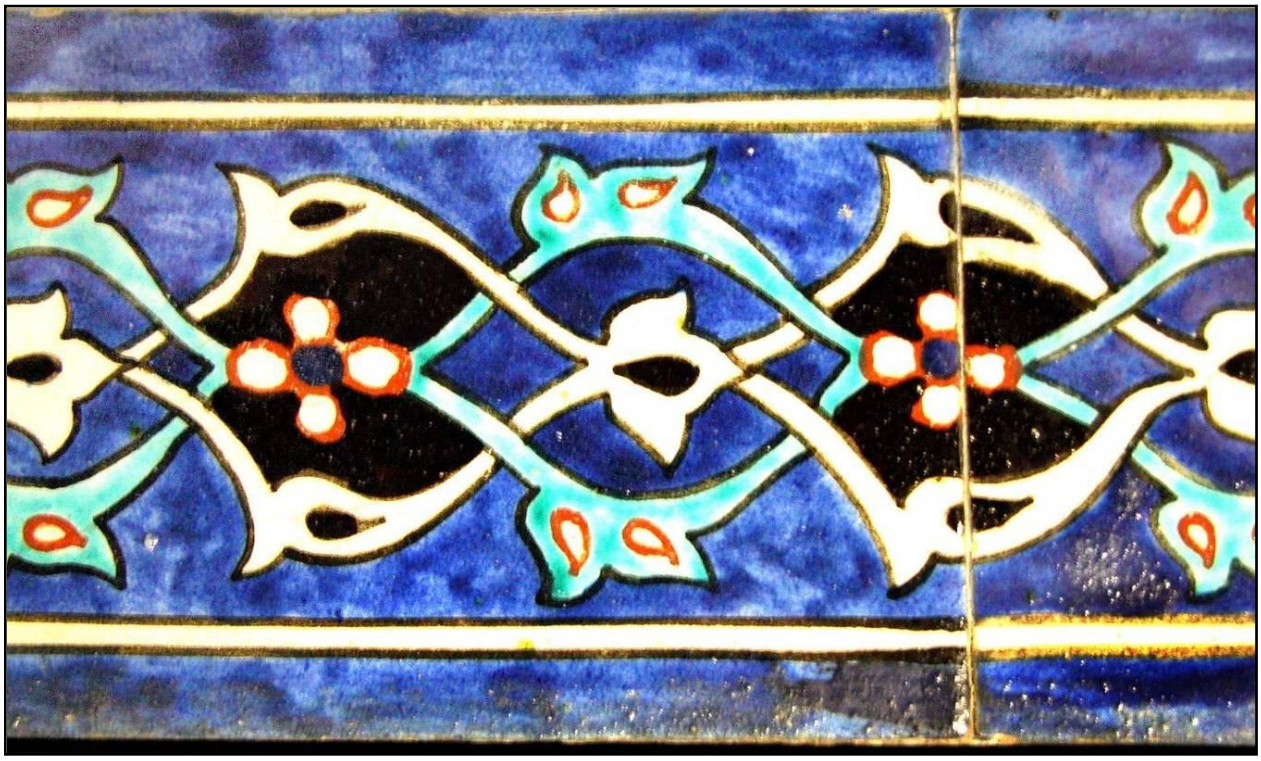


Maroc : écriture cursive sur des carreaux excisés avec pour fond les pampres et le feuillage de la vigne.



Les décors floraux.





Mosquée verte de Bursa.

RETOUR

1500 ans avant J.C, les **Aryens**, peuple nomade du sud de la Sibérie et d'origine inconnue, se déplacent vers l'Inde et le plateau Iranien avec leurs coutumes et leurs croyances. Ils ont dans leurs bagages toute une symbolique religieuse représentée par un cortège d'animaux. L'étude des textes anciens du Mazdéisme, l'**Avesta**, et de l'Hindouisme, les **Veda**, montrent une grande similitude de ces croyances. La division tripartite de la société, qui forme aux Indes le système des castes, en est une des conséquences.

Les Huns et les Uigurs, tribus Turques, ont transmis ces coutumes aux Seldjoukides de Perse et d'Anatolie.

Les motifs floraux, qu'ils introduisirent, représentaient, à l'origine, des animaux. Sous l'influence de l'Islam, ces motifs se stylisèrent jusqu'à en perdre leur forme originelle et se transformèrent graduellement en motifs interprétés comme des motifs floraux : les **rumis**. Du Maghreb, à l'Andalousie et jusqu'à l'empire moghol aux Indes, on les retrouve dans les mosquées, les médersas et les palais.

Aux **rumis** Seljukides du Xème et XIème siècle se sont rajoutés au XIIème et XIIIème les assortiments de fleurs d'influence Chinoise : les **hâtais.**



Style floral évolué des majoliques de Khiva.

Stylisés par les Seldjoukides au cours du XI ème au XII ème siècle, les rumis se développeront sous les Ottomans, à l'époque Fath, avec l'apparition du feuillage.

La stylisation fut si importante qu'il est difficile de reconnaître les représentations animales originales.





Rumis de style timouride de Shah-I-Zinda à Samarcande.





Évolution tardive du tracé des rumis : des bourgeons apparaissent ainsi que des nœuds et des entrelacs.





Mausolée de Tuglu Tekin construit par Tamerlan en 1372 à Shah-I-Zinda. Terracotta sculptée, émaillée et cuite selon la technique de la réduction pour obtenir les reflets métalliques.





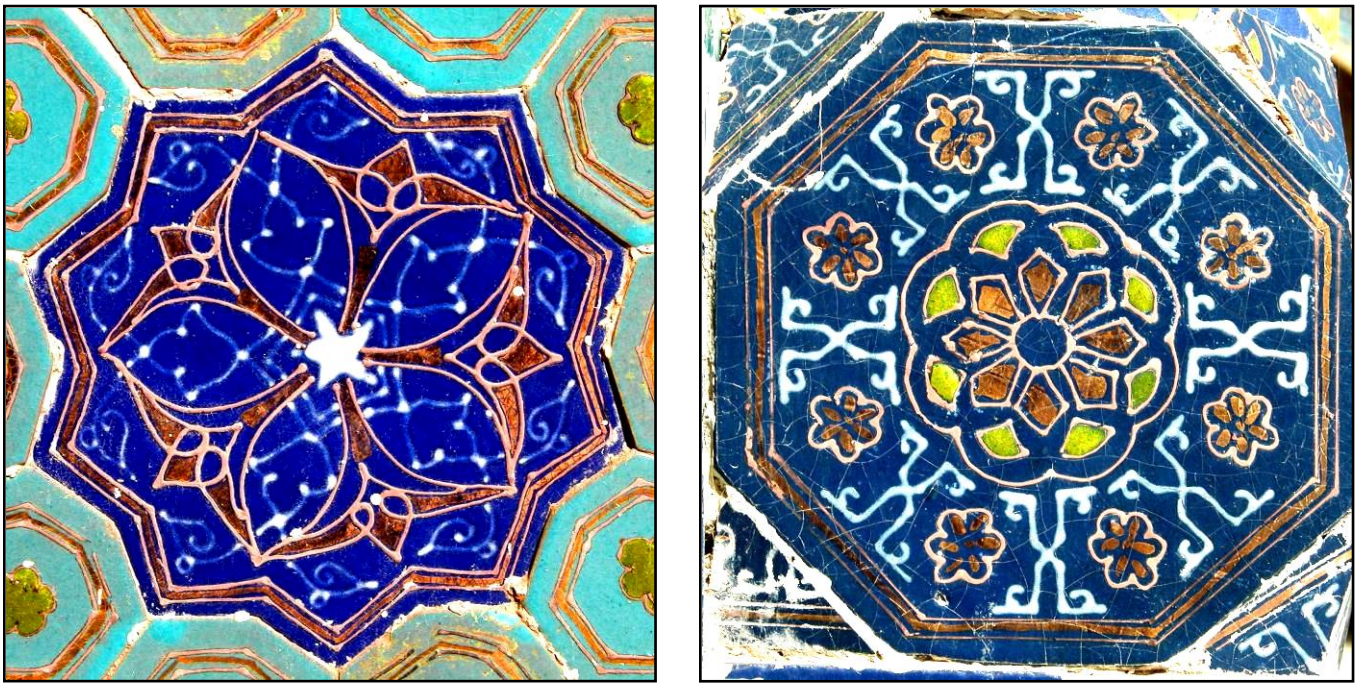
Style mu'arrâk :
Kaschis découpés et assemblés du mausolée de Tuman Aka, une des femmes de Timour.

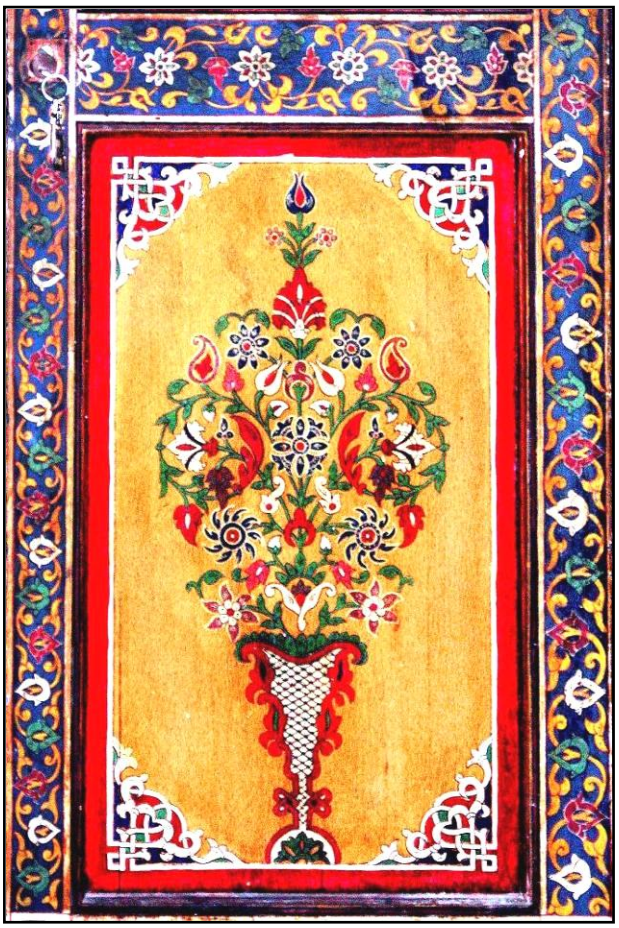


Portail de la mosquée de Divriği de style baroque seldjoukide



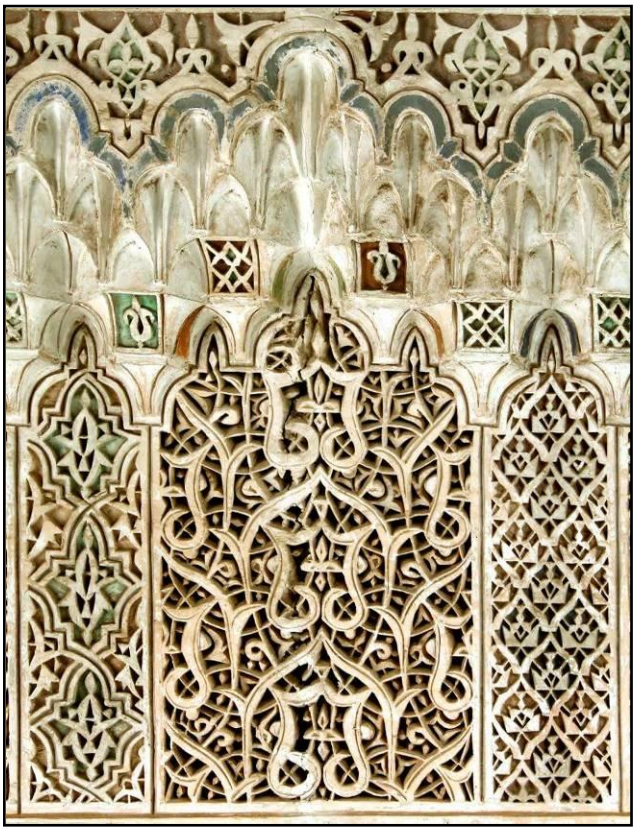
Majoliques de Shah-I-Zinda à Samarcande.

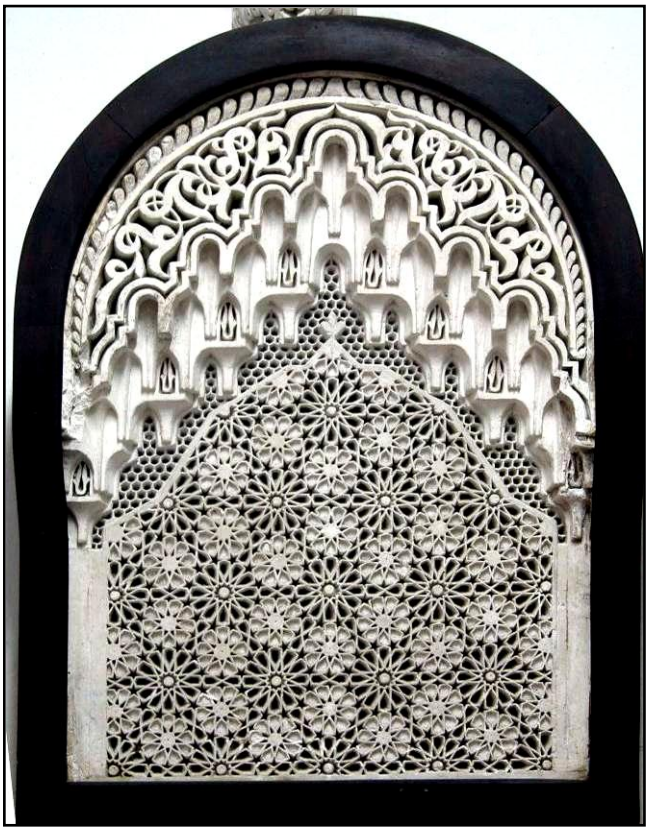






École artisanale de Tétouan au Maroc : travail du zouak (peinture sur bois et du stuc) et motifs floraux.









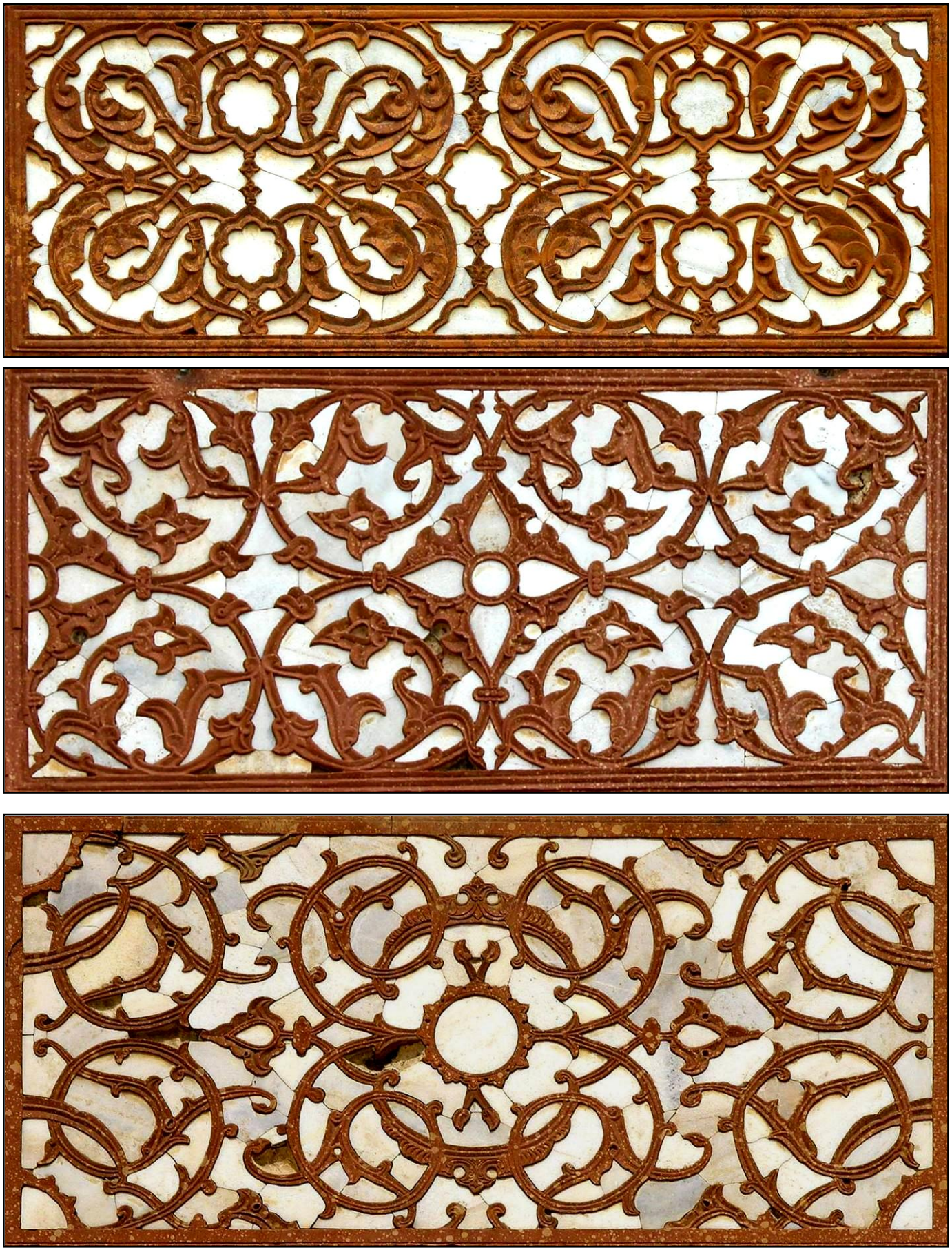
Rumis de la Cifte Minare d'Erzurum construite sous les turcs Seldjoukides en 1253.
Frise du mausolée construit au début du XIII ème dans la Sifahiye Medresesi à Sivas.





Les formes d'oiseaux et de poissons entrelacés sont encore reconnaissables dans les rumis du pistach de la Cifte Minare d'Erzurum.
Mains stylisées décorées de rumis sur le pistach de la darufissa (l'hôpital) de Divriği construite en 1228.



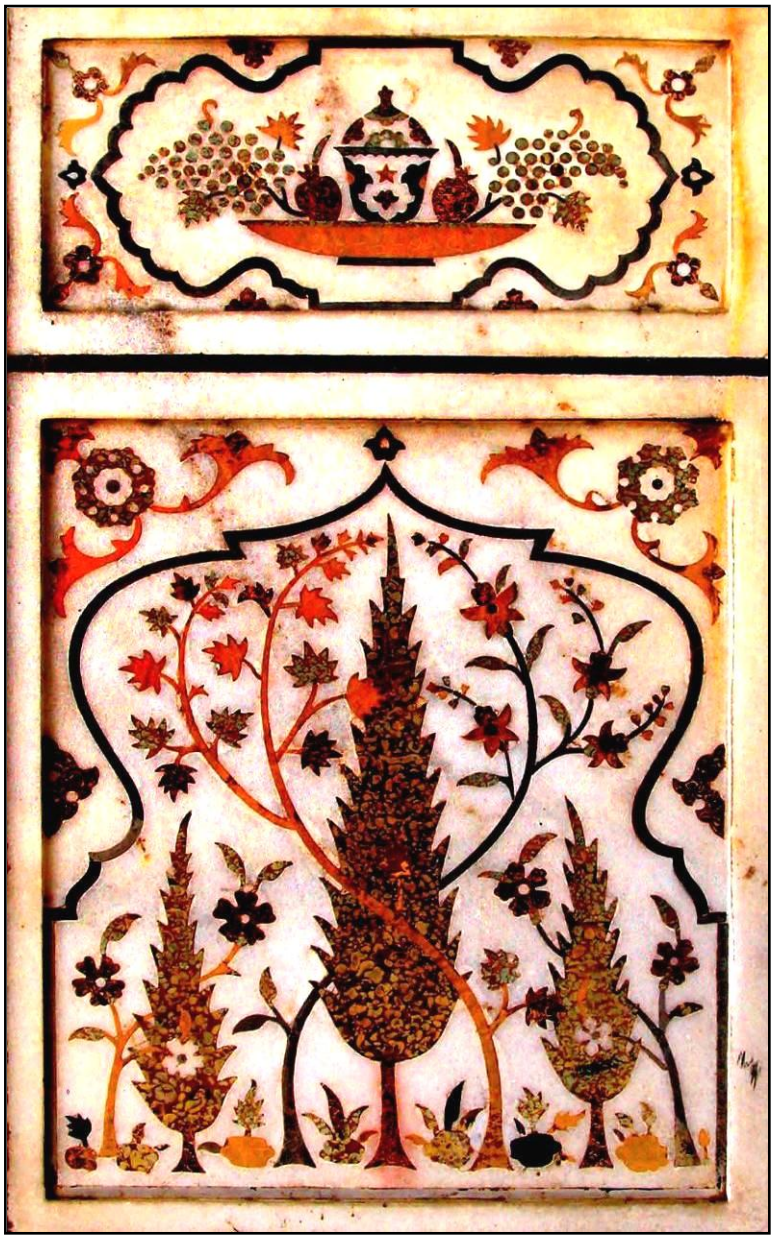


Incrustation de marbre dans du grès : panneaux du mausolée du grand moghol Akbar à Sikandra.



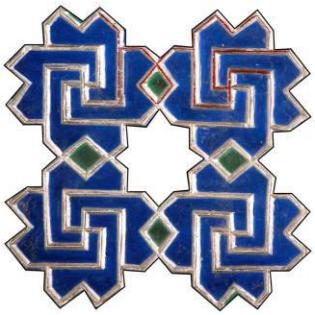
Incrustations de pierres fines (pietra dura) dans le marbre au Taj Mahal (au dessus) et au mausolée d'Itimad-ûd-Daulah (au dessous) à Agra.





Décors géométriques.

PHOTOGRAPHIES **DIAPORAMA**



L'art islamique est régi par une structure géométrique rigoureuse soutenue par une pensée mathématique toujours présente. Cette géométrie se retrouve non seulement dans l'architecture mais aussi dans la composition des décors, chaque élément ayant un caractère symbolique nécessité par l'iconoclastie :

Les assemblages de chevrons symbolisent les quatre fleuves du paradis (fleuve d'eau pure, de miel, de vin et de lait).

Le cercle, la voûte céleste.

Les compositions étoilées : l'immensité des différents univers imbriqués les uns dans les autres avec les portes donnant sur l'inconnu de l'au-delà.

L'étoile à huit, le paradis…




Compositions d'étoiles à huit à Shah-I-Zinda.

RETOUR

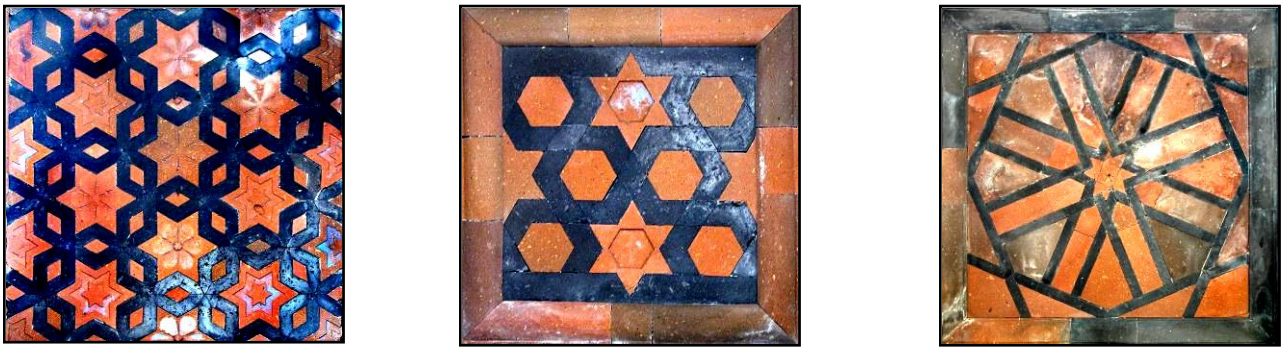


Entrée de l'église d'Arak Elots construite en 1031 avant la présence des Seljoukides.

En 622, début de l'ère musulmane, l'Anatolie était sous domination Byzantine à l'ouest et Arménienne au nord-est. L'expansion des turcs venus des confins de l'Oural et de l'Altaï fut concrétisée par la victoire du Seljoukide Alp Arslam à Manzikat en 1071, victoire qui ouvrit les portes de l'Anatolie aux conquérants musulmans ; la conquête sera terminée bien plus tard, par la prise de Constantinople par le sultan Ottoman Mehmed II El Fath. , en 1453.

Le sud du royaume d'Arménie et leur capitale, **Ani**, alors gouverné par la dynastie des Bagratides, succombèrent en 1045 à la pression des Byzantins aussitôt suivis en 1064 par l'avancée des nomades turcs Seldjoukides menés par leur chef Alp Arslam.

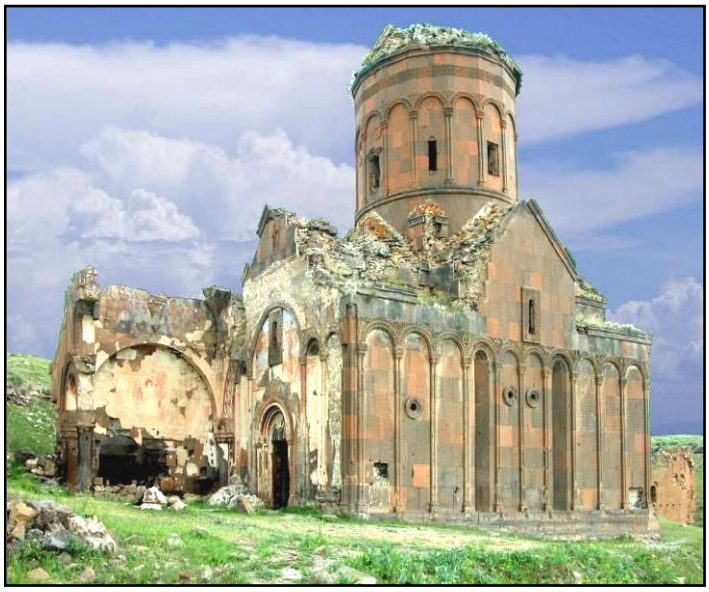
Située sur un éperon rocheux entouré par un méandre de la rivière Arpachay, dominée par une citadelle et défendue par de puissants remparts, cette capitale cache dans son enceinte des monuments chrétiens édifiés au cours des Xème au XIIème siècle et miraculeusement préservés.

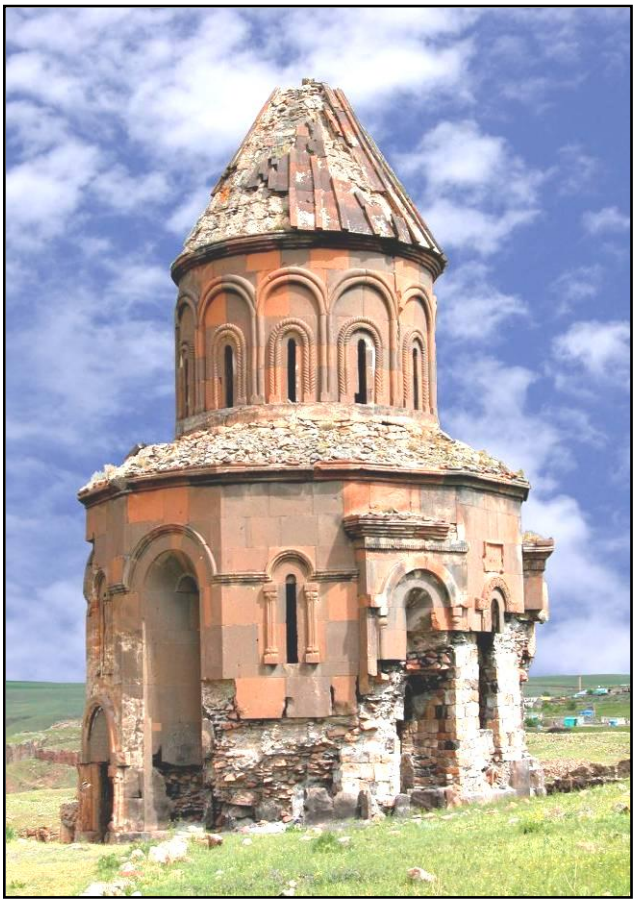


Plafond de différentes églises du site.

L'antériorité des décors géométriques, formés d'entrelacs et d'étoiles, des **églises** d'Ani démontre que les Seljoukides, lors de leur invasion, ont intégré, dans leurs réalisations, les ateliers Arméniens.

Cette ancienne capitale, Ani, déjà sous influence seldjoukide bien avant la bataille de Manzikat, abrite encore ces preuves ainsi que les ruines de la première mosquée construite en Anatolie.





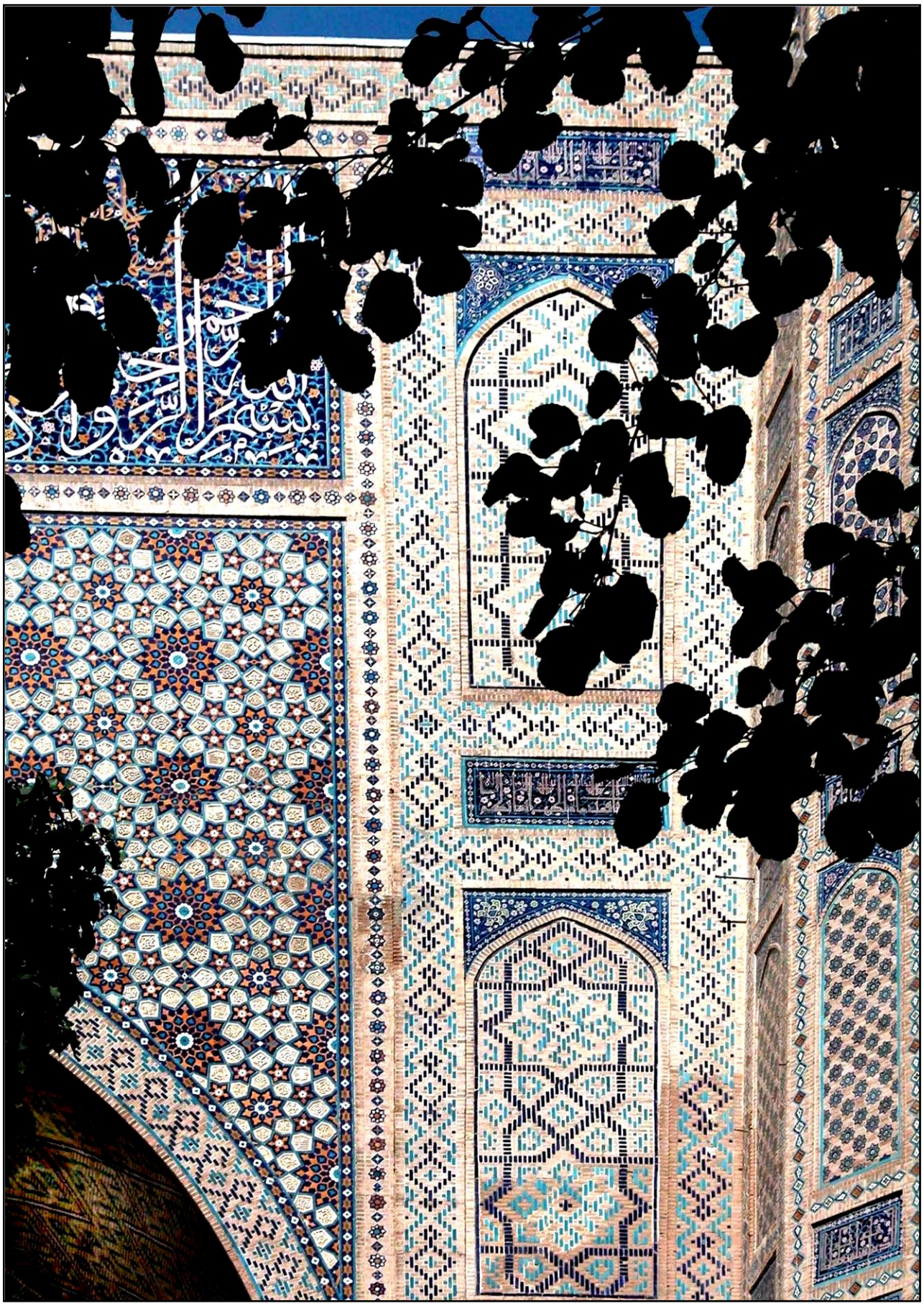
Perdues aux confins du plateau d'Anatolie, les églises ruinées de cette ancienne capitale arménienne conservent leur trésor architectural et décoratif de la fin du premier millénaire.

Toute l'inspiration Seljoukide des décors géométriques et des mouqarnas de portails se retrouve dans ces murs délabrés.

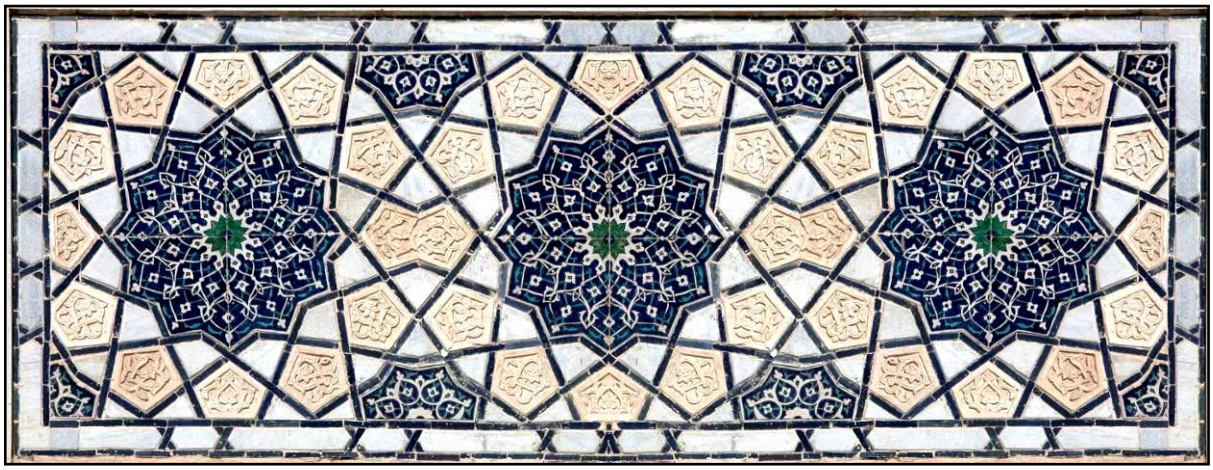








Iwan de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.



Composition d'étoiles à douze : bas relief de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.



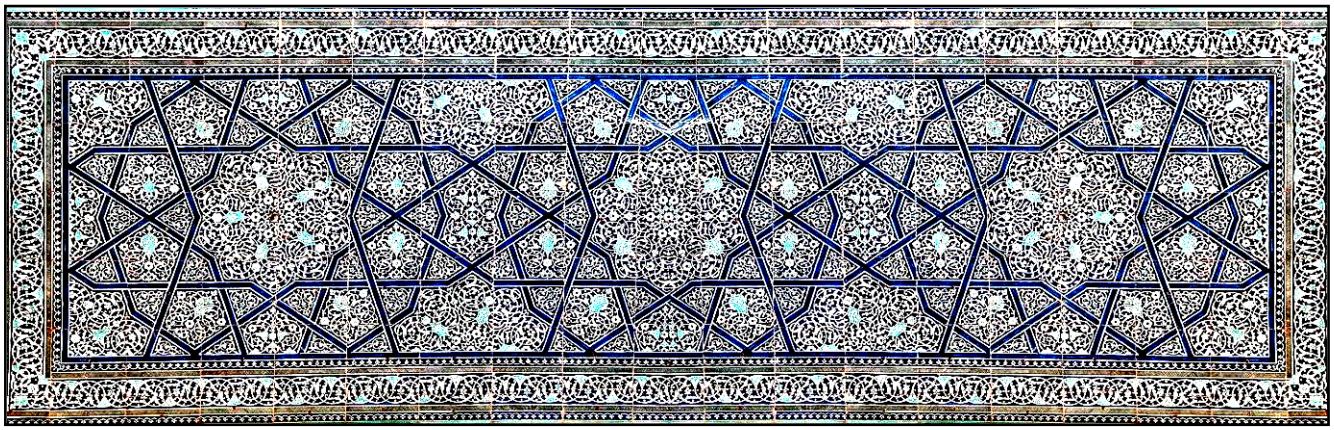
Les différentes compositions géométriques étoilées peuvent se prolonger à l'infini dans le plan à deux dimensions mais aussi avoir une profondeur dans l'espace à trois dimensions, symbolisant ainsi les univers imbriqués les uns dans les autres. De la même manière que l'infiniment petit est une part entière de l'infiniment grand.

Toutes ces constructions sont gérées par un nombre fini de motifs de base (polygones divers : carrés, octogones, pentagones, hexagones, décagones… concaves ou convexes… réguliers ou irréguliers) obéissant à de simples règles de géométrie et à des relations de symétrie.

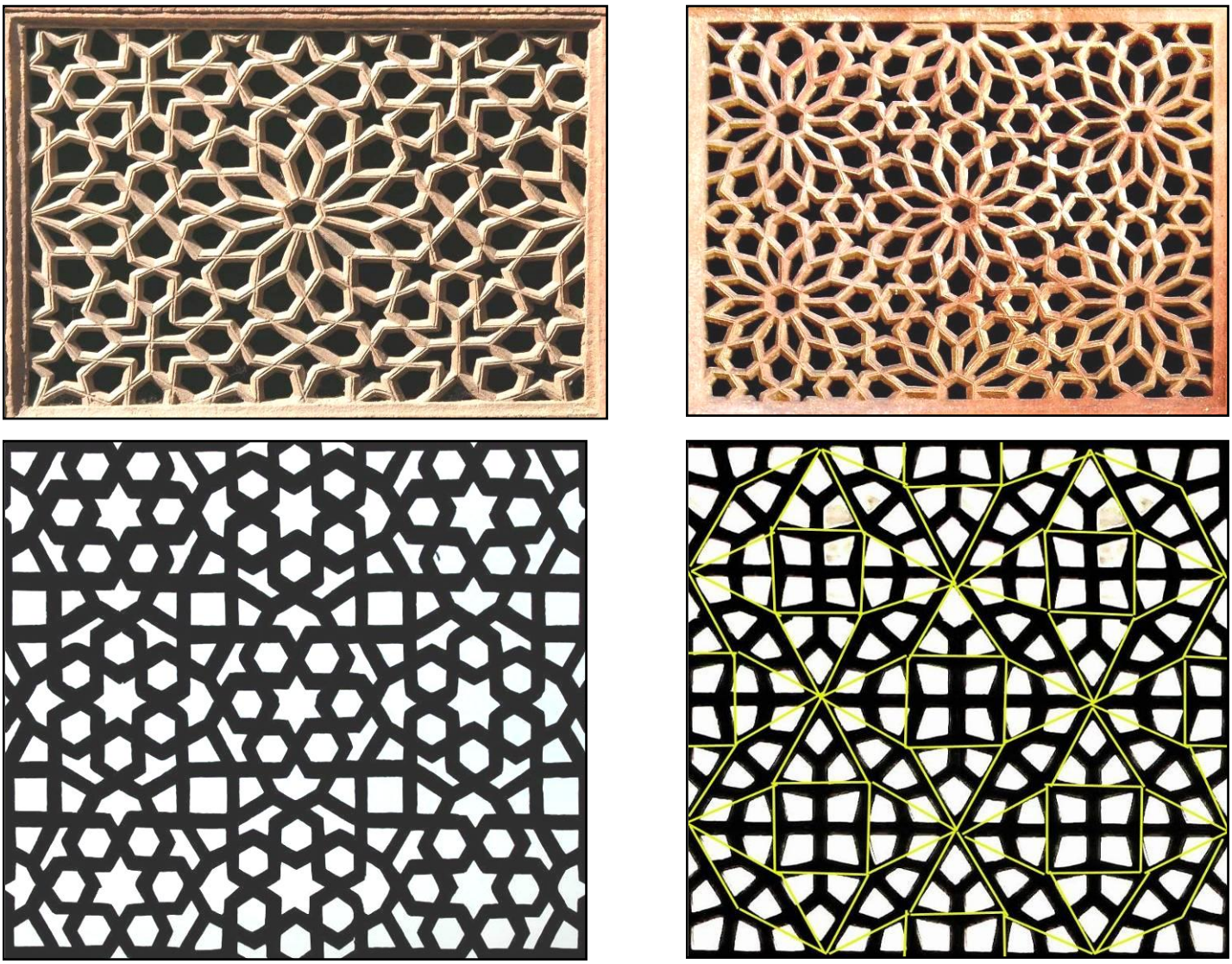
Elles peuvent être taillées dans la pierre comme chez les Seldjoukides, émaillées sur la céramique comme en Asie centrale, en Perse et au Maghreb, ou incrustées du grès comme au Rajasthan… Le message est toujours le même, seul change le support.

En Asie centrale, cette texture géométrique étoilée sert de cadre aux rumis et aux différents décors floraux de l'ancienne tradition Turque : c'est le style Timouride.

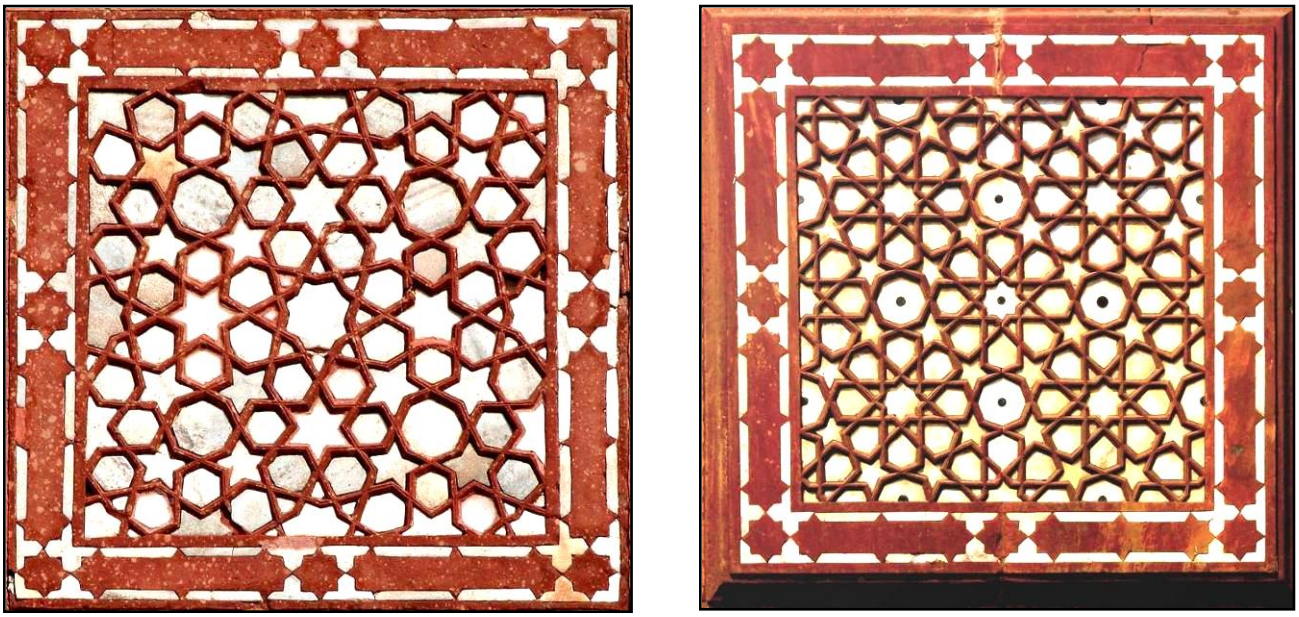


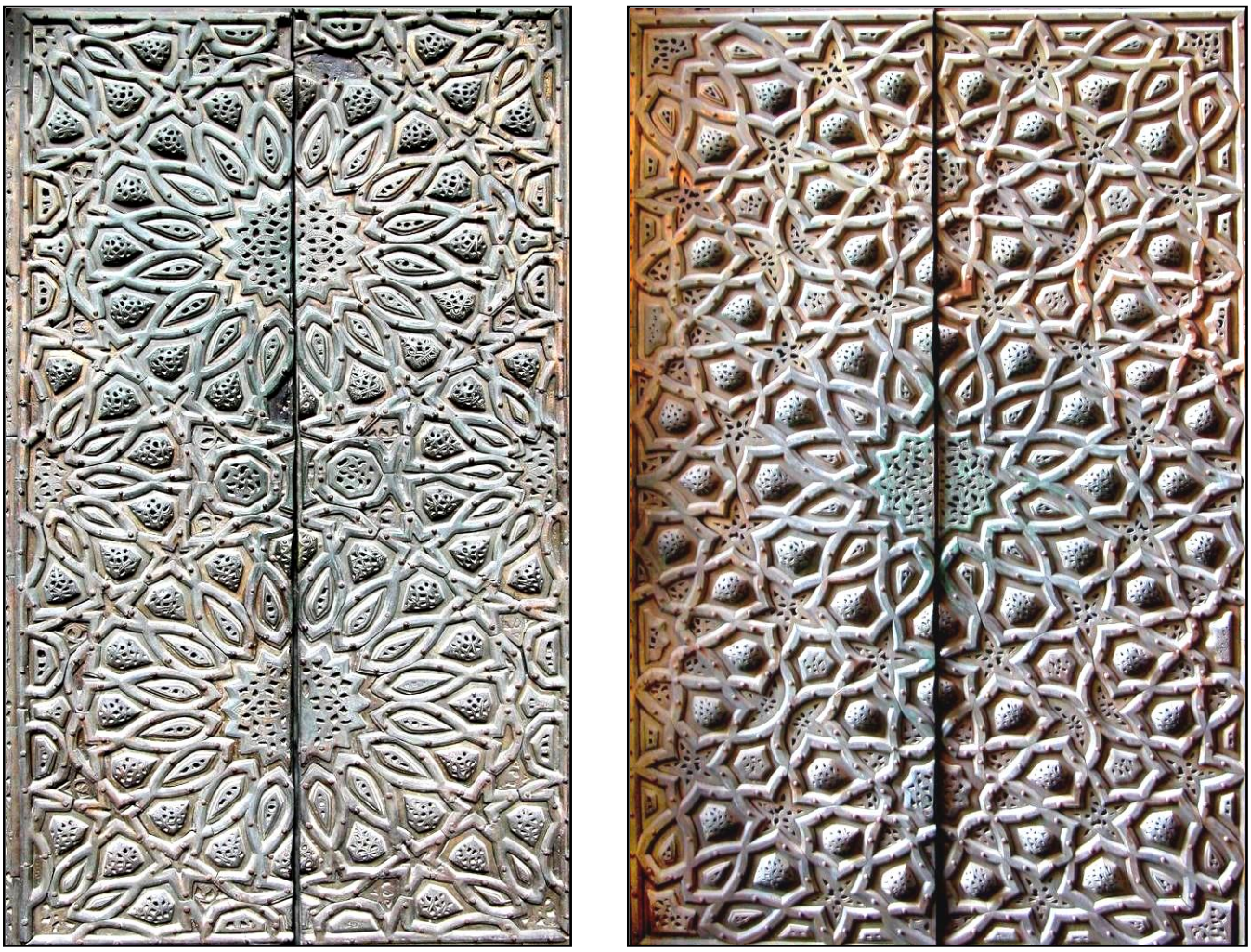


Composition d'étoiles à dix des majoliques de l'Arc de Khiva.

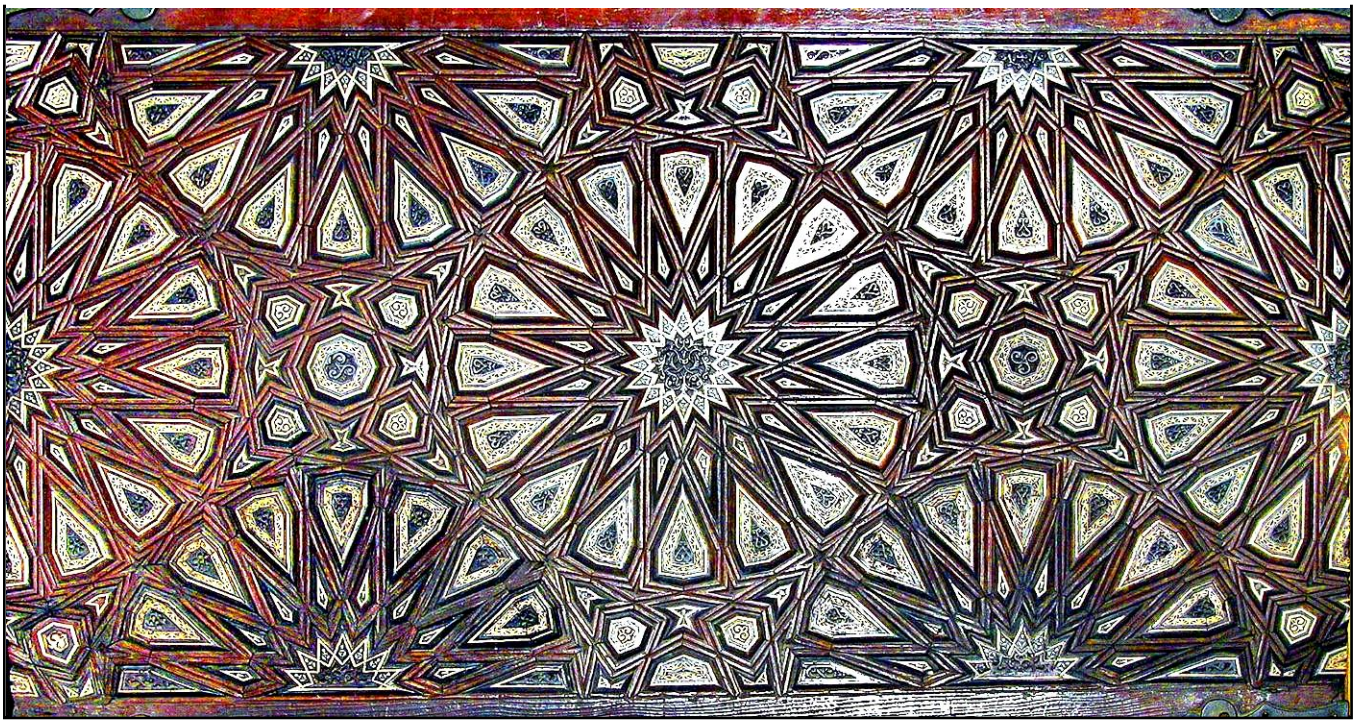


Jalis dentelés de décors géométriques et, au dessous, composition d'étoiles à huit de la porte royale de Fatehpur Sikri ; incrustations de marbre dans du grès.

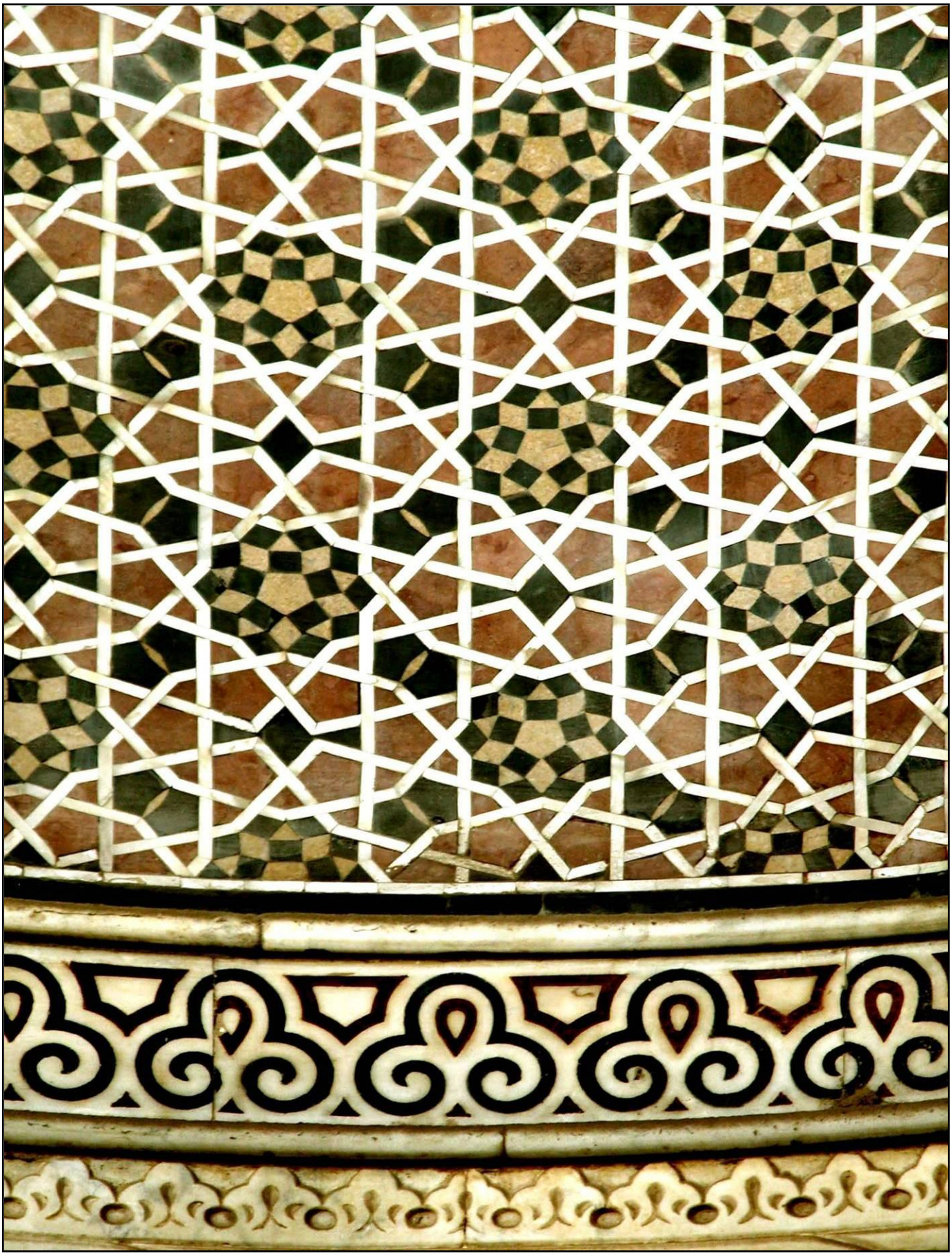




Portes Mameloukes (bronze) de la mosquée El Hassan au Caire.

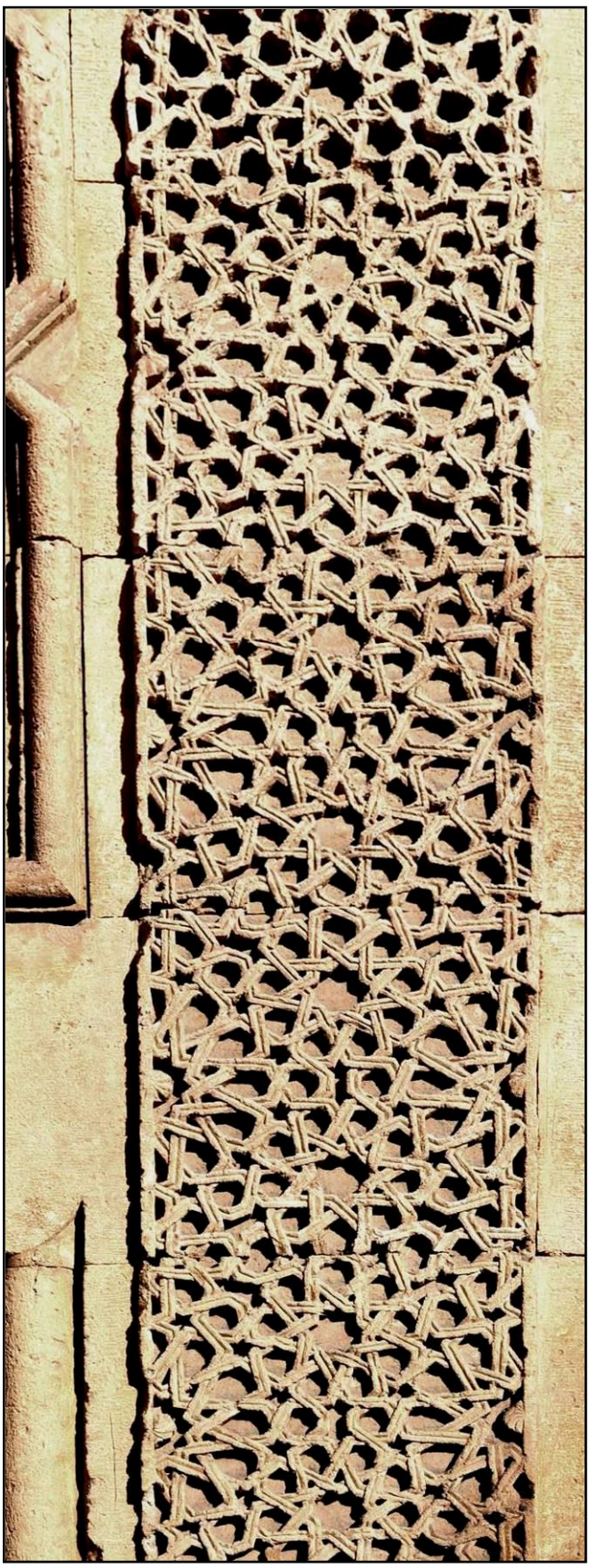


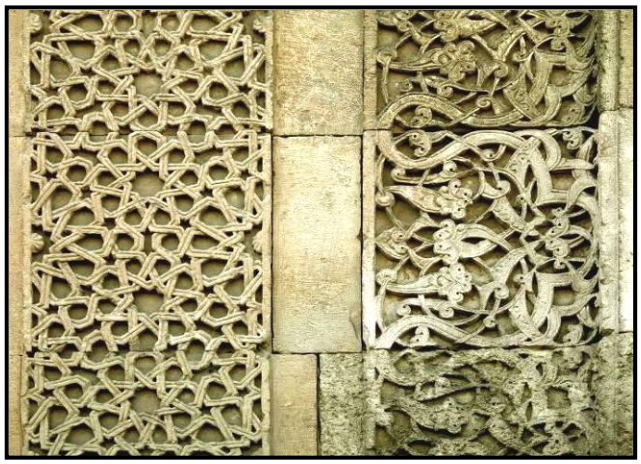
Composition d'étoiles à seize du minbar de la mosquée El Hassan.

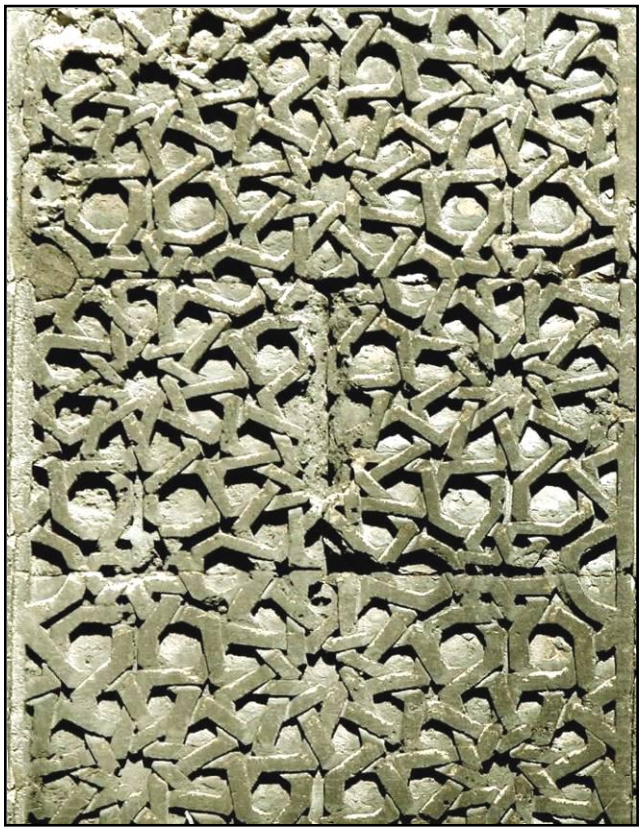


Zelliges de pierre du mihrab de la mosquée El Azhar au Caire.

Le travail de la pierre sculptée de motifs géométriques convergents et complexes est une spécialité des Seldjoukides héritée des Arméniens.

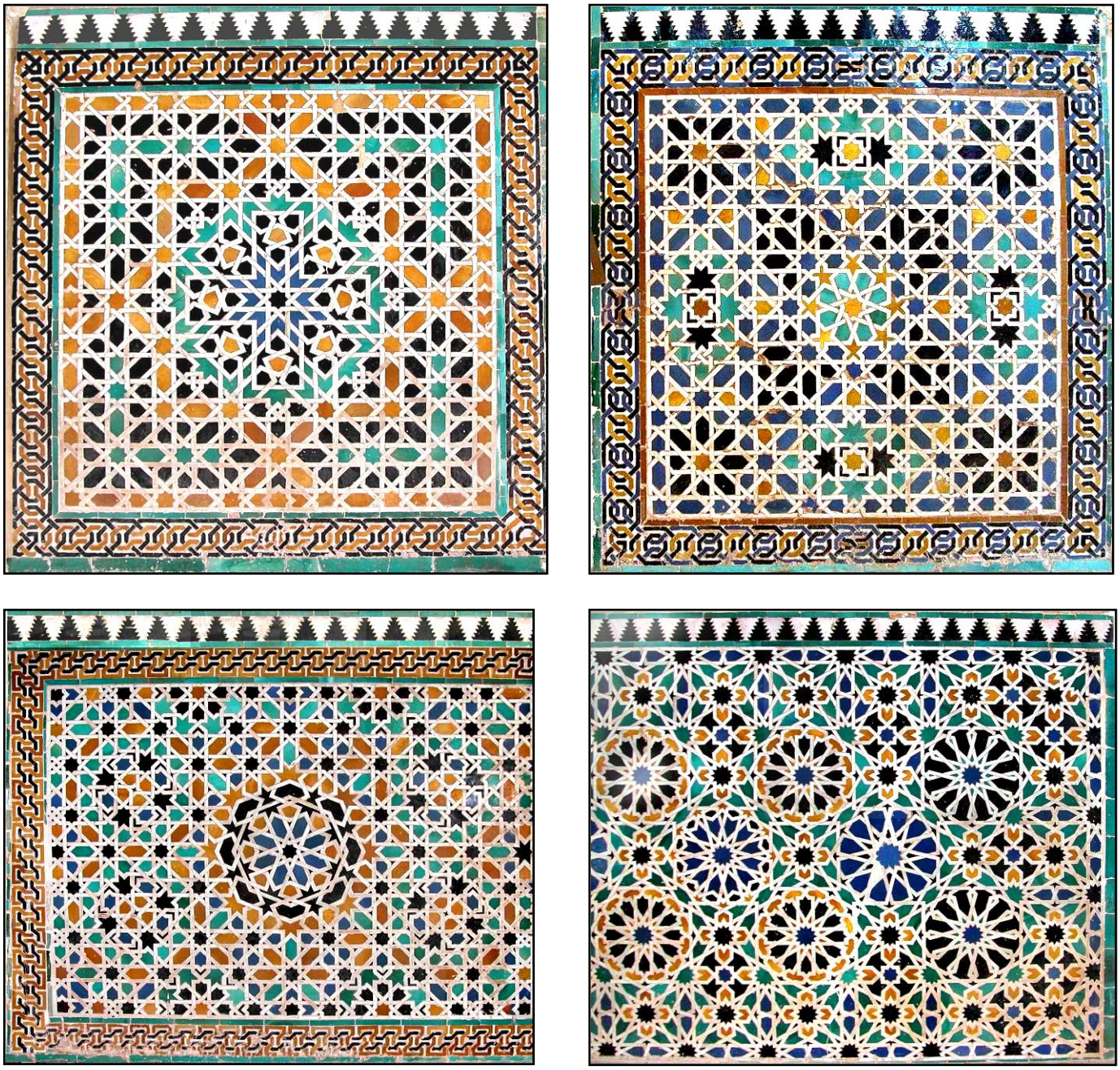




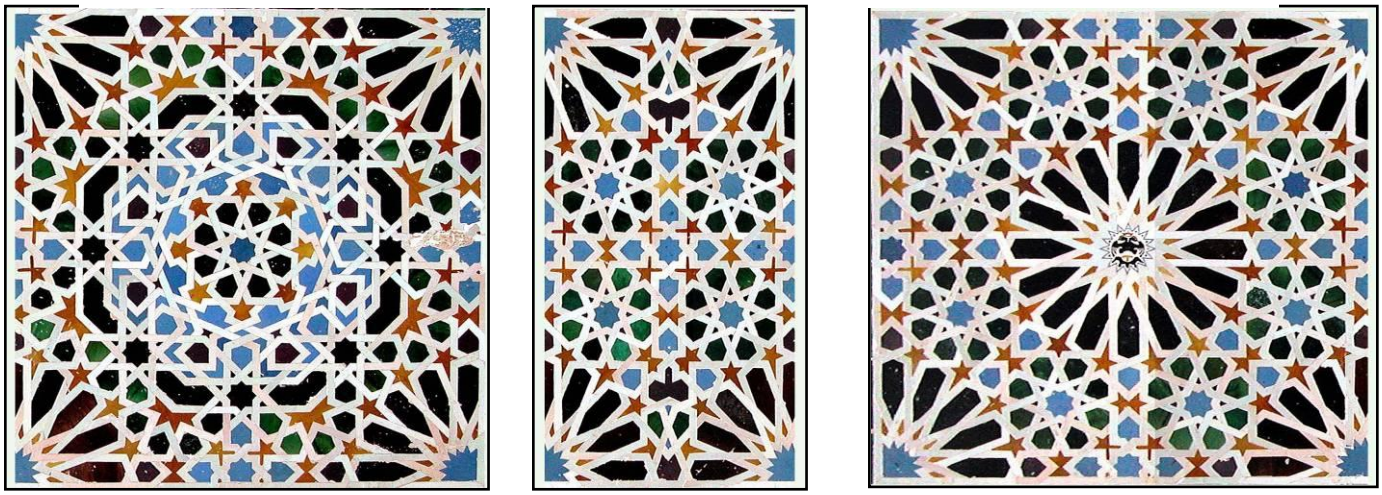


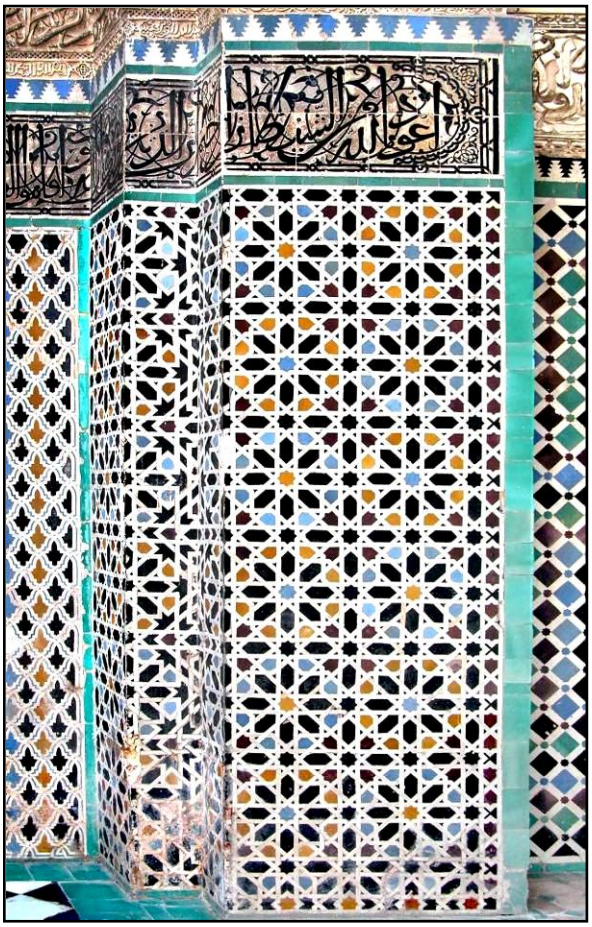


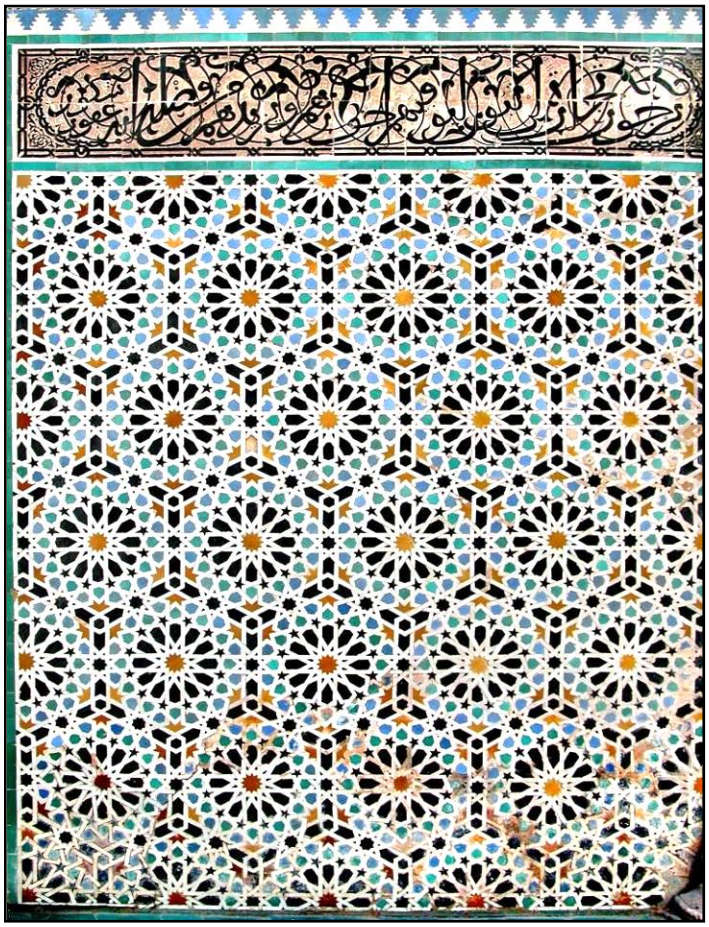
A droite, panneaux du portail d'une des médersas de Kayseri et, à gauche, de Sivas.



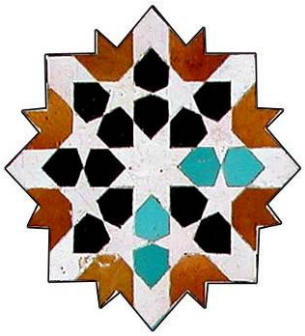
Alhambra de Grenade : panneaux de la salle des Ambassadeurs et de la salle du Mexuar.

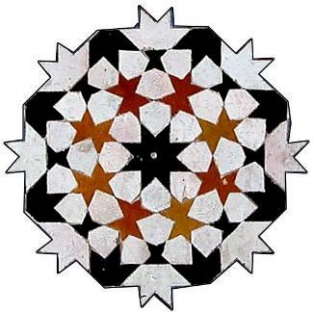


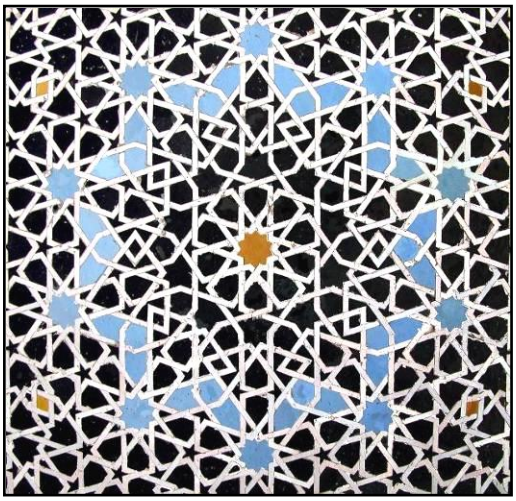


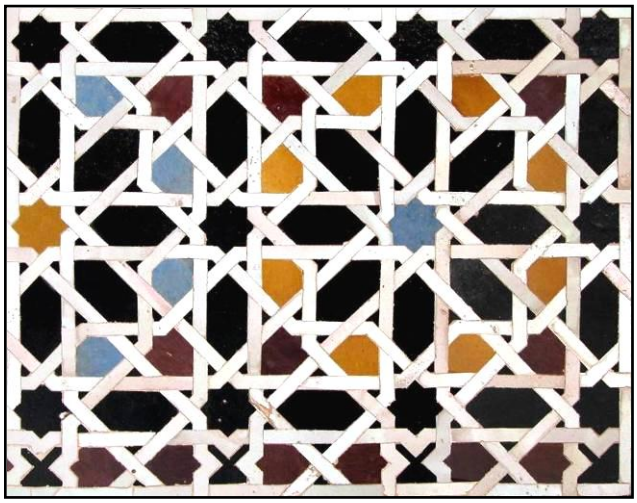












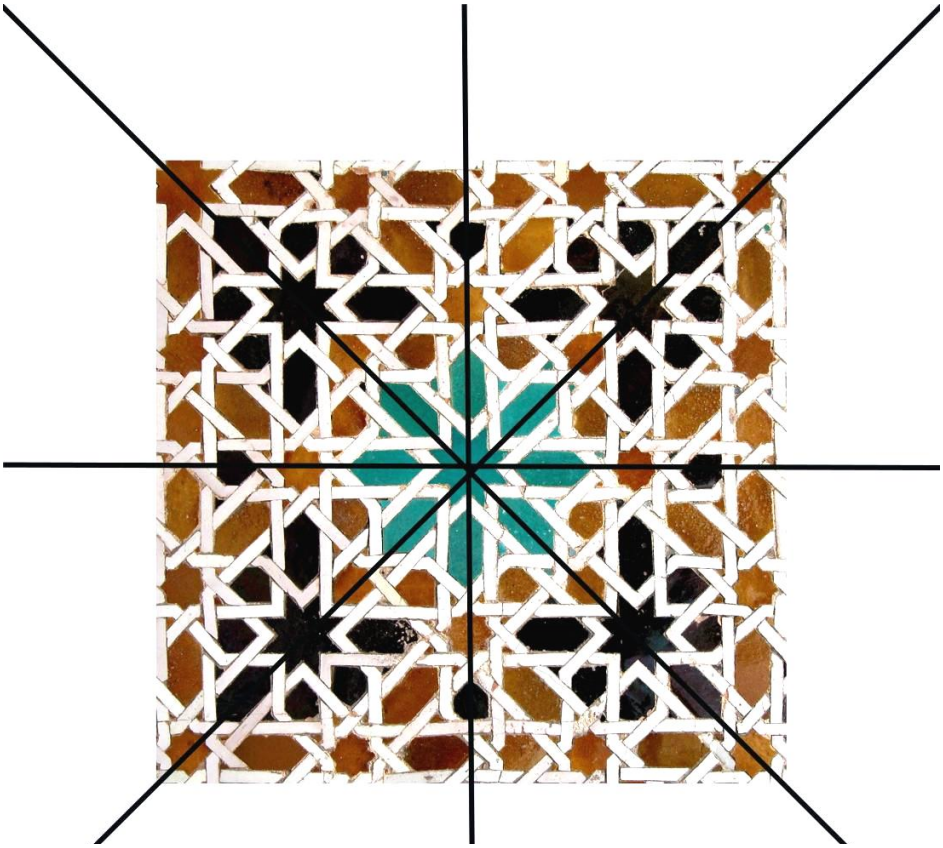
Zelliaes du svstème modulaire converaent andalou Marocain.

Familles géométriques :

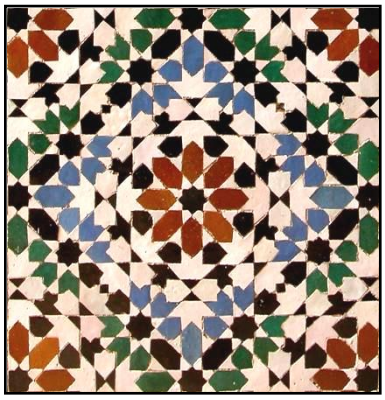
PHOTOGRAPHIES **DIAPORAMA**

Les décors géométriques se classent en différentes familles, ces familles se distinguent les unes des autres par le nombre de leurs axes ou de leurs demi-axes de symétrie.

Famille octogonale : Symétrie d'ordre 4.



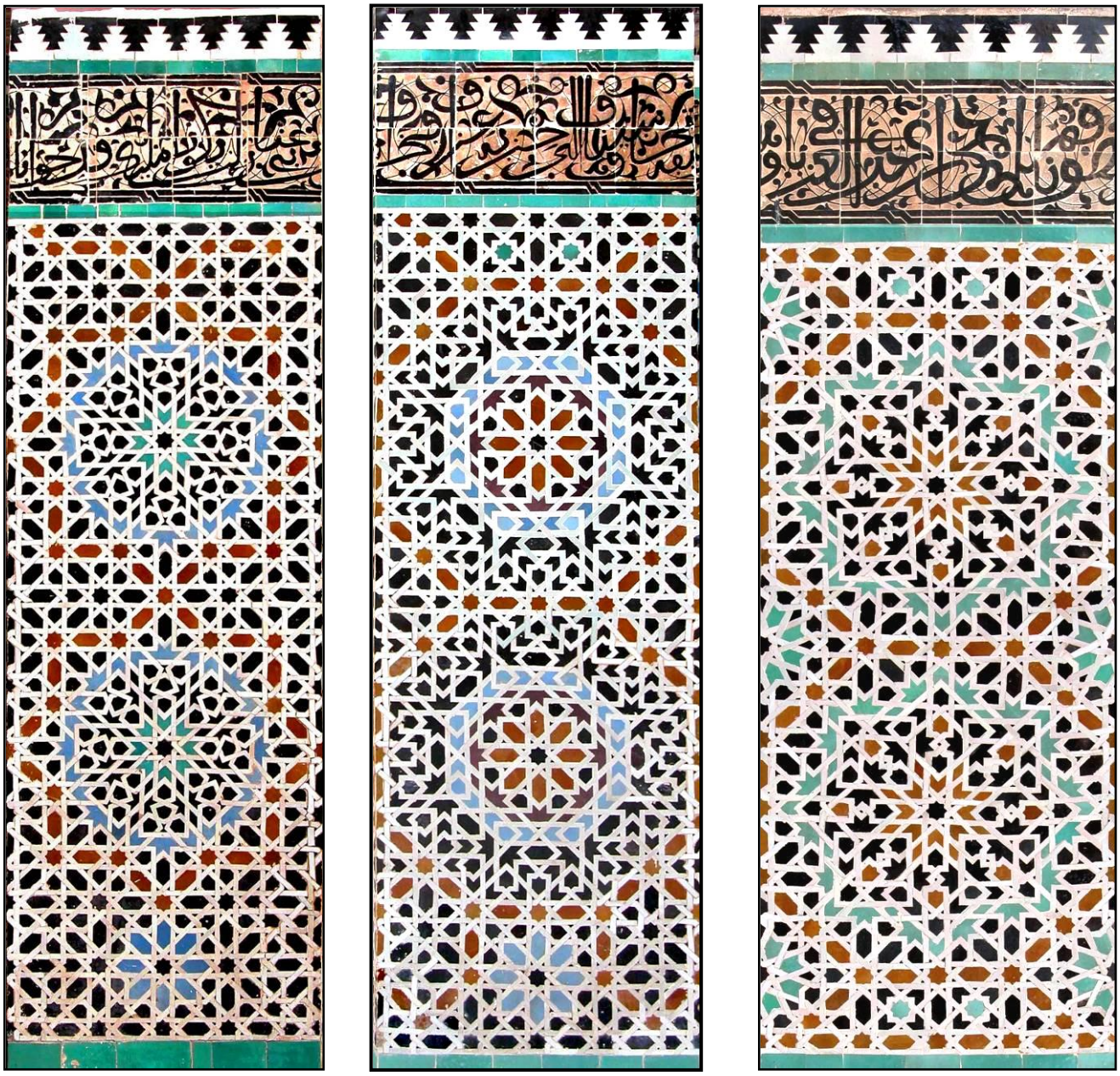
Le nombre des axes de symétrie est un multiple de quatre (étoiles à huit, douze, seize, vingt …). La symétrie d'ordre quatre est la base de tout le **système modulaire convergent** andalou.







RETOUR



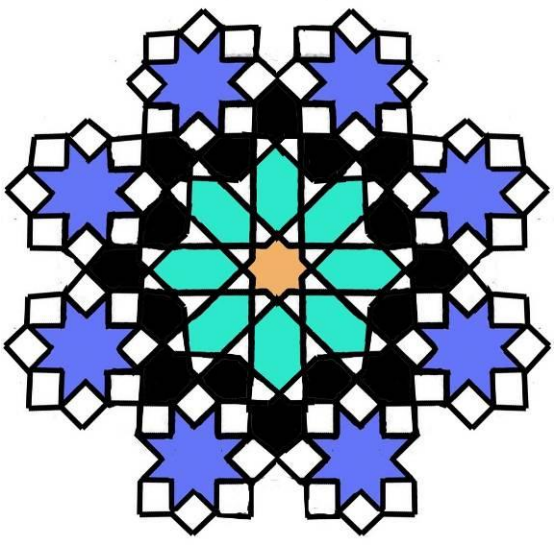
Quatre axes de symétrie pour les éléments de ces panneaux de la médersa Bou Inania de Fès.

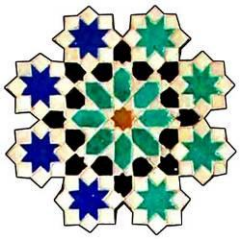


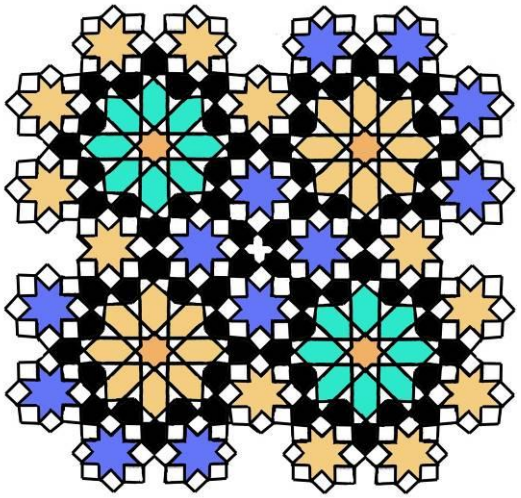
Huit axes de symétrie pour ceux du palais de la Bahia à Marrakech.

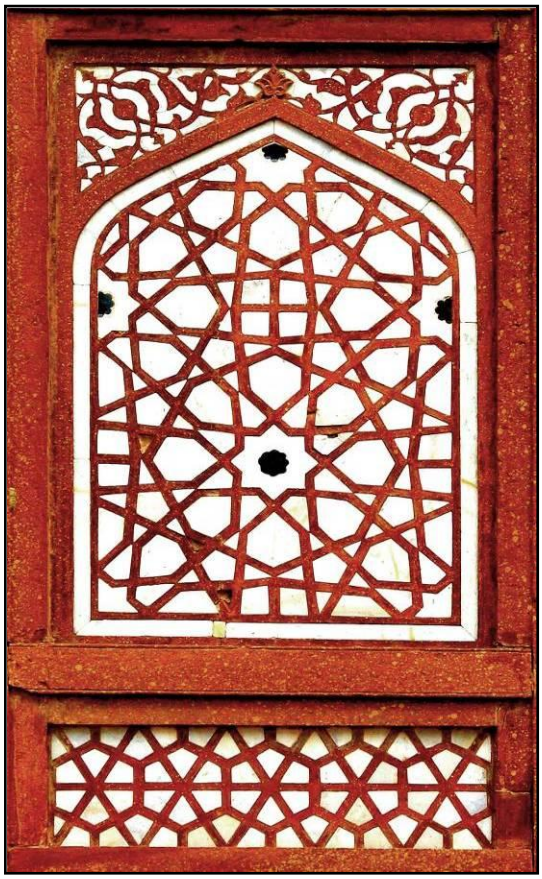
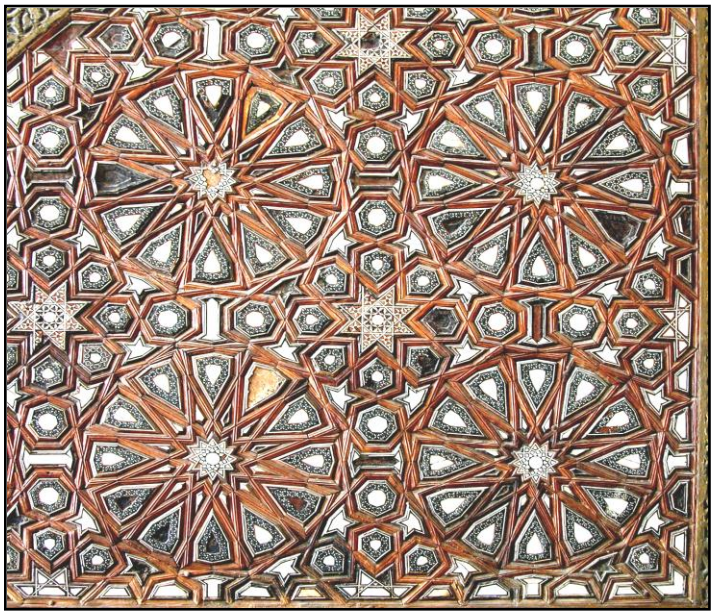
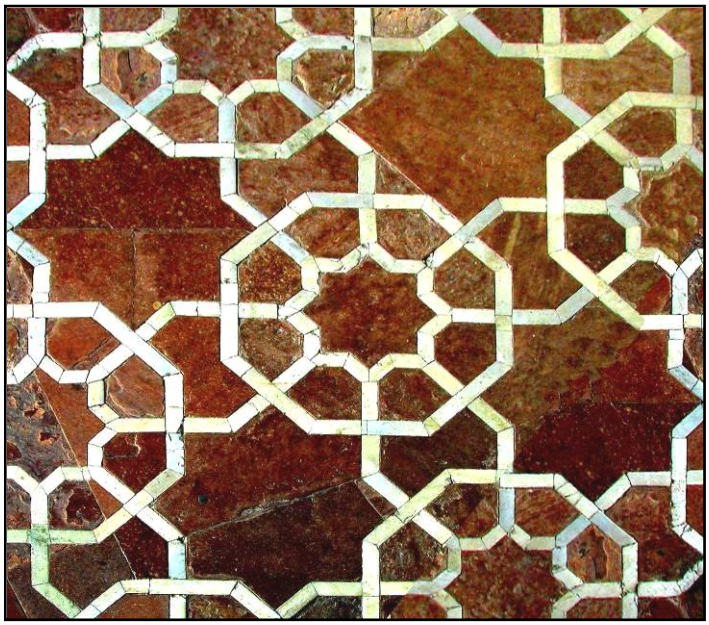


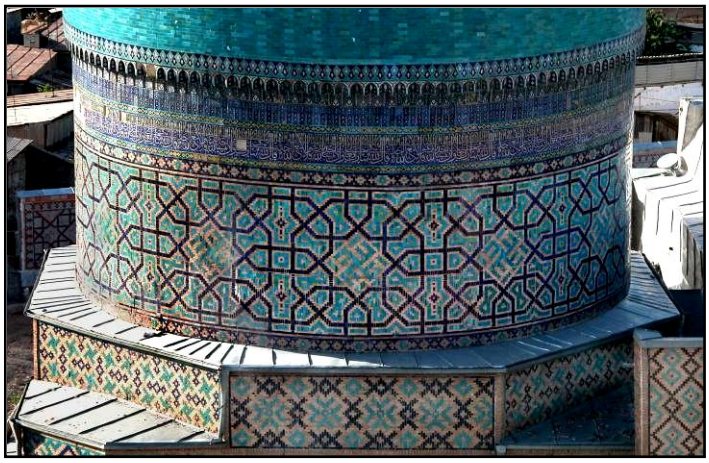
Système modulaire convergent, visible au centre artisanal de Marrakech.





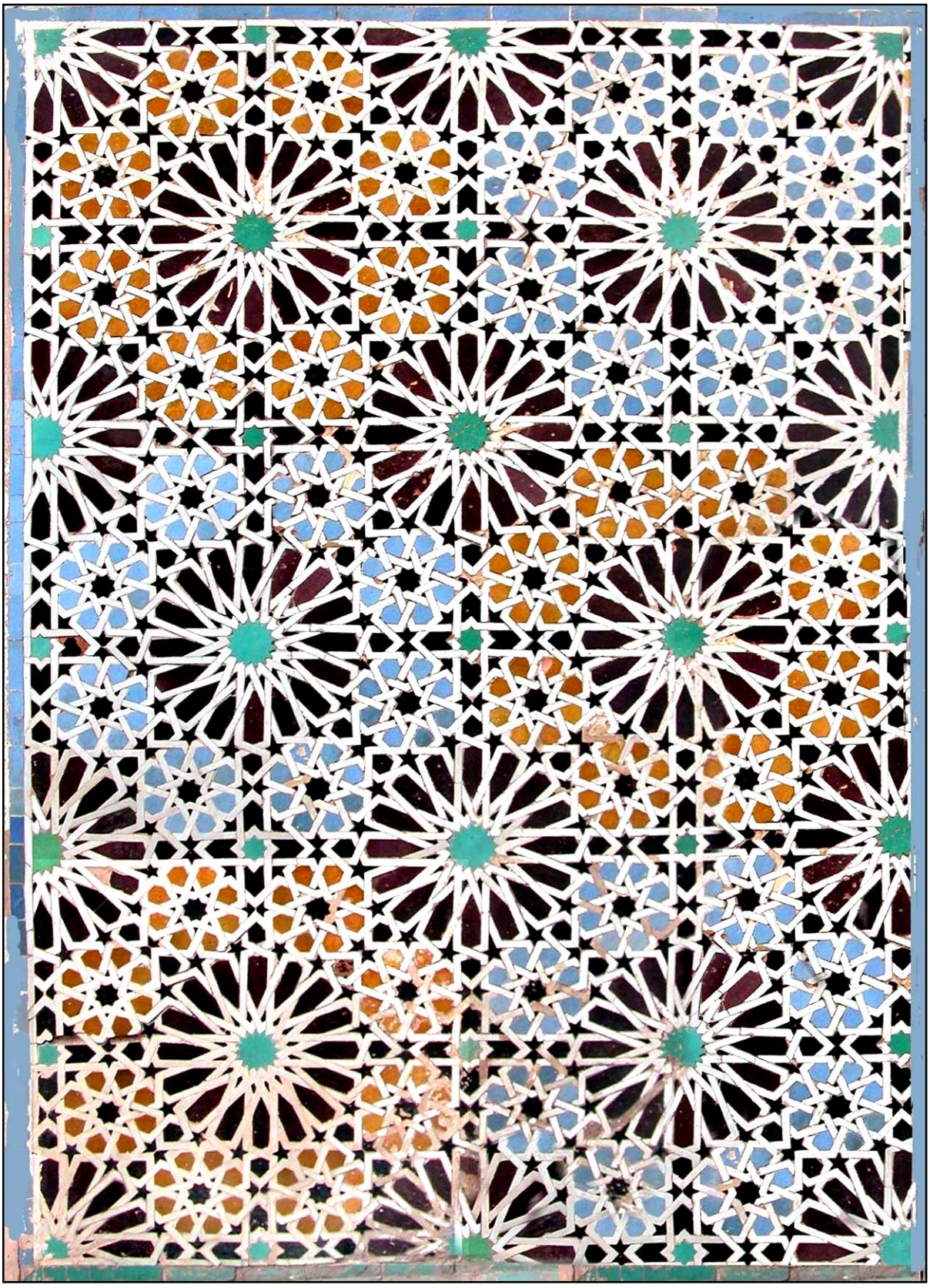


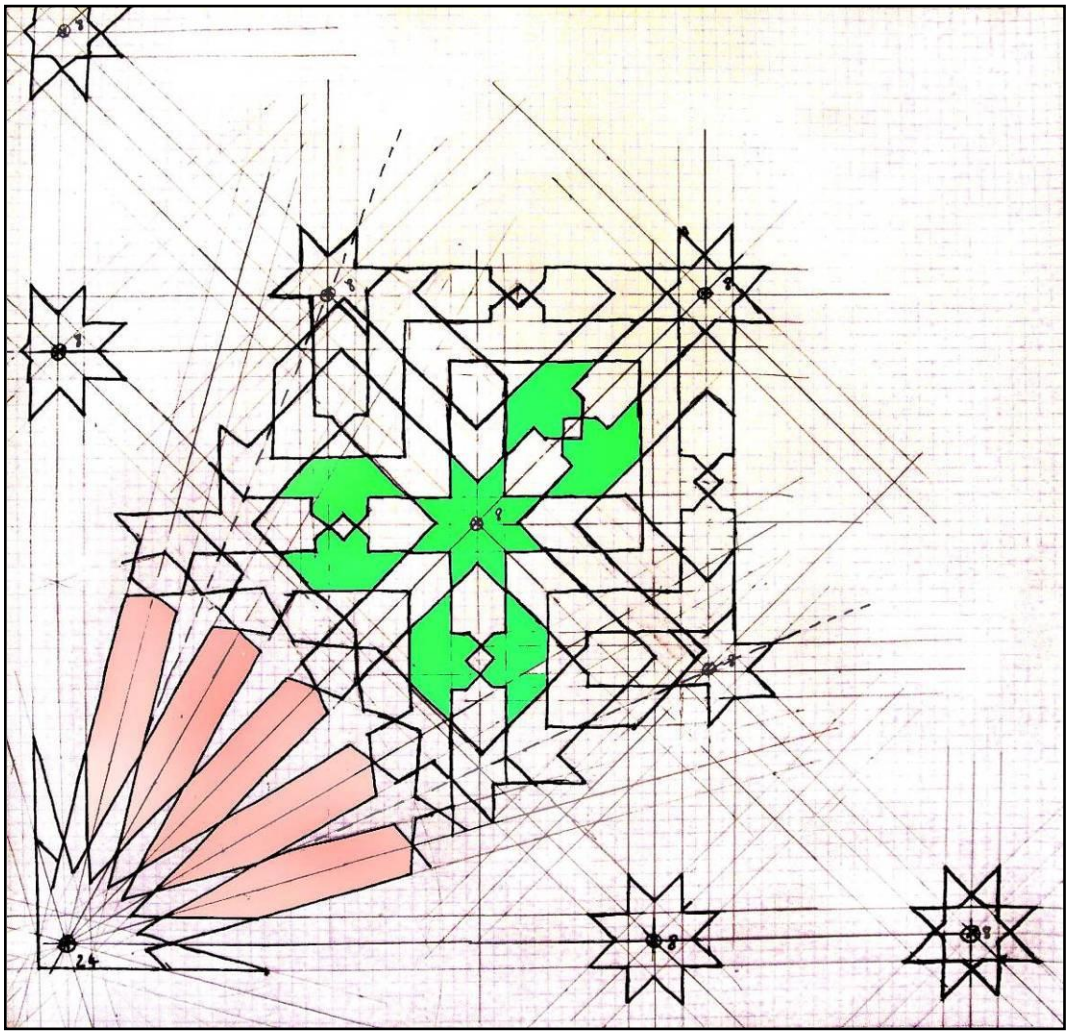


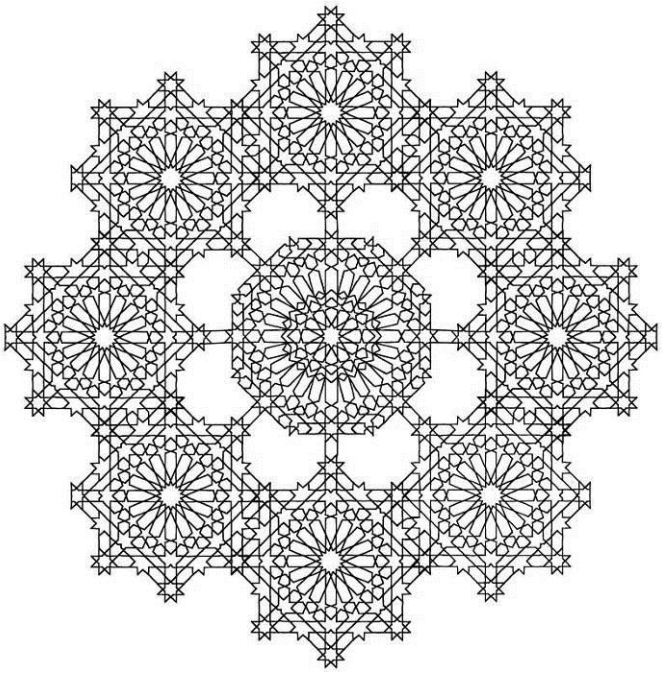
A gauche, panneaux du tombeau d'Akbar à Sikandra ; au milieu à droite, pavements de la cour du Taj Mahal à Agra. En haut, minbar de la mosquée El Hassan du Caire et en bas Giriks du tambour de la mosquée Tilla Kari du Registan à Samarcande.

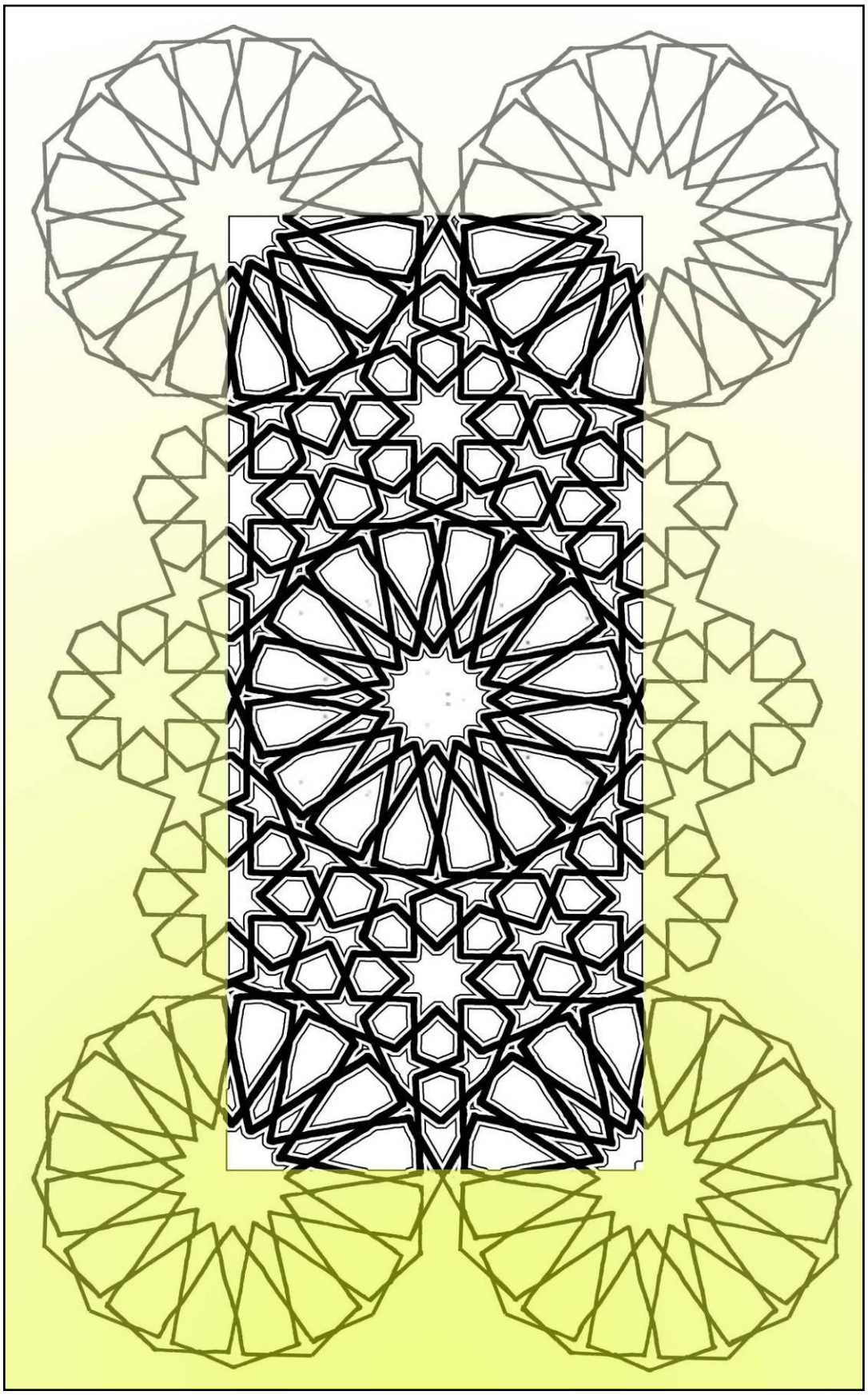
Dans ce panneau de céramique des tombeaux Saadiens à Marrakech, il faut remarquer :
- l'existence de huit axes de symétrie pour chaque étoile à seize.
- Autour du motif central gravitent des satellites en jaune ou bleu au nombre de huit. Chaque satellite est une étoile à huit **inclinée** qui possède quatre axes de symétrie.



Exemples de systèmes octogonaux andalous (étude ultérieure de ce type de construction) :
Construction d'une étoile à vingt-quatre.
Composition d'une étoile à vingt-quatre avec pour satellites huit étoiles à seize.

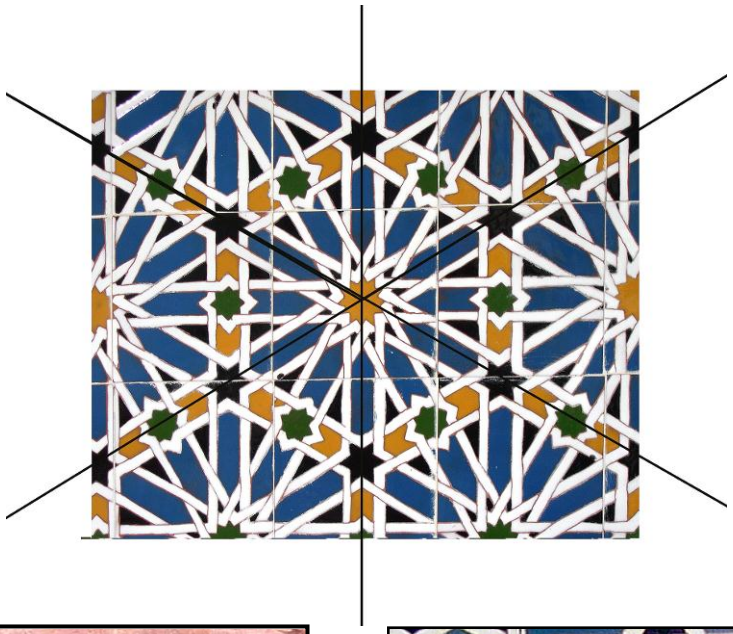


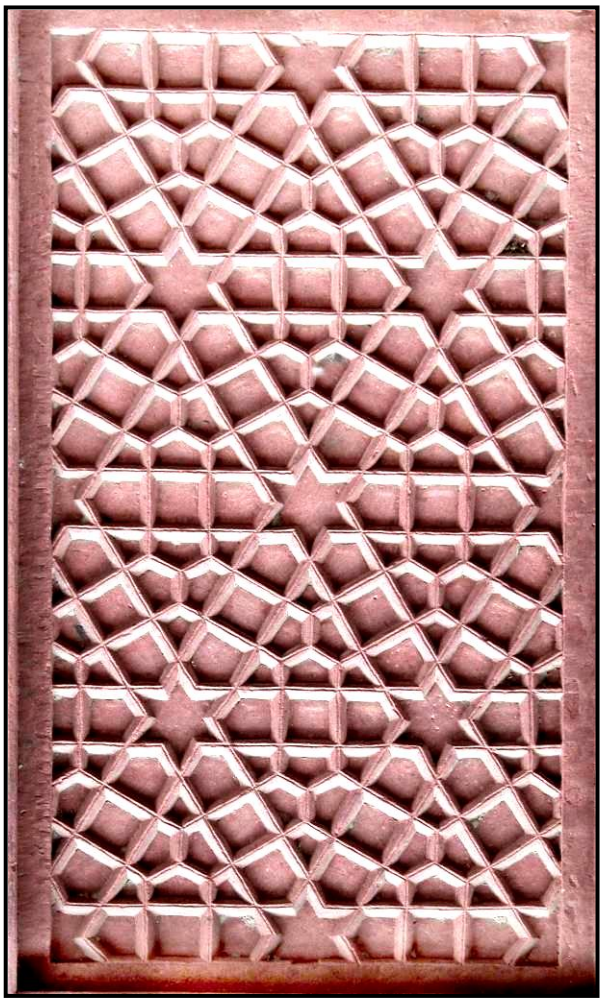




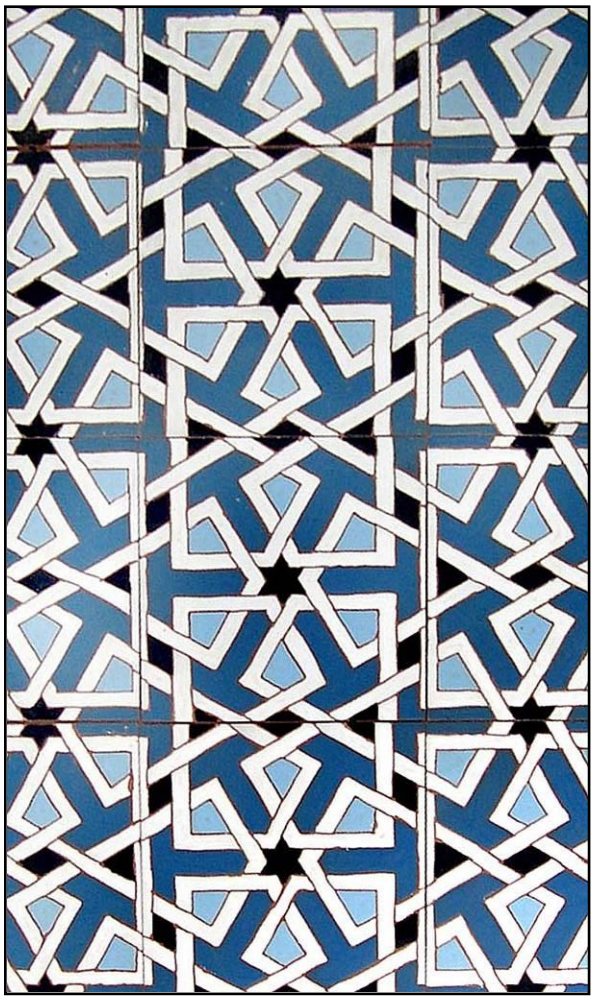
Autre type de construction d'étoiles à seize.

Famille hexagonale : symétrie d'ordre 3 ; le nombre des axes ou des demi-axes de symétrie est un multiple de trois. Les étoiles à neuf et à douze font donc partie de cette famille.

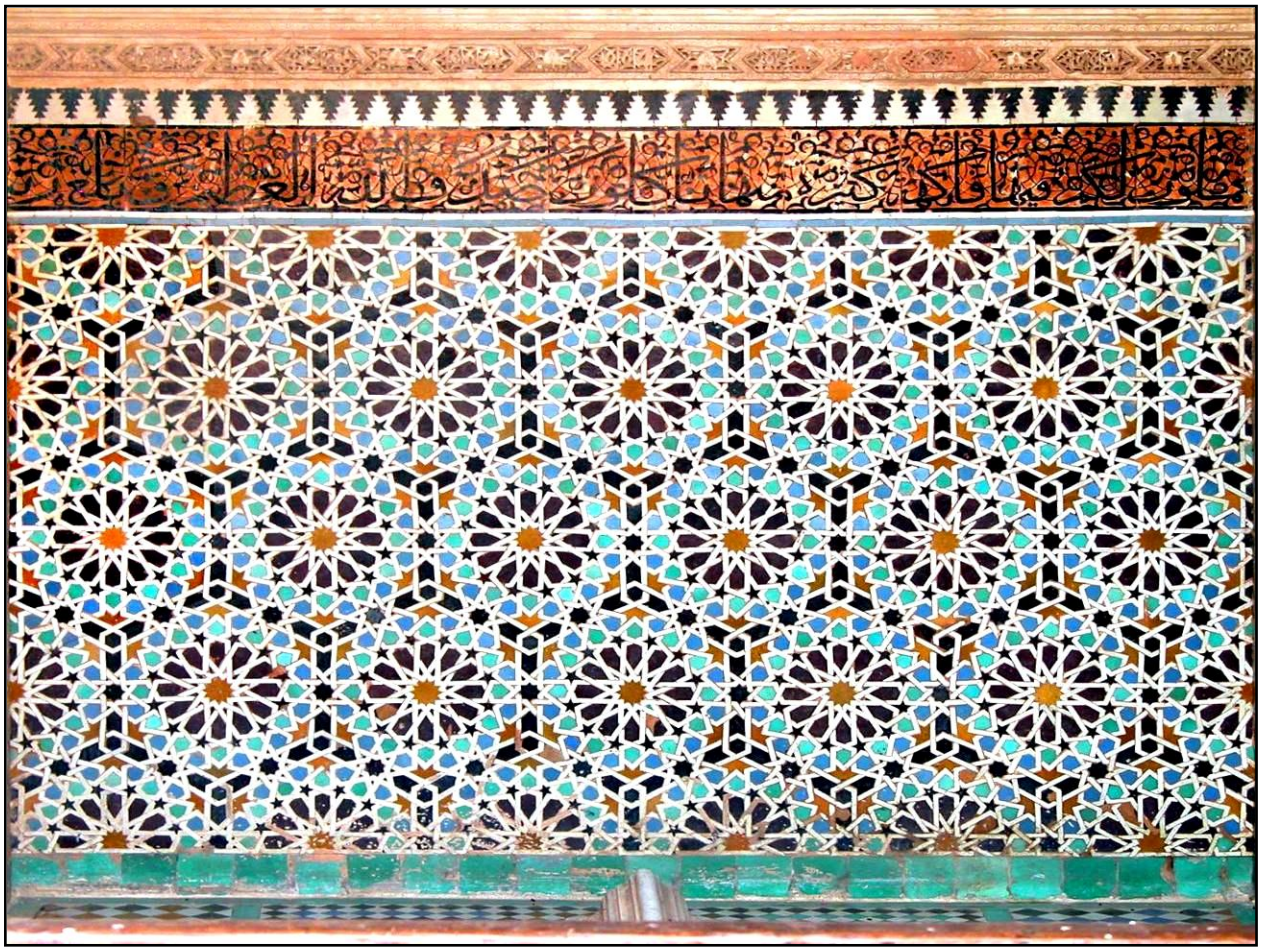




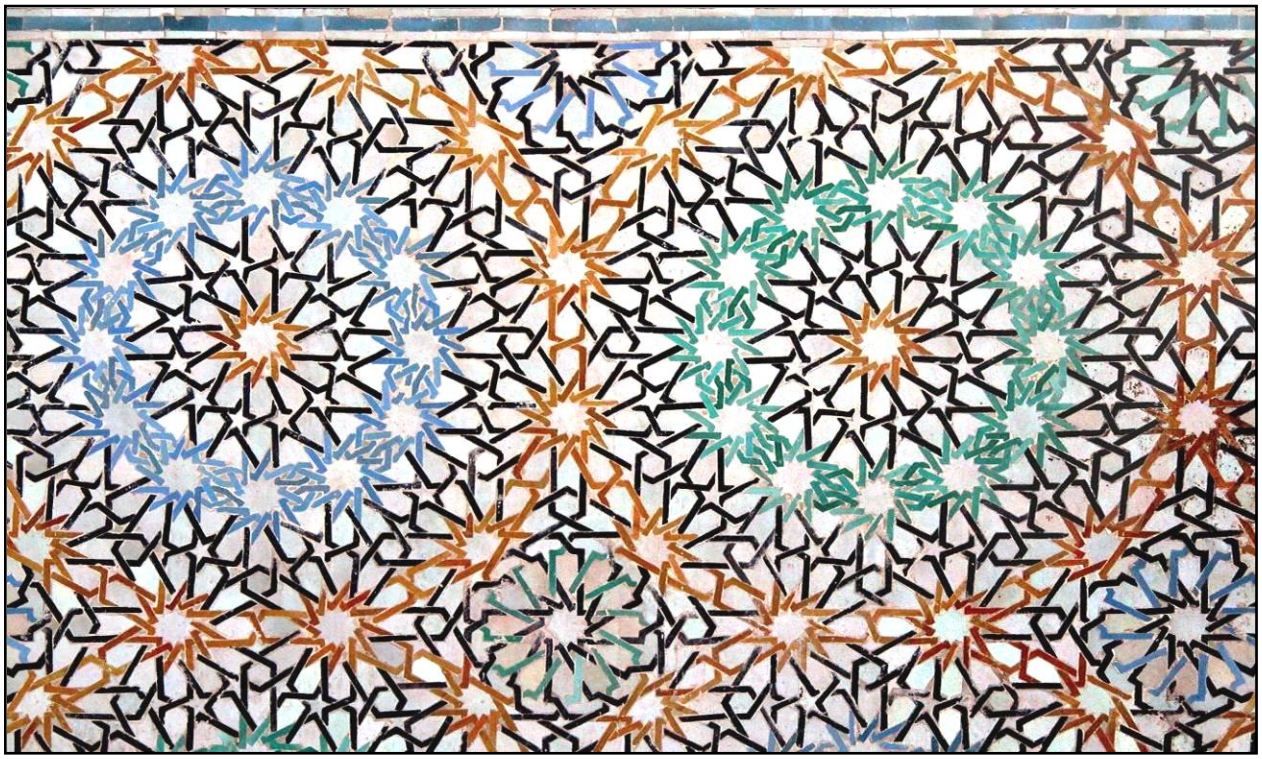
Panneaux de grès rouge ciselé du palais de Jahangir au Fort Rouge d'Agra.



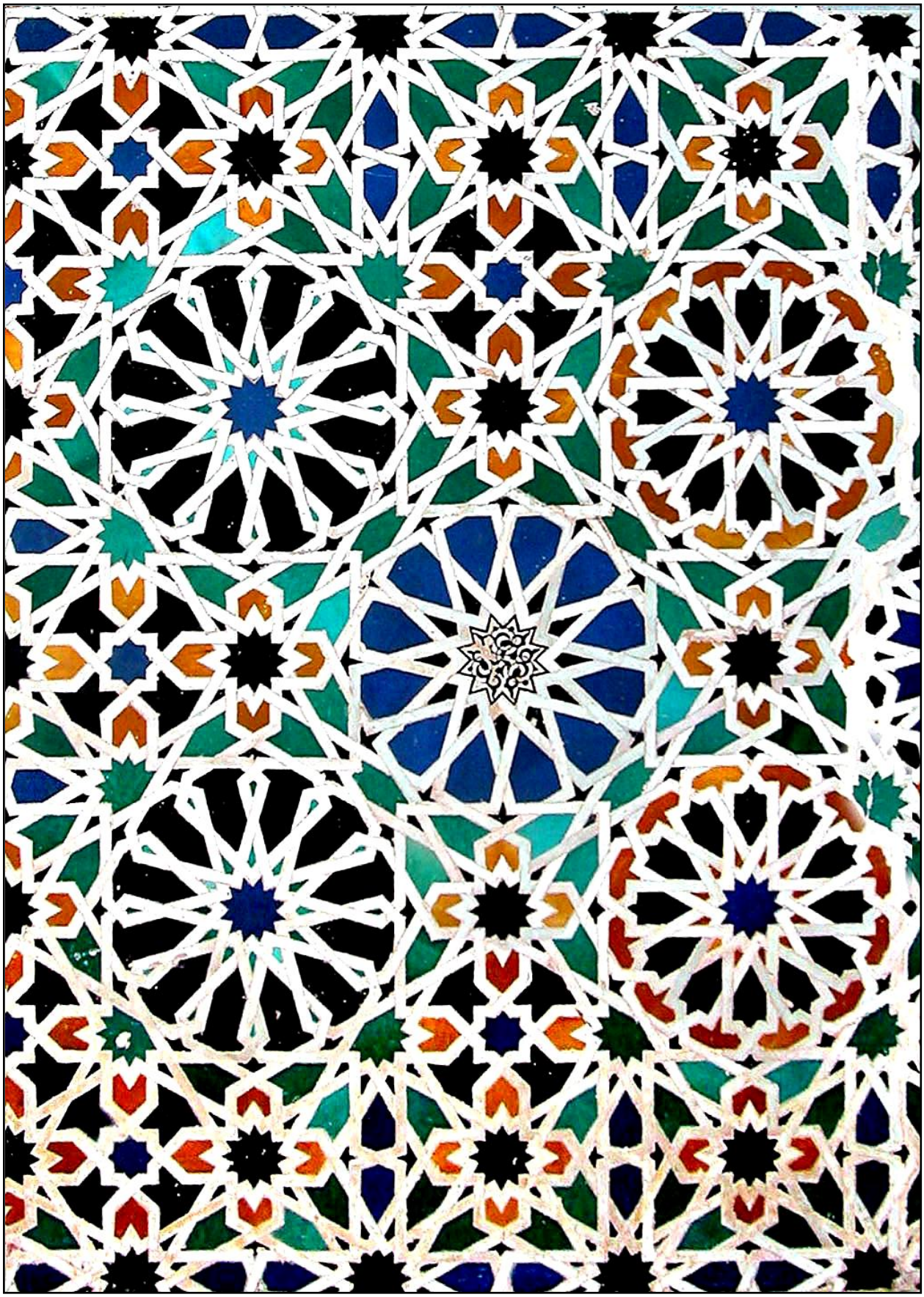
Riad Loulou.



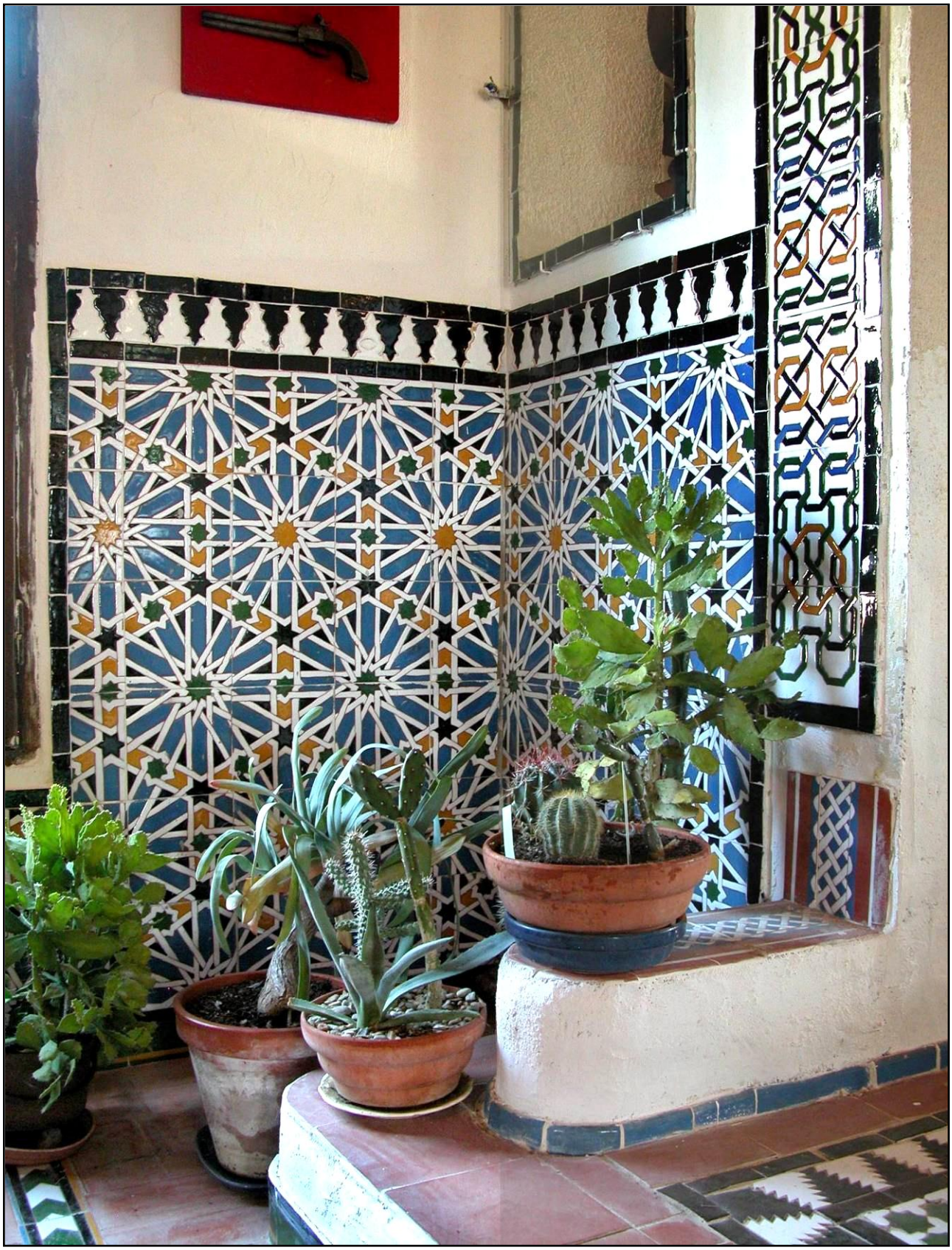
Zelliges de la médersa Ben Youssef à Marrakech ; chaque élément possède six axes de symétrie.



Six axes de symétrie pour ces entrelacs colorés des tombeaux Saadiens à Marrakech.

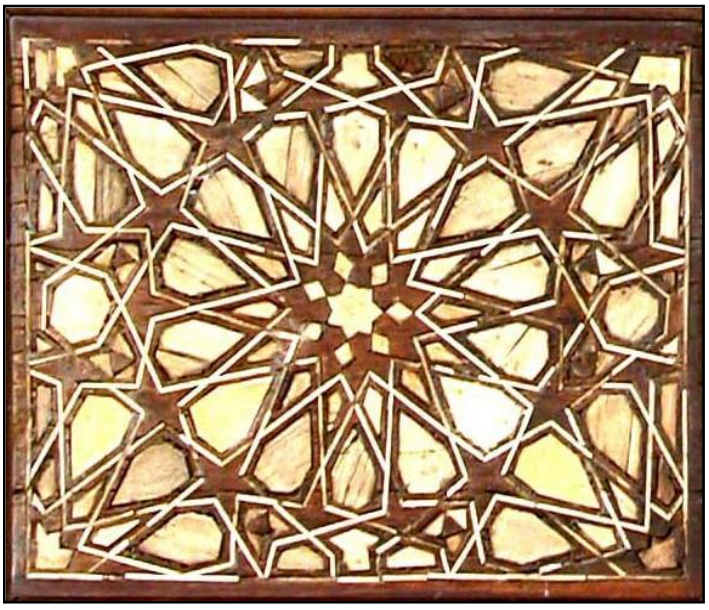


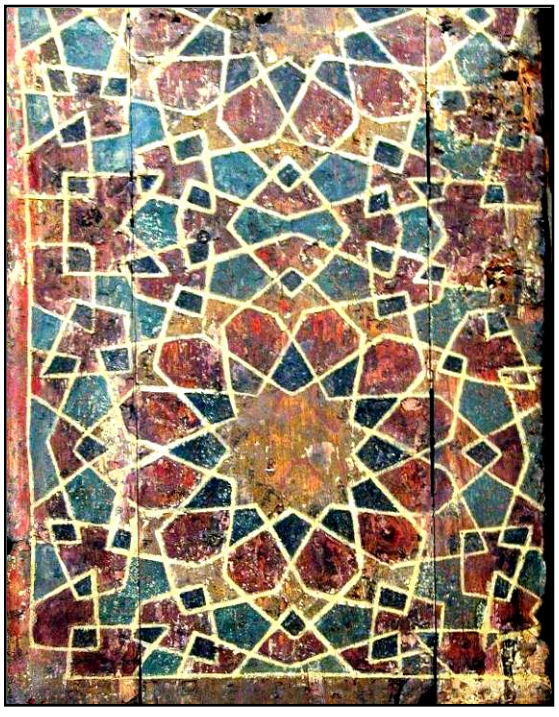
Composition d'étoiles à douze dans une alcôve de la tour Comares à l'Alhambra.

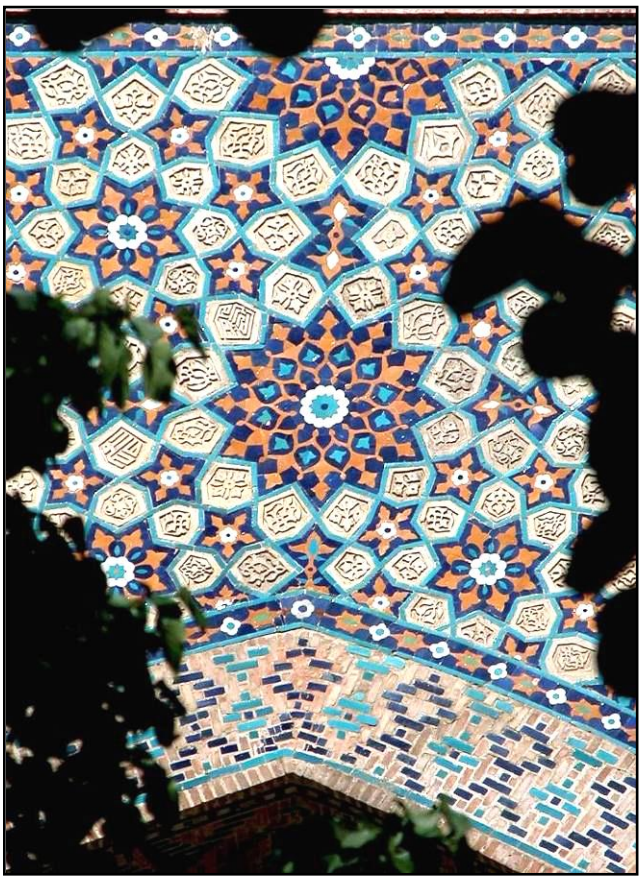


Riad Loulou ; technique de la corde sèche sur carreaux de céramique. Tous les carreaux du motif de fond sont différents car le motif de symétrie d'ordre trois ne s'intègre pas dans le carré correspondant à chaque carreau du support.

Peinture sur bois à la mosquée El-Ghouri du Vieux Caire.





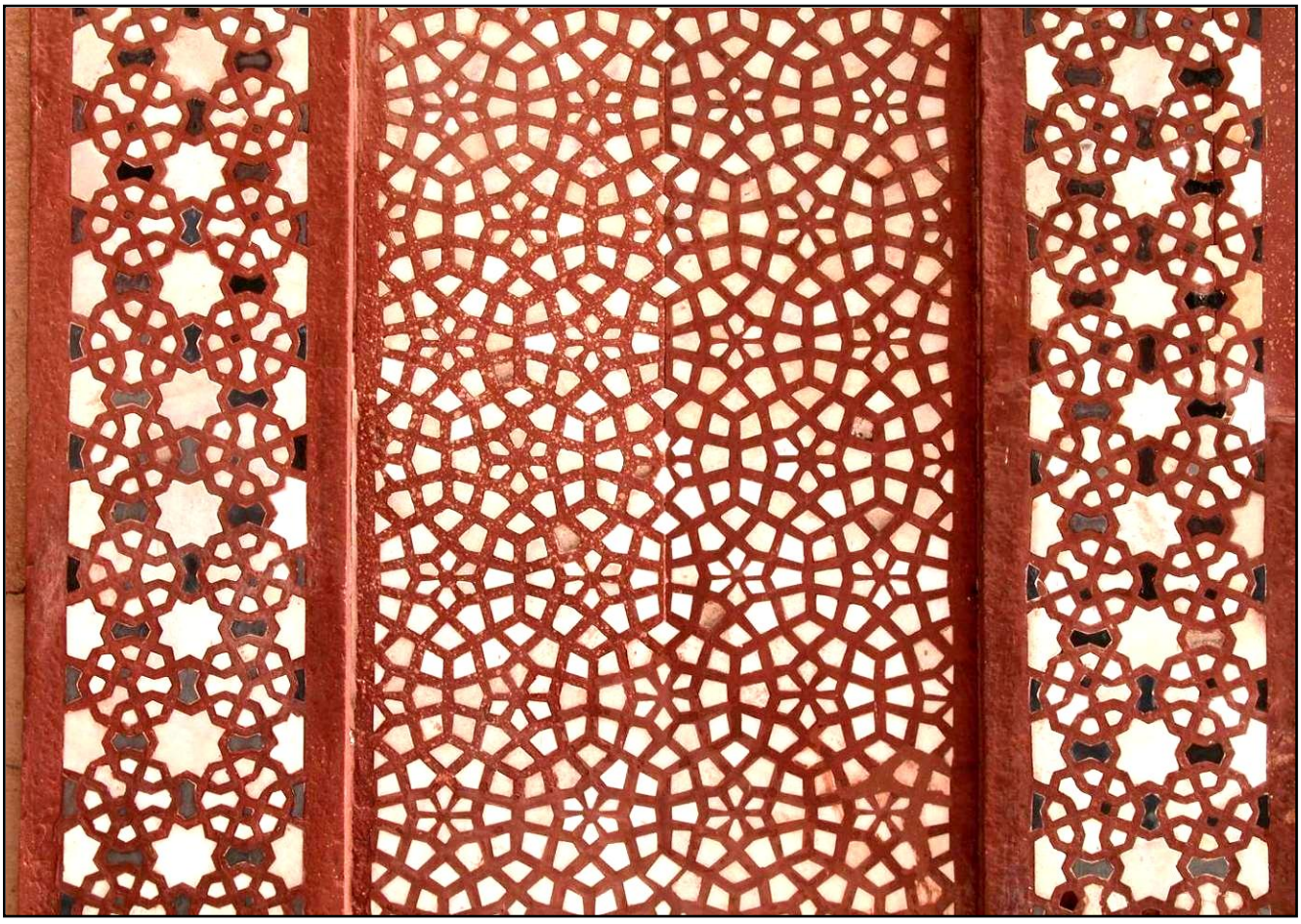


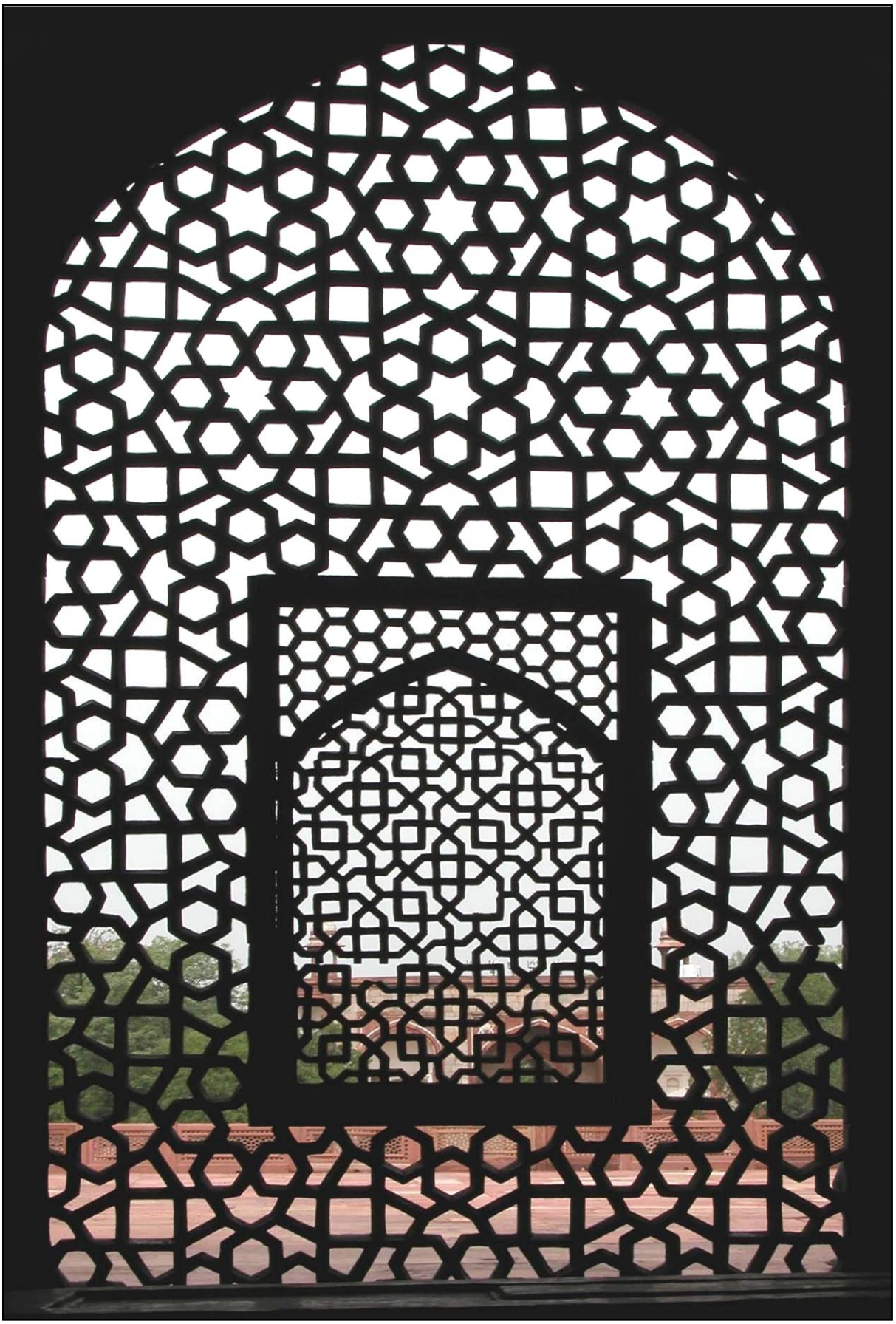


Alfiz de l'iwan de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.

Panneau du pistach de la mosquée Bibi Kanun de Samarcande.

Compositions d'hexagones et de dodécagones dans la salle des prières de la Jama Masjid construite à Fatehpur Sikri au XVIème siècle par Akbar.





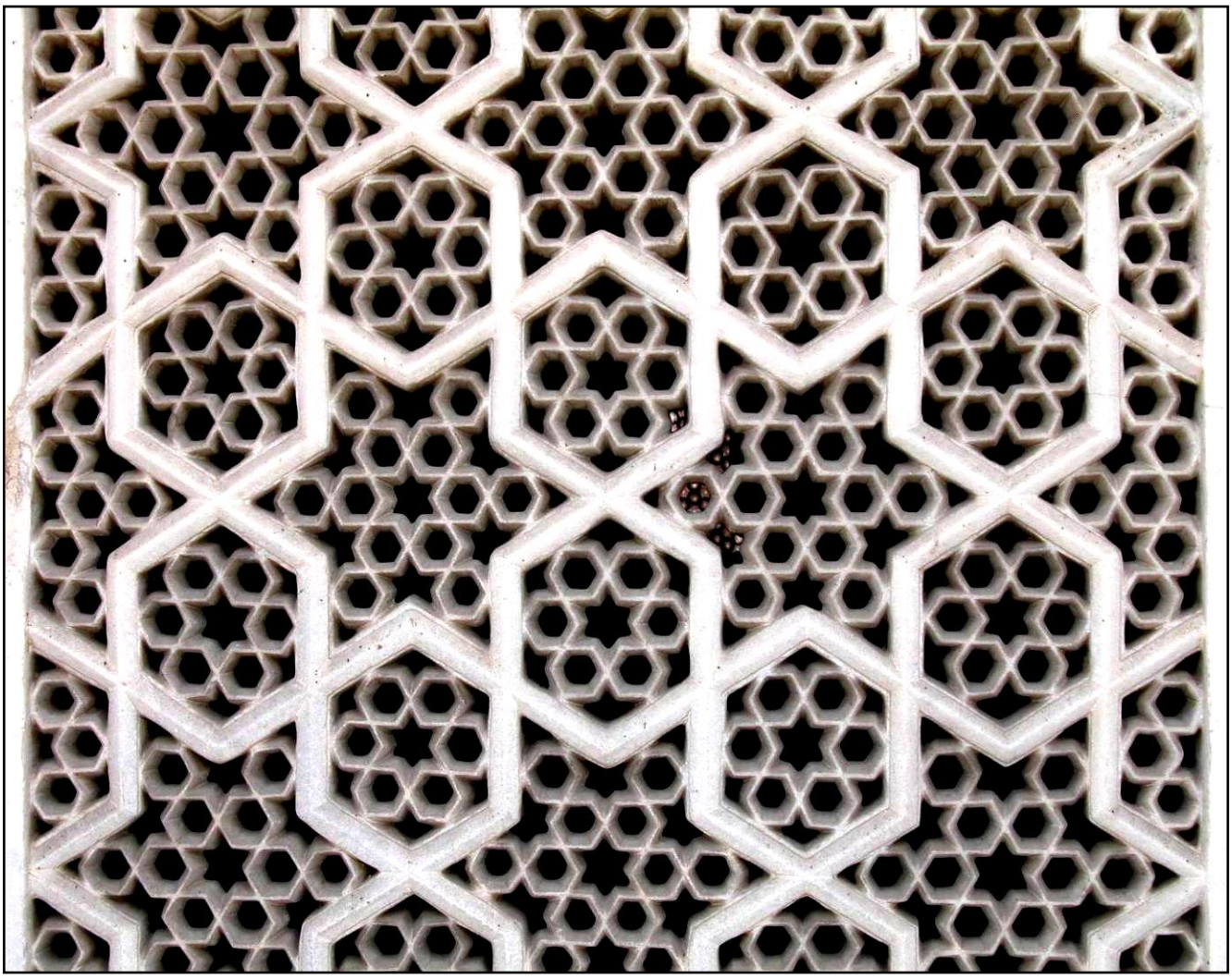
Jalis du Fort rouge de Delhi taillés dans du marbre blanc.



Composition d'étoiles à douze ; incrustations de pierres fines sur marbre au mausolée Itimad-ud-Daulah à Agra.

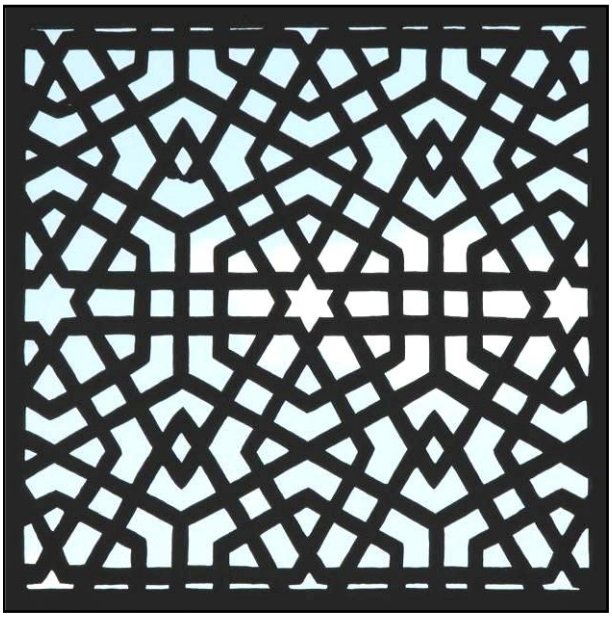


Peintures du plafond au palais de Jahangir à Agra.



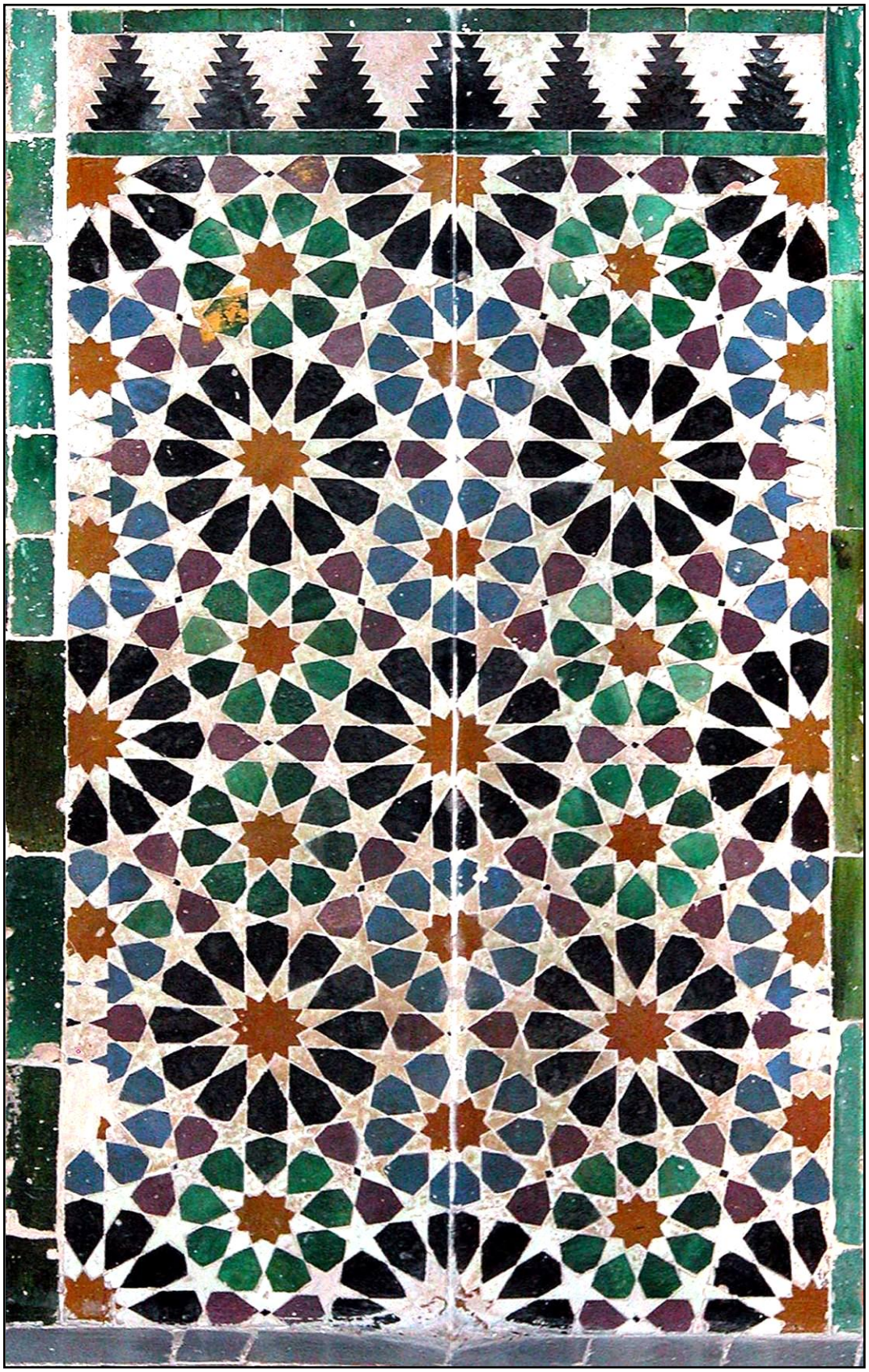
Détail d'un jalis du mausolée du Sheikh Salim Chishti situé dans la cour de la Jama Masjid de Fatehpur Sikri.



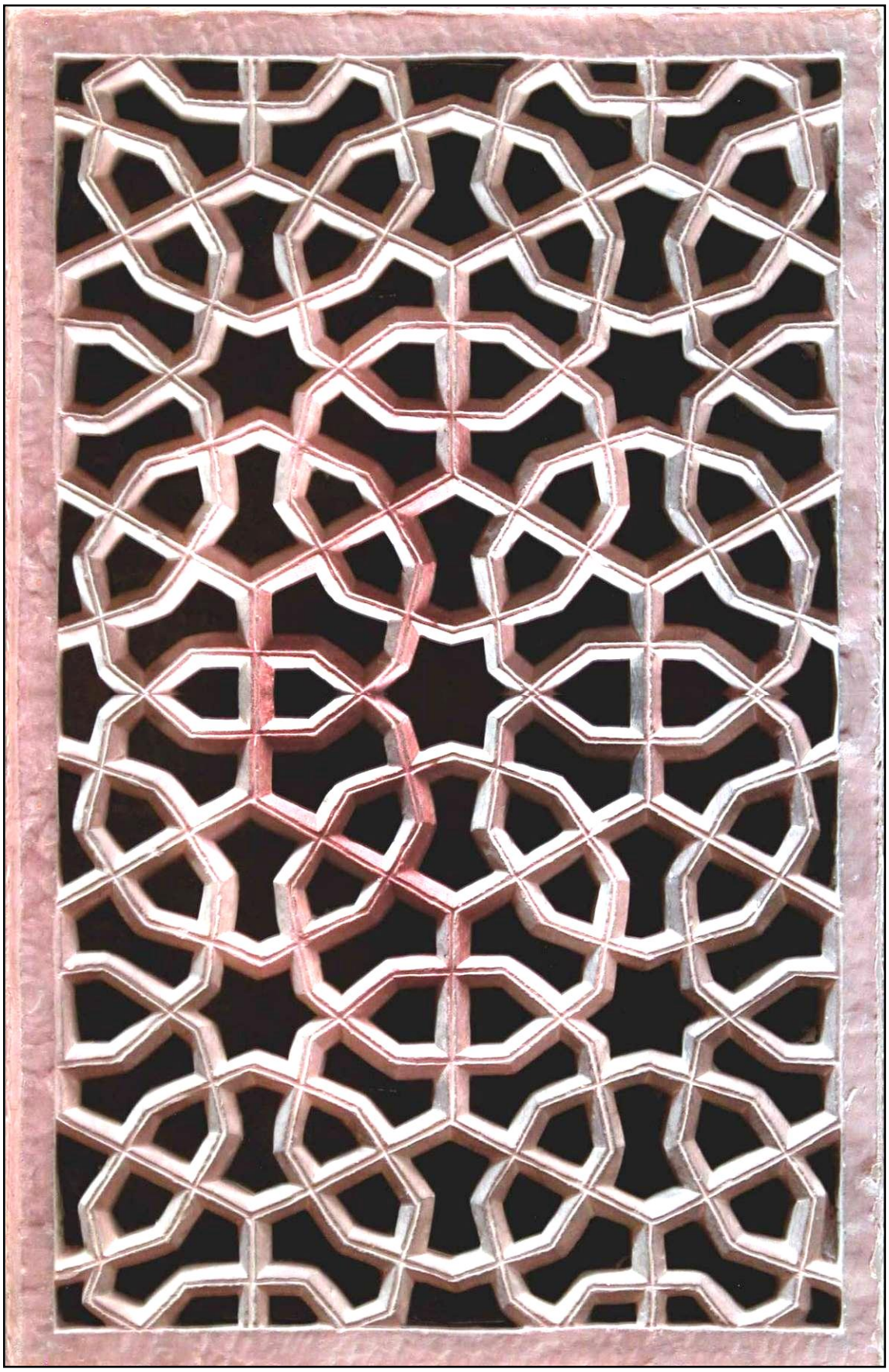


Jalis du tombeau de Mohammad Ghaus à Gwalior.

Etoile à neuf branches : neuf demi-axes de symétrie, c'est une étoile de la famille hexagonale ; cette étoile à neuf est obtenue par la composition de trois étoiles à douze.



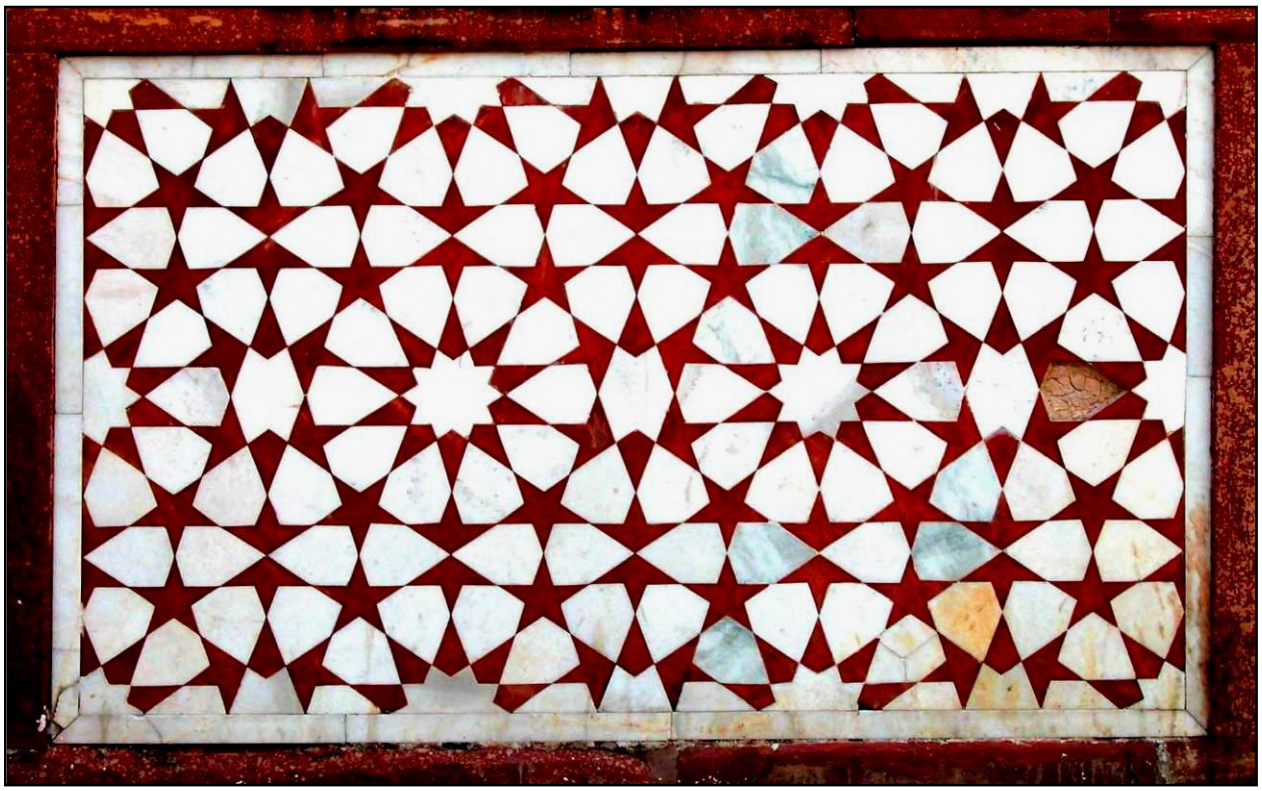
Exemple provenant de l'Alhambra.



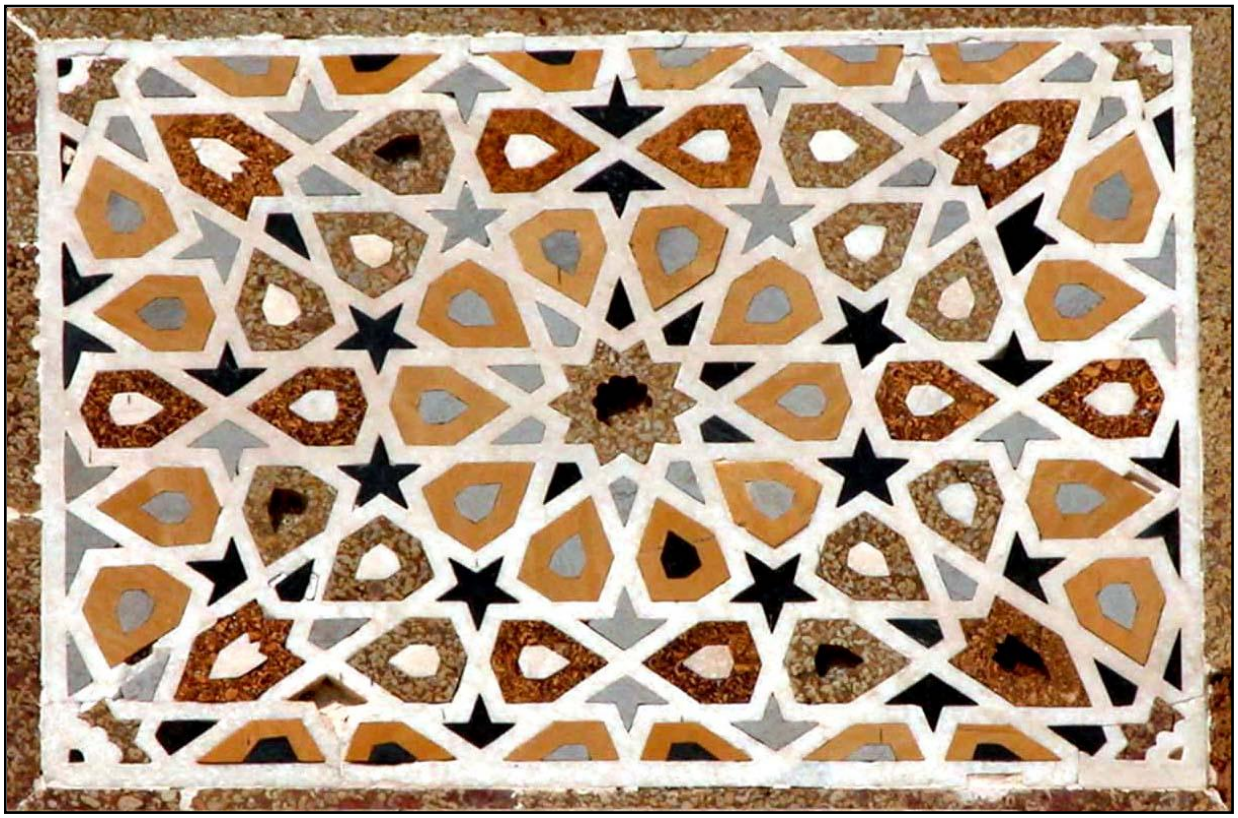
Jalis formé d'une composition de polygones à neuf côtés au palais de Jahangir à Agra.

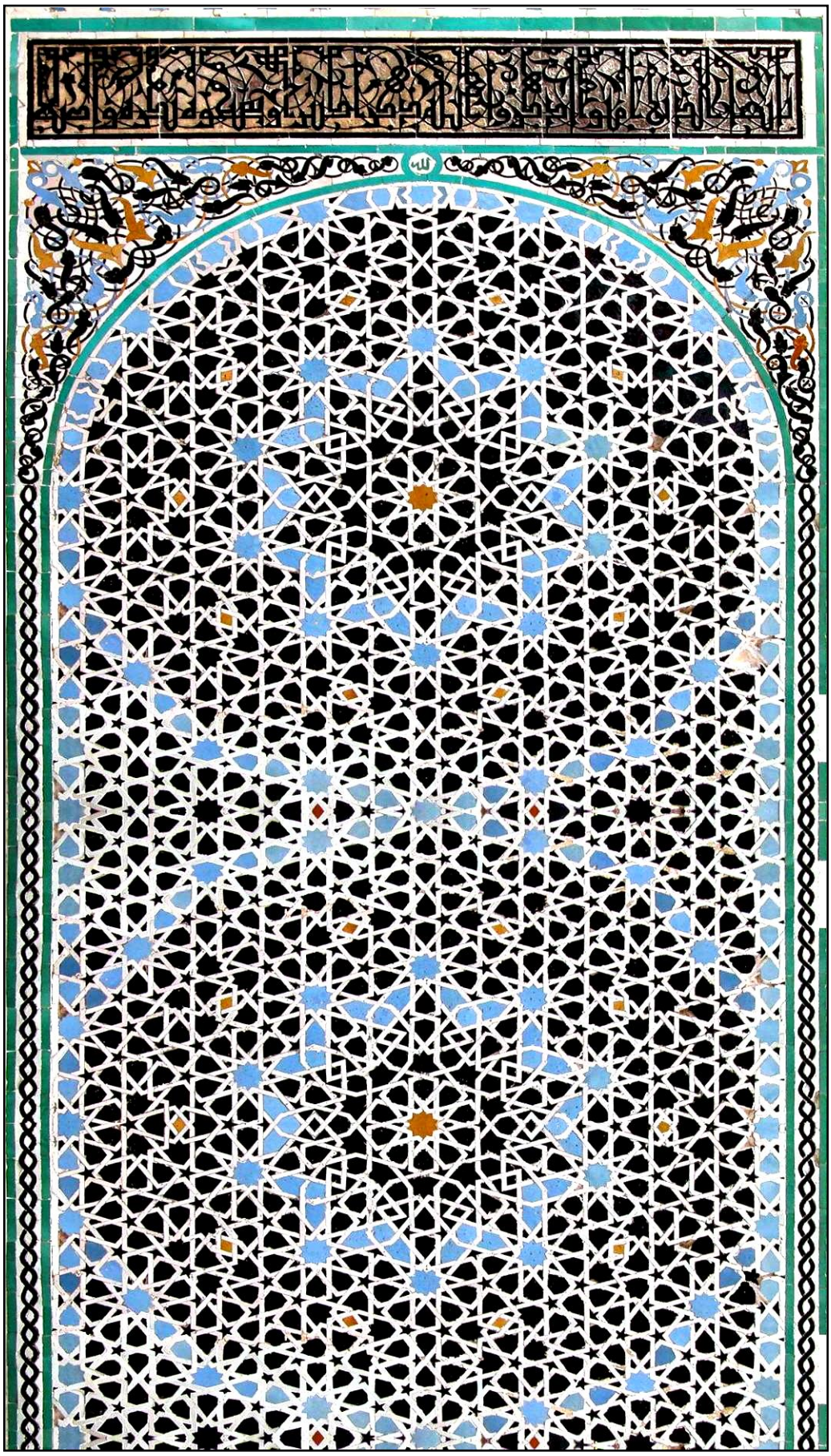
Famille pentagonale : symétrie d'ordre 5.

Le nombre des axes de symétrie est un multiple de cinq ; la symétrie d'ordre cinq est la base de toutes les constructions géométriques **des systèmes polygonaux convergents persans**.

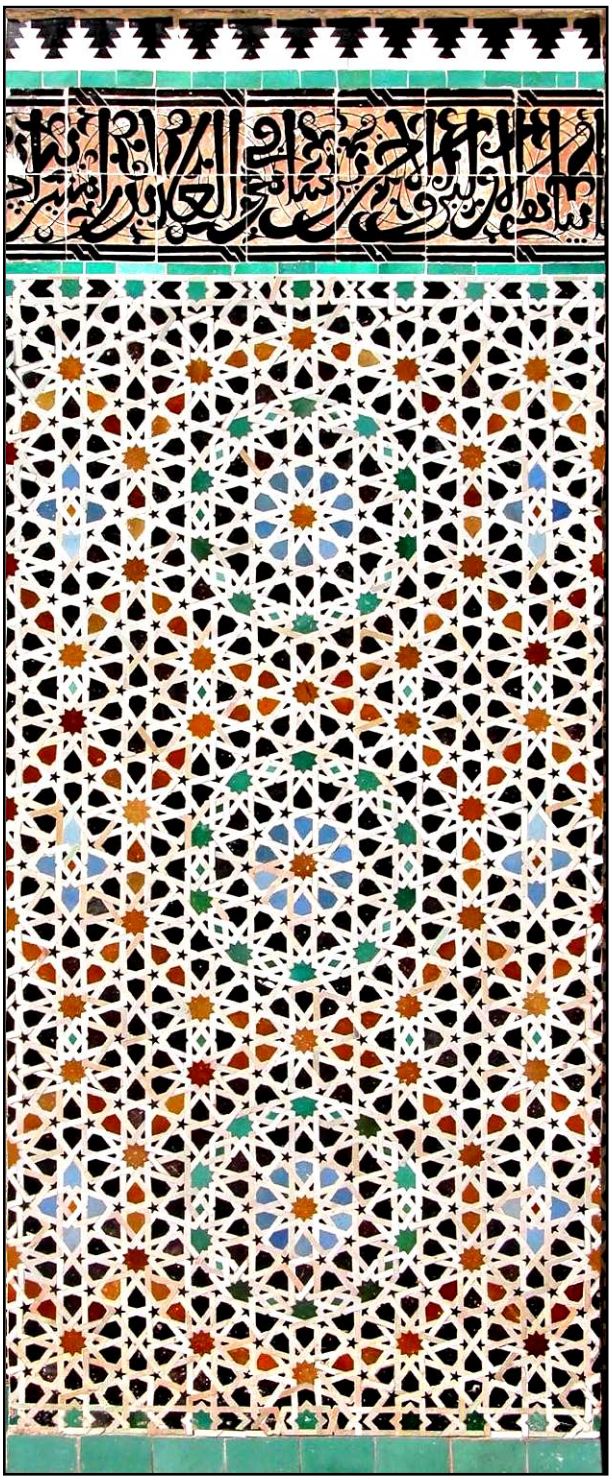


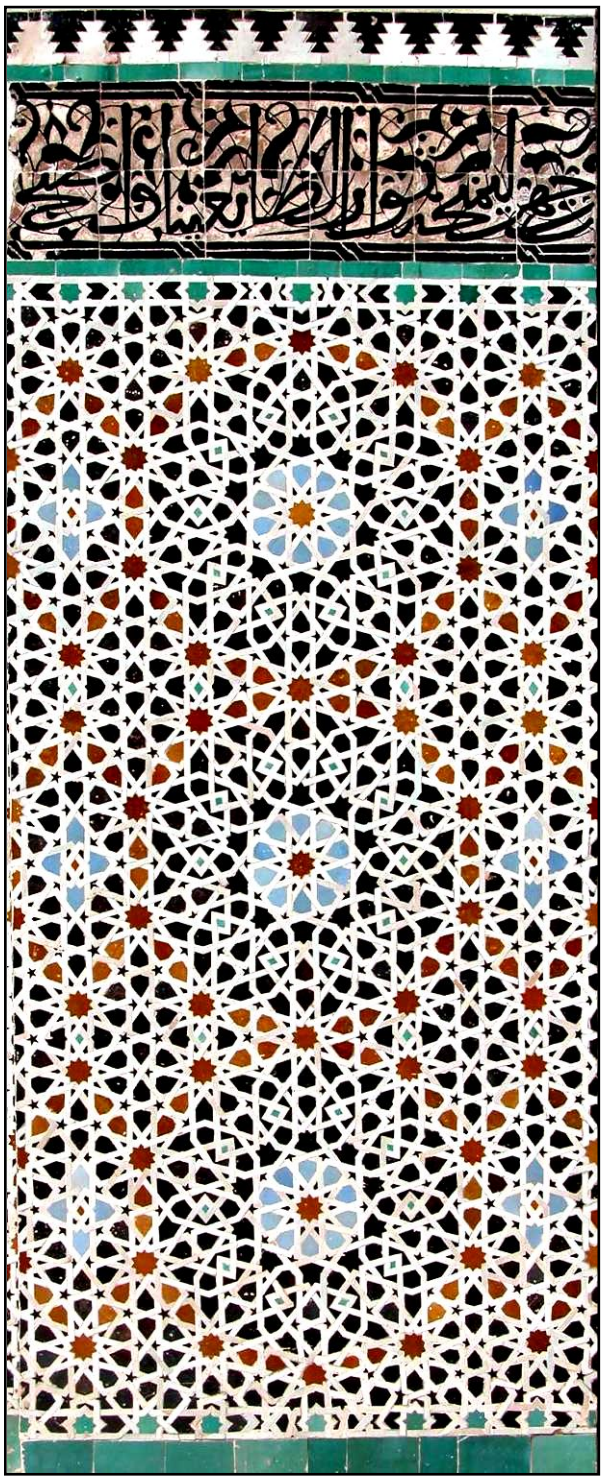
Marbre et pierres fines incrustées dans le grès au tombeau d'Akbar à Sikandra.



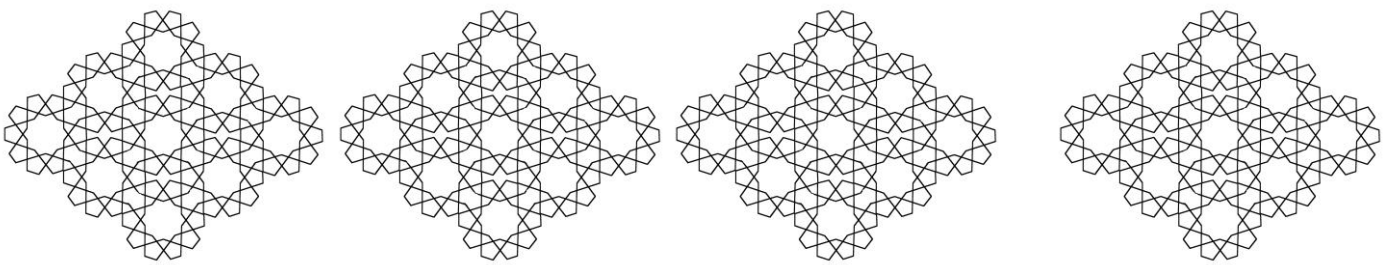


Composition d'étoiles à dix de la médersa Attarine de Fès



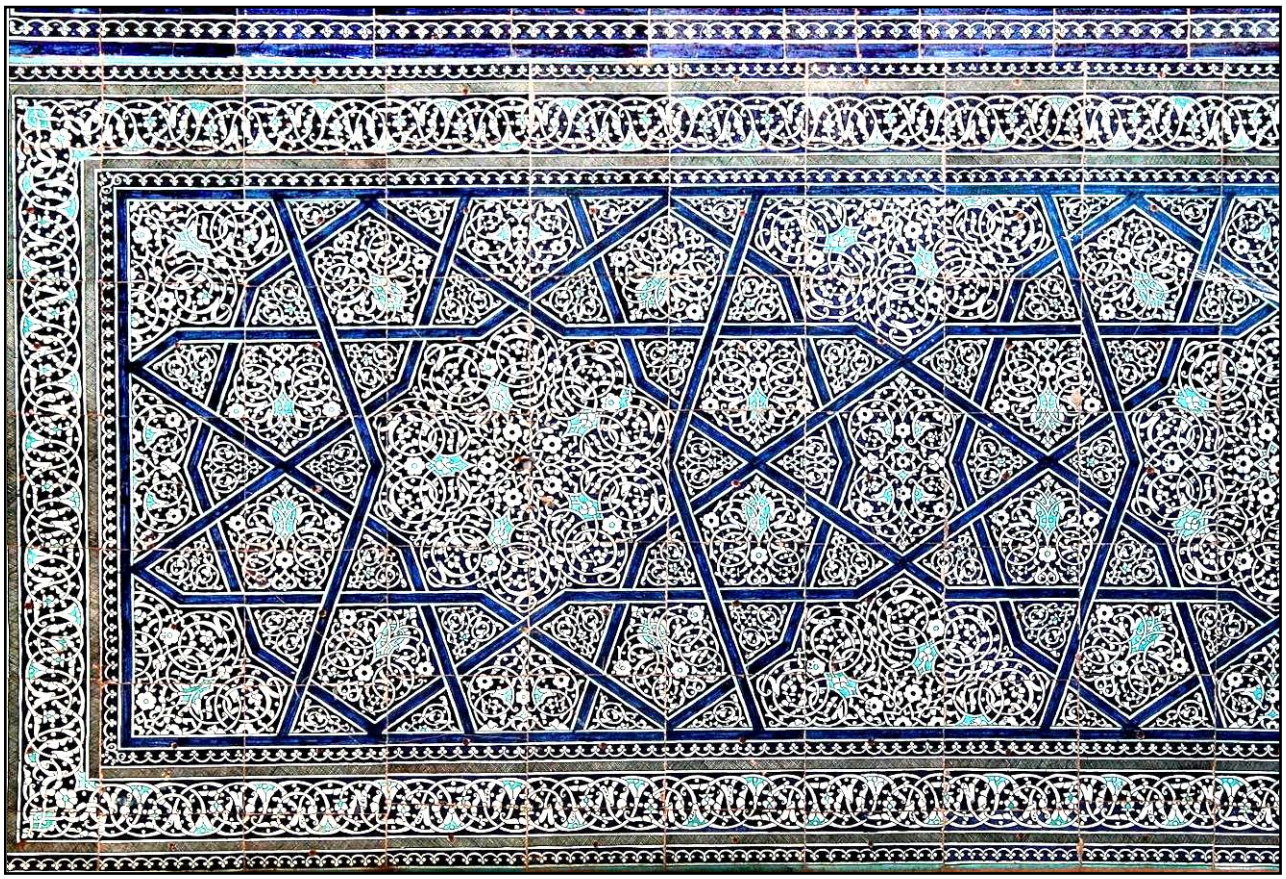


Médersa Bou Inania de Fès

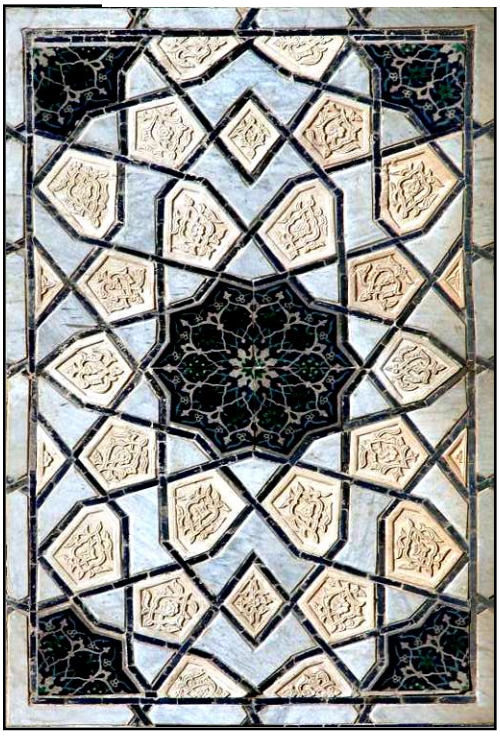




Médersa Oulough Begh à Samarcande ; panneau de zelliges du pistach.

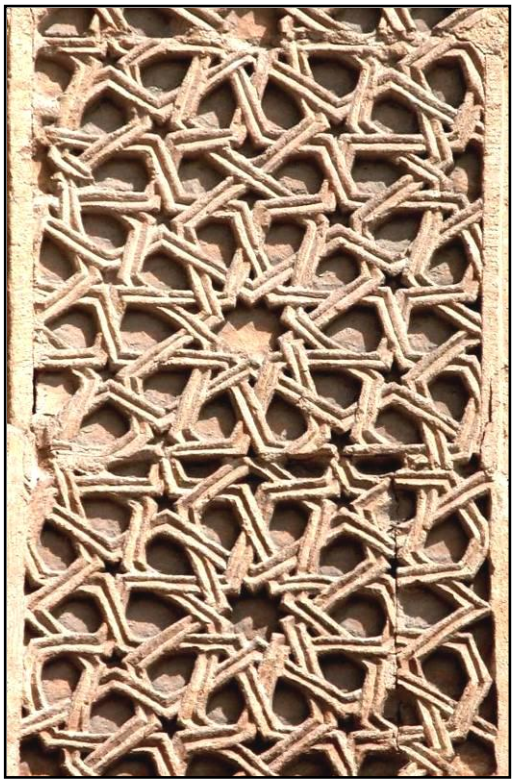


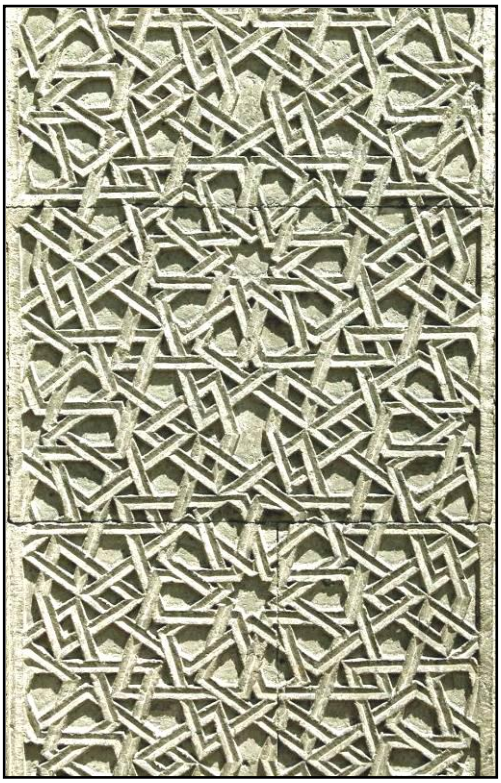
Composition d'étoiles à dix dans un des cinq iwans du harem de Khiva.



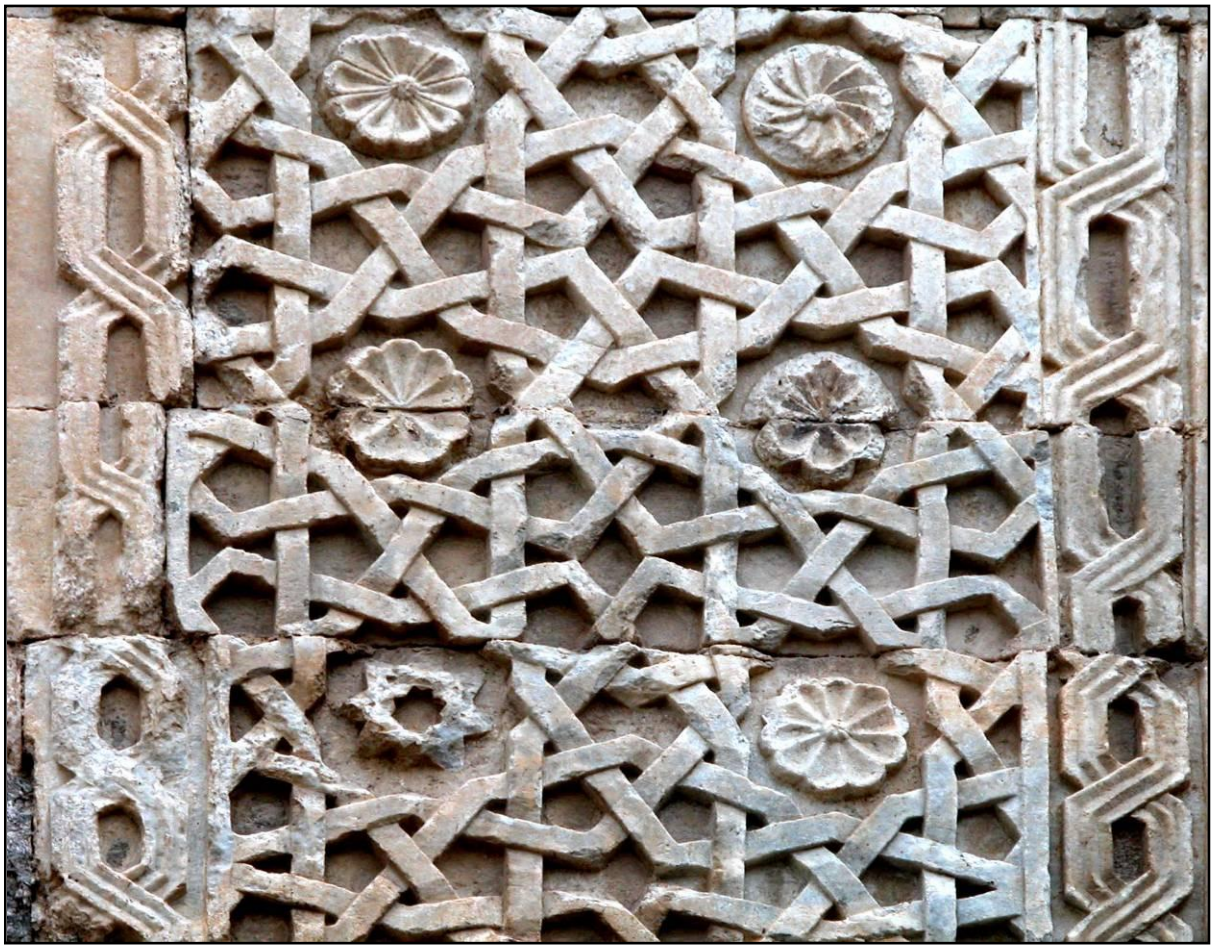


Panneau de marbre incrusté de majoliques et de piedra dura de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.
Détail d'un panneau de majolique de la mosquée Tilla Kari du Registan.





Étoiles à cinq du répertoire Seldjoukide : à Divriği, Sivas et au caravansérail de Sultanhani.

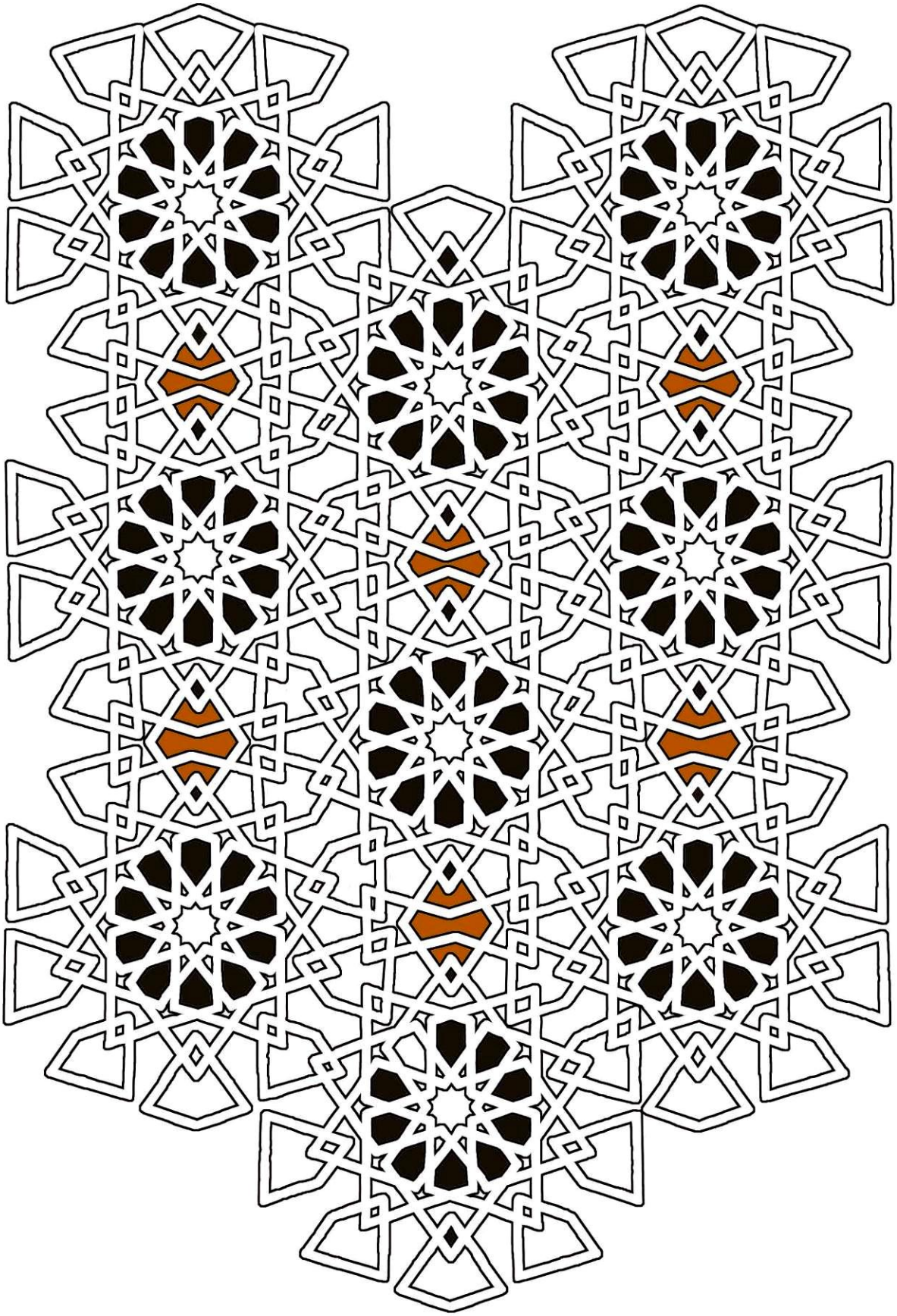




Mausolée d'Akbar à Sikandra, près d'Agra : composition d'étoiles à huit et à dix branches.

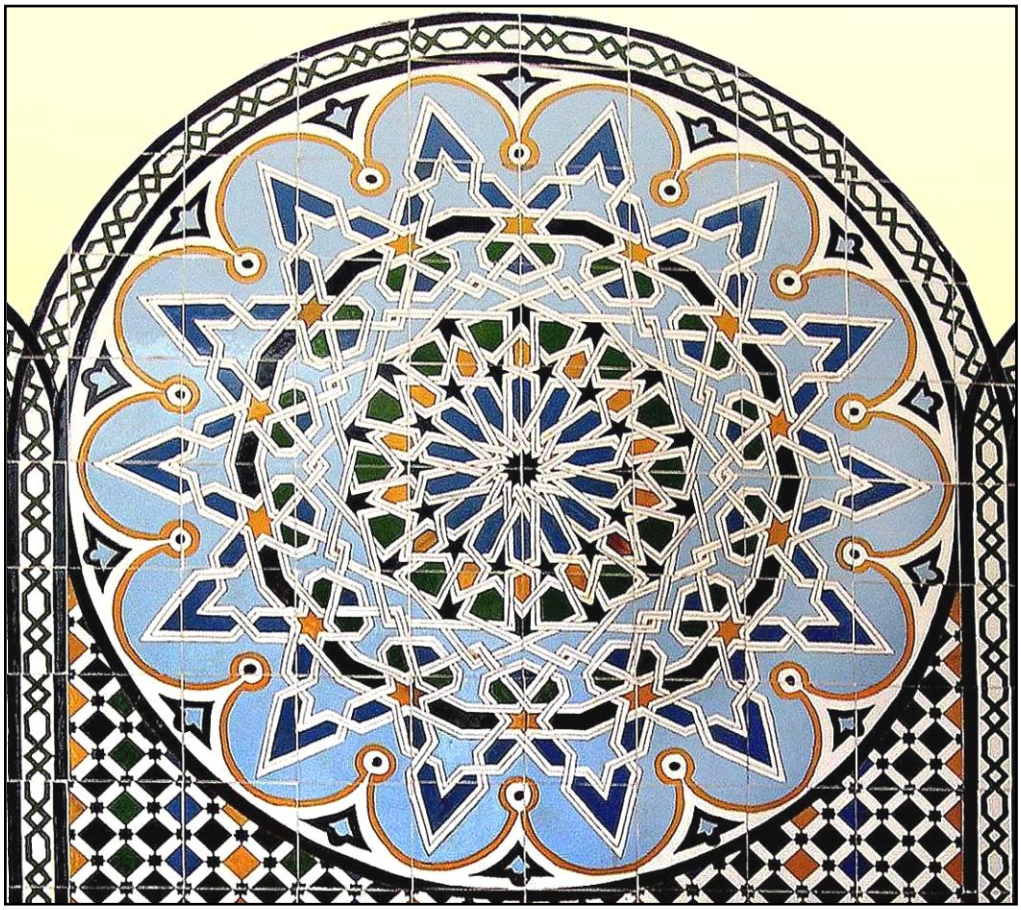


Composition de sur-modules d'un système convergent pentagonal à Sikandra.

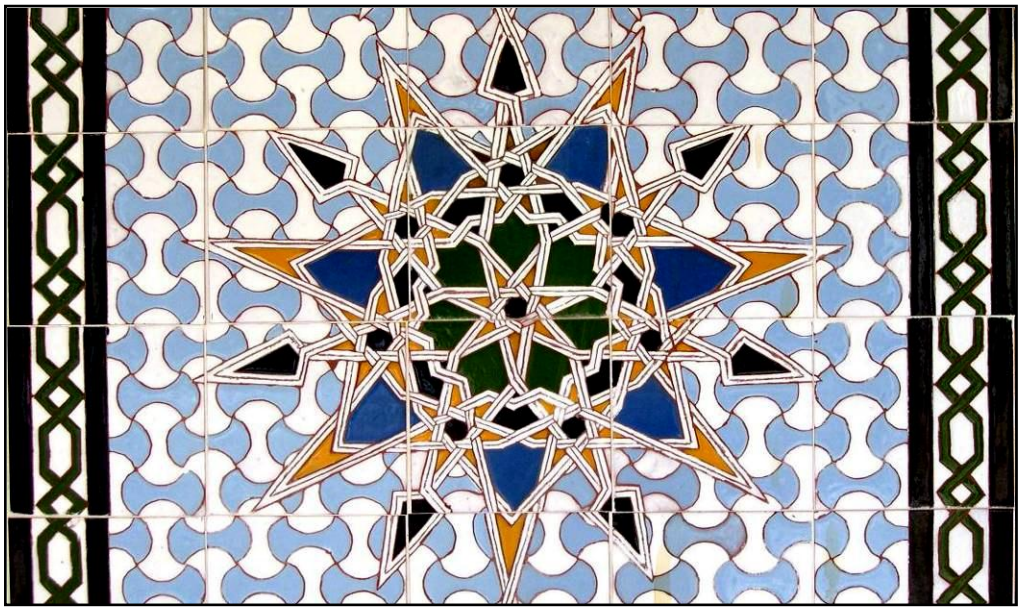


Symétrie d’ordre sept : sept demi-axes de symétrie

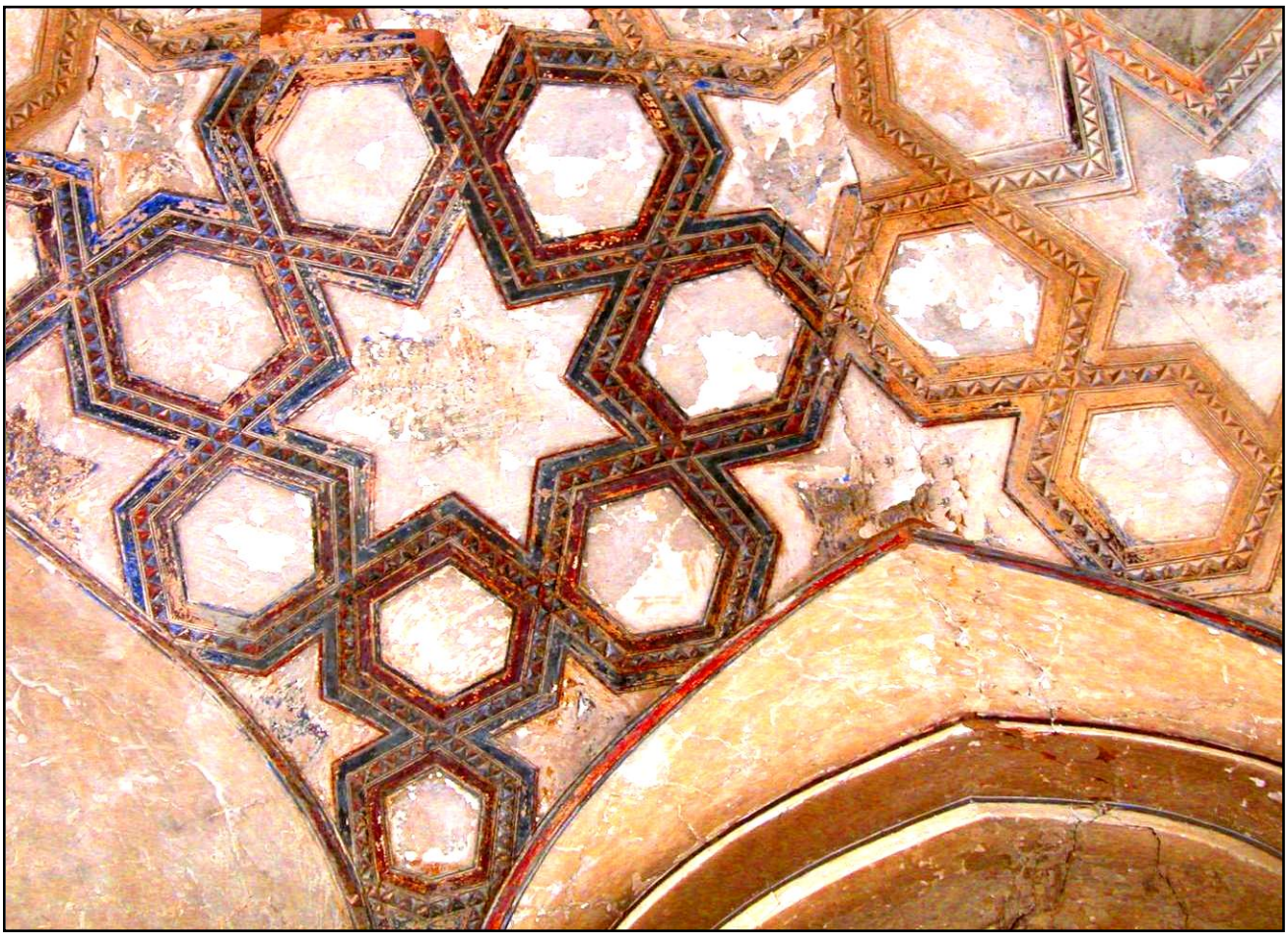
pour l’étoile à quatorze et sept demi-axes de symétrie pour l’étoile à sept.



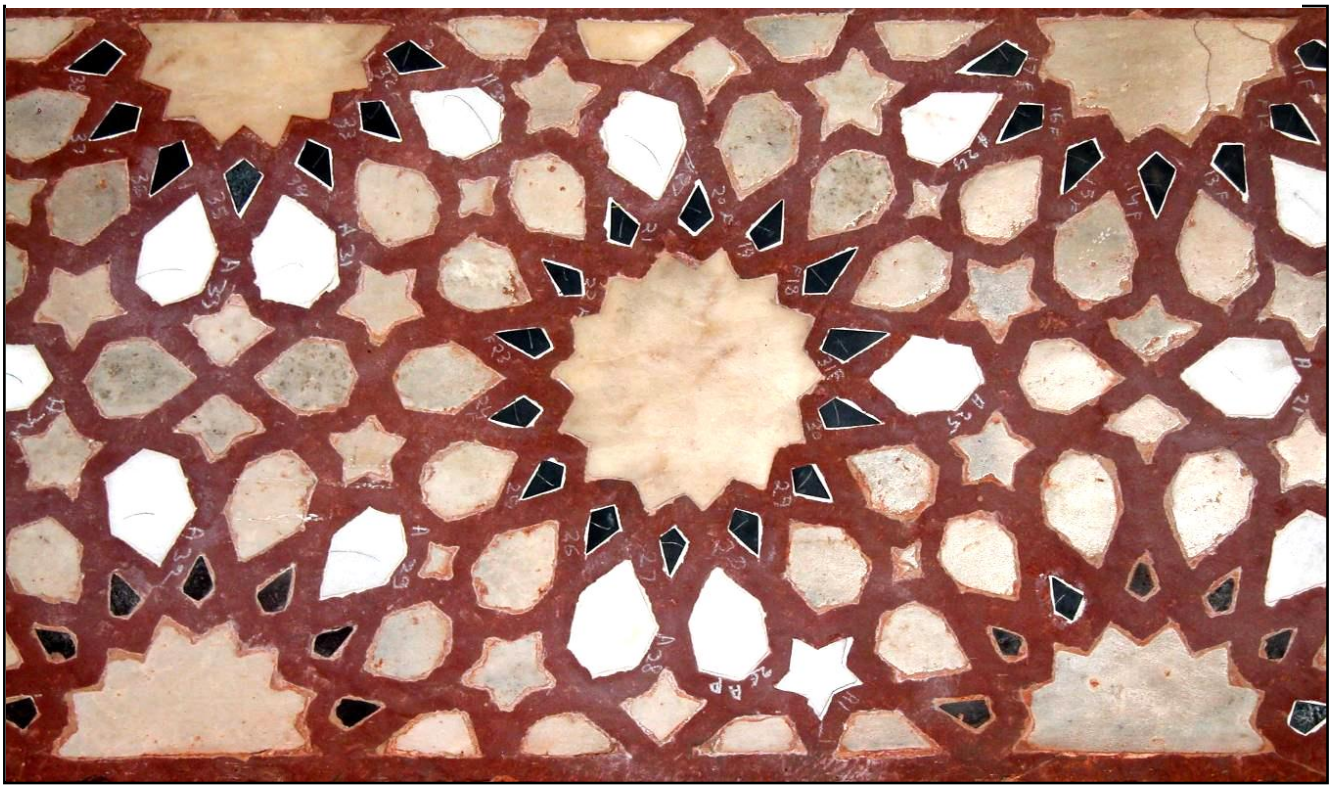
Sept axes de symétrie pour l’étoile centrale à quatorze branches.



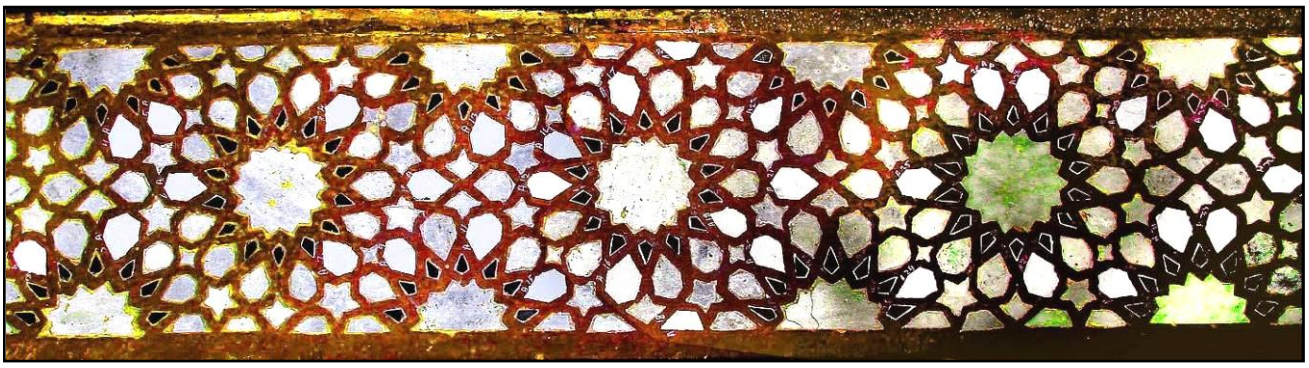
A chacun des sept pétales correspond un demi-axe de symétrie.

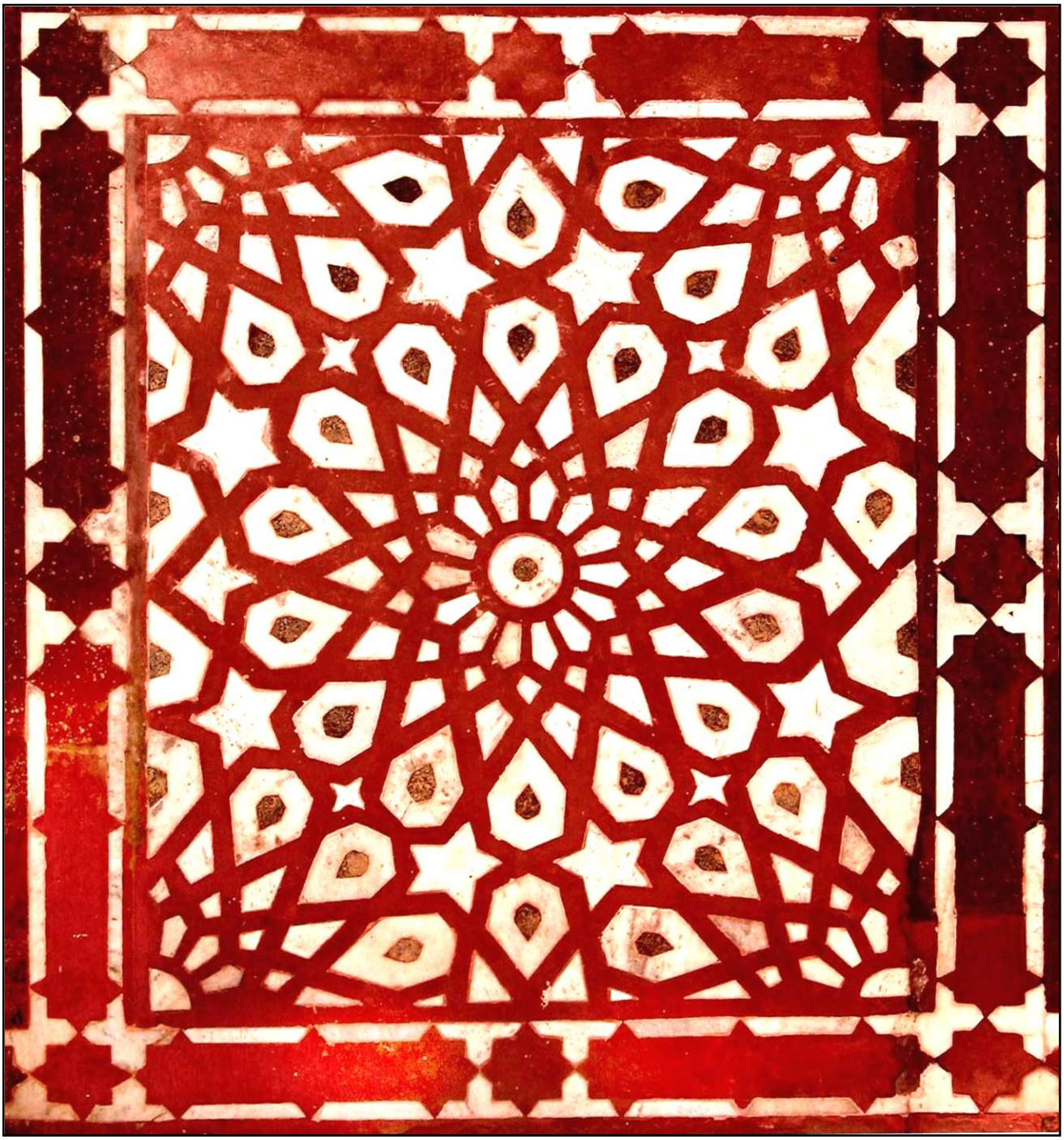


Étoiles à sept branches au Plafond du palais de Jahangir à Agra.

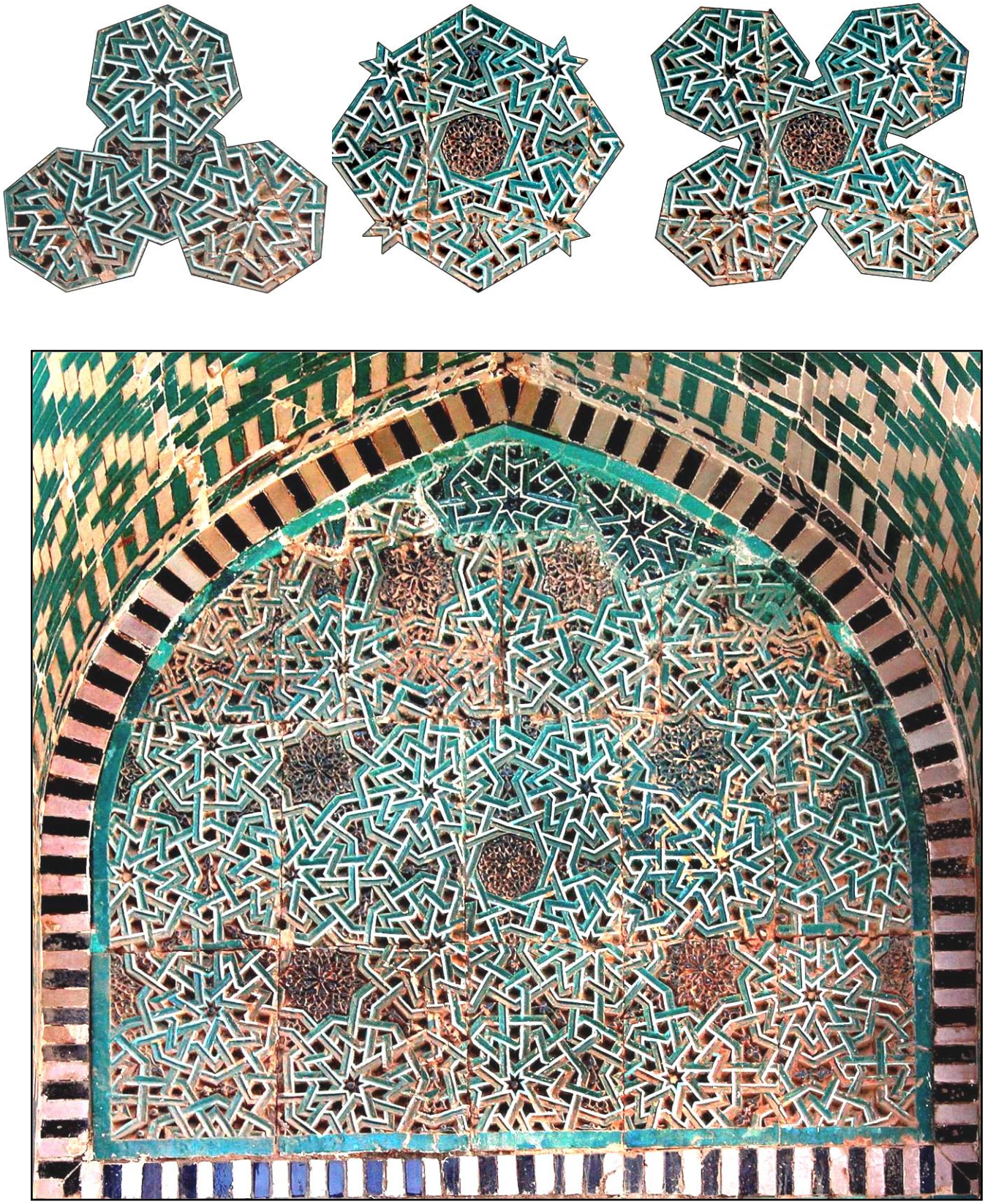


Composition d'étoiles à quatorze branches à la Jama Masjid de Fatehpur Sikri.

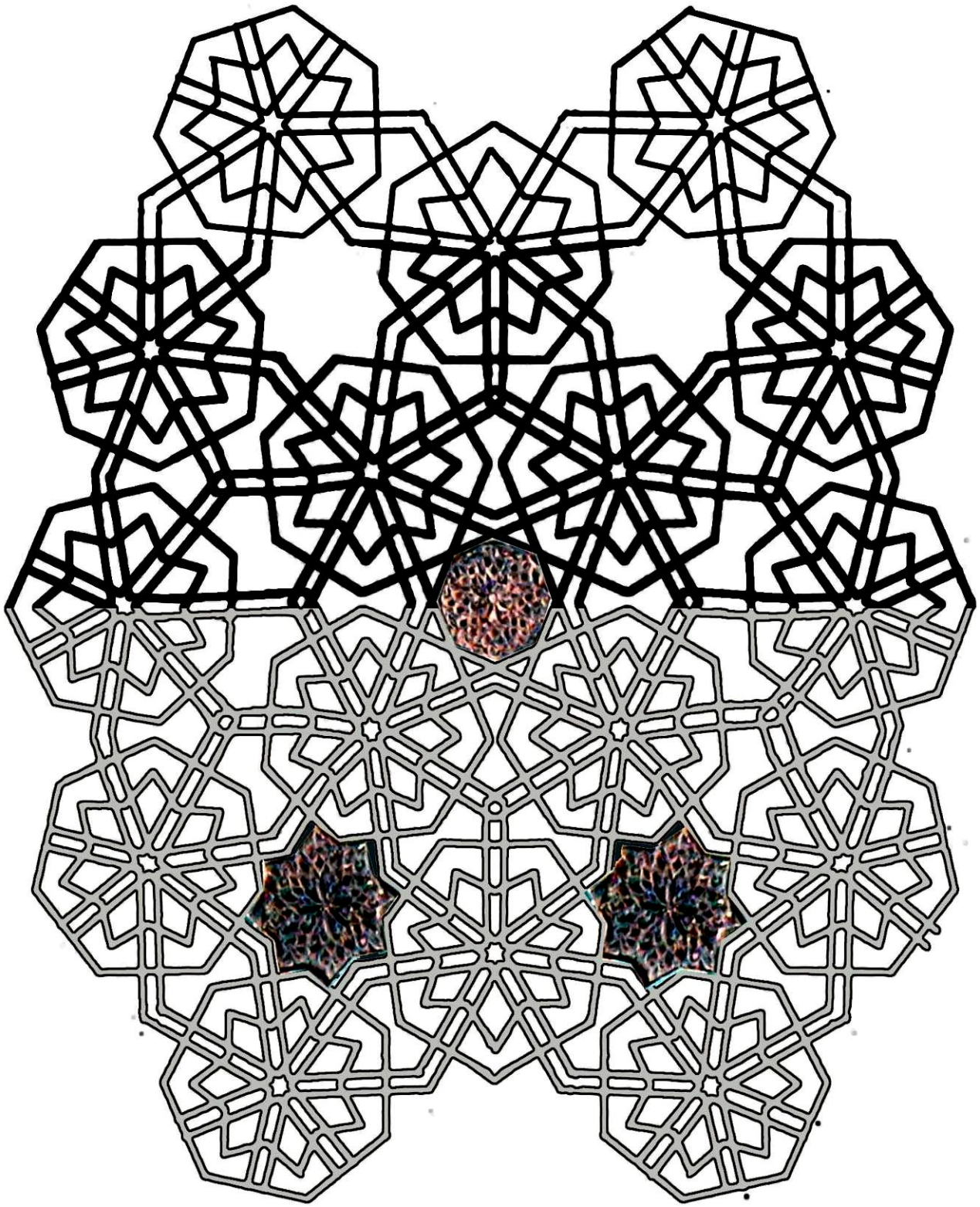




Incrustations de marbre dans du grès pour cette étoile à quatorze de la porte Sublime à Fatehpur Sikri.



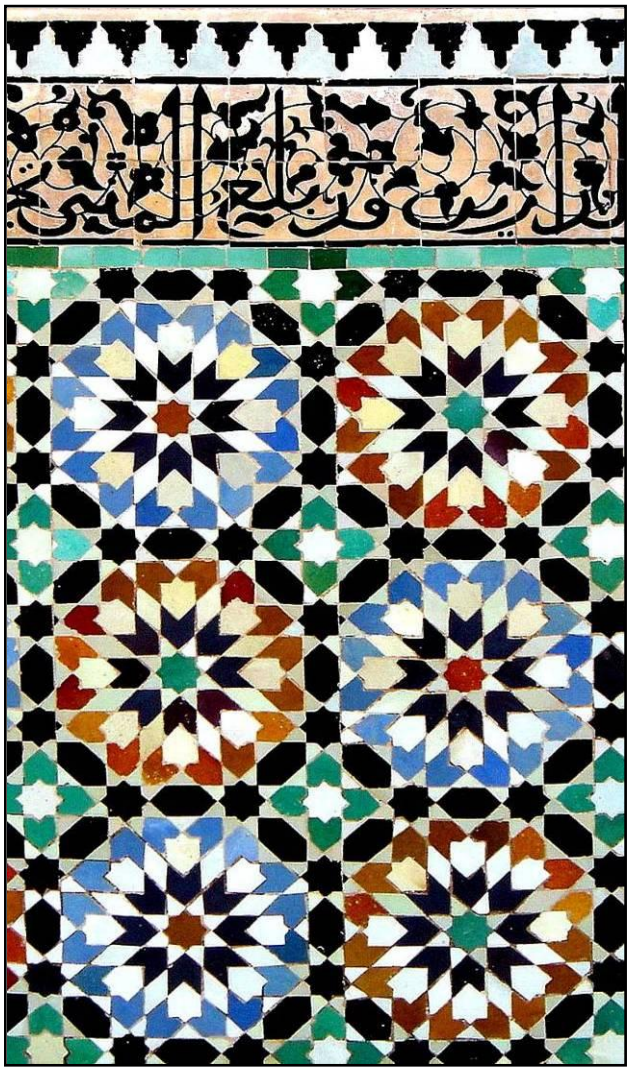
Majoliques ciselées de l'entrée du mausolée de Khodja Akhmad à Shah-I-Zinda. Construit en 1350, c'est le plus ancien monument de cette nécropole.



Si les symboles représentés par les constructions géométriques étoilées sont identiques dans l'ensemble du monde musulman, la conception de ces compositions se différencie selon la zone étudiée ; deux systèmes se distinguent.

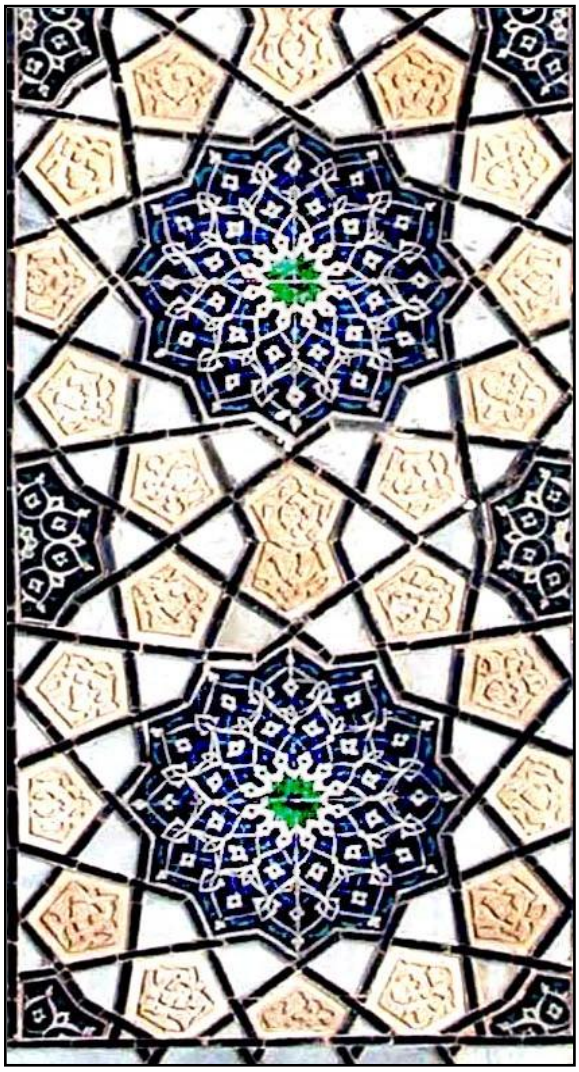
Dans la zone du Maghreb et de l'Andalousie, les pièces de l'assemblage sont issues d'un seul élément, l'étoile à huit : c'est le **système modulaire convergent** ; **modulaire** car toutes les pièces sont issues d'une seule, **convergent** car toutes ces étoiles sont liées entre elles par un de leur axes de symétrie qui concourent en un même point.

Dans la partie orientale, de l'Egypte jusqu'à l'Inde, le système de construction des étoiles est basé sur un assemblage en satellite de différents pentagones dont le montage forme une étoile : c'est le système **convergent polygonal persan. Convergent** car tous ces pentagones satellites sont liés par un point où converge un de leur axe de symétrie. Ce point de convergence est le centre de l'étoile construite.



Panneau des tombeaux Saadiens à Marrakech.

Système modulaire convergent : la forme de toutes les pièces assemblées dérive de celle de l'étoile à huit.

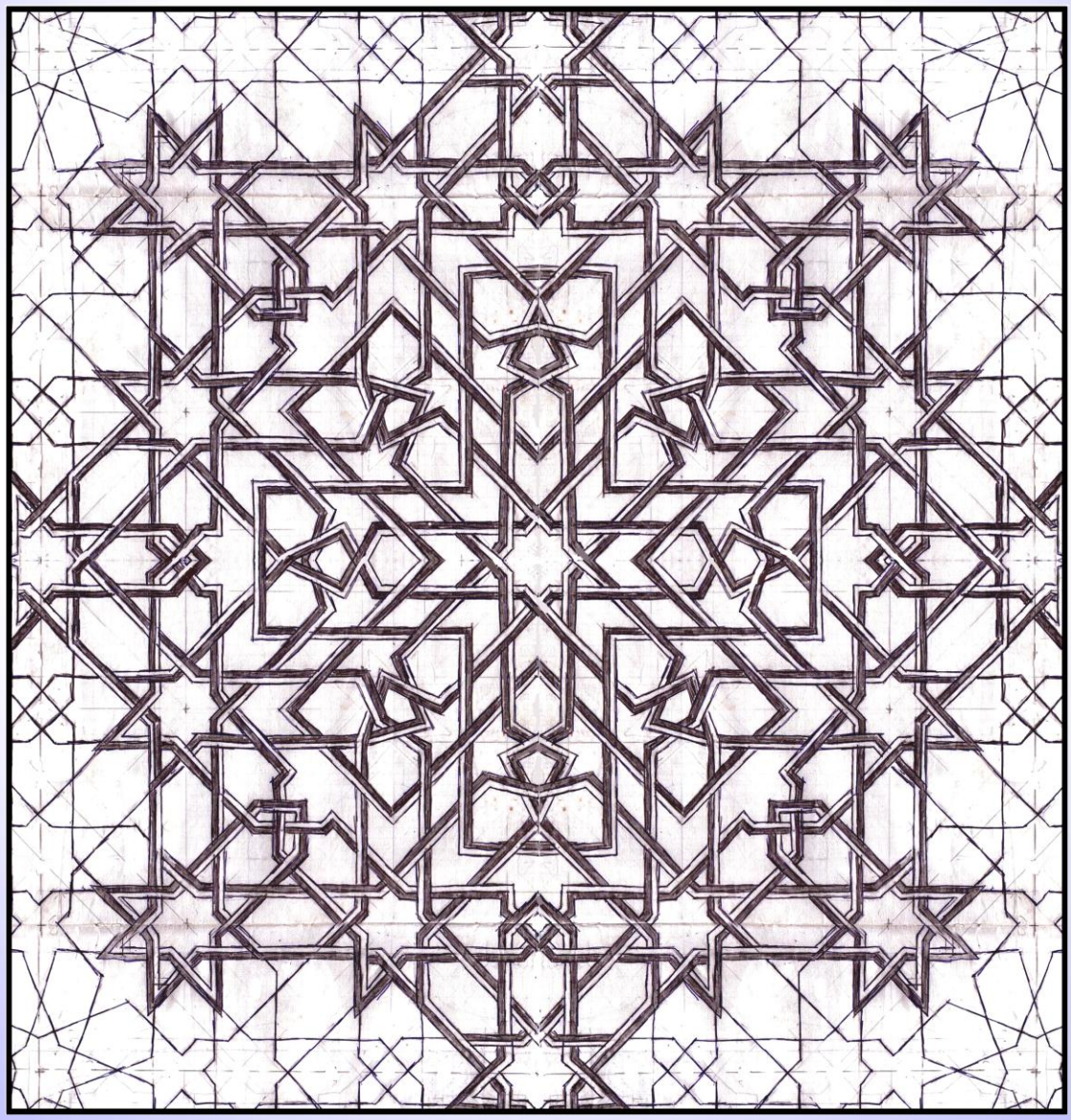


Majoliques incrustées dans du marbre ; mosquée Bibi Kanun de Samarcande.

Système convergent persan : chacune des étoiles est formée par une couronne de pentagones réguliers convexes.

DESSIN DE L'ARABESQUE

TOME 2 : famille octogonale



Par Louis ARNAUD

Le dessin de l'arabesque.

TOME 2 : La famille octogonale.

Cette série en quatre tomes dévoile la clef pour la construction des arabesques des trois grandes zones d'influence de style et de conception :

La zone romaine avec son système **modulaire** convergent rencontré dans l'ouest du bassin méditerranéen.

La zone persane et son système convergent **polygonal** rencontré dans la partie orientale du monde musulman jusqu'aux Indes.

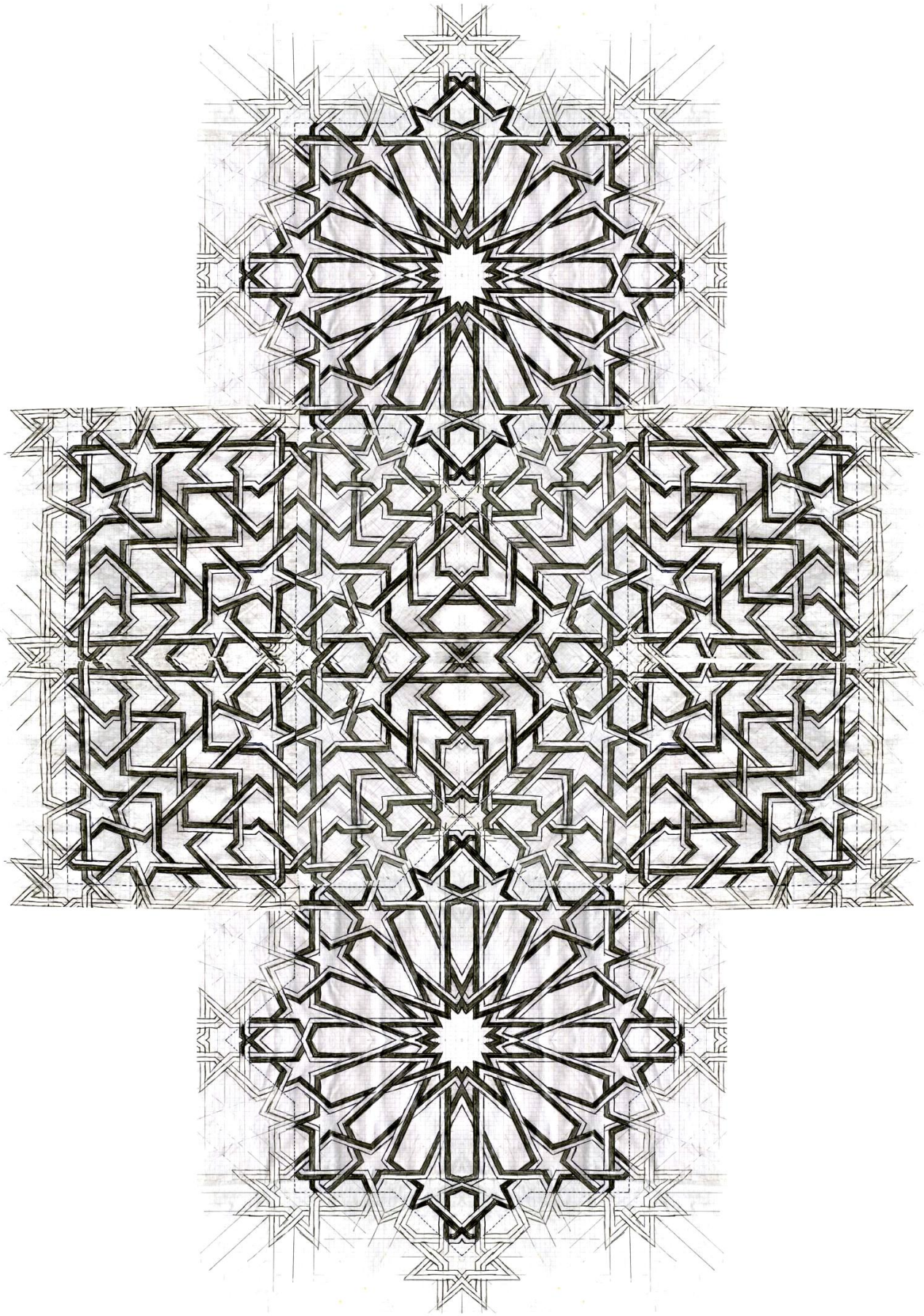
Dans la zone intermédiaire, les Seldjoukides ont su développer, au XII ème siècle, un système très élaboré de construction d'étoiles aux branches multiples.

Les différentes techniques de construction sont étudiées dans les quatre premiers tomes.



Par Louis Arnaud

PHOTOTHEQUE



La géométrie de l'arabesque.

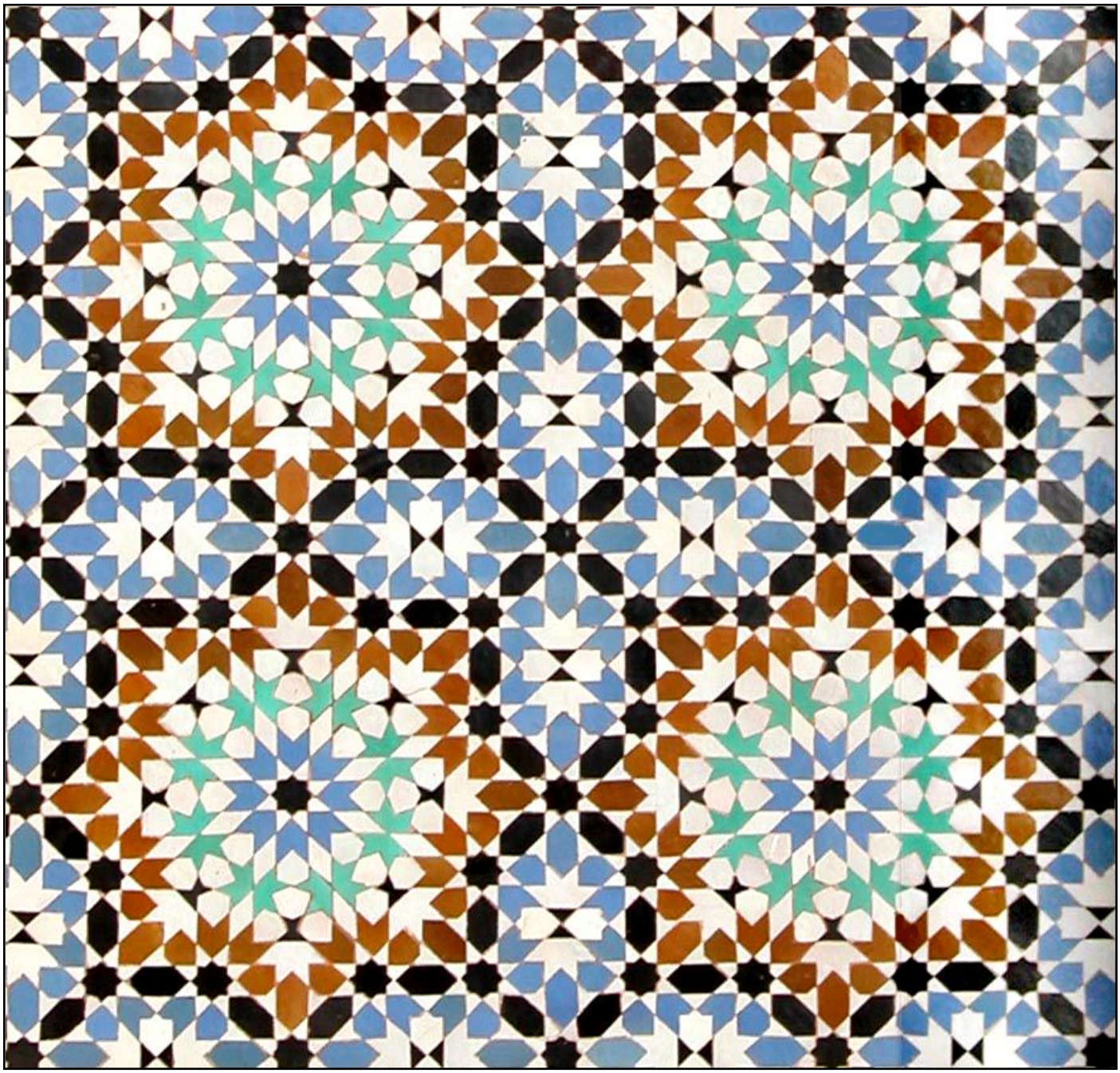
PHOTOGRAPHIES

DIAPORAMA



DESSIN : SYSTEME MODULAIRE

RETOUR



Zelliges de la fontaine de la tour Hassan à Rabat.

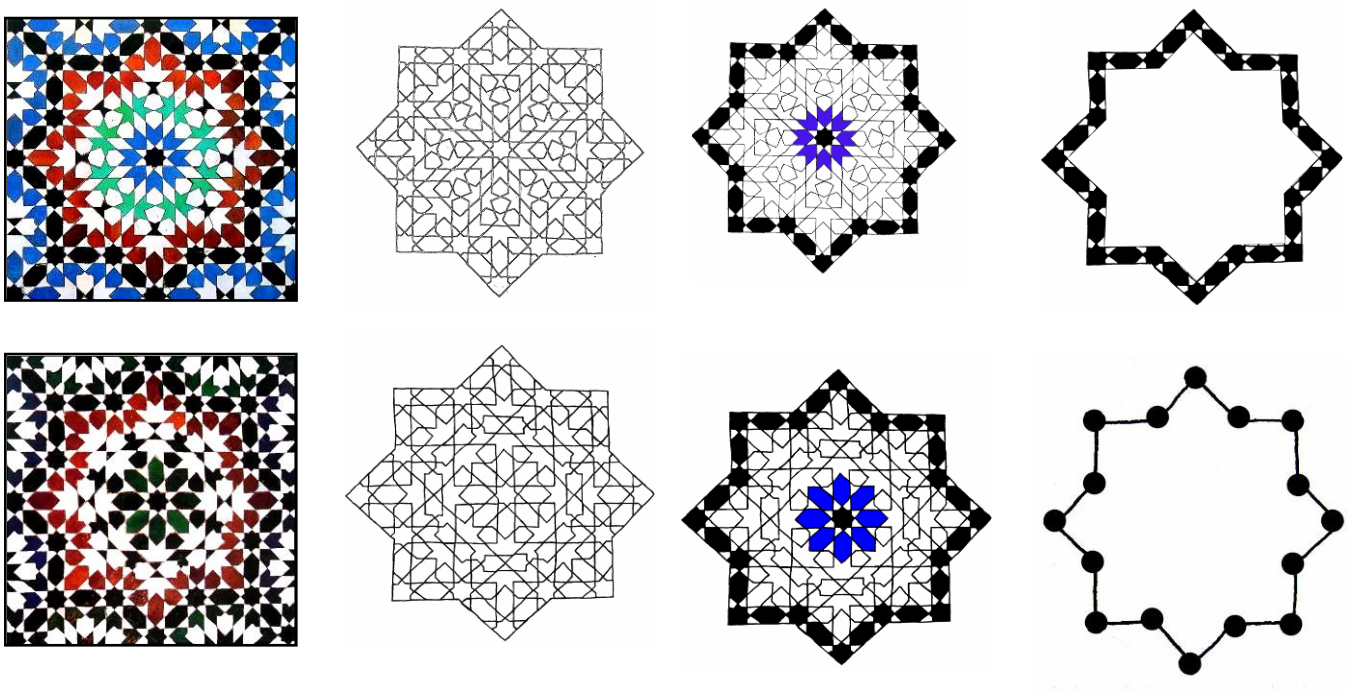
En Afrique du nord, sous les Mérinides, et en Andalousie, sous les Nasrides, une autre technique originale d'assemblage géométrique s'est développée, obéissant à des règles strictes : c'est le **système modulaire convergent andalou**.

En Perse, à Kashin, à Ispahan, et en Turquie à Iznik, se sont développés au début du XIV ème siècle des modèles décoratifs floraux et structurés avec des constructions obéissant à des règles bien précises : c'est **le système convergent polygonal persan**.

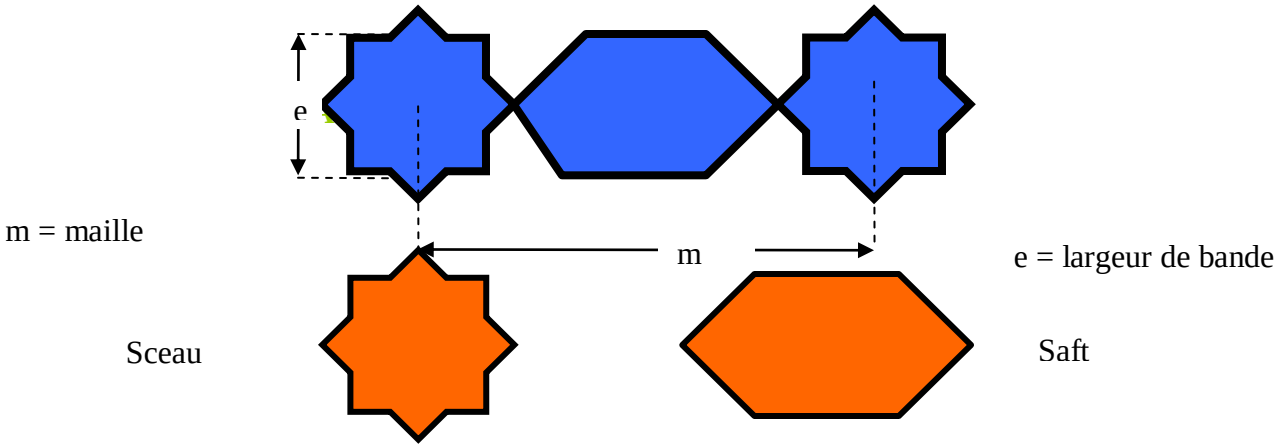
Étude des « squelettes » : exemple 1.

PHOTOGRAPHIES DIAPORAMA

- Les ensembles géométriques sont construits à partir de squelettes : ce squelette est formé d'une succession de deux pièces fondamentales : le **sceau** et le **saft.**
- Les squelettes sont fermés
- La distance **m** entre le centre des deux sceaux est appelée **la maille m du motif**
- La largeur du saft et du sceau est formée d'une **bande** de largeur **e**
- Dans la plupart des motifs de symétrie d'ordre 4, les différents squelettes se combinent entre eux pour former des structures complexes.
- Ils seront représentés par un schéma simple :





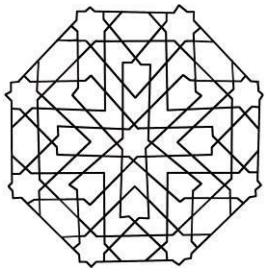


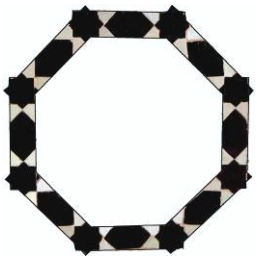
RETOUR

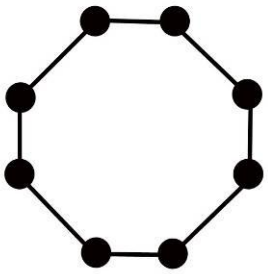
Étude des squelettes : exemple 2.

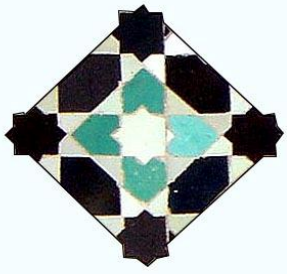


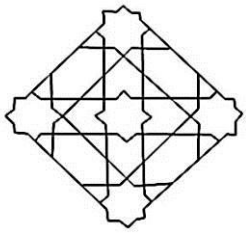


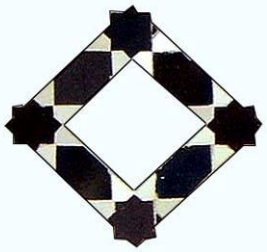


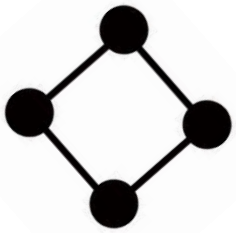






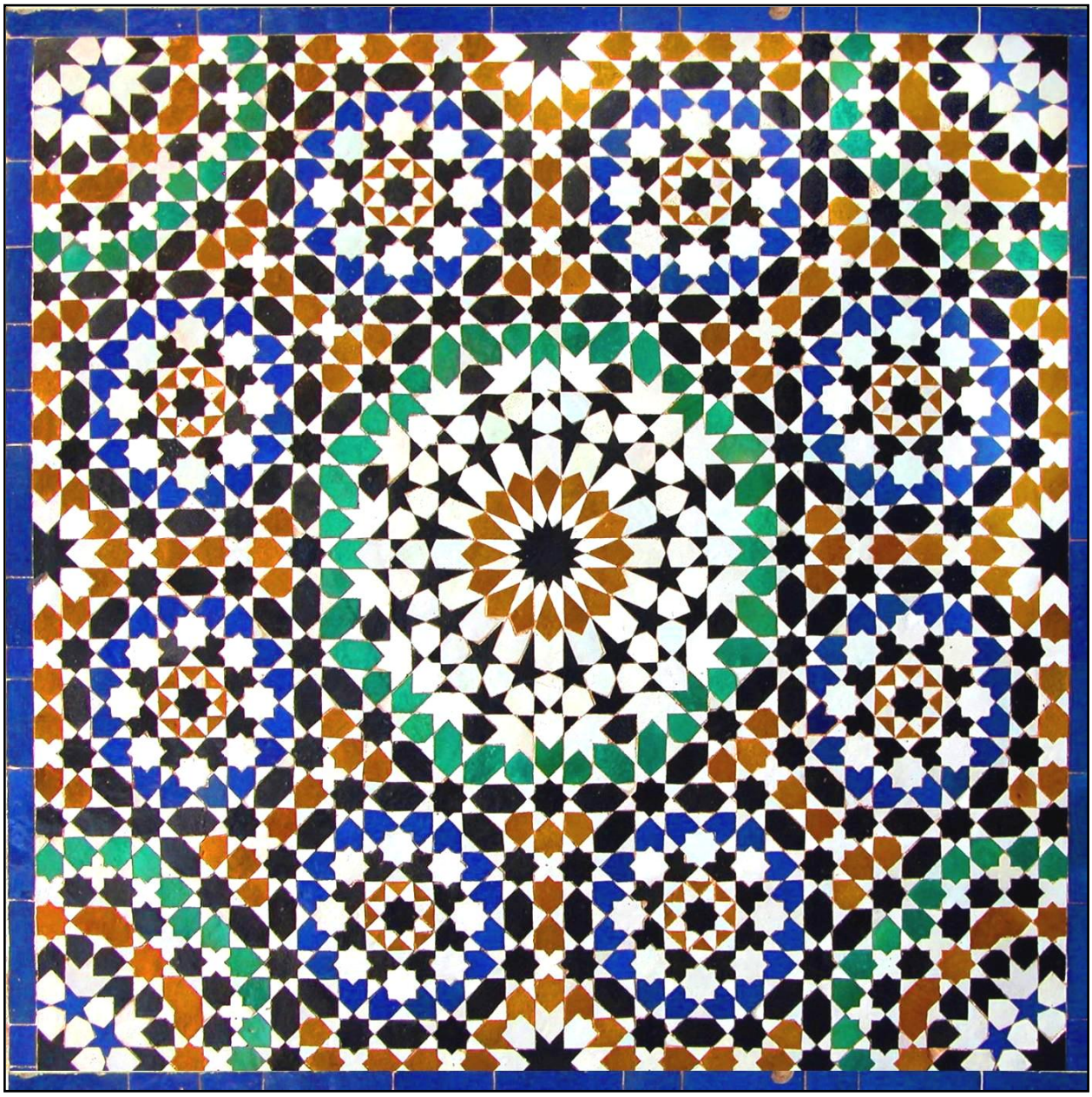


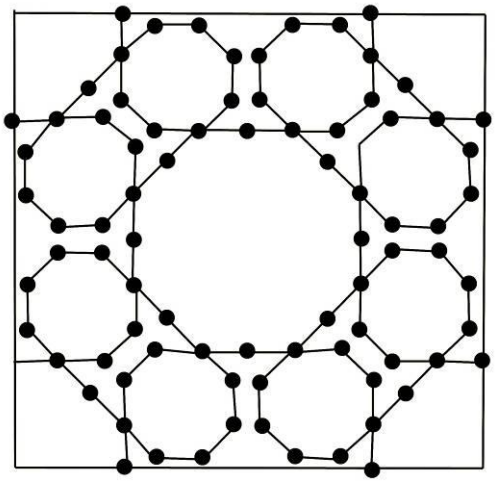




Cette mosaïque, qui provient de la médersa ben Youssef à Marrakech, est formée par une composition d'octogones simples.

Étude des squelettes : exemple 3.

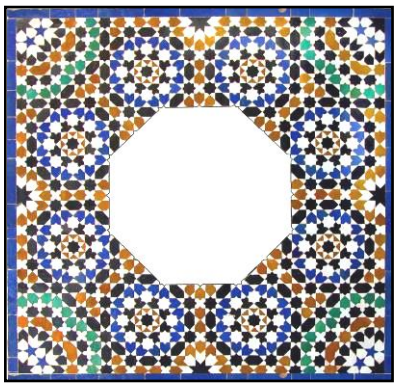
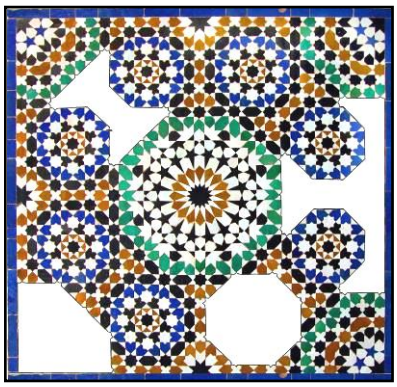
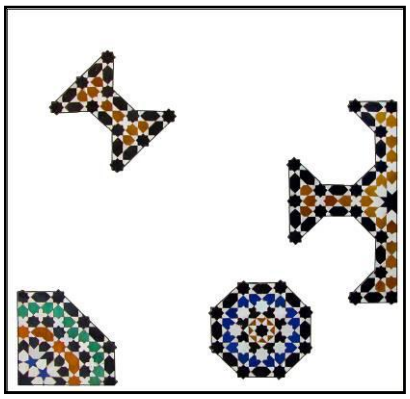
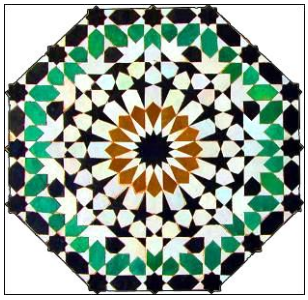
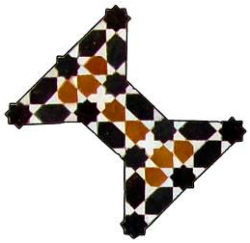
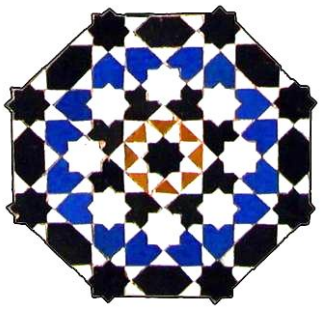
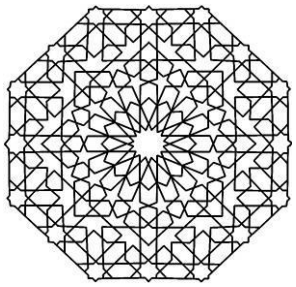
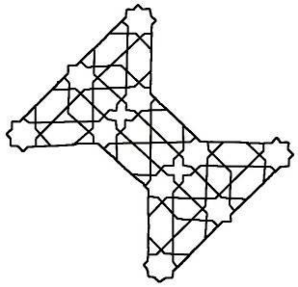
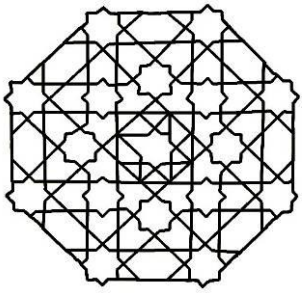
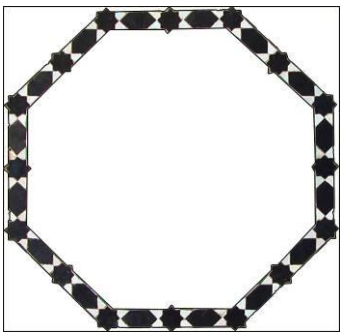
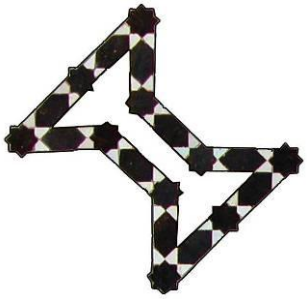
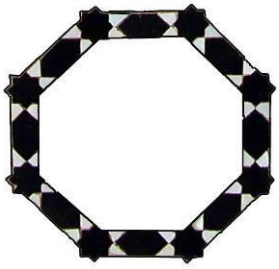
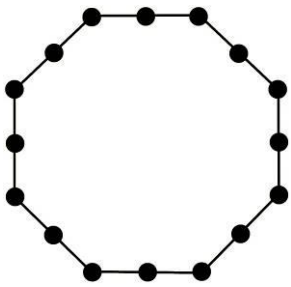
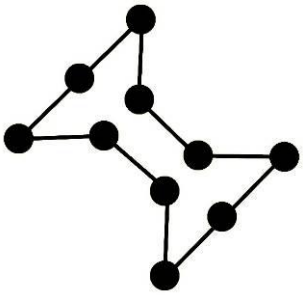
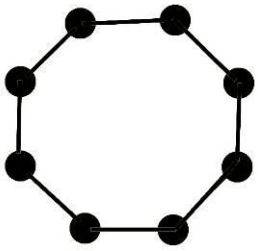




Palais de la Bahia à Marrakech.

La structure de cette mosaïque est parfaitement visible :

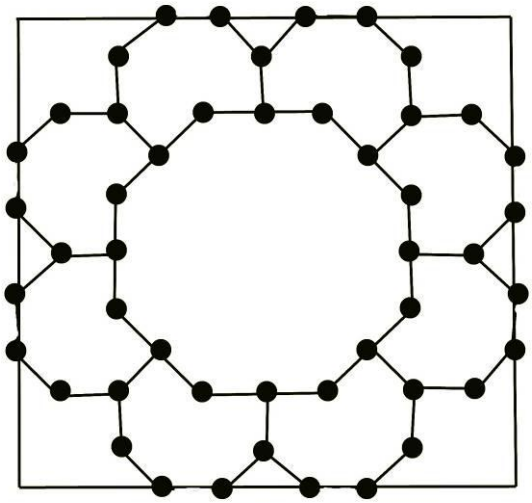
- Un octogone double au centre et aux angles un quart de ce même octogone.
- Une couronne d'octogones simples séparés par des éléments en forme de massues.

L'octogone double. *La massue.* *L'octogone simple.*

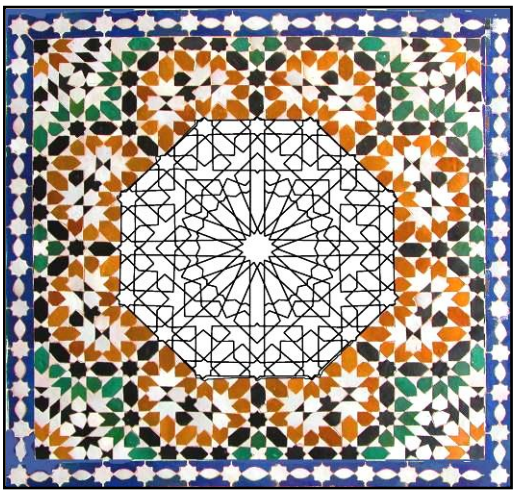
Étude des squelettes : exemple 4.

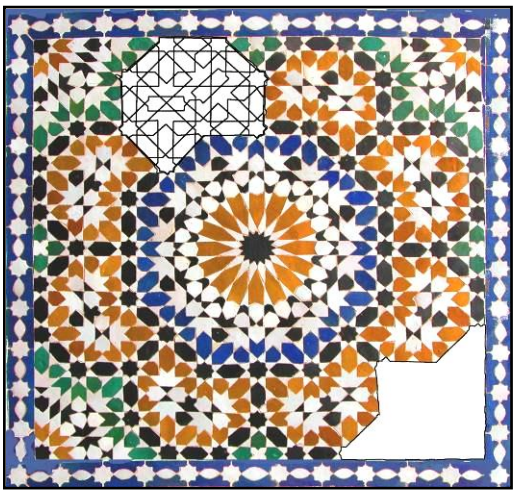


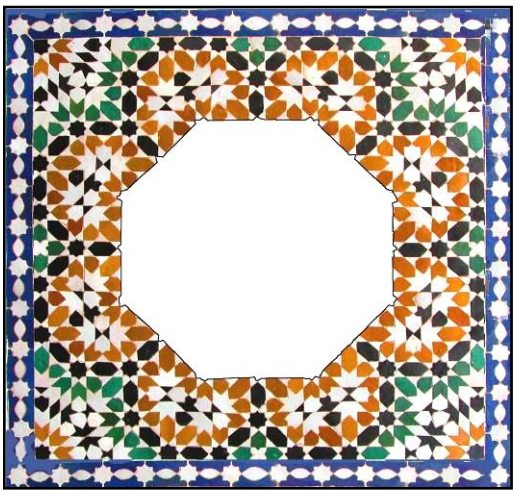


Palais de la Bahia de Marrakech.

Ce panneau est formé autour d'un octogone double central avec pour satellites des octogones simples tronqués.

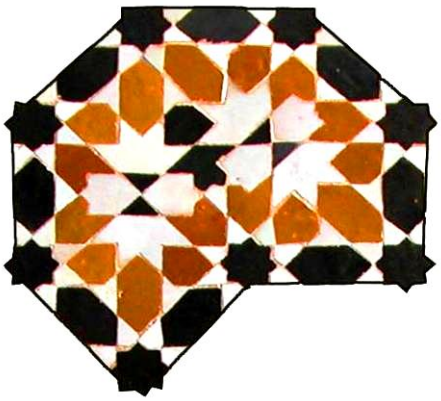


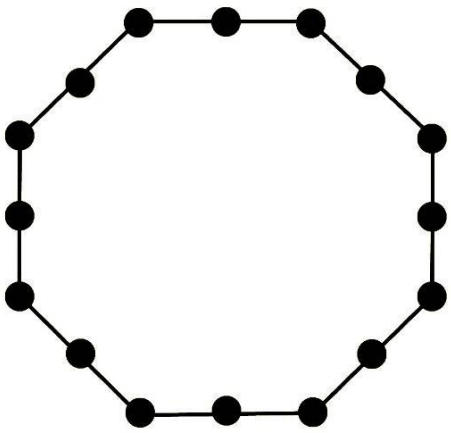


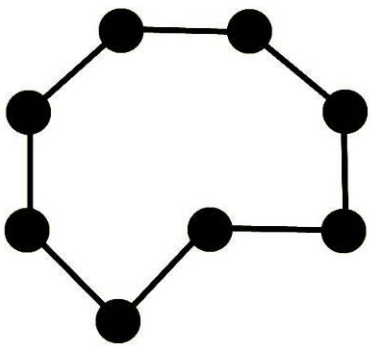




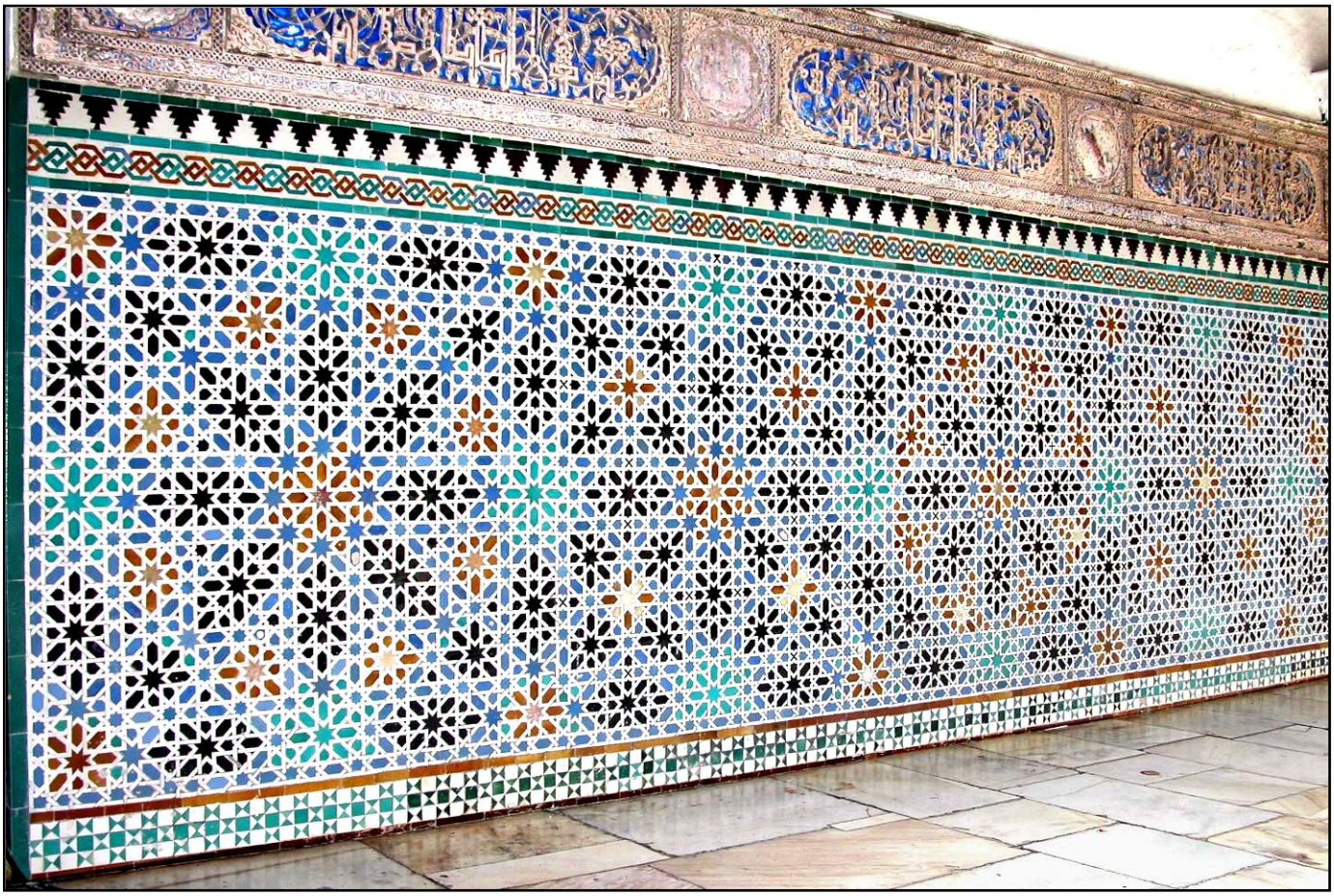


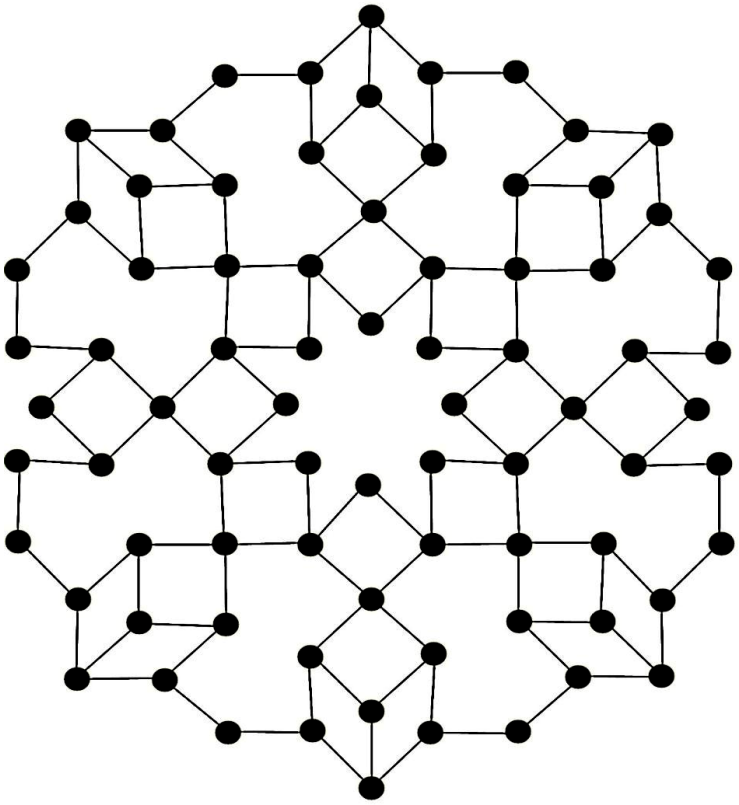






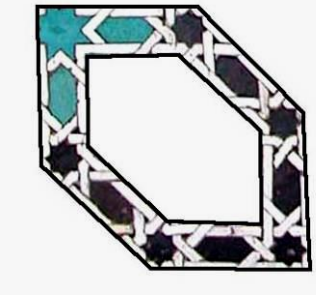
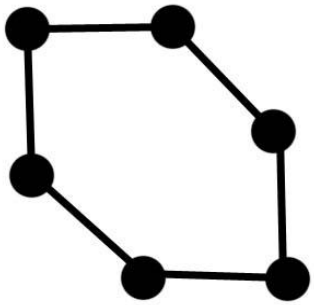
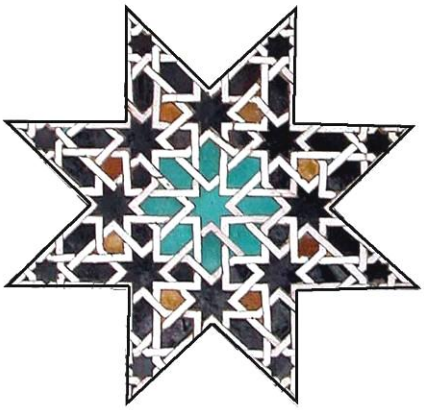
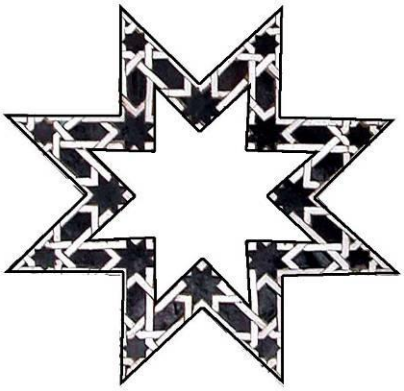
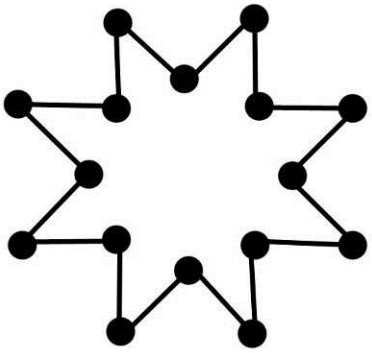
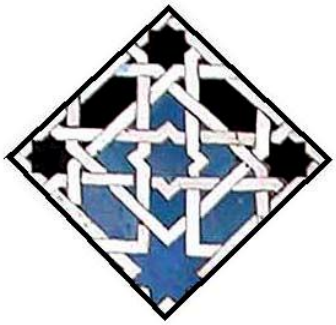
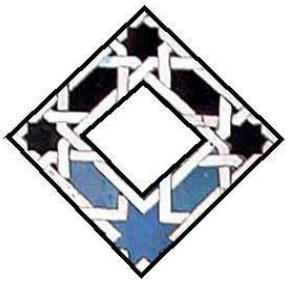
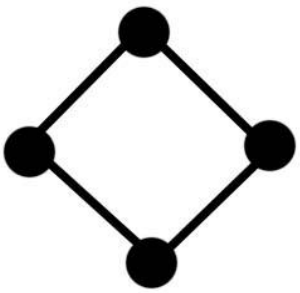
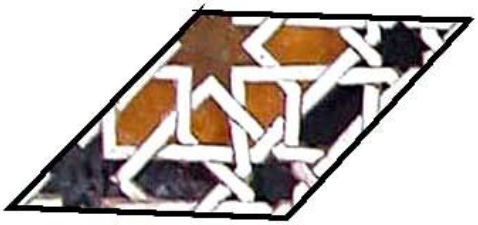
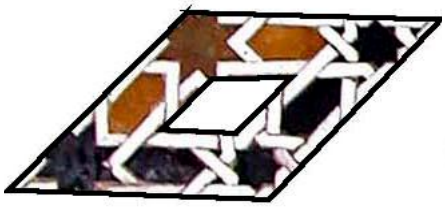
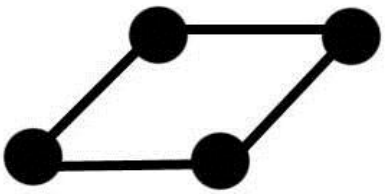
Étude des squelettes : exemple 5. Alcazar de Séville.



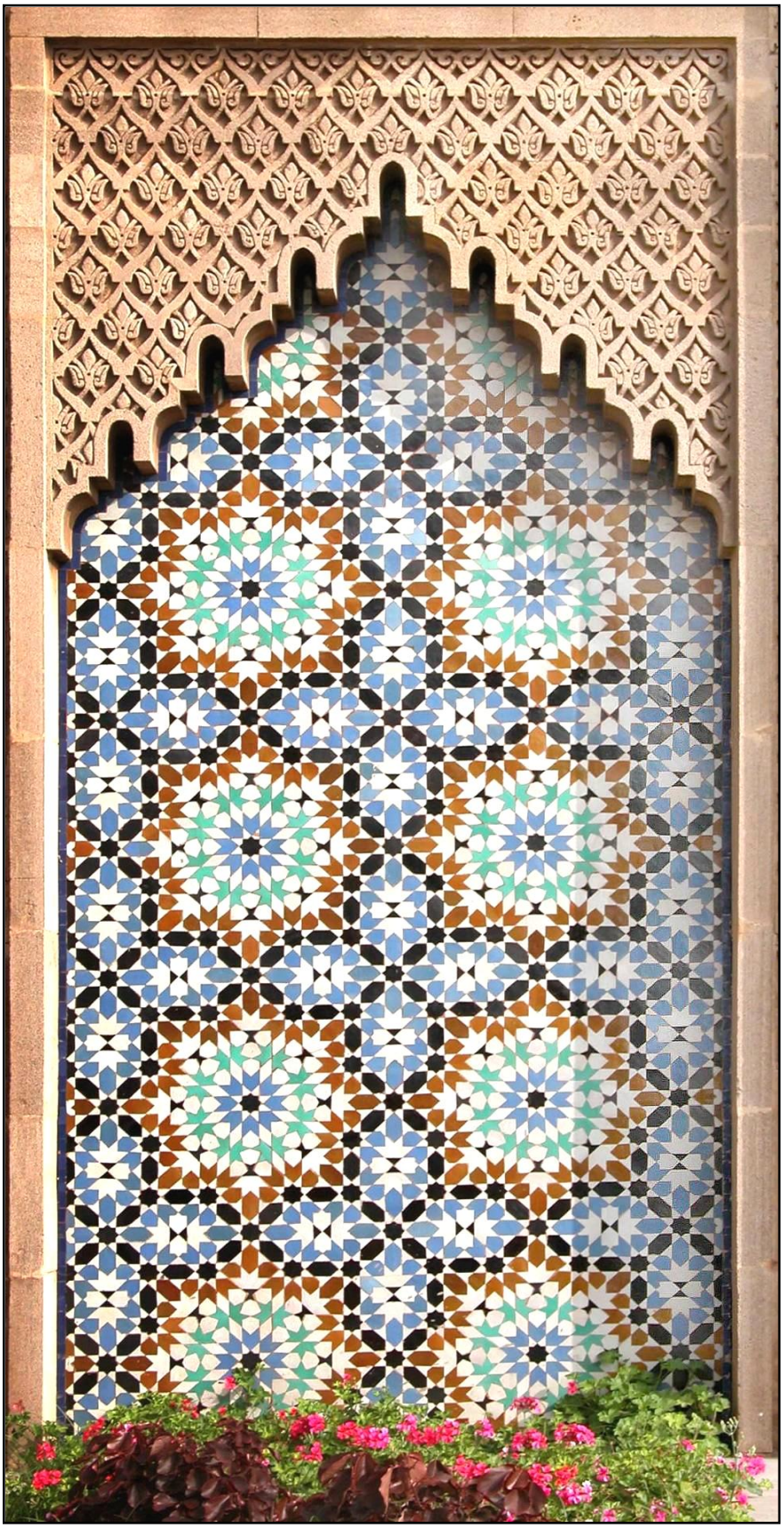


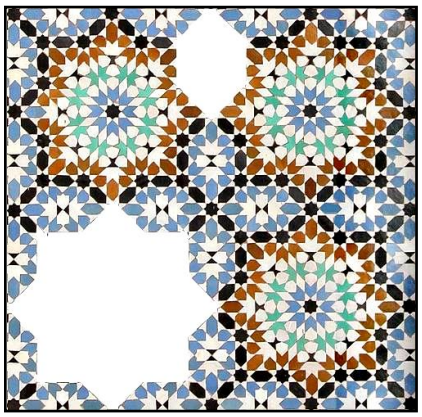
Ce panneau mural de près de soixante mètres couvre les trois côtés du Patio de Las Doncellas à l'Alcazar de Séville. Il parait formé d'une juxtaposition de rosaces similaires qui sont, en réalité, toutes différentes.

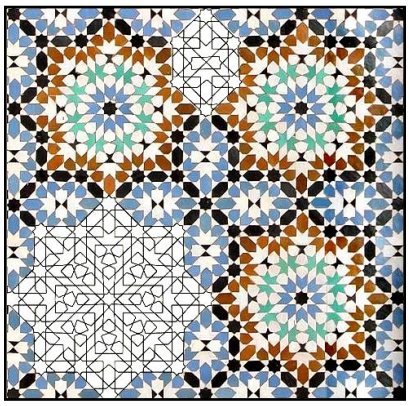
La suite de pièces de couleur noire semble former un squelette ; cela est inexact car le vrai squelette est caché derrière les couleurs ; il a été mis en évidence dans le schéma ci-contre.

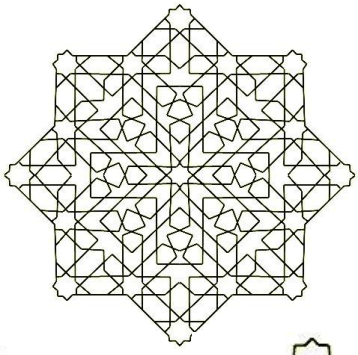













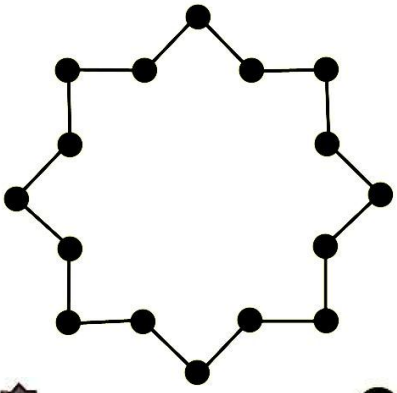
Étude des squelettes : exemple 6. Fontaine de la tour Hassan II



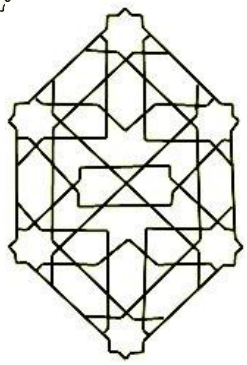




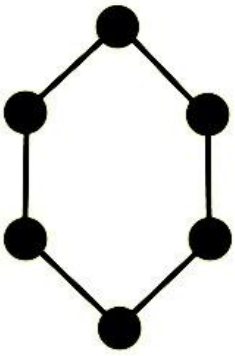


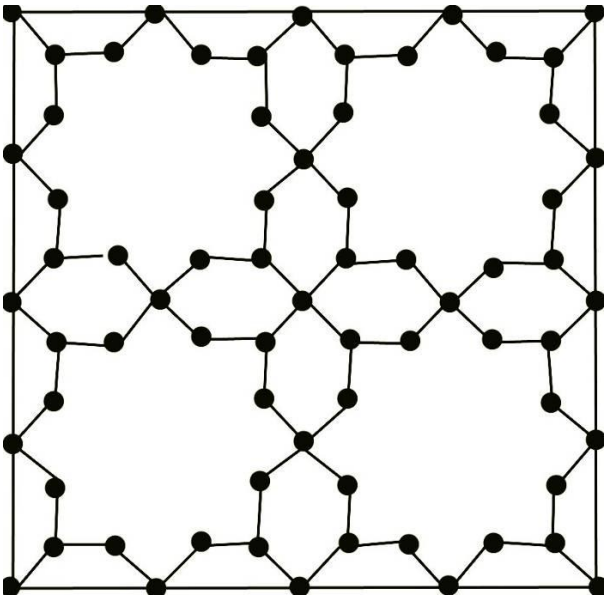




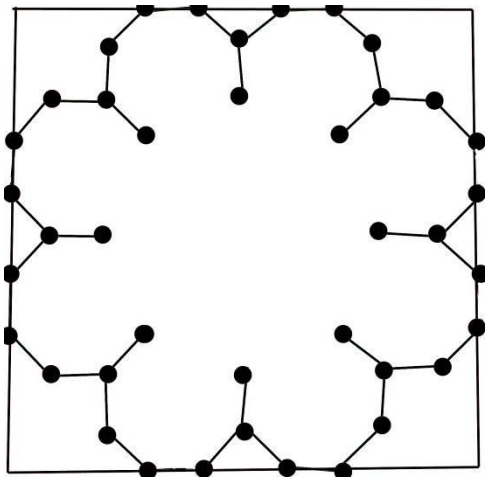












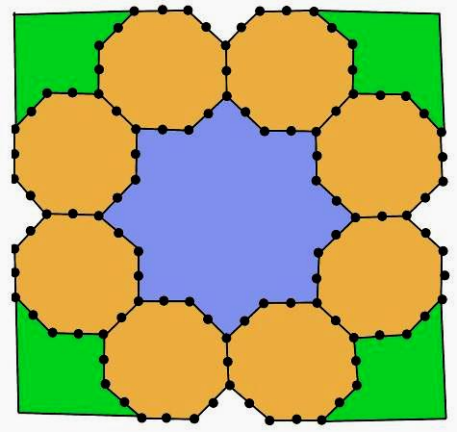
Palais de la Bahia. A Marrakech.

L'étoile centrale à vingt-quatre rayons est entourée d'un squelette dit en forme de marguerite. Les quatre coins du panneau sont occupés par un quart d'octogone étoilé.

Autres exemples de structures :

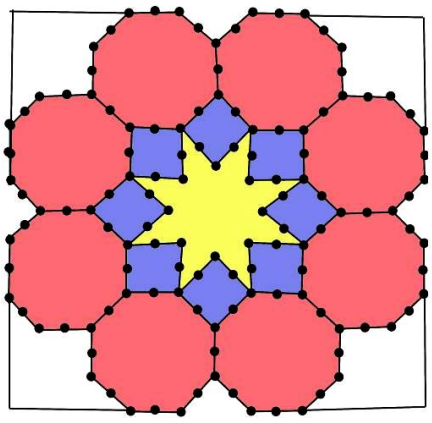


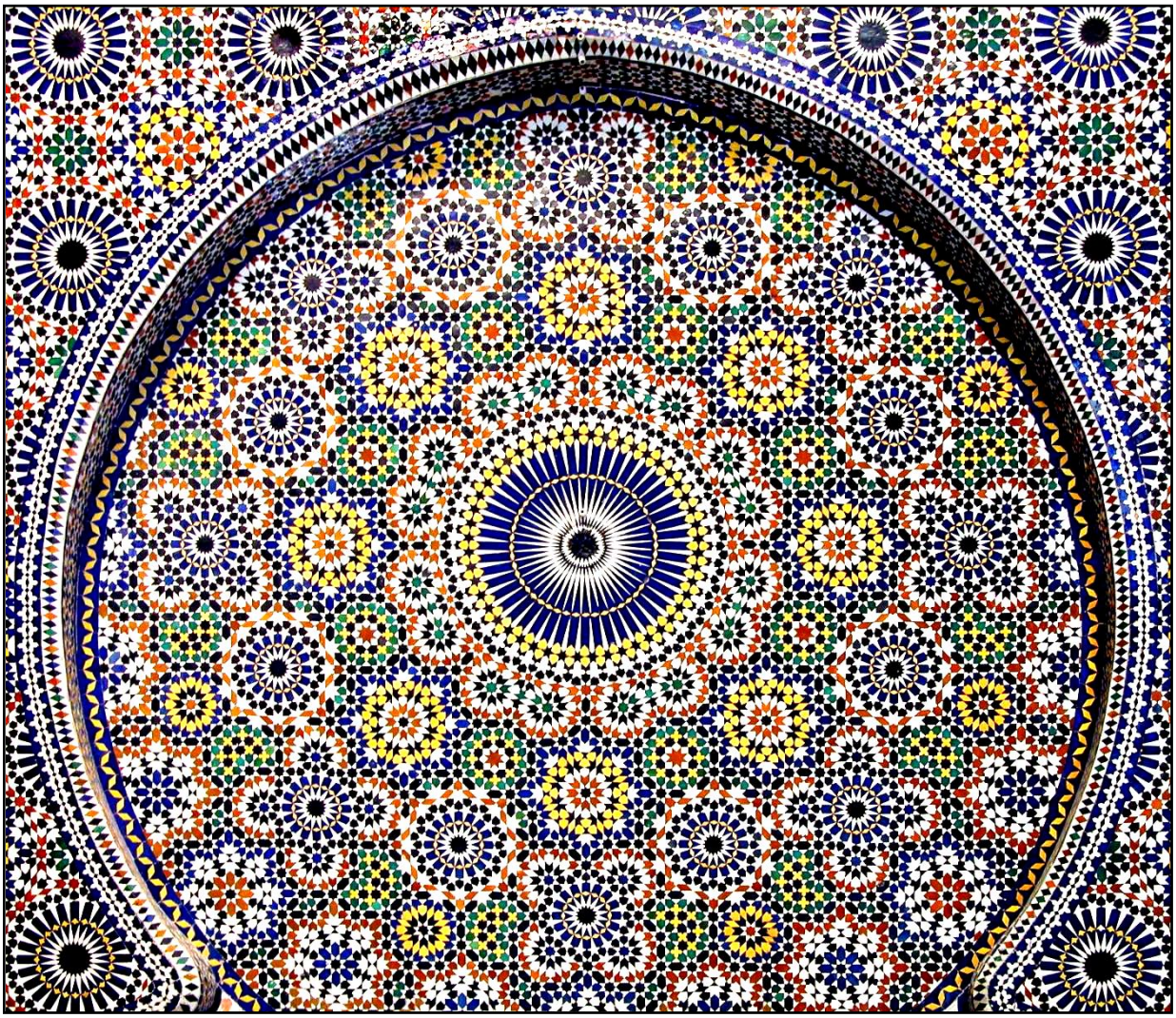
Mausolée Moulay Ismaïl à Mekhnès.



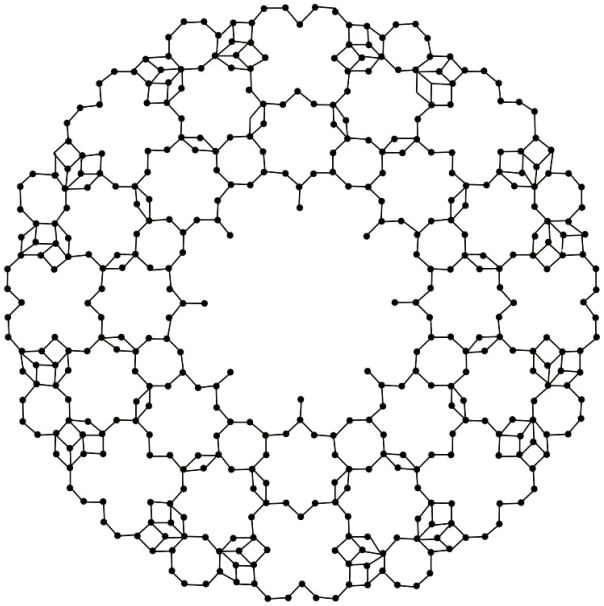


Mausolée Moulay Ismaïl à Mekhnès.



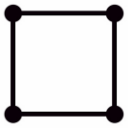


Fontaine du palais Mnebhi à Fès.

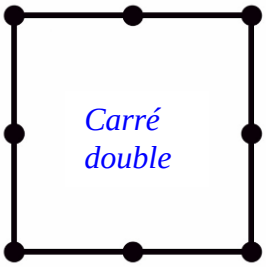


Relevé des squelettes rencontrés :

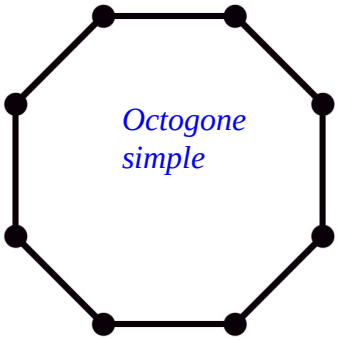
Carré simple



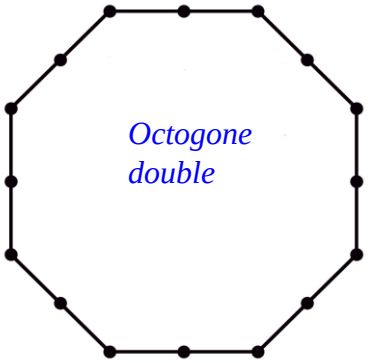
Carré double

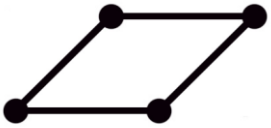


Octogone simple



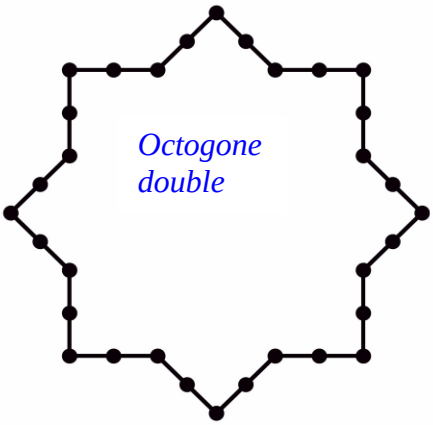
Octogone double

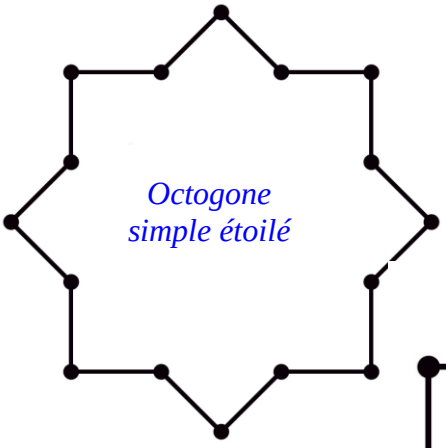




Losange

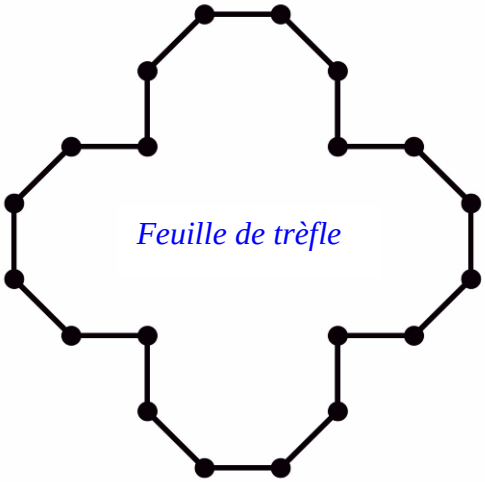
Octogone double

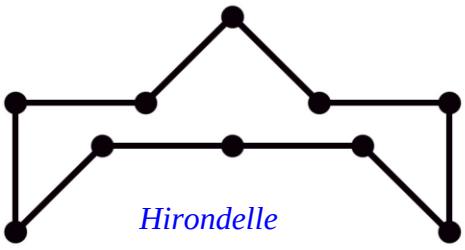




Octogone simple étoilé

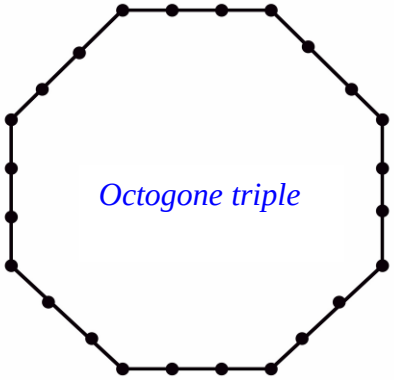
Feuille de trèfle

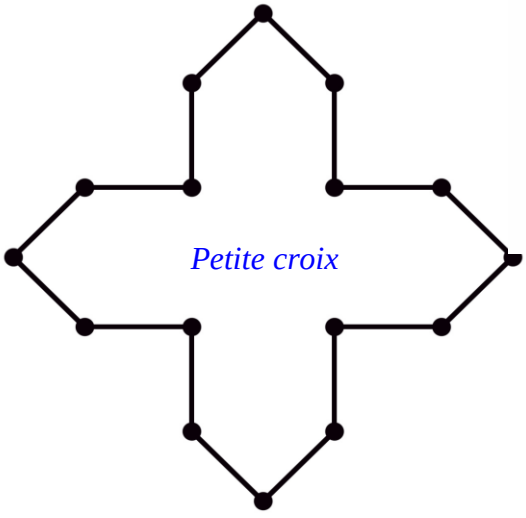




Hirondelle

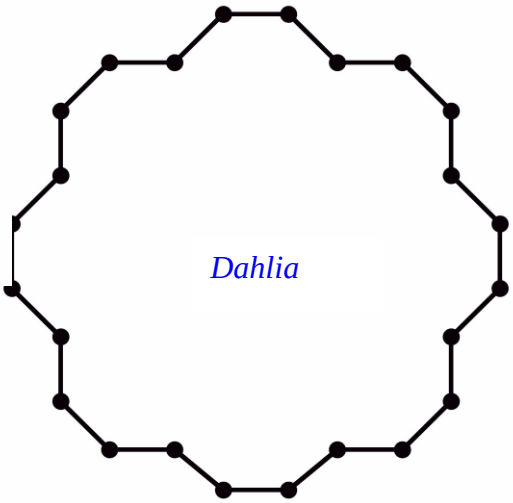
Octogone triple



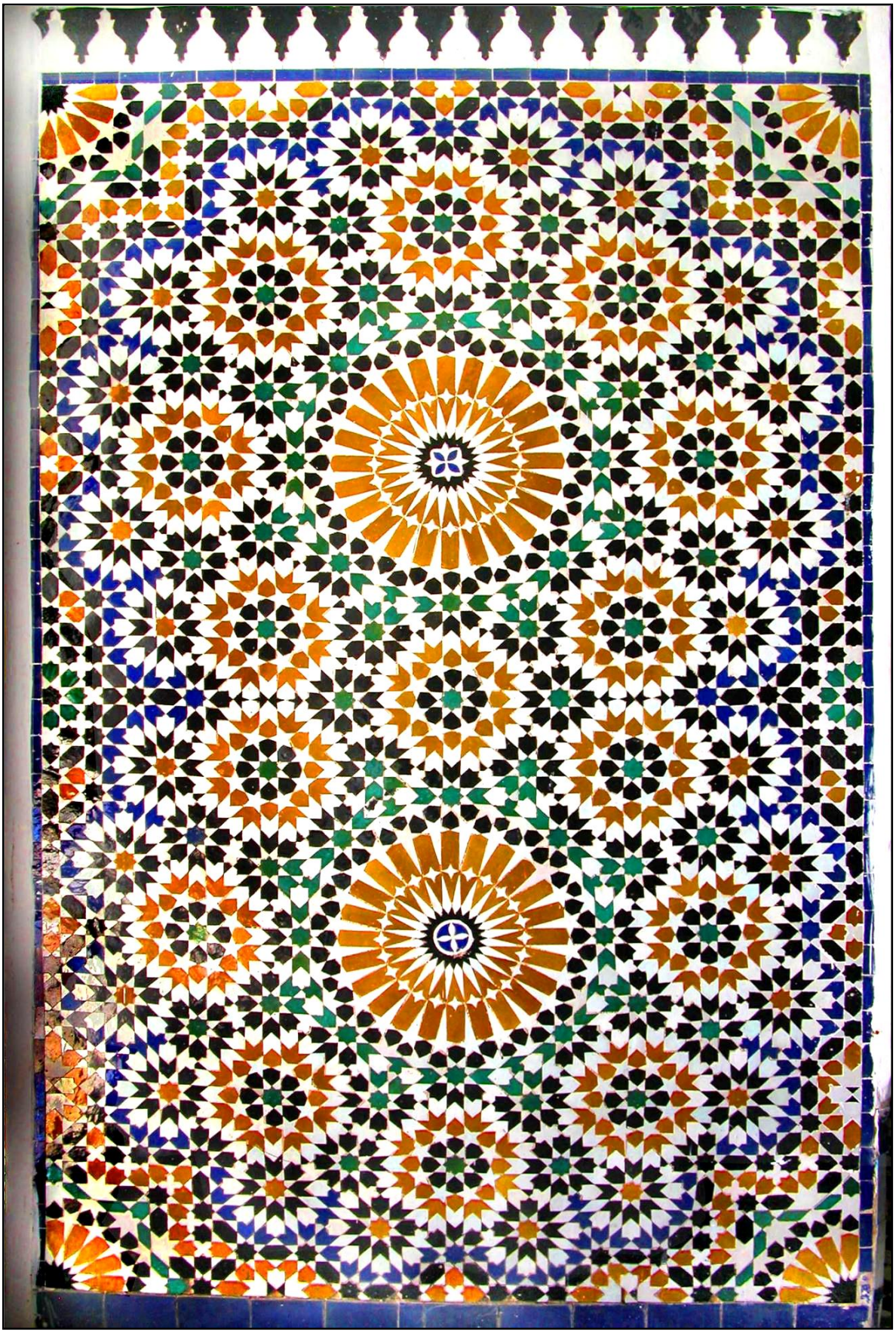


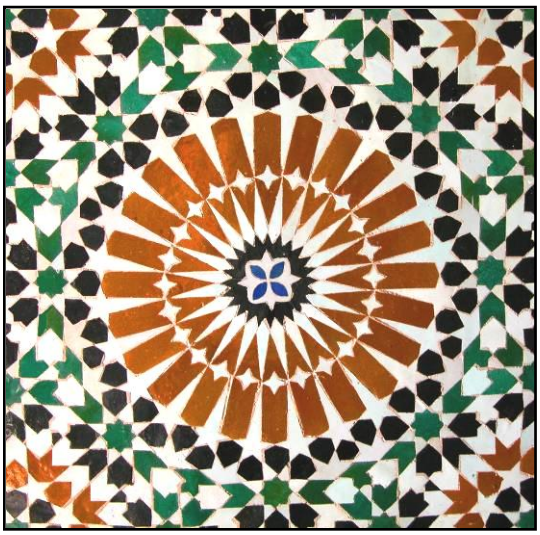
Petite croix

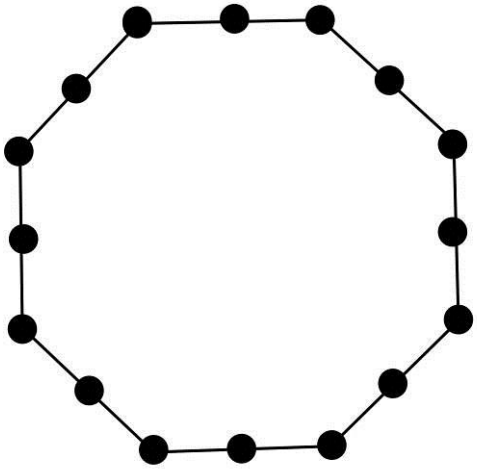
Dahlia

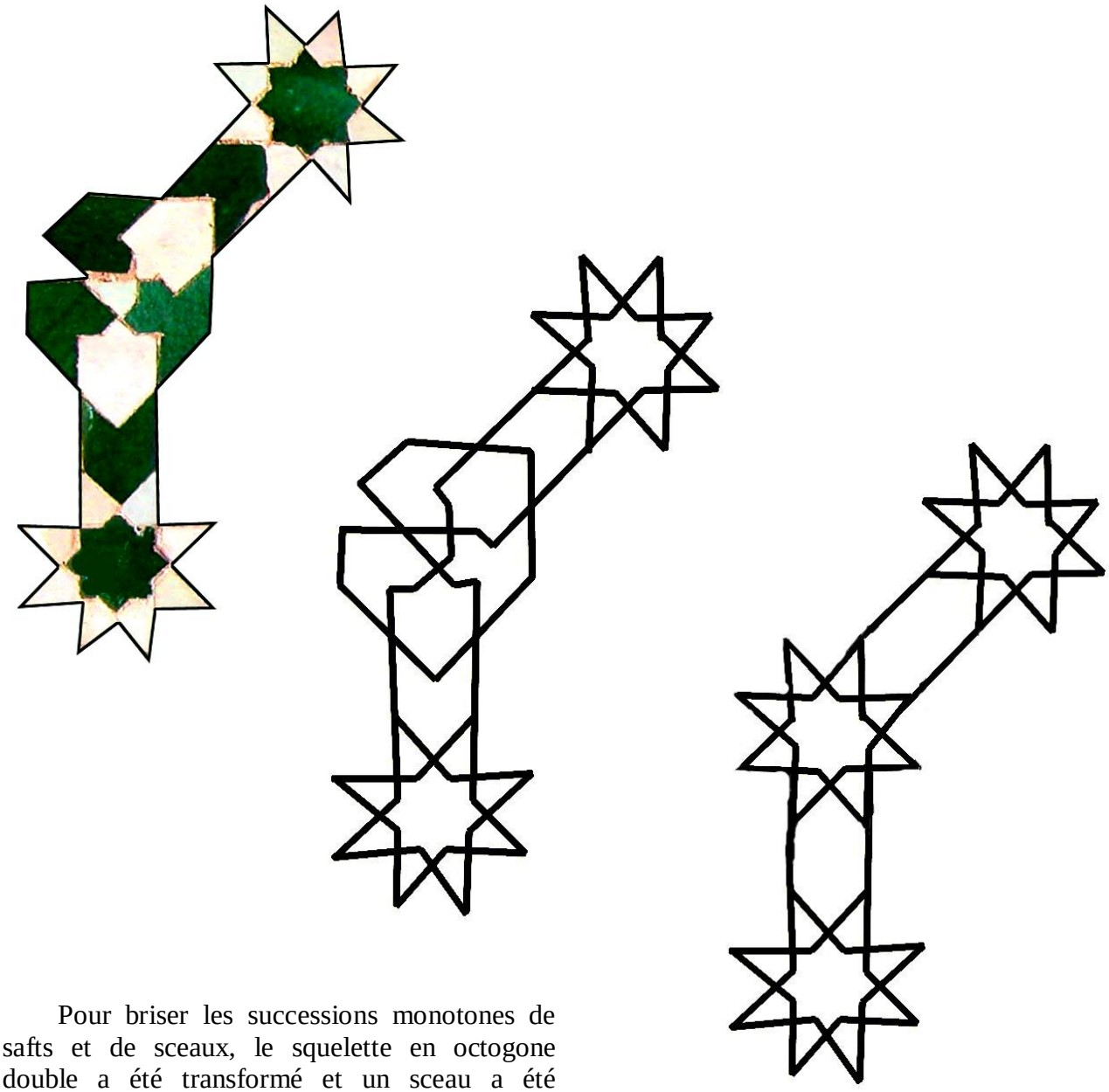


Squelettes cachés :

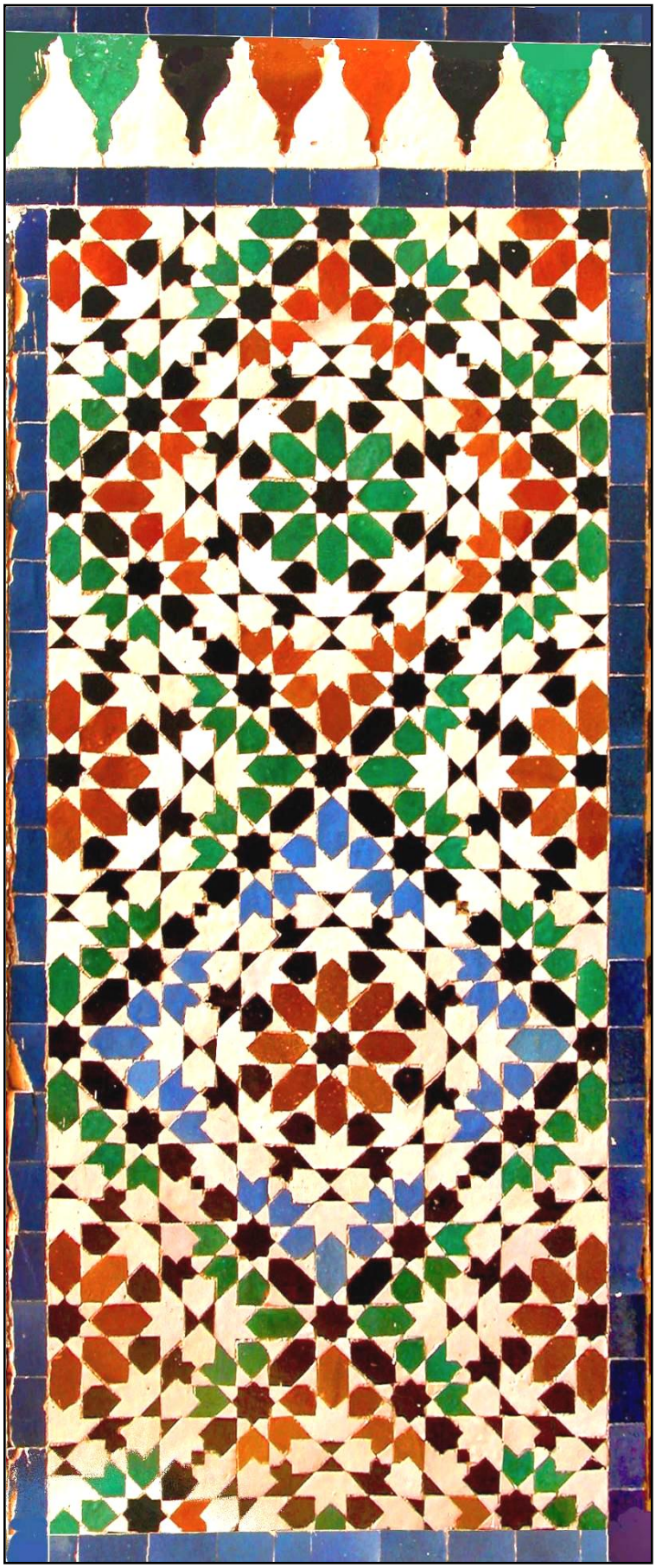




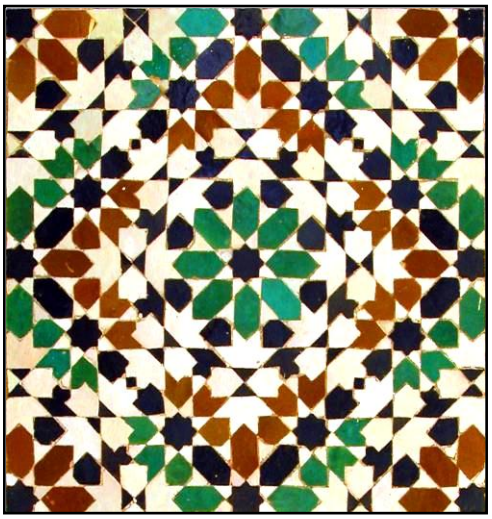


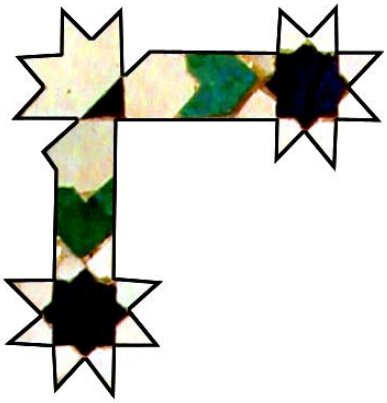


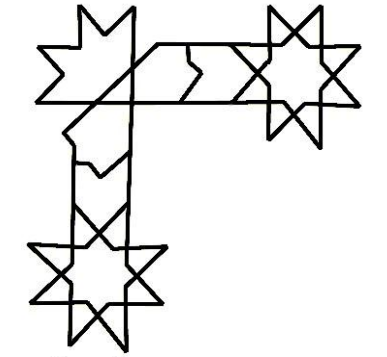
Pour briser les successions monotones de safts et de sceaux, le squelette en octogone double a été transformé et un sceau a été supprimé.

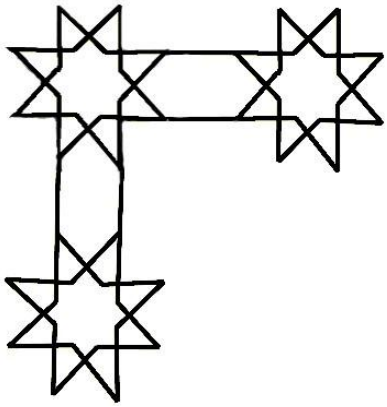


Mausolée de Moulay Ismaïl, Mekhnès.





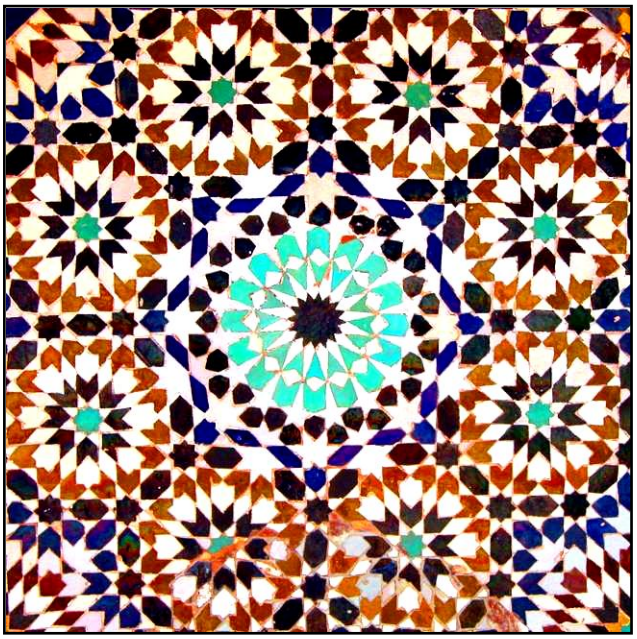


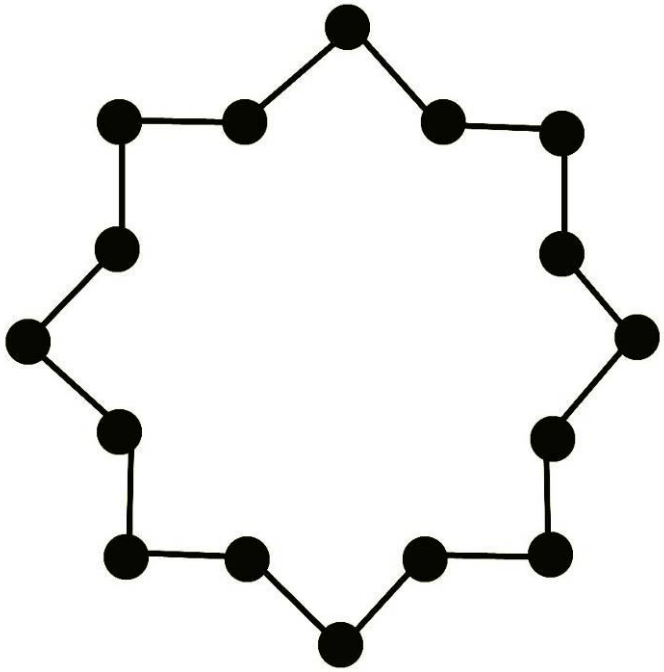


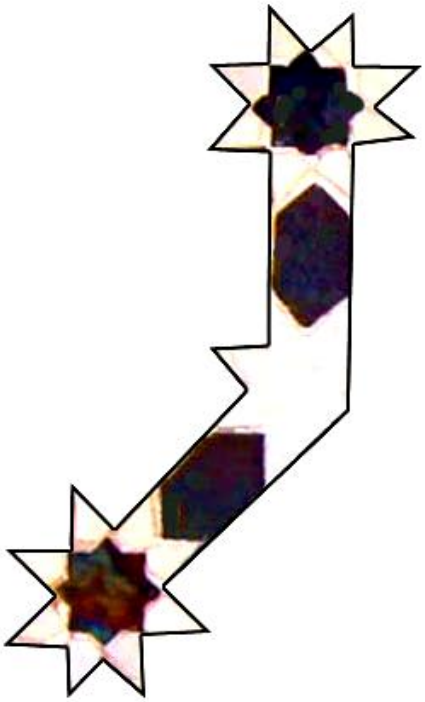
C’est un octogone étoilé qui est caché par le même artifice.

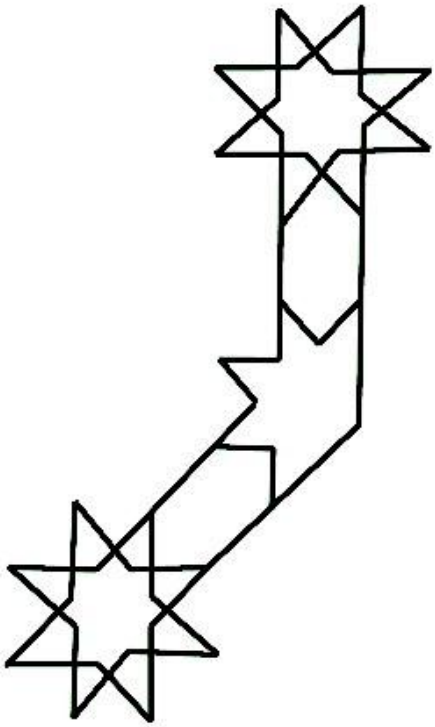


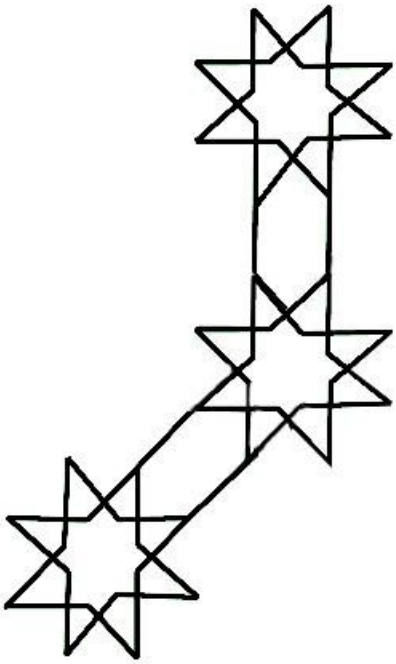
Fontaine du musée des Oudayas à Rabat.





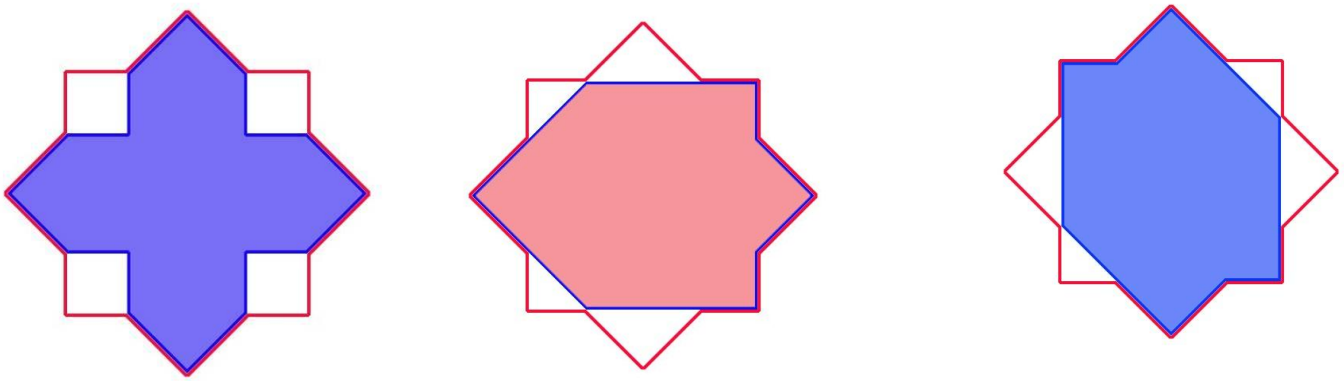






Pièces fondamentales :

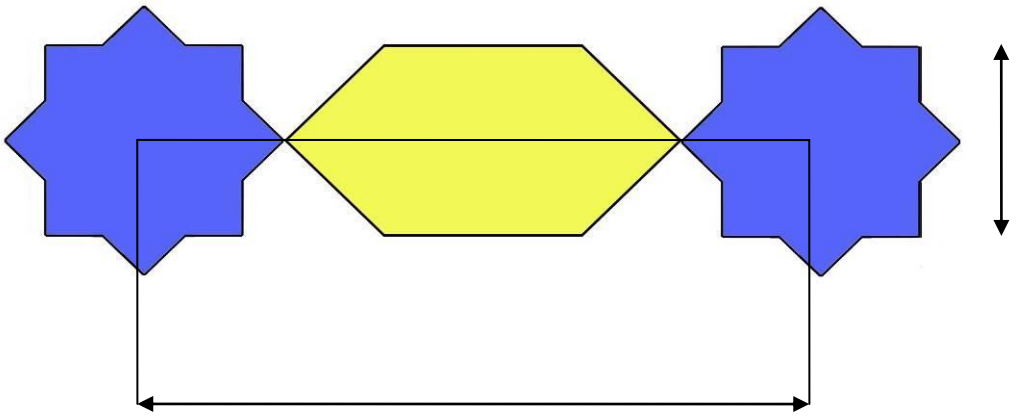
Toutes les pièces du répertoire classique sont issues du sceau.



Les dimensions des pièces sont donc bien précises ; cela permet des assemblages parfaits et de grande variété pour des compositions géométriques construites avec un nombre limité de pièces.

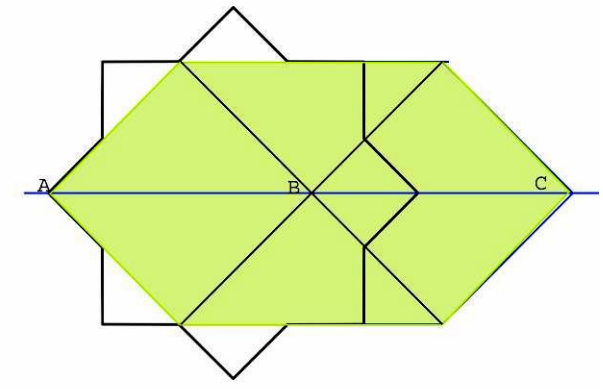
L'observation des différents squelettes permet de remarquer que les deux dimensions fondamentales (la largeur de bande **e** et la longueur de maille **m)** sont toutes deux liées par une relation fondamentale.

Relation :



e = bande

m = maille

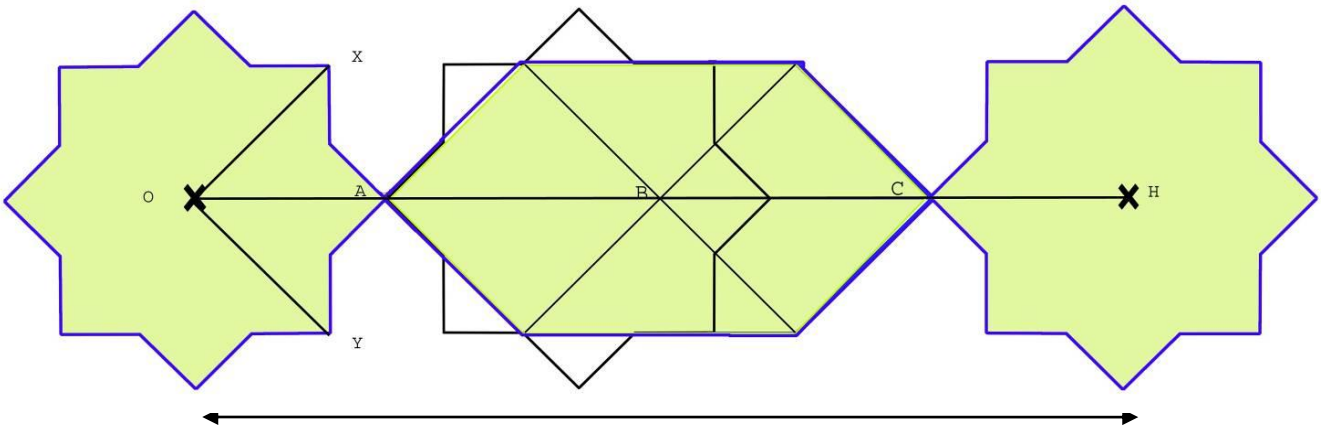


Le saft est lui aussi issu du sceau et, par construction:

AB = BC = **e**

Donc : AC = 2 **e**

RETOUR



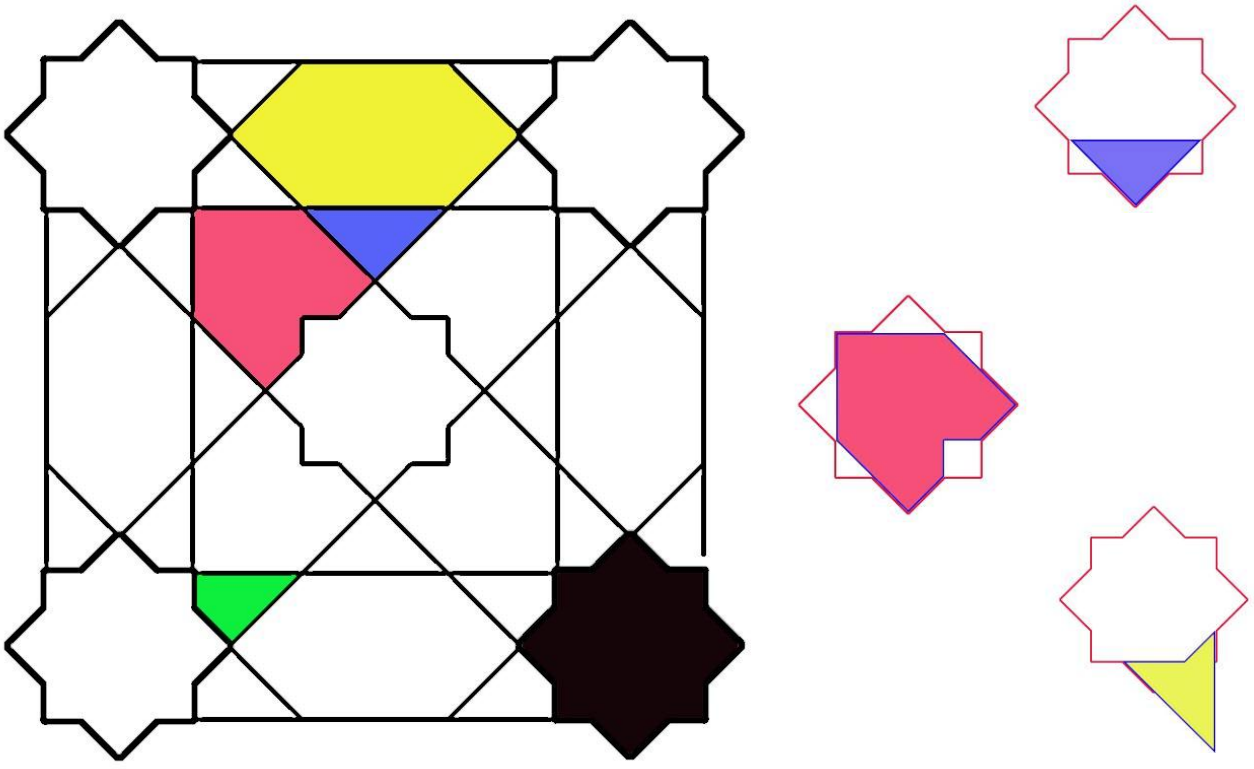
Un calcul simple permet de démontrer que :

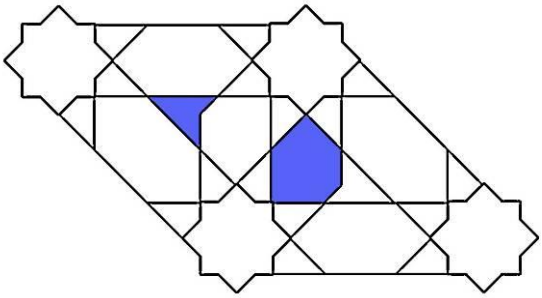
m = **e . 3,4** ou **e** = **m . 0,3**

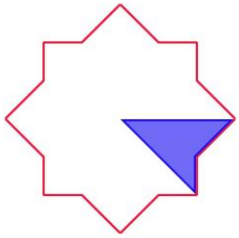
Cette valeur approximative au centième près, sera utilisée pour les constructions futures.

Découverte de quelques pièces :

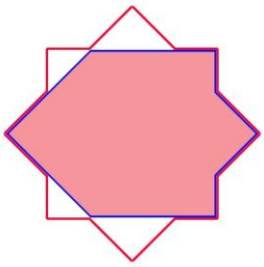
Dans le carré simple.

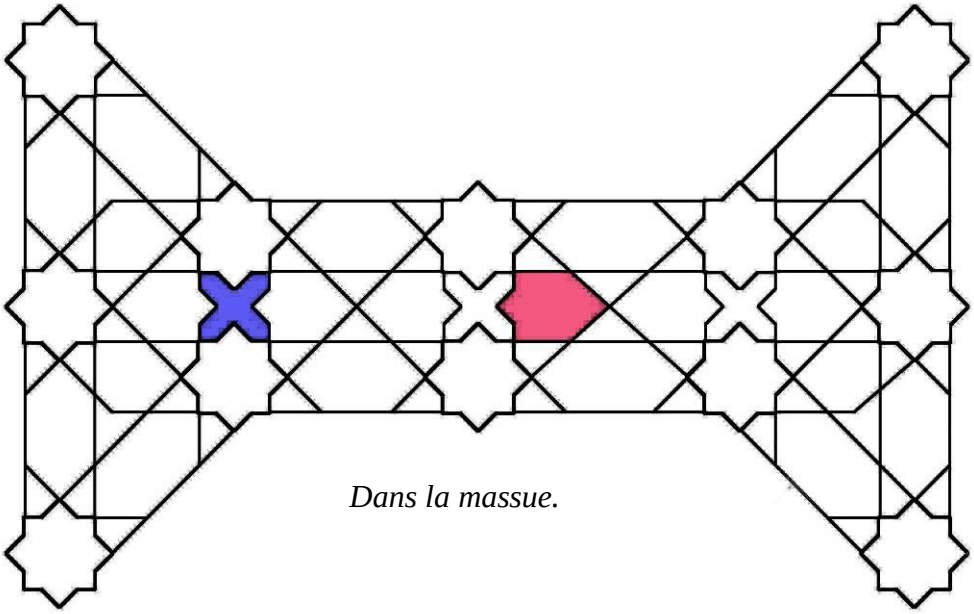


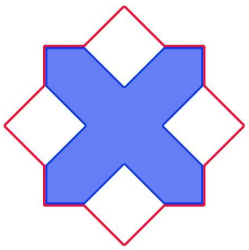




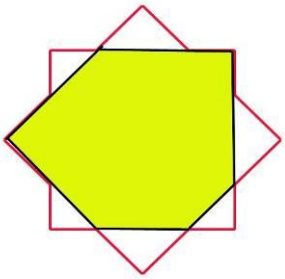
Dans le losange simple.

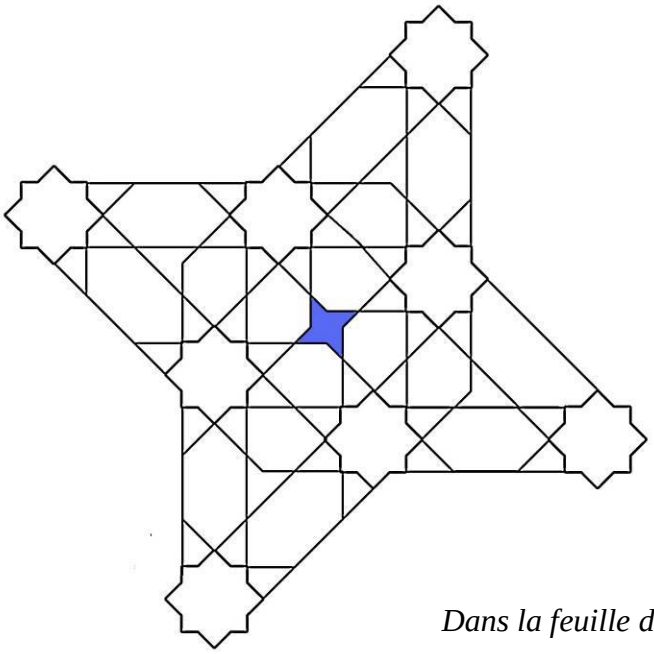


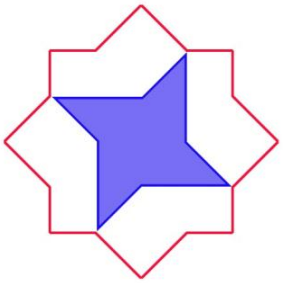




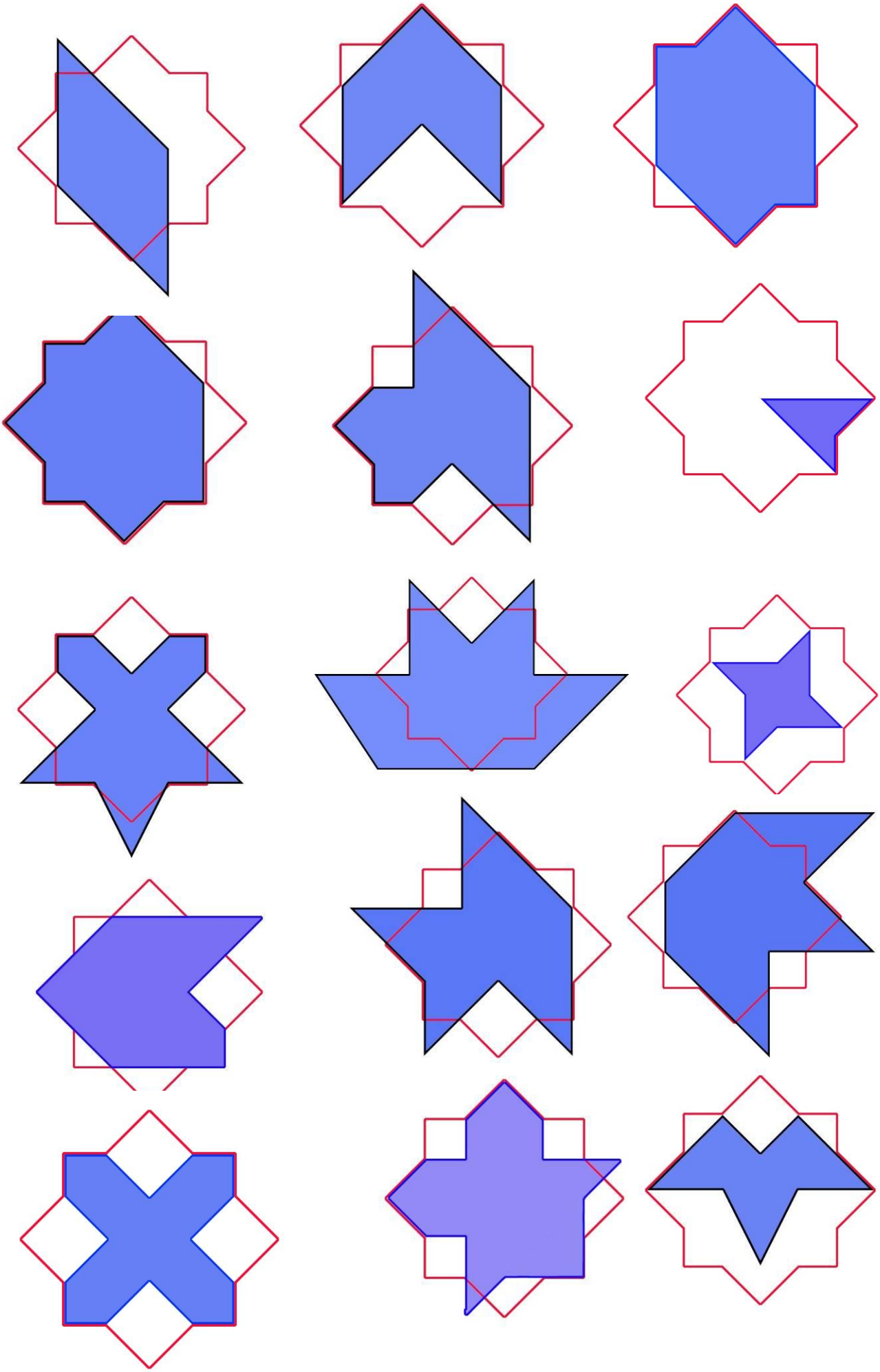
Dans la massue.







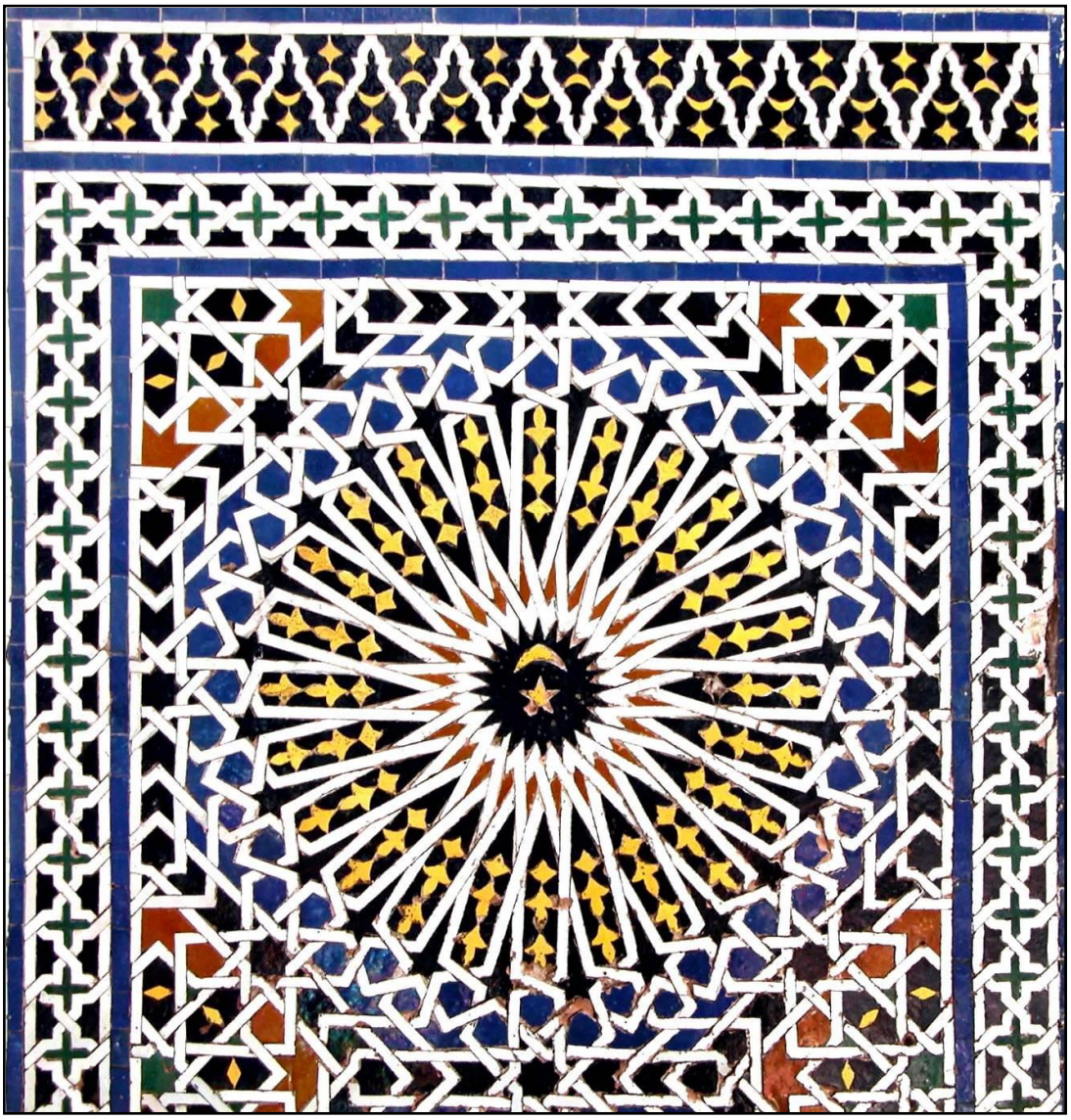
Dans la feuille de nacre.



La géométrie de L'arabesque.

PHOTOGRAPHIES

DIAPORAMA

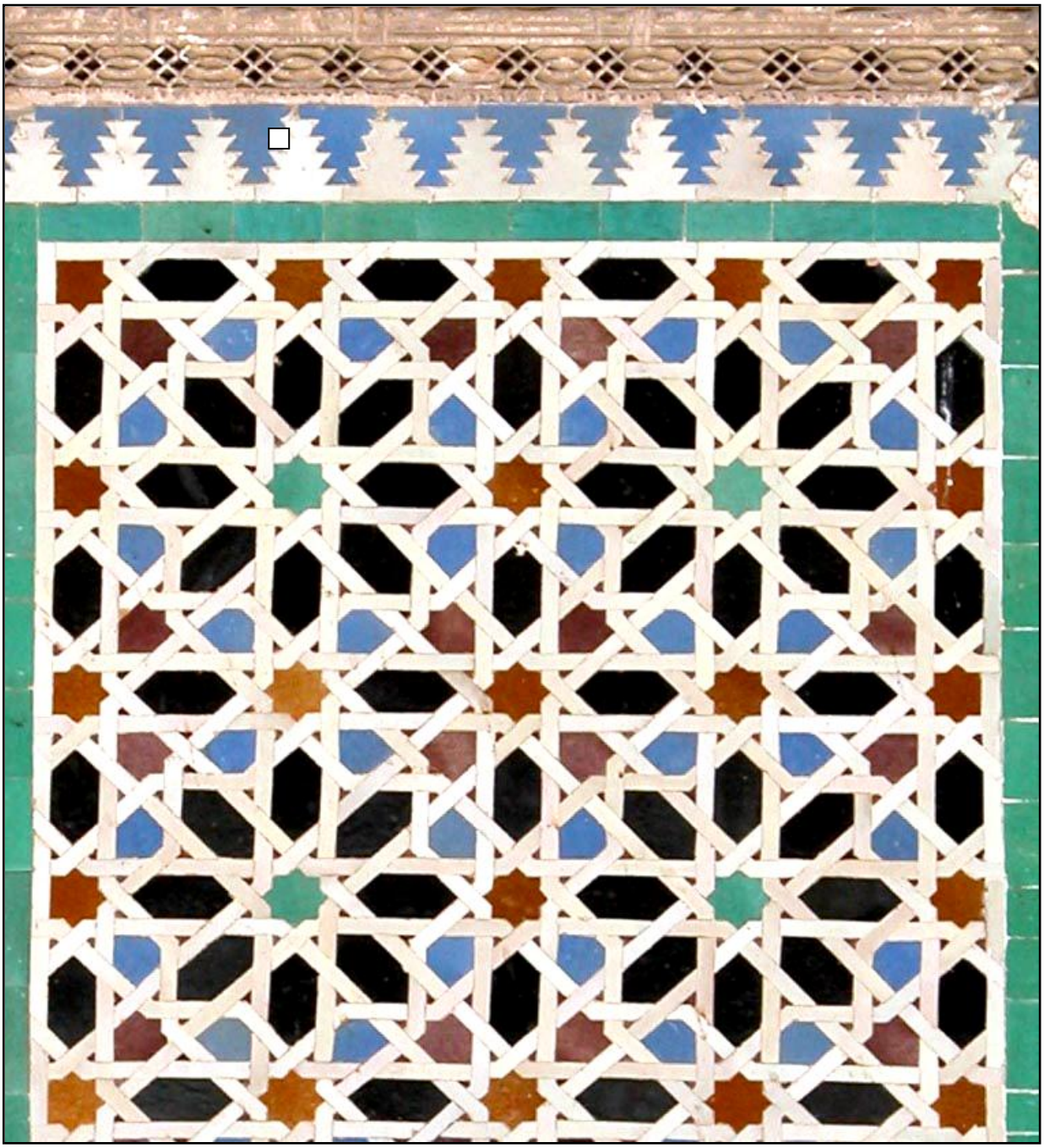


FAMILLE OCTOGONALE

RETOUR

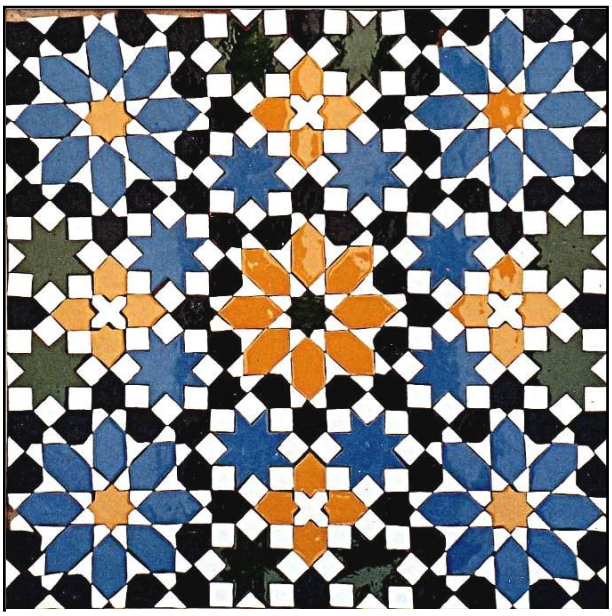
Système modulaire convergent : l'étoile à huit rayons.

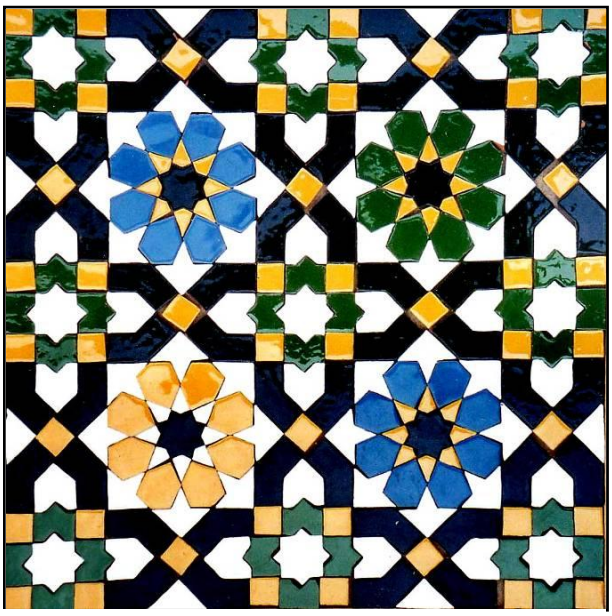
DIAPORAMA



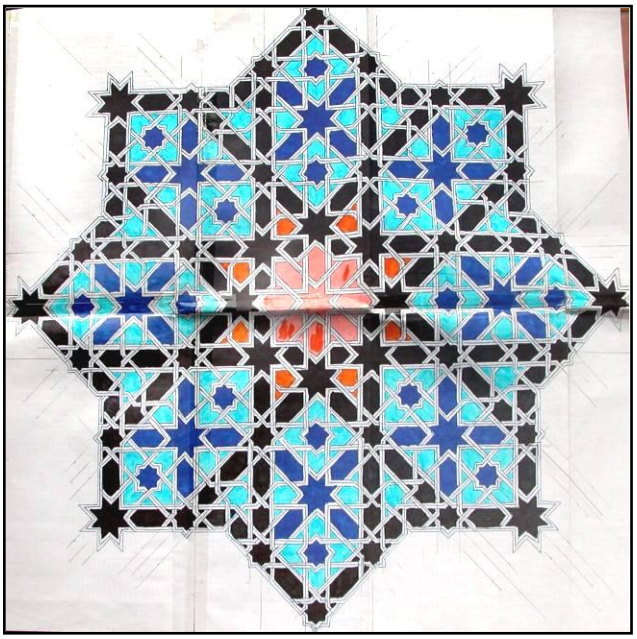
Étoiles à huit disposées dans des carrés doubles : panneau d'éliges de la médersa Attarine de Fès.

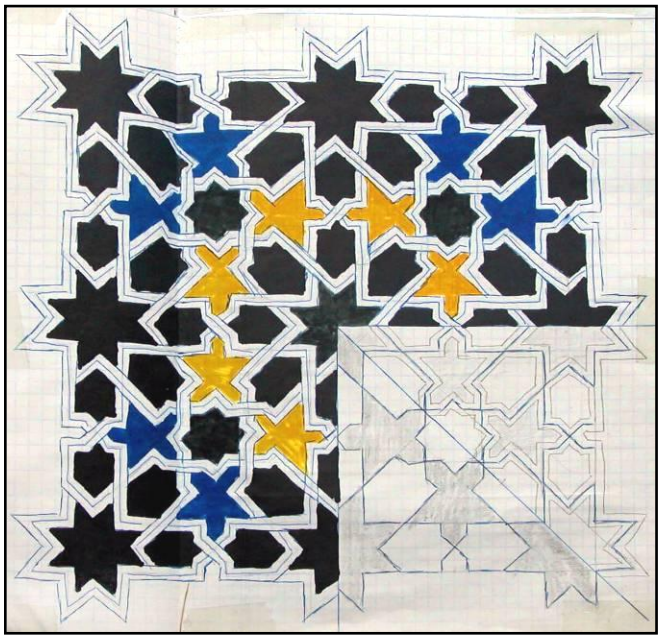
RETOUR





Compositions d'étoiles à huit formant des pavages de zelliges.
Carnets de voyage au Maroc : zelliges noyées dans du stuc à L'Alhambra de Grenade.

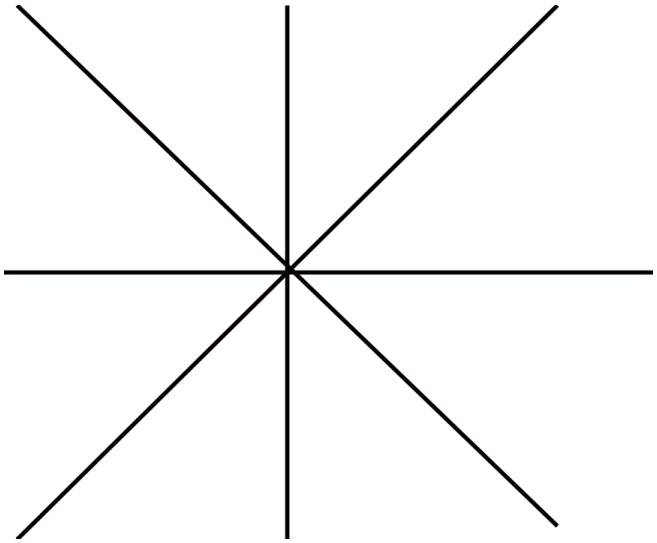




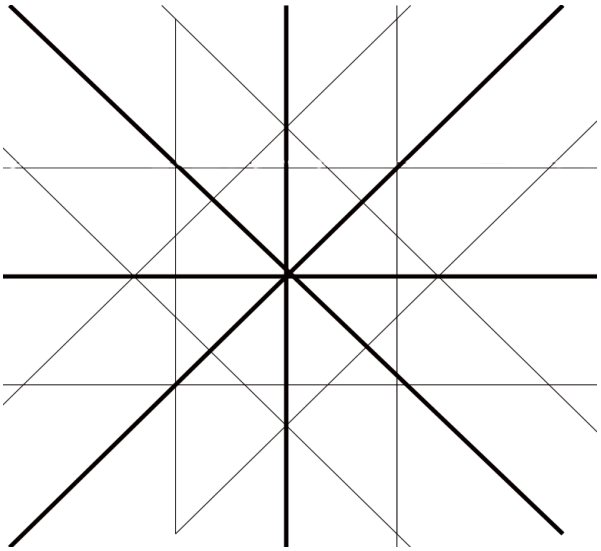




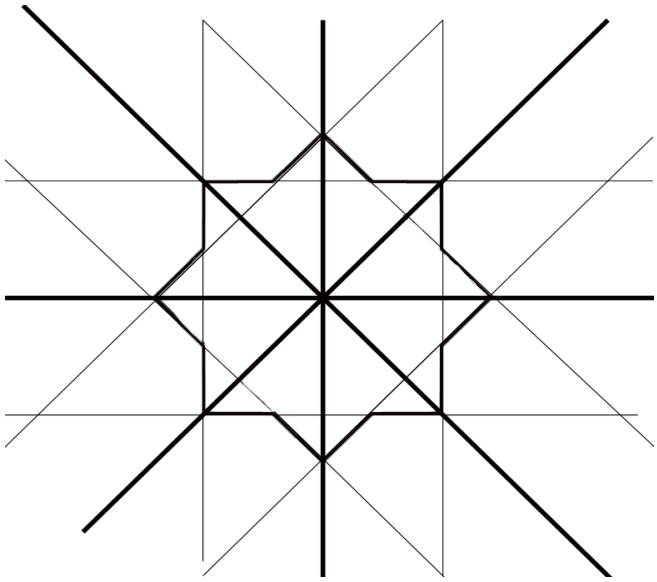
Structure du sceau:



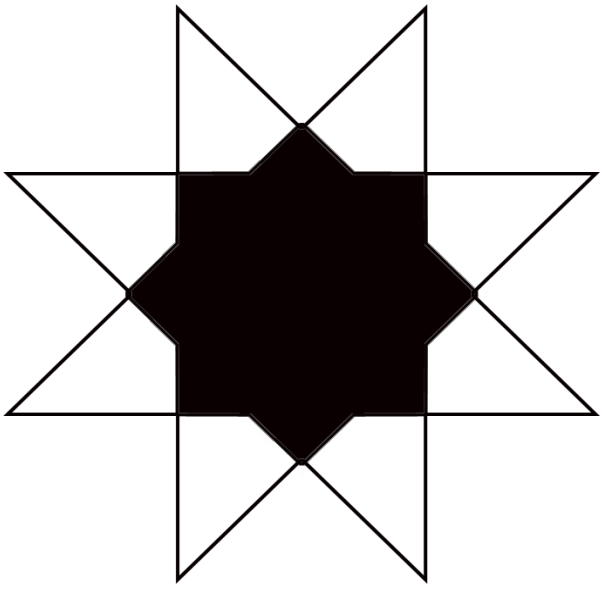
Construction du centre du sceau et de ses quatre axes de symétrie.



A partir de chaque axe de symétrie, construction d'une bande de largeur **e** *; les deux côtés sont équidistants de l'axe.*



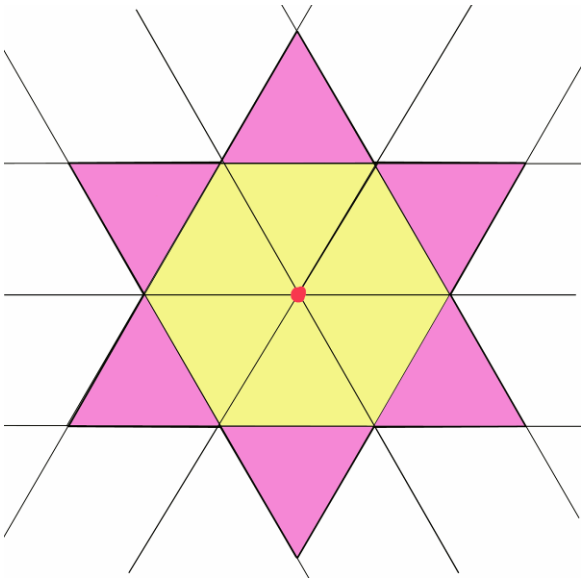
L'intersection de ces bandes forme l'étoile et ses pétales.



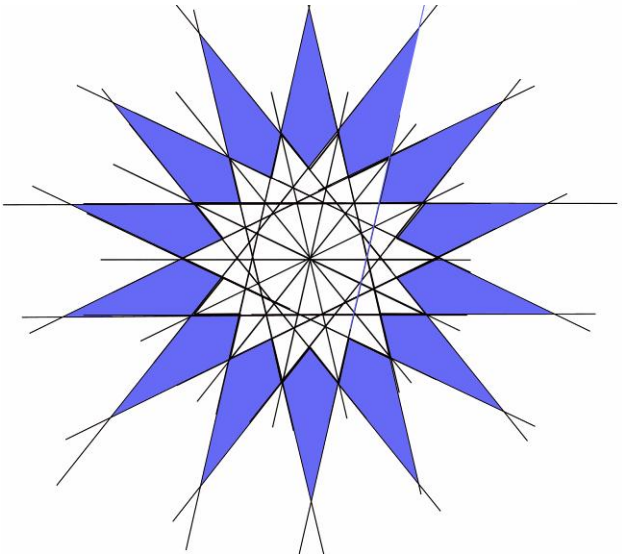
Sceau avec ses pétales.

Le sceau avec ses rayons immédiats est obtenu par l'intersection de quatre bandes de largeur **e.** Chacune des bandes est formée suivant les quatre axes de symétrie de l'étoile.

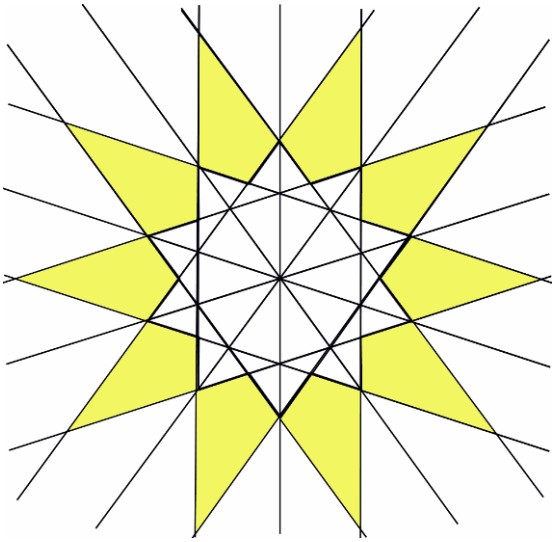
Généralisation : construction des étoiles :



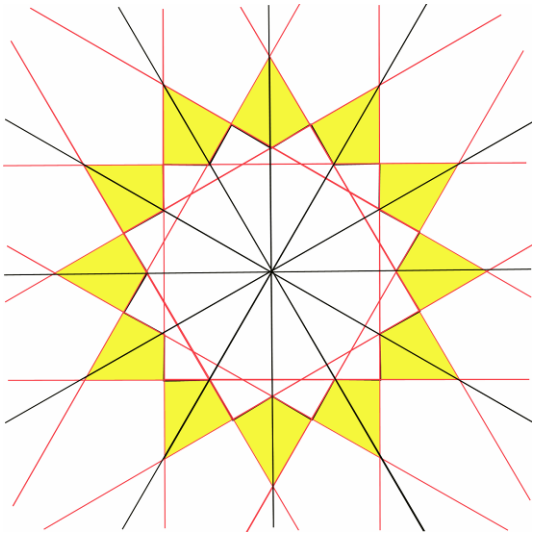
Etoile à six ; trois axes de symétrie.



Etoile à quatorze ; sept axes de symétrie.

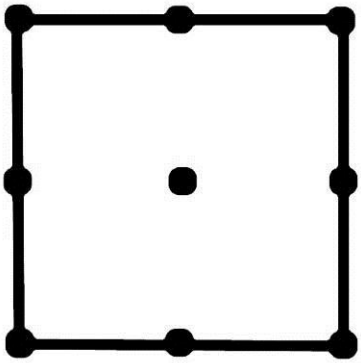


Etoile à dix ; cinq axes de symétrie.



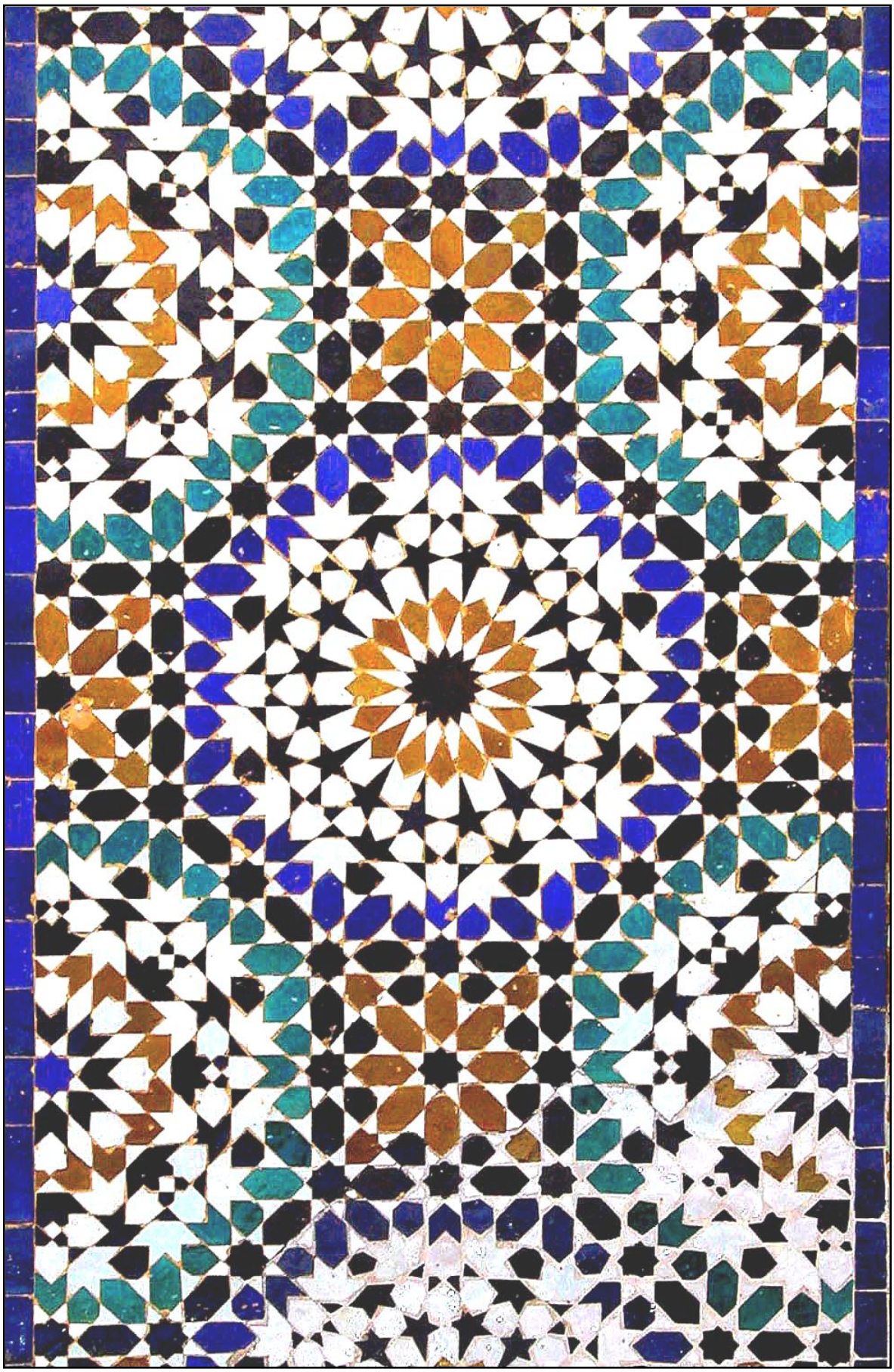
Etoile à douze ; six axes de symétrie

Construction d'une étoile à huit inscrite dans un carré double:

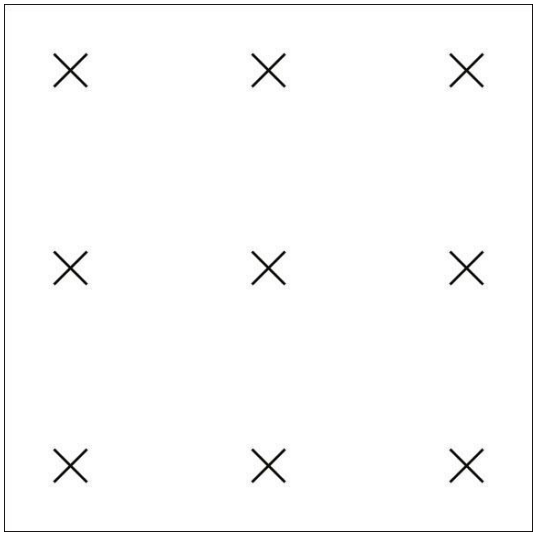


La méthode de dessin est déduite de l'étude précédente:

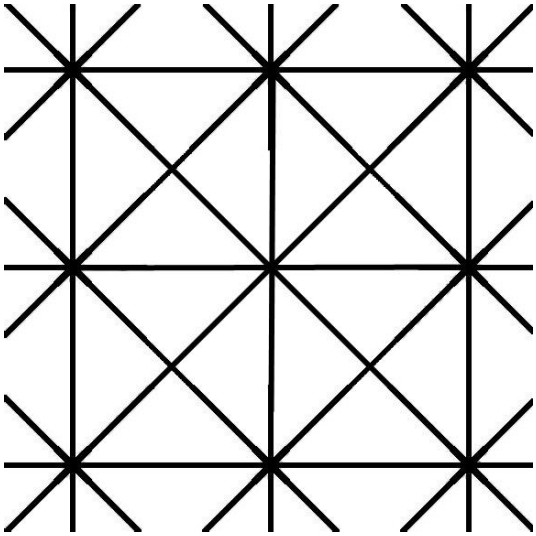
- Le centre de chaque étoile est situé à une distance d'une maille **m** du précédent.
- Construction au centre de chaque étoile des quatre axes de symétrie : quatre pour une étoile à huit, cinq pour une étoile à dix. Etc.…
- Bandage de tous ces axes de symétrie, ce qui définit ainsi le tracé de chaque étoile et celui de ses pétales.



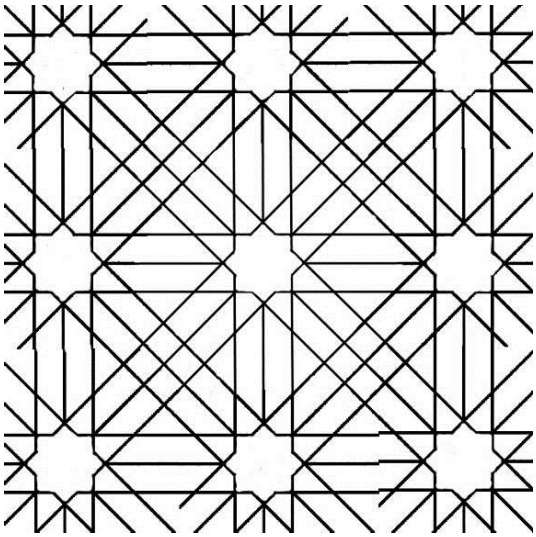
Mekhnès ; détail de la fontaine extérieure du palais Jamaï.



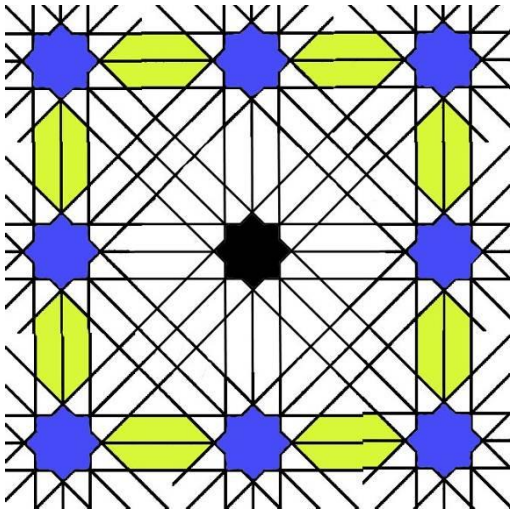
Disposition des centres.



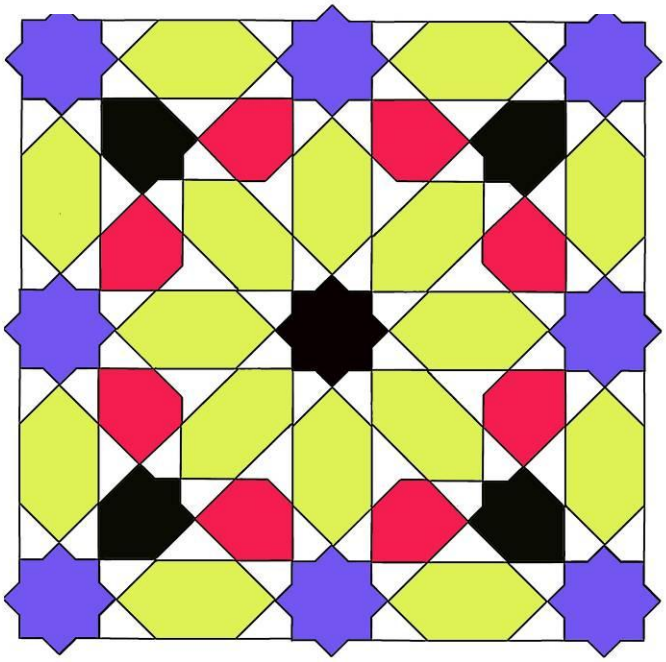
Construction des axes de symétrie.



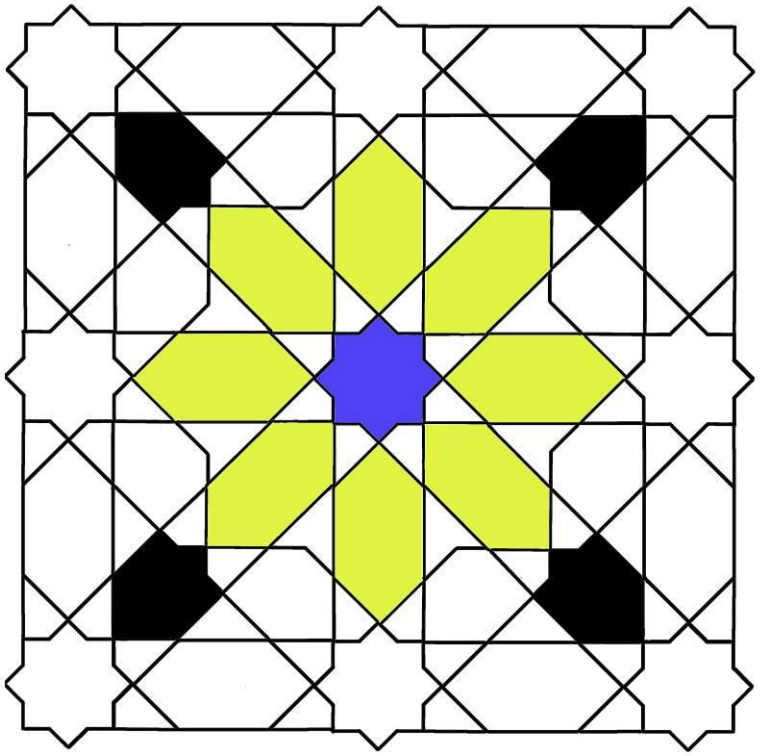
Bandage des axes



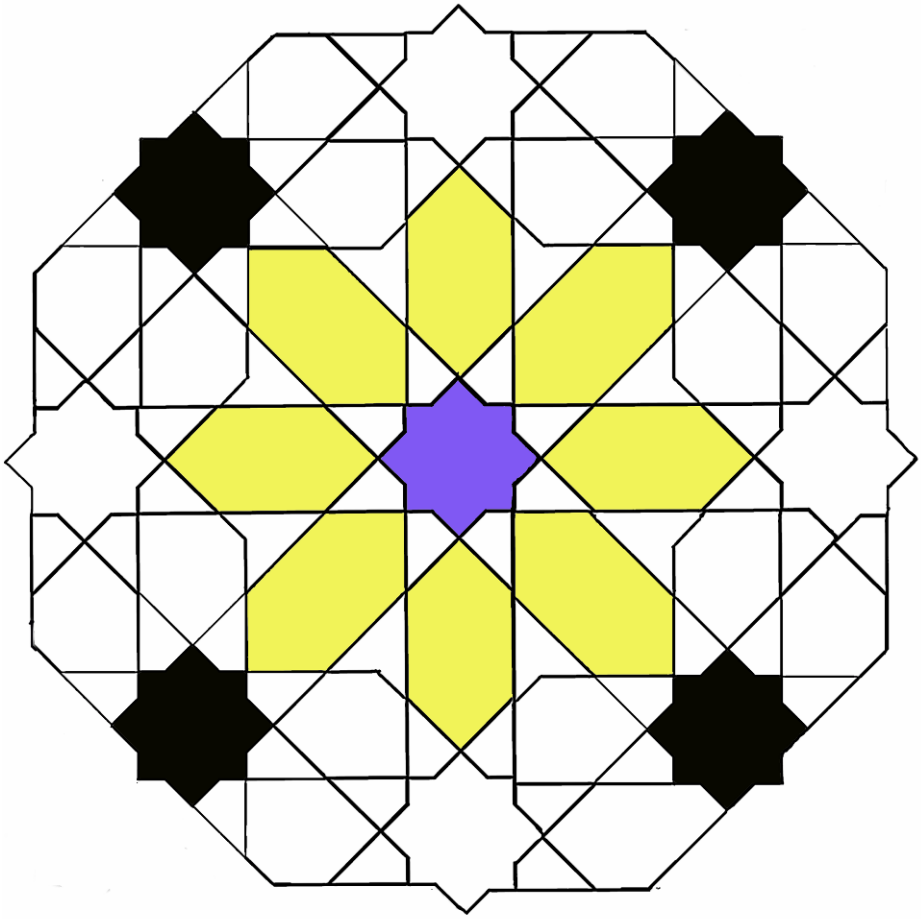
Mise en évidence des différentes pièces.

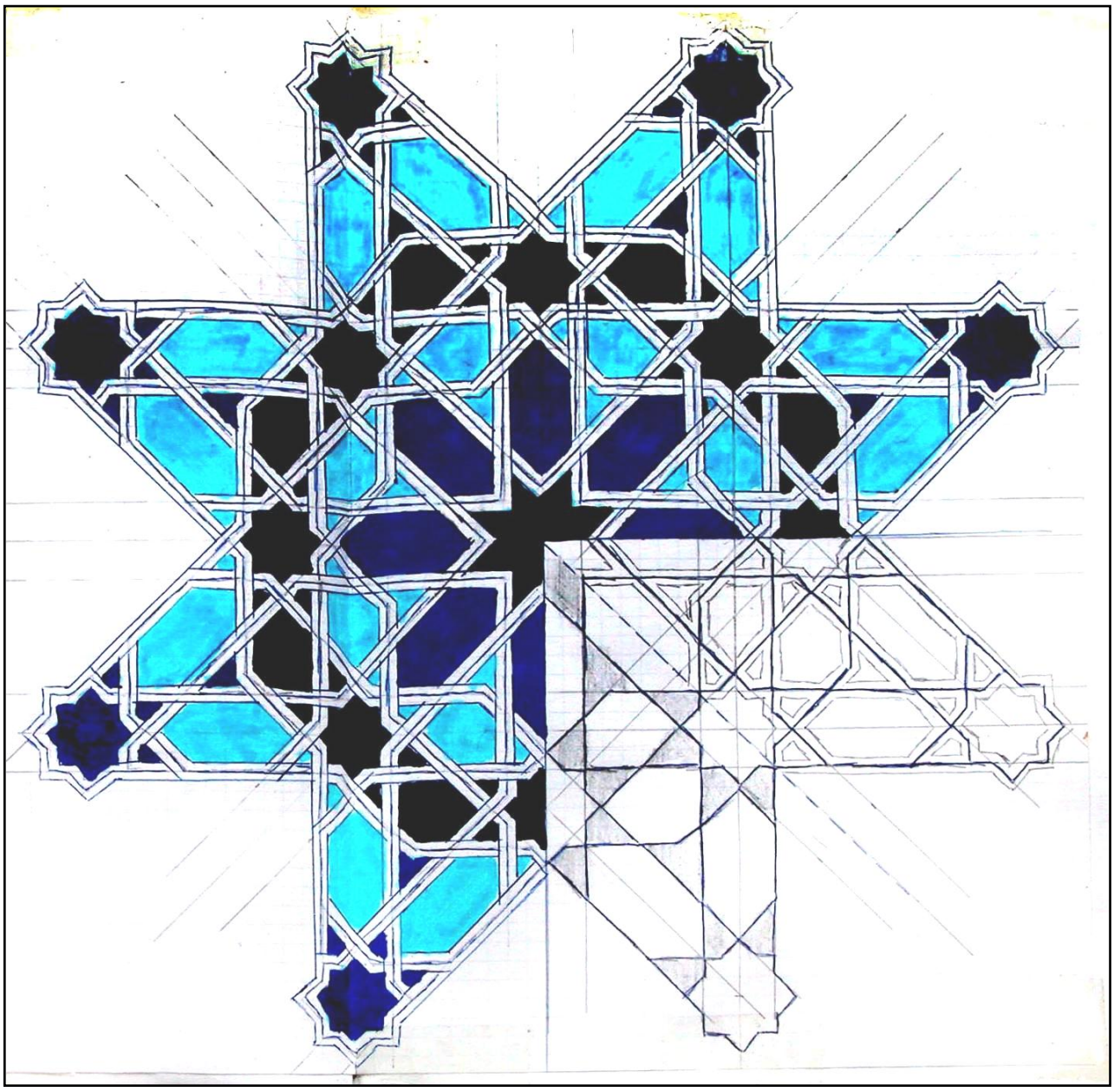


Construction d'une étoile à huit inscrite dans un octogone:

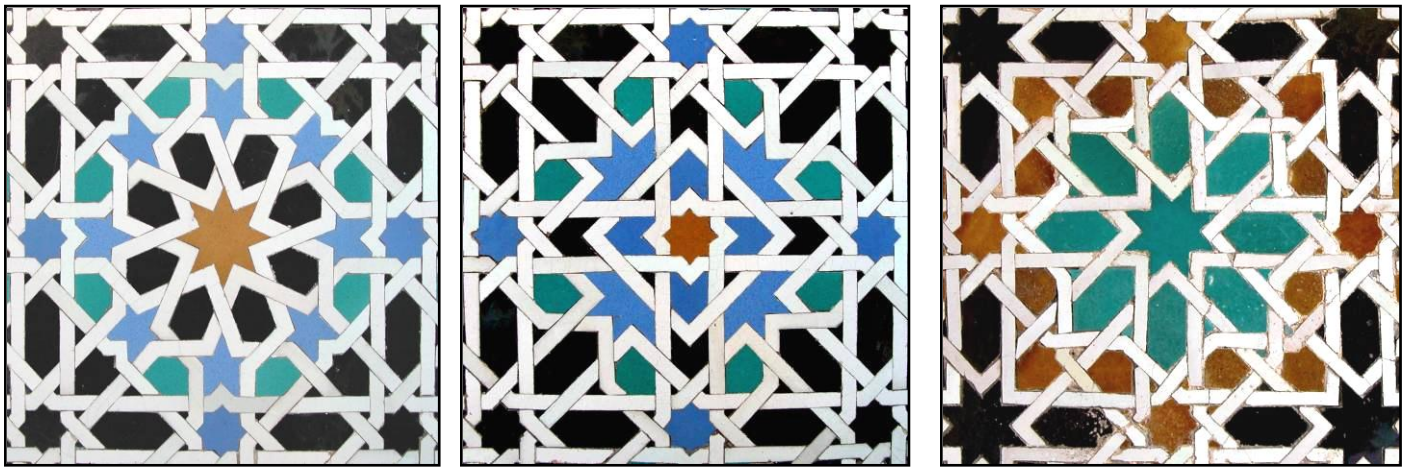


L'étoile à huit inscrite dans un octogone est obtenue en remplaçant les quatre pièces noires par des sceaux et en supprimant les quatre seaux du sommet du carré ; le squelette est perdu.

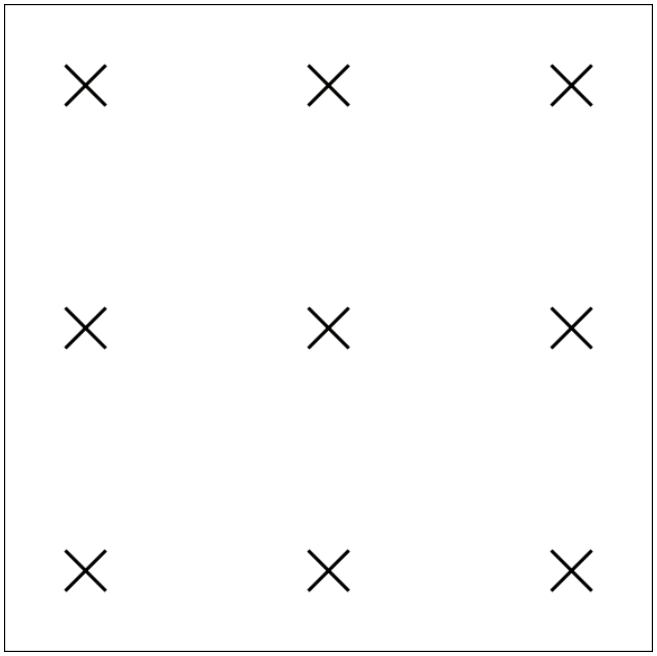




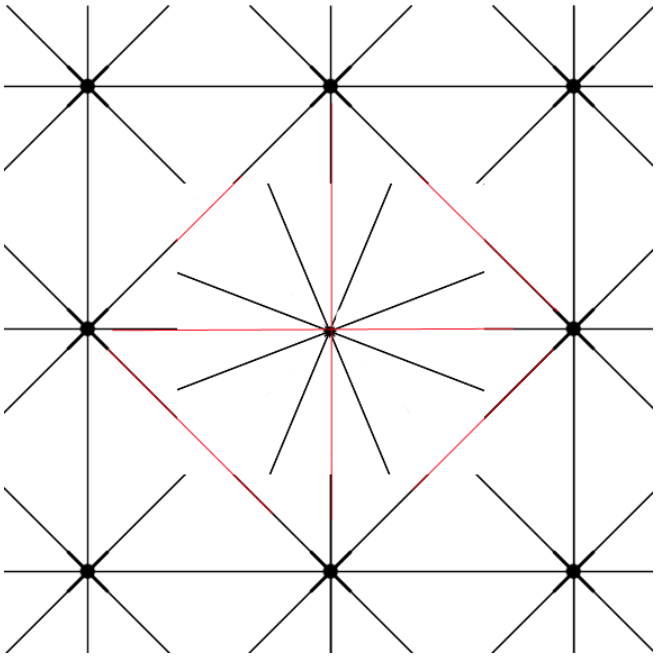
Dessin des carnets de route et à l'Alcazar de Séville ; au dessous carrés doubles avec leur étoile à huit.



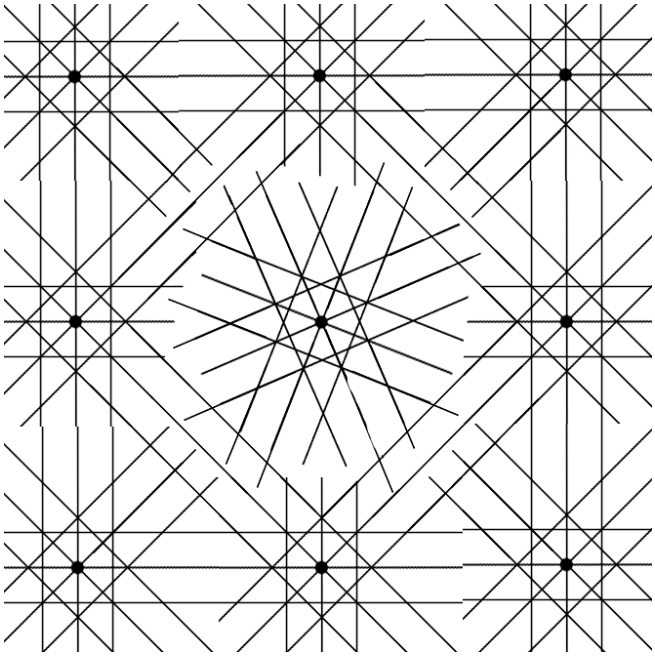
Construction d'une étoile à huit ***inclinée***.



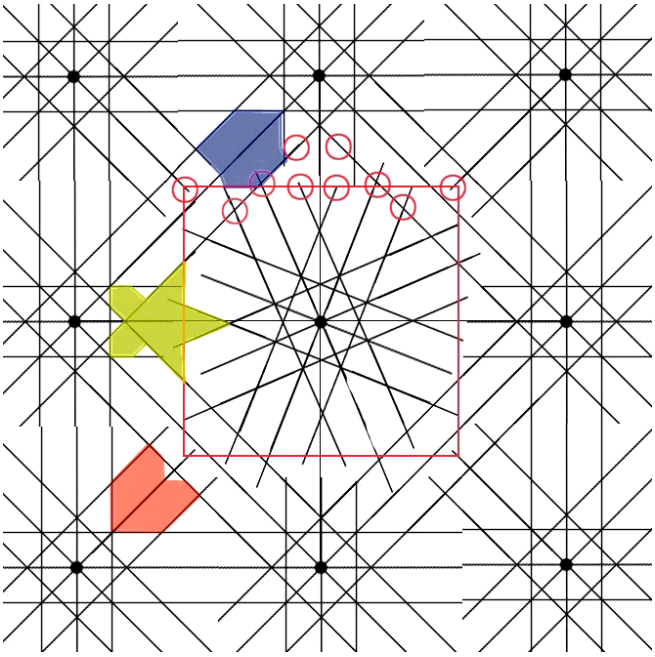
- Construction du centre des étoiles.
- Connaissant le centre des étoiles, la mesure de la maille **m** permet de calculer la largeur de bande **e.**



- Construction des axes de symétrie des étoiles.
- Les axes de symétrie de l'étoile centrale sont décalés par rotation de 22,5° .



À chaque axe de symétrie correspond une bande de largeur **e.**

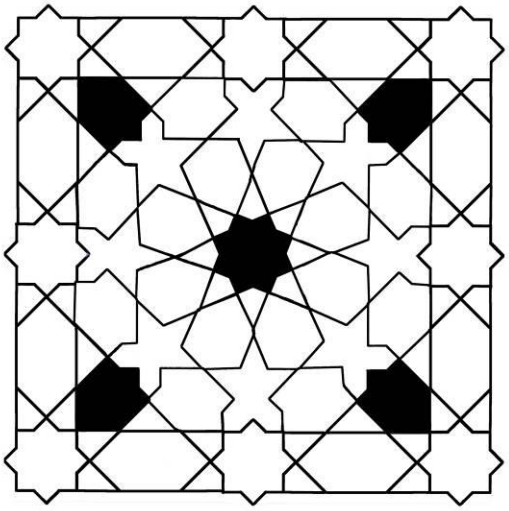


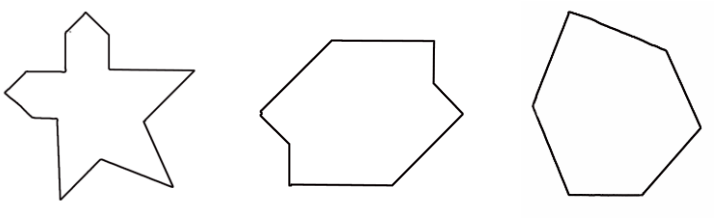
Reconnaissance et traçage des lignes du motif. Les cercles rouges indiquent les points remarquables qui serviront à terminer le tracé.

Pour terminer, il suffit de reconnaître l'emplacement des **points** stratégiques, cercles rouges de la figure précédente.

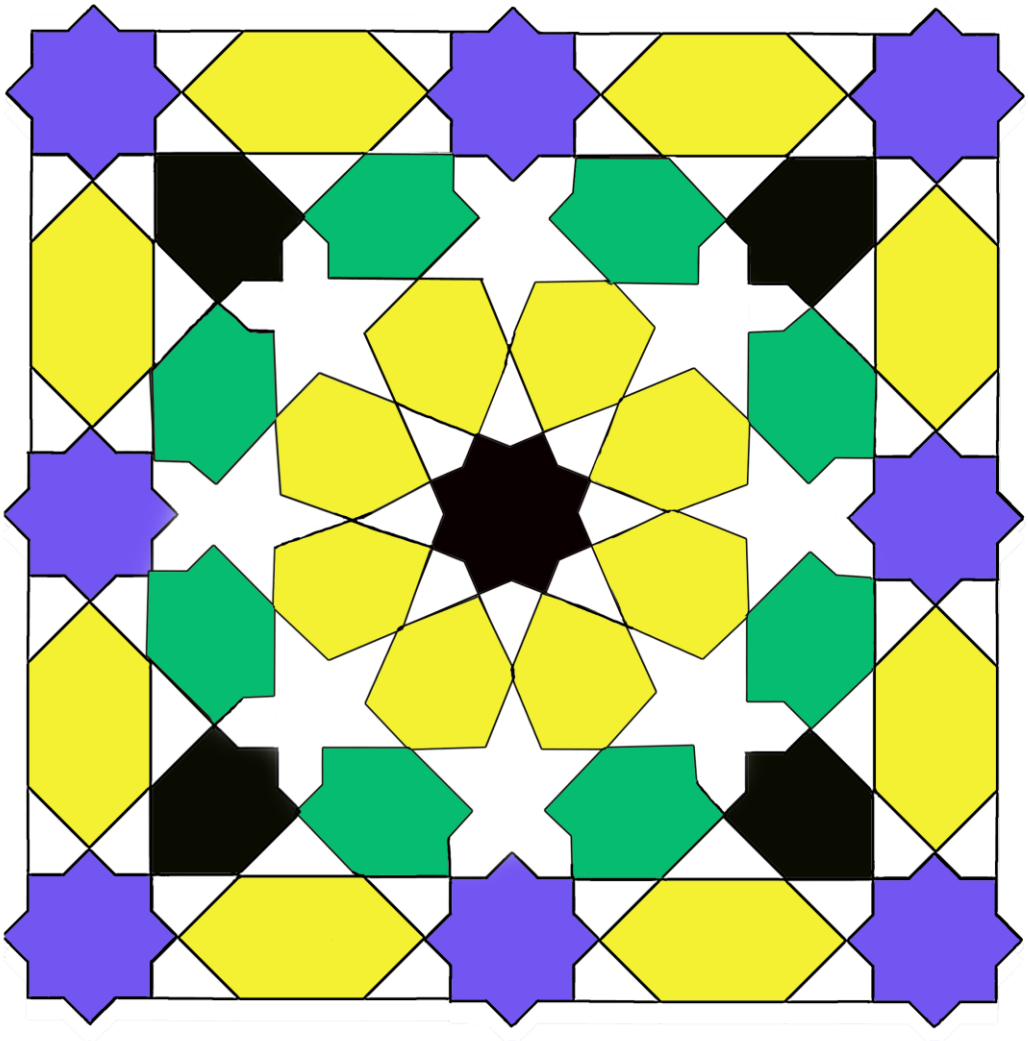
Le **carré** rouge lui aussi stratégique permet de créer l'étoile à huit inclinée avec les nouvelles pièces d'accompagnement ci-dessous.

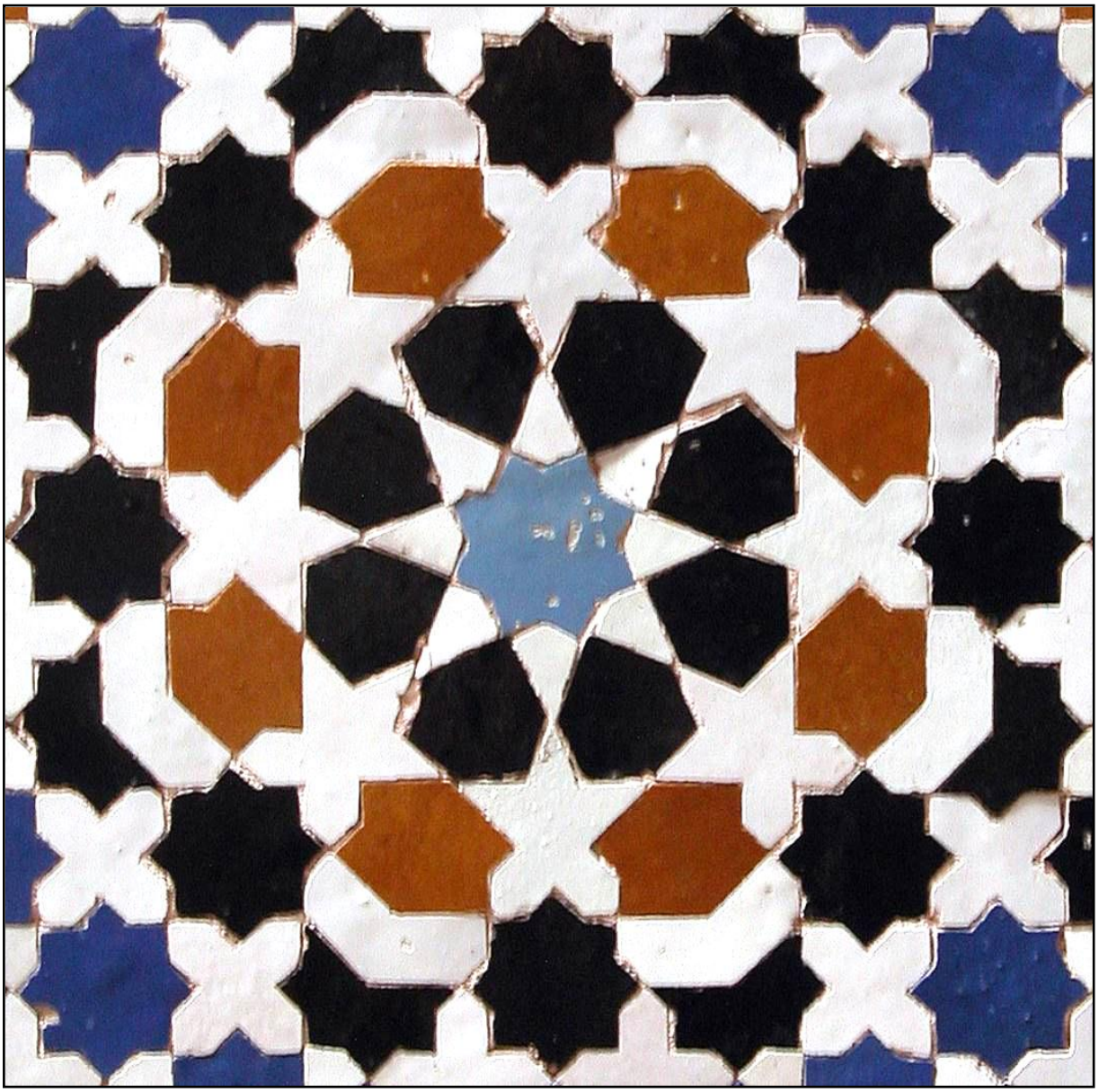
Toutes ces pièces sont issues du sceau.





Nouvelles pièces

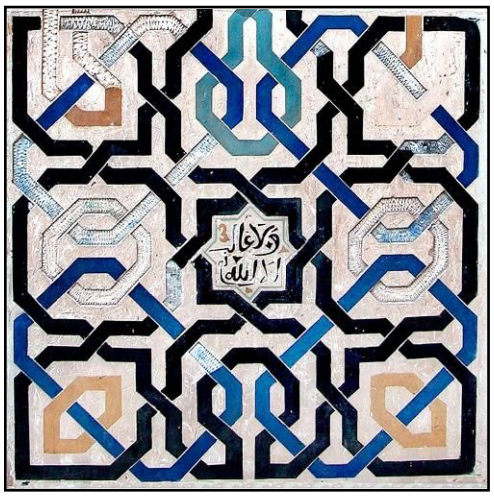




Mosaïques au palais Jamaï.



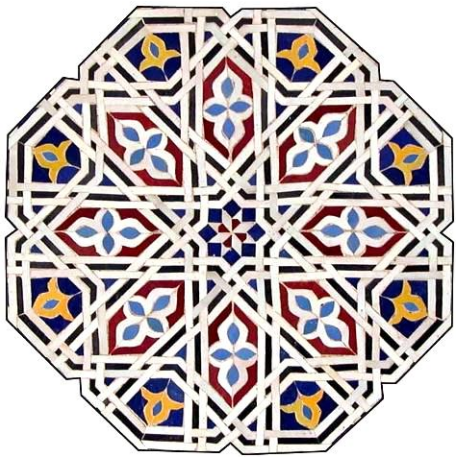
Médersa Bou Inania à Mekhnès.

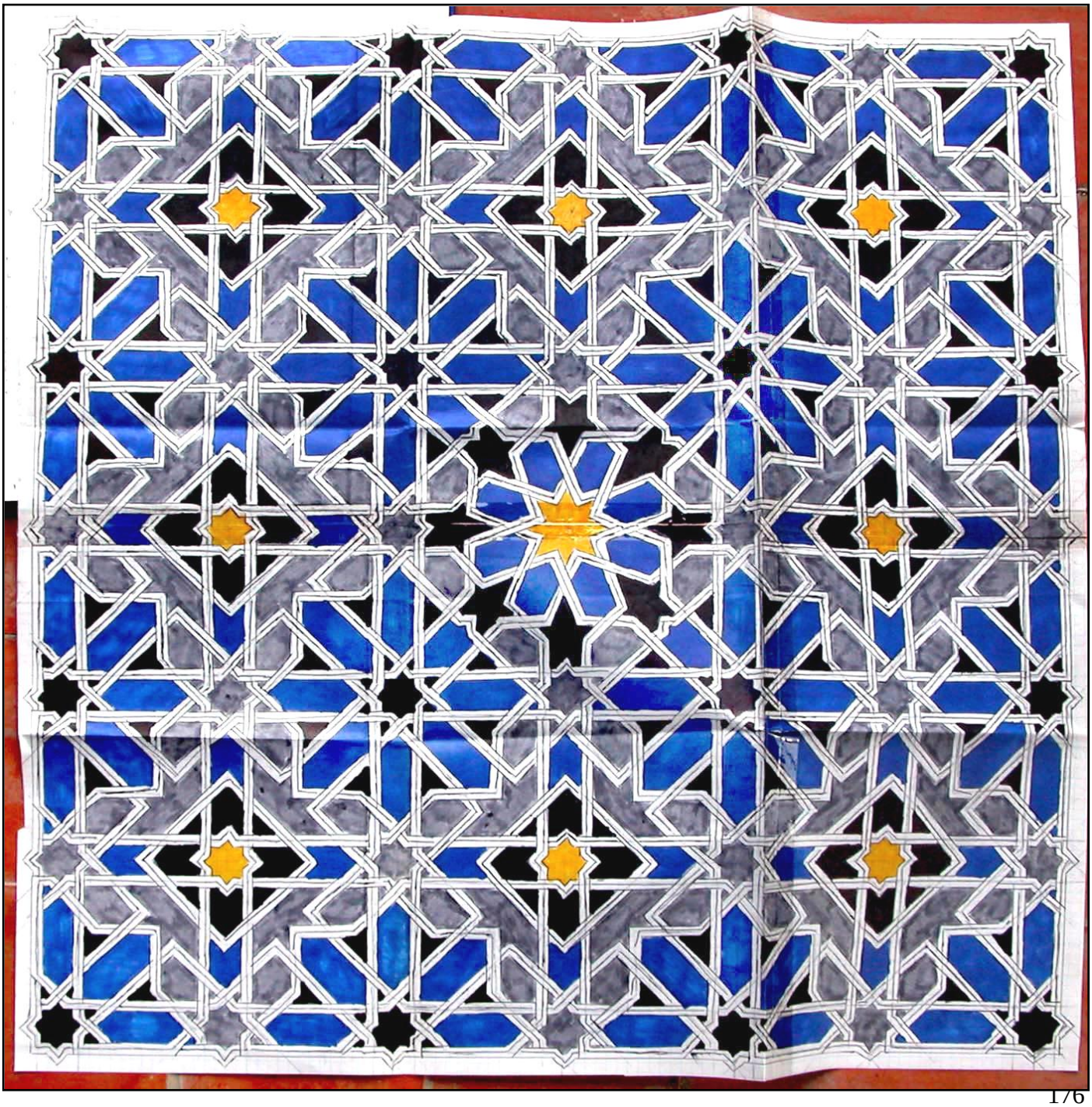


Détail de la porte du Mexuar à L'Alhambra.

Entrelacs multiples formant une étoile à huit.

Carnets de voyage à l'Alcazar de Séville : composition d'étoiles à huit.



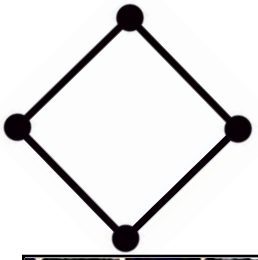


Famille octogonale :

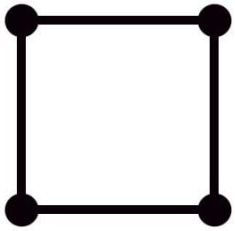
Système modulaire convergent : construction de squelettes simples.

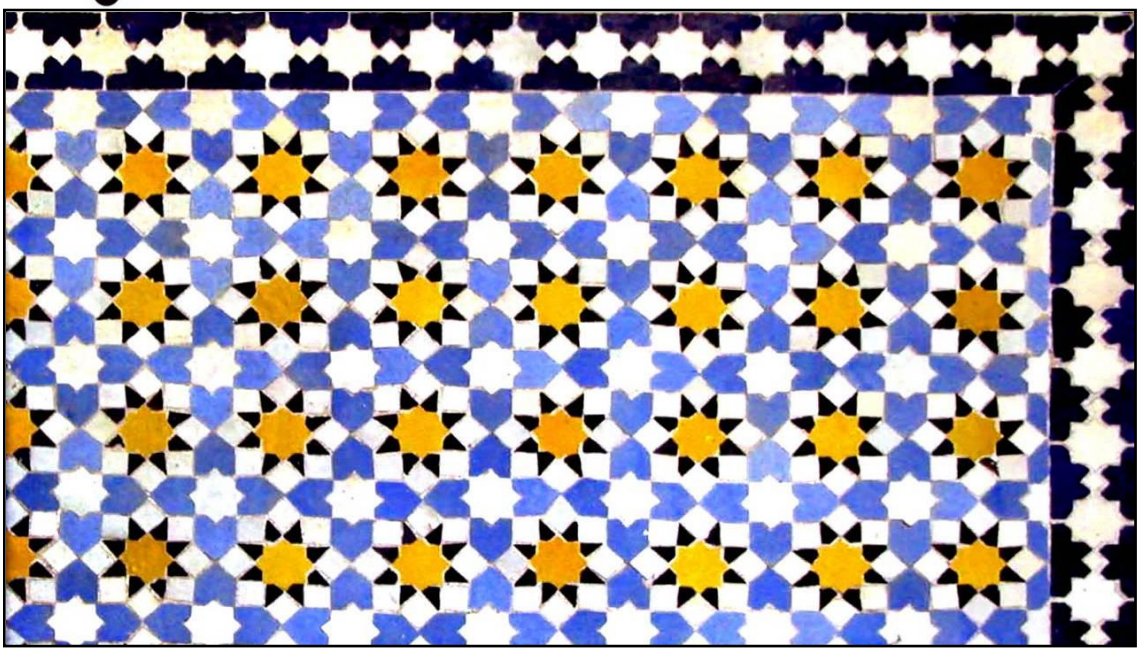
Méthode de construction :

Placer le centre des étoiles.
Construire les axes de symétrie.
Bander les axes ; la largeur de bande est liée à la maille du motif par la formule : **m = e . 3,4**
Terminer la construction en interprétant les lignes de construction.

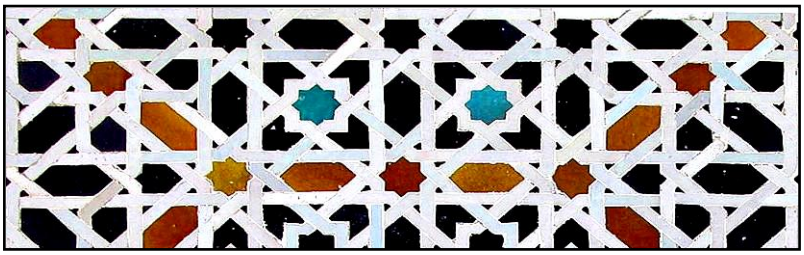


Le carré simple :





Centre artisanal de Marrakech. Le saft de chaque squelette a été caché.



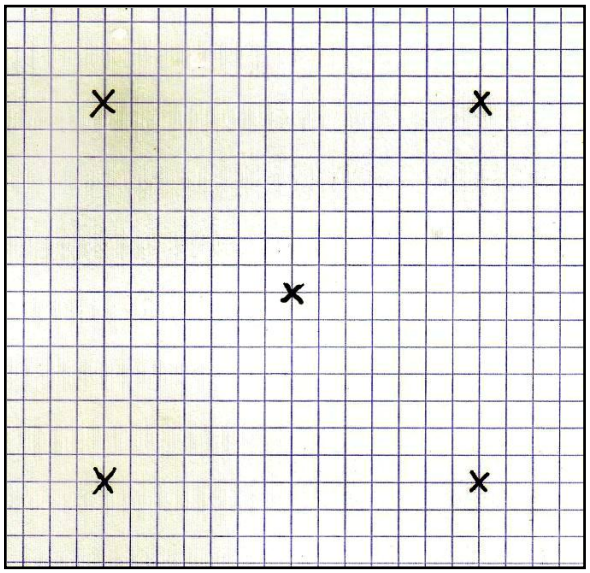
Mausolée de Moulay Ismaïl.

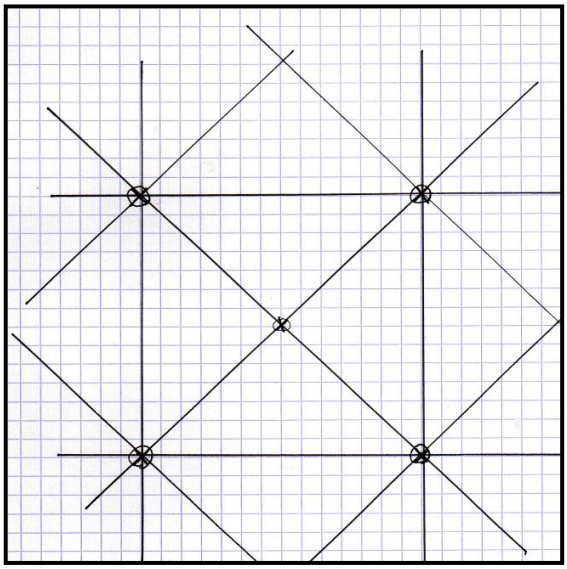


Bâb Mansour à Mekhnès.

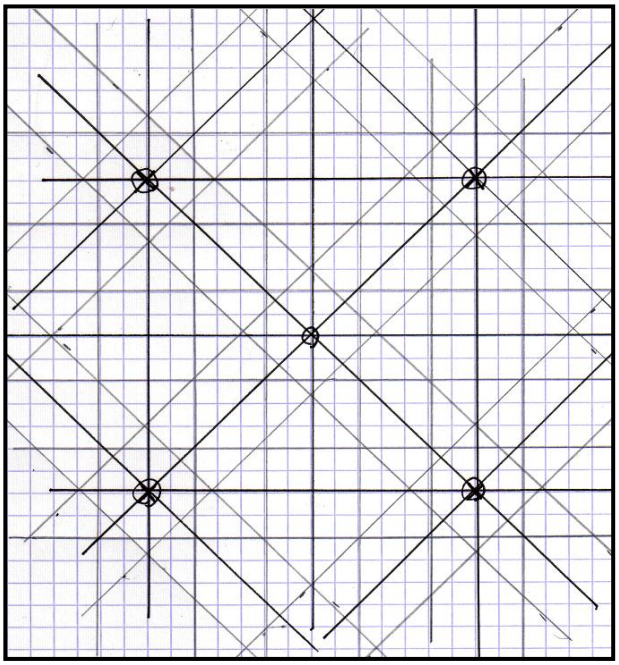
RETOUR

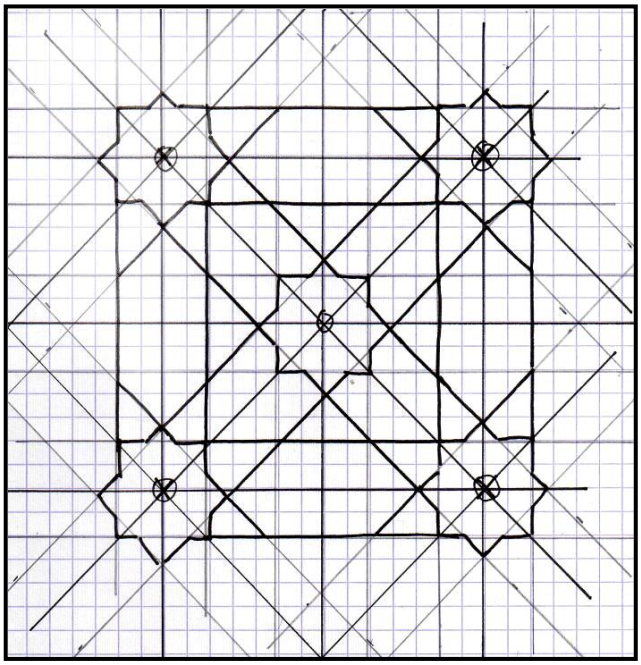
La valeur de la maille m = 7 et la largeur de bande e = 2 sont les deux valeurs qui permettront d'utiliser les carreaux de la feuille sans avoir de déformations.

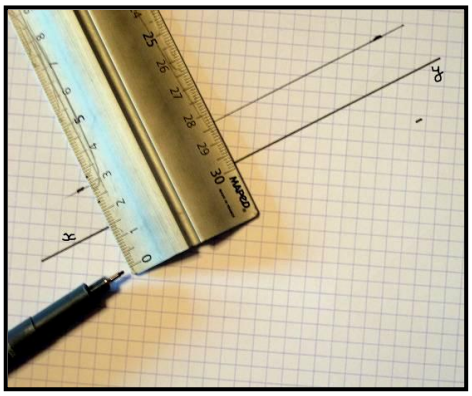




Positionnement du centre des étoiles ; construction des axes de symétrie ; bandage des axes.







Bandage des axes :

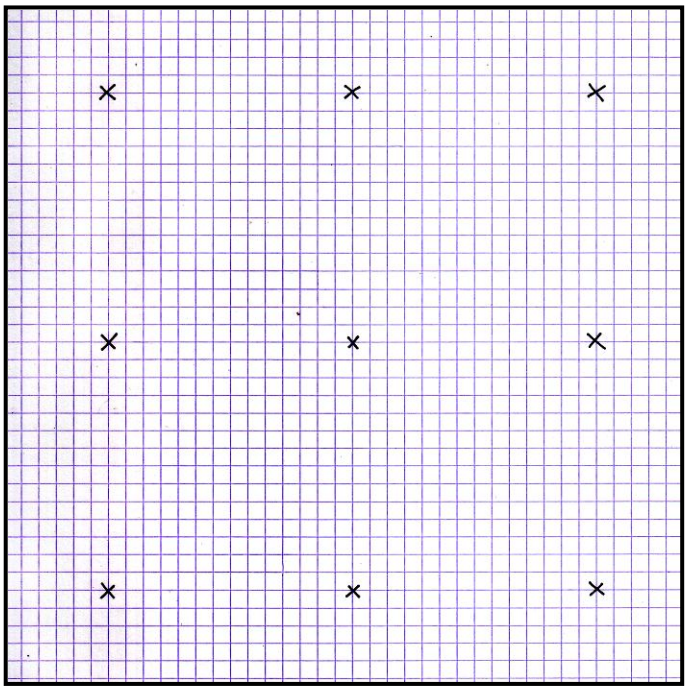
La règle graduée permet de tracer une bande de 2 cm : en plaçant l'axe de symétrie sur la graduation 1 de la règle, en marquant deux points à 0 et à 2 cm de chaque côté et en répétant cette opération en deux endroits différents de l'axe,

C'est l'interprétation des traits des bandes qui permettra le traçage des étoiles, de leurs rayons et des pièces intermédiaires.

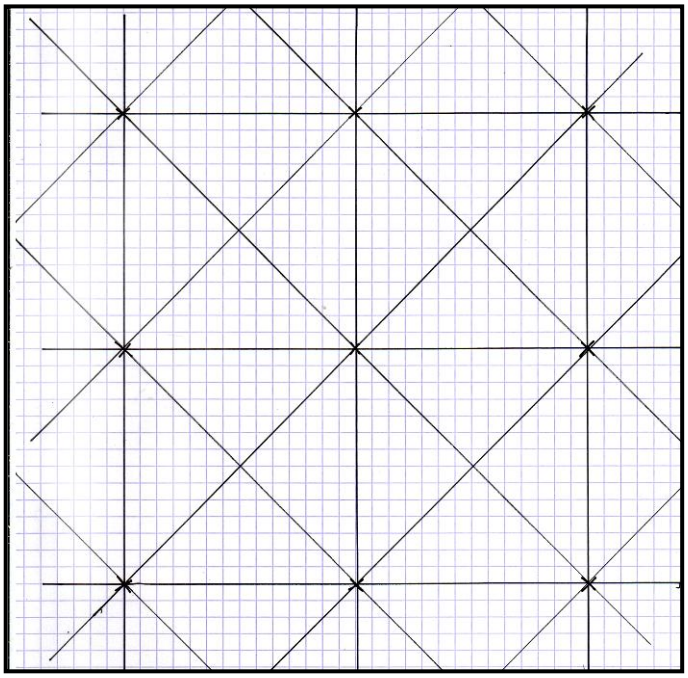
Le carré double :



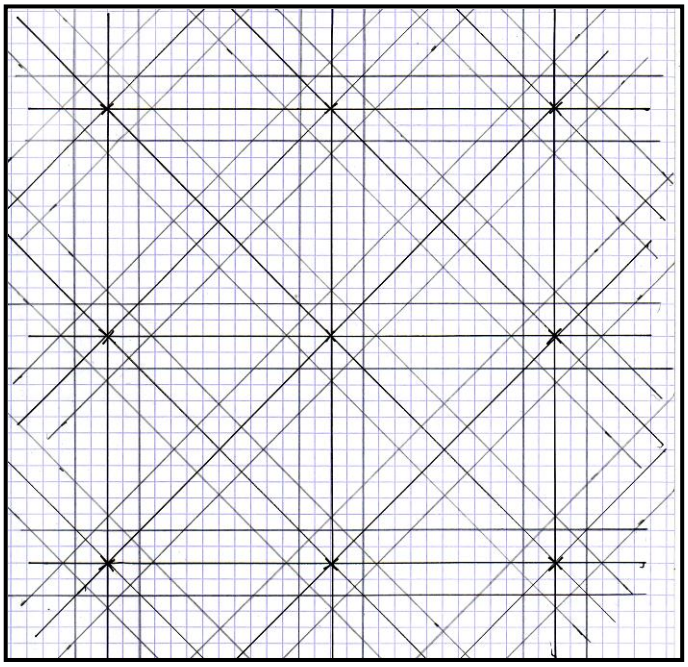
Mausolée de Moulay Ismaïl.



Positionnement du centre des neuf étoiles à 8



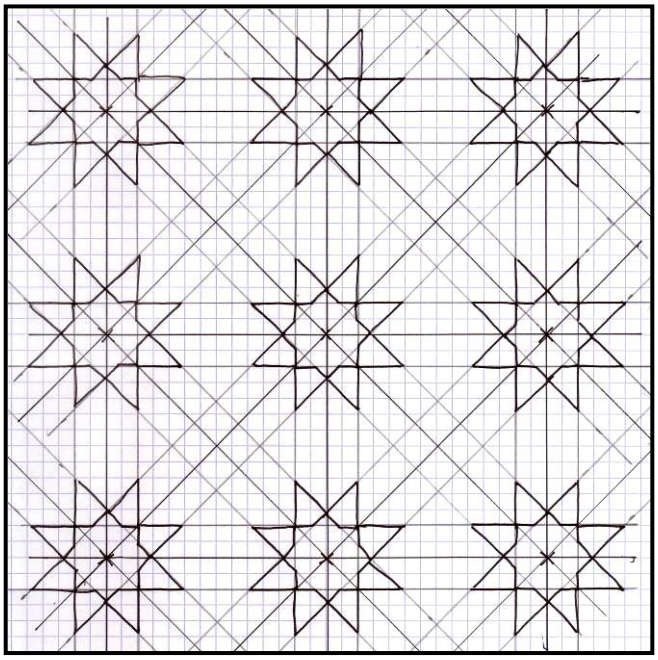
Construction des axes de symétrie des étoiles.



Construction des bandes pour chaque axe de symétrie. La largeur **e** de la bande nous est donnée par la formule :

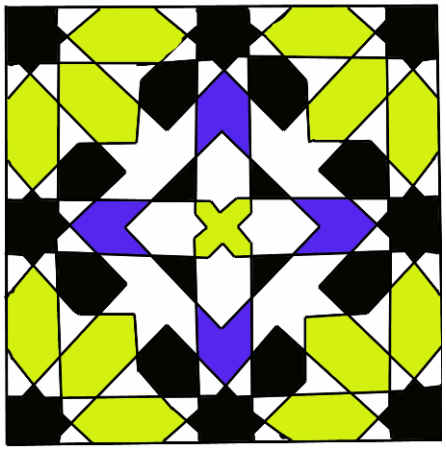
e = **m . 0,3**

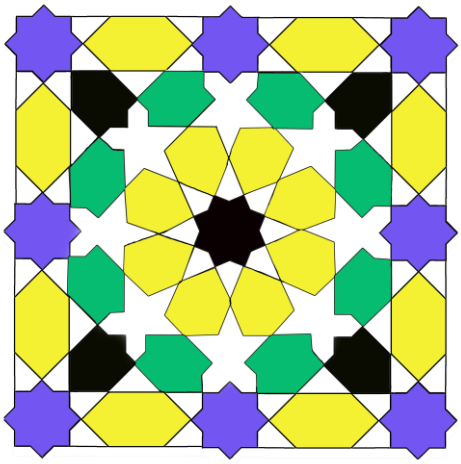
Dans le cas considéré m = 7 donc e = 2

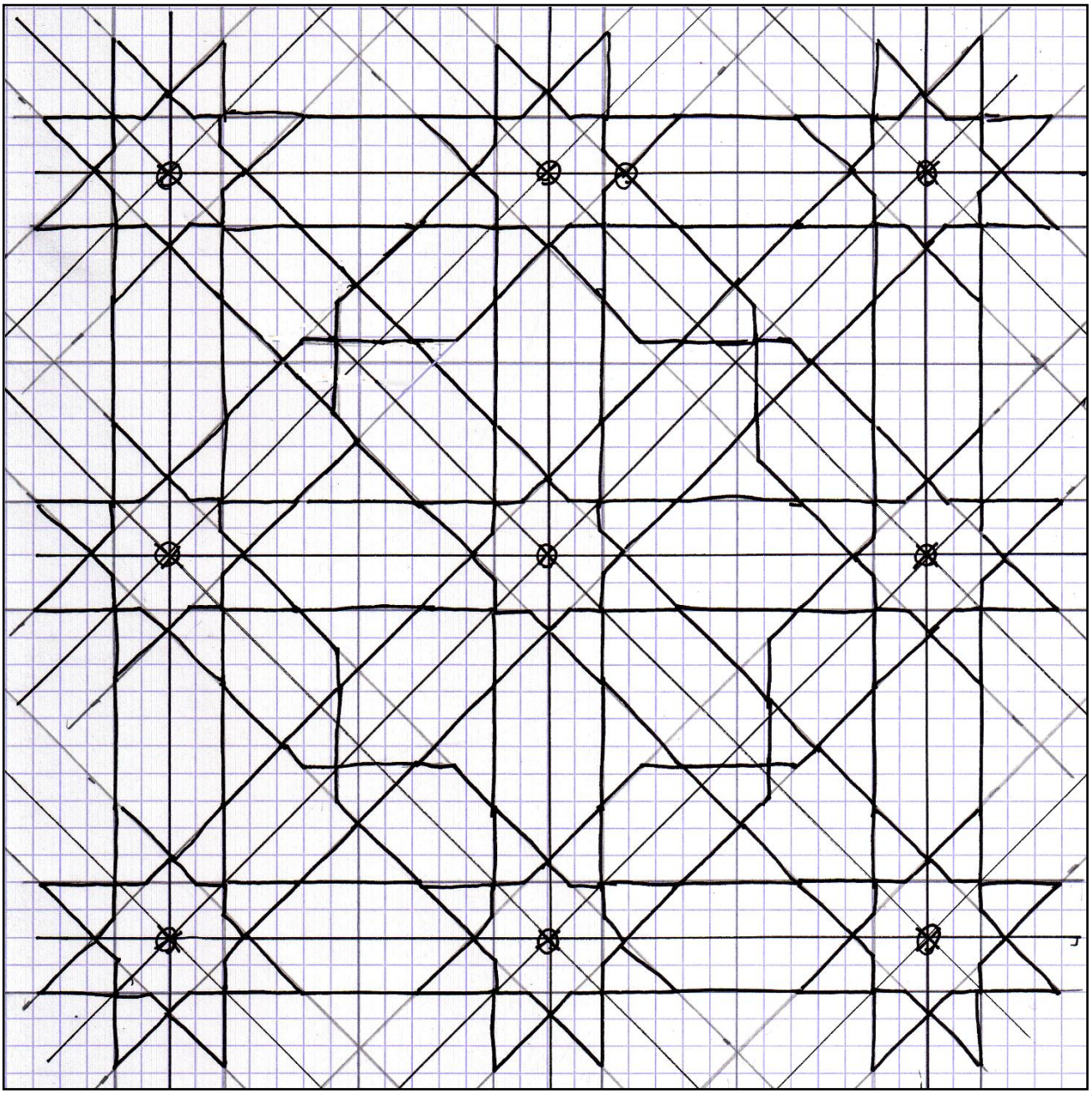


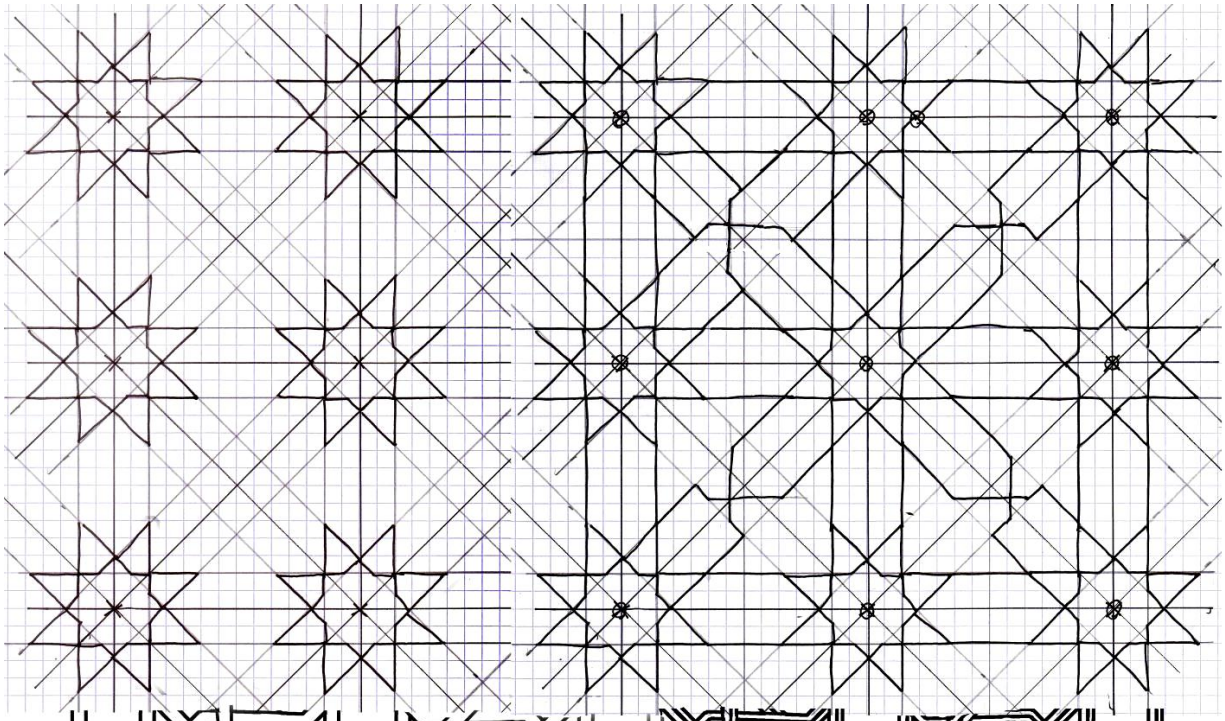
L'ensemble des traits des bandes permet de tracer les étoiles ainsi que leurs pétales, les safts de la périphérie et ceux du centre.

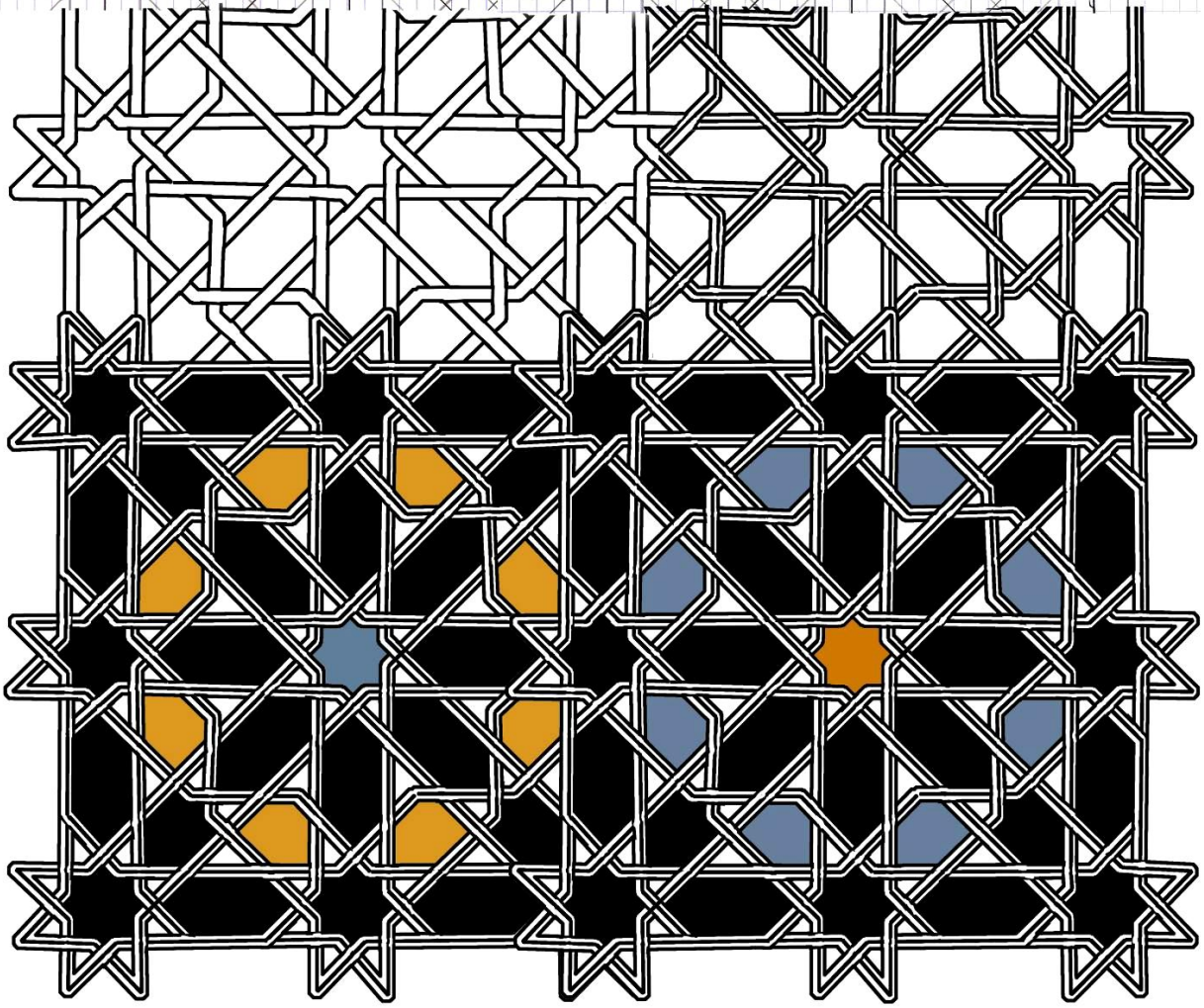
Les quatre safts obliques du centre ont la même dimension, la construction met en évidence les pièces restantes.



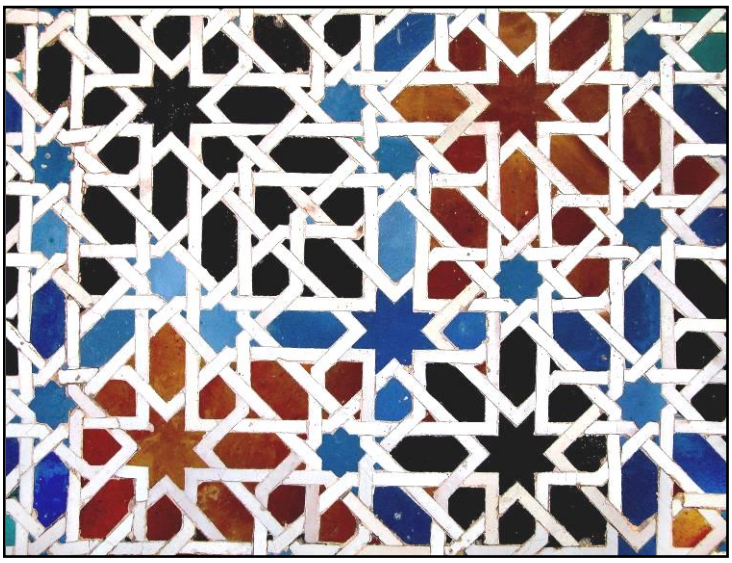


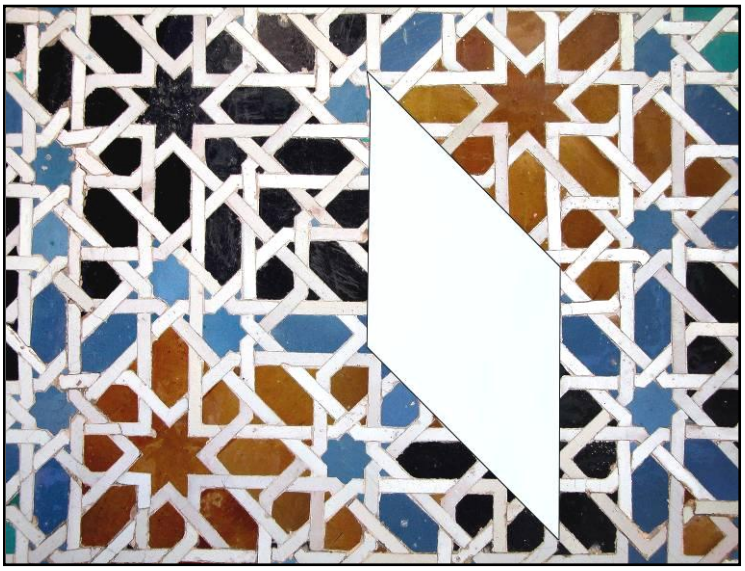




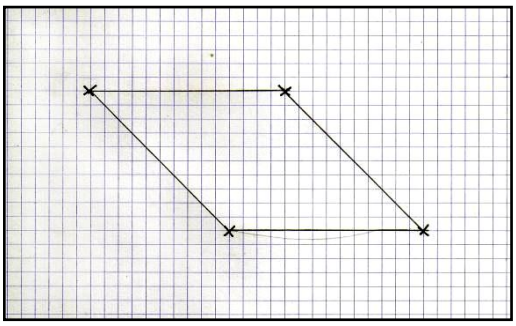


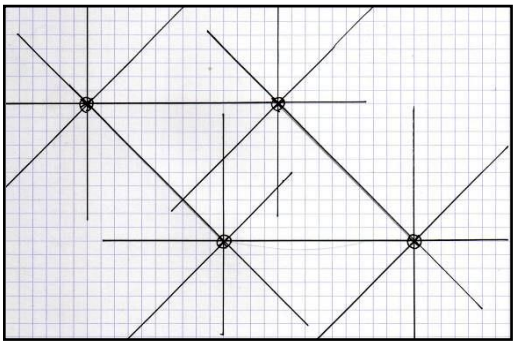
Le losange :

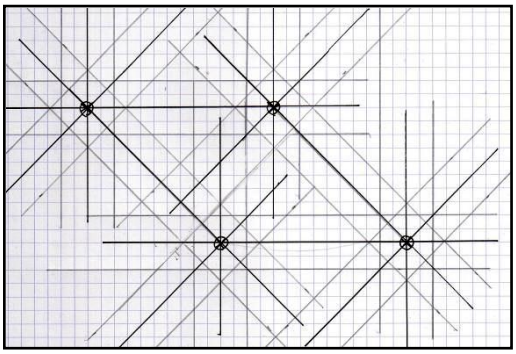


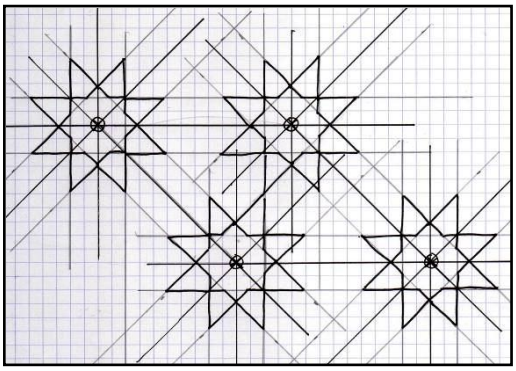


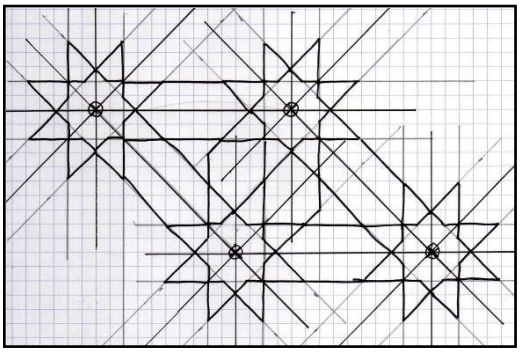






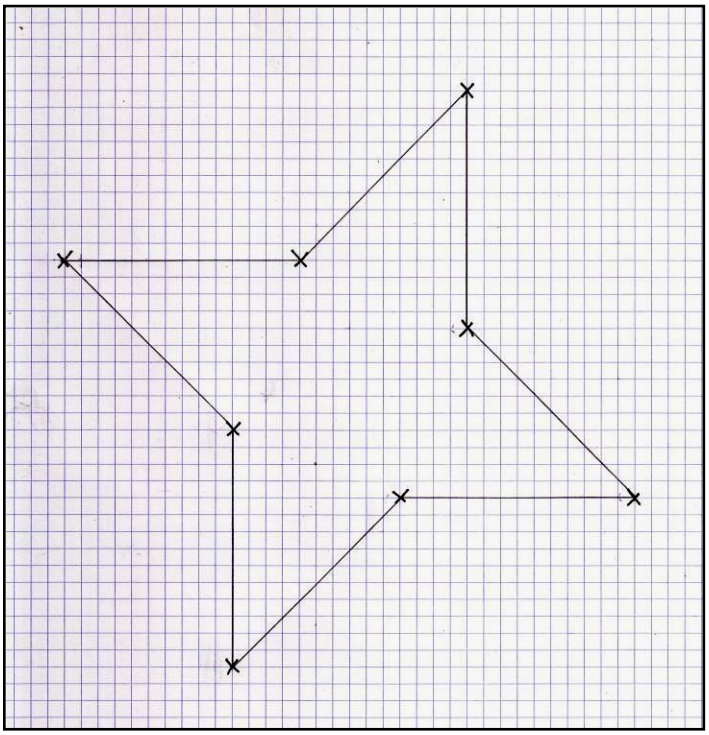




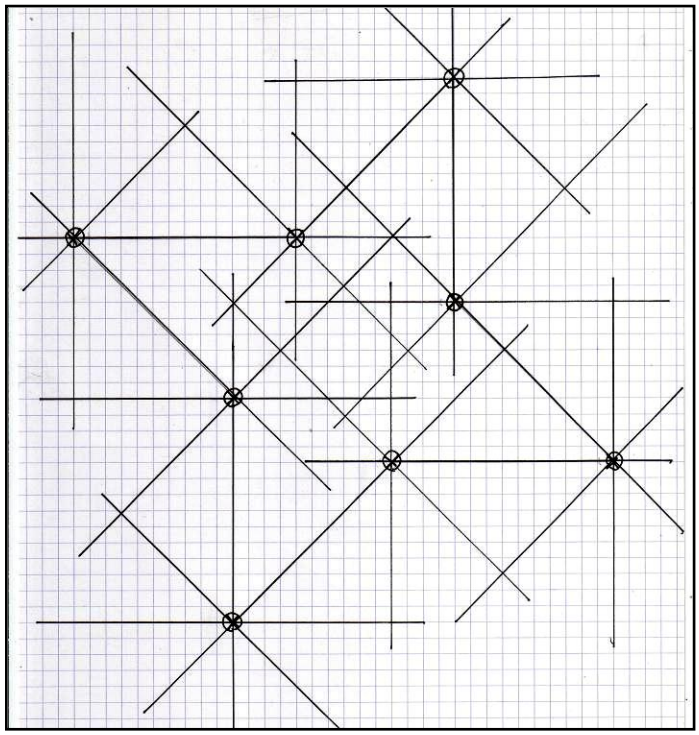


Patio de las Doncellas de l'Alcazar de Séville.

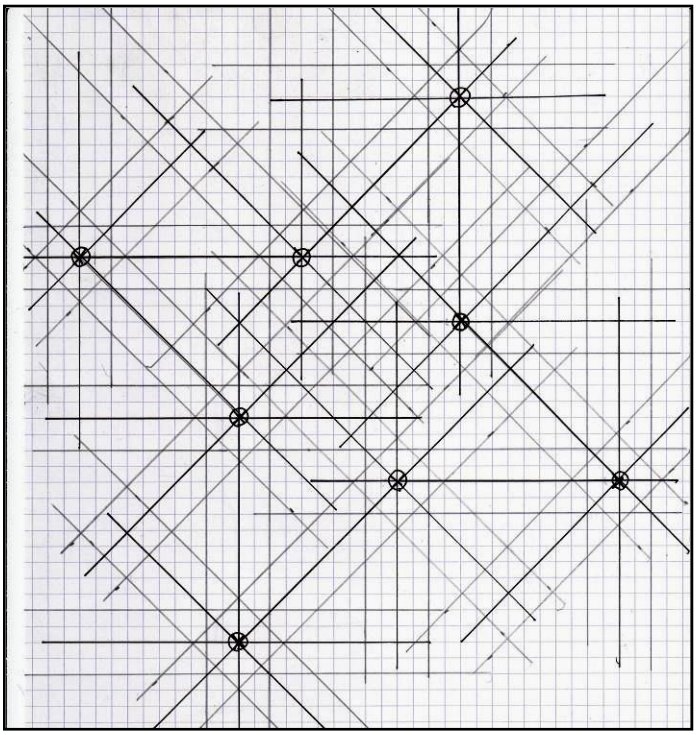
La feuille de nacre :



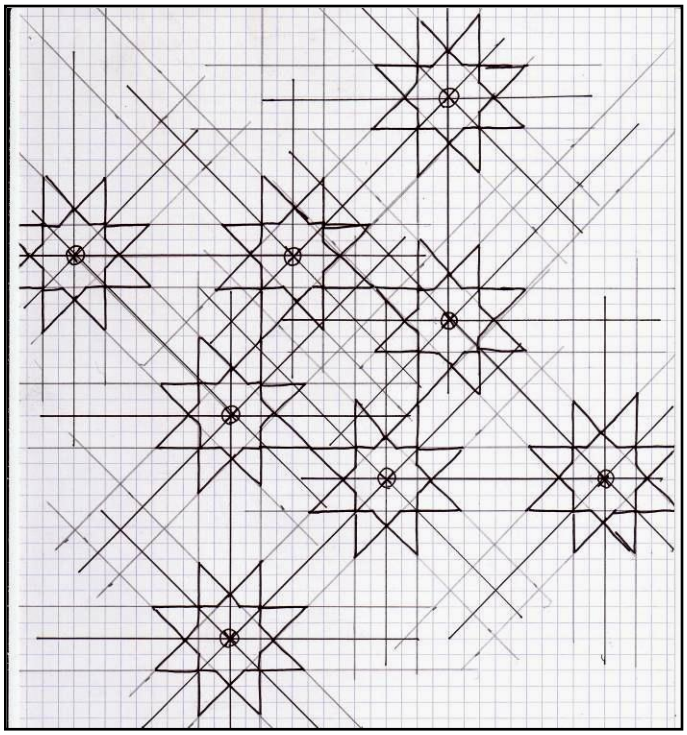
Positionnement du centre des étoiles.



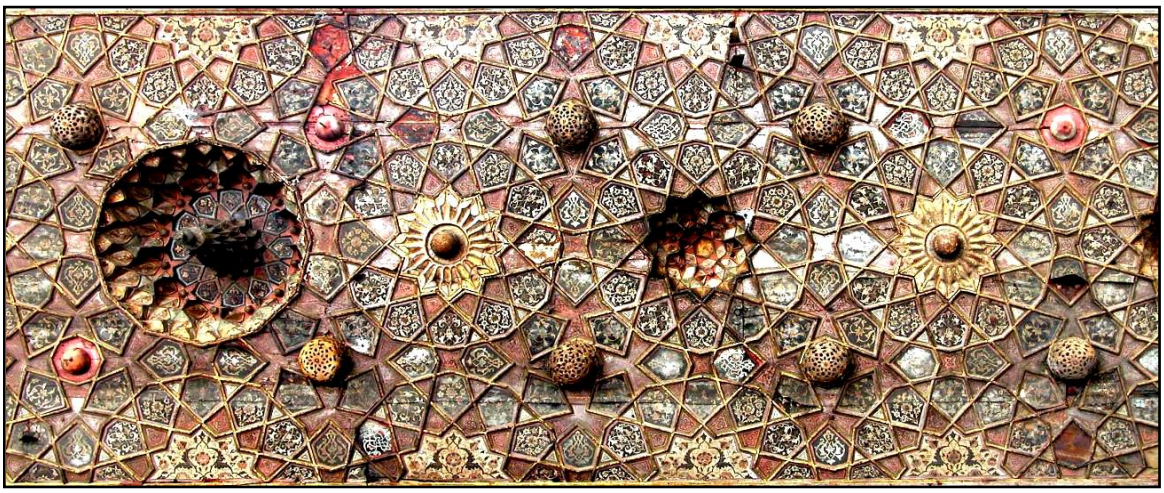
Traçage des axes de symétrie.



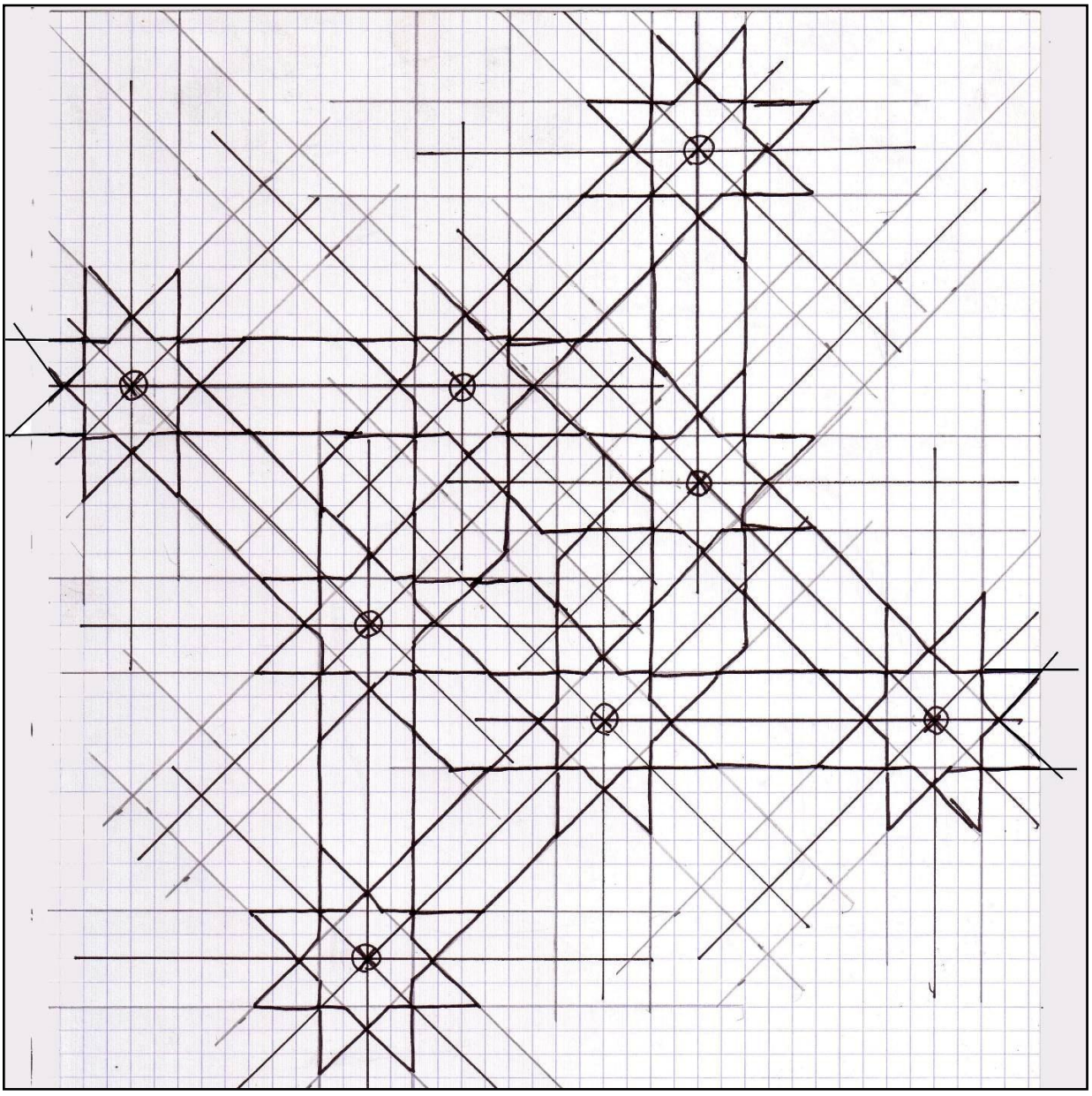
Bandage des axes.



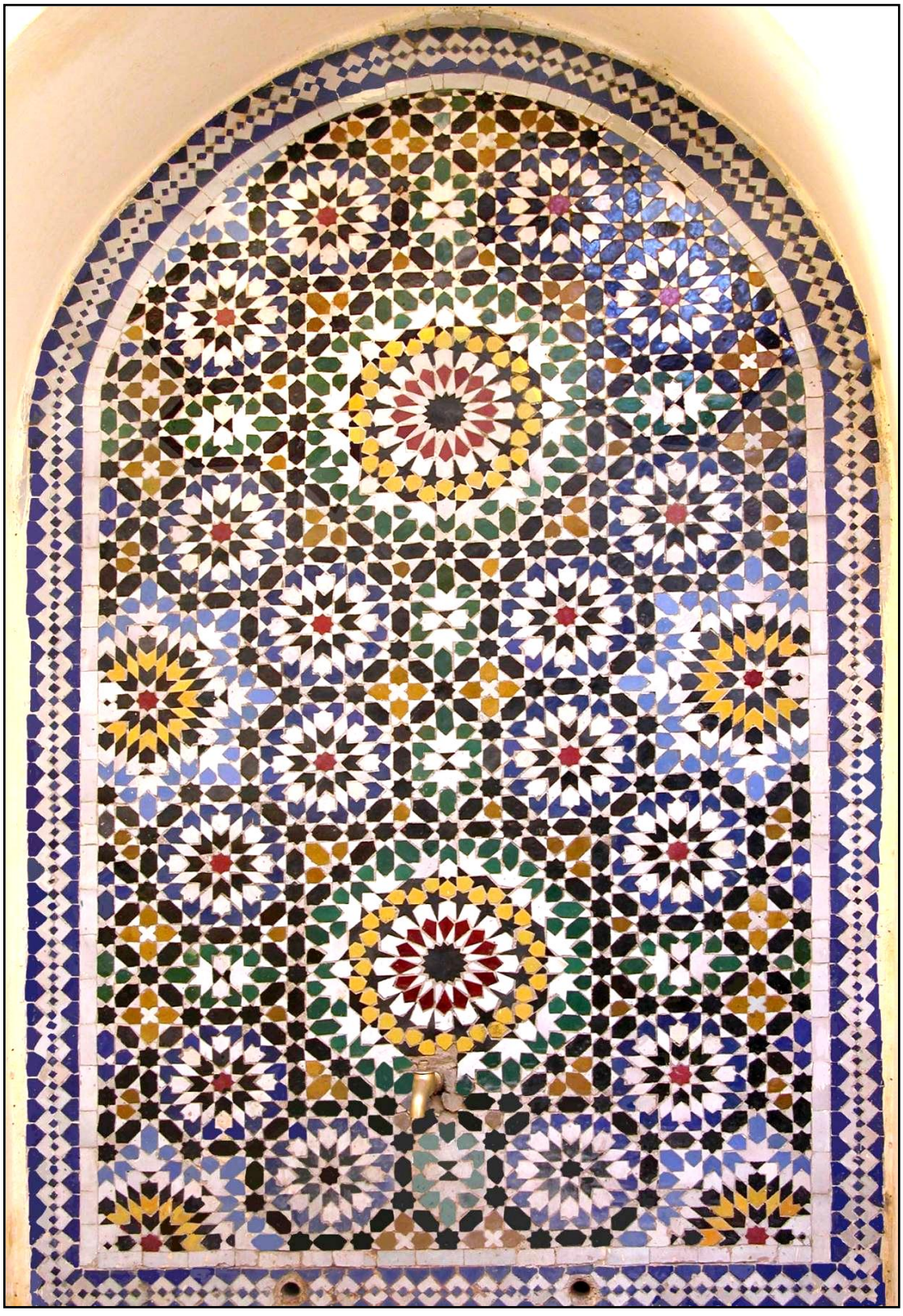
Traçage des étoiles et interprétation des lignes.



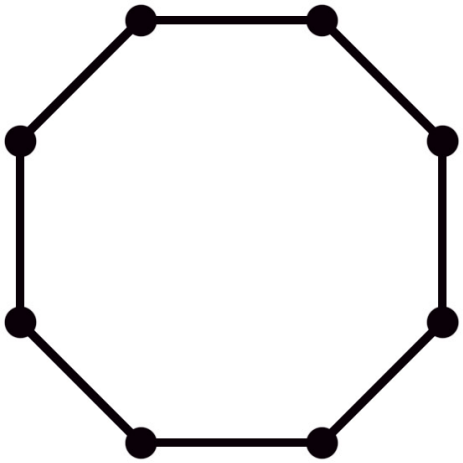
Autre exemple avec un système convergent persan à la Muradeye de Bursa en Turquie : la juxtaposition d'étoiles à douze engendre une minuscule feuille de nacre.

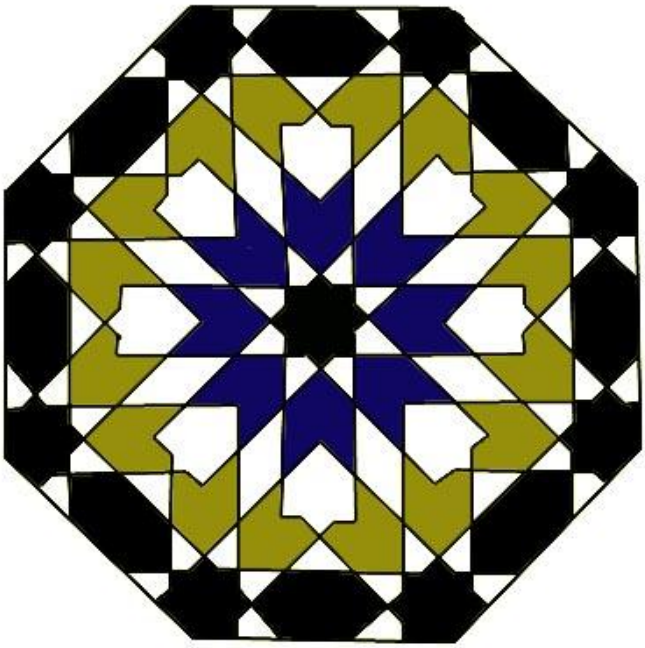


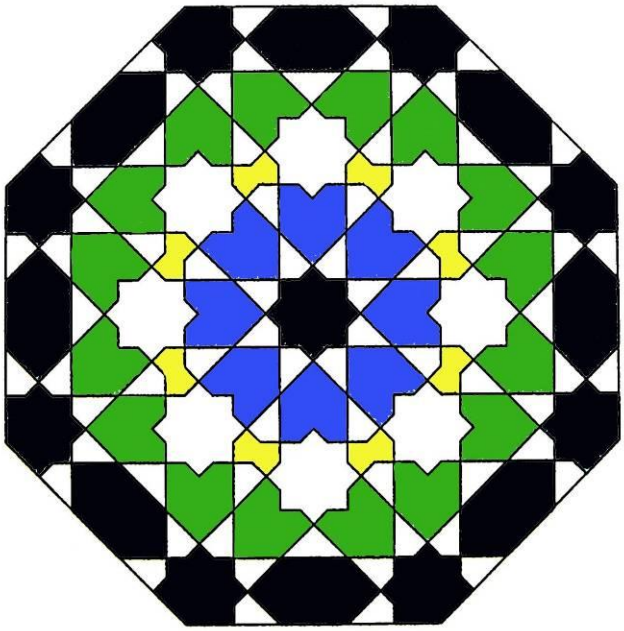
L'octogone simple :

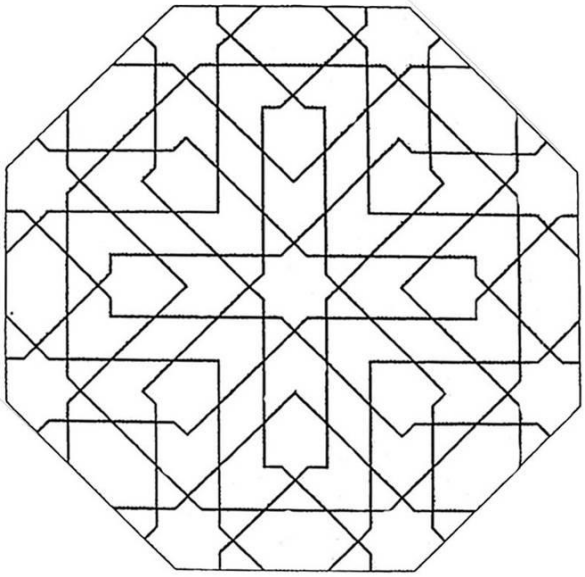


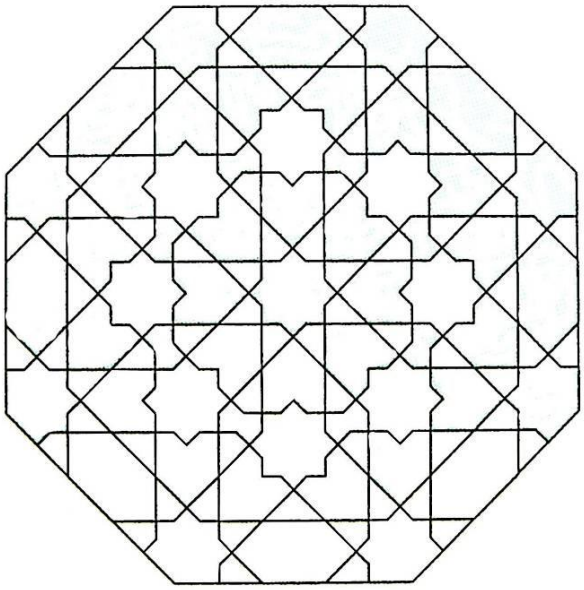
Fontaine dans la médina de Fès.





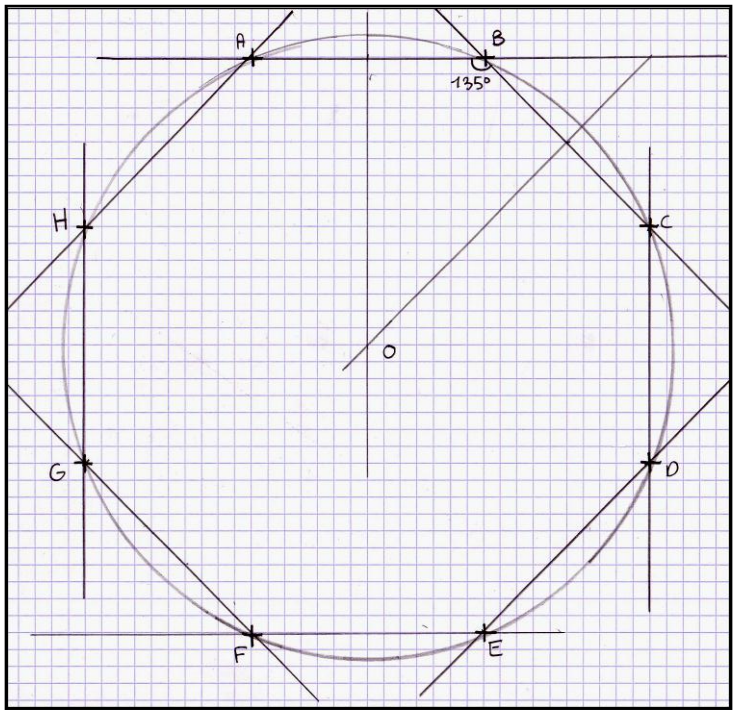






Construction pratique :

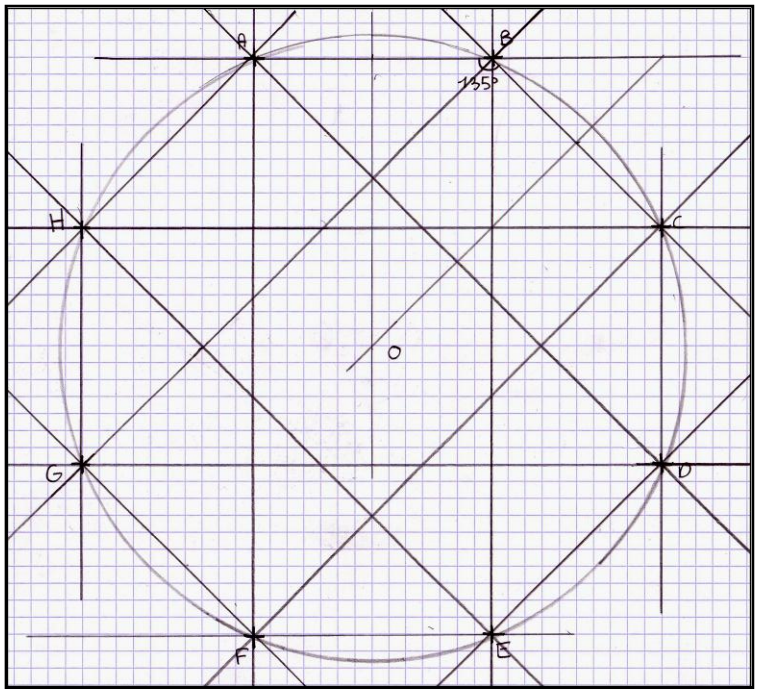
Construction du centre des étoiles :



Construction de l'octogone connaissant la longueur d'un côté (AB = maille) :

Construction de la maille AB = m = 7
Construction de BC tel que :
L'angle (AB,BC) = 135° et AB = BC
Le centre O du cercle de rayon OA est déterminé par l'intersection des médiatrices de AB et BC .
Construction de ce même cercle.
Détermination du centre des autres étoiles A,B,C,D,E,F,G,H tel que AB = BC = CD ….

Construction des axes de symétrie :

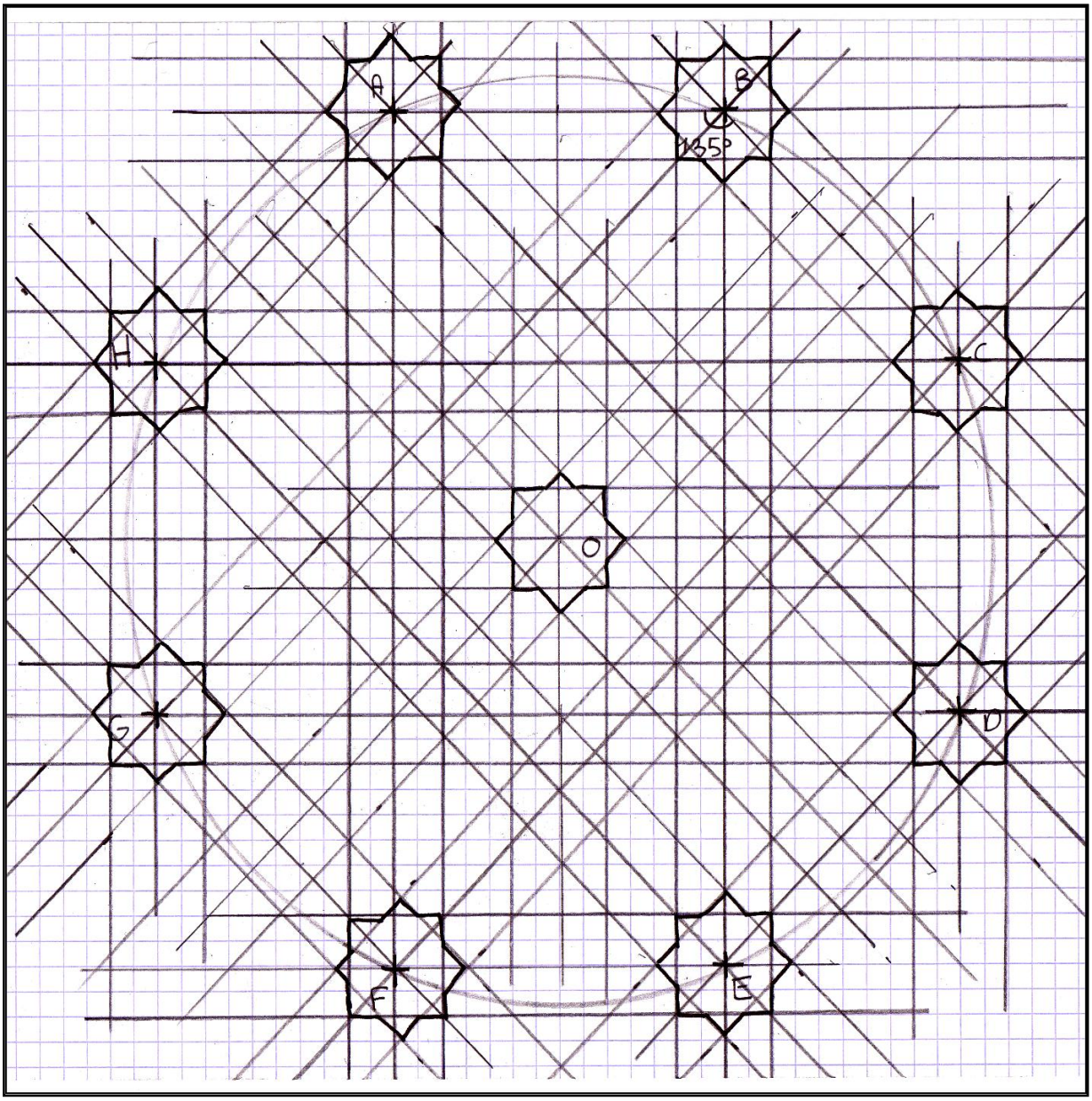


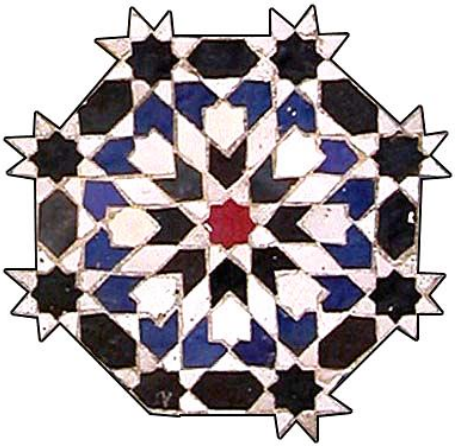
Les axes de symétrie sont construits pour chaque étoile

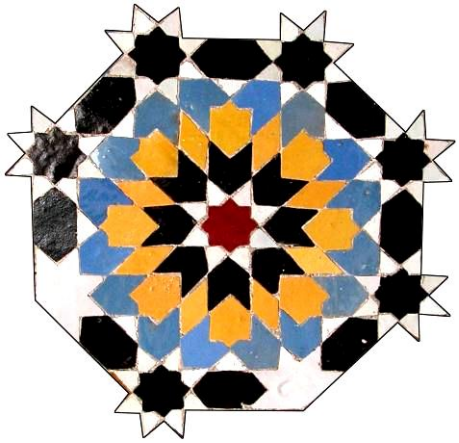
Calcul de la largeur de bande **e :**

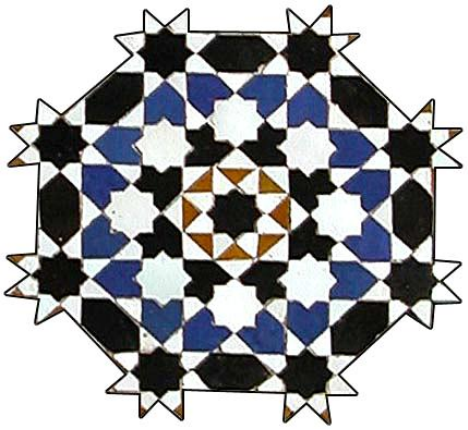
m = 7 donc **e** = **m** . 0,293 = 2,05 donc **e** = 2 en approximation

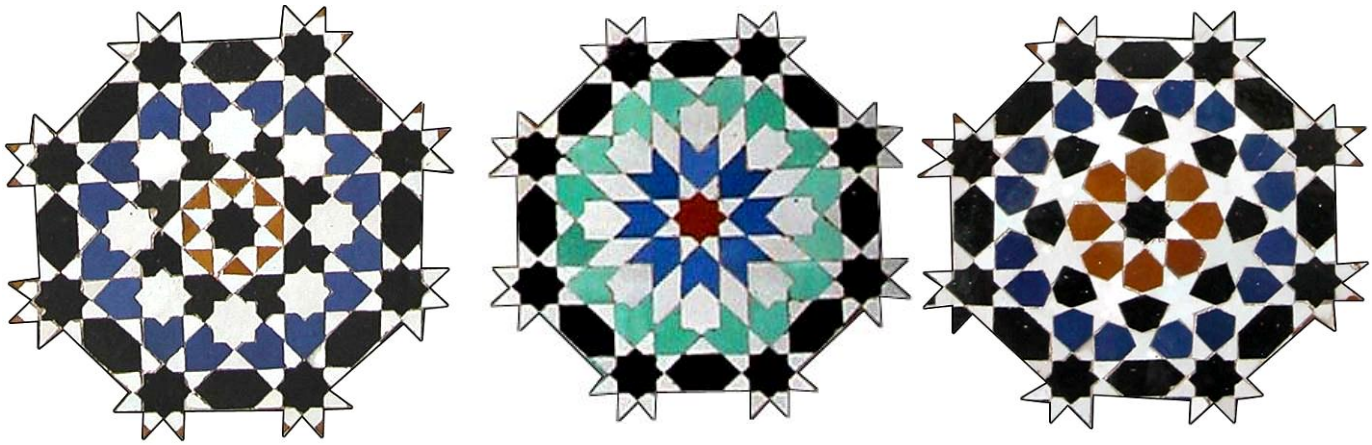
Bandage des axes et construction des étoiles :

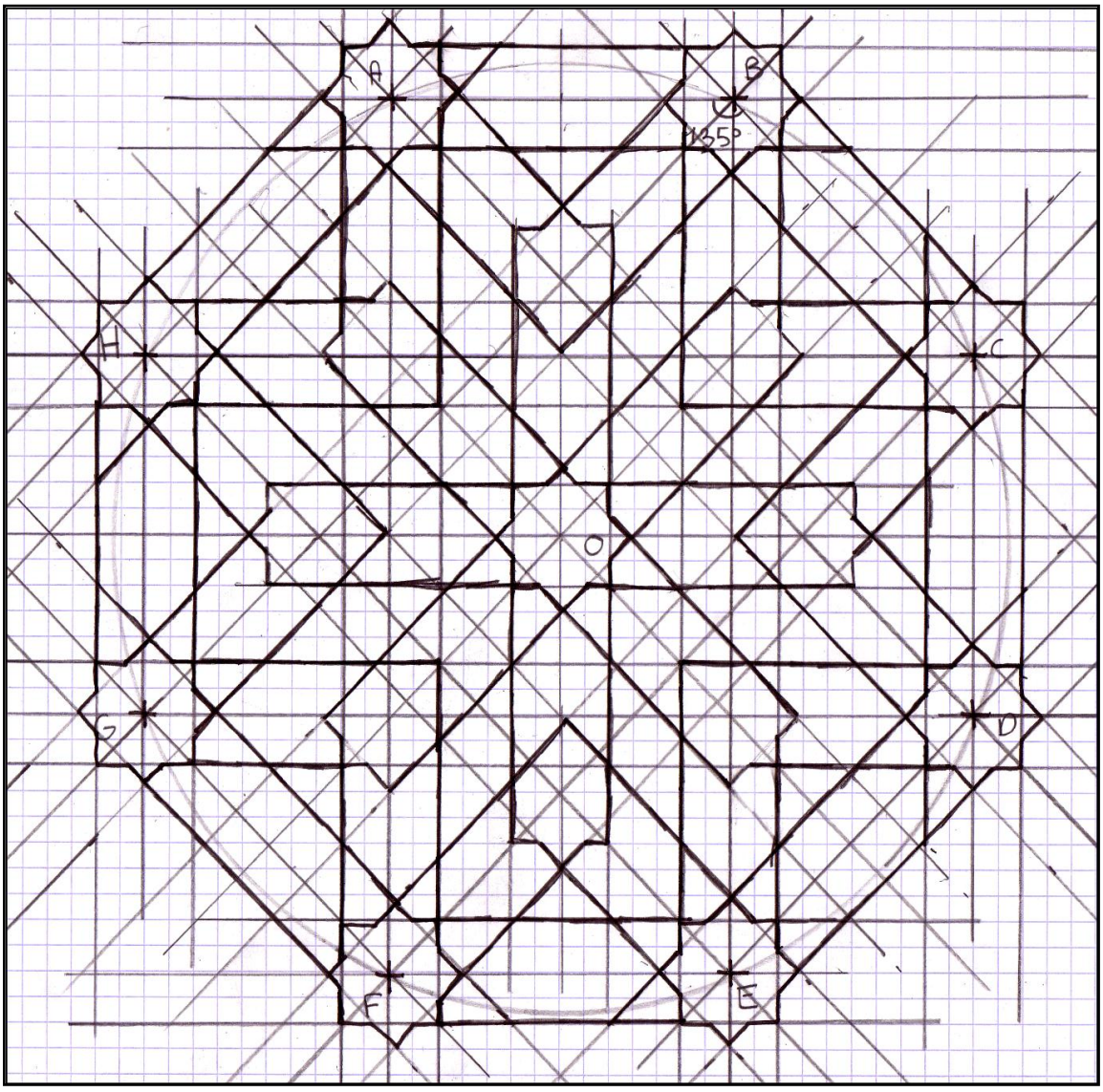


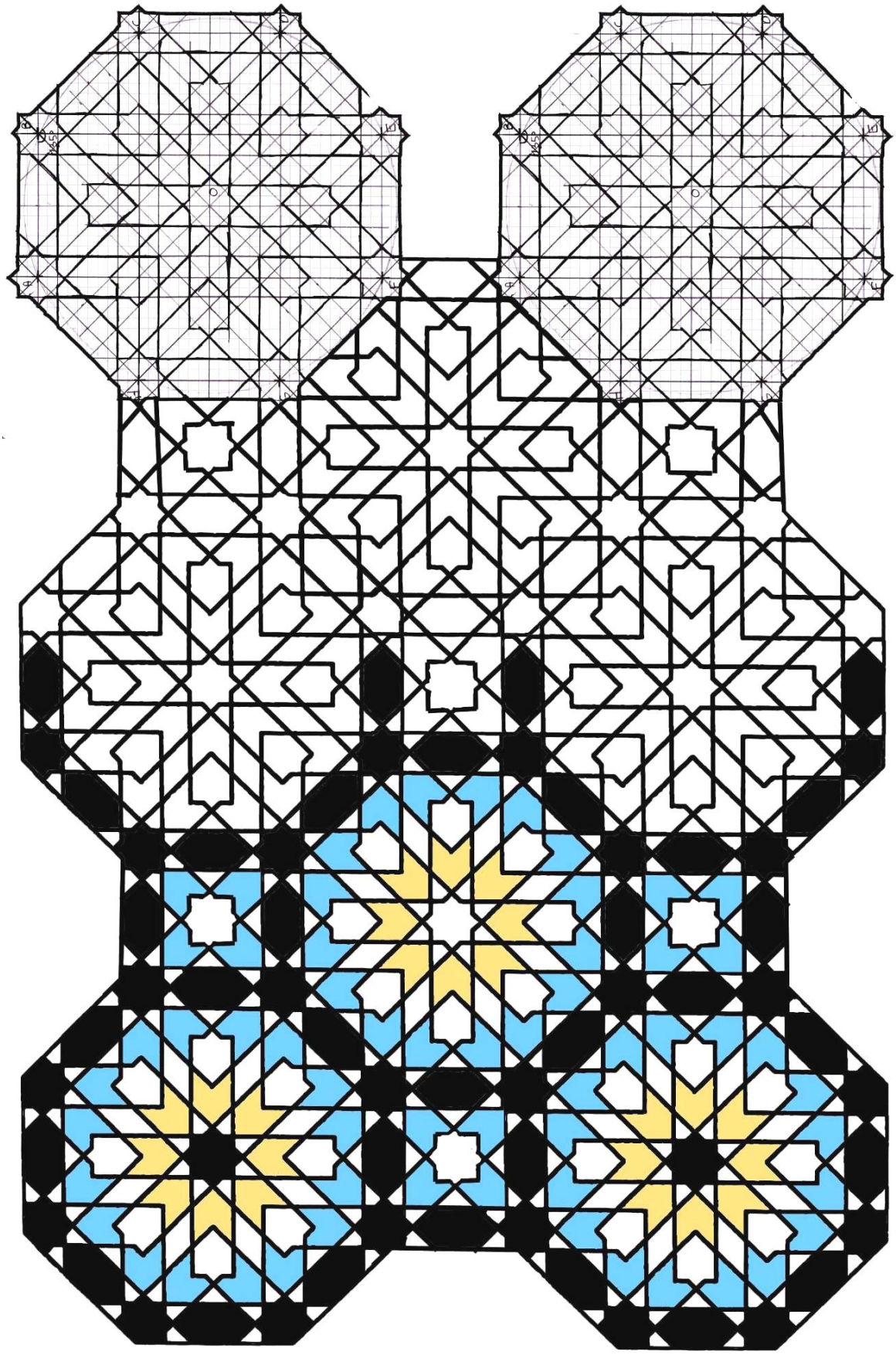


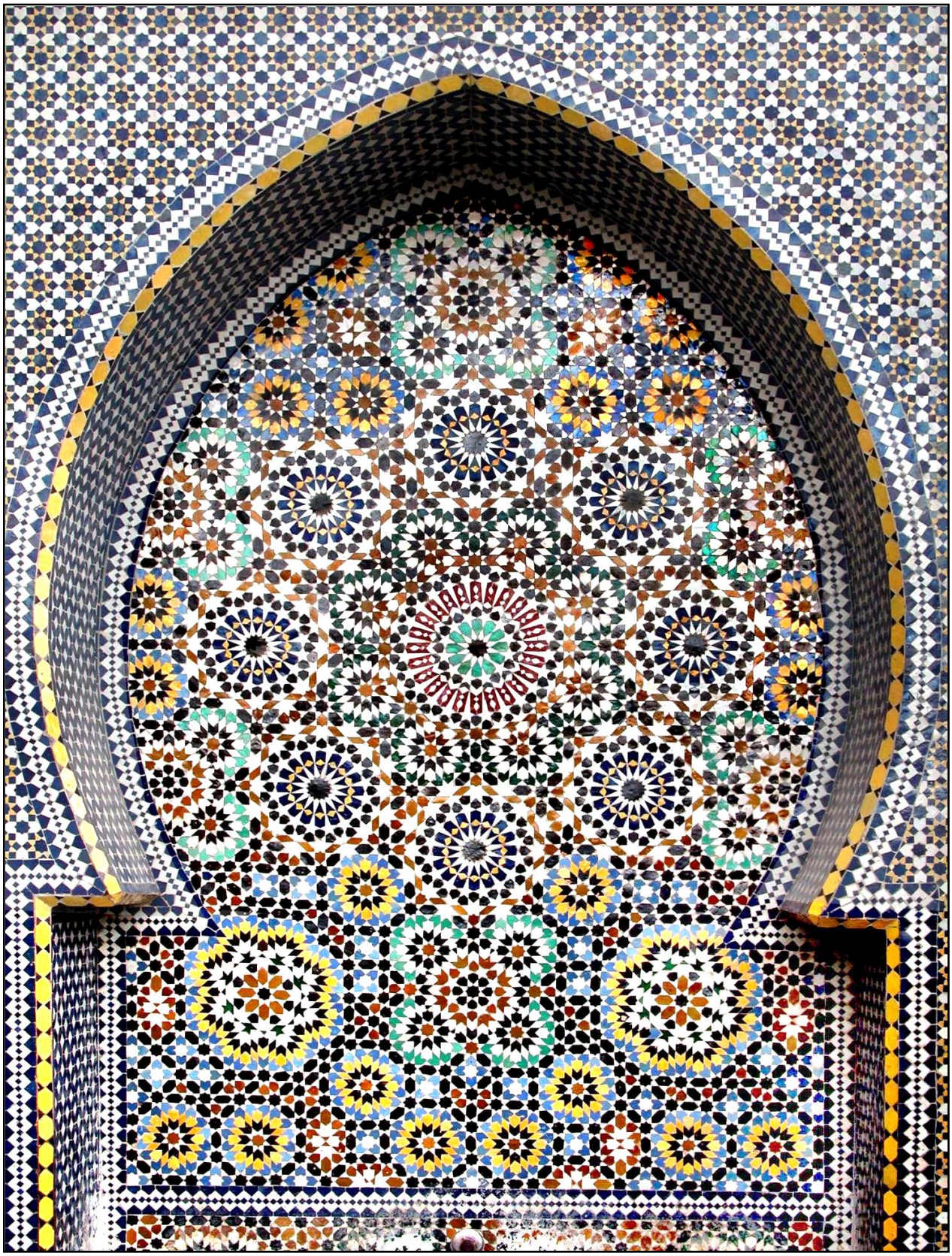







A
B
135°
H
C
O
G
D
F
E



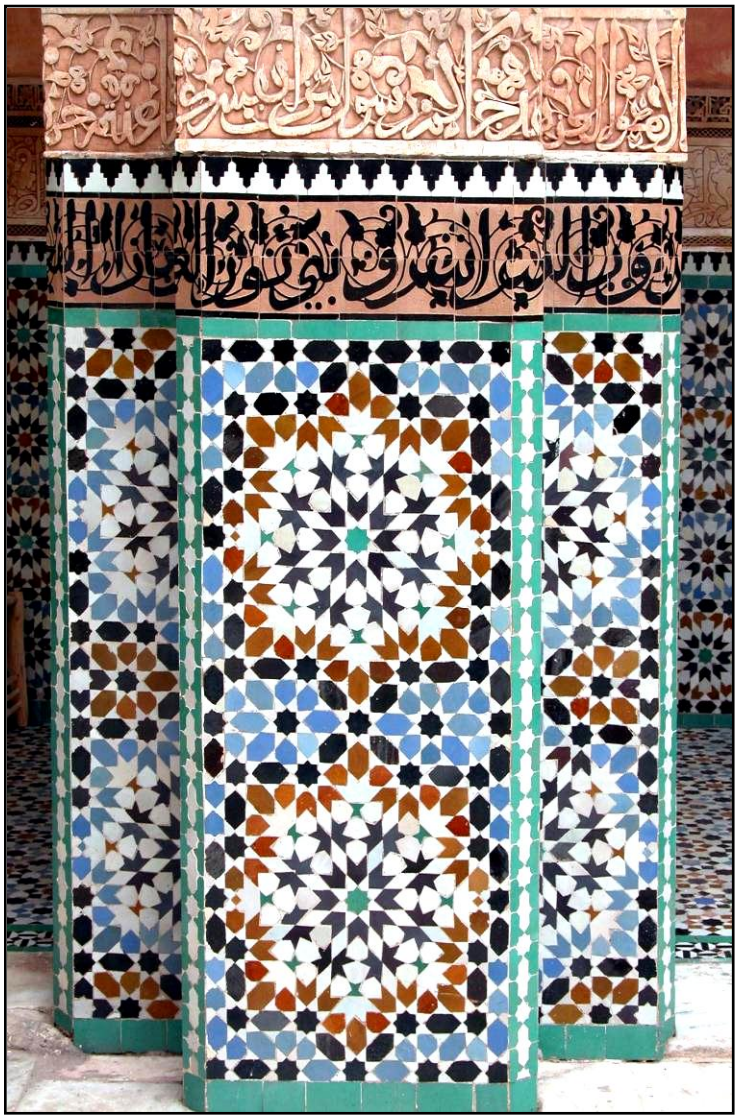


Fontaine Bâb Mansour.

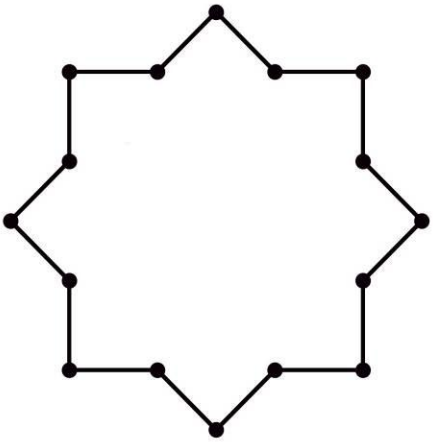
Octogone simple étoilé :

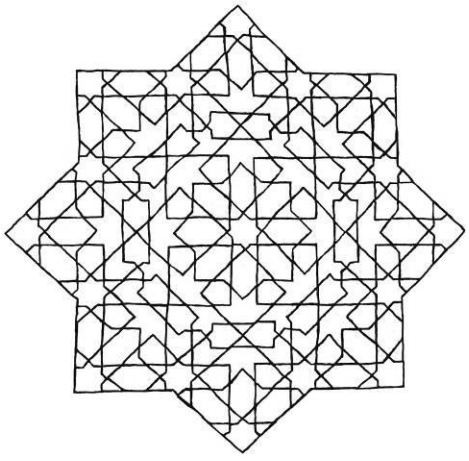


Palais de la Bahia.



Médersa Ben Youssef, Marrakech.



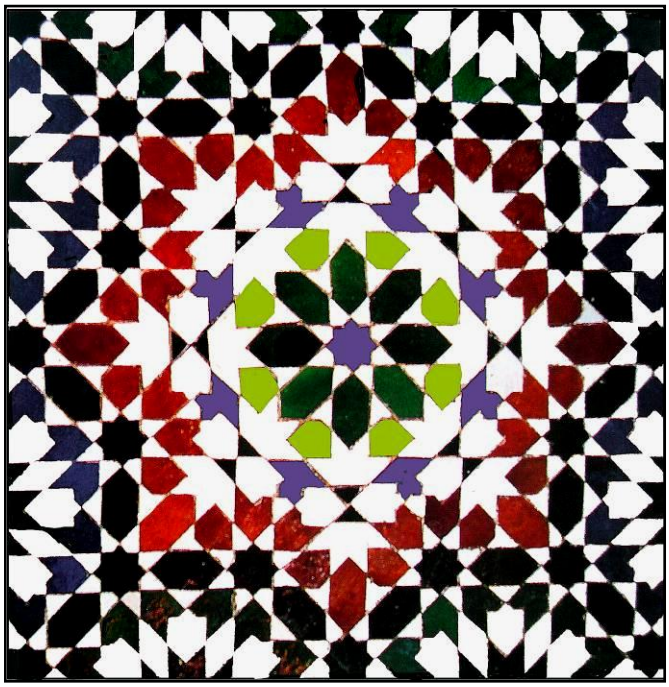


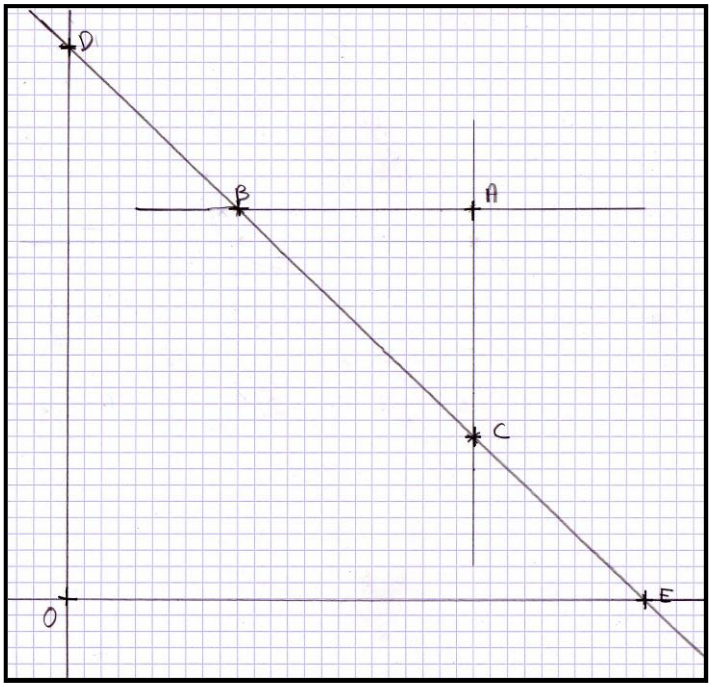


Musée de Marrakech.

Construction pratique

Construction du centre des étoiles :

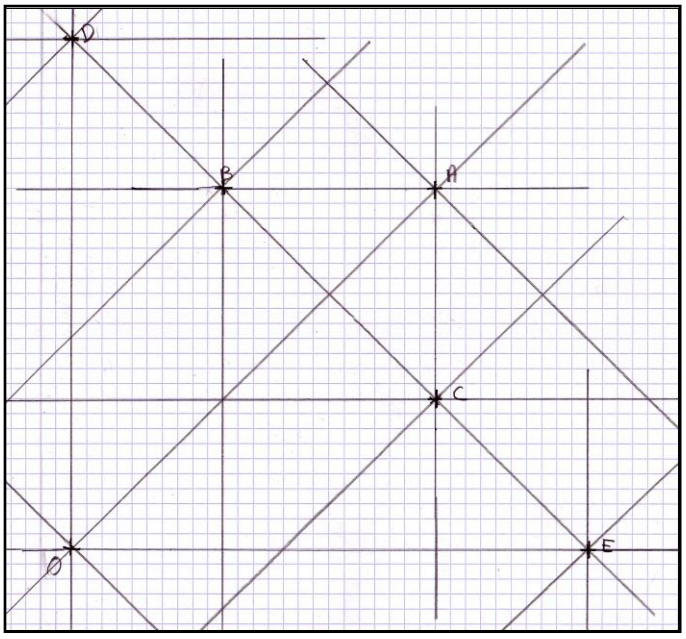


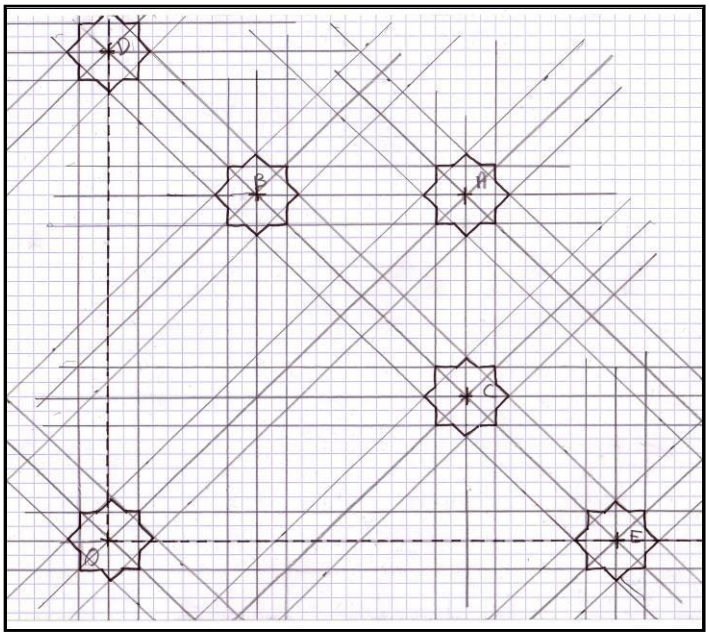


Construction de A , B et C tel que AB soit perpendiculaire à AC et que AB = AC = **m**
Construction de la droite BC et des points D et E tel que BD = CE = **m** sur cette droite.
Détermination de O

Le centre des étoiles est alors défini.

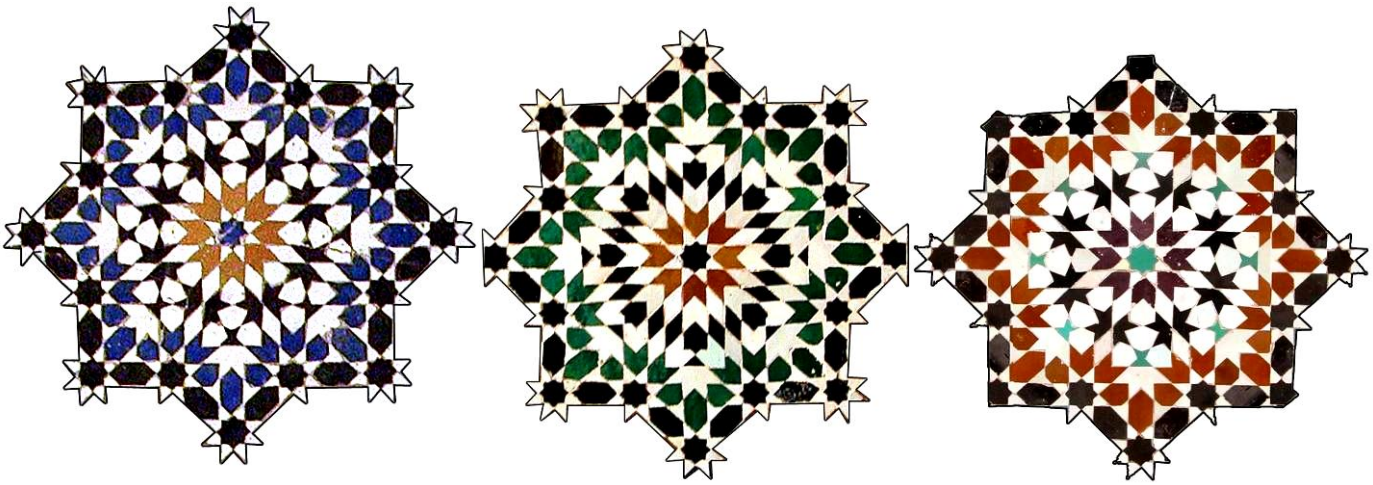
Construction des axes de svmétrie :

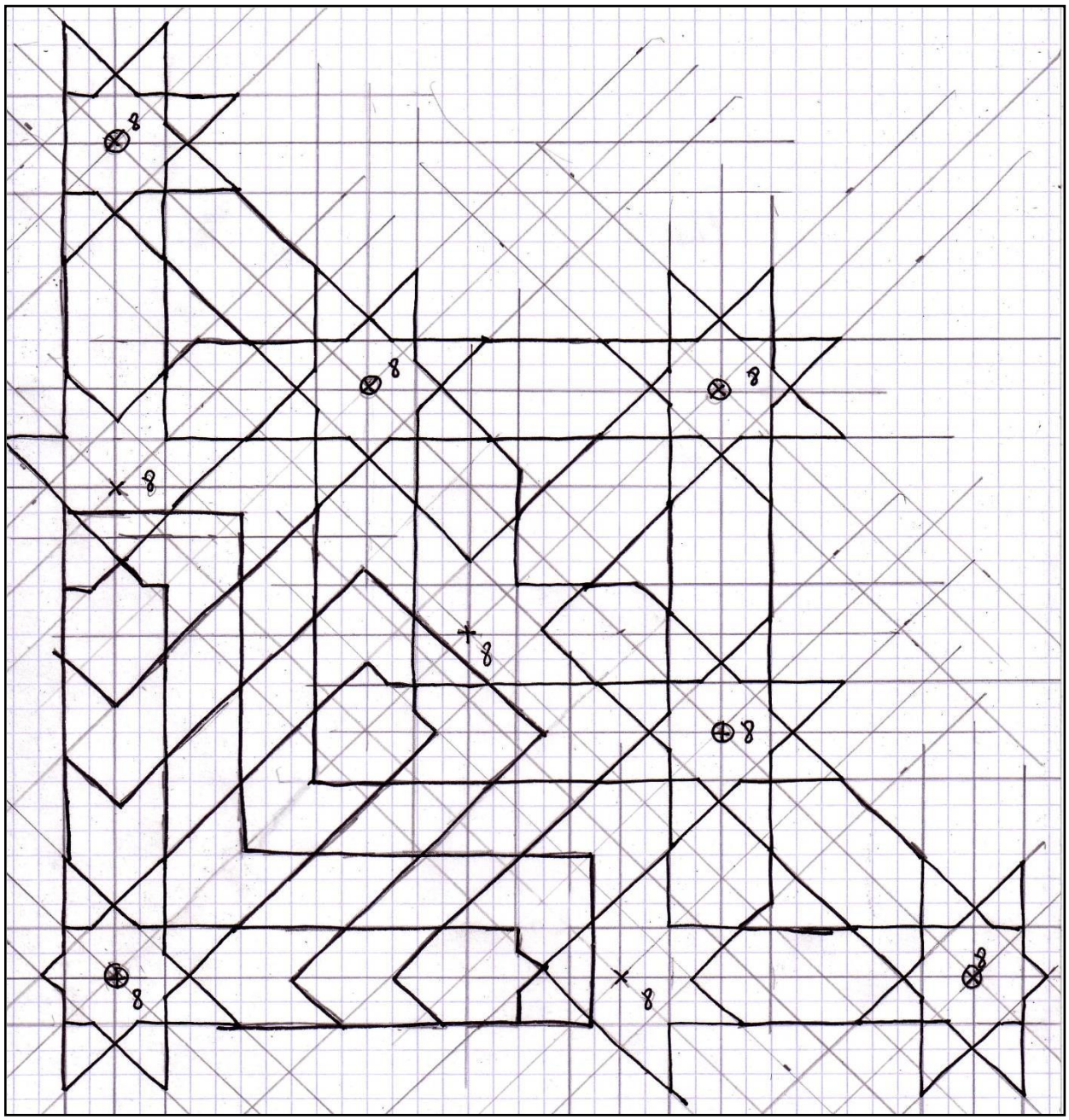




La construction s'effectue sur un quart du dessin.

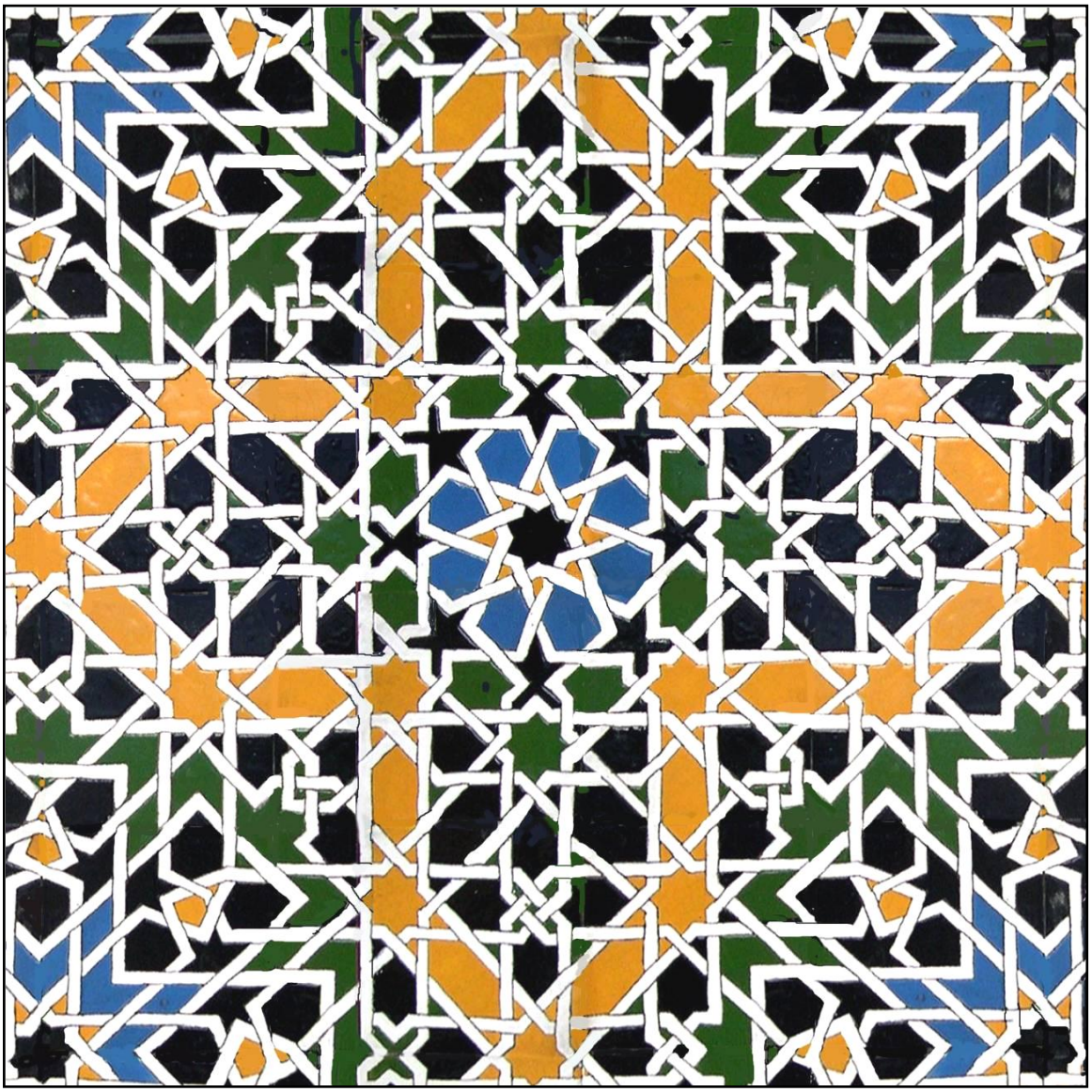
Calcul de **e** *:* m = 7 comme précédemment donc **e** = 2

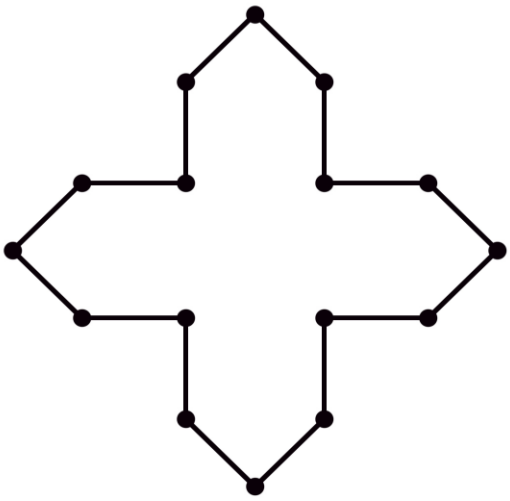


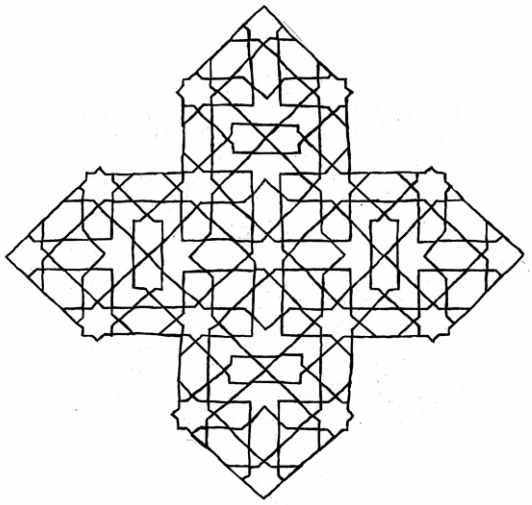


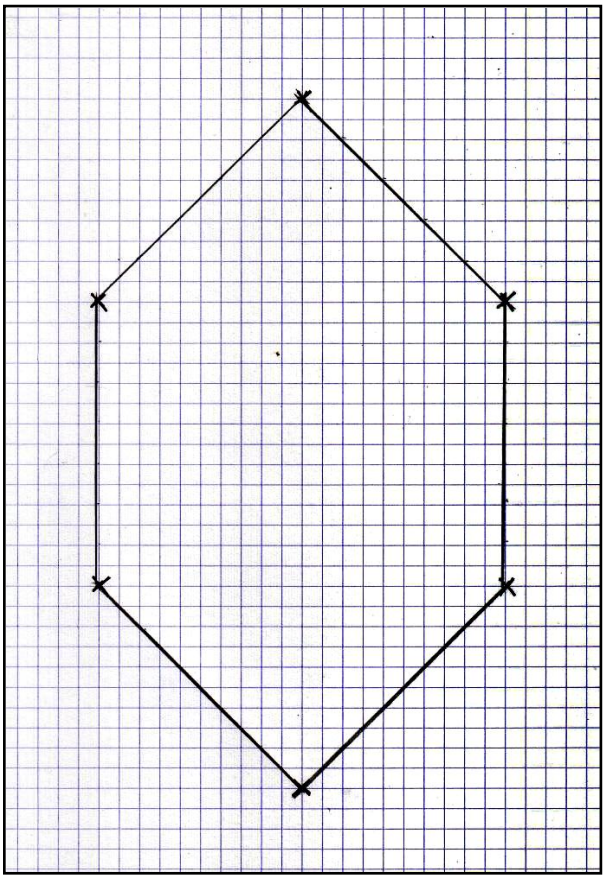
La petite croix :

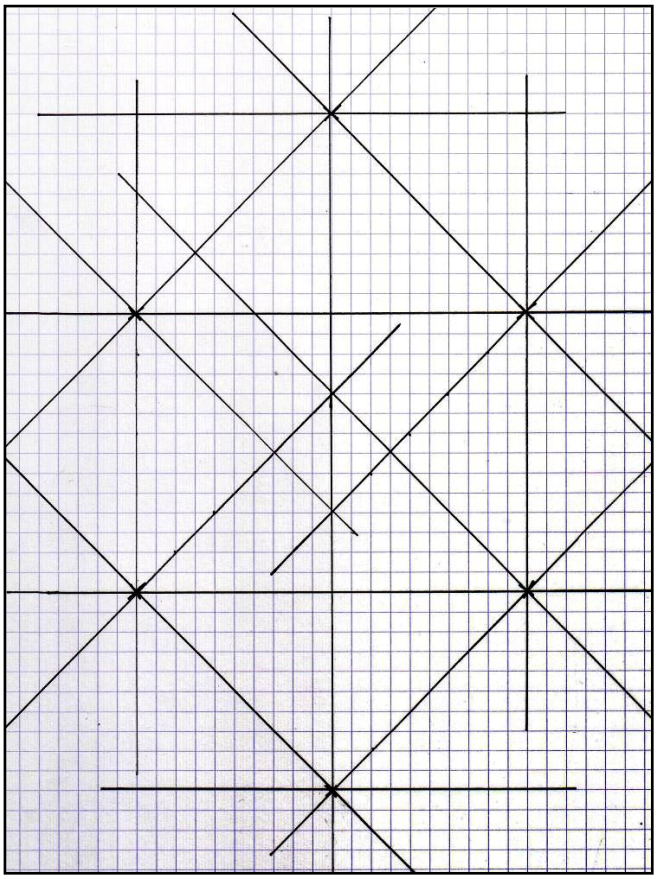
Associée à la composition de quatre octogones étoilés simples.

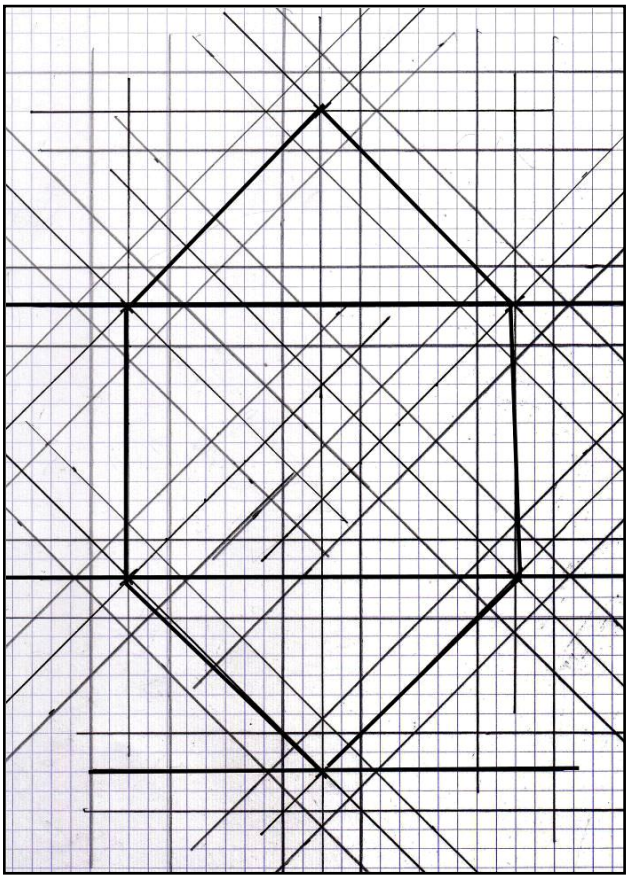


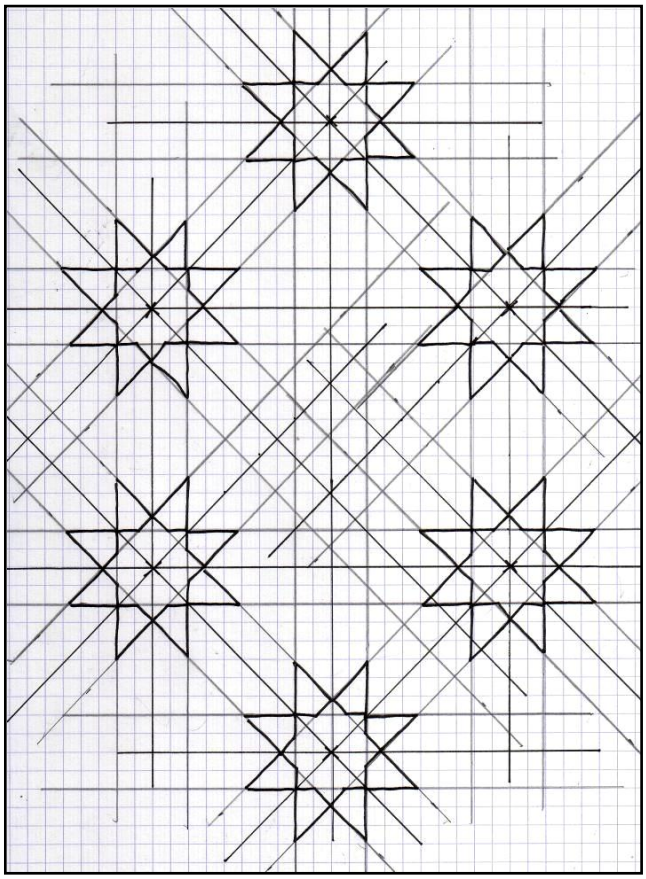


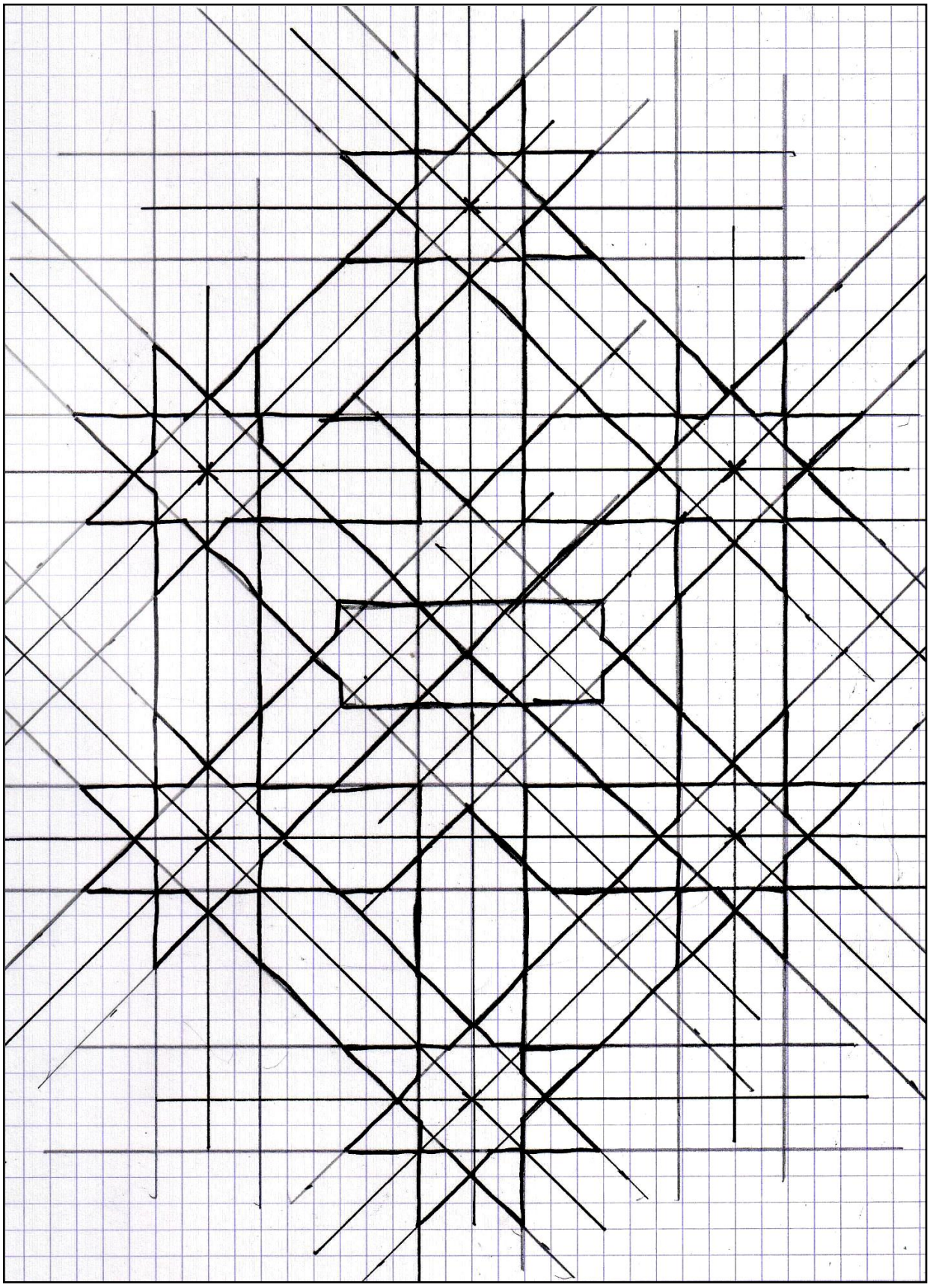






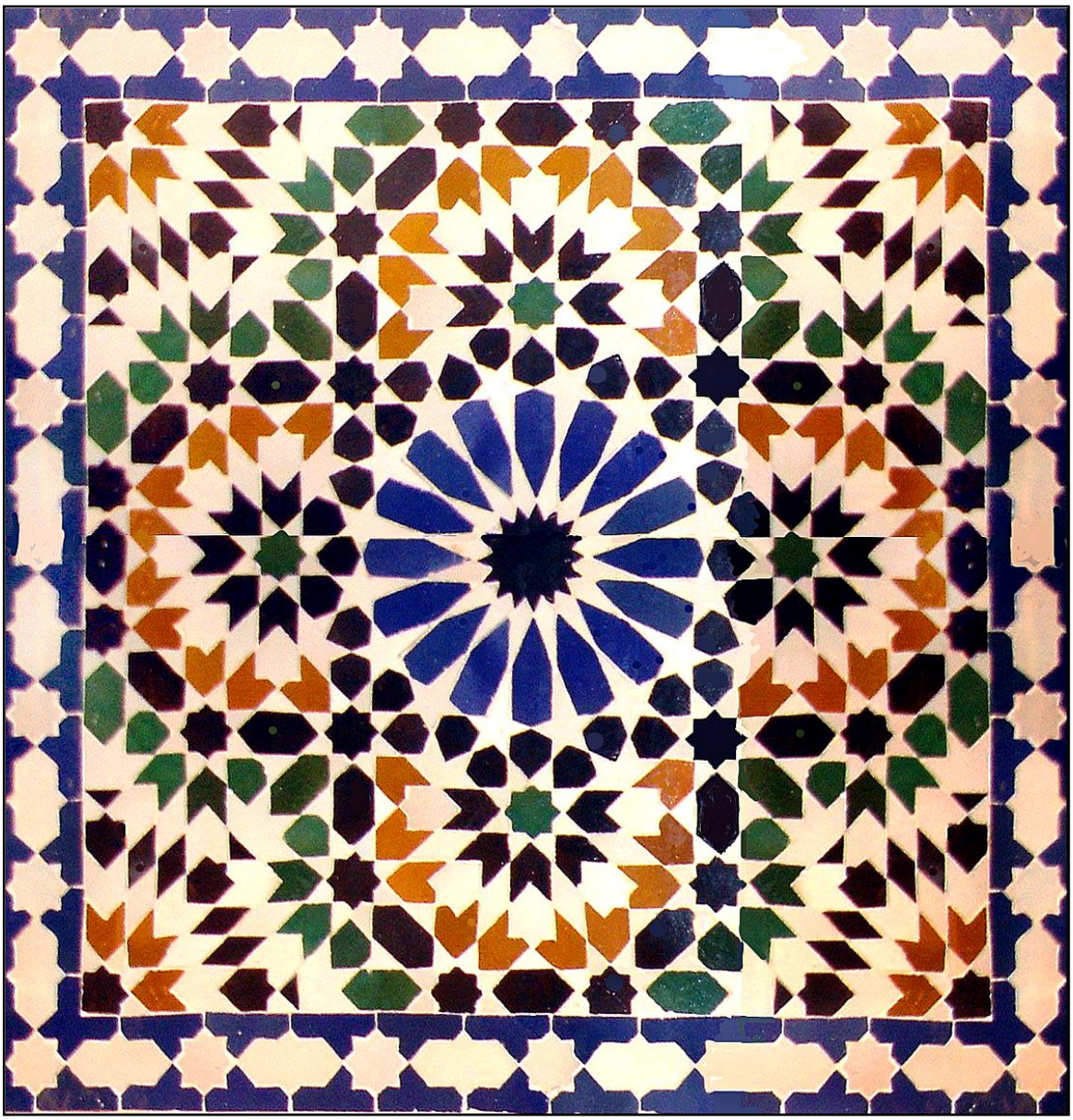


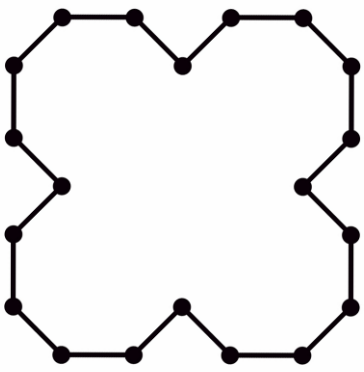




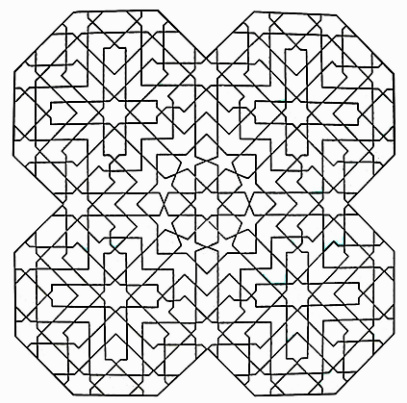
Le trèfle à quatre feuilles :

Le trèfle à quatre feuilles peut être considéré comme la composition de quatre octogones simples.



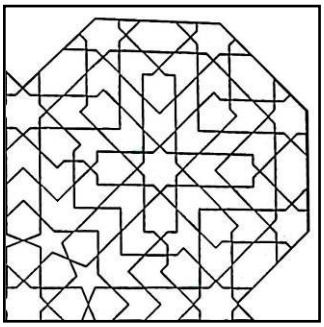
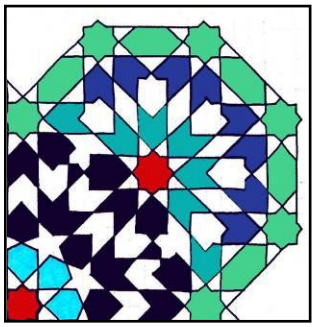
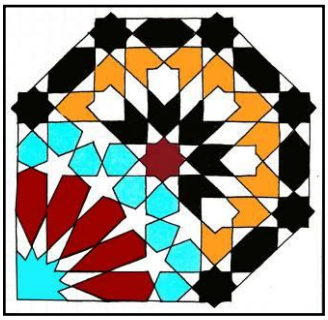
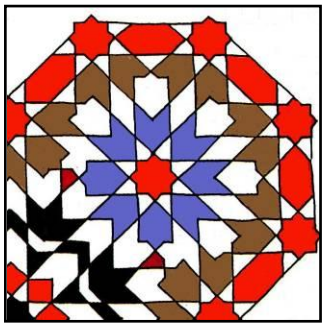
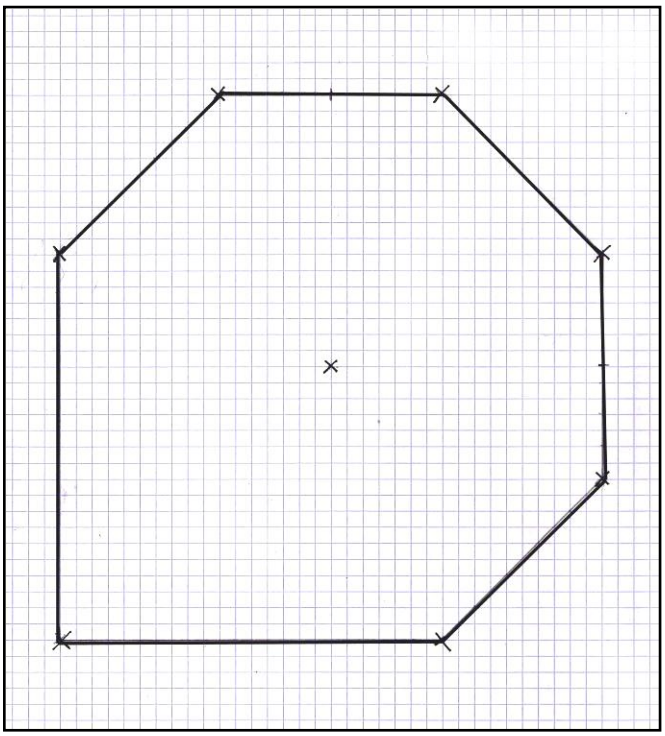
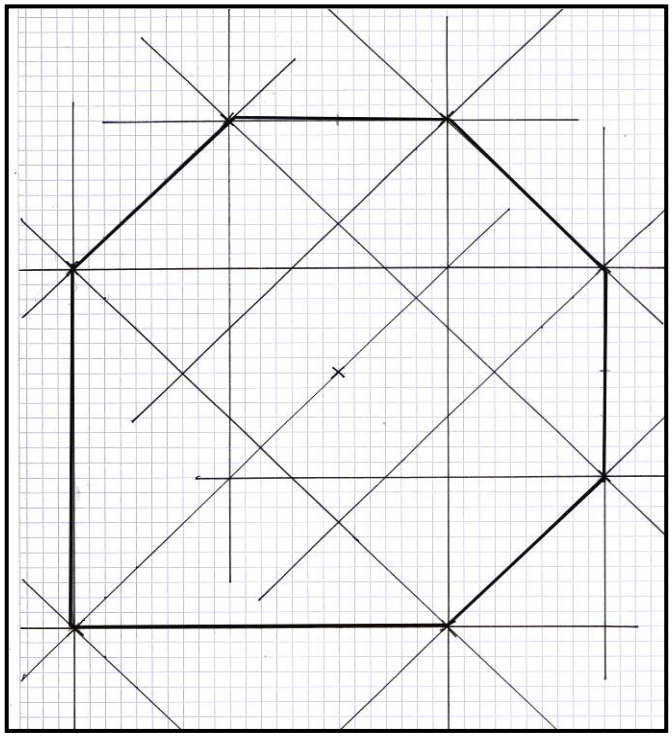
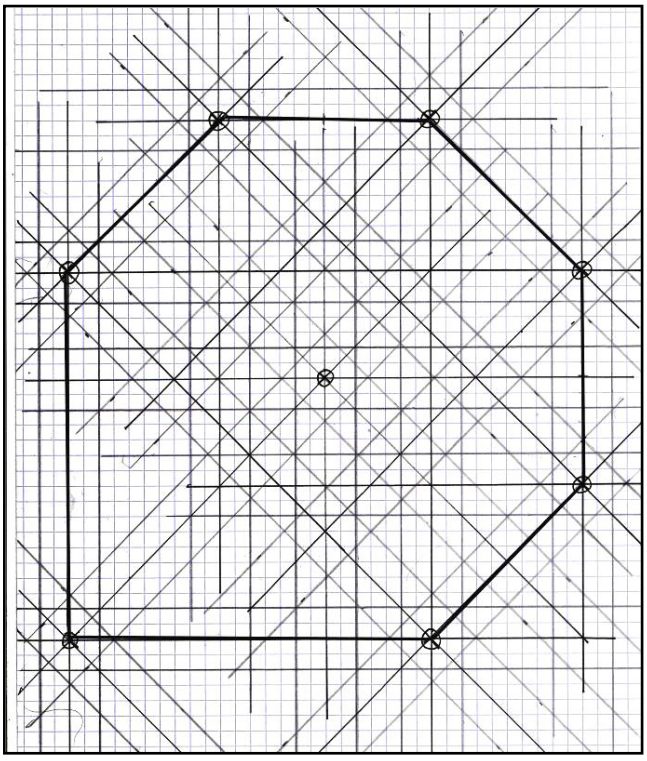
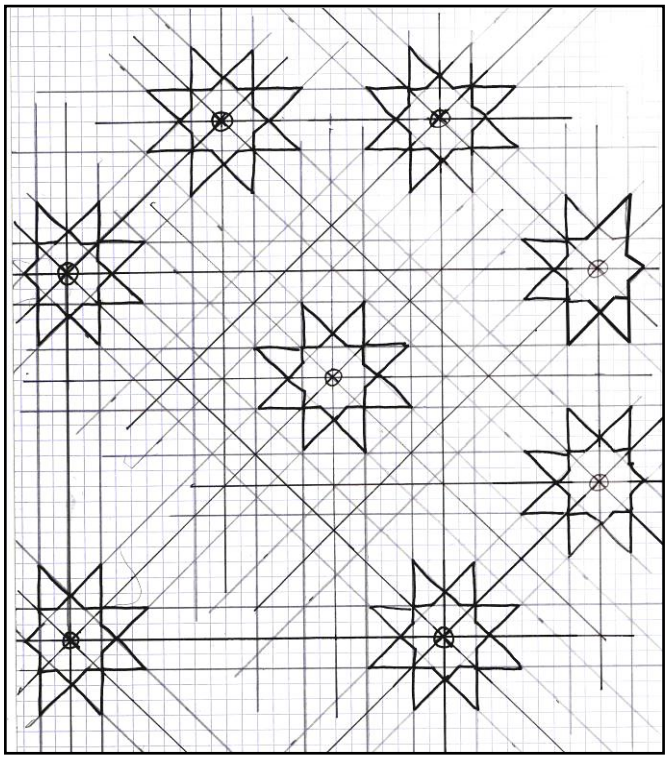


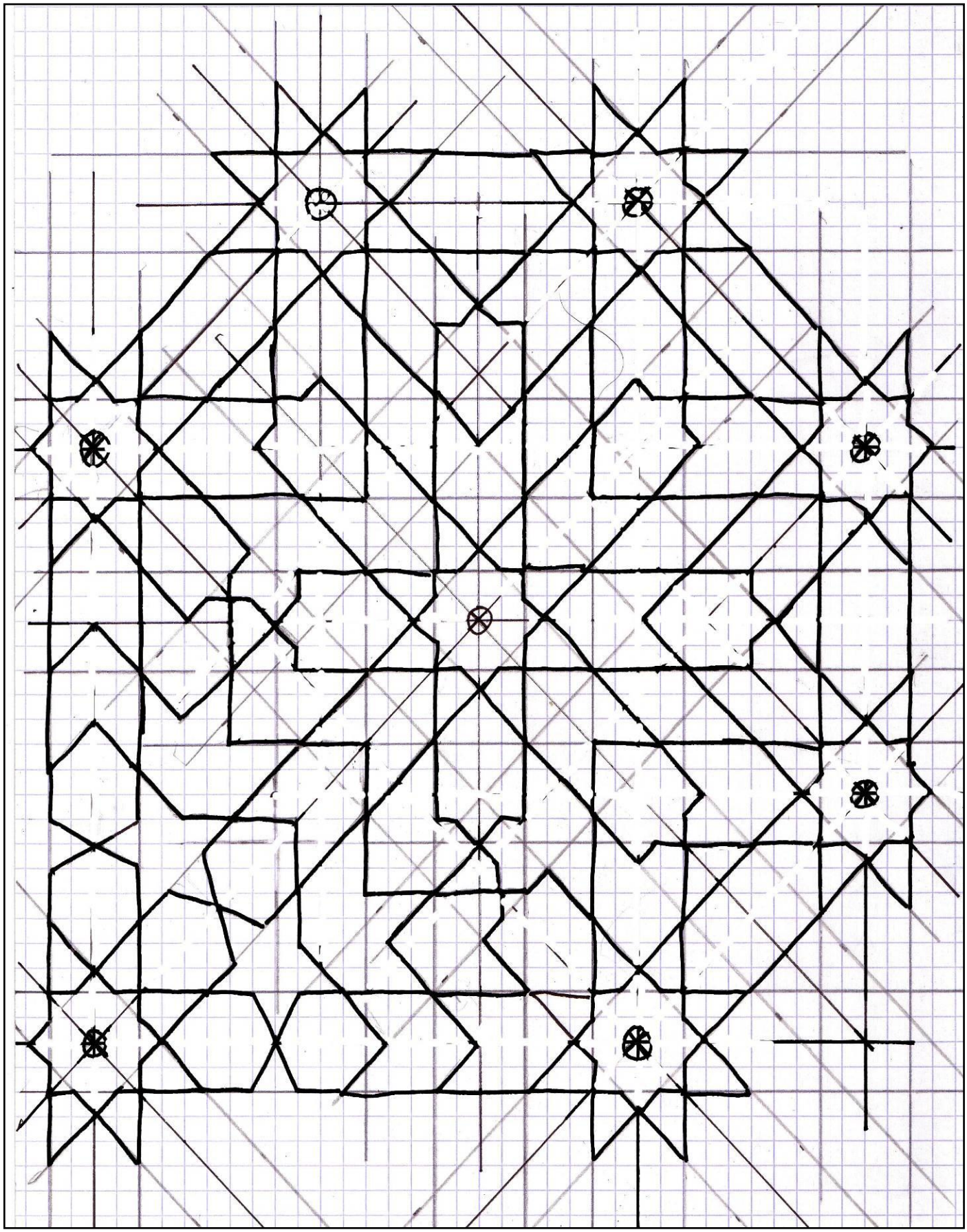
Palais royal de Marrakech.

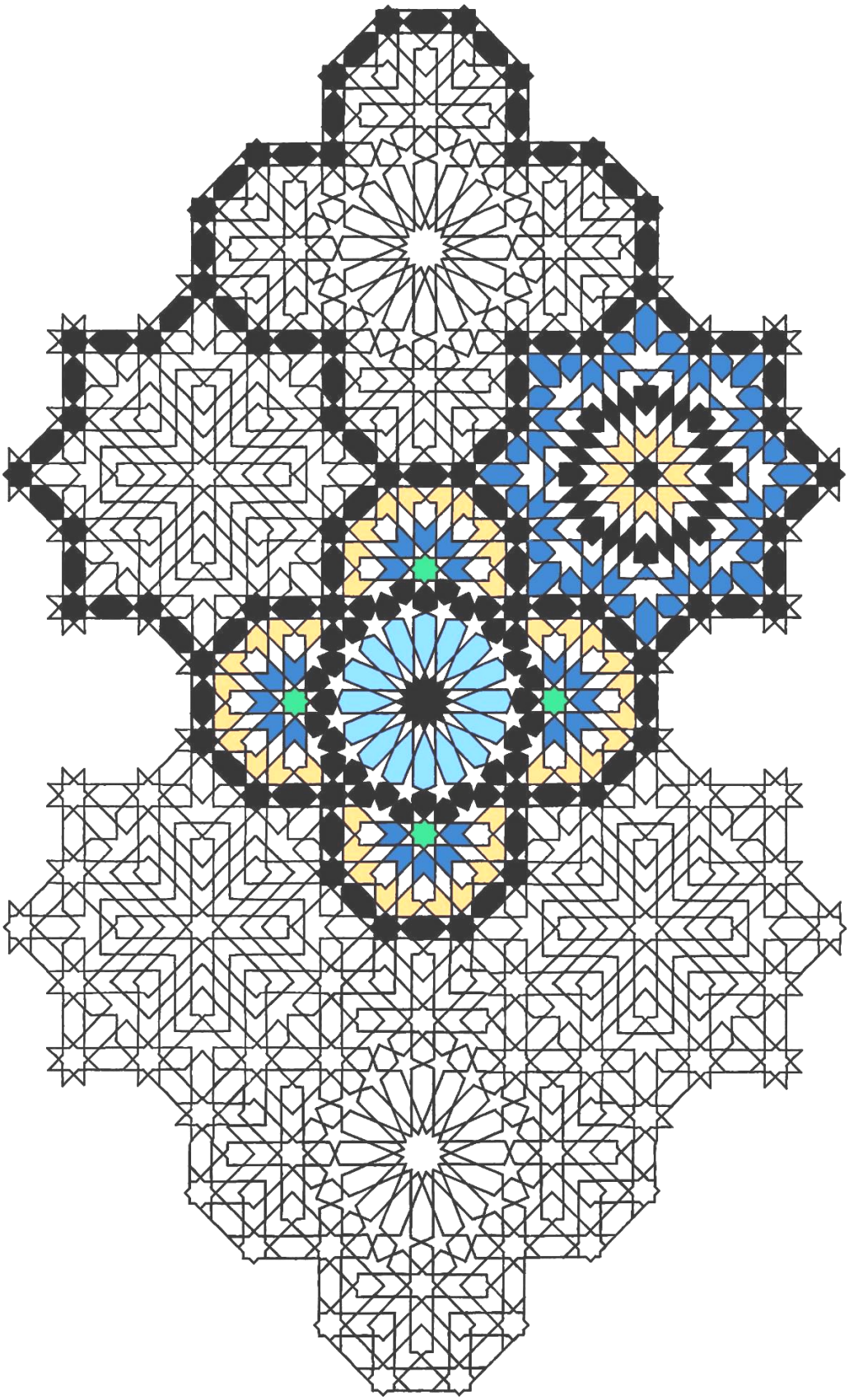




Musée de Marrakech.

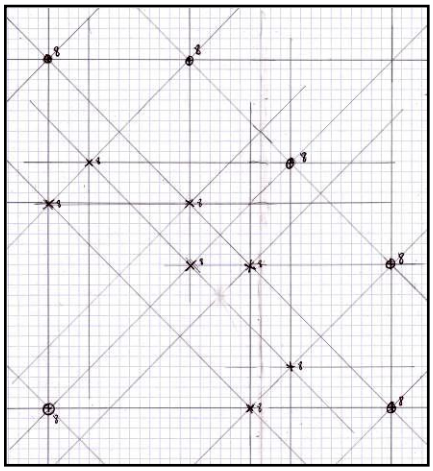


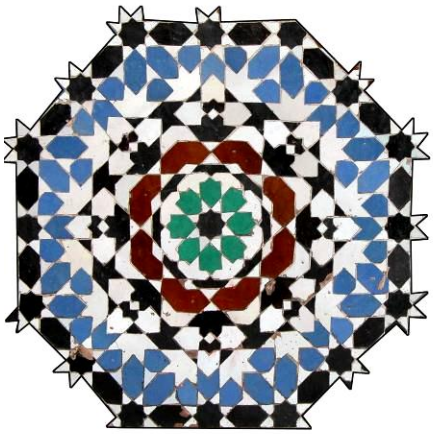


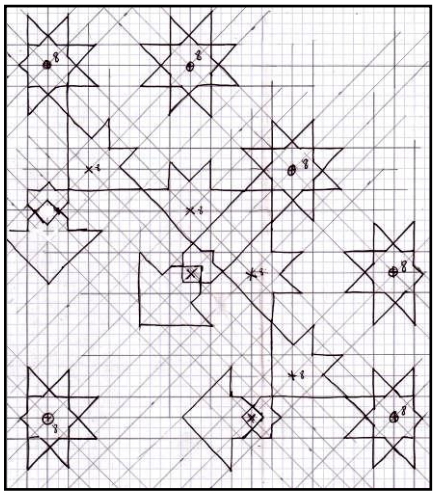
Double octogone :

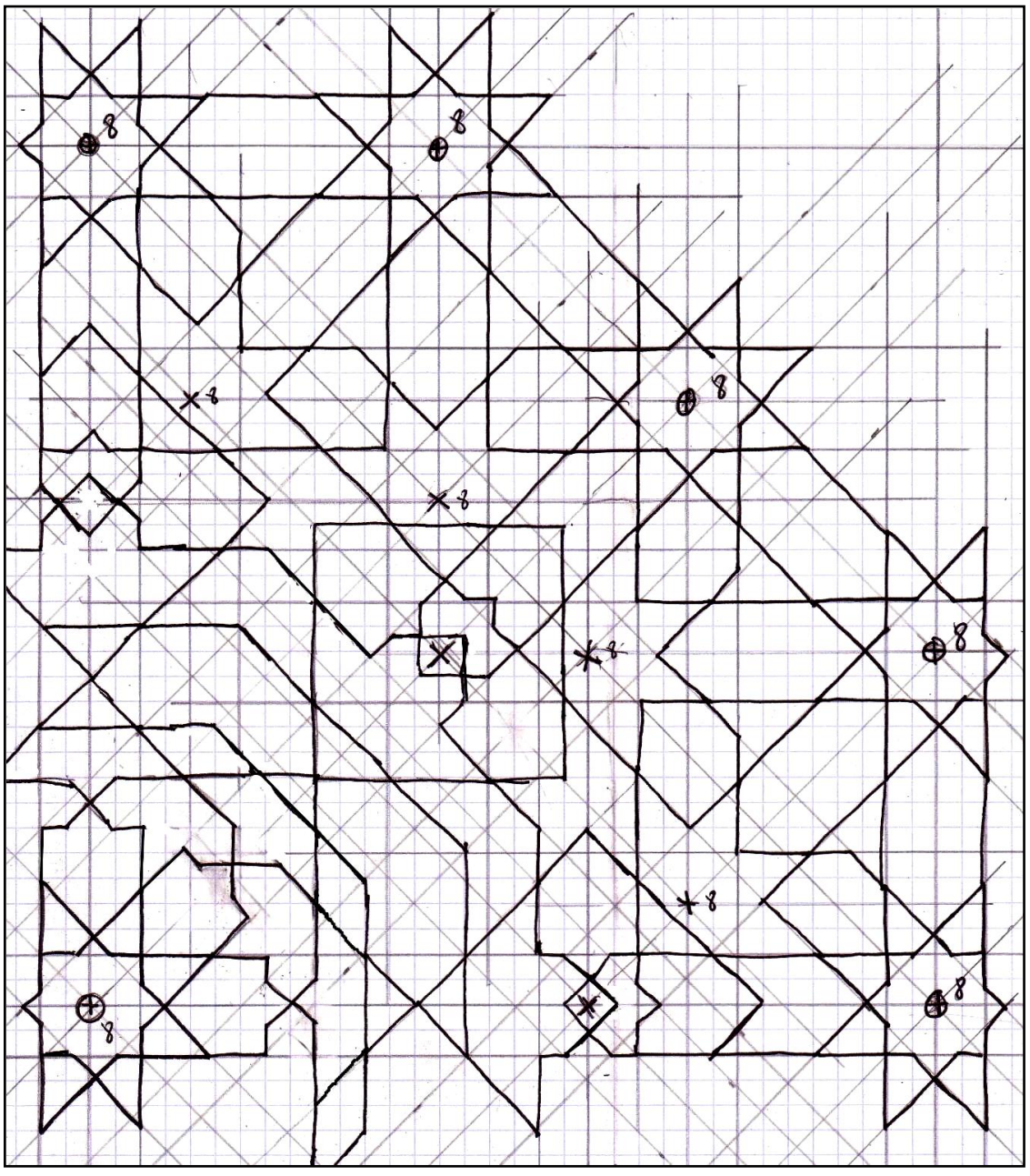


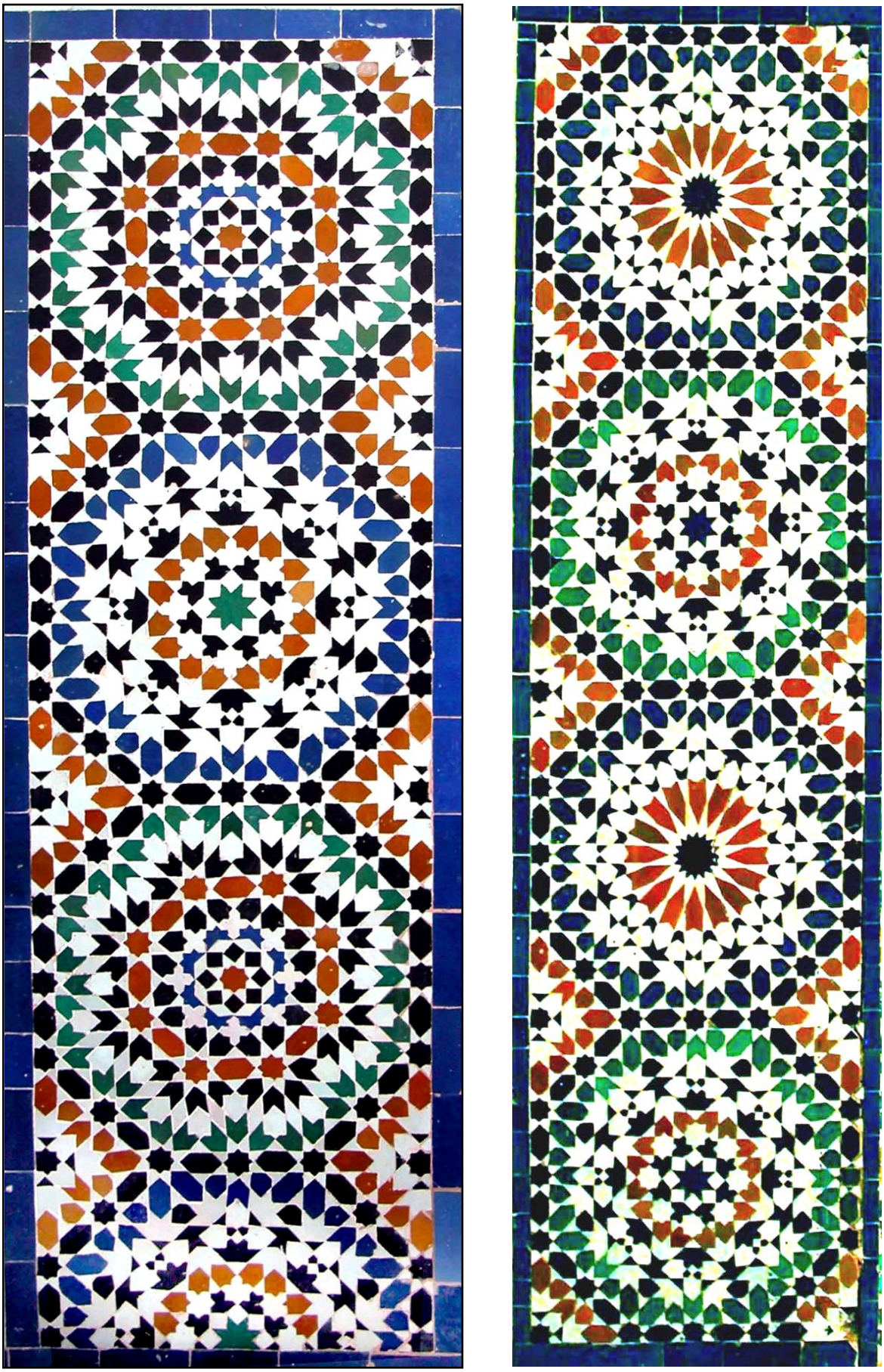
Fontaine de la tour Hassan à Rabat.



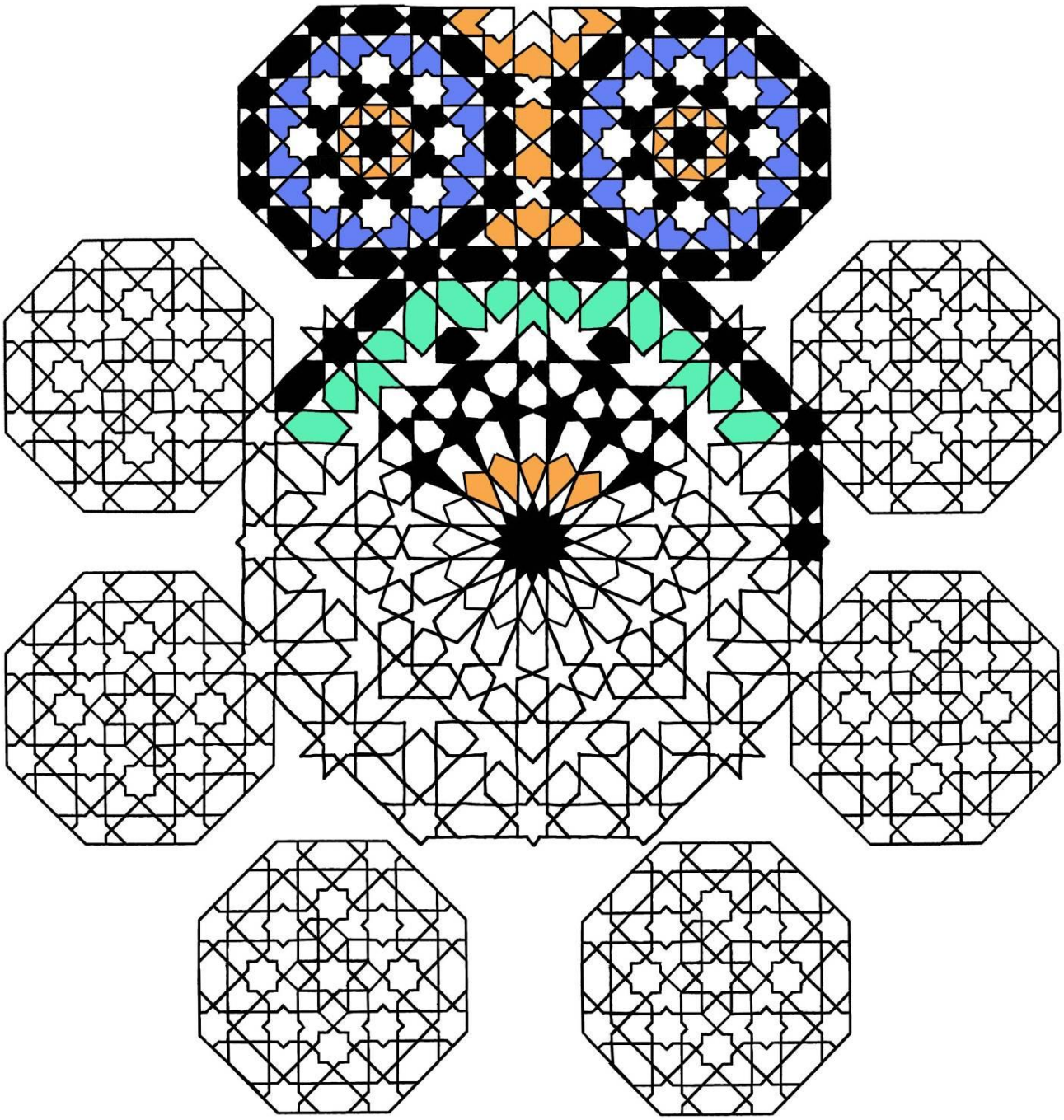


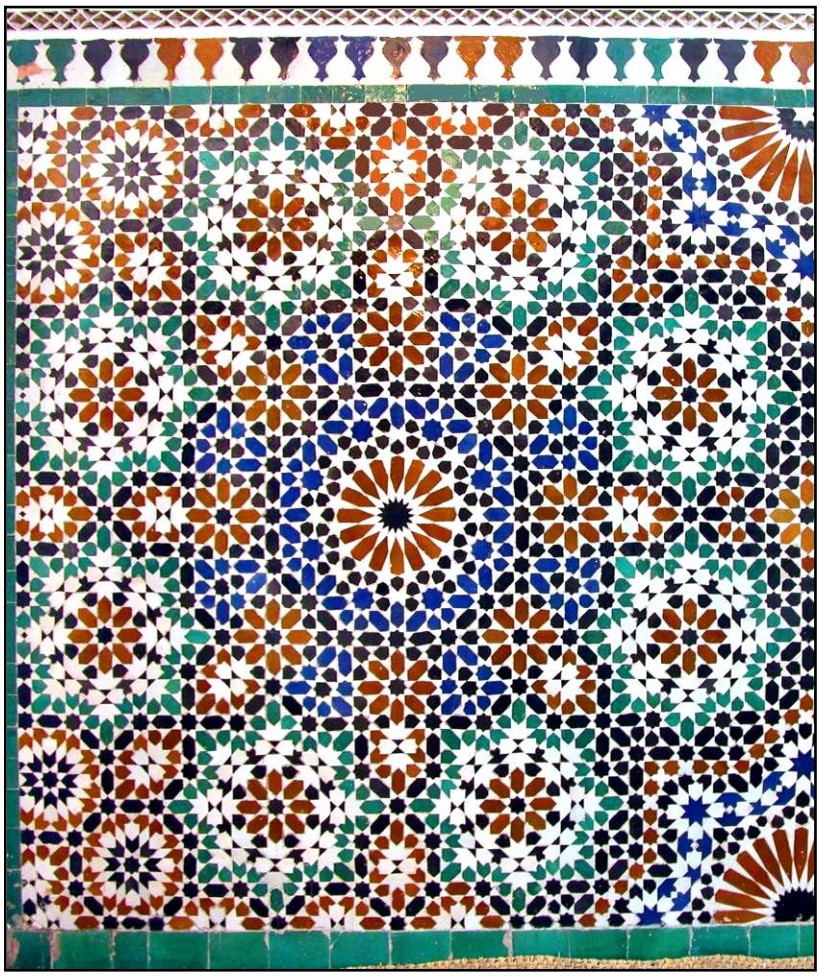


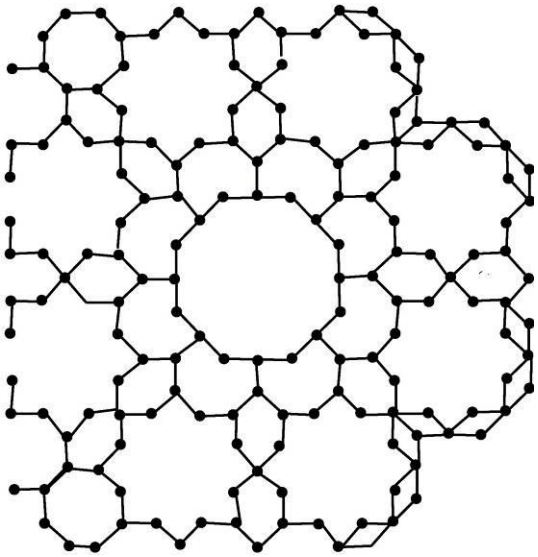




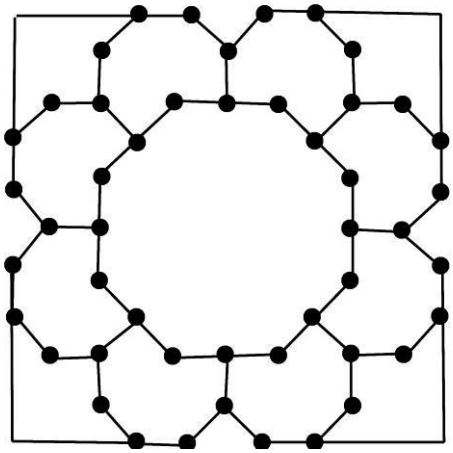
Octogones doubles au musée de Marrakech.







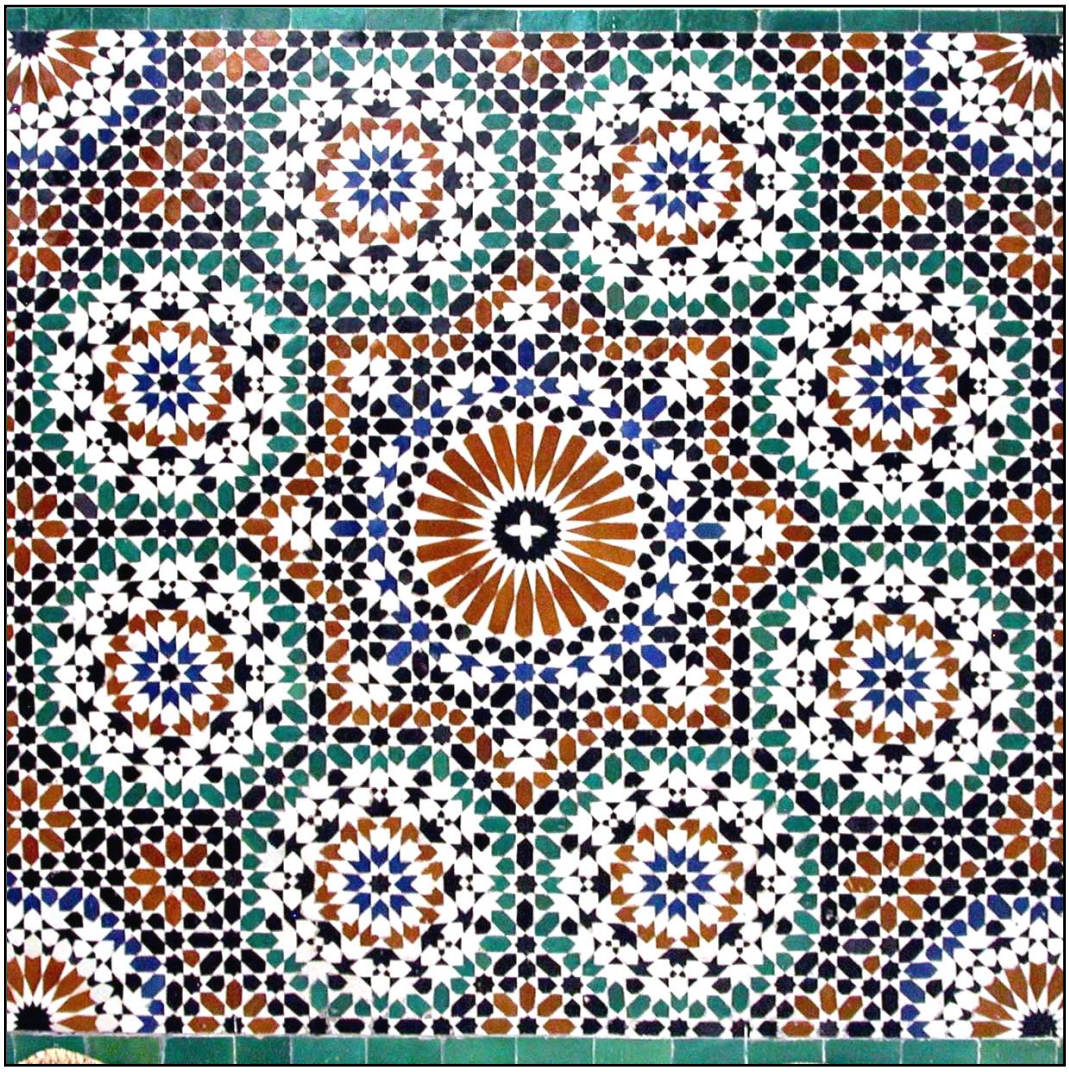
Mausolée Moulay Ismaïl à Mekhnès.



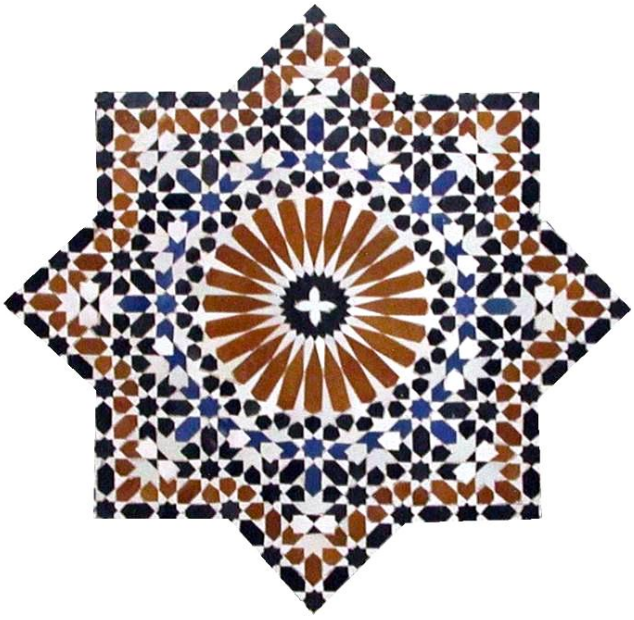


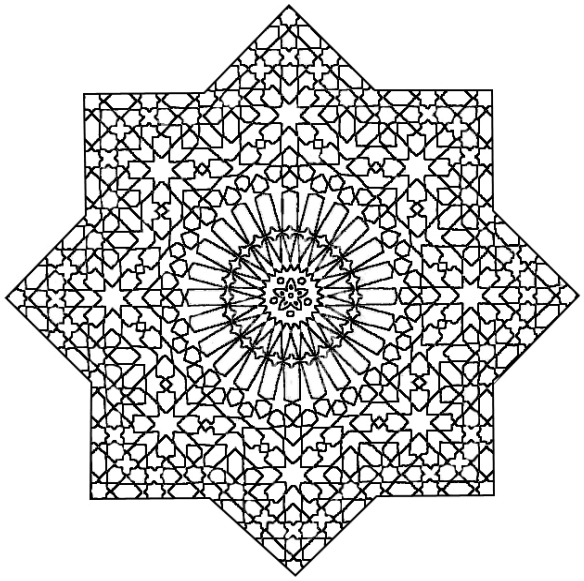
Palais de la Bahia à Marrakech.

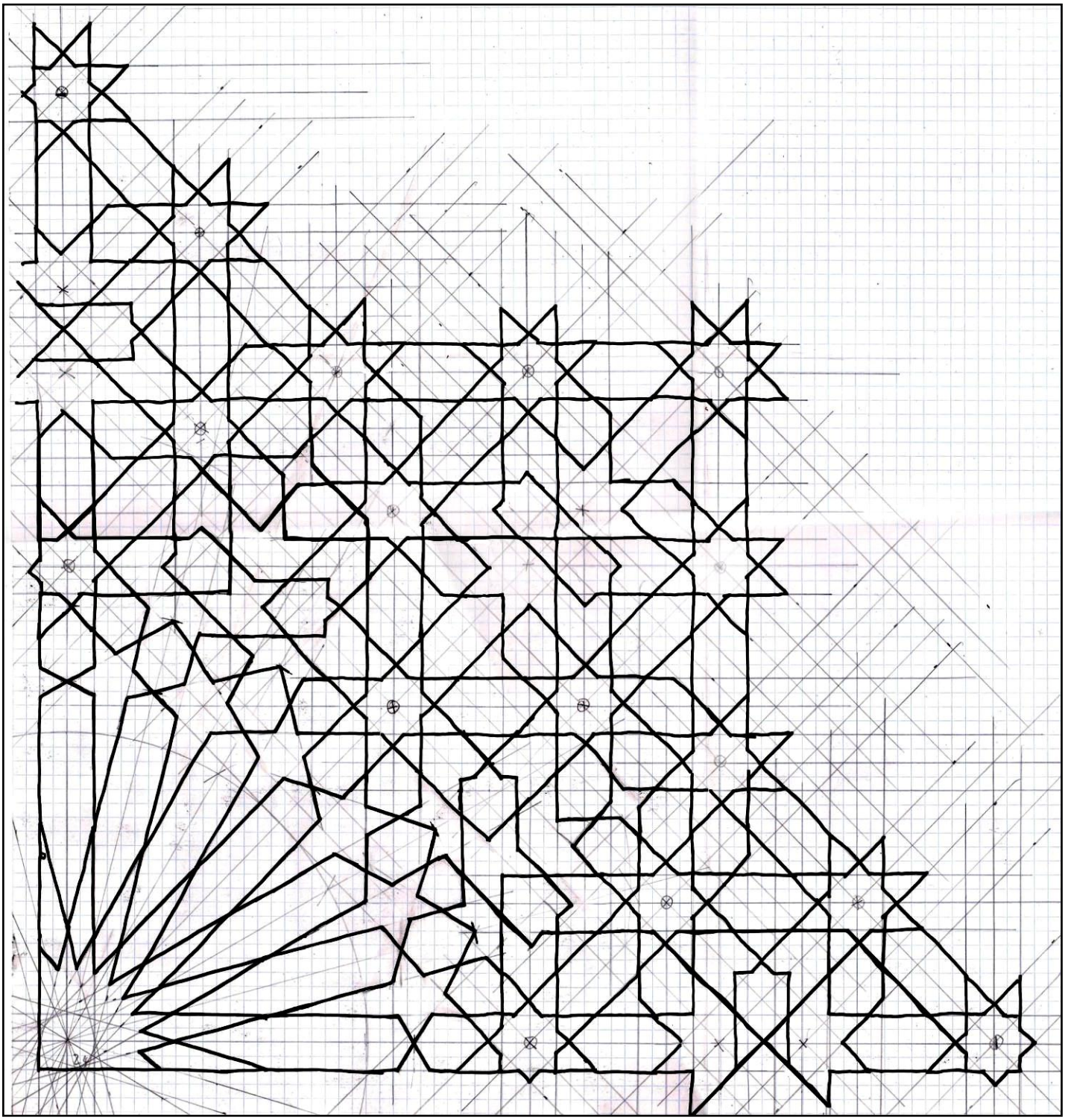
Octogone étoilé double :

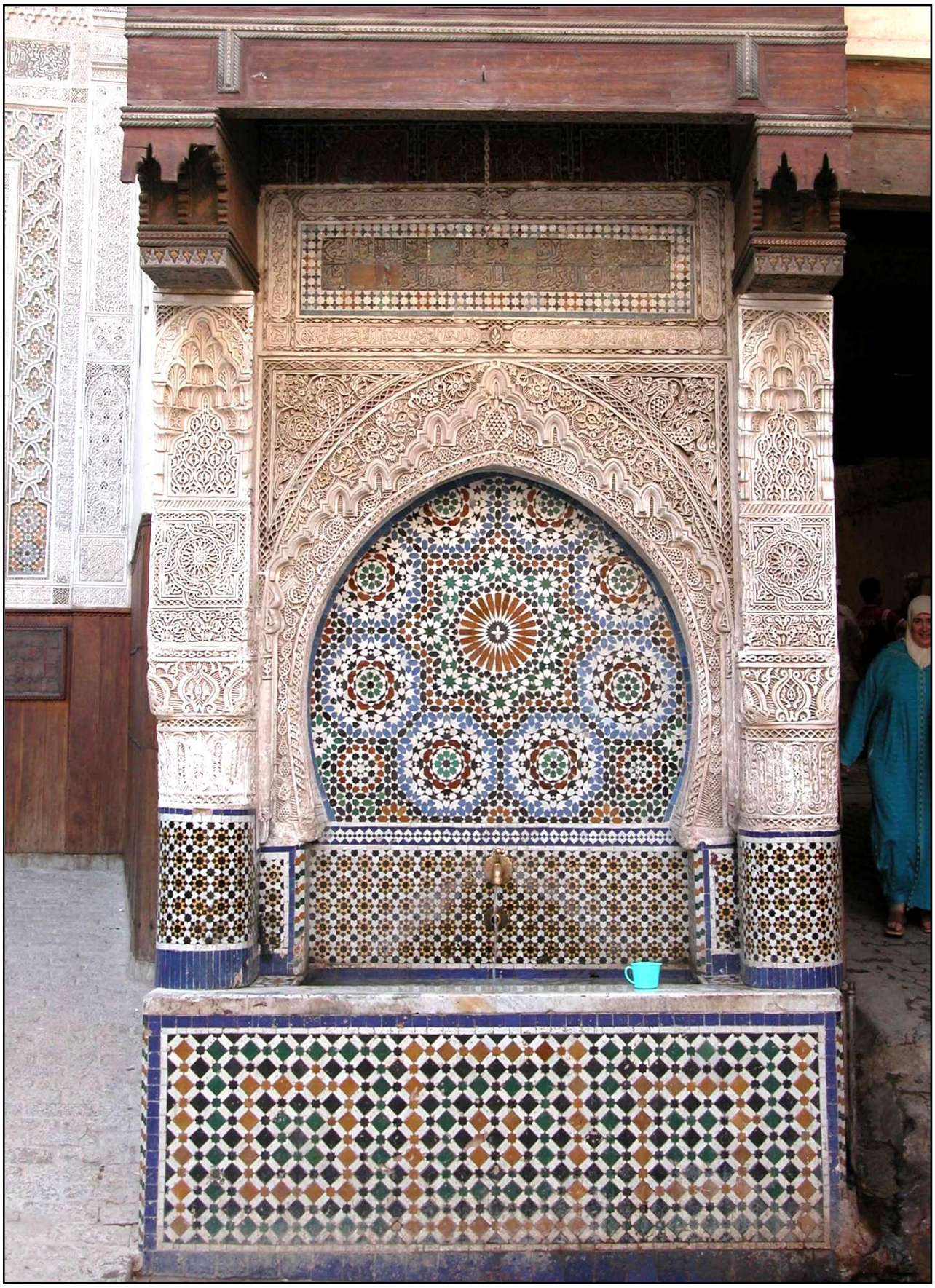


Mausolée de Moulay Ismaïl à Mekhnès.

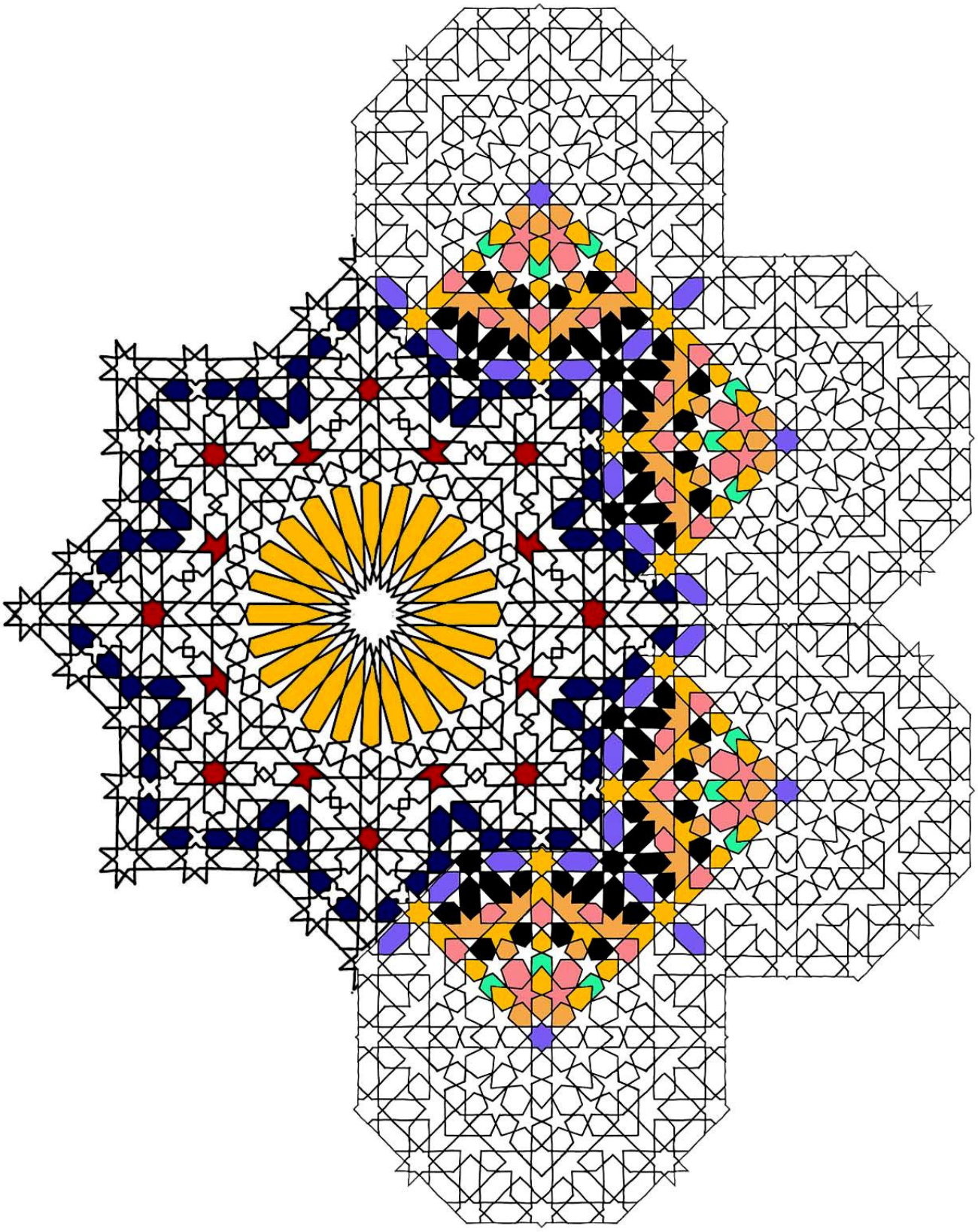


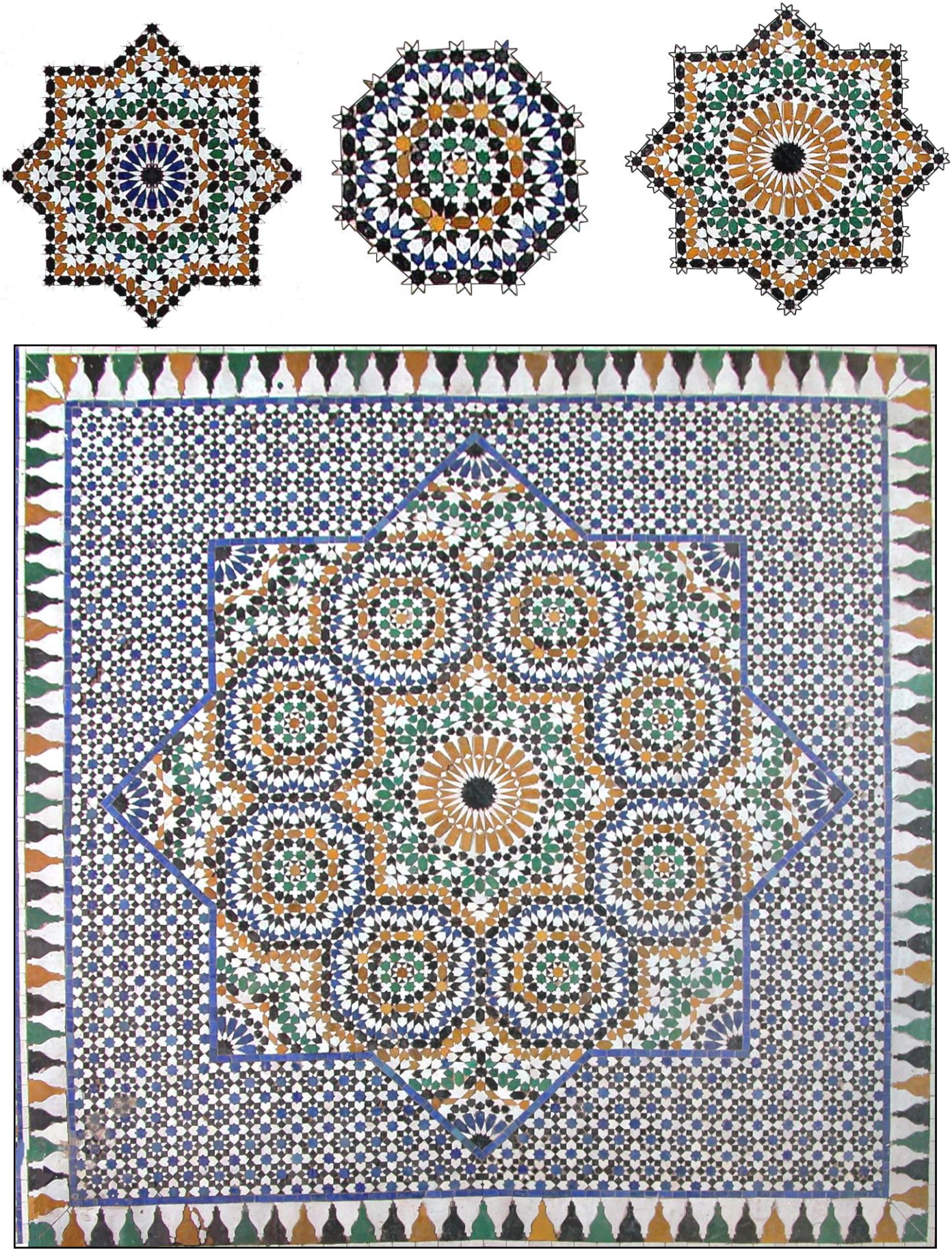






Fontaine de la place Nejjarîn dans la médina de Fès.





Mosaïque de sol du musée des Oudayas à Rabat.

Famille octogonale : Système modulaire convergent : composition de squelettes simples.

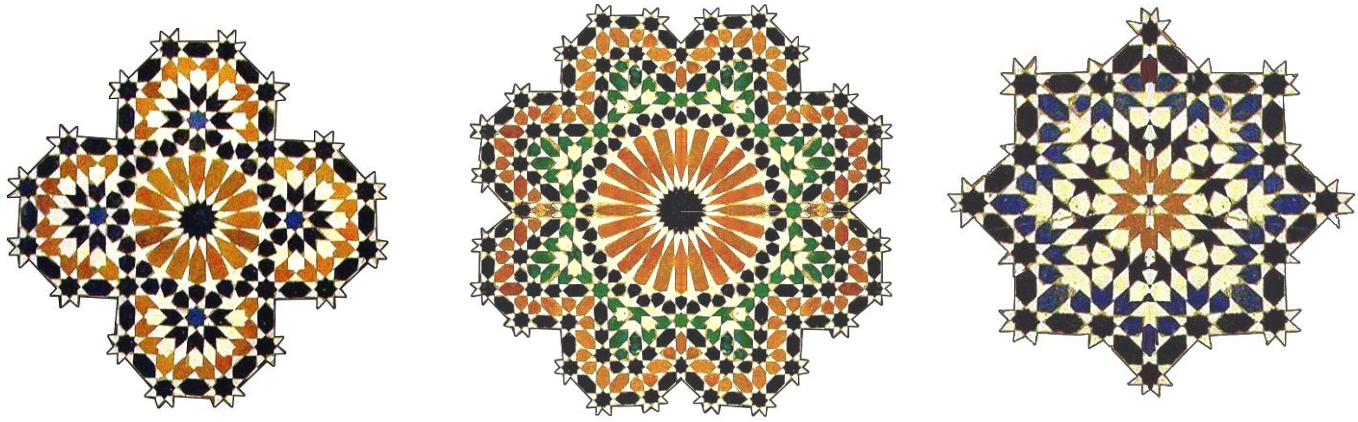
La marguerite :

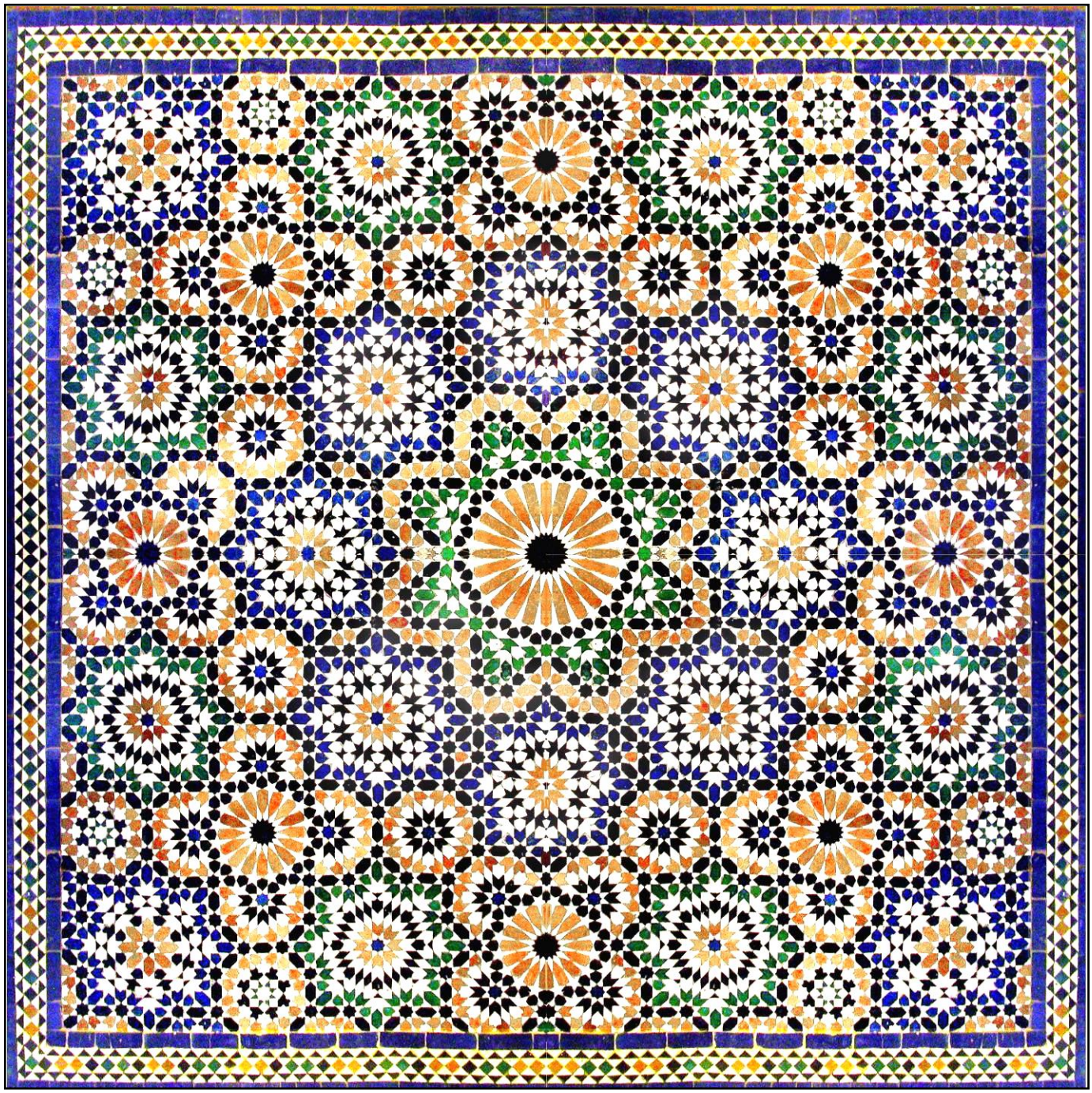




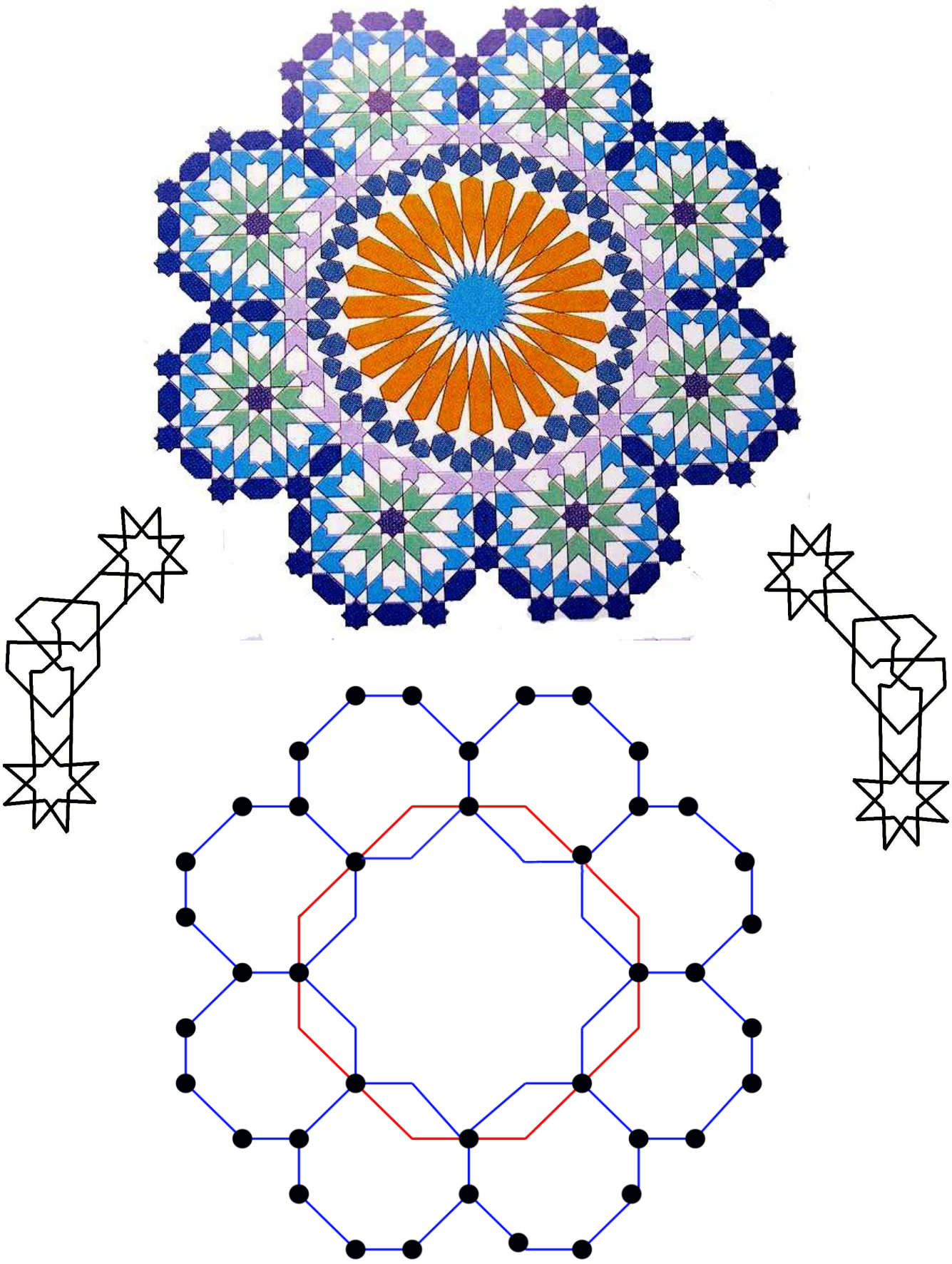
A gauche, palais de la Bahia à Marrakech.
Au dessus, musée des Oudayas à Rabat.

RETOUR

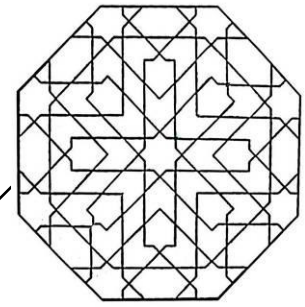


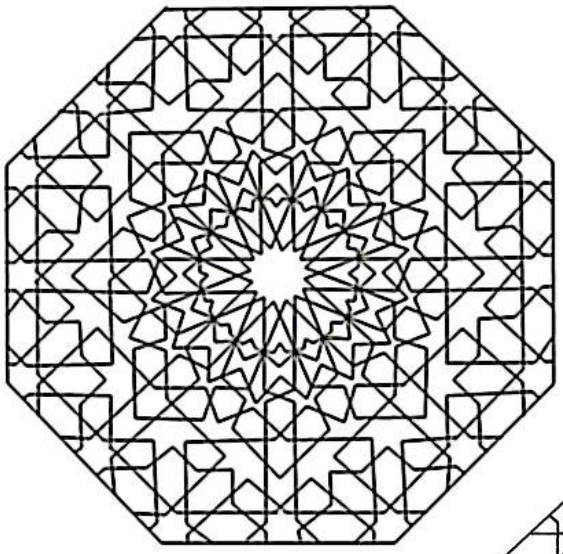


Musée de Marrakech ; mosaïque de sol.



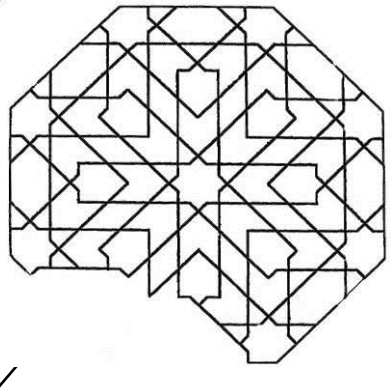
Dans l'exemple ci-dessus, une couronne d'octogones convexes tronqués gravite autour d'un octogone double central dont le squelette a été caché.

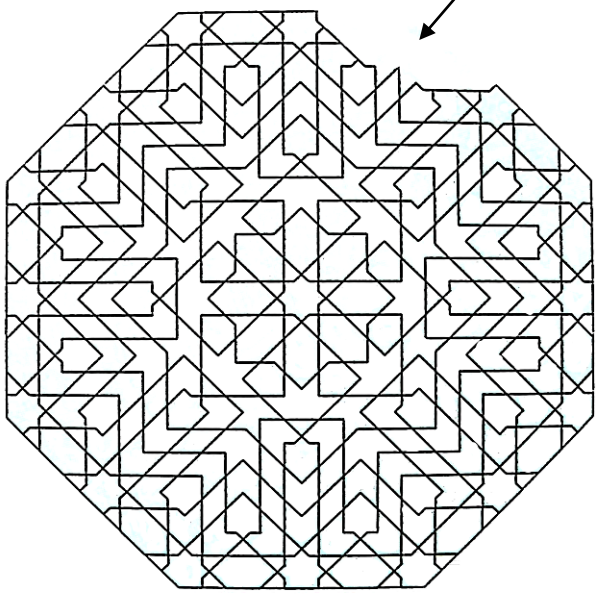


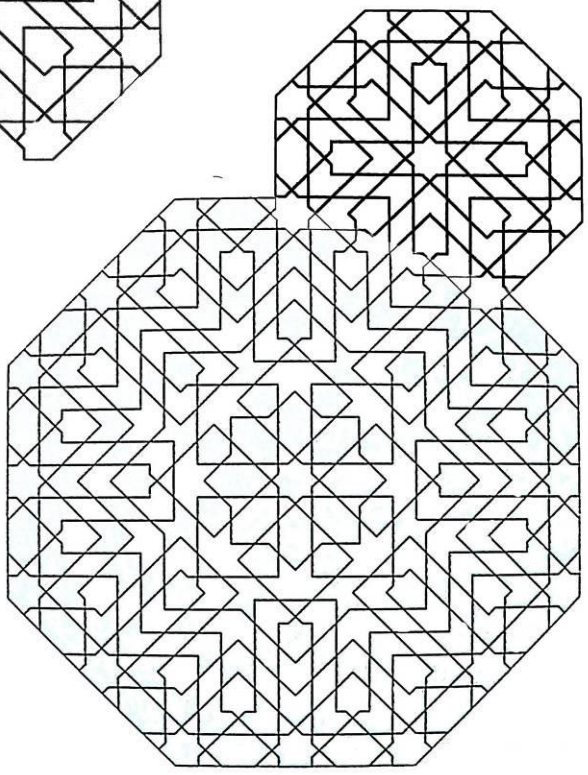


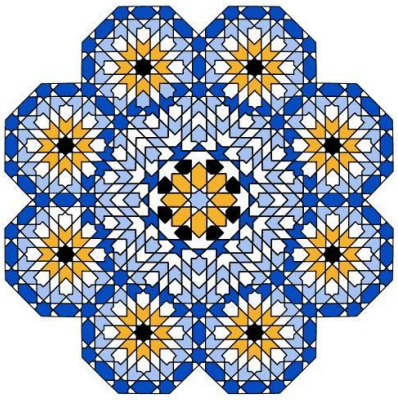
La composition d'un octogone double avec huit octogones simples convexes tronqués permet de construire une marguerite.

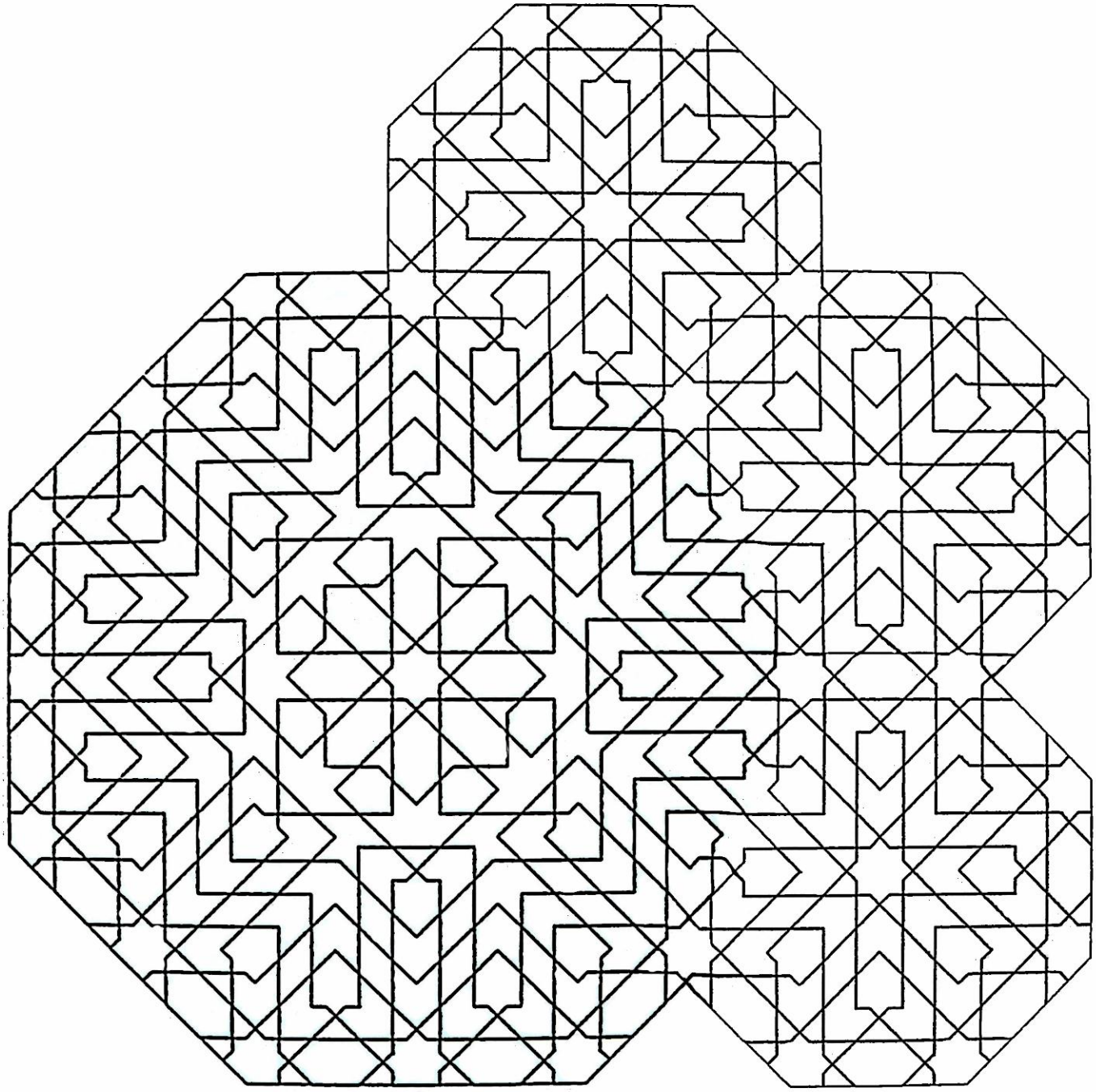
Lors du greffage direct, de nouvelles pièces apparaissent et quelques ajustages sont nécessaires.

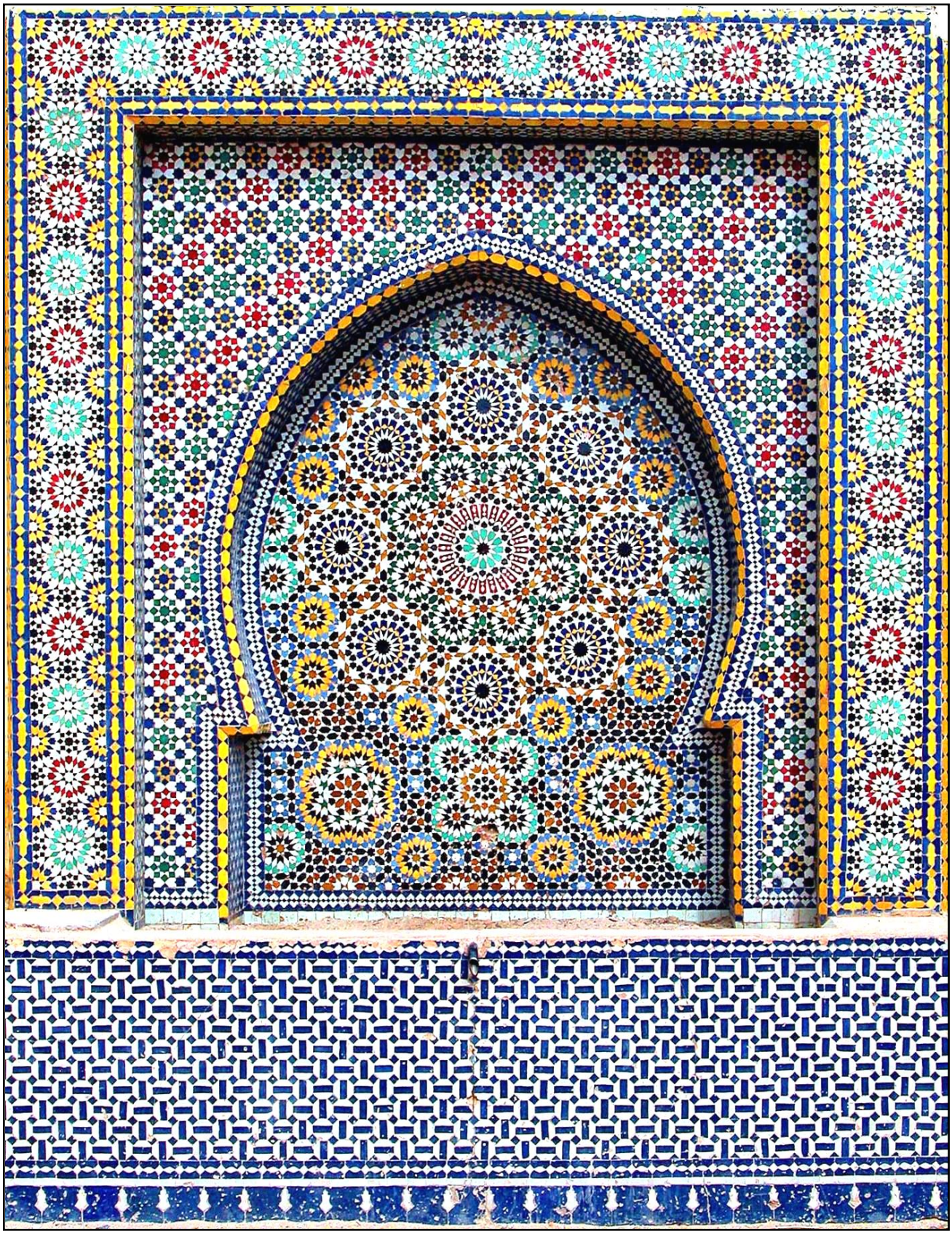






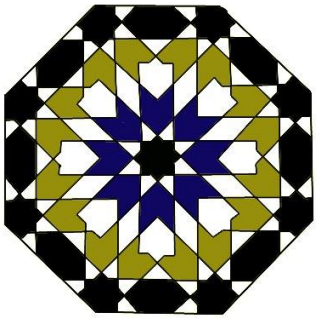




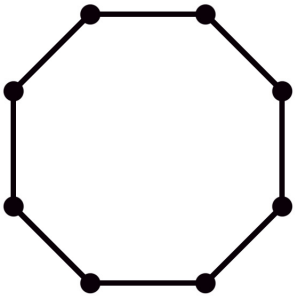


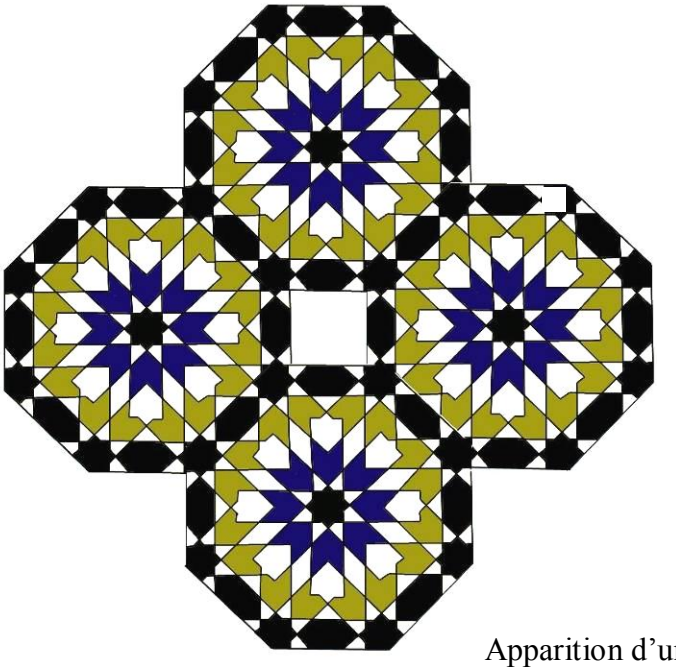
Le cœur de cette fontaine du mausolée de Moulay Ismaïl à Mekhnès est une marguerite.

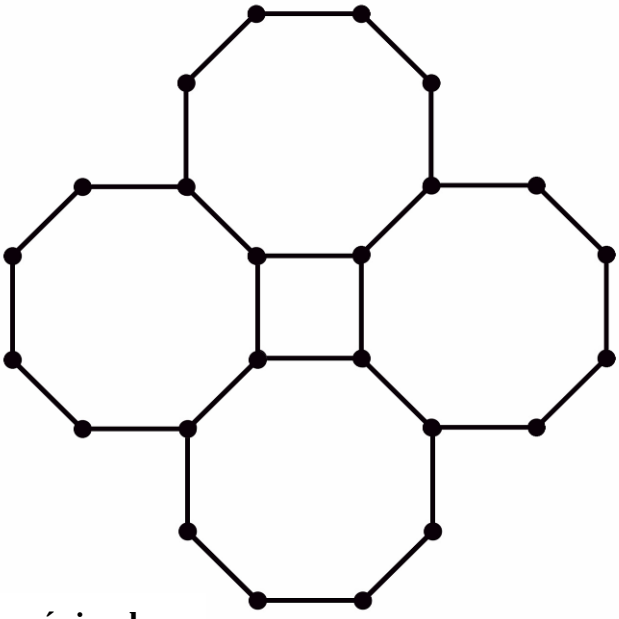
Composition d’octogones simples :



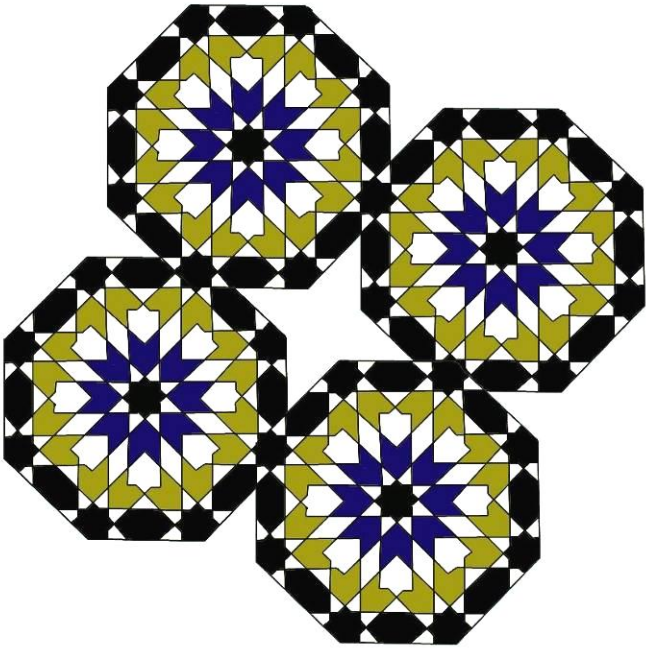
Octogone convexe

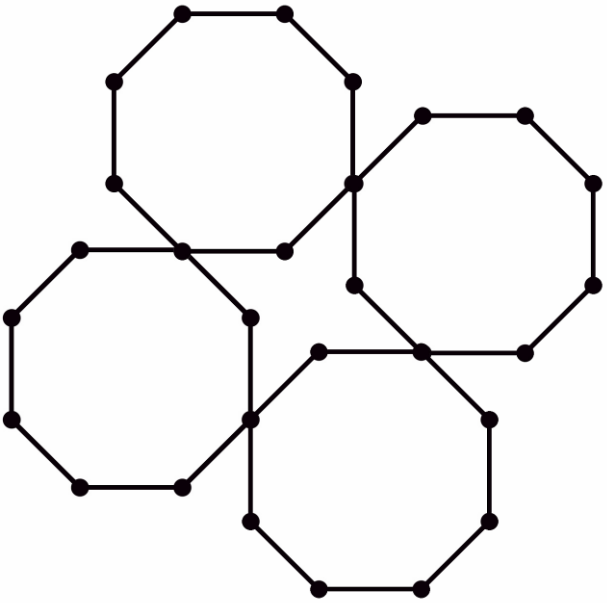






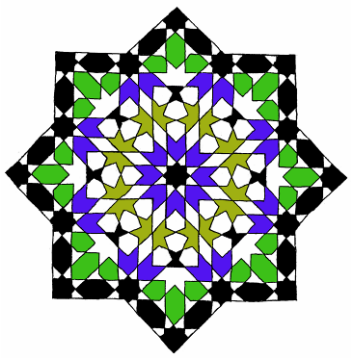
Apparition d’un **carré simple.**

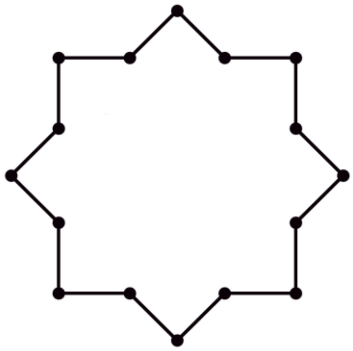


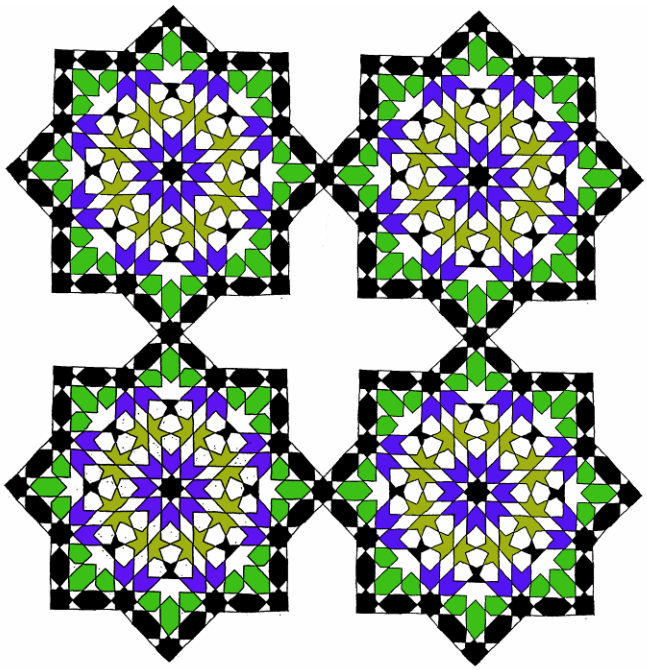


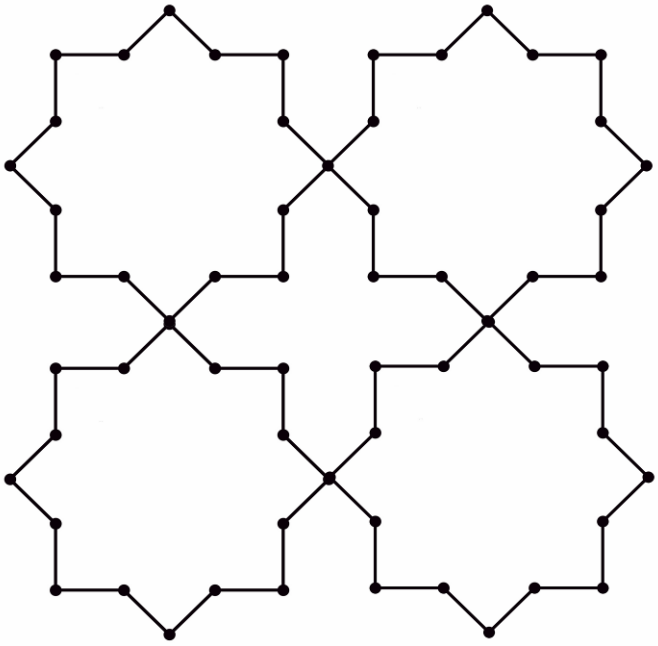
Formation d’une **feuille de nacre.**

Octogone étoilé :

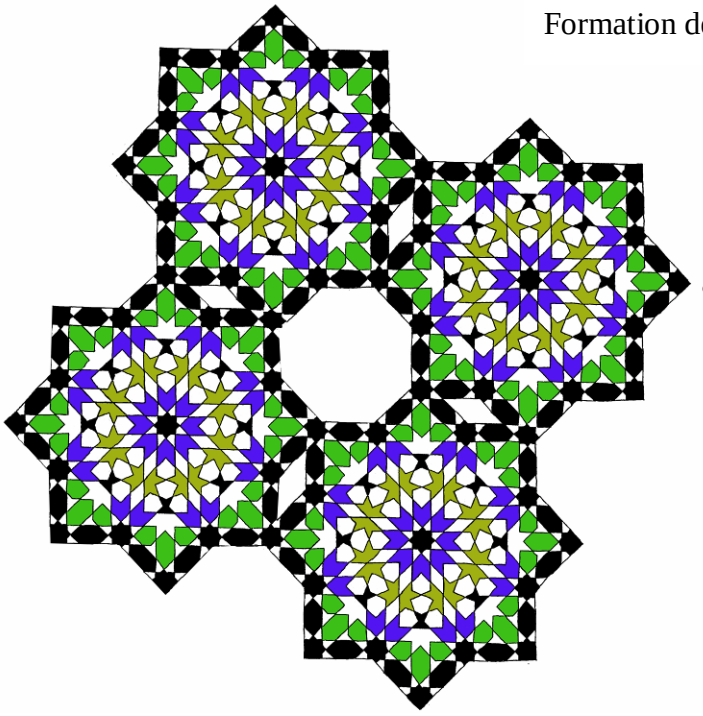


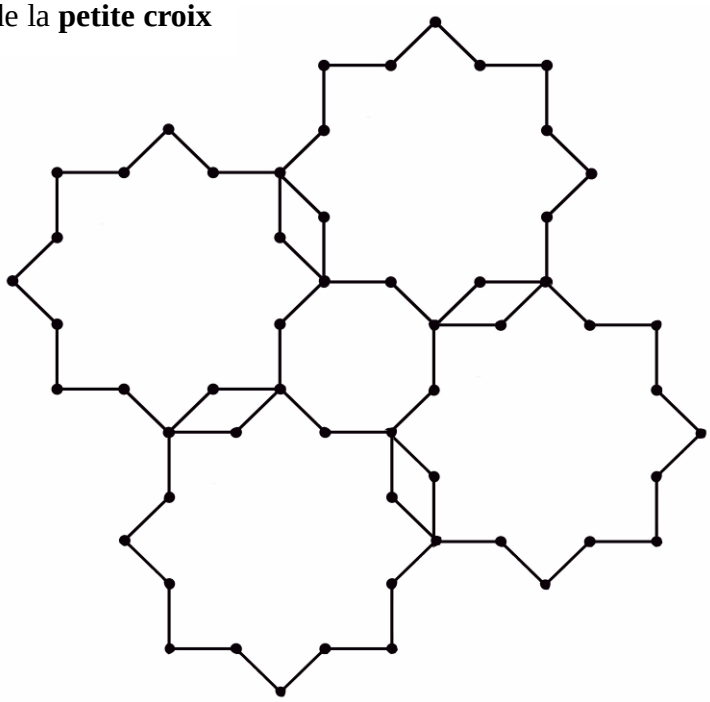






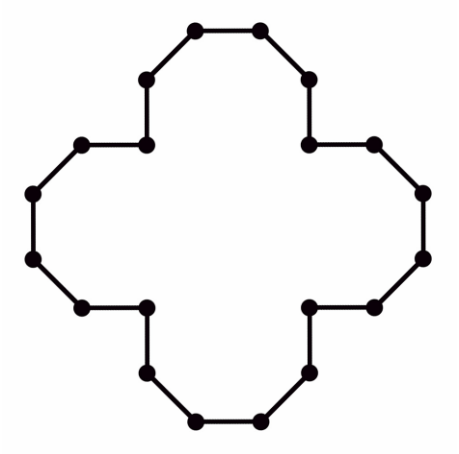
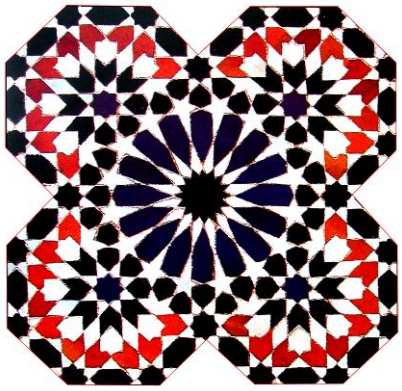
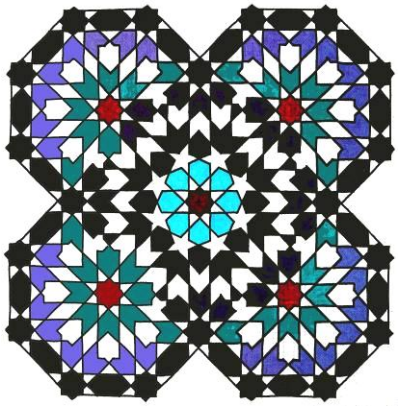
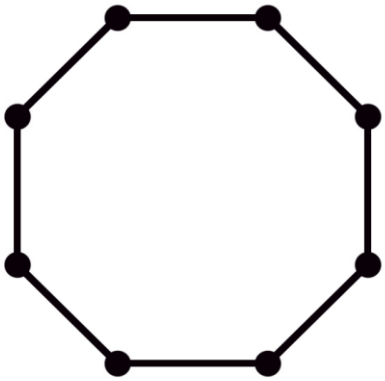
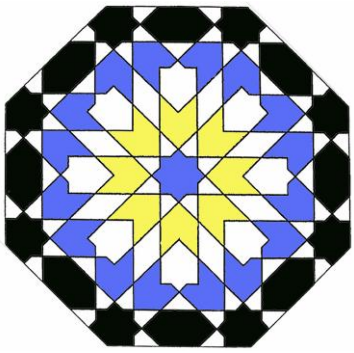
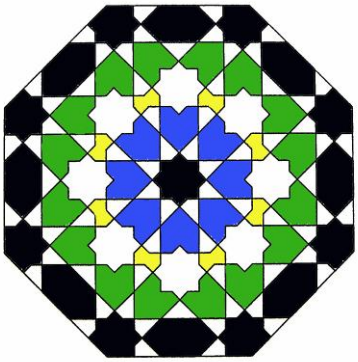
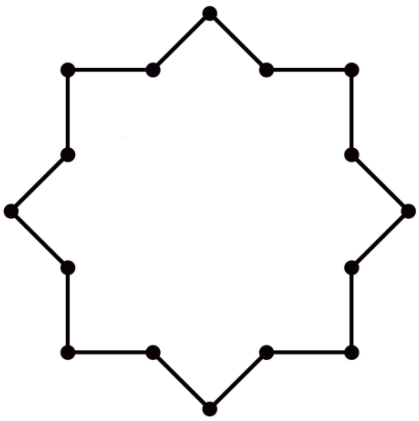
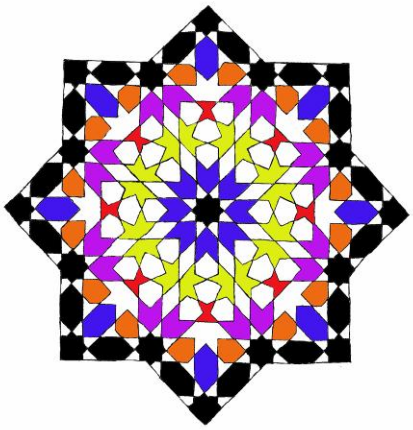
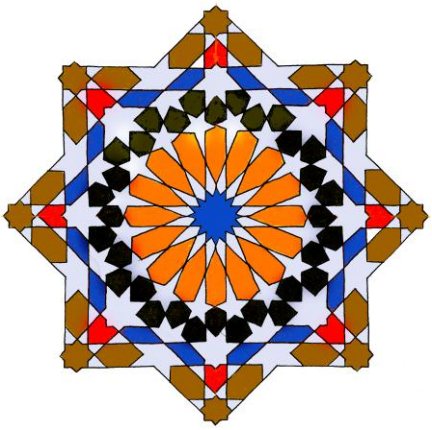
Formation de la **petite croix**



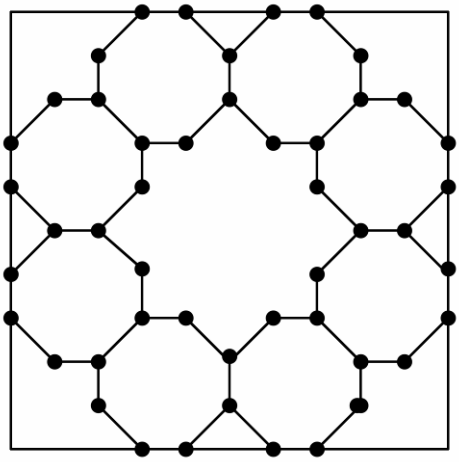


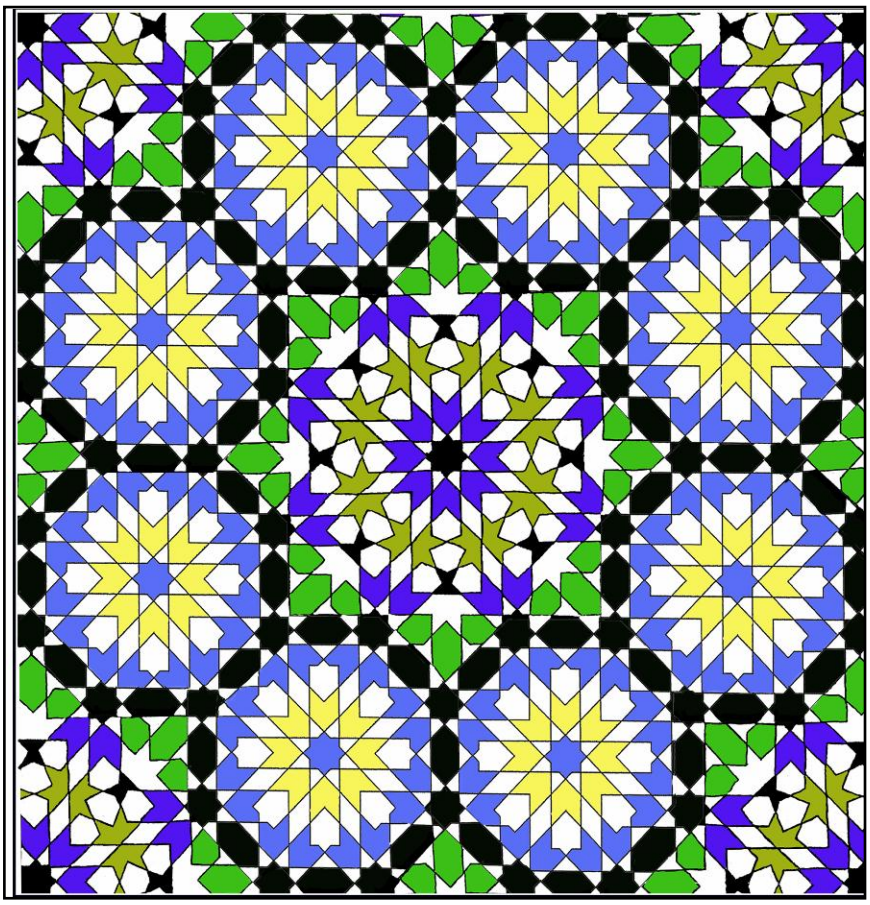
Apparition d'un **octogone simple** et de quatre losanges**.**

A partir d’un ensemble de squelettes :

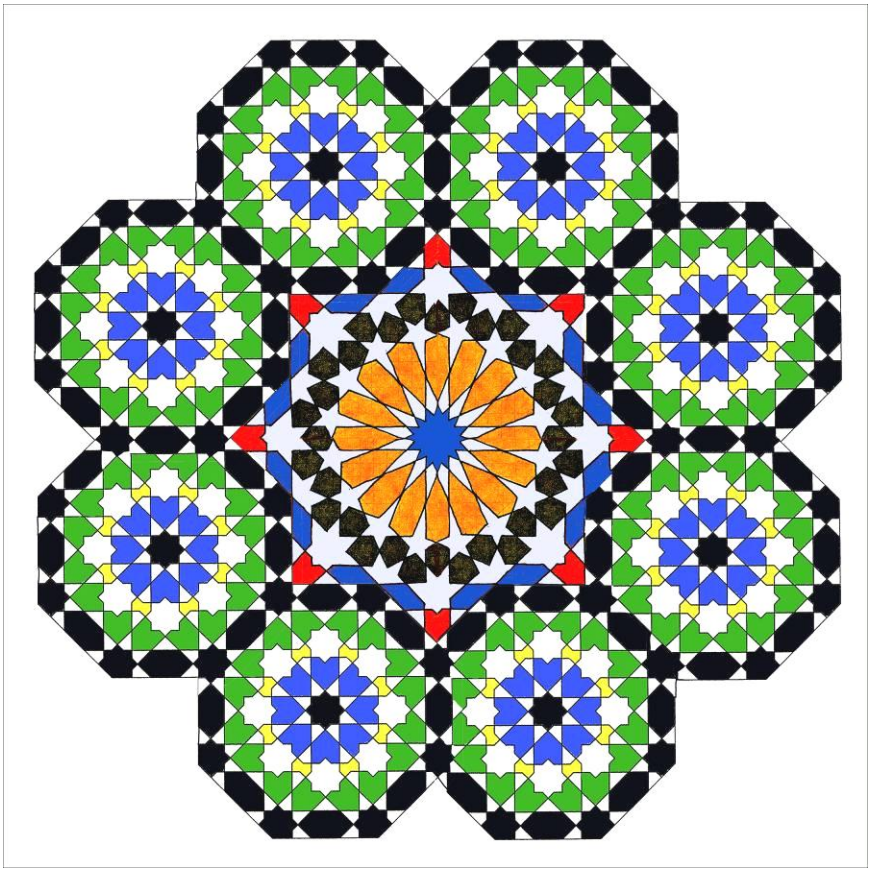










Premier exemple de structure :



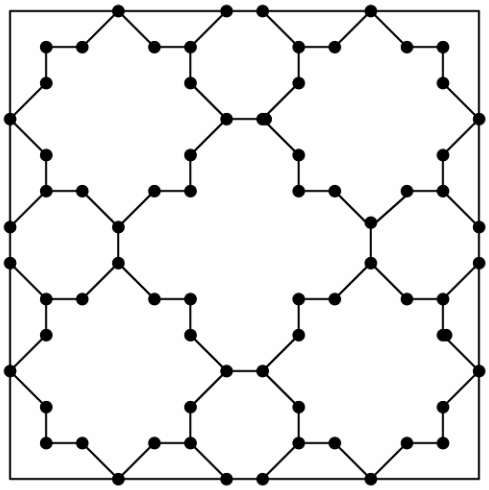


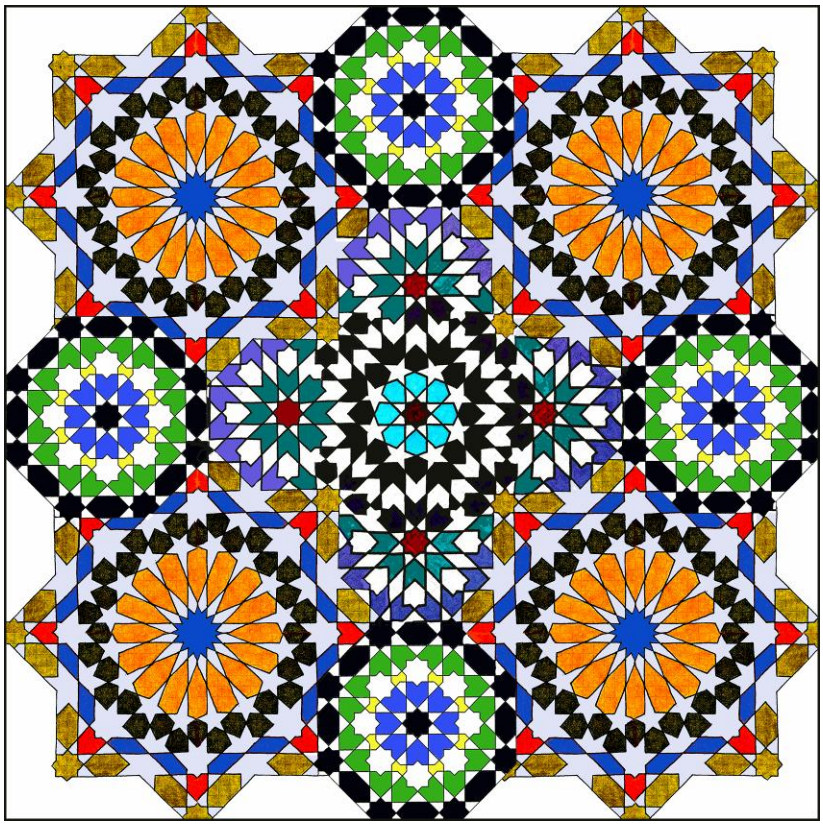
Au centre, le squelette d'un octogone étoilé possède comme satellites une couronne d'octogones simples ; aux quatre coins un quart d'octogone étoilé simple.



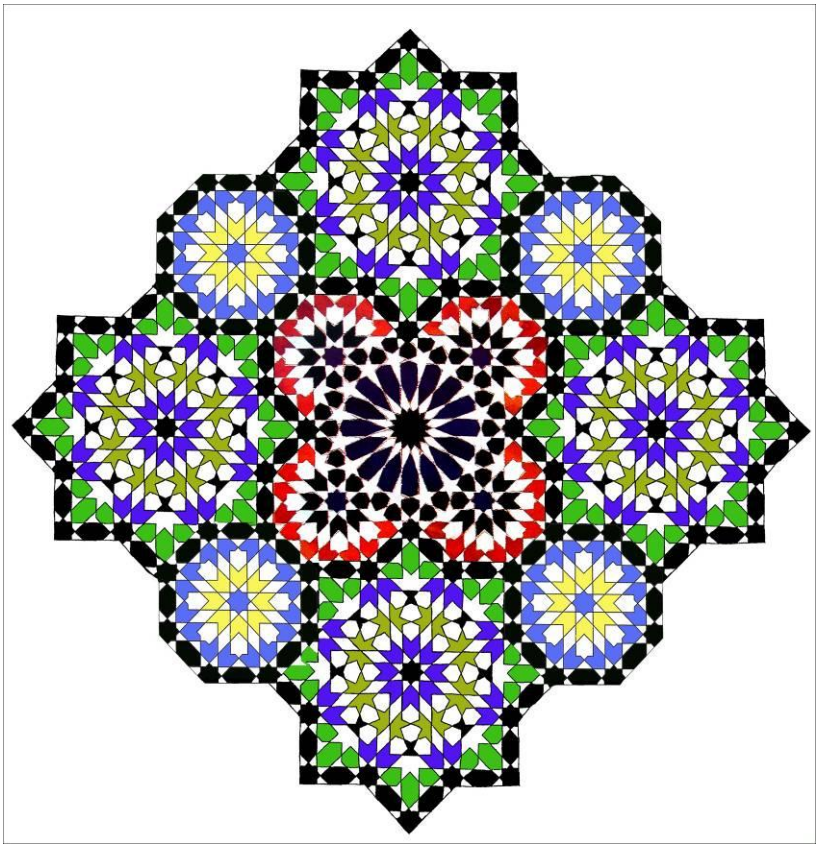
Les différentes parties constituant cette rosace peuvent être remplacées par des squelettes identiques.

Deuxième exemple de structure :

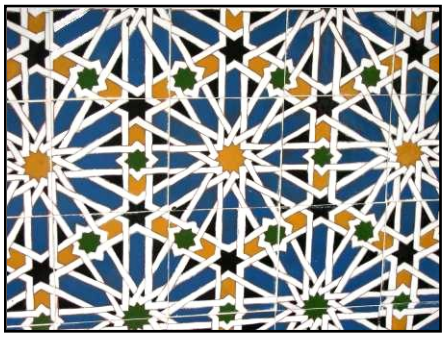


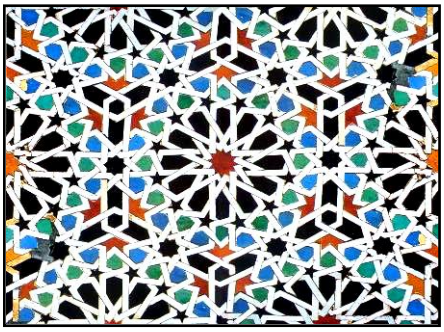


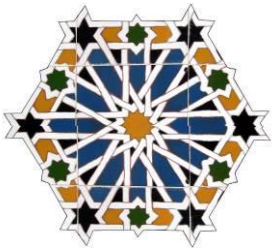
La feuille de trèfle du motif central voisine avec deux séries de satellites : un octogone étoilé et un octogone simple.

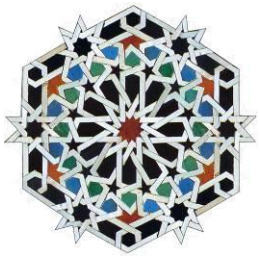


Exemple avec une symétrie d'ordre trois :

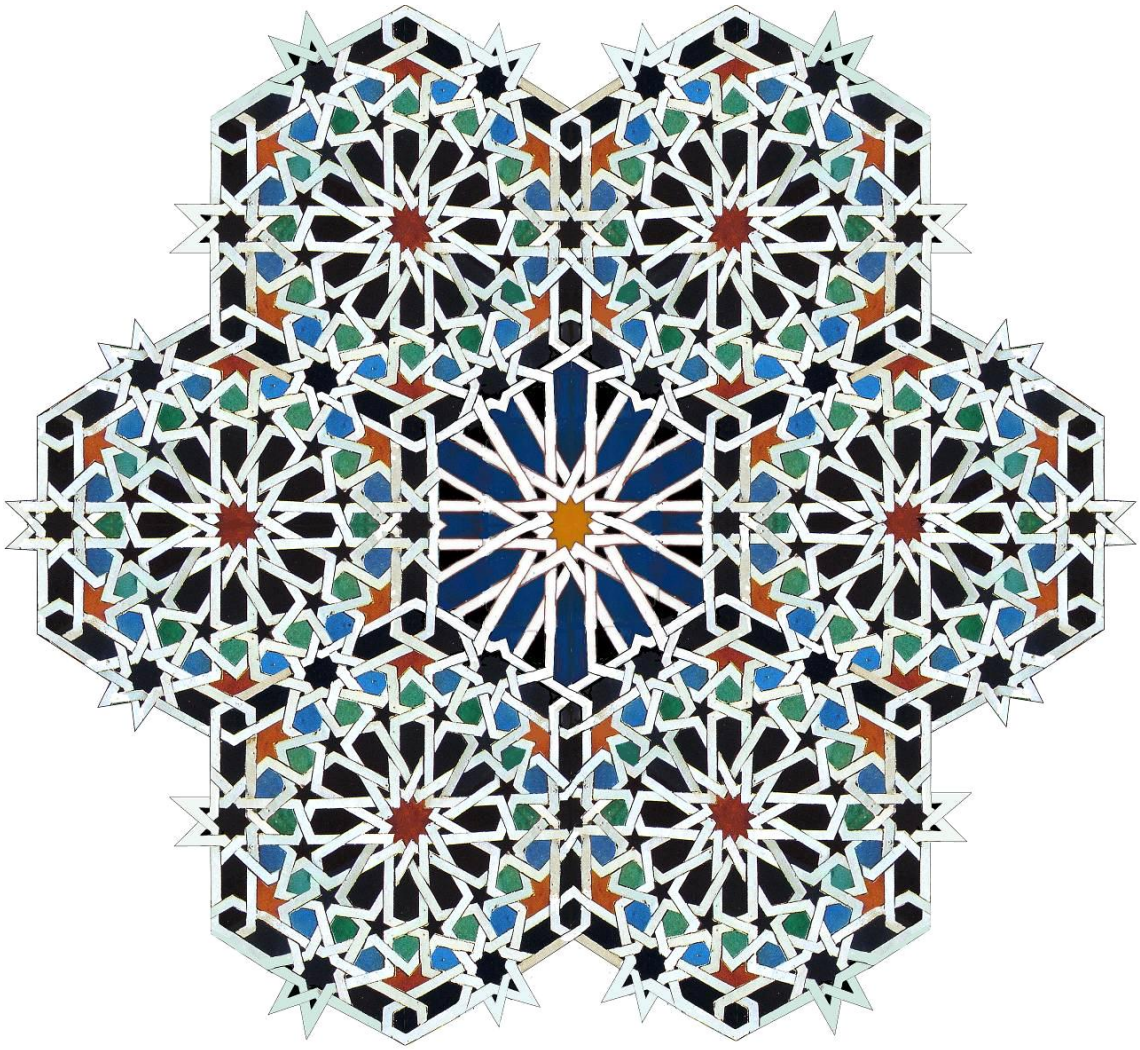






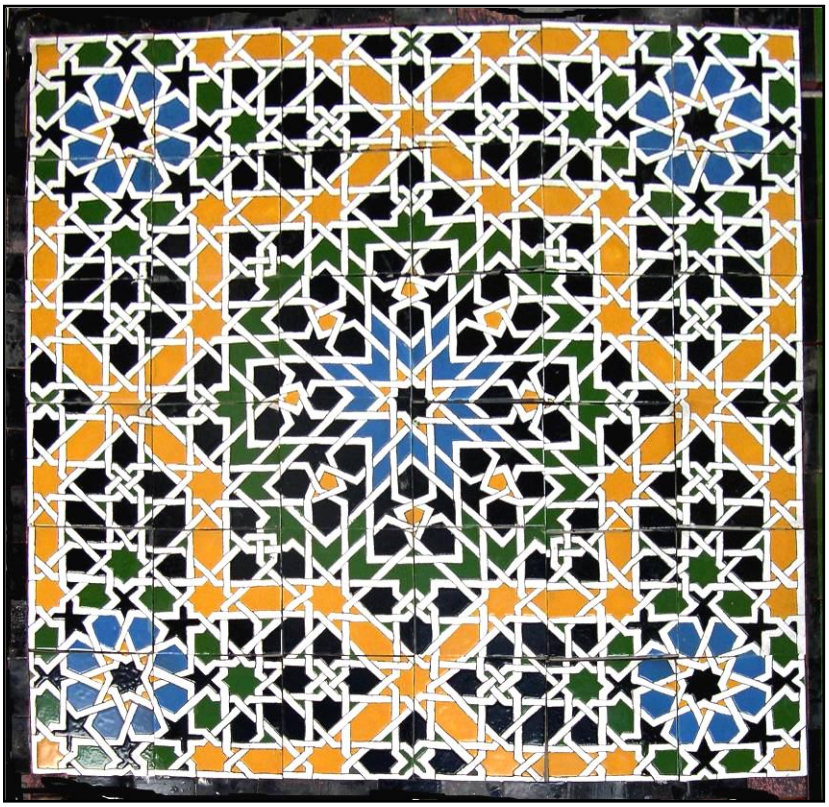


Ces deux hexagones différents se combinent pour créer le motif ci-dessous.



La rivière :

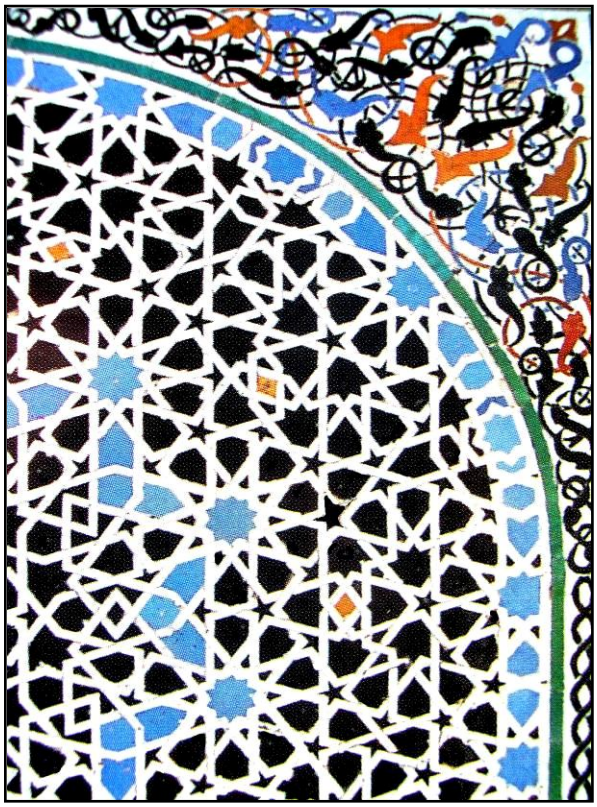
Les panneaux terminés sont le plus fréquemment bordés par une suite de motifs formant un cadre : la **rivière,** souvent soulignée par une bordure ou une frise.



Ci contre :

- La **rivière** encadre la mosaïque.

- Le motif central est formé par le squelette d'un **octogone étoilé simple** entouré par quatre portions de **croix**.



En haut : riad Loulou.
Ci-contre : médersa Attarine de Fès.
Ci-dessous : musée du Palais Royal de Fès.



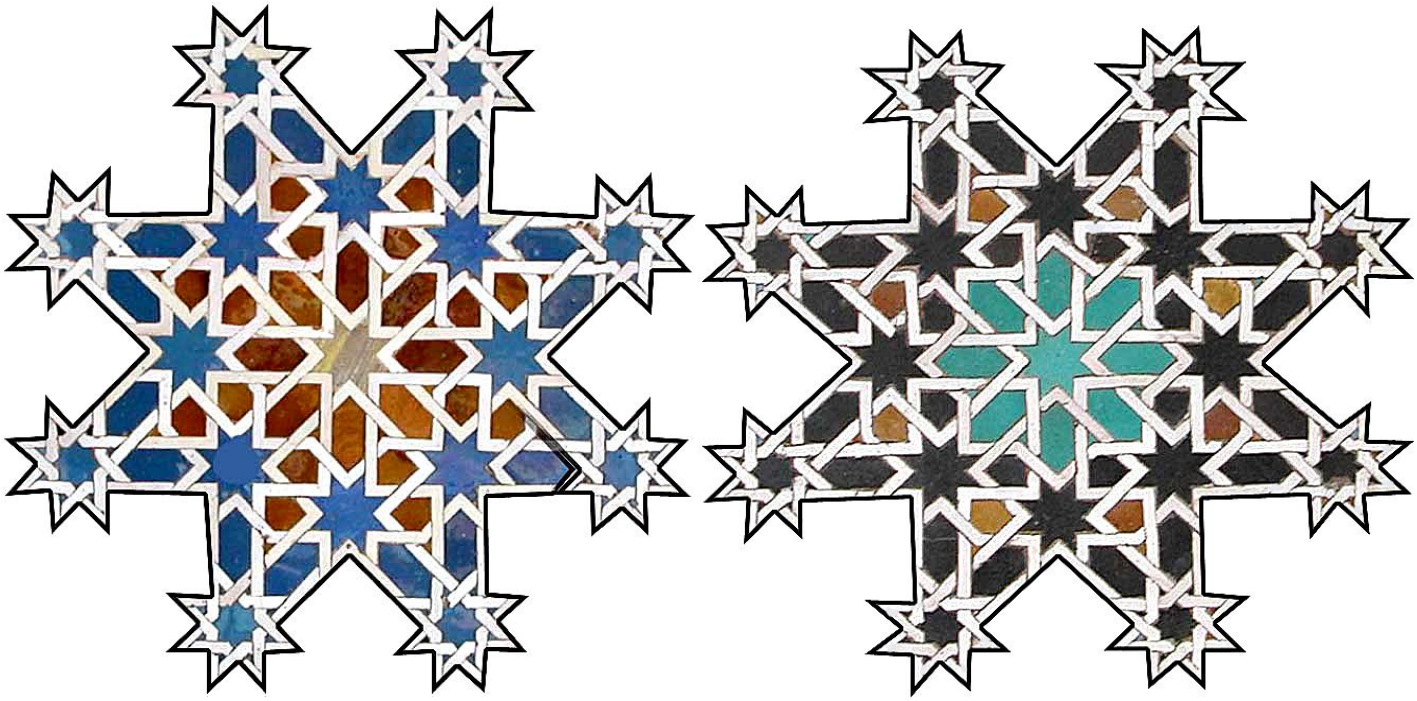
Ci-dessus, la rivière courbe se redresse en épousant la forme du cadre. Une couleur bleue plus claire la souligne.

Dans l'exemple ci-contre, elle est noire et se courbe pour épouser le cadre.

La géométrie de L'arabesque

PHOTOGRAPHIES

DIAPORAMA

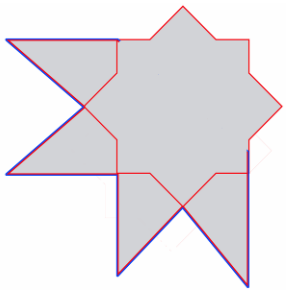


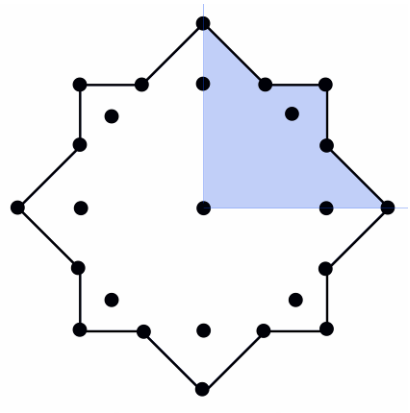
DESSIN : LES ETOILES

RETOUR

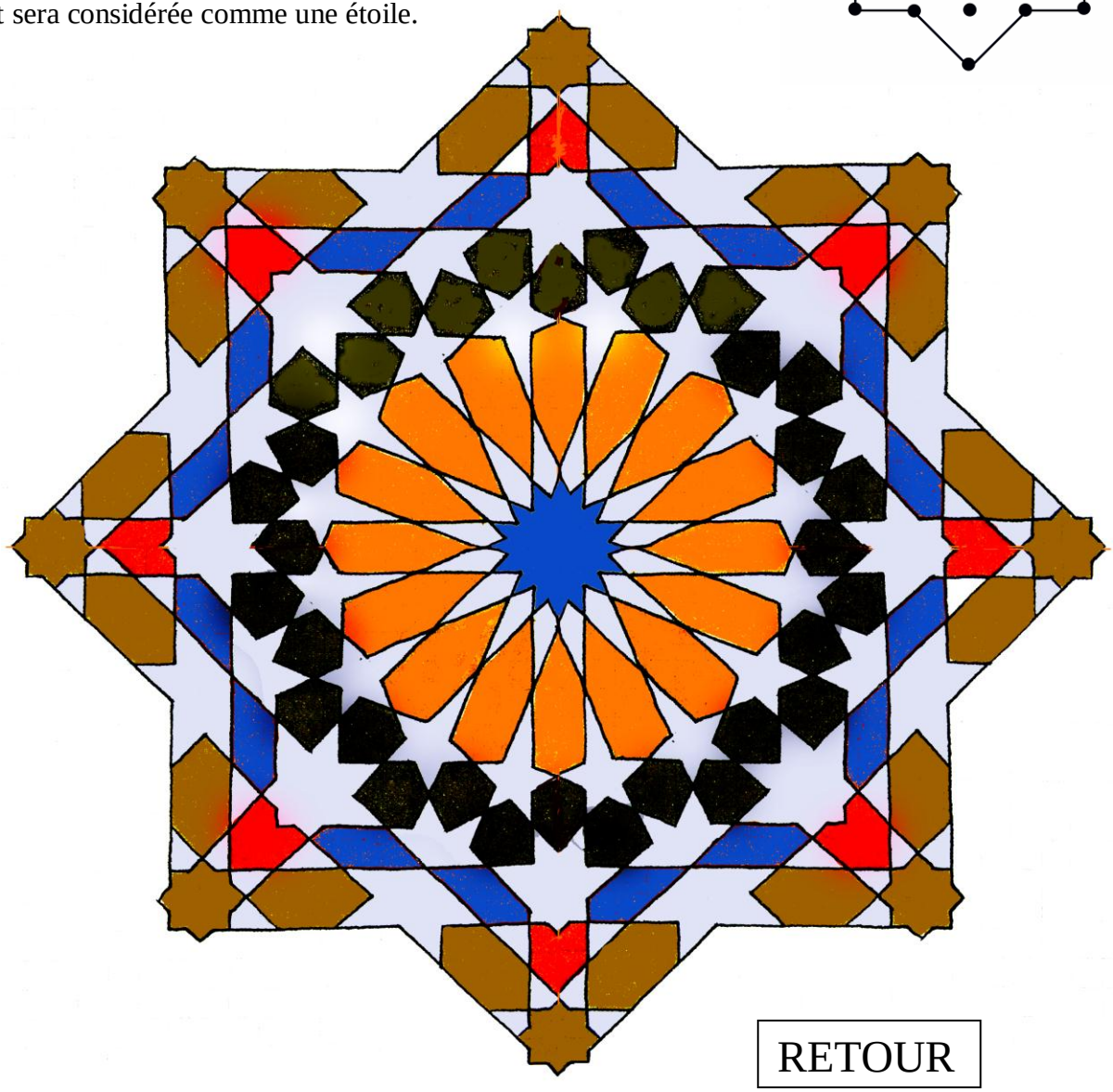
Système modulaire convergent :
L’étoile à seize

Étoile à seize de Fès incluse dans un octogone simple étoilé :

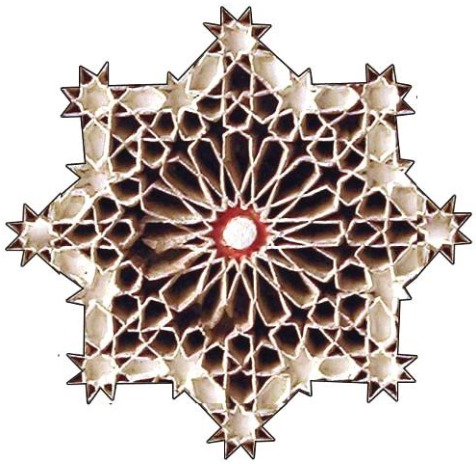
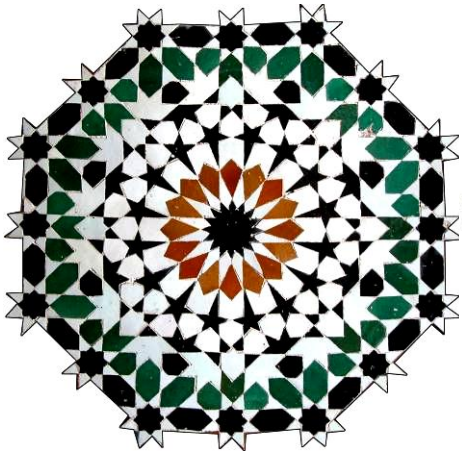
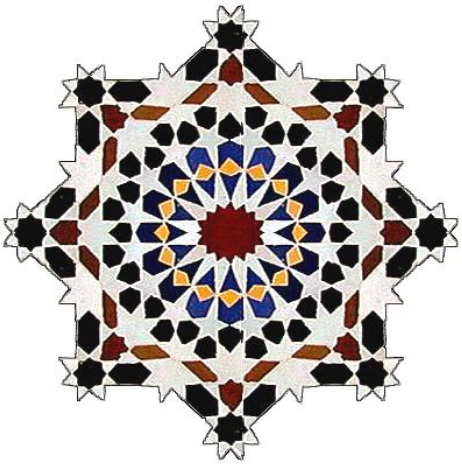
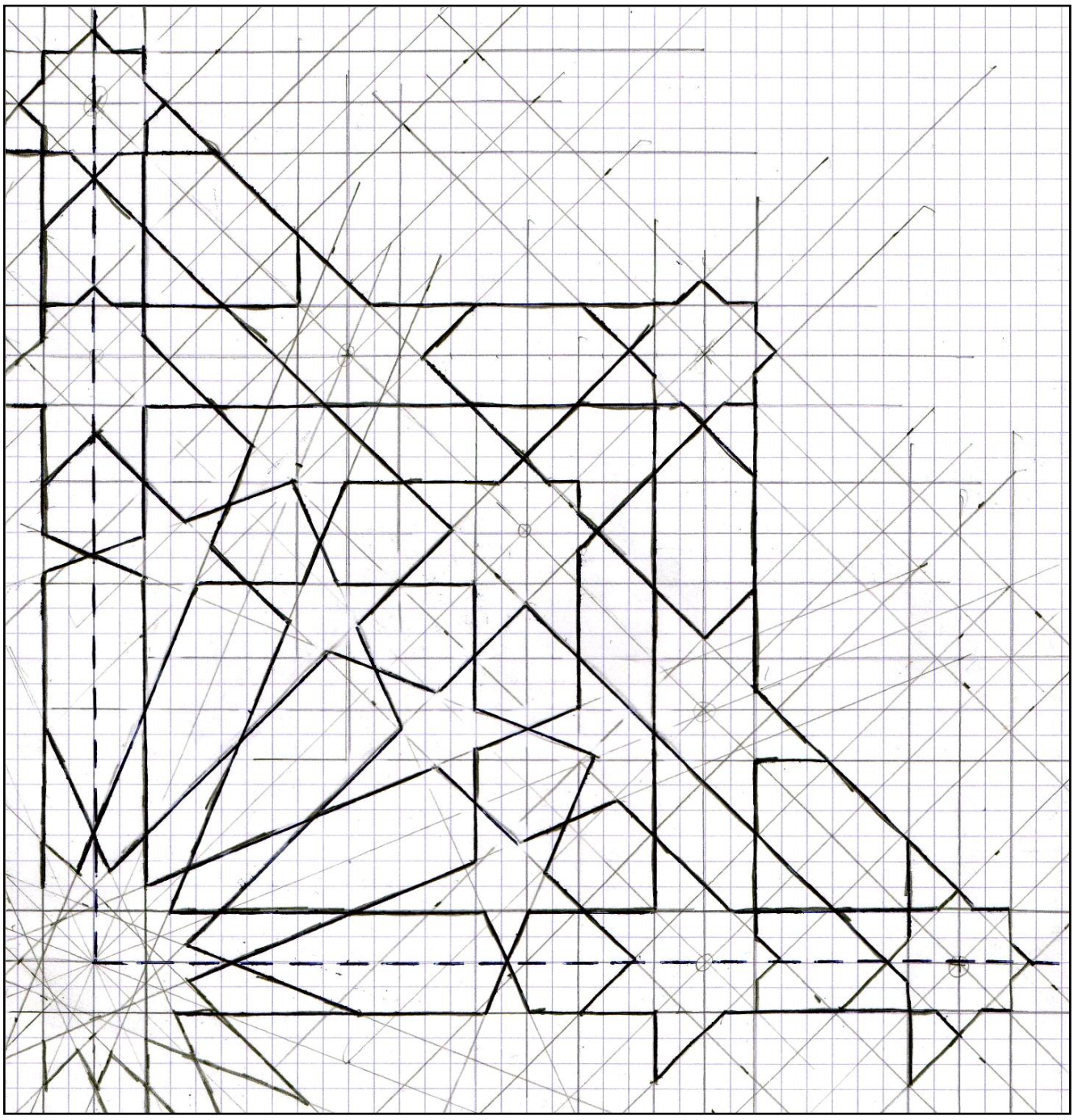


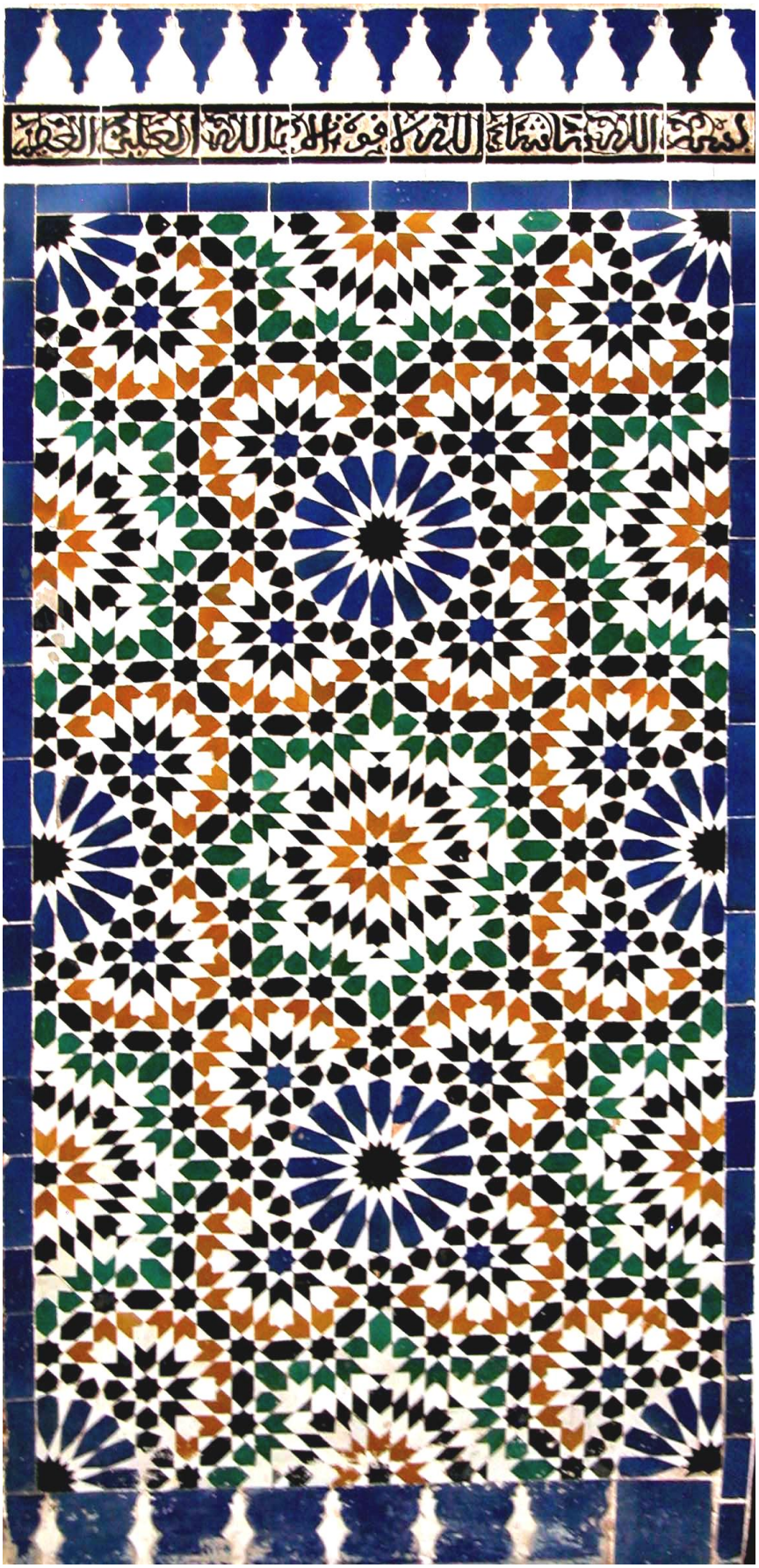


Cette pièce de l’octogone est un sceau caché et sera considérée comme une étoile.



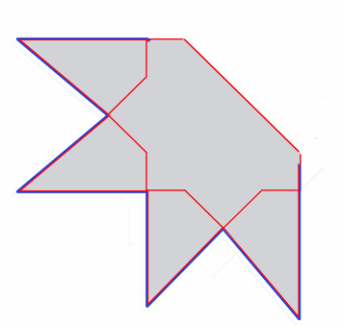
RETOUR

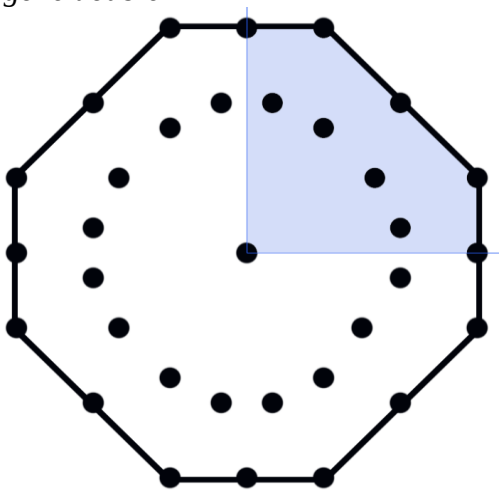







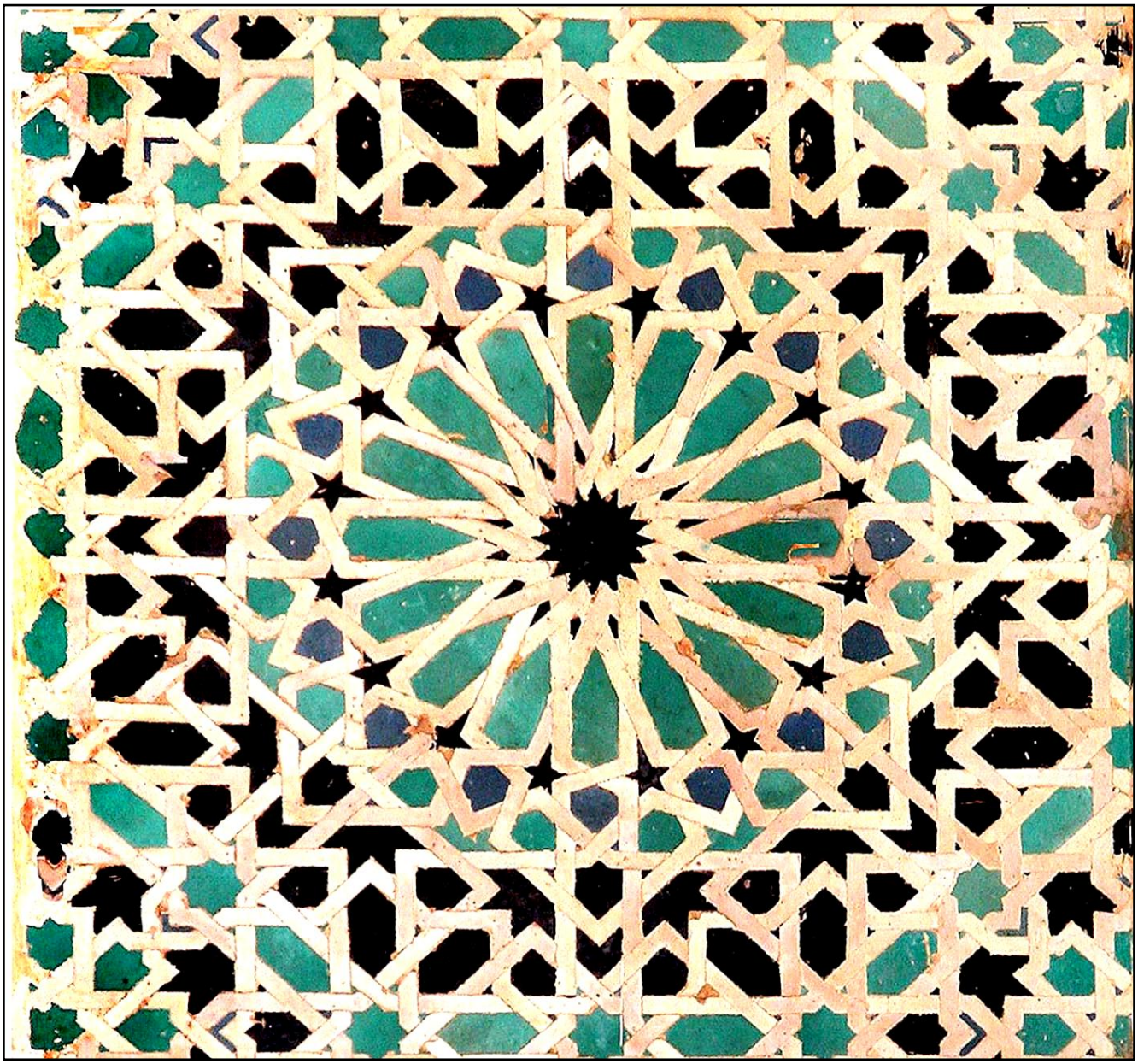
Musée des Oudayas à Rabat.

Etoile à seize de Fès incluse dans un octogone double

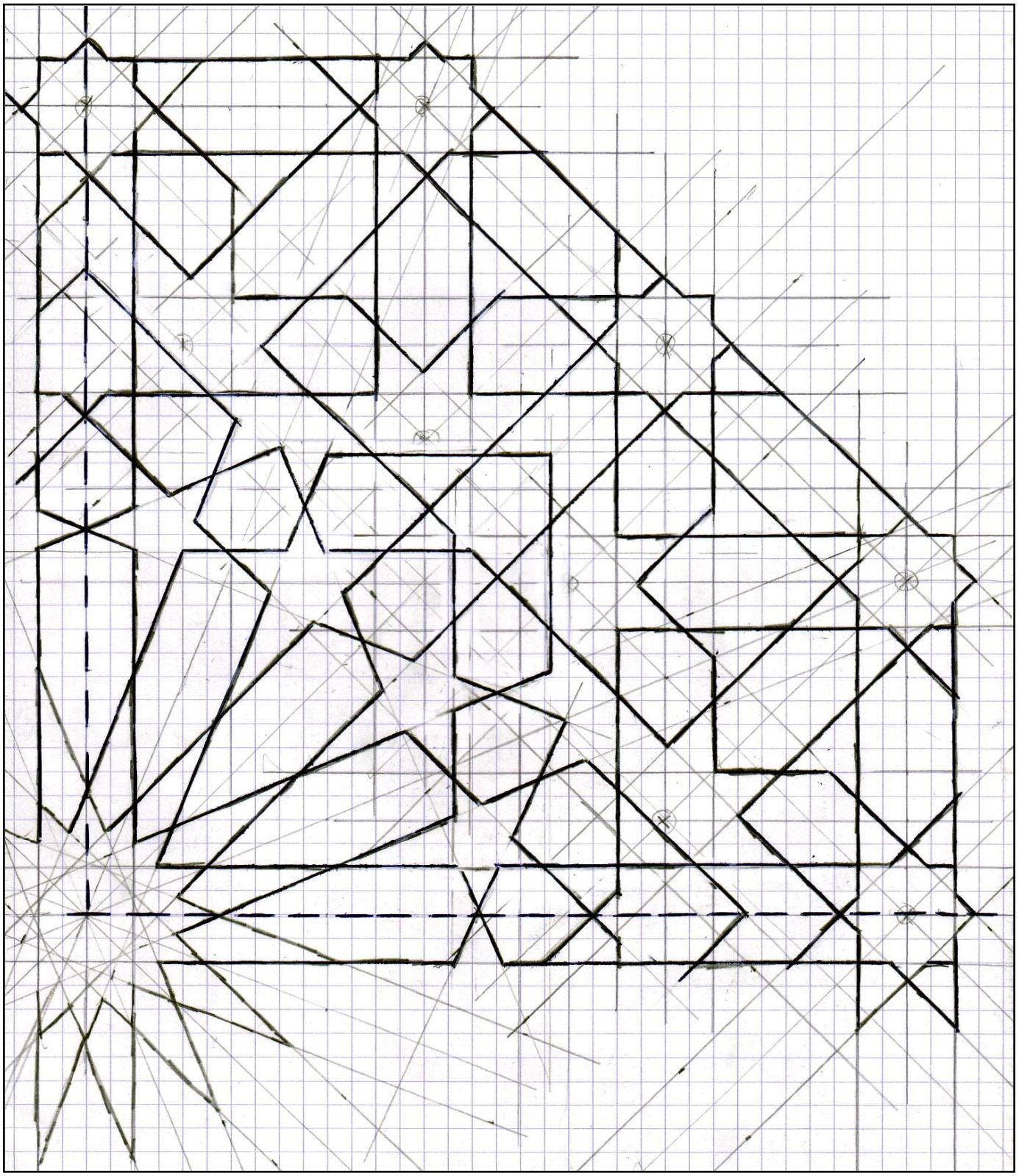


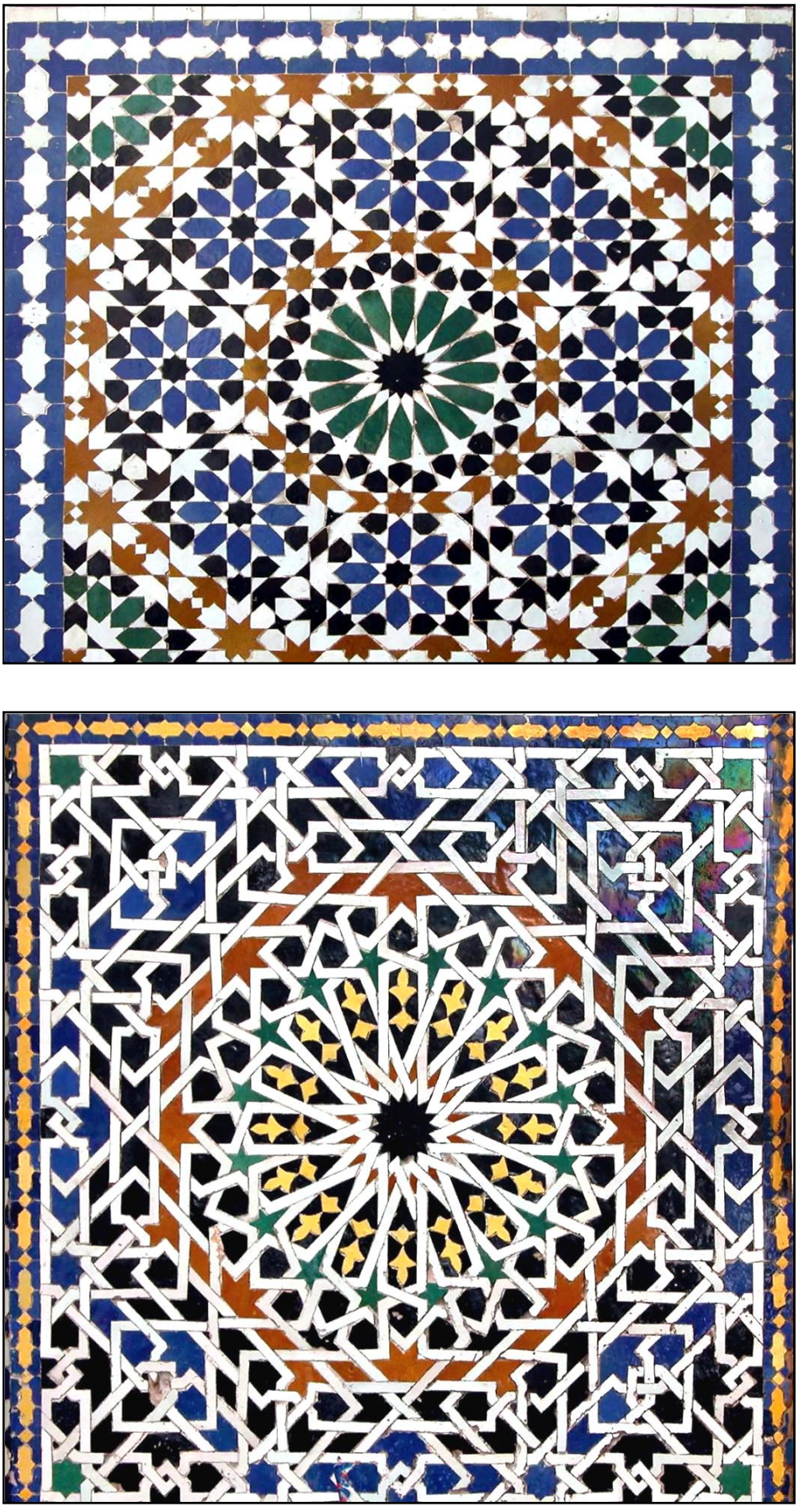


Dans cet exemple, un sceau est caché derrière la pièce ci-contre. Cette pièce sera donc construite comme une étoile.



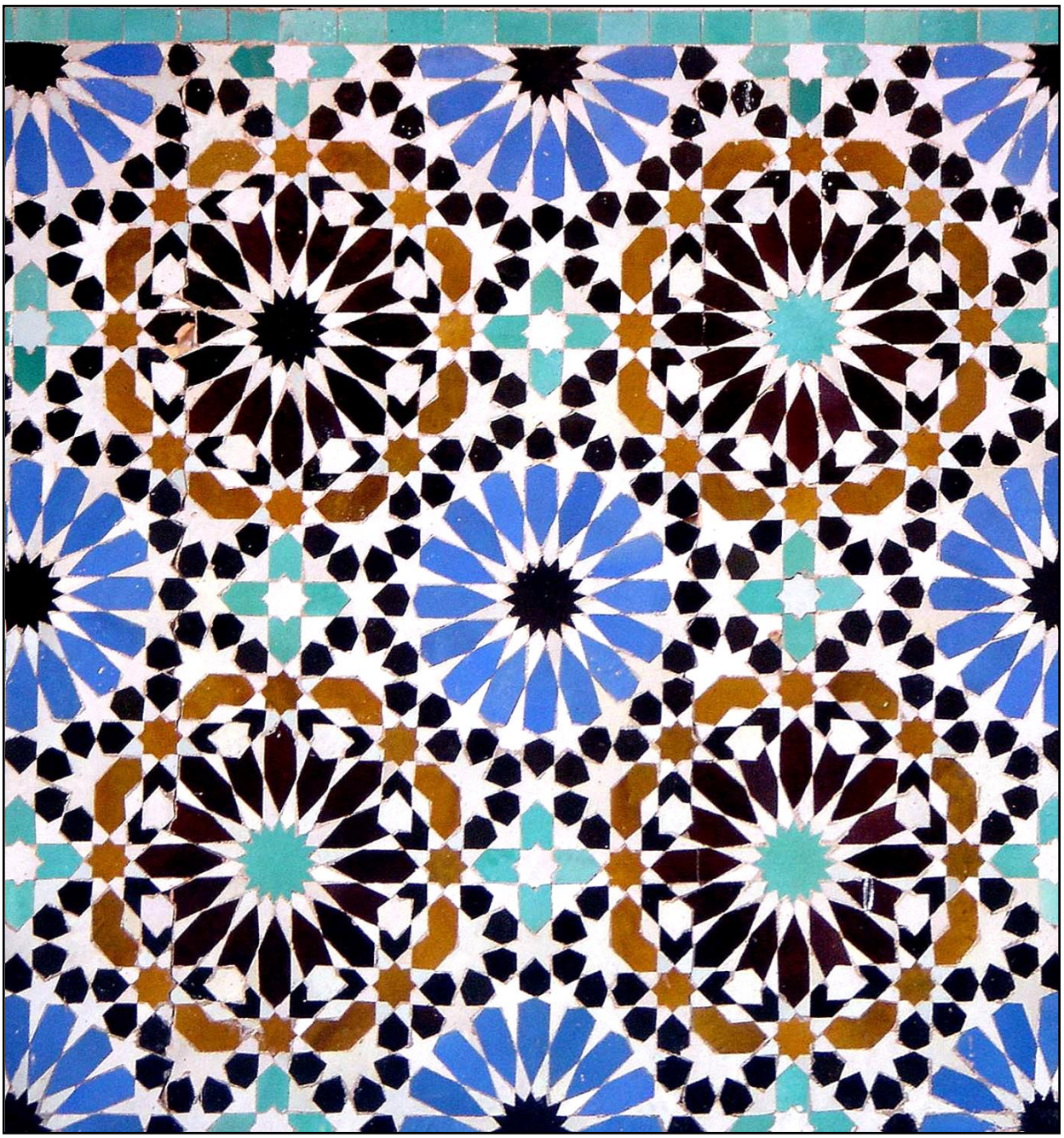
Panneau visible dans les jardins de l'Alhambra.

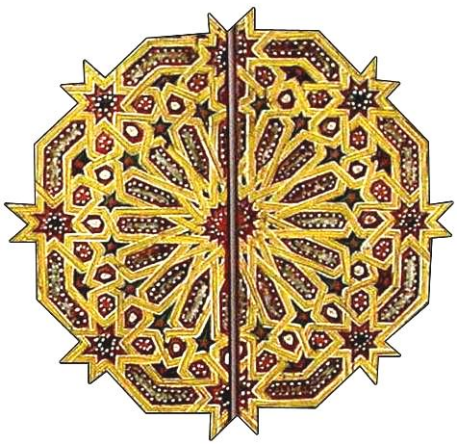


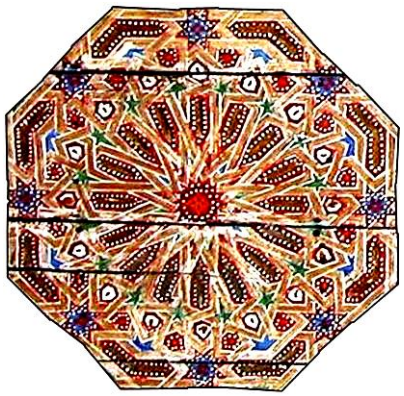


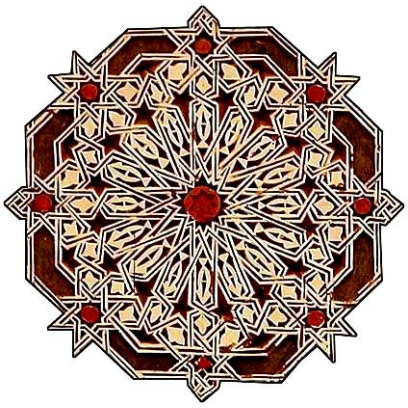
Panneaux de zelliges : en haut, Zaouïa de Moulay Idriss à Fès ; en bas, palais de la Bahia.

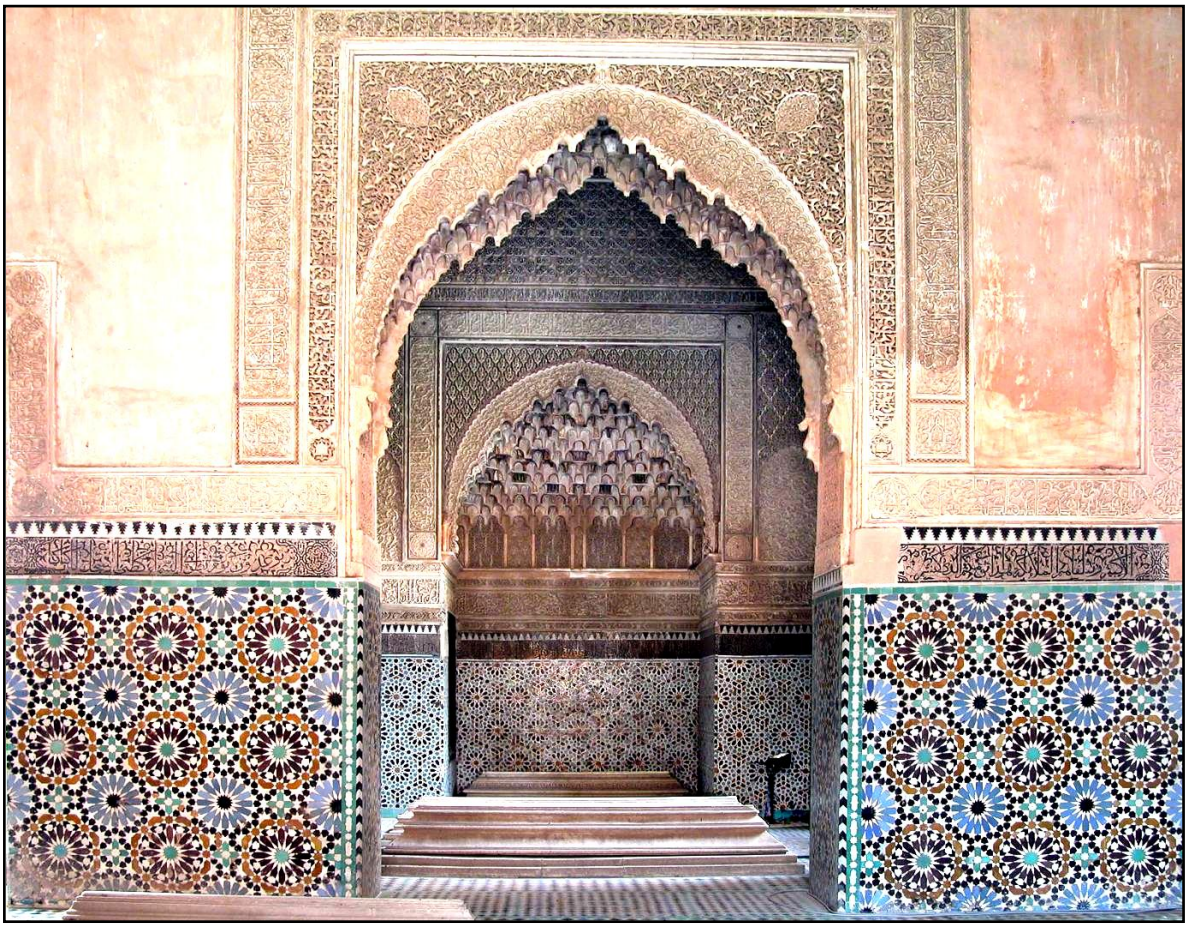
Exemple d'étoile à seize de Fès incluse dans l'octogone au saft coudé :



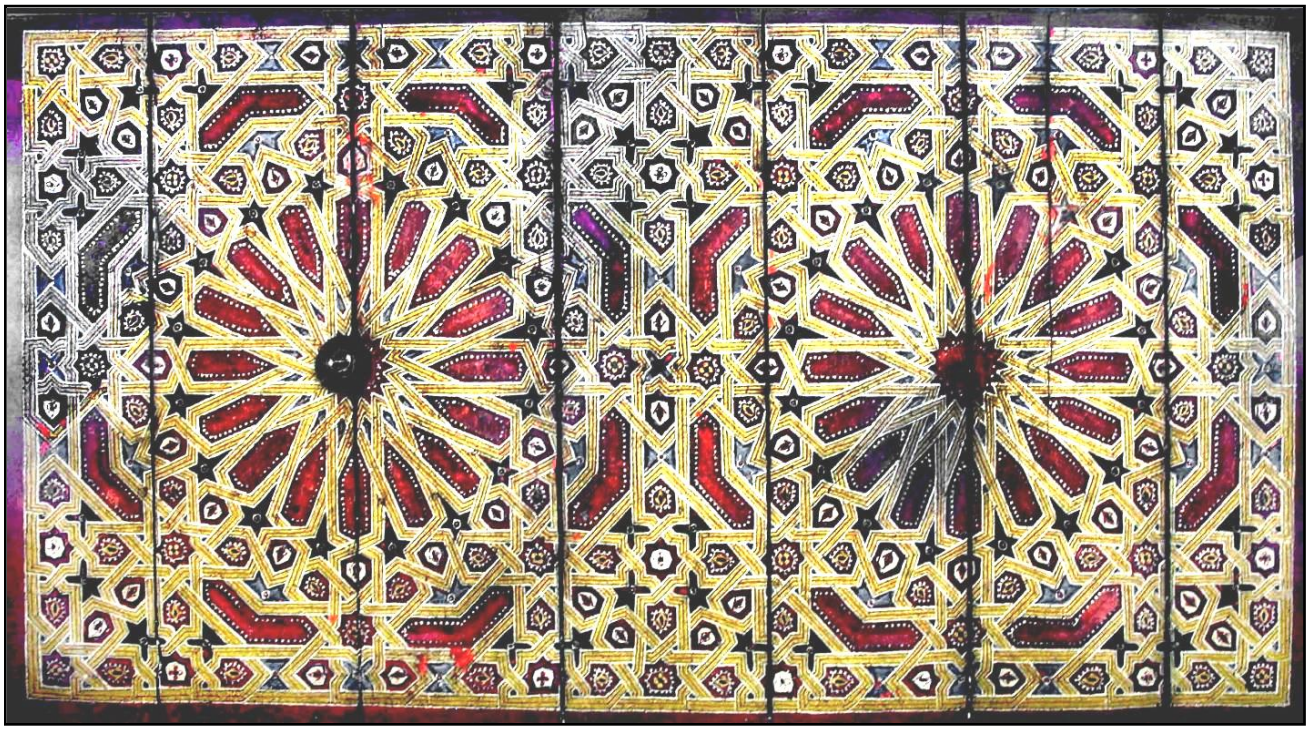




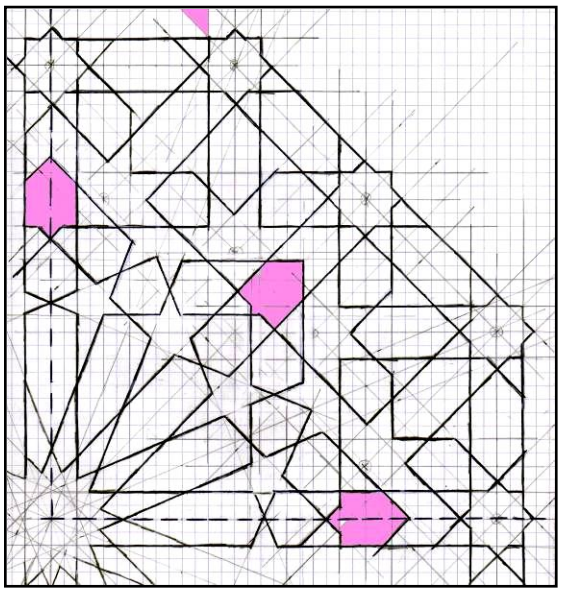


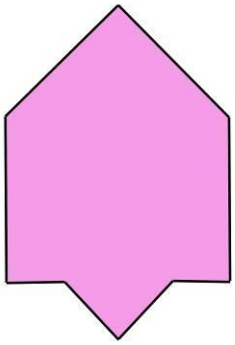


Tombeaux Saadiens à Marrakech.

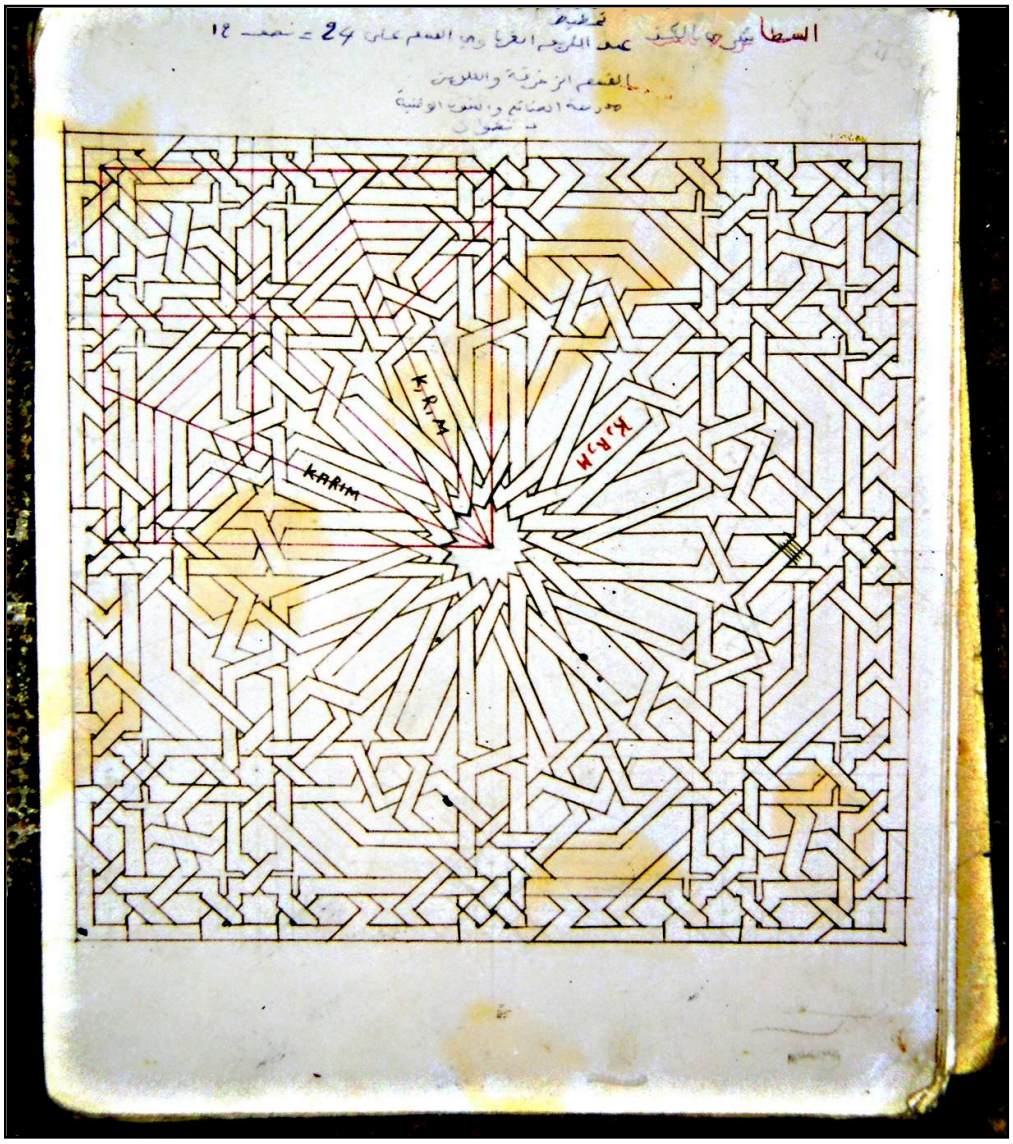


Médersa Attarine à Mekhnès.

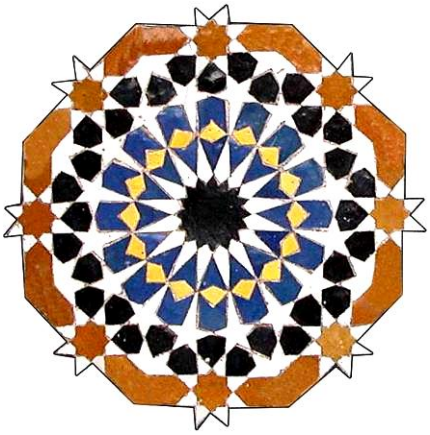


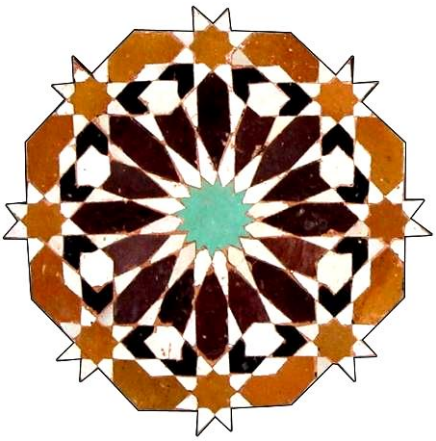


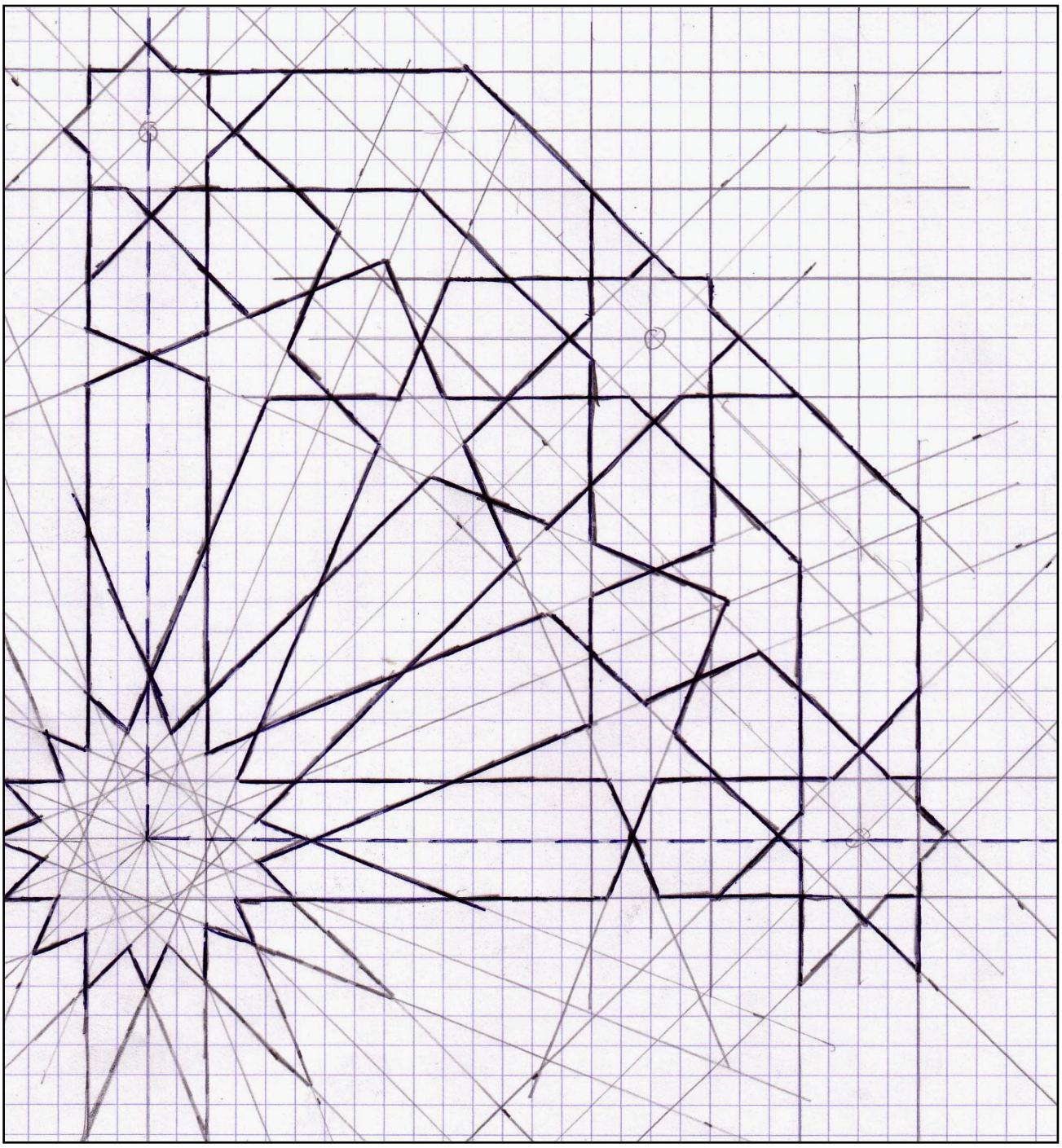
Dans la construction, la pièce ci-contre a été remplacée par un sceau.

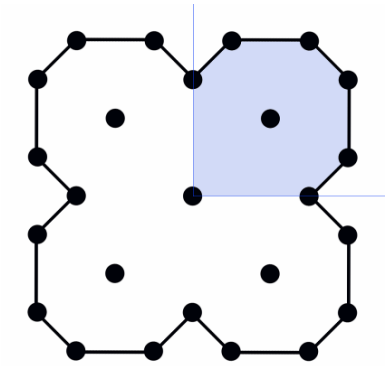


Page d'un cahier d'étudiant provenant de l'école de l'artisanat de Tétouan.

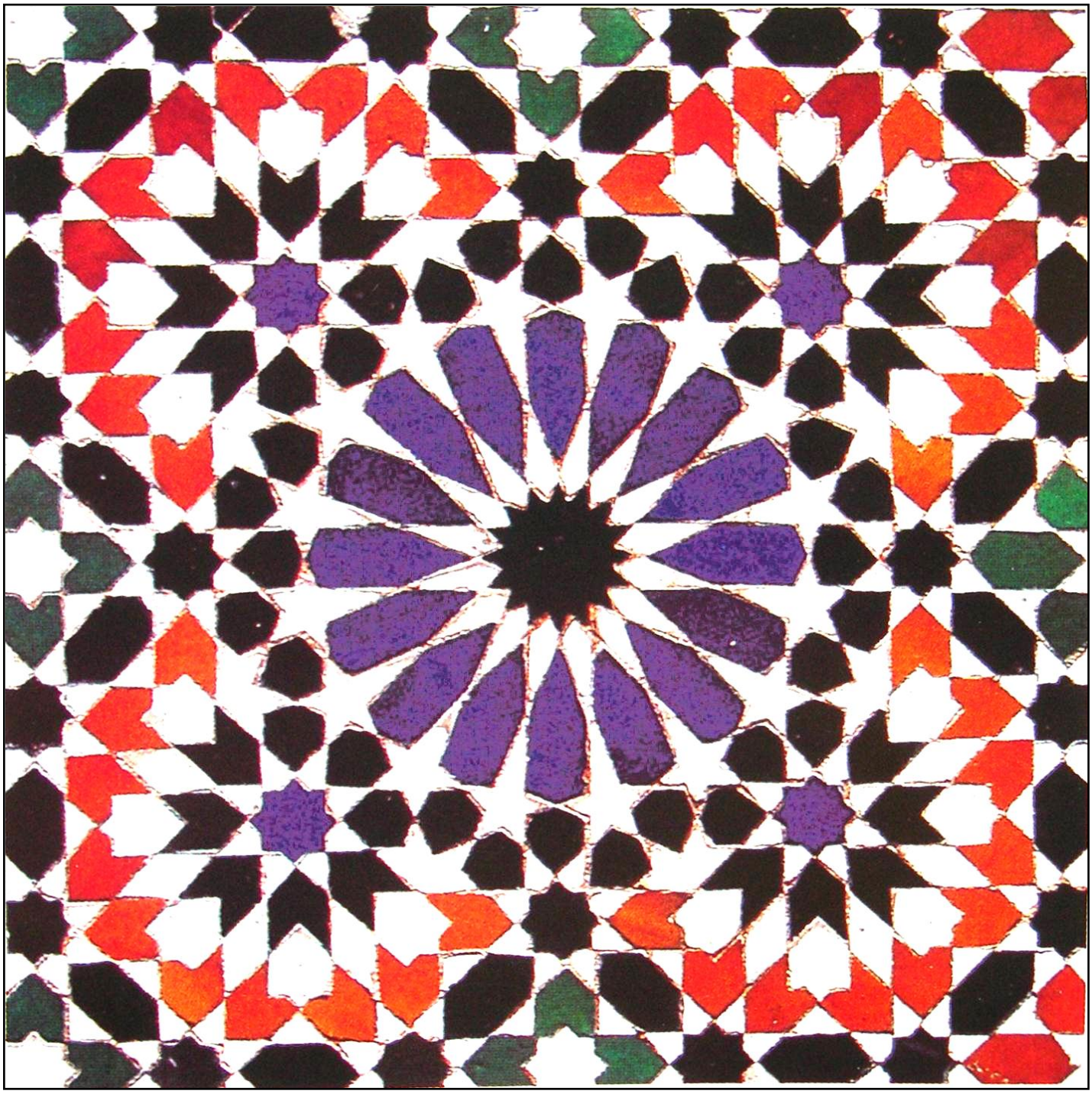


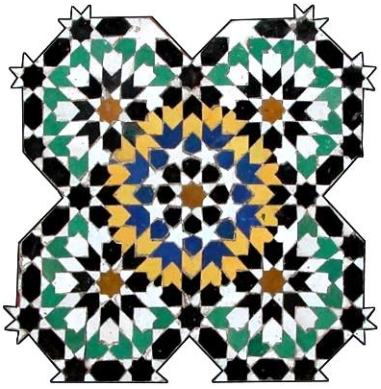


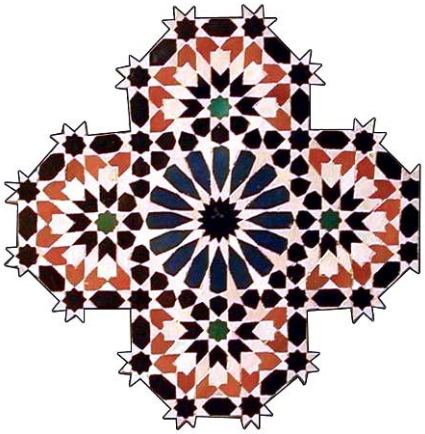


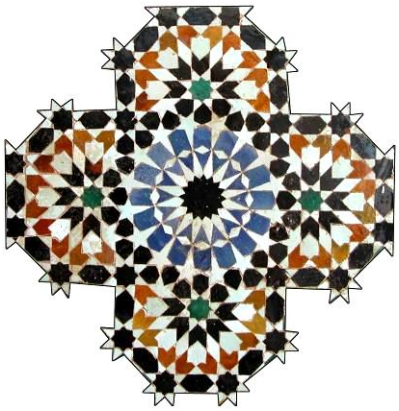


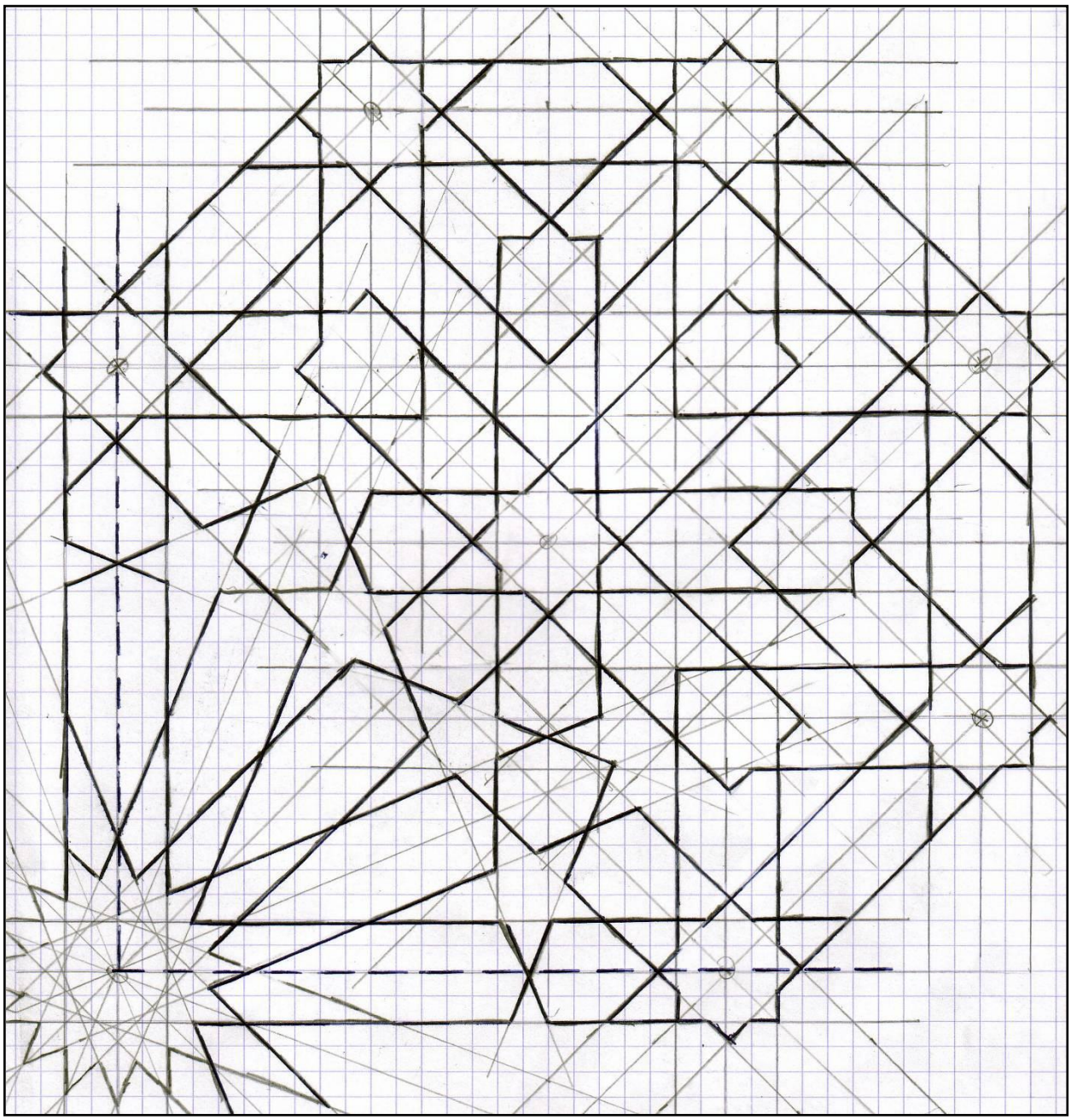
Autre étoile à seize de Fès incluse dans le trèfle à quatre feuilles :









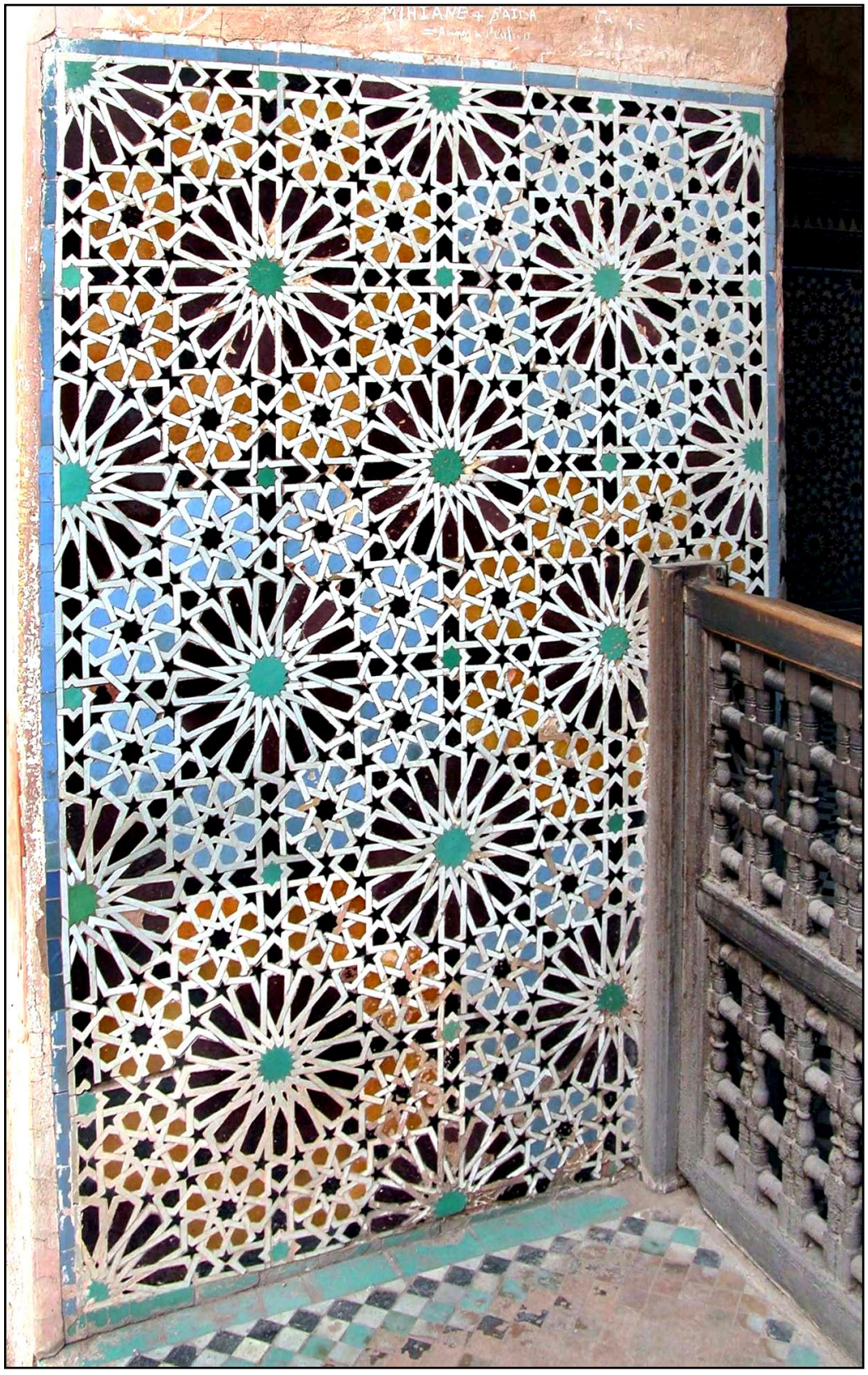




Porte du minbar de la mosquée Al Azraf au Caire avec son étoile à seize.

Étoile à seize de l'Alhambra :





Étoile à seize, type Alhambra, aux tombeaux Saadiens de Marrakech.

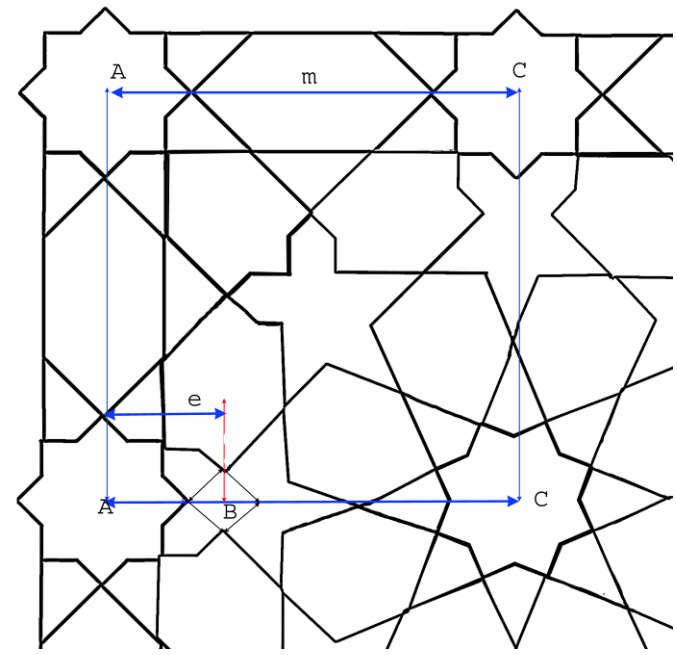
Dans cette mosaïque des tombeaux Saadiens :

- Le squelette a disparu, le calcul de la largeur de bande **e** n'est plus possible et la méthode de dessin n'est plus utilisable.

- L'emplacement du centre des étoiles à huit satellites se trouve à l'intersection de deux axes de symétrie des étoiles à seize.

- Une nouvelle maille **M** sera définie : **M** sera la distance entre le centre de deux étoiles satellites à huit consécutives ; une nouvelle relation existant entre **M** et **e** permettra d'utiliser à nouveau la méthode de construction.

- La construction de l'étoile à huit étudiée précédemment est utilisée car les deux mailles cohabitent sur le même schéma (segment **AC = m** et **BC** est la moitié de la nouvelle maille **M = BC / 2**). La pièce en forme d'oiseau est issue du sceau de centre **B** donc**,** par construction, **AB = e** .



- BC est la demi-maille
  $BC = M/2$
- AB est la largeur de bande
  $AB = e$
- AC est la maille du motif
  $AC = m = e(2+\sqrt{2})$

Nous avons $BC = AC - AB$

donc $\frac{M}{2} = m - e$

donc $e = M \times \frac{\sqrt{2}-1}{2}$

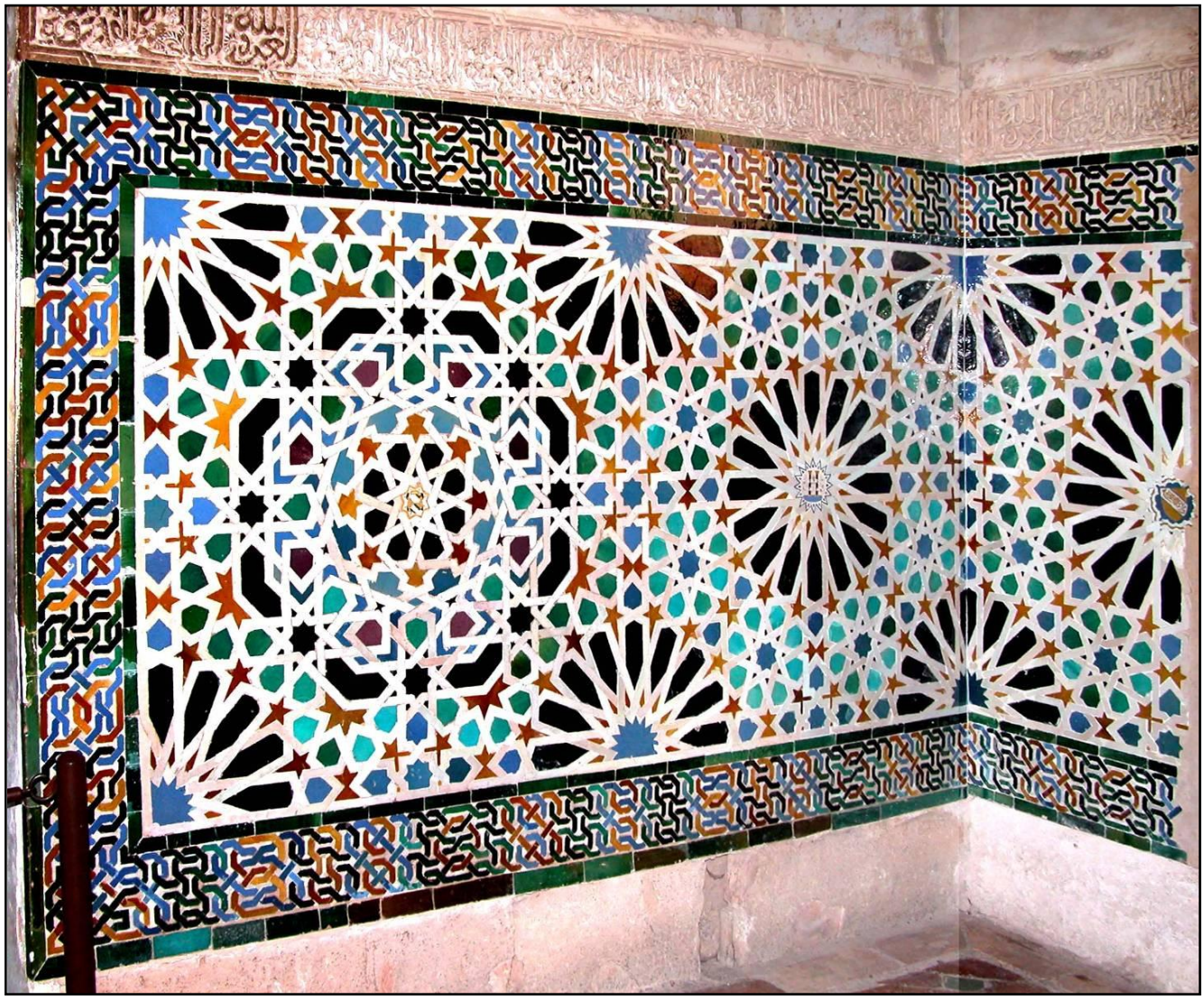
Après calcul $e = M \times 0{,}207$

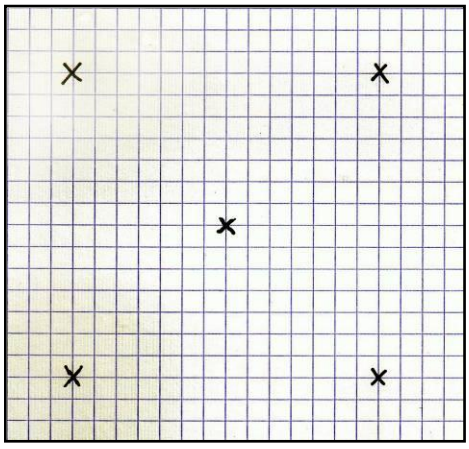
e = M . 0,207

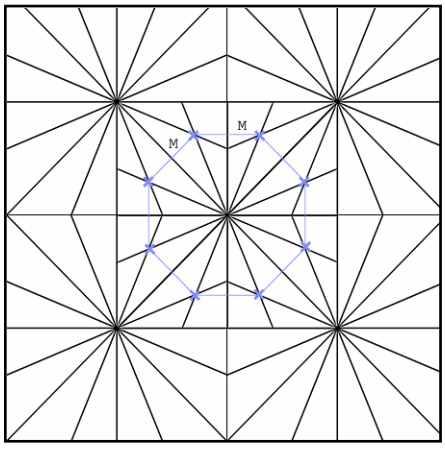
- Il suffit de connaitre l'emplacement du centre de deux étoiles à seize pour que la construction du centre des autres étoiles soit possible.

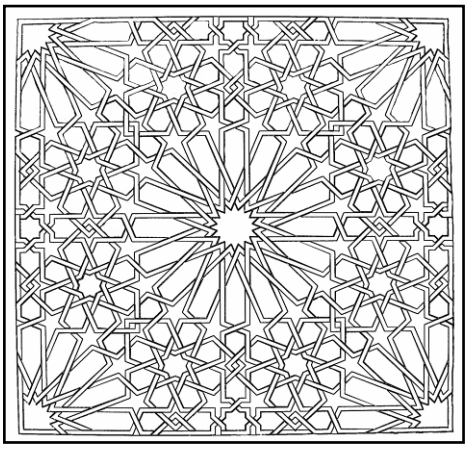
- La mesure de la maille **M** permet de calculer la valeur de **e .**

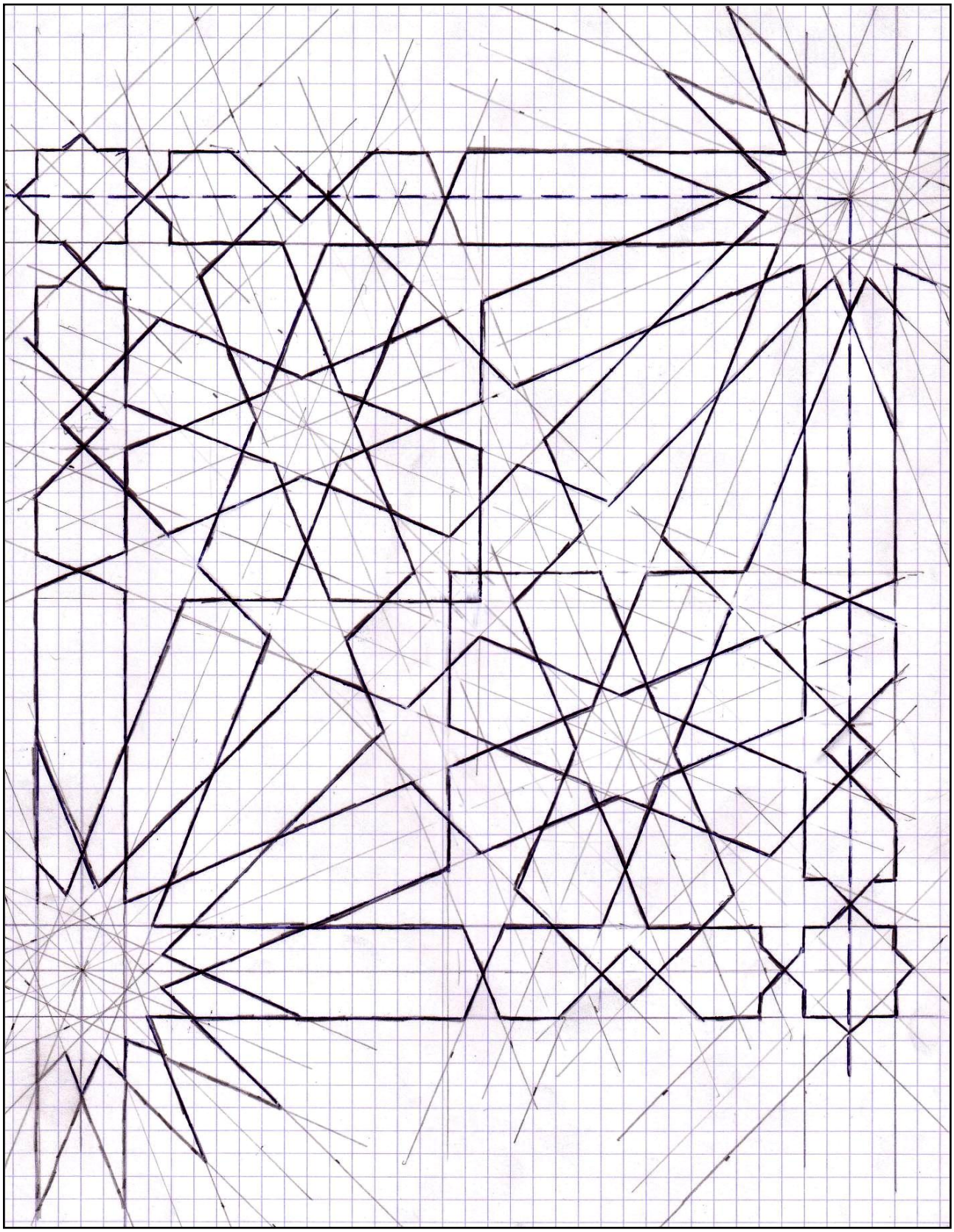
- La position du centre de toutes les étoiles et la valeur de **e** étant définies, l'utilisation de la méthode habituelle est possible.

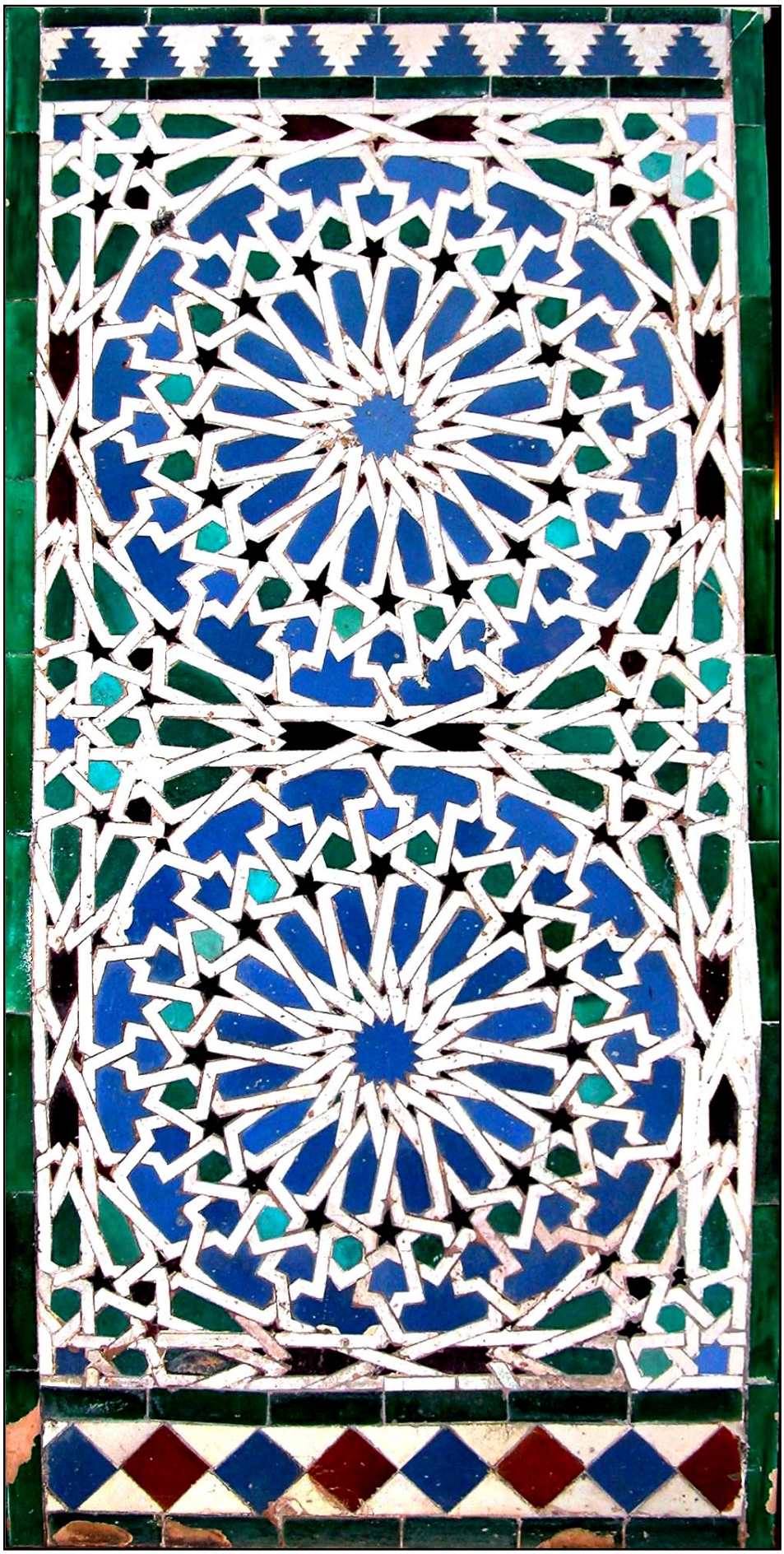


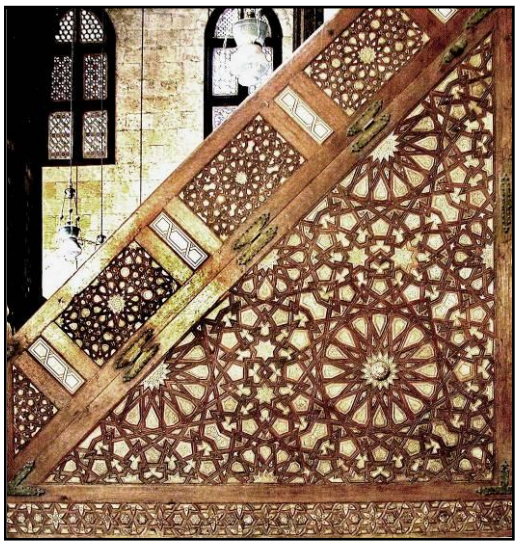


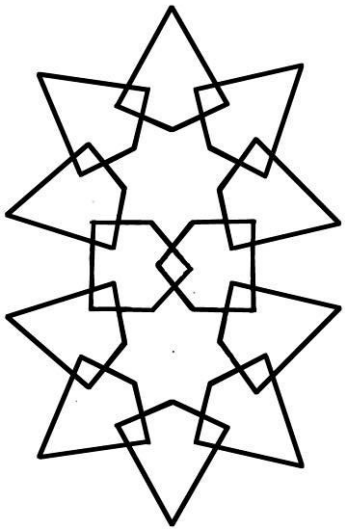

M
M

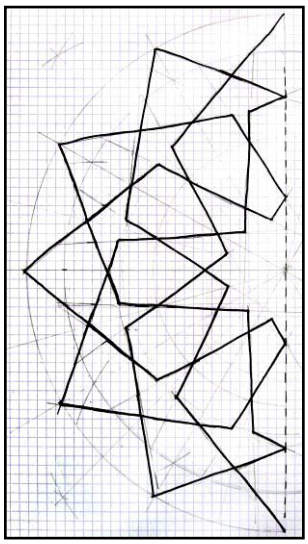


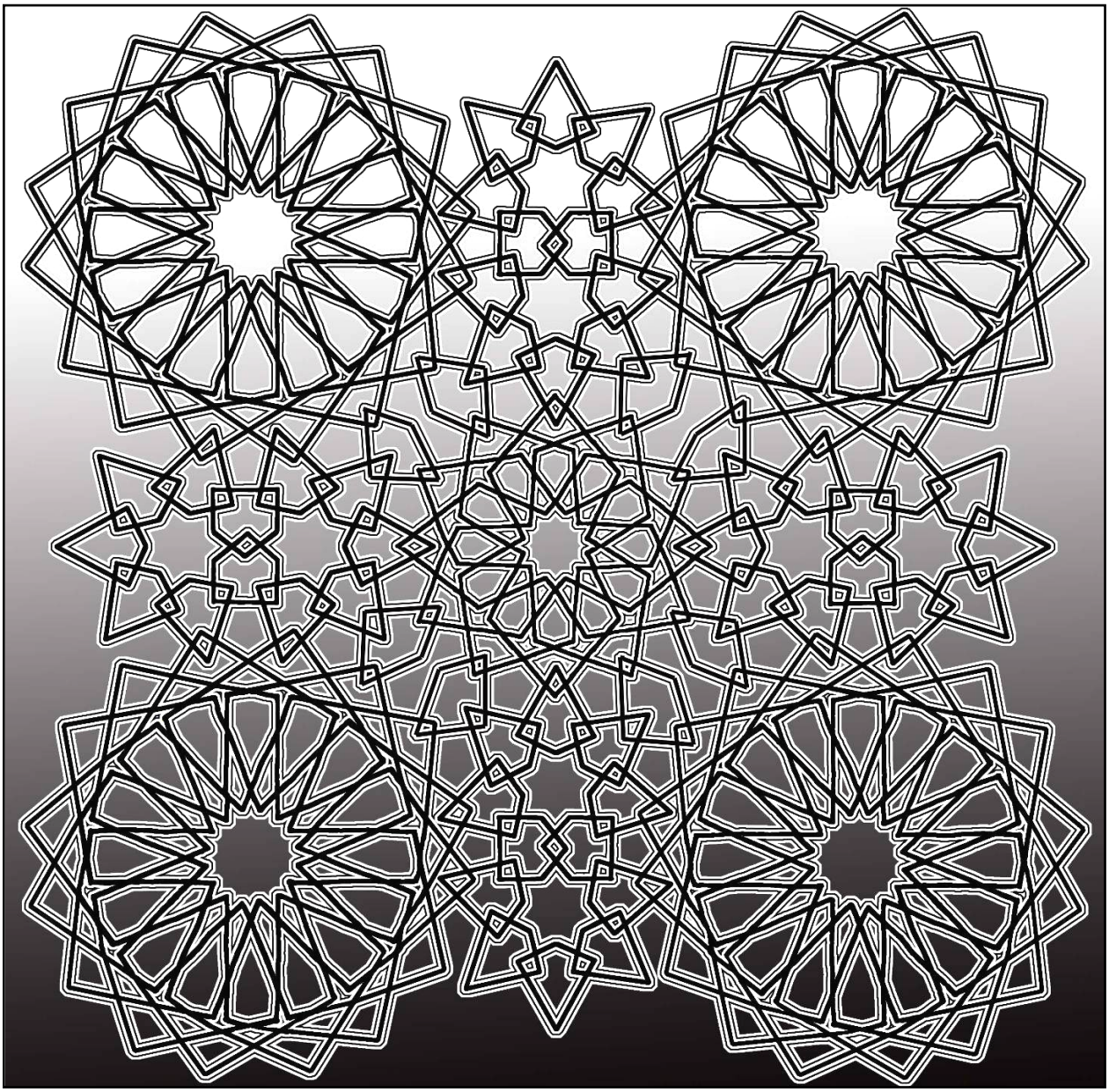






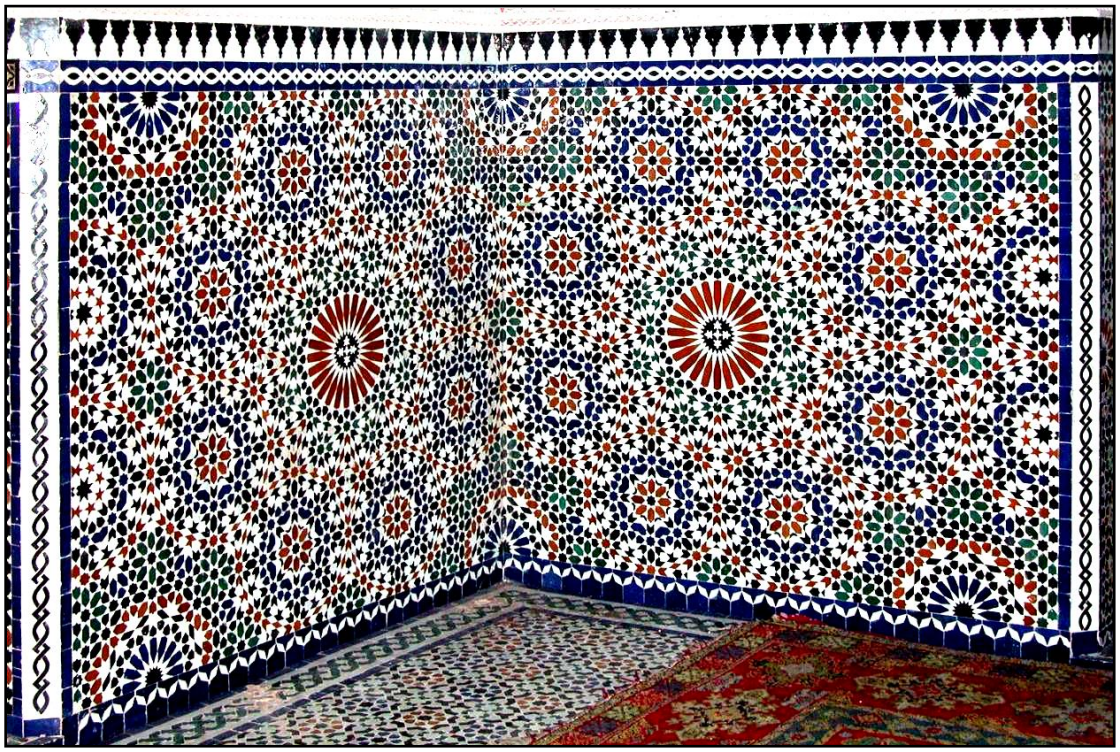




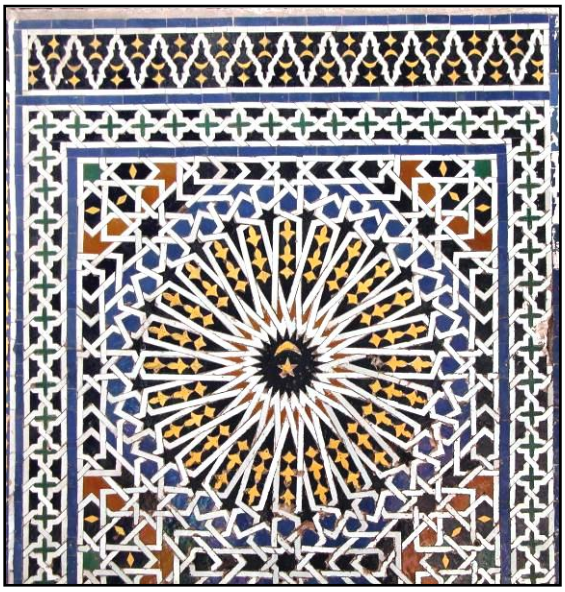


Minbar de la mosquée mamelouke El Ghouri du Caire.

Famille octogonale :
Système modulaire convergent :
L’étoile à vingt-quatre



Musée Dar Jamaï à Mekhnès.

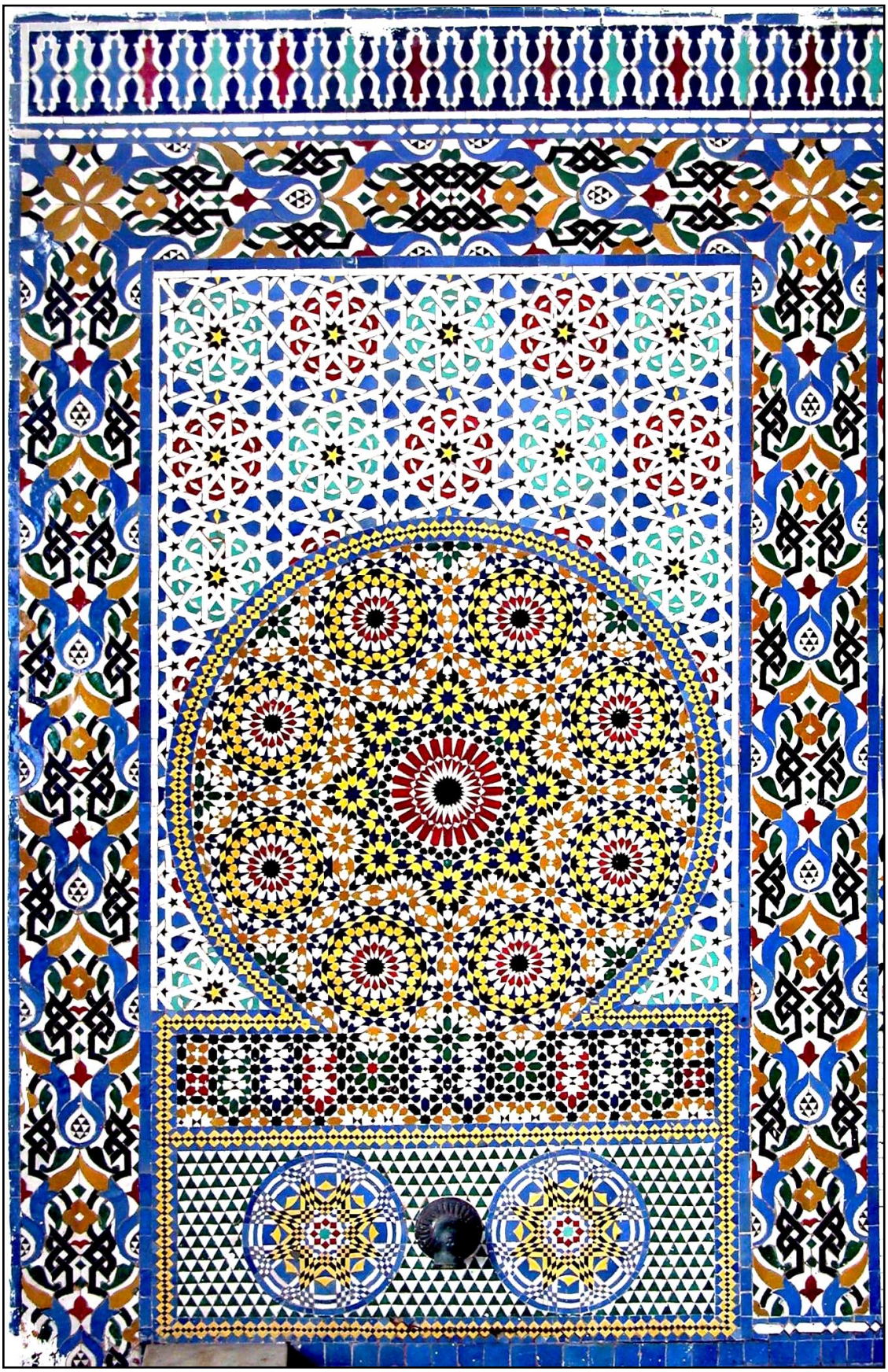


Zaouïa de Moulay Idriss à Fès.

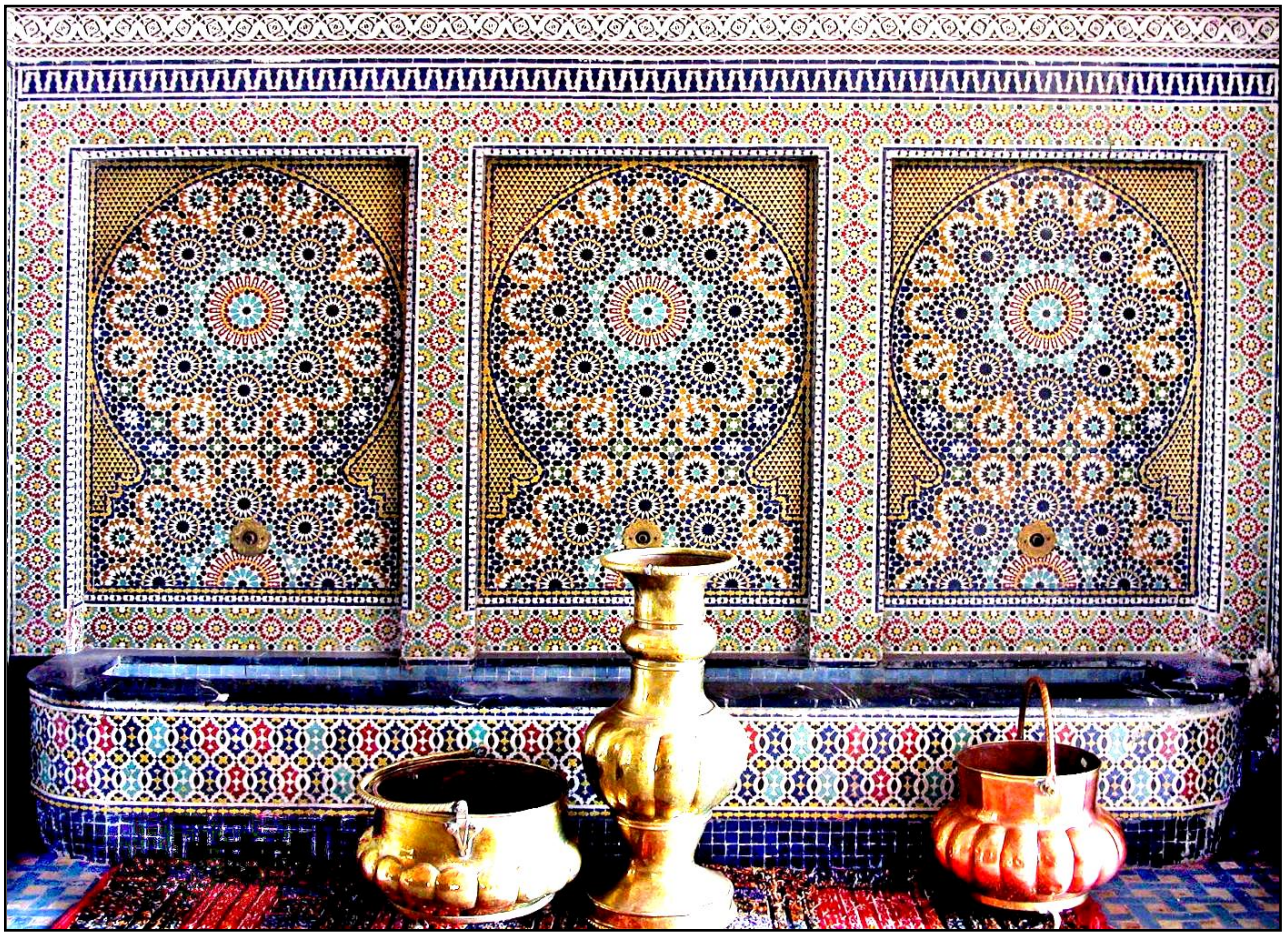


Détail d’une fontaine à la tour Hassan de Rabat.

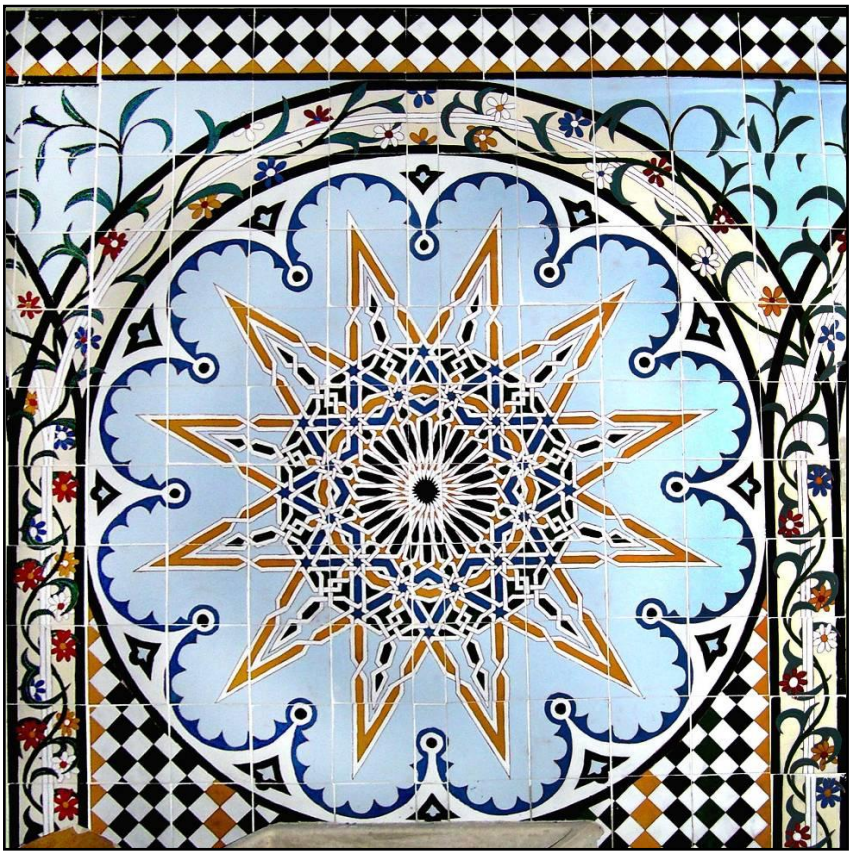
RETOUR

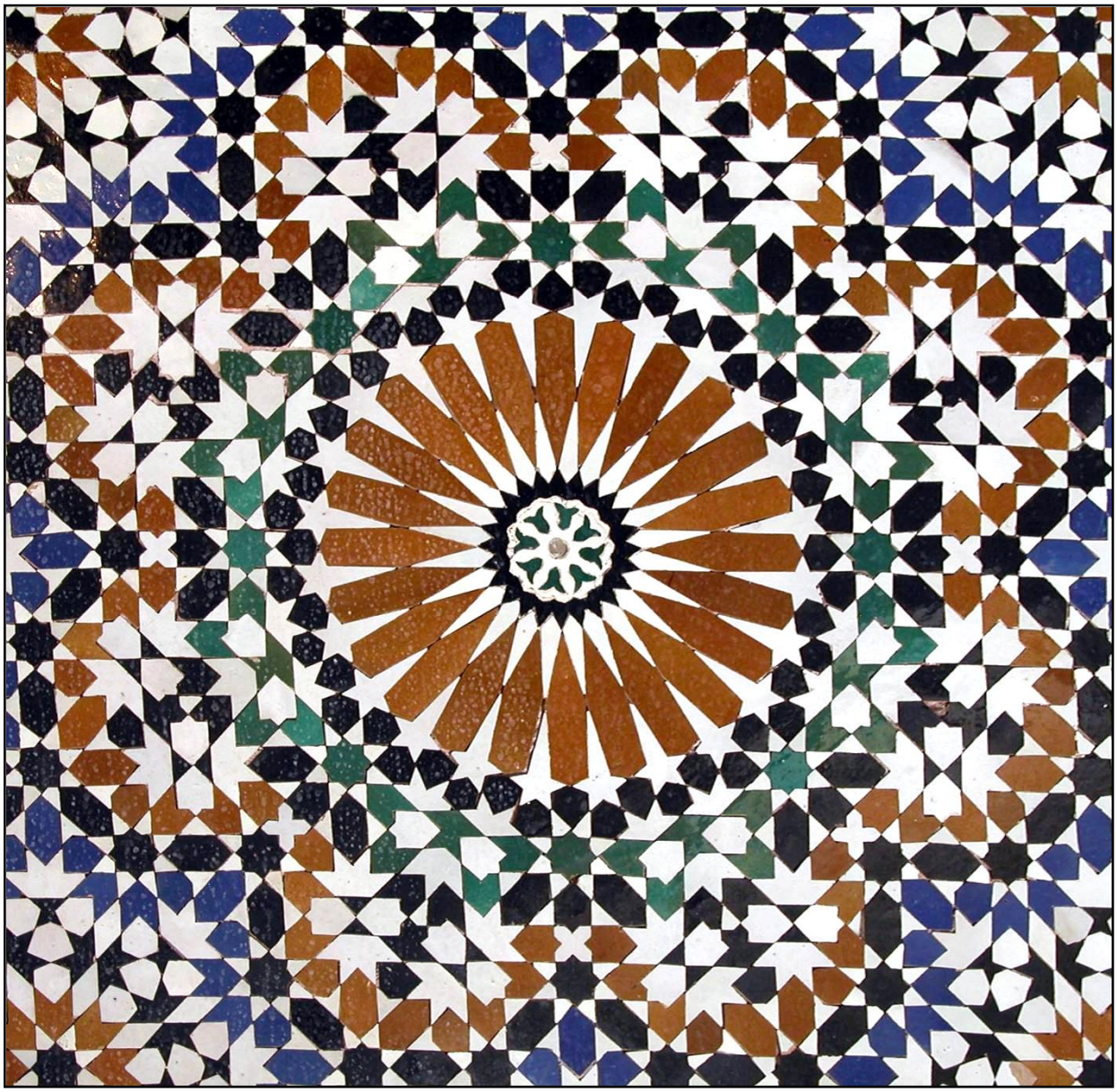


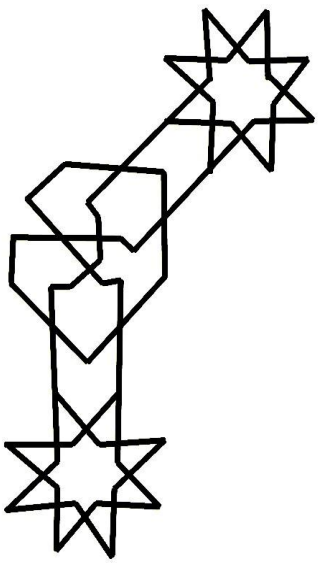
Centre artisanal de Rabat.

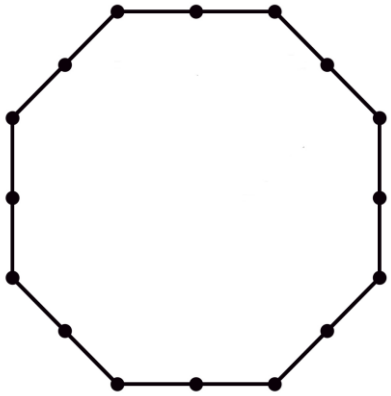


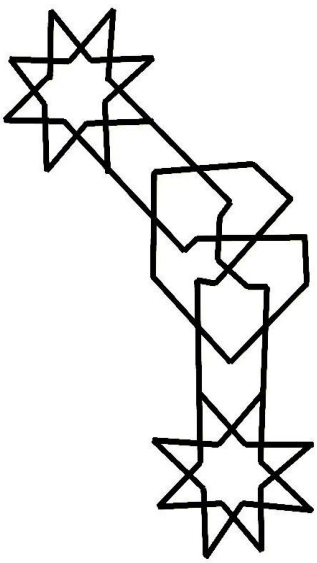
Fontaine au centre artisanal de Marrakech et panneaux de fontaine du riad Loulou.



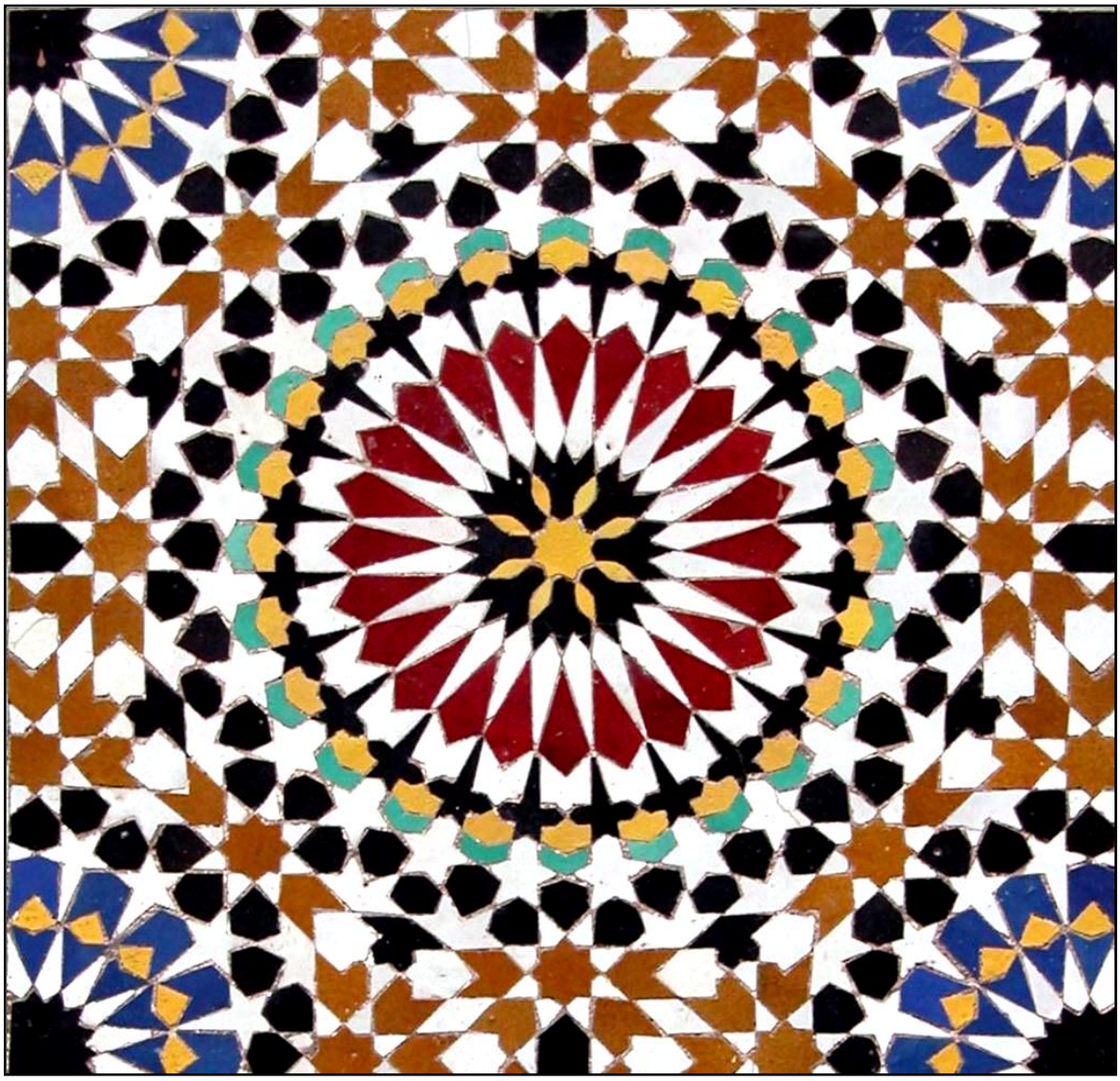








Les pièces vertes autour de l'étoile centrale forment le squelette caché d'un double octogone.



Pour construire un quart de cette étoile incluse dans un octogone convexe double :

Construire d'abord les étoiles périphériques du squelette de cet octogone double.

Choix de la maille : **m = 7** .

Construire le point **O** , centre de l'étoile à vingt-quatre.

Au point **O** tracer les douze axes de symétrie.

Tracer les quatre axes de symétrie.

Calculer la mesure de la bande : **e = 2** et bander tous les axes.

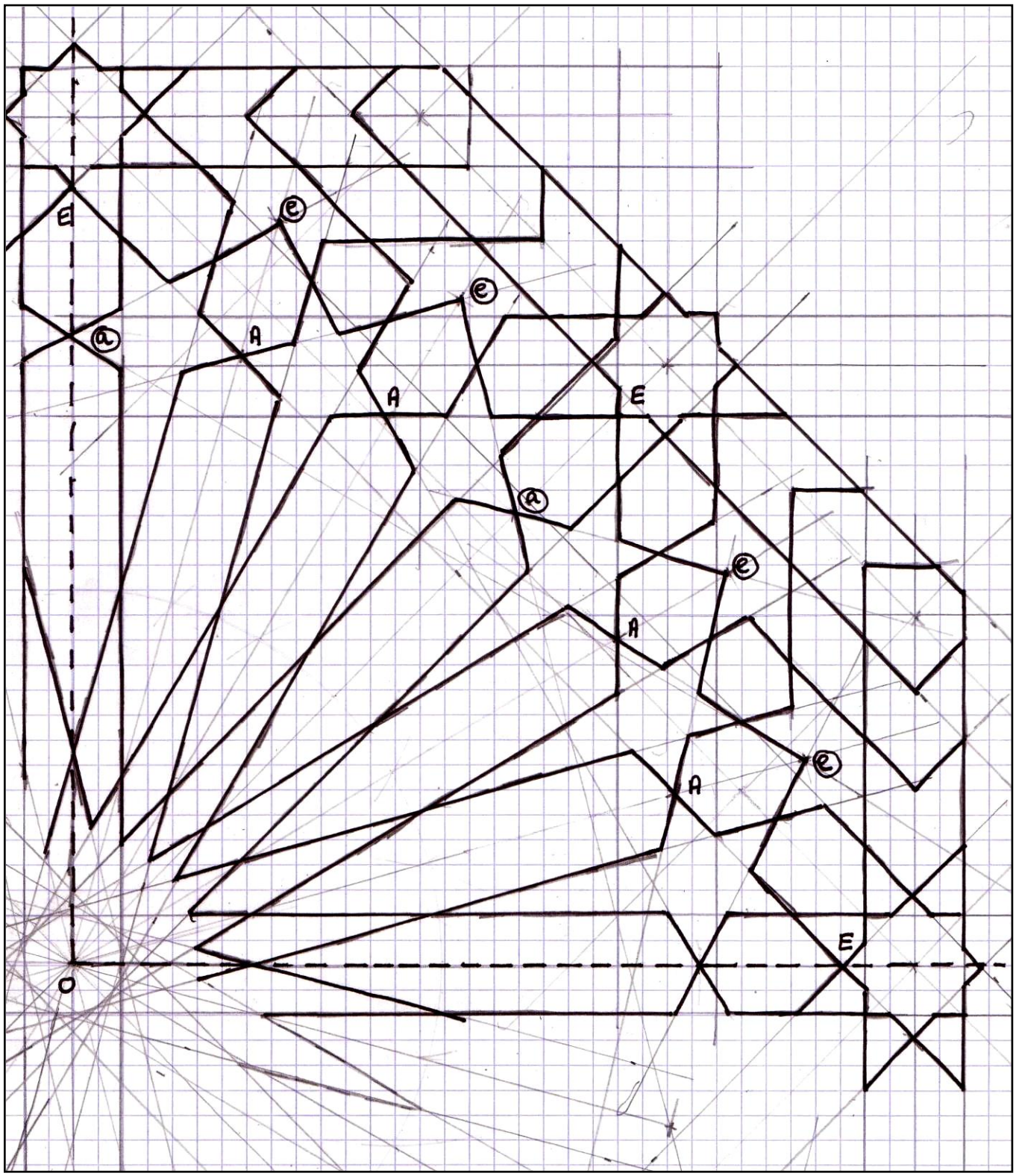
Reconnaissance sur les tracés des points **A ,** qui donnent ainsi la taille des pétales. Les autres pétales sont tracés au compas. **OA = Oa**

De la même manière, la position des points **E** donne toutes les mesures intermédiaires. **OE = Oe**

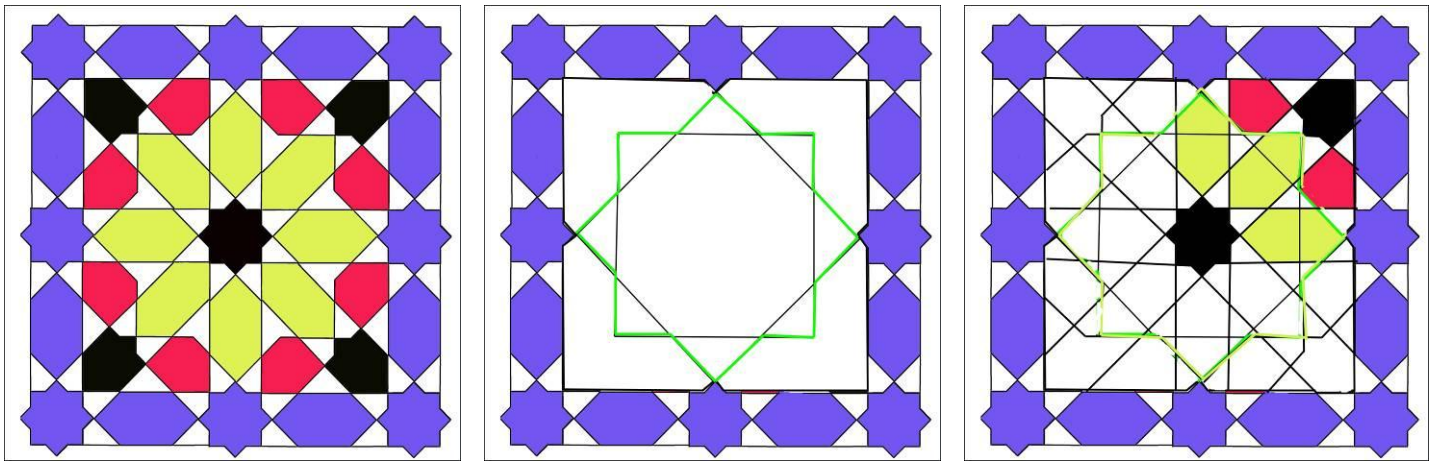
Les pièces de la périphérie sont construites en respectant les grands alignements. Ces grands alignements suivent une *ceinture* de carrés ; chaque carré a son centre en O **.** Pour l'étoile à vingt-quatre, six carrés ; pour l'étoile à seize, quatre carrés et pour l'étoile à huit deux ; trois carrés pour l'étoile à douze ; huit pour l'étoile à trente-deux ; douze pour celle à quarante-huit et vingt-quatre pour l'étoile à 96.

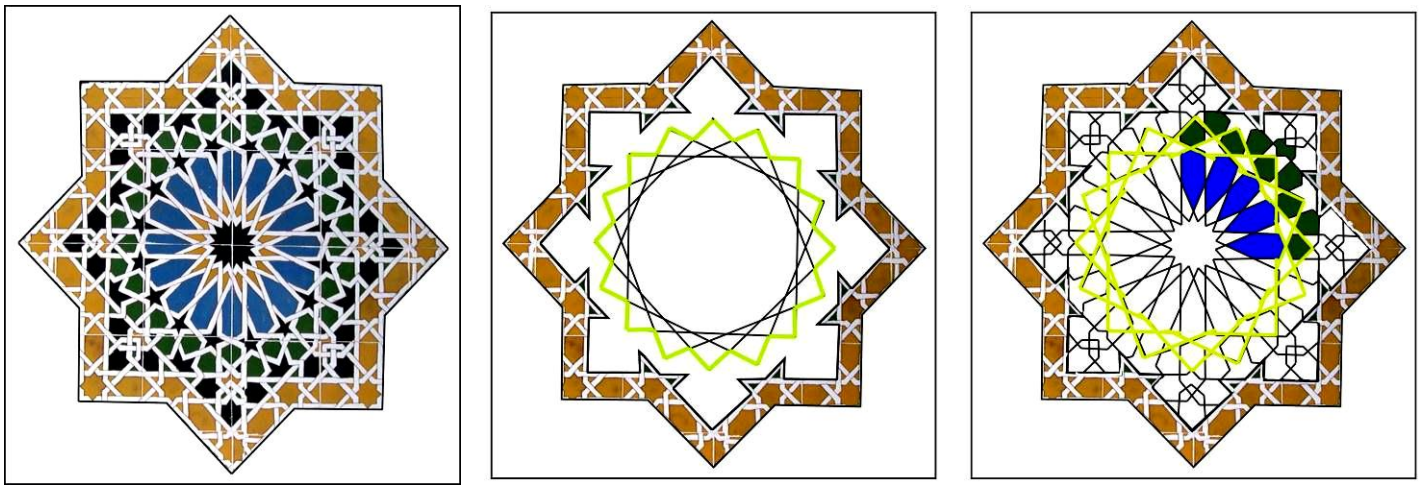
L’étoile à vingt quatre peut avoir pour squelette :

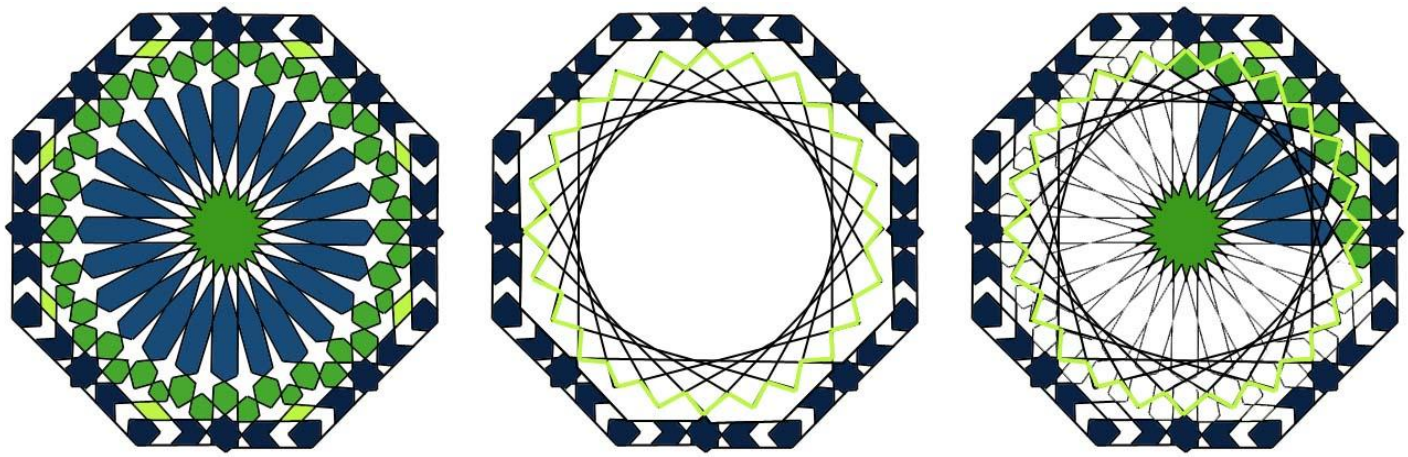
- Un octogone double.
- Un octogone double étoilé.
- Une marguerite.



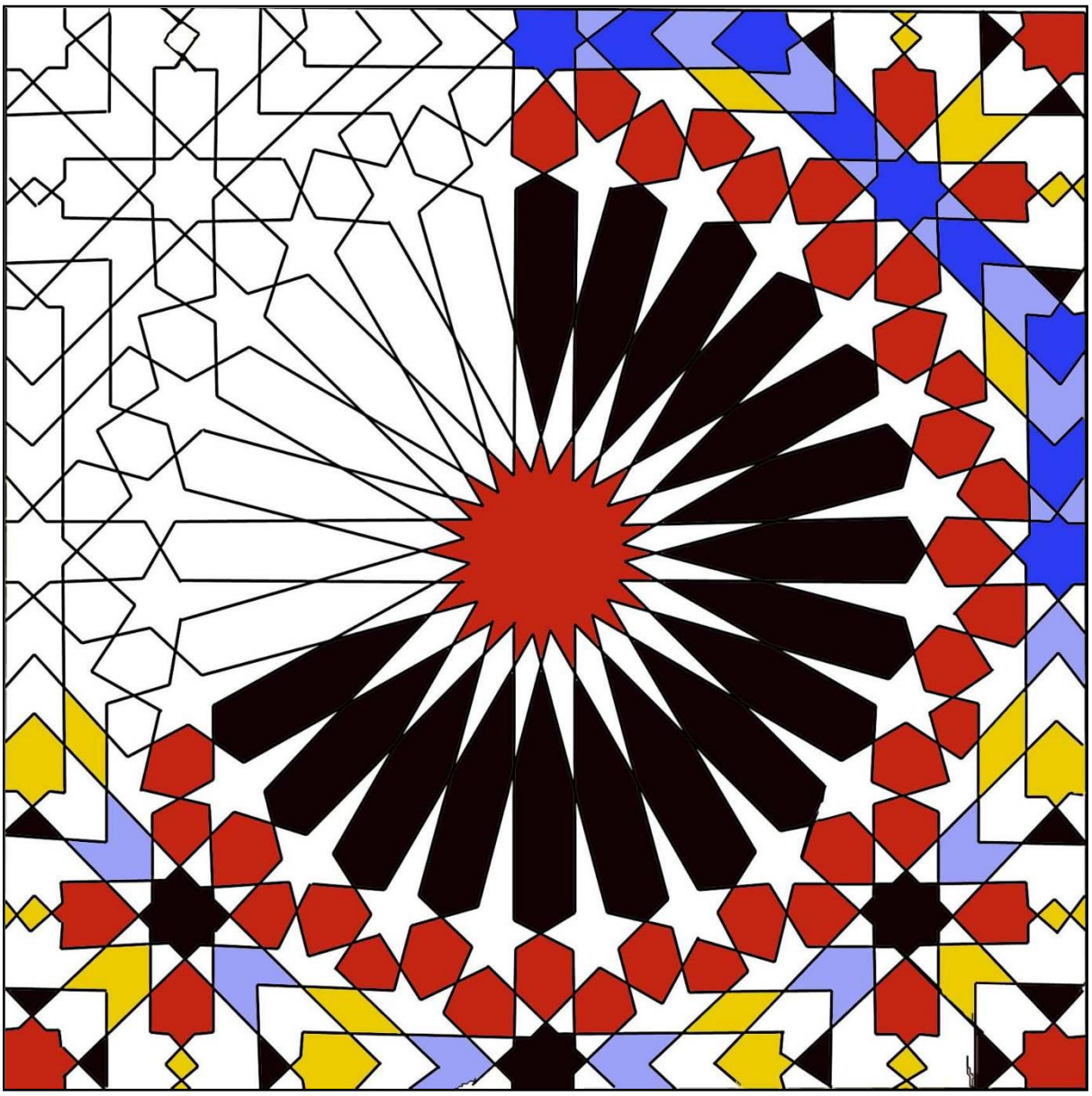
Mise en évidence de la ceinture permettant de tracer les pétales de la rosace : la mesure d'une seule diagonale d'un des carrés permet de tracer la position de l'extérieur de chaque pièce intermédiaire.

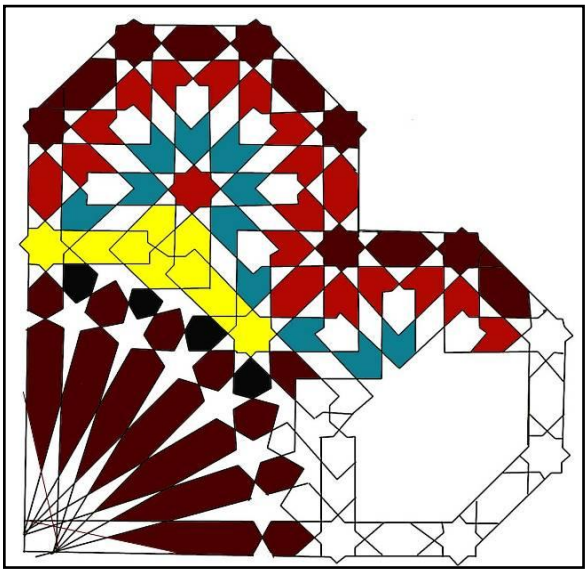


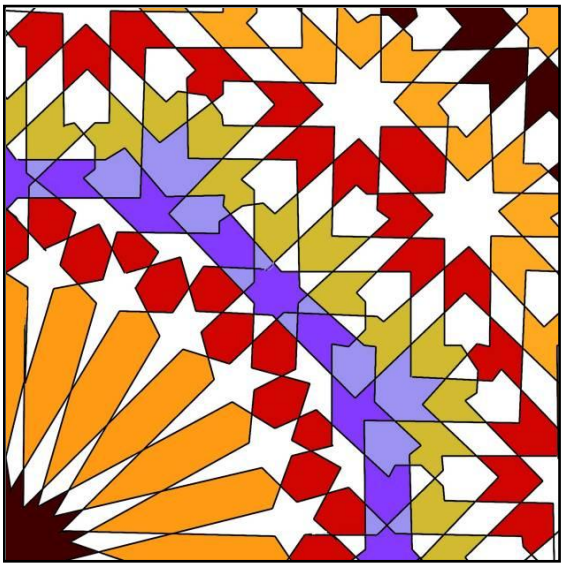


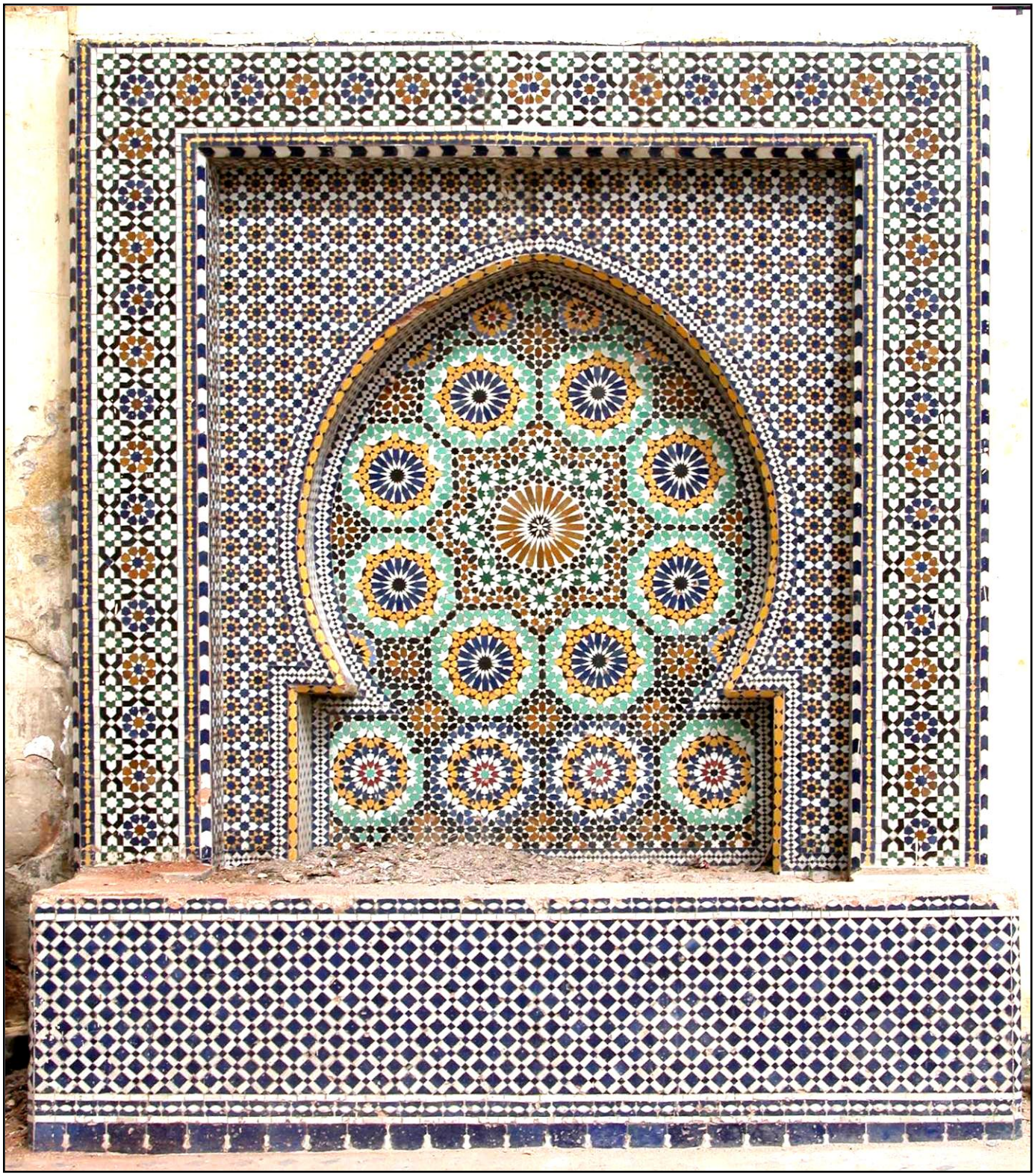


Les pièces extérieures de la rosace suivent les contours de la ceinture.





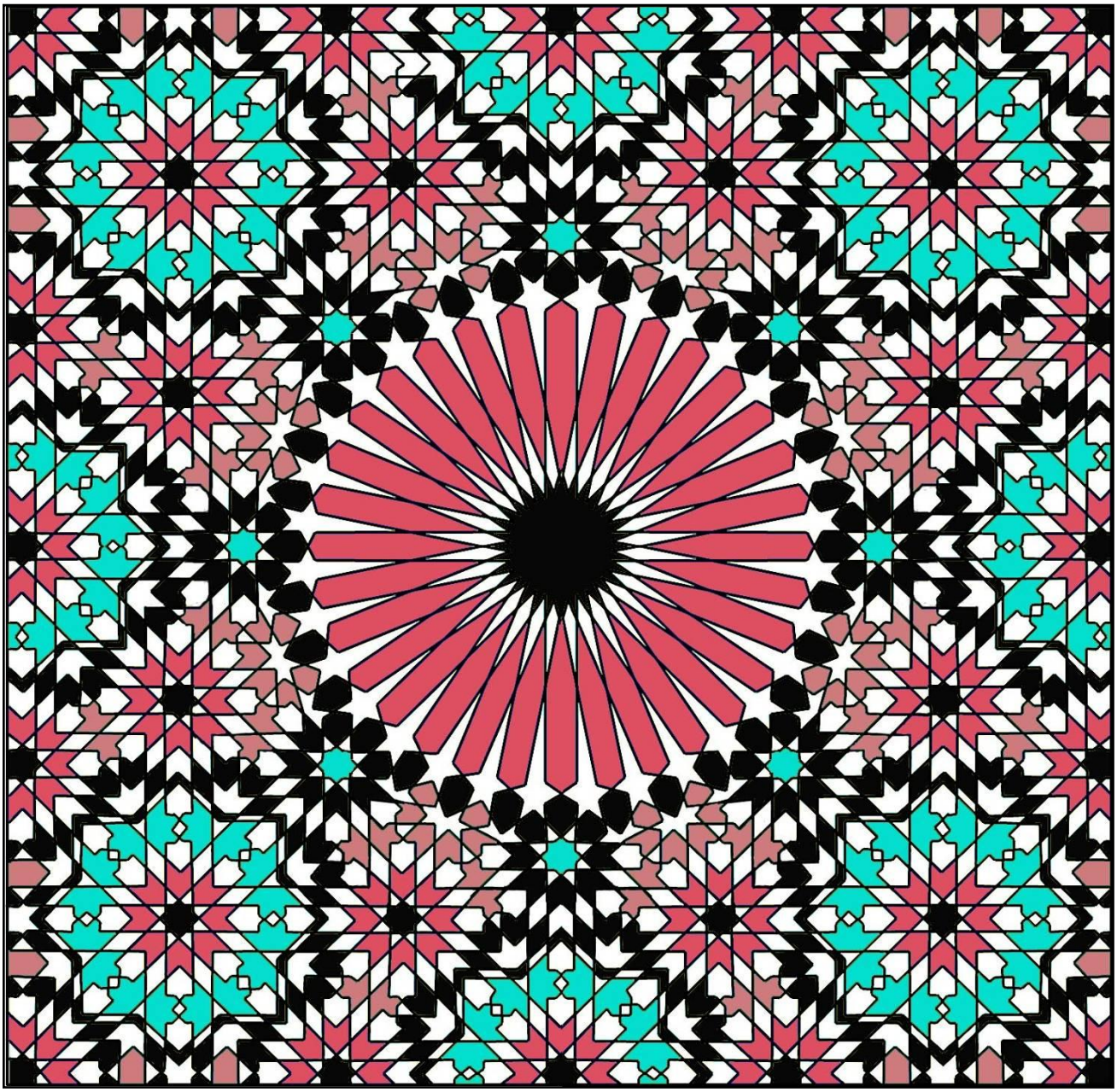




Fontaine au mausolée de Moulay Ismaïl à Mekhnès.

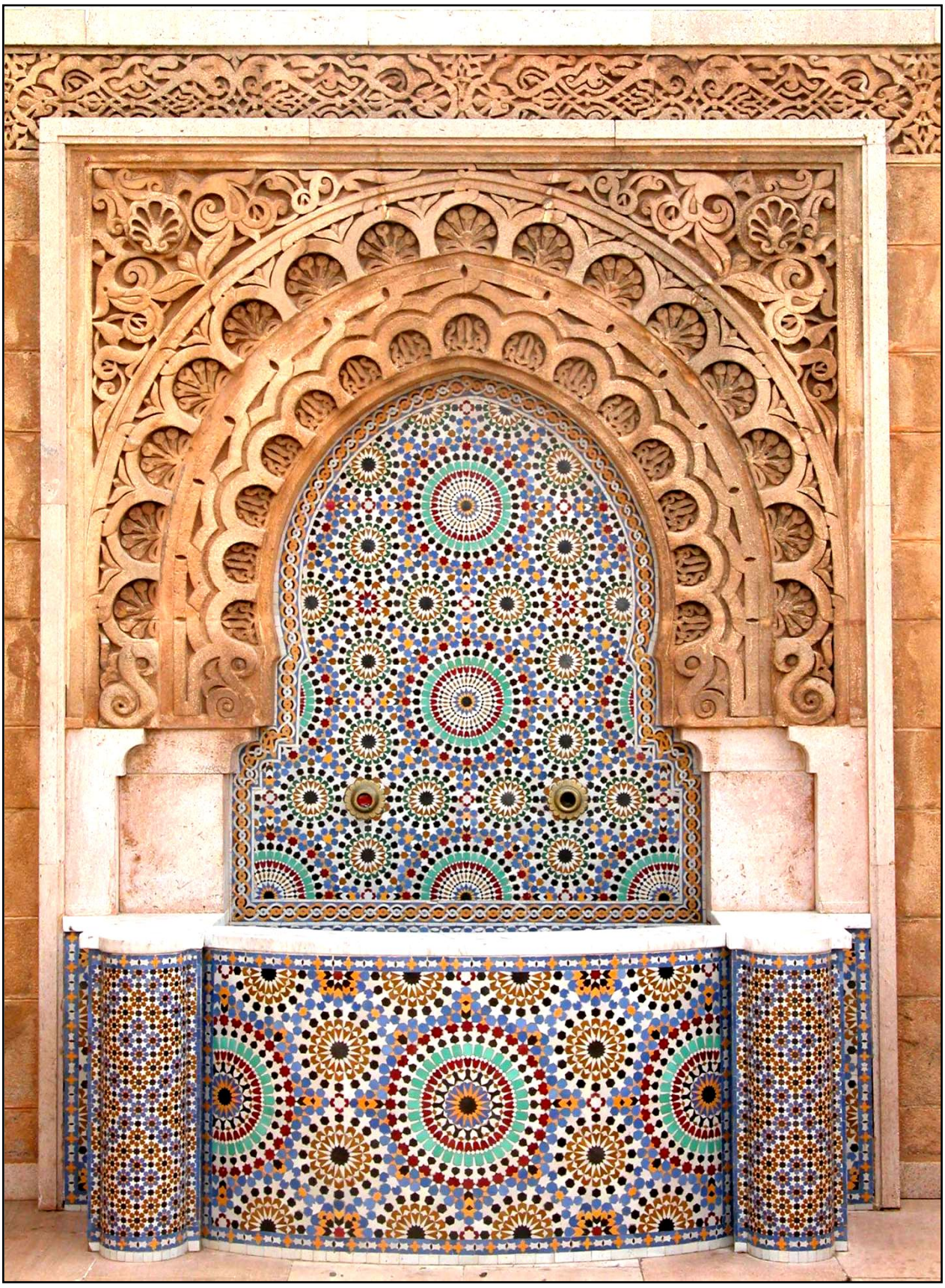
Système modulaire convergent : L’étoile à trente-deux

L’étoile à trente-deux type Fès :

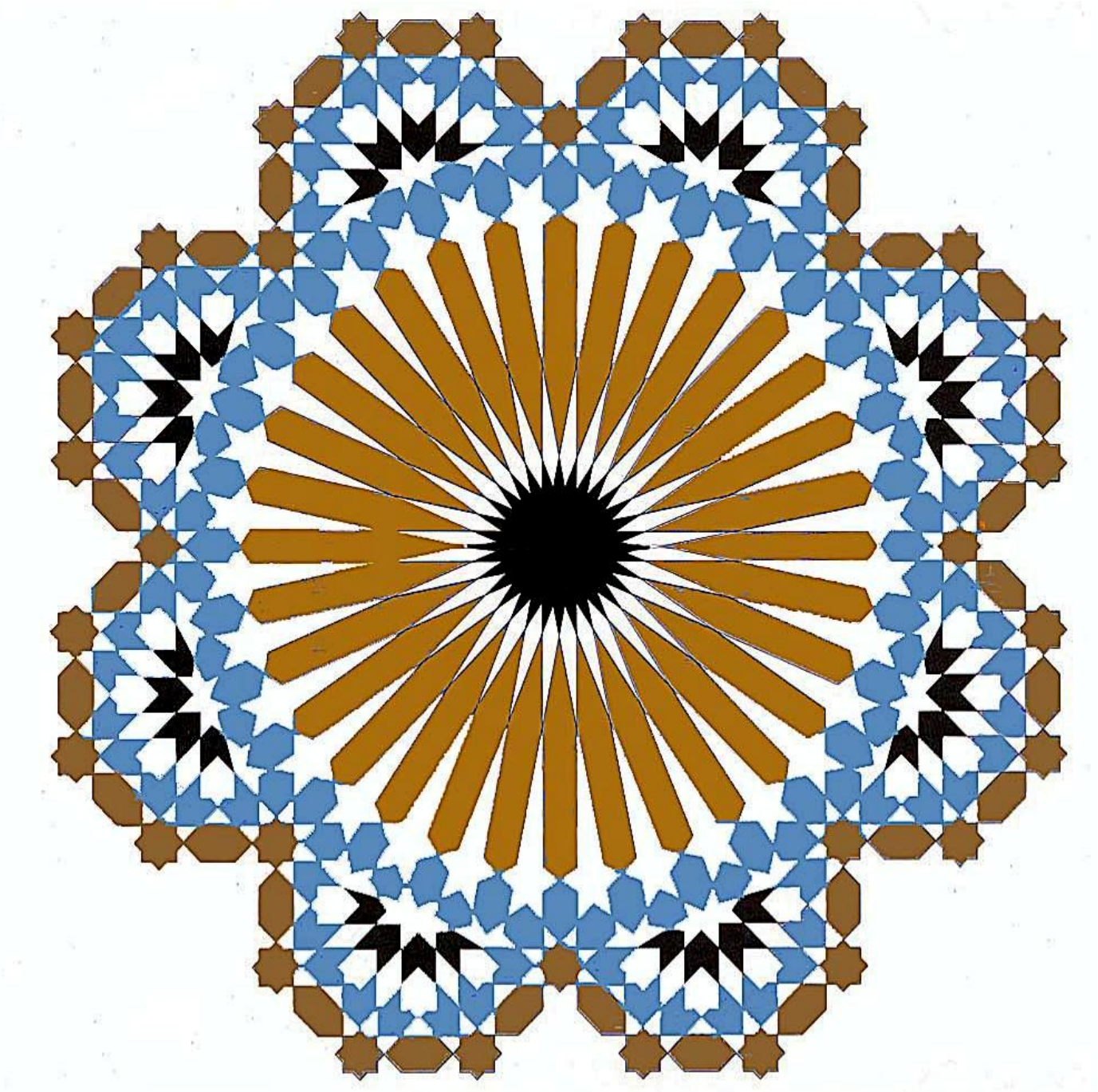


Dans l’exemple ci-dessus, l’étoile à 32 possède au centre trois couronnes de satellites formés par des étoiles à 8. Son squelette n’est pas visible.

RETOUR

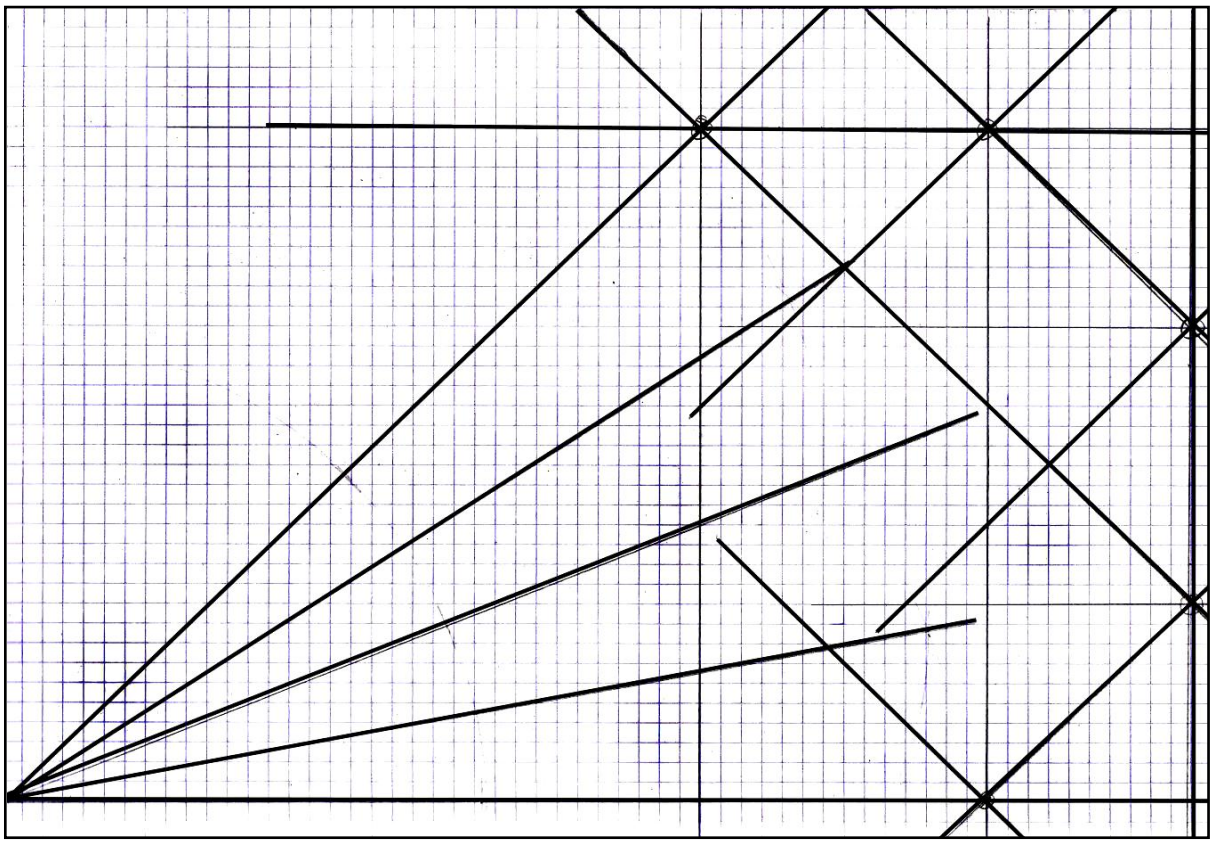


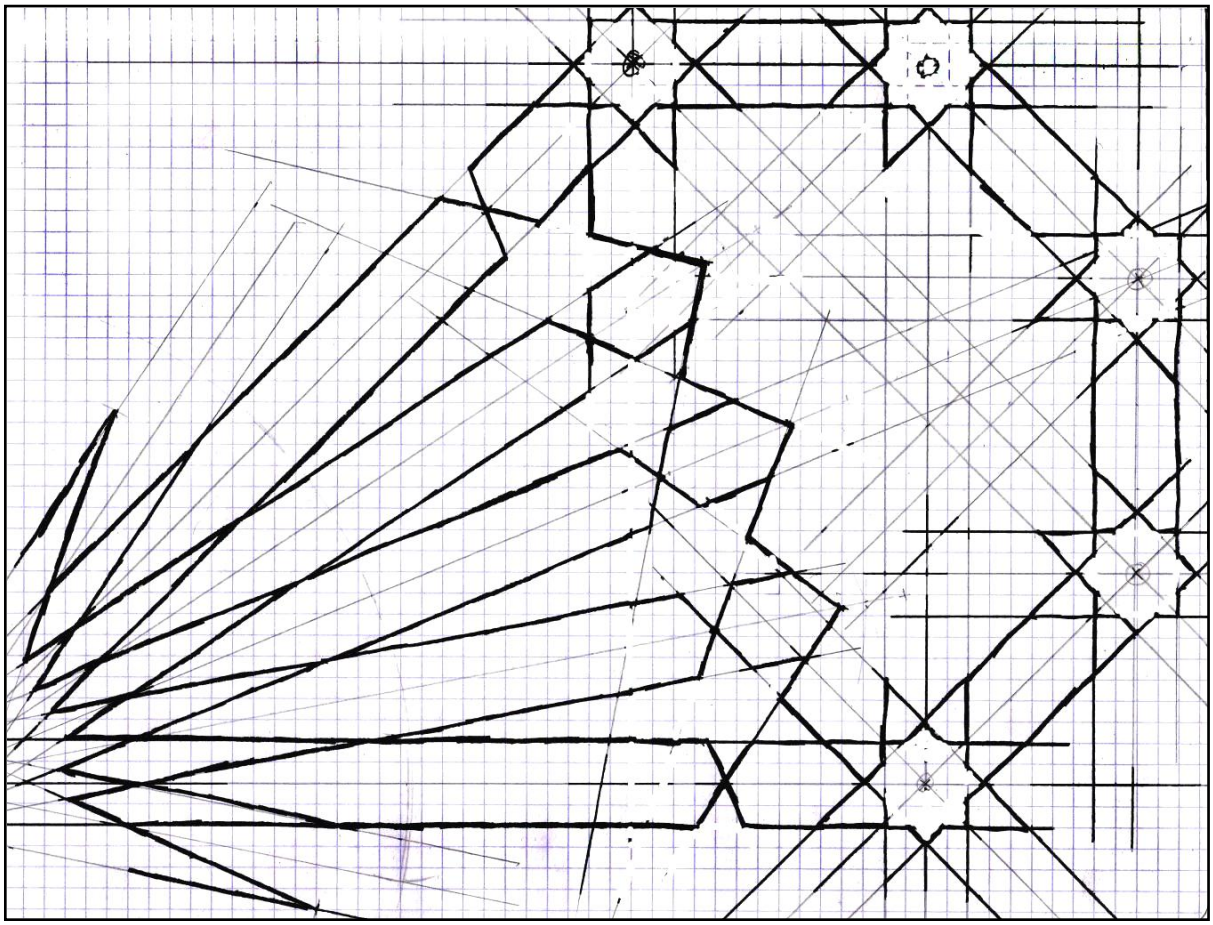
Étoiles à trente-deux avec pour satellites une couronne d'étoiles à seize au mausolée Mohamed V à Rabat.

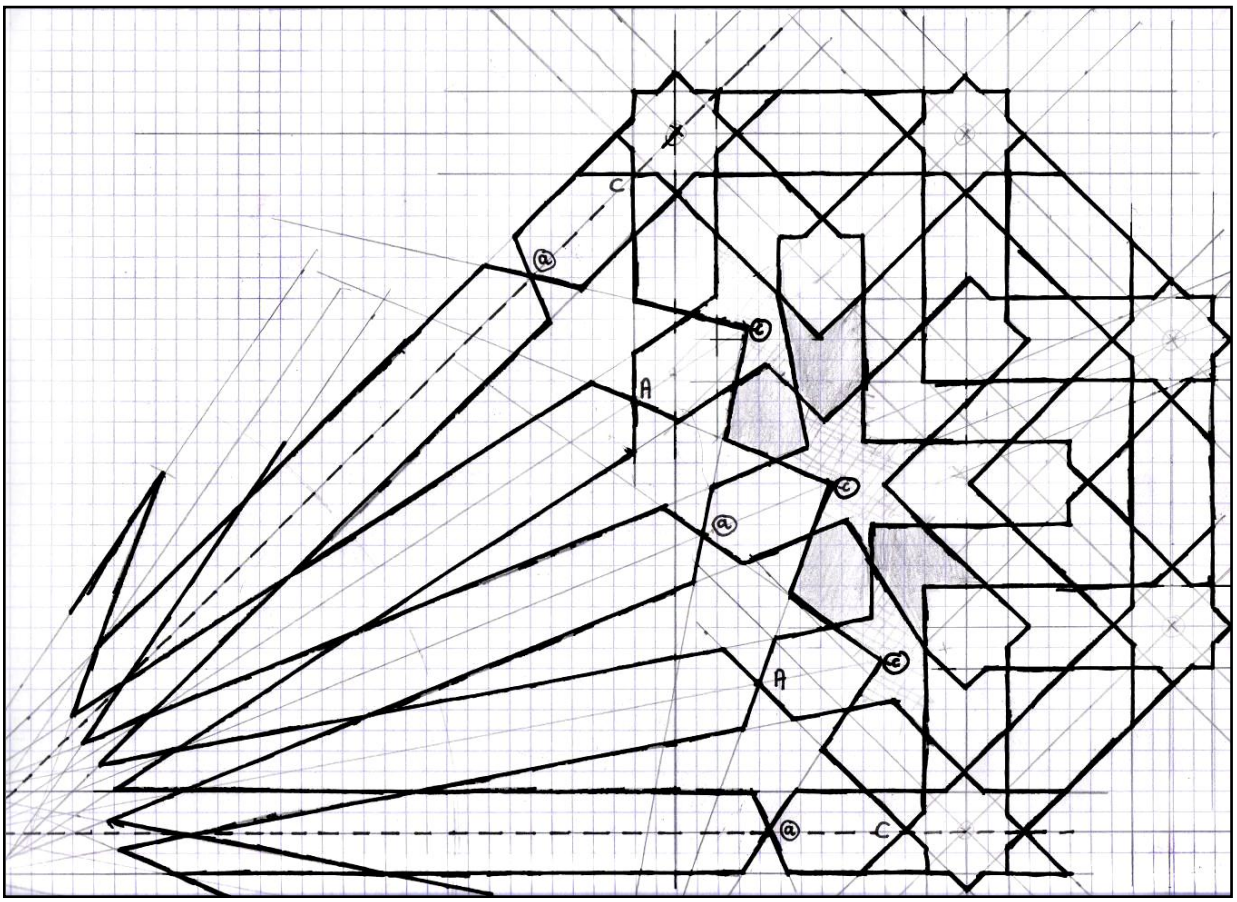


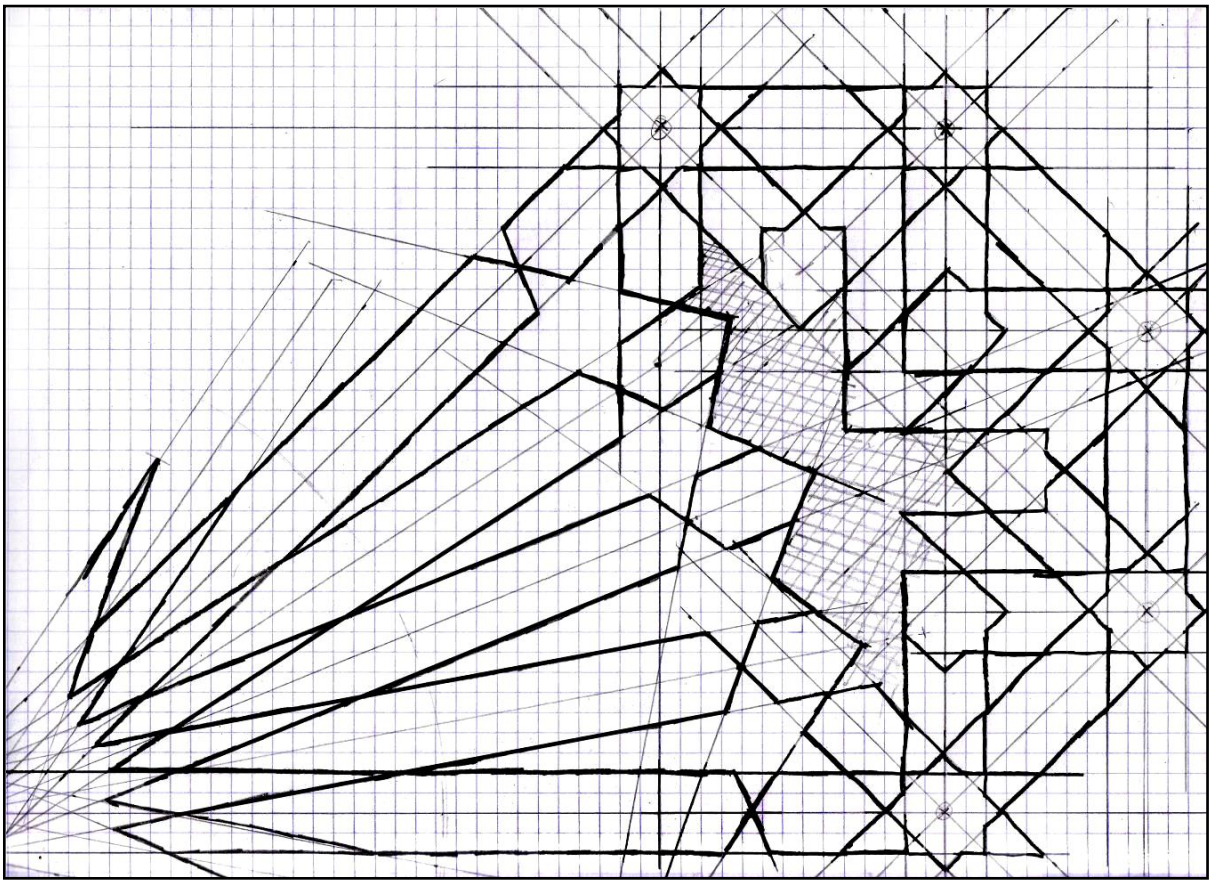
Voici les différentes phases de la construction de la page suivante:

- Dessin au 1 / 8 du squelette de la marguerite. Maille M = 7 donc e = 2 .
- En premier : traçage du centre des sceaux et du centre **O** de l'étoile à 32. Construction de tous les axes de symétrie.
- En deuxième : bandage des axes et mise en évidence des étoiles avec leurs pétales.
- Ensuite construction des différentes pièces : reconnaissance des points **A** et **C** et construction des points **a** et **c** ; la reconnaissance de la position de la ceinture permet de trouver les alignements. La zone des raccords est hachurée.
- Construction des raccords : **les pièces des raccords ne sont pas issues du sceau**.

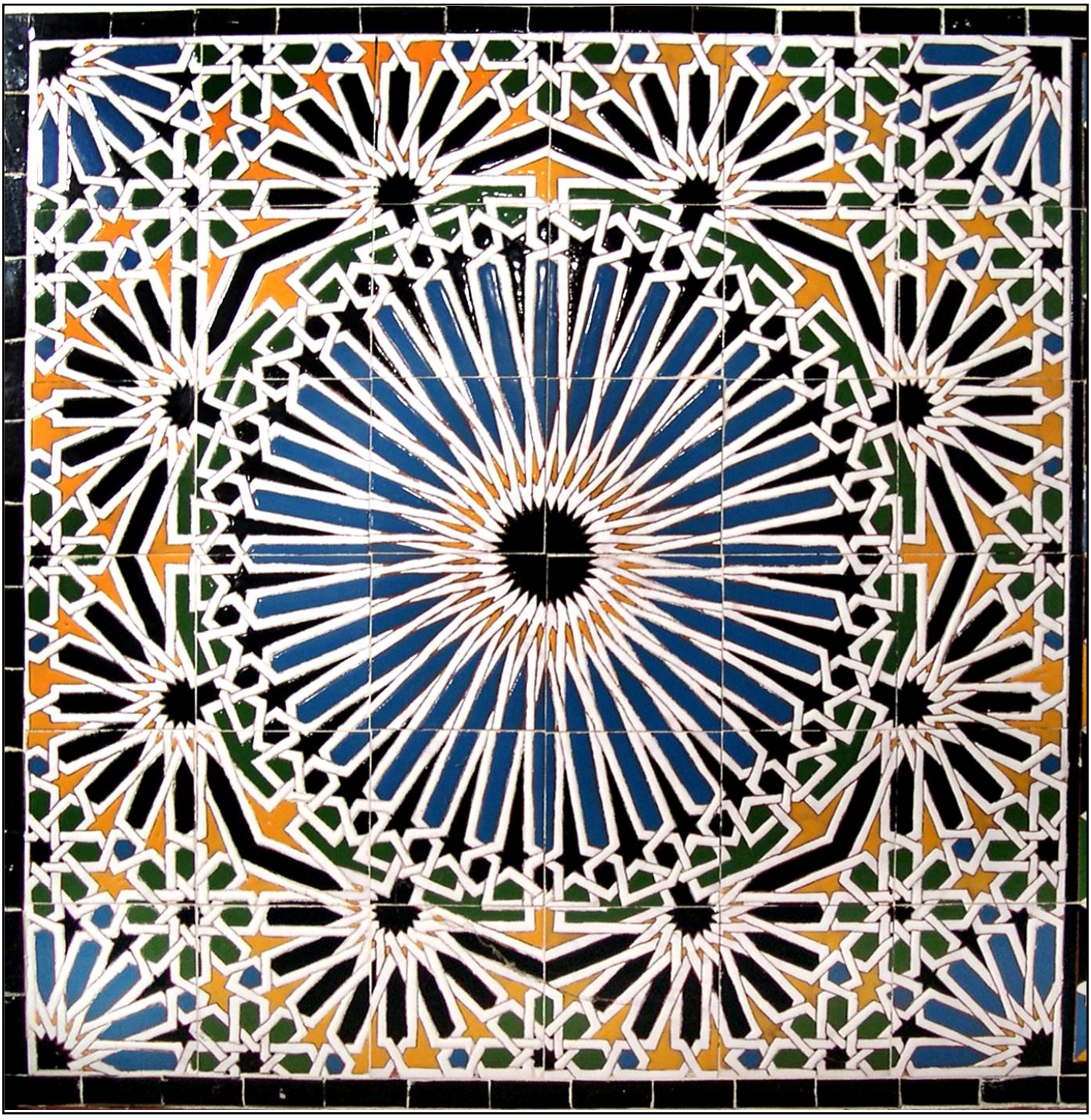





C
a
e
A
e
a
A
e
a
C



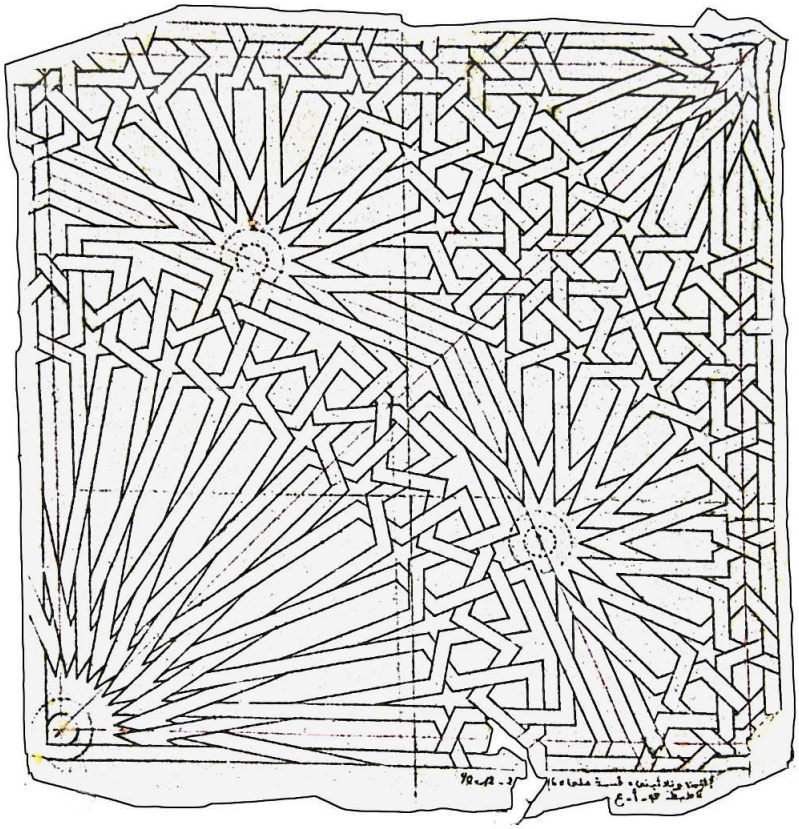
L'étoile à 32 type Alhambra :



Panneau mural, riad Loulou

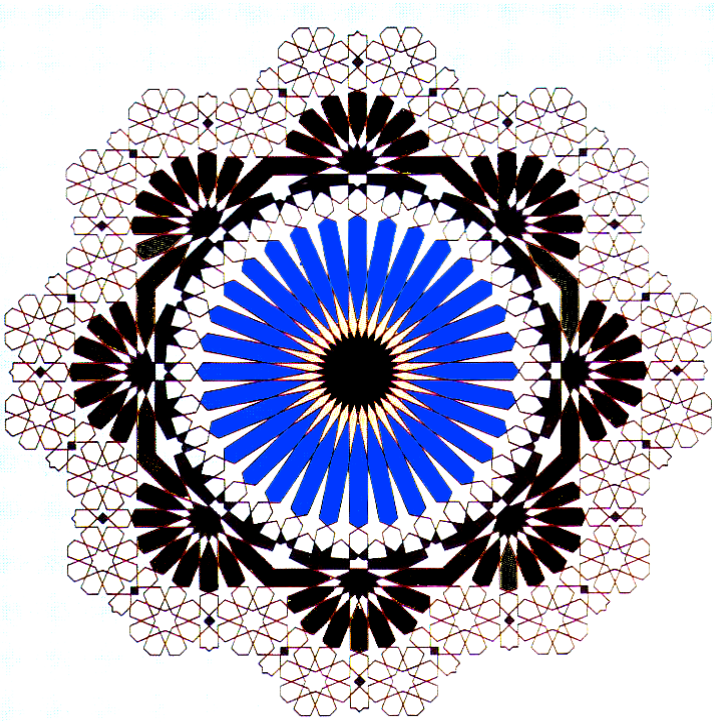
L'étoile à 32 type Alhambra, comme sa petite sœur, l'étoile à 16, n'a pas de squelette. La valeur **M** de la maille est choisie et la largeur de bande **e** est calculée comme précédemment : c'est la distance entre le centre de deux étoiles à huit inclinées satellites.

e = M . 0,27



Document ancien de l'école de l'artisanat de Tétouan.

C'est le document ci-dessus qui a permis de fabriquer le panneau mural de la page précédente. Les constructions qui suivent s'inspirent de ce modèle.



L'étoile à trente-deux avec ses rayons est entourée d'une couronne d'étoiles à seize tronquées puis d'une série d'étoiles à huit inclinées.

C'est encore la distance des centres de deux étoiles à huit inclinées consécutives qui donne la maille **M**.

Le point **O** du départ de cette construction sera le centre d'une étoile à 16 tronquée.

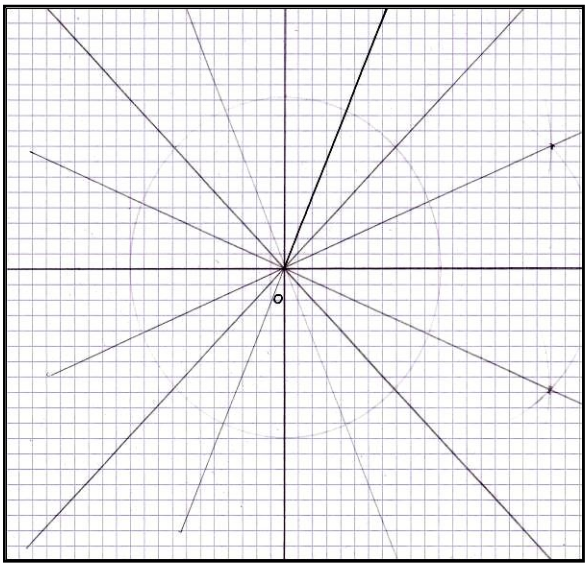
Nous prendrons **M = 8**

Donc **e = 1,6**

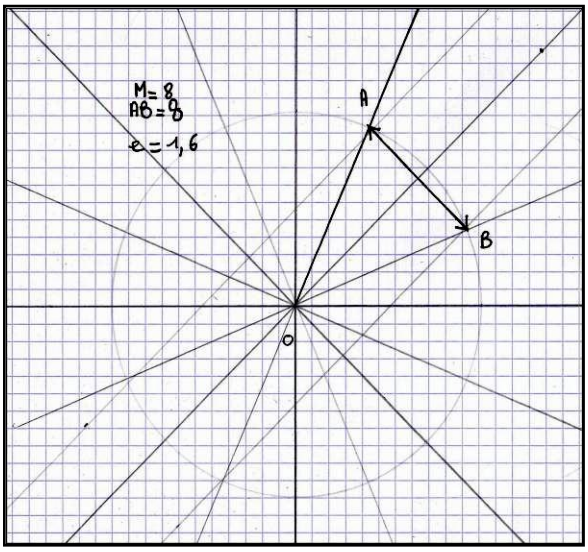
La difficulté d'une telle construction est de placer correctement :

- Le centre **A , B** et **D** des satellites à huit.
- Le centre C de l'étoile à seize
- Le centre **F** de l'étoile à trente deux**.**

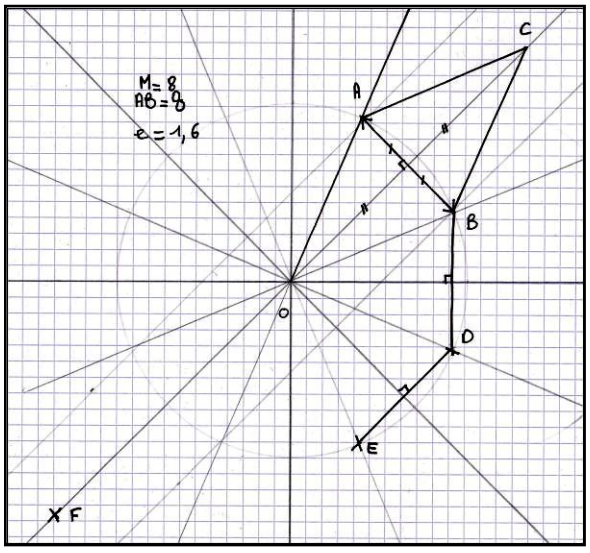
Construction de l'exemple précédent (manuscrit) :



Pointage du centre **O**, centre de **l'étoile tronquée** à 16 branches .Cette étoile à 16 est située à la périphérie de l'étoile trente-deux.



Recherche du centre des étoiles à huit inclinées tel que **M = 8,** soit **AB = 8** et **AB** perpendiculaire à **OC**

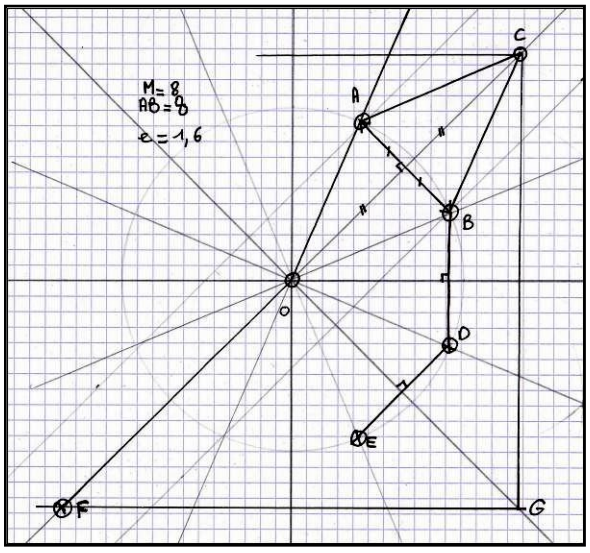


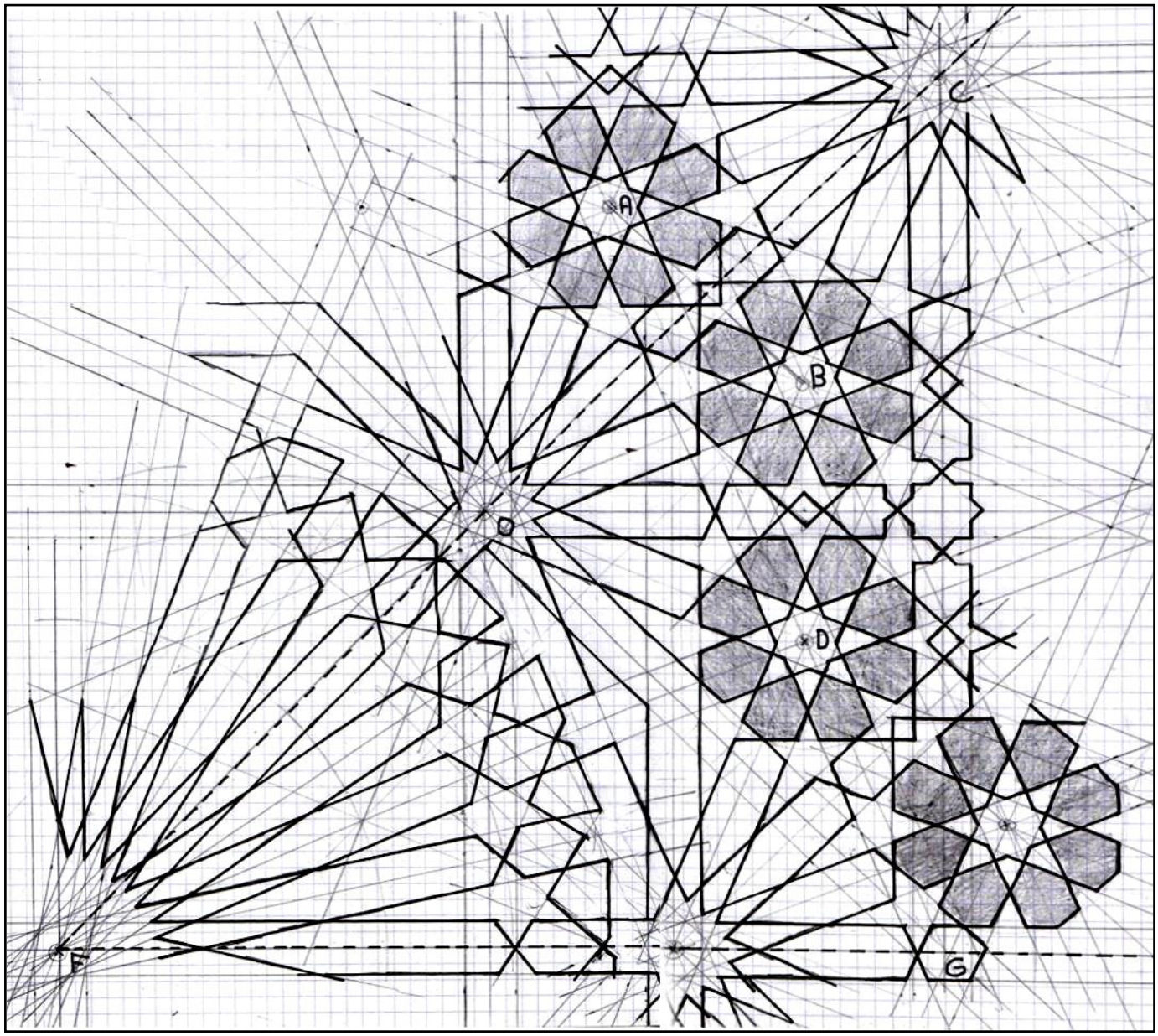
Détermination des points **G** et **F** tel que

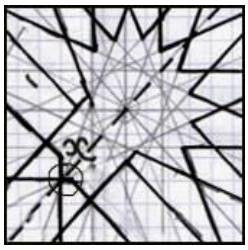
OC = OG = OF

F est le centre de l'étoile à trente-deux.

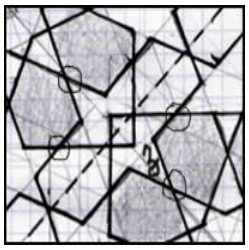
Construction de **C** sommet du losange **OACB** et centre de l'étoile à 16 située sur la rivière. Par symétrie, construire le point **D** centre d'une autre étoile à 8. Le point E n'est pas utilisé.











- La position de la ceinture au point **x** permet de construire les rayons de l'étoile à 32 ainsi que la pièce intermédiaire.
- Le point **y** donne la dimension des rayons de l'étoile à 16 tronquée.
- Les alignements constatés en **z** permettent de construire les petits carrés.

Système modulaire convergent :

L’étoile à quarante-huit

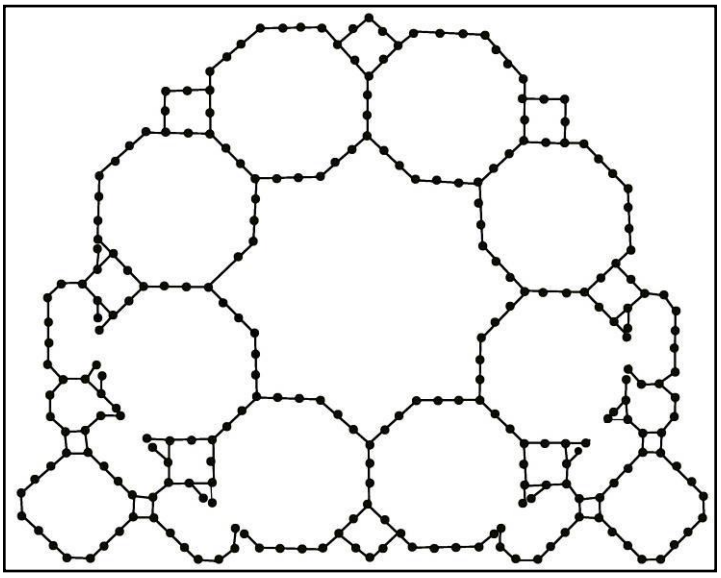


Fontaine dans la médina de Rabat.

RETOUR



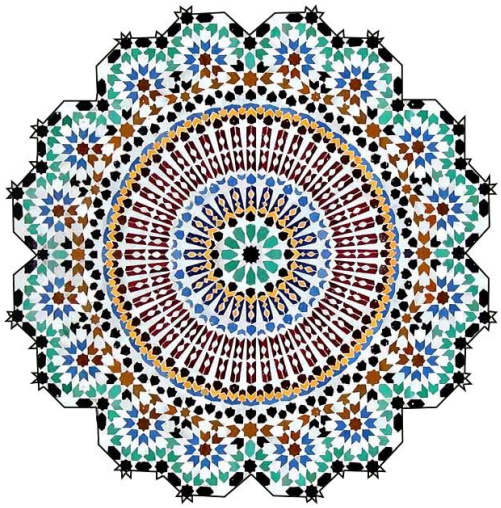
Fontaine du marché central à Casablanca.

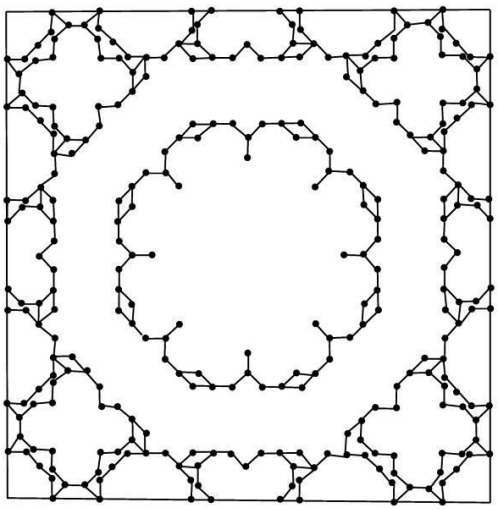


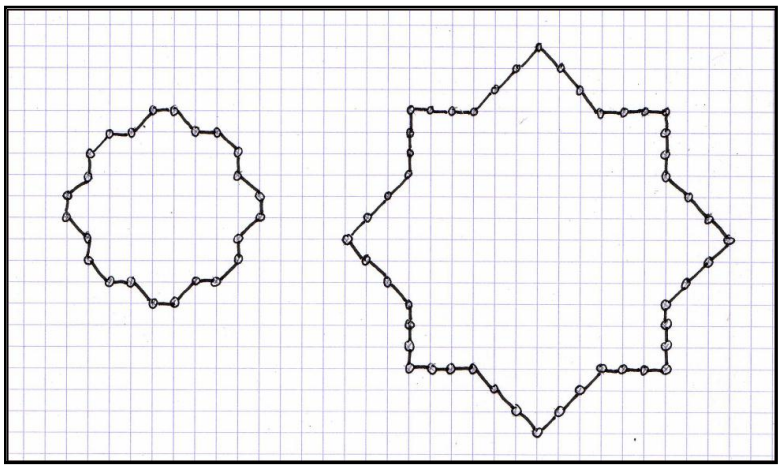


Cette étoile à quarante-huit est placée dans un squelette d'**octogone triple étoilé** ; elle est entourée d'une couronne d'**octogones convexes triples**.





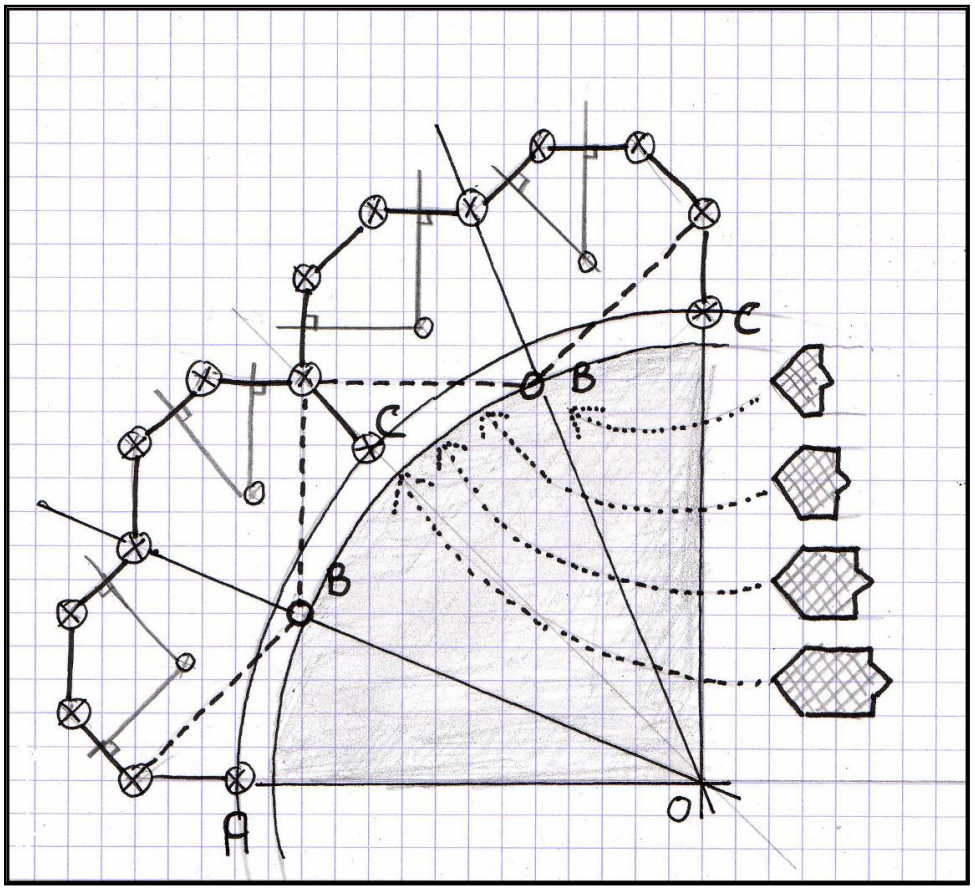


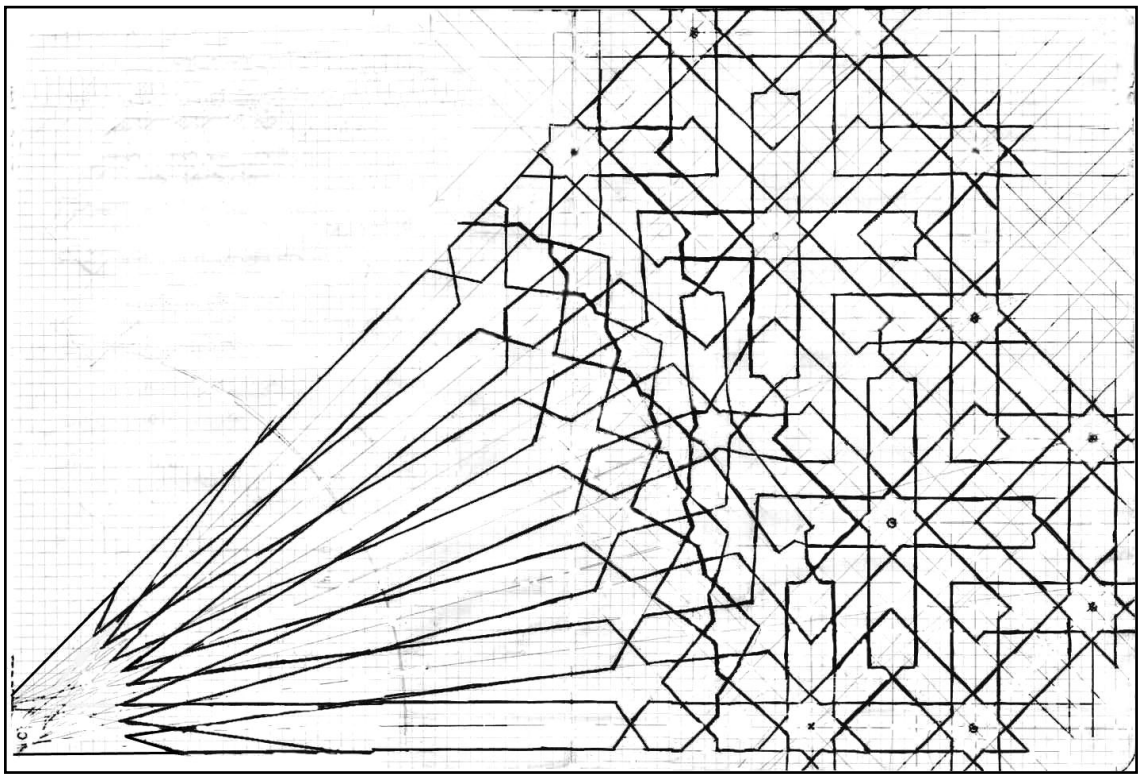


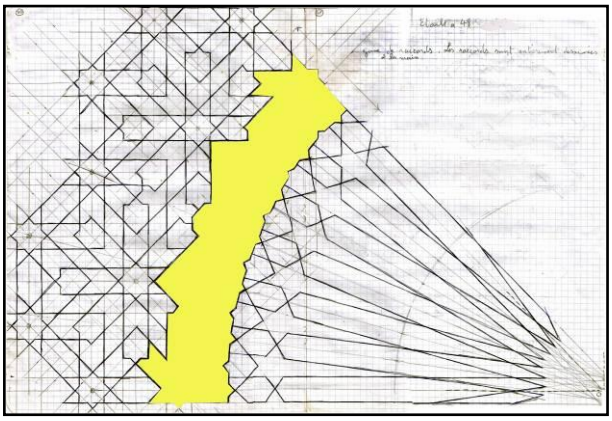
Soleil *Octogone triple concave.*

L'étoile à 48 s'intègre dans le squelette du soleil ou dans celui de l'octogone triple étoilé. Pour les constructions suivantes, **M = 7** donc **e = 2** Cependant :

- Les points **B** et **C** ne sont pas à la même distance du centre **O** ; donc, la ceinture sera alignée sur les points **B** et des séries de pièces intermédiaires seront intercalées pour supprimer les écarts ; les écarts du greffage de l'étoile sur le reste sont situés entre les deux arcs dans le schéma ci-dessous.
- La position des rayons de l'étoile centrale ne coïncide pas avec les pièces des octogones satellites du soleil ; la zone de raccords est mise en évidence en jaune dans une des pages suivantes.

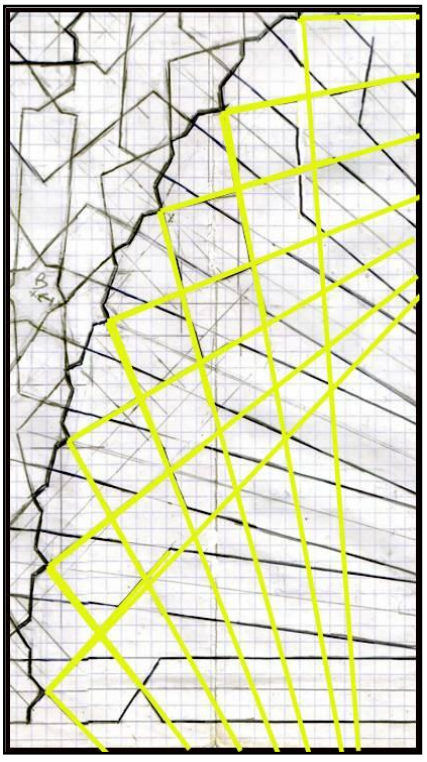




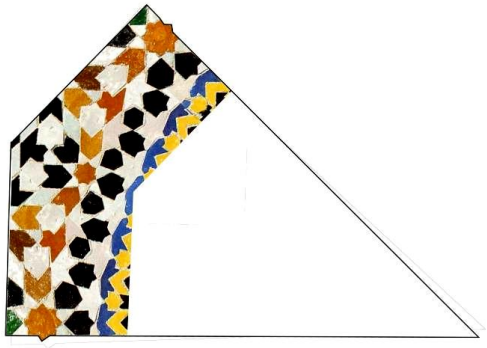


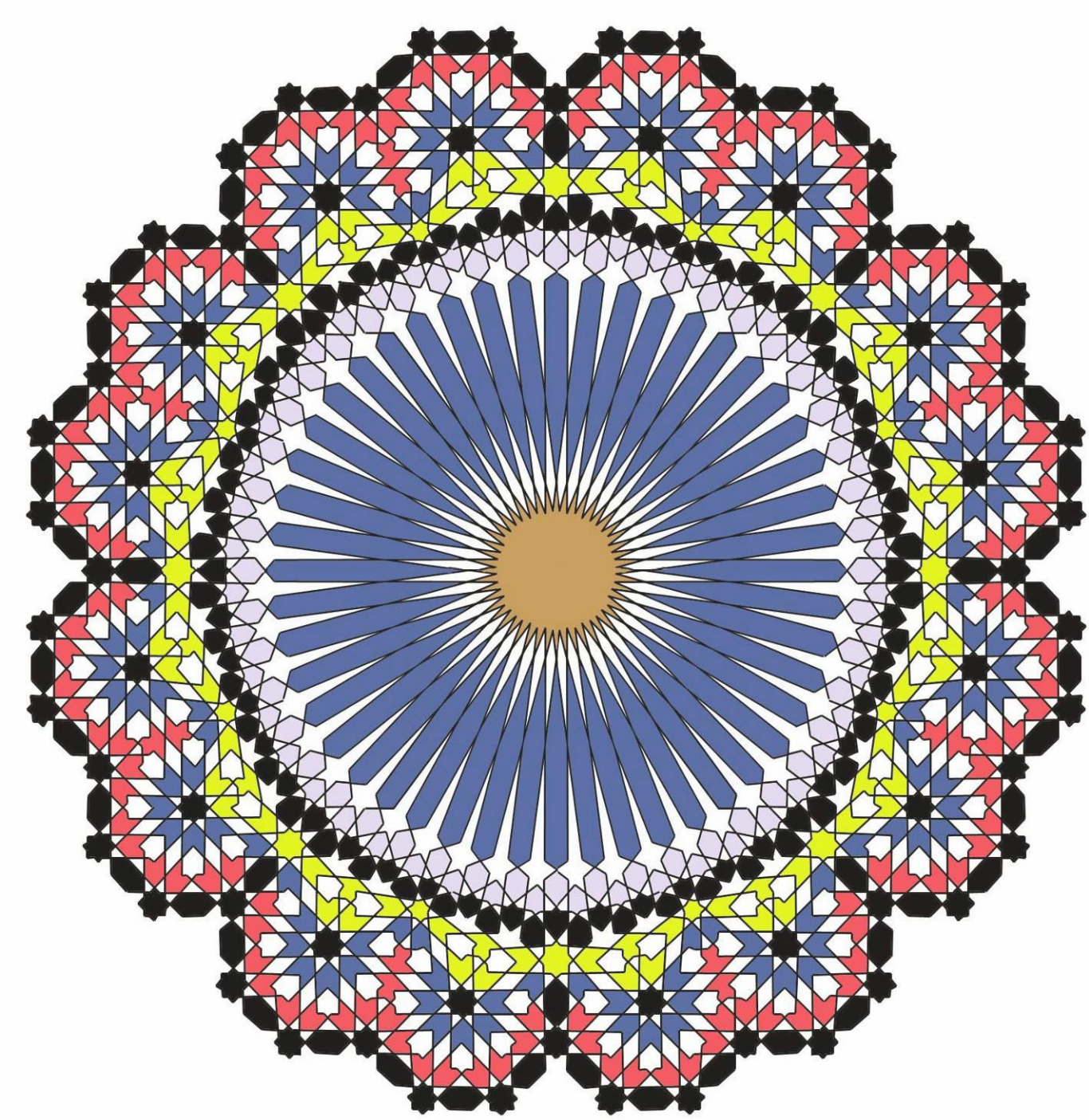
La zone des raccords se situe en jaune entre les deux traits gras. Les différentes pièces intermédiaires **S** ont été intercalées.

L'étoile à huit (B) située au centre du raccord a perdu une branche et l'autre étoile à huit du raccord (A) a des dimensions plus importantes.



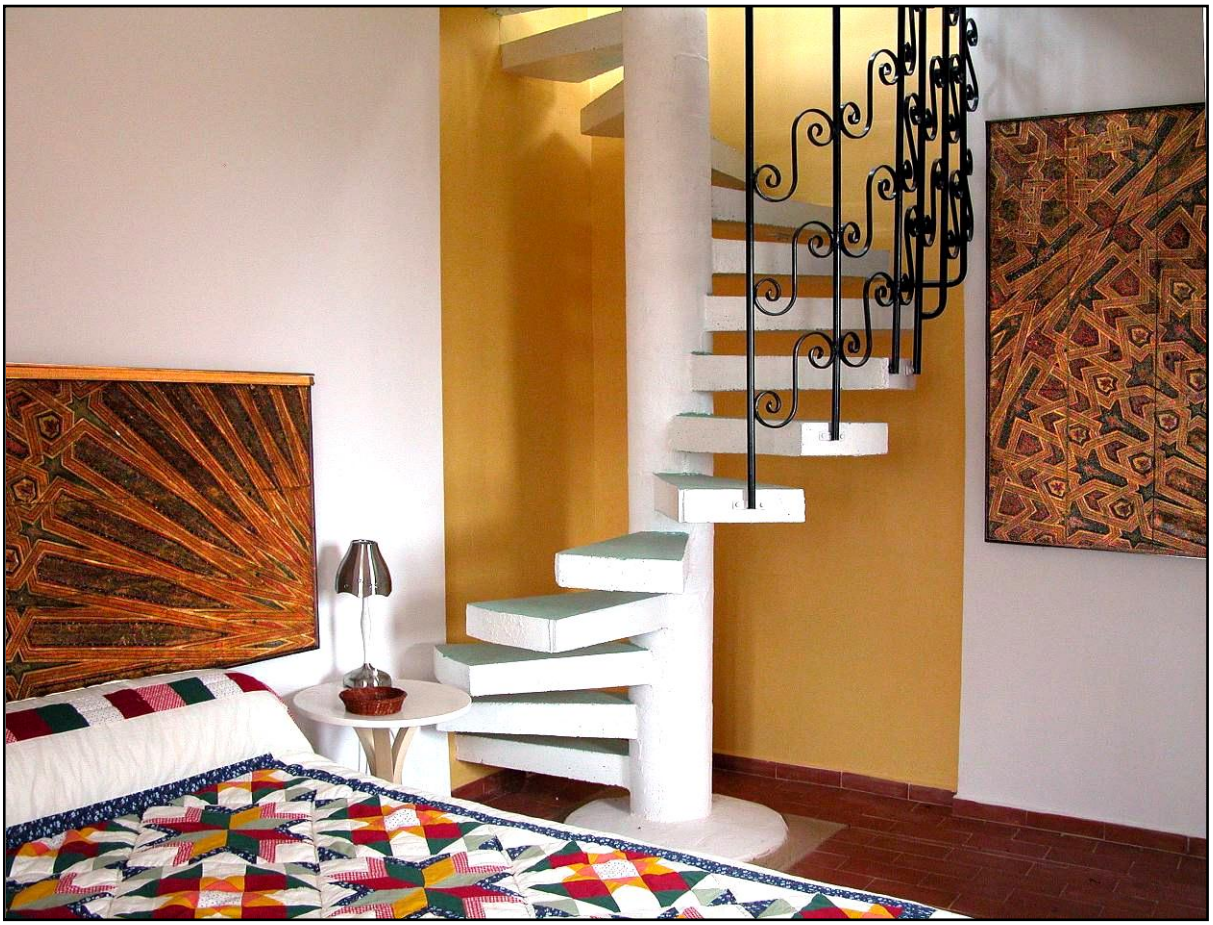
- Zone des raccords en jaune ; à droite et à gauche de cette zone, toutes les pièces sont régulières.
- Ci-contre, les alignements de la ceinture à partir des zones régulières permettent de créer l'étoile et ses rayons.





La zone des raccords est en jaune.

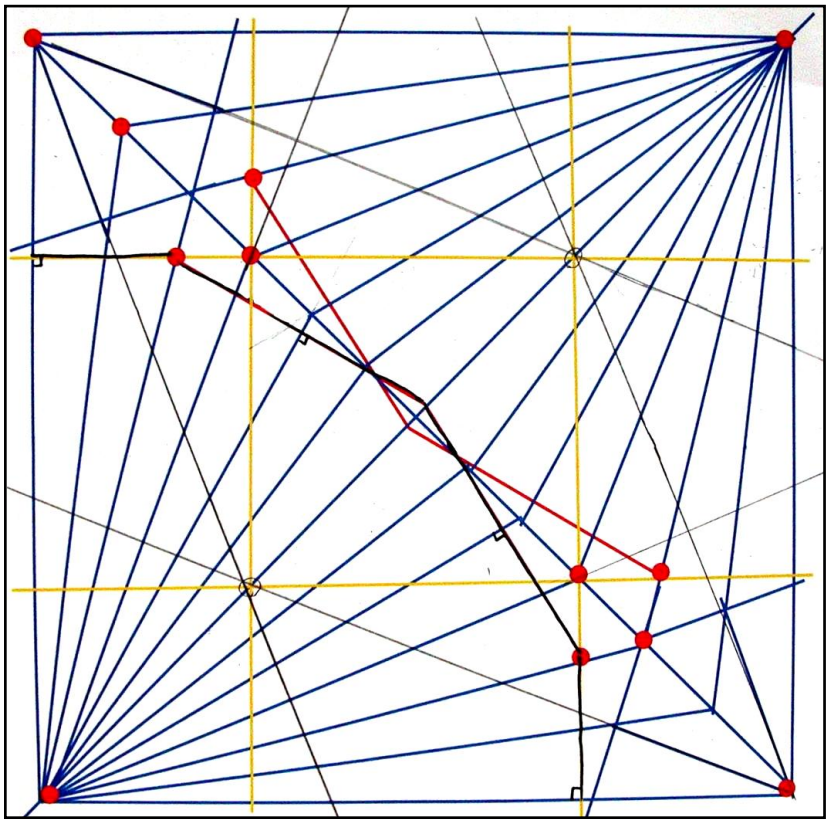
Recherche du dessin d'un panneau à partir d'éléments disparates : fragments de panneaux de plafond servant de décoration au riad Loulou.



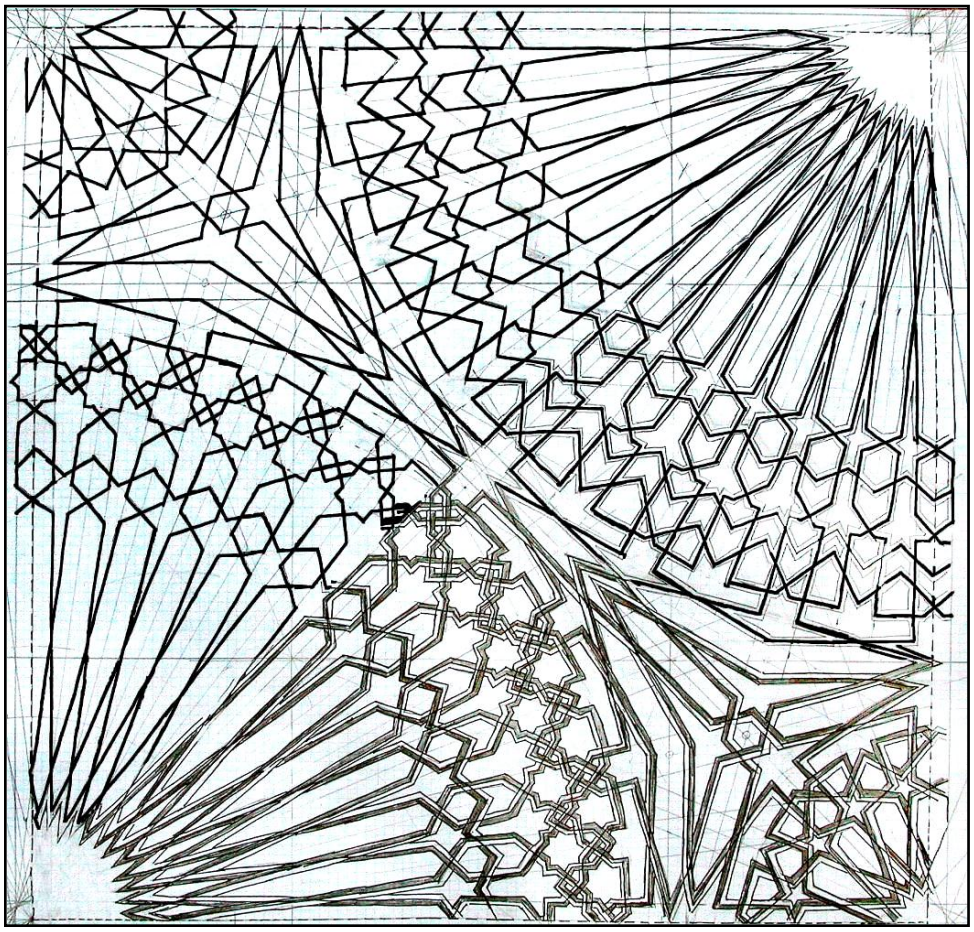


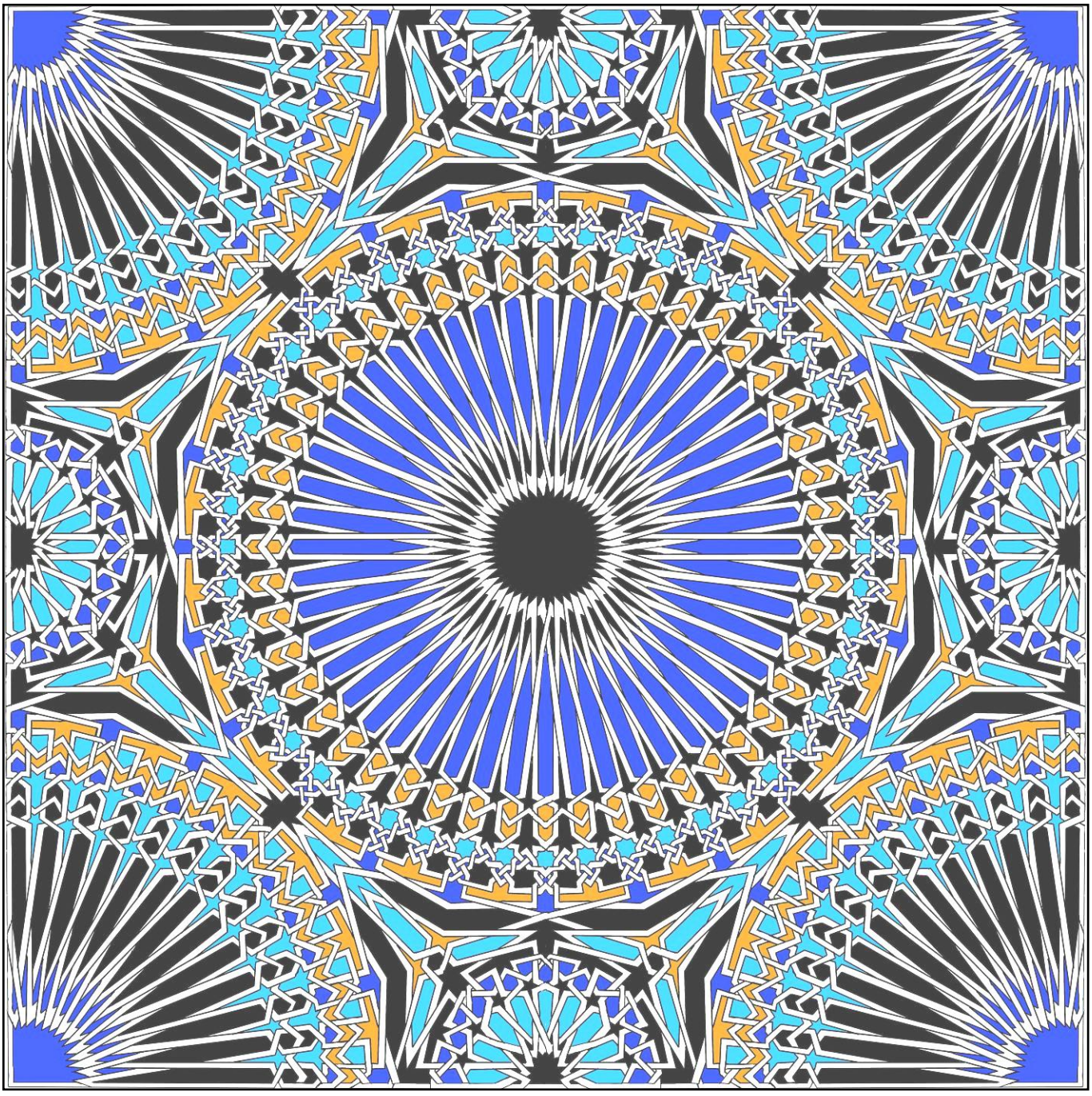
Les étoiles à quarante-huit rayons peuvent se marier avec des étoiles à quarante-huit ou avec des étoiles à seize en utilisant des pièces régulières et sans zone de raccords.

La reconstruction de l'ensemble s'effectuera à partir des deux parties disparates du panneau original.



Positionnement des étoiles et construction.





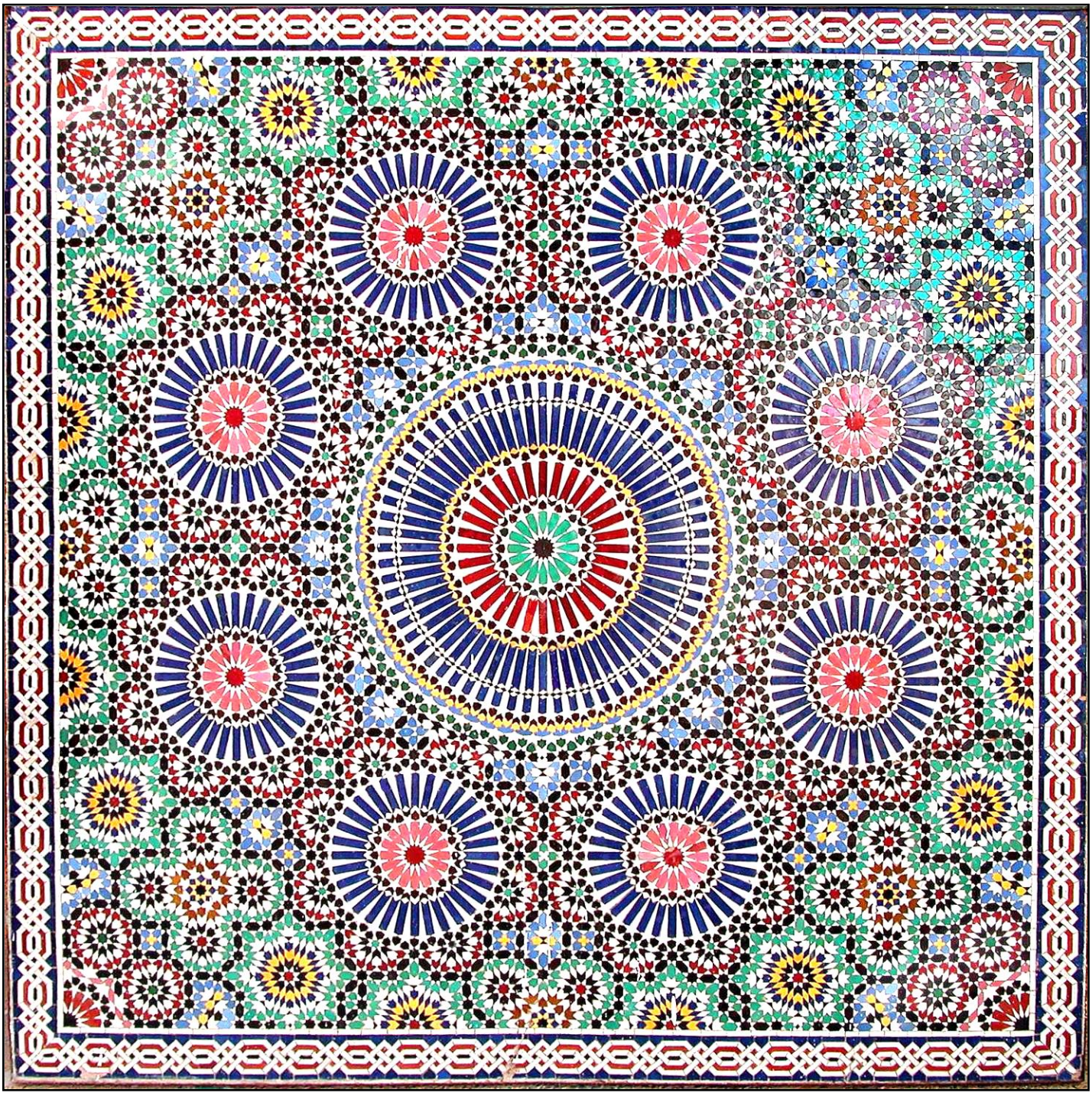
Cette composition issue d'un plafond sera transformée en mosaïque de sol ou en panneau mural. Pour cela, il est nécessaire de la dessiner à l'échelle.

Recherche de la largeur de bande permettant de construire l'ensemble à partir des axes de symétrie : il existe une proportion de 1 à 48 entre la taille totale du motif et la largeur de bande.

e = 2 cm pour un quart du dessin de 48 cm.

Système modulaire convergent :

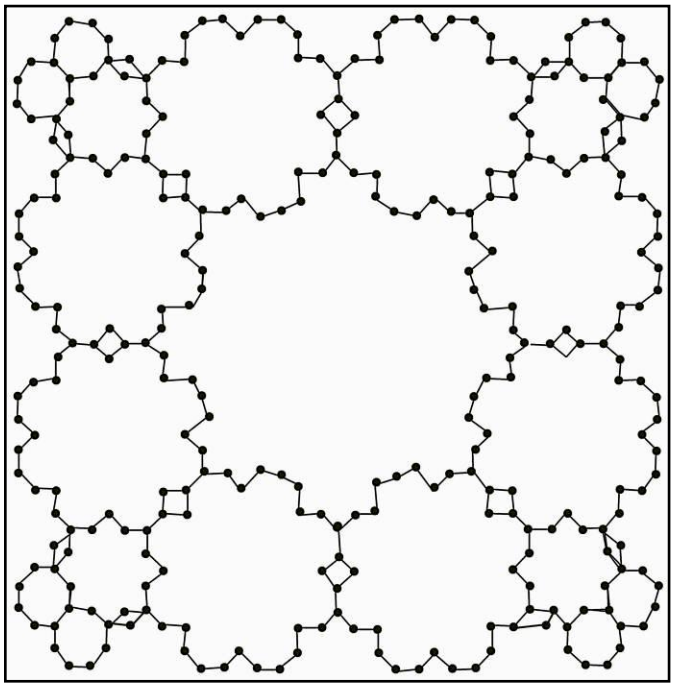
L’étoile à soixante-quatre.

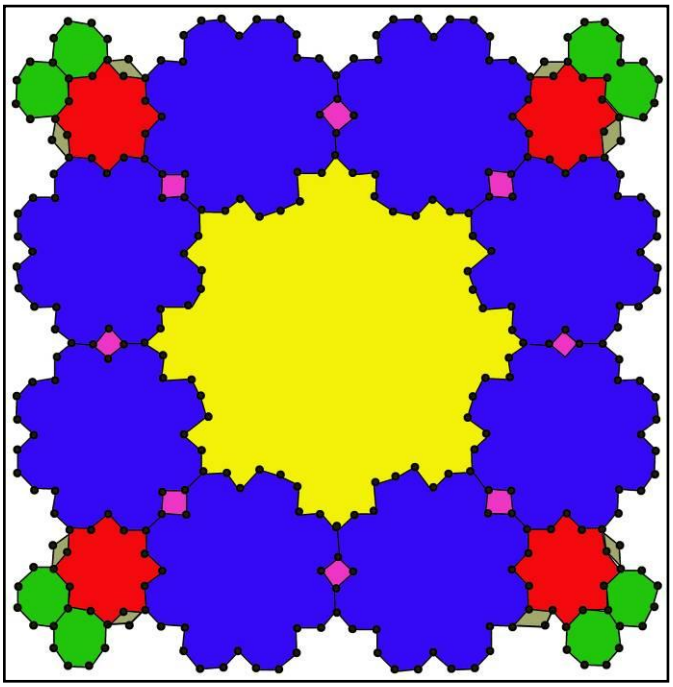


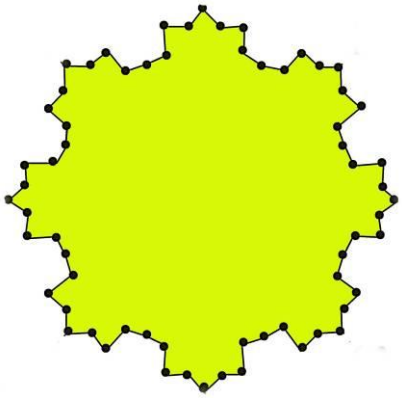
Panneau du centre artisanal de Rabat.

RETOUR

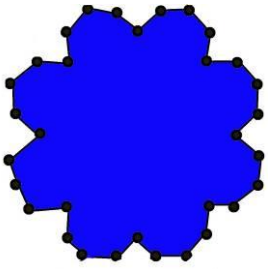
L’étoile centrale à soixante-quatre rayons est entourée d’une couronne de satellites formée d’étoiles à 32 ayant chacune pour squelette une marguerite.



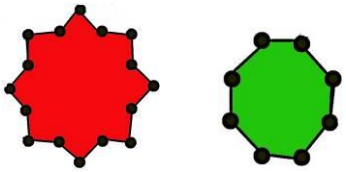




L’étoile à 64 se place dans ce squelette.



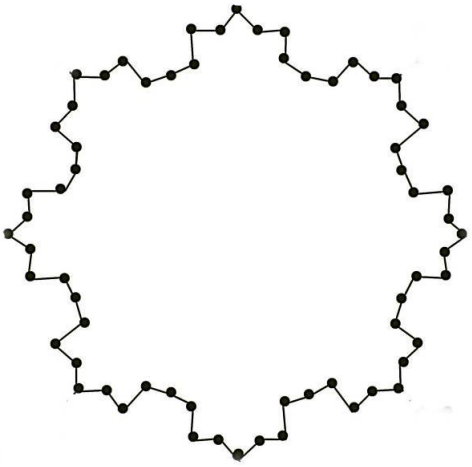
L’étoile à 24 a comme squelette une marguerite.

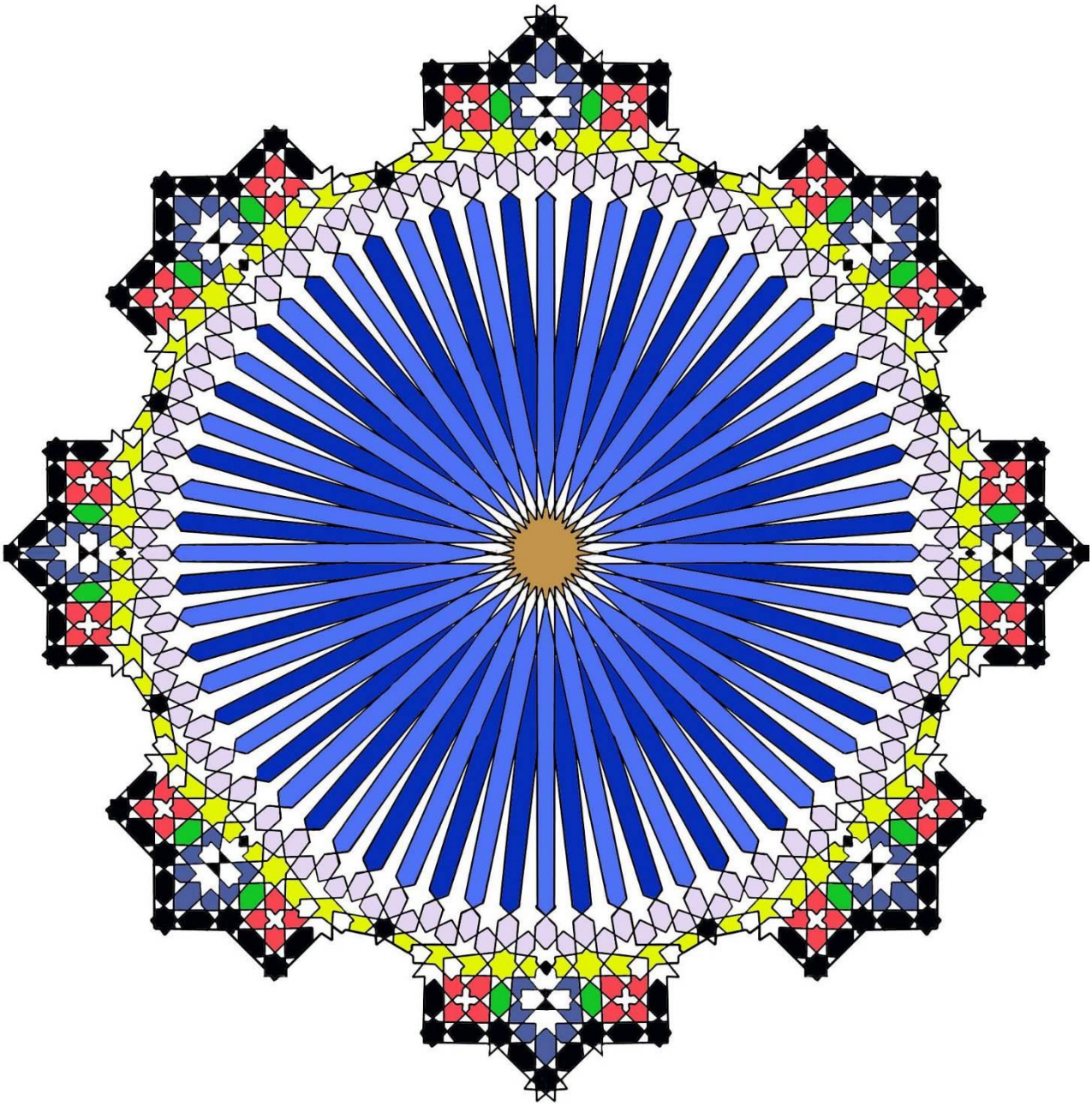


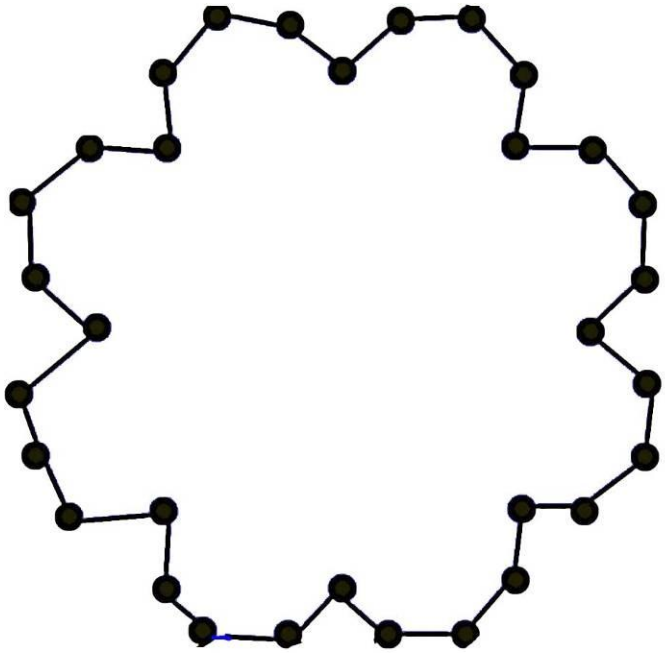
Octogone étoilé simple et octogone simple.

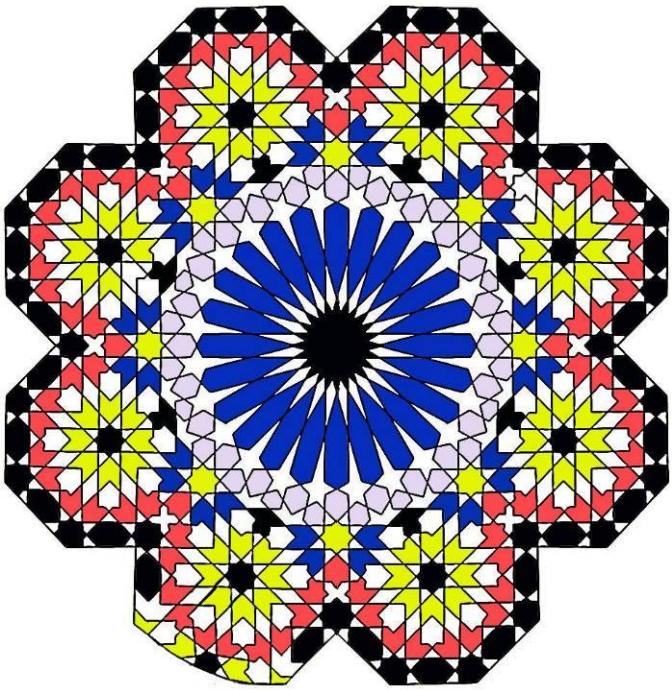


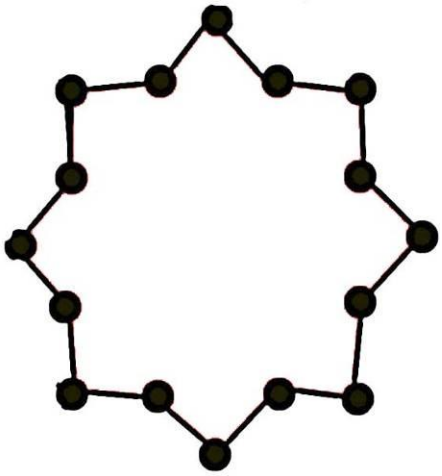
Carré simple et Losange simple.

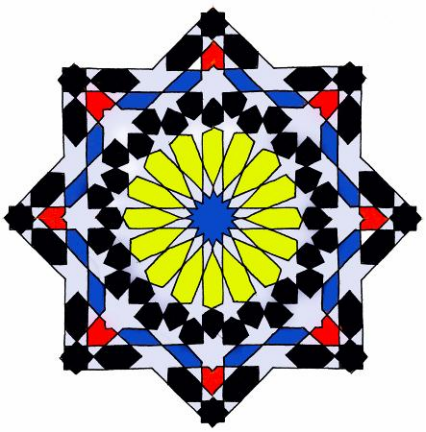


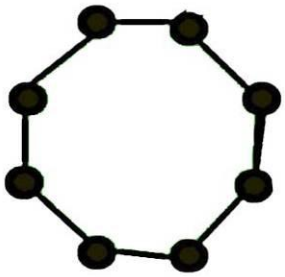


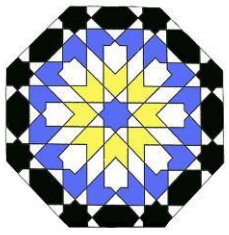


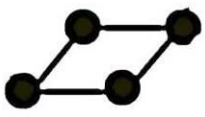


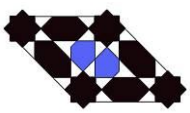


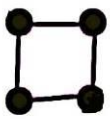


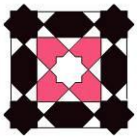


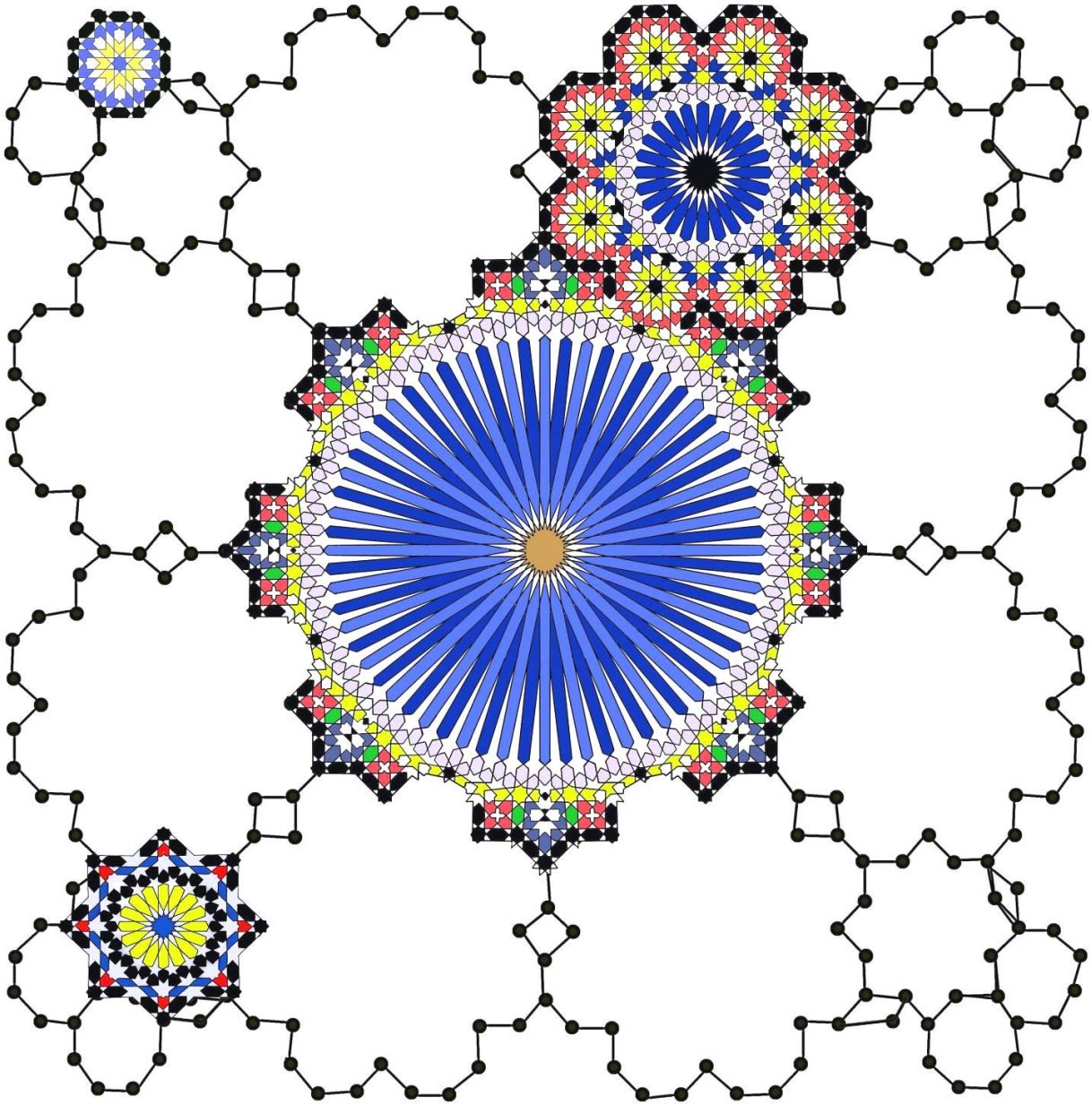


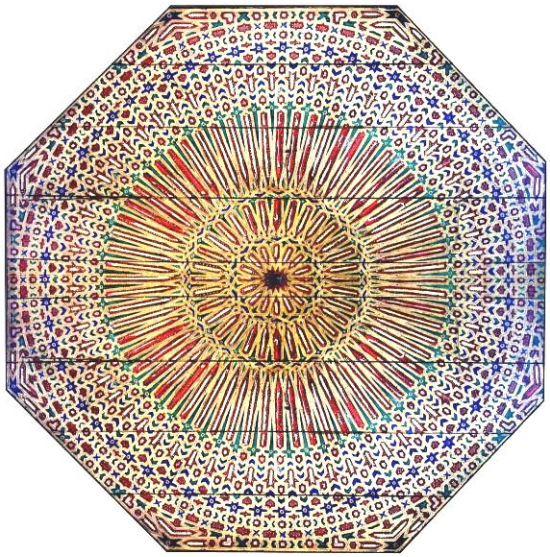


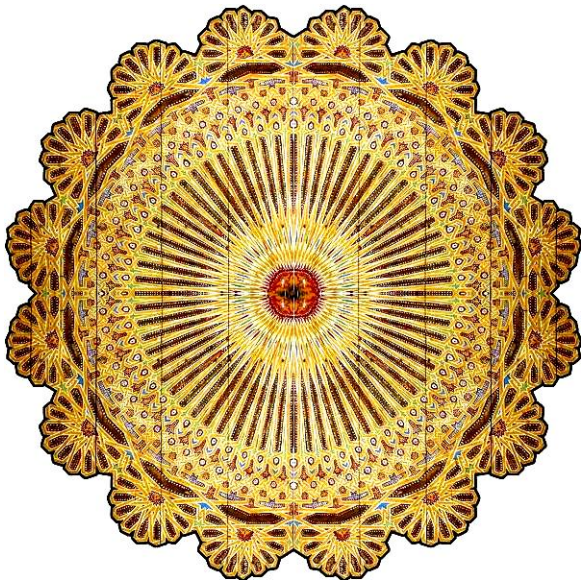


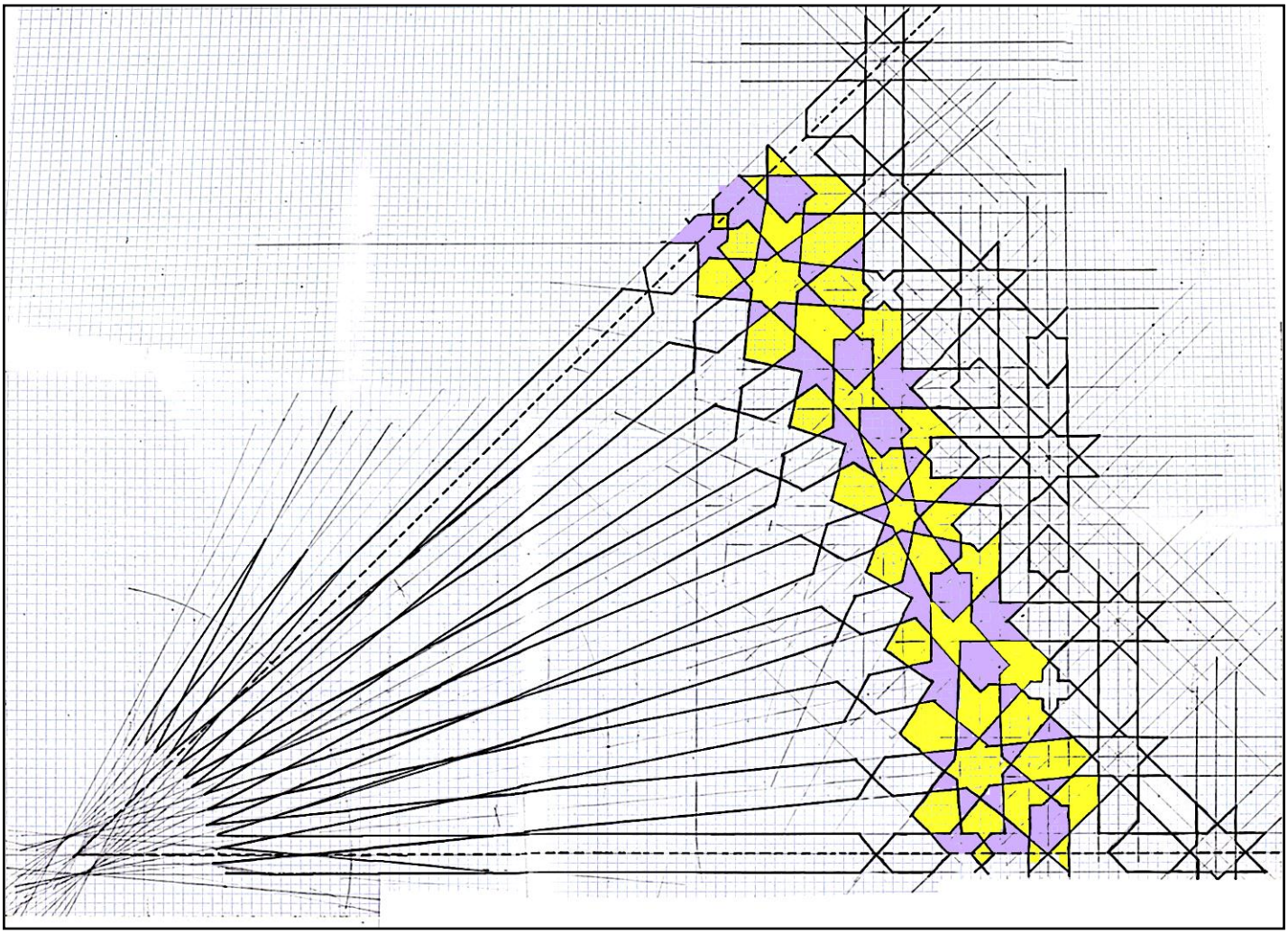




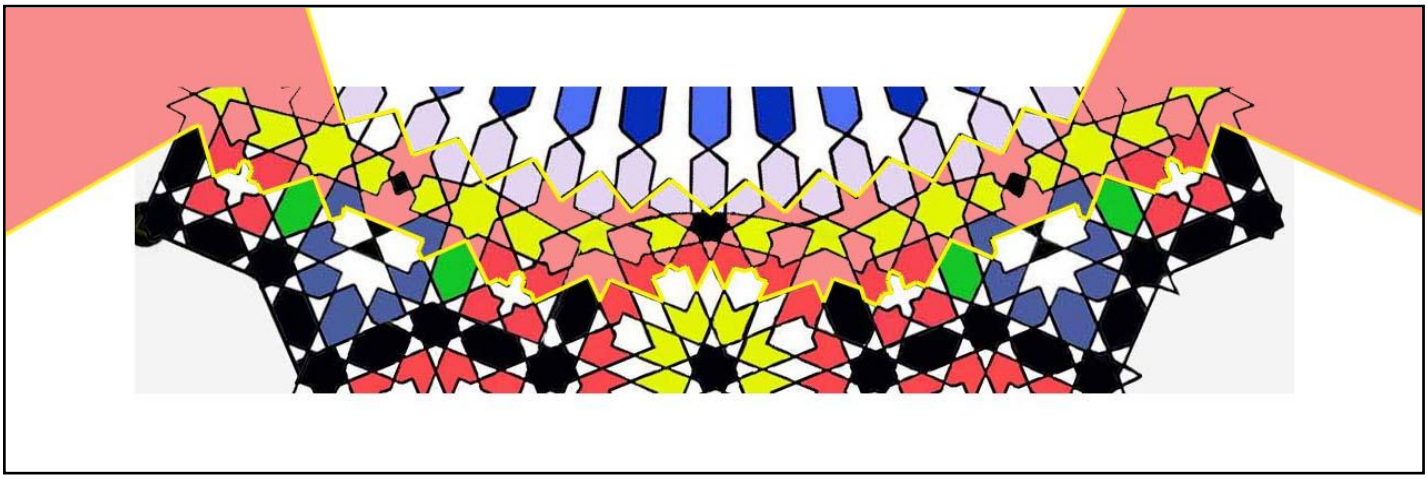








La zone des raccords a été mise en évidence avec les pièces irrégulières situées en périphérie de la rosace.



Système modulaire convergent :

L’étoile à quatre-vingt-seize



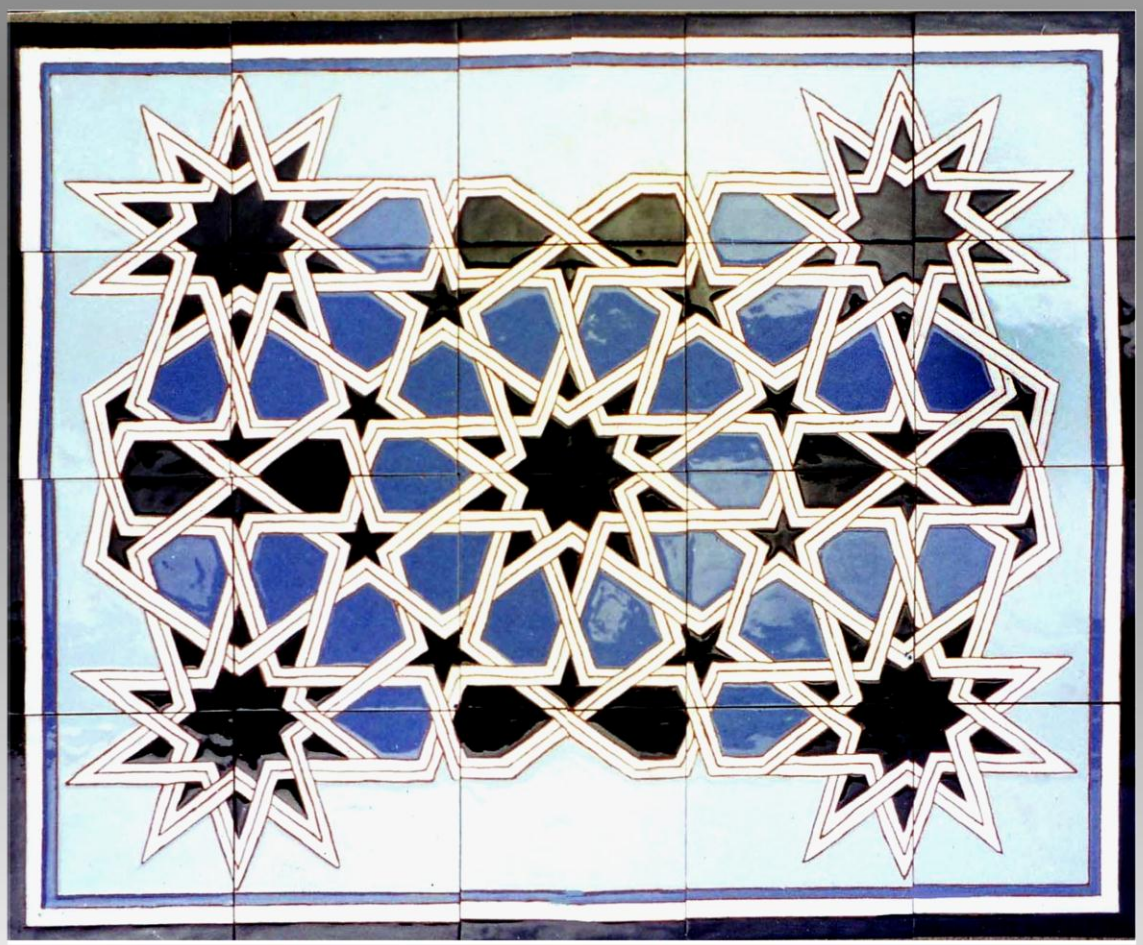
Située dans la médina de Fès, il ne reste plus de cette fontaine que le cœur formé d’une magnifique étoile à 48 rayons dont chaque rayon se divise en deux parties pour former l’étoile à 96.

Tout autour, des étoiles à 8 forment les 32 satellites ; la zone des raccords est constituée de trois étoiles à 7 consécutives suivies d’une étoile à 8 plus importante comme dans les modèles à 48 et 64.

RETOUR

DESSIN DE L'ARABESQUE

TOME 3 :
système pentagonal
systéme hexagonal.



Par Louis ARNAUD

Le dessin de l'arabesque.

TOME 3 : La famille pentagonale. La famille hexagonale

Cette série en quatre tomes dévoile la clef pour la construction des arabesques des trois grandes zones d'influence de style et de conception :

La zone romaine avec son système **modulaire** convergent rencontré dans l'ouest du bassin méditerranéen.

La zone persane et son système convergent **polygonal** rencontré dans la partie orientale du monde musulman jusqu'aux Indes.

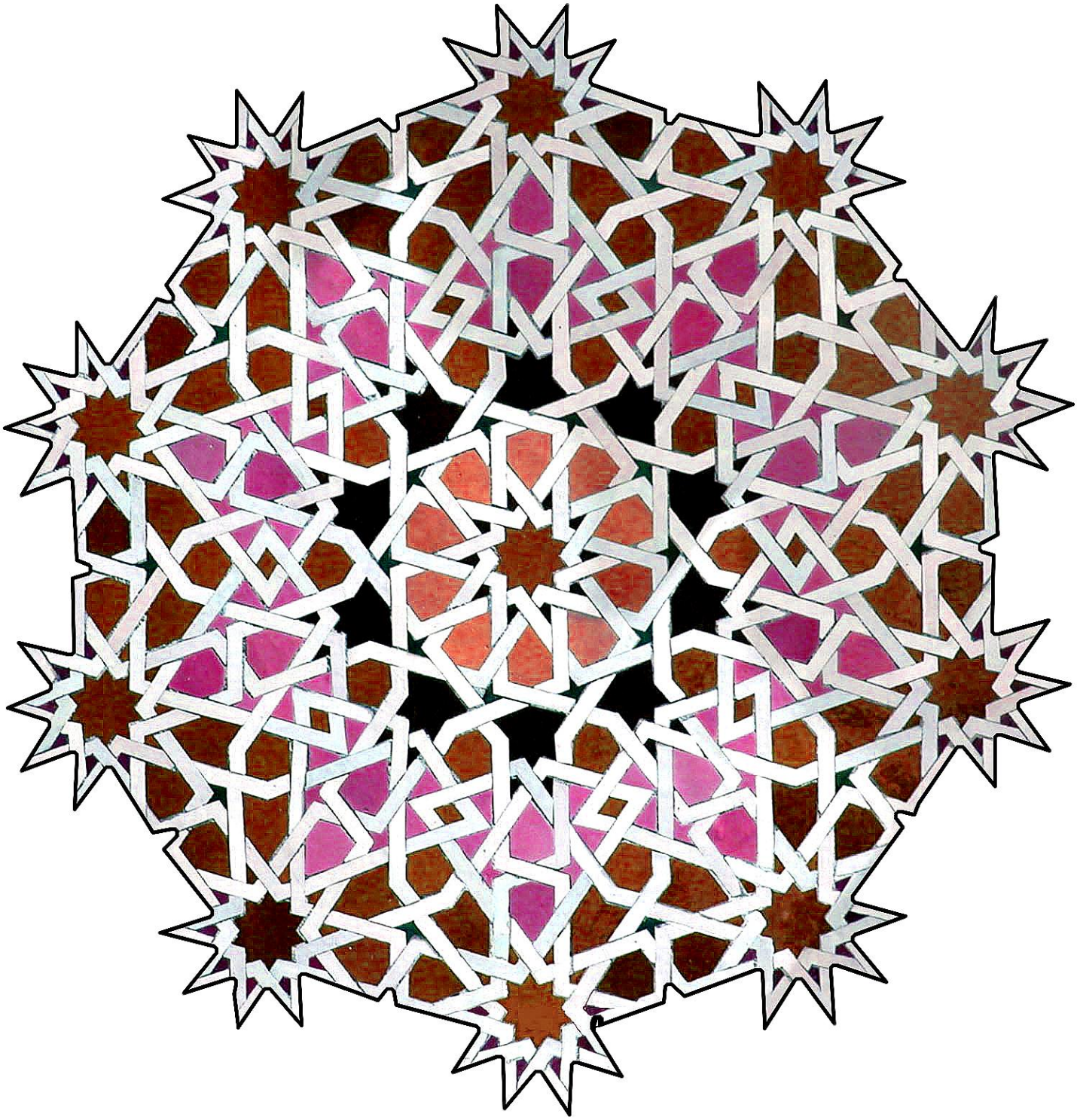
Dans la zone intermédiaire, les Seldjoukides ont su développer, au XII ème siècle, un système très élaboré de construction d'étoiles aux branches multiples.

Les différentes techniques de construction sont étudiées dans les quatre premiers tomes.



Par Louis Arnaud

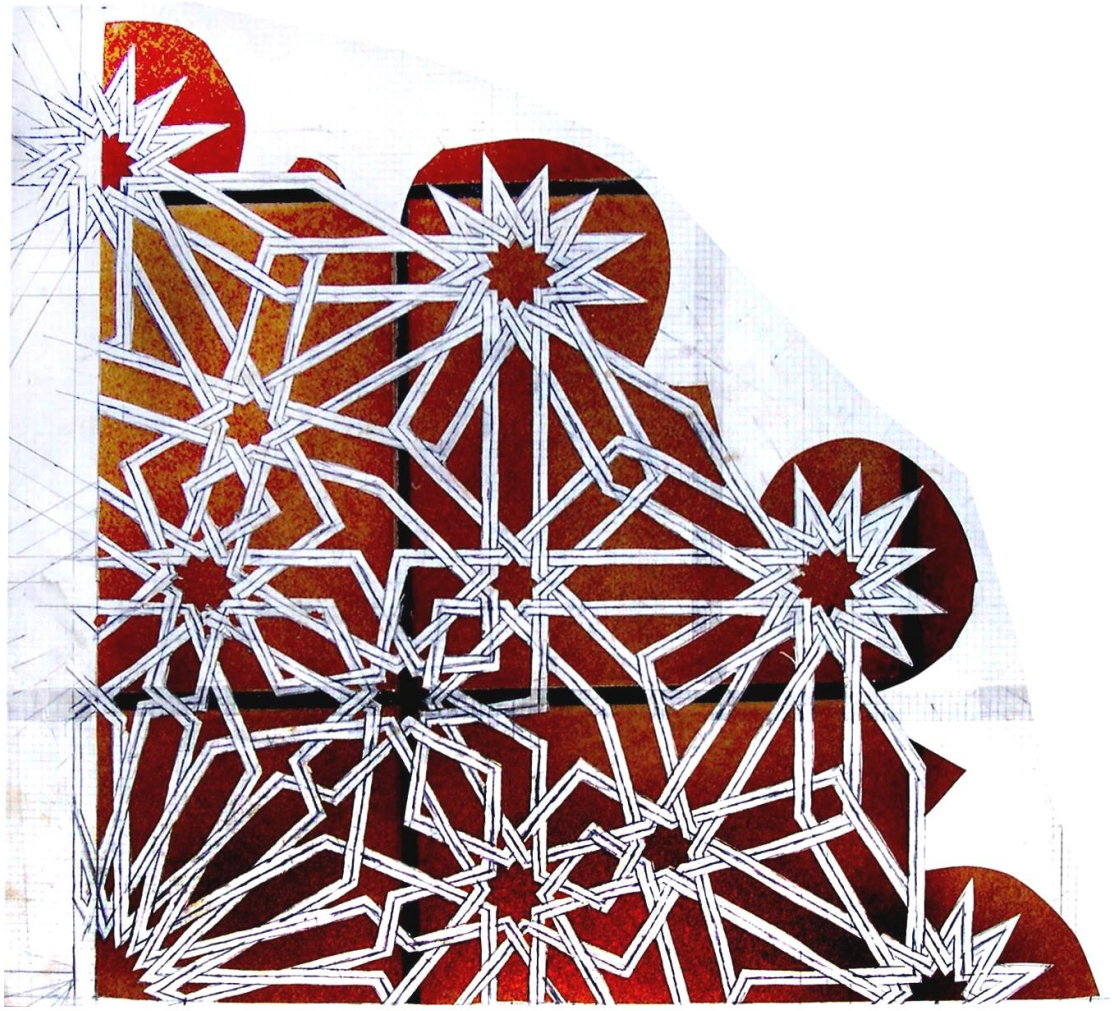
PHOTOTHEQUE



La géométrie des Arabesques

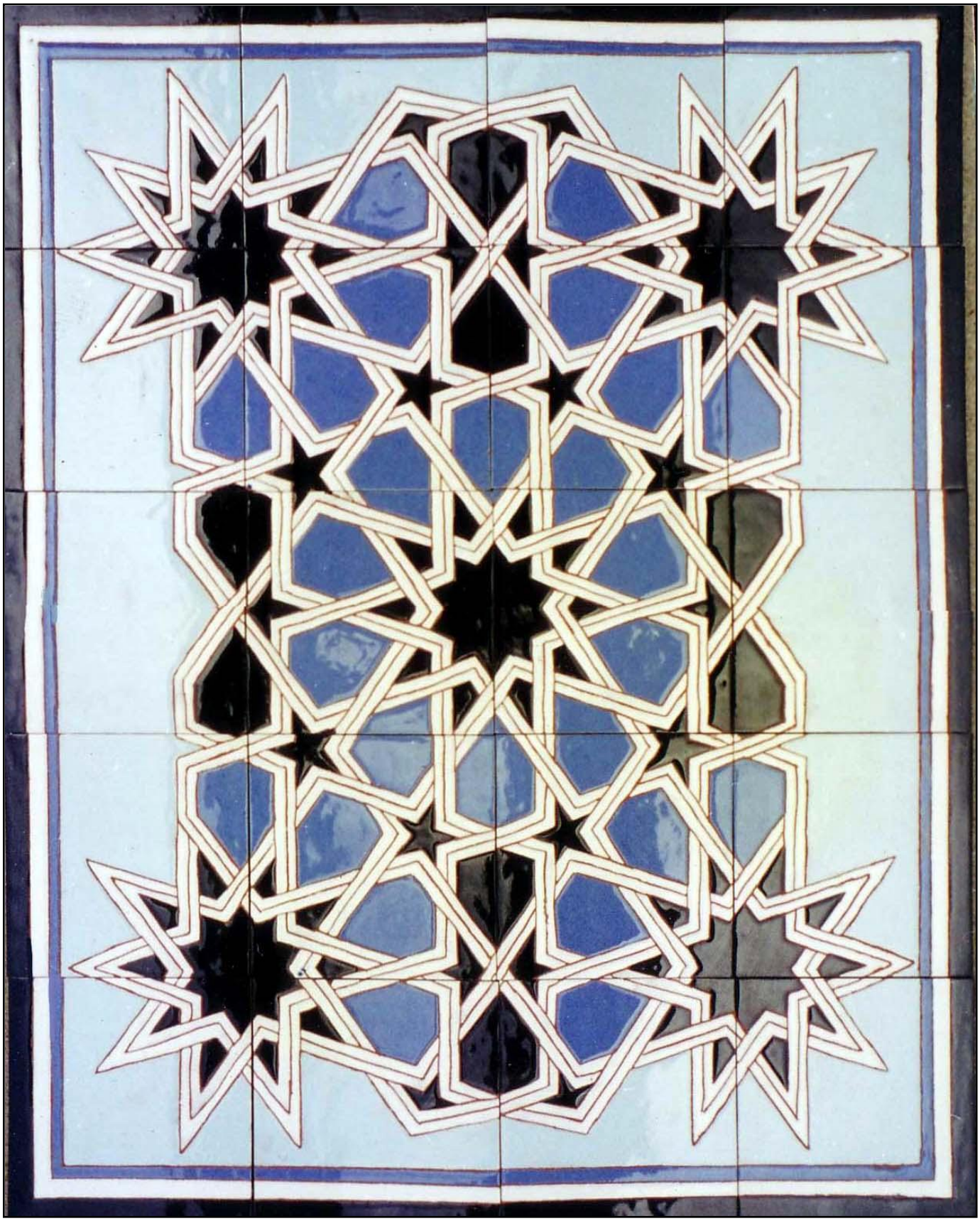
PHOTOGRAPHIES

DIAPORAMA

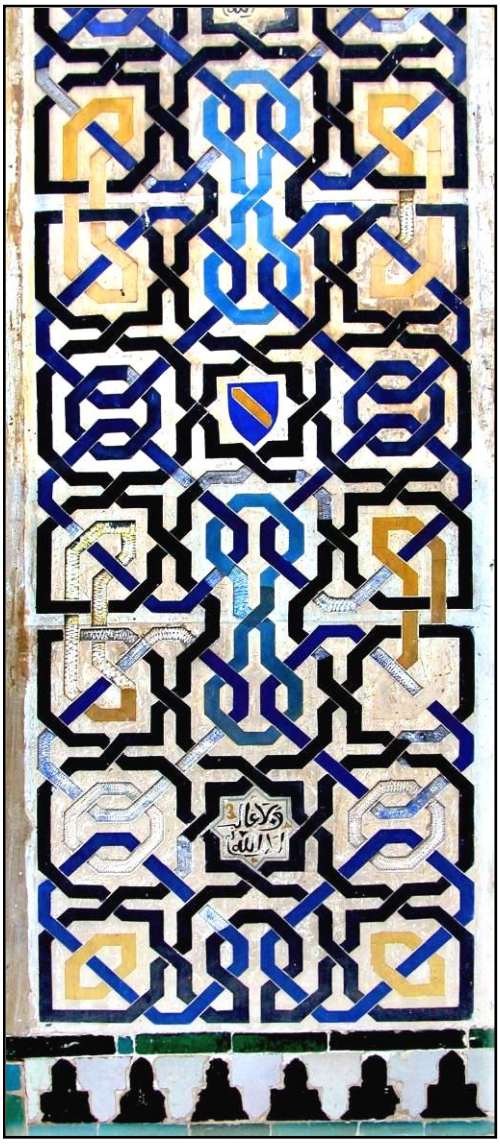


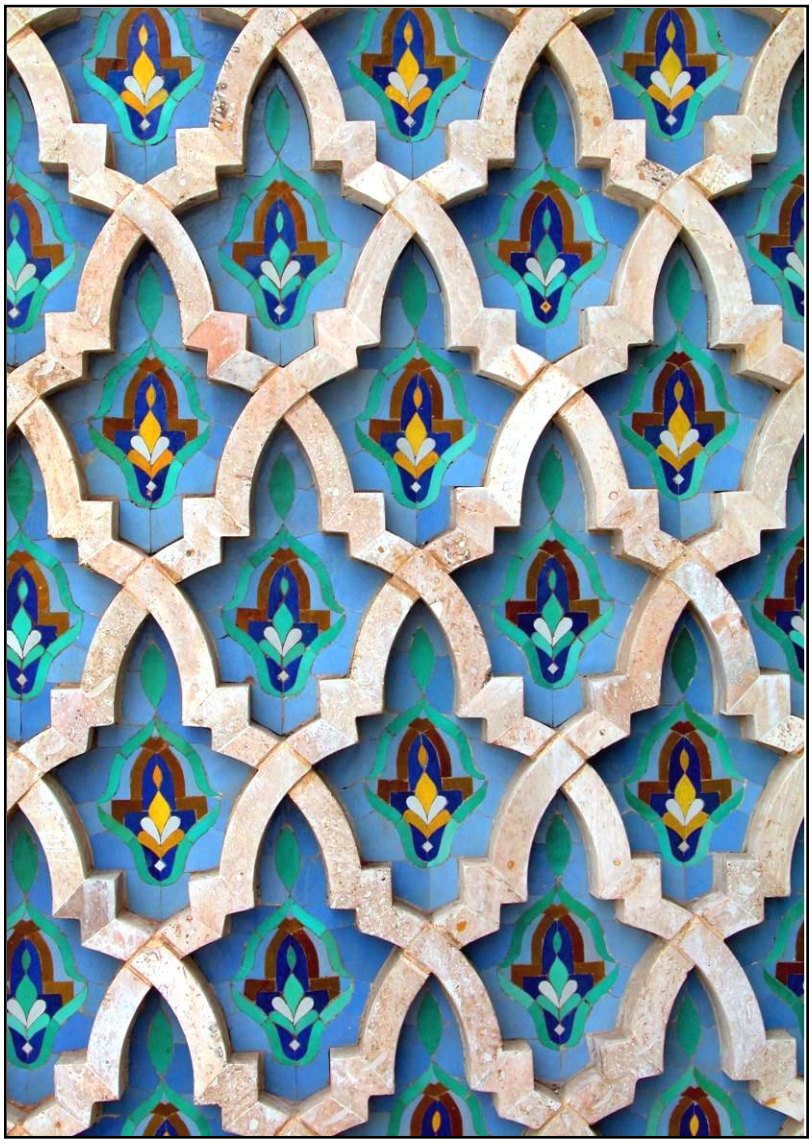
LES ENTRELACS SIMPLES

RETOUR



Système convergent pentagonal avec entrelacs ; travail sur carreaux à la corde sèche.

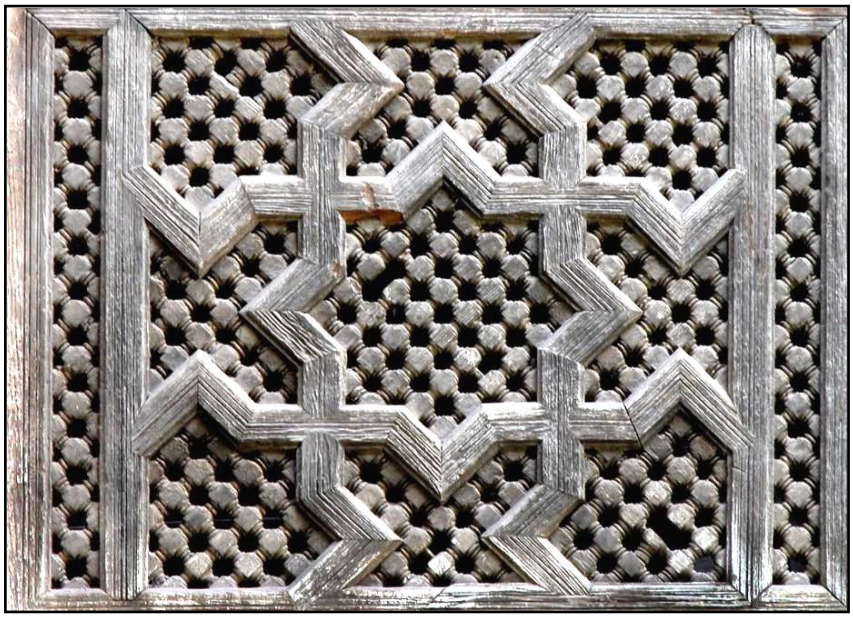


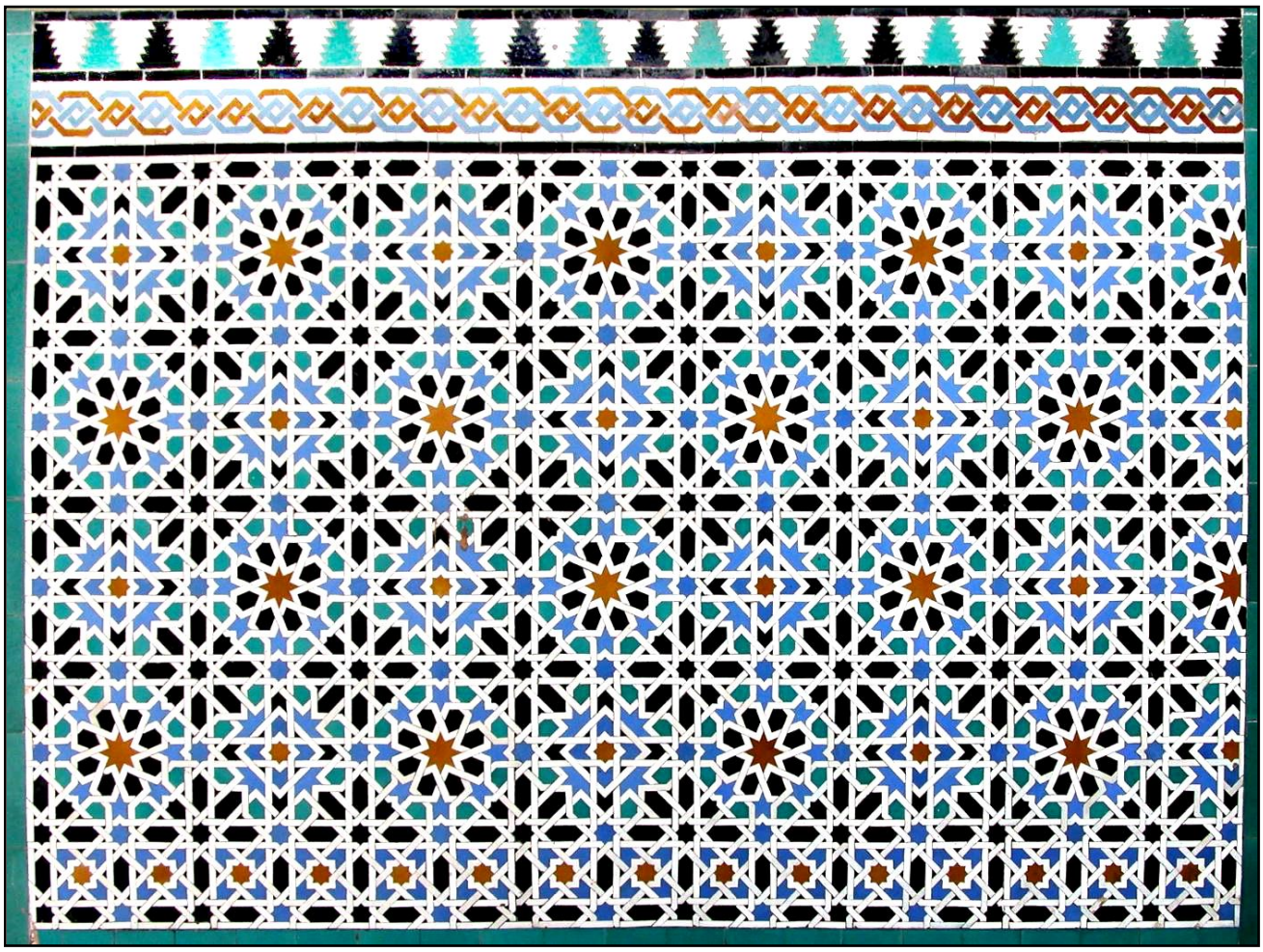


Les entrelacs en céramique de ce décor de la porte du Mexuar à l'Alhambra de Grenade sont noyés dans du stuc blanc.

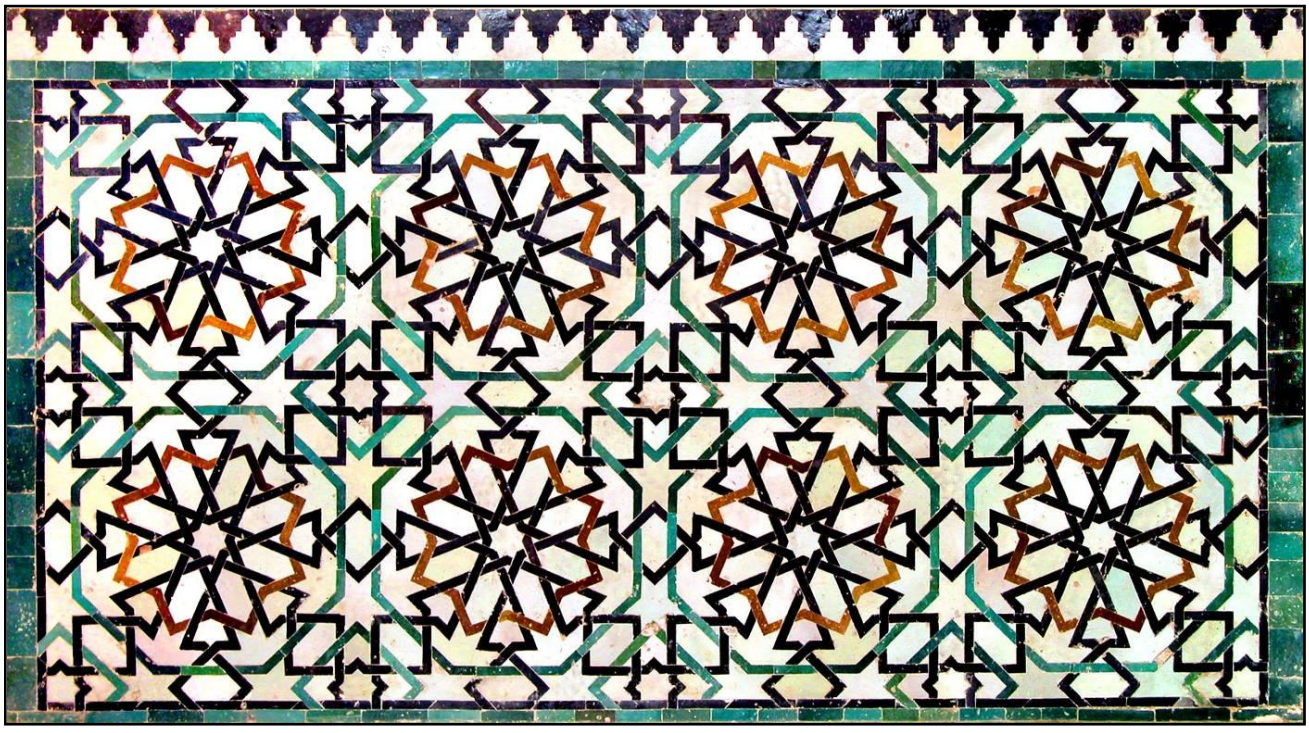
Porte Bâb Mansour à Mekhnès avec ses entrelacs de pierre.

Le moucharabieh est construit par des entrelacs de bois développés par un sceau. Médersa Es Sahrij dans la médina de Fès.

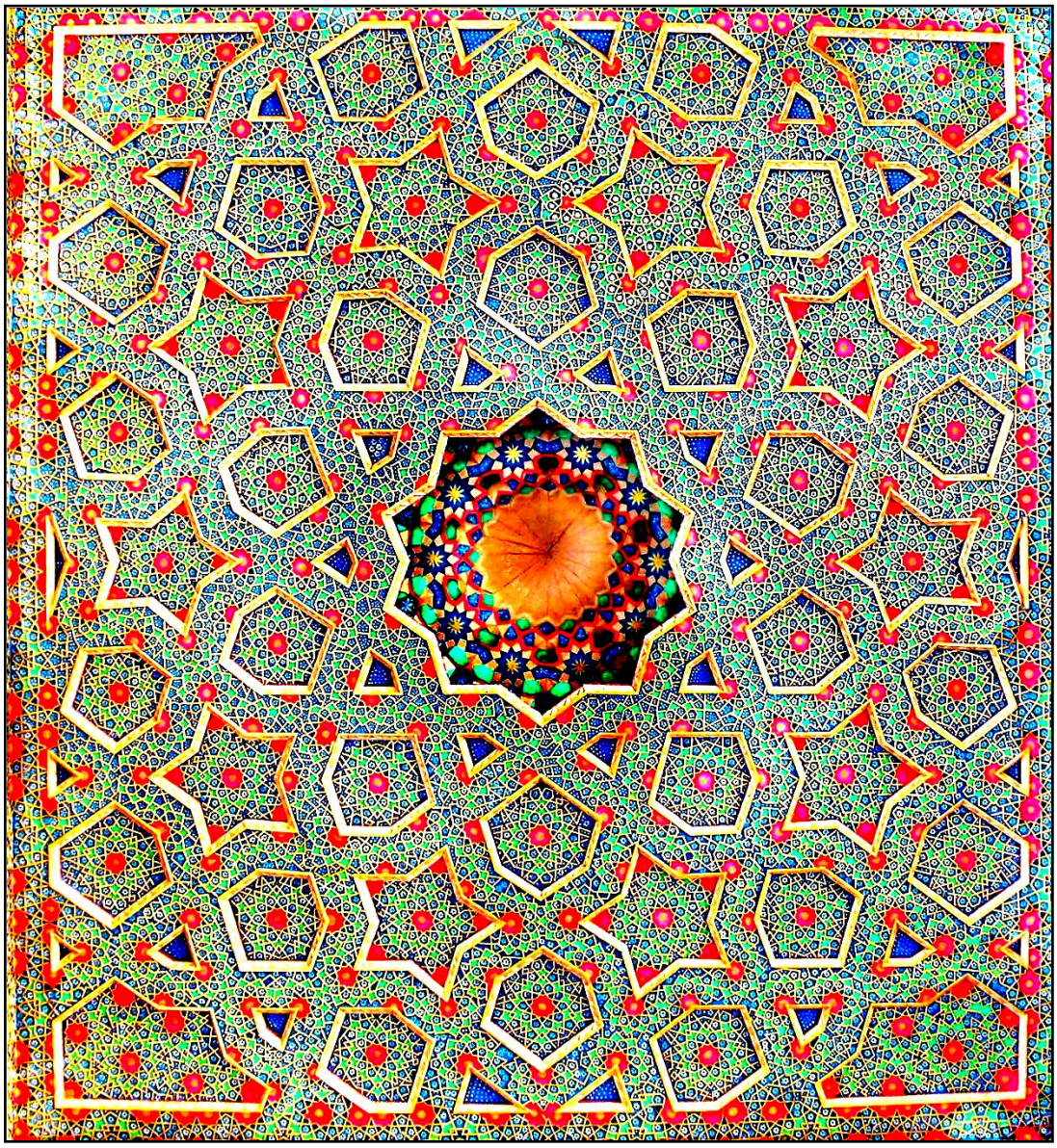




Alcazar de Séville.



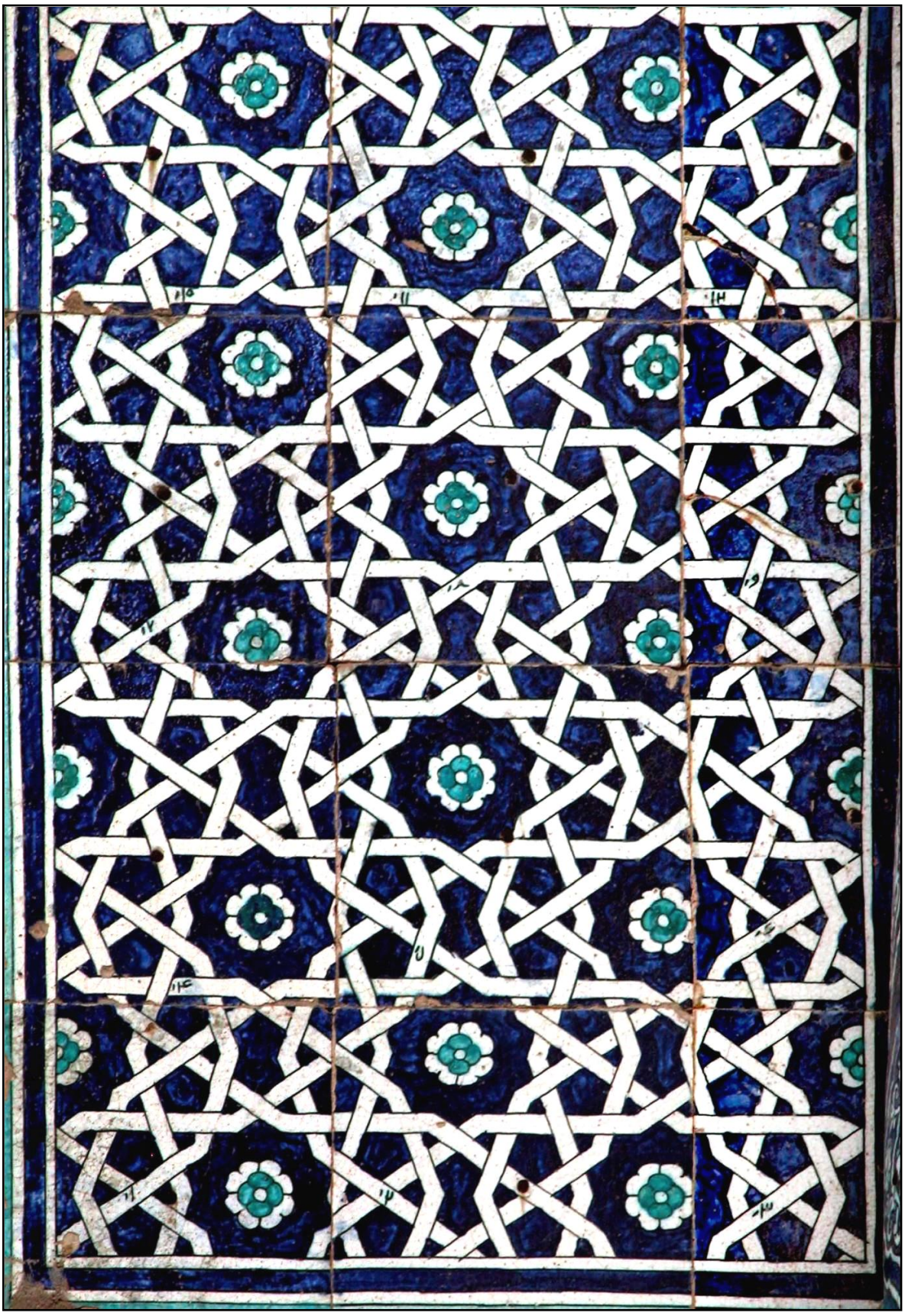
Médersa Bou Inania à Fès.



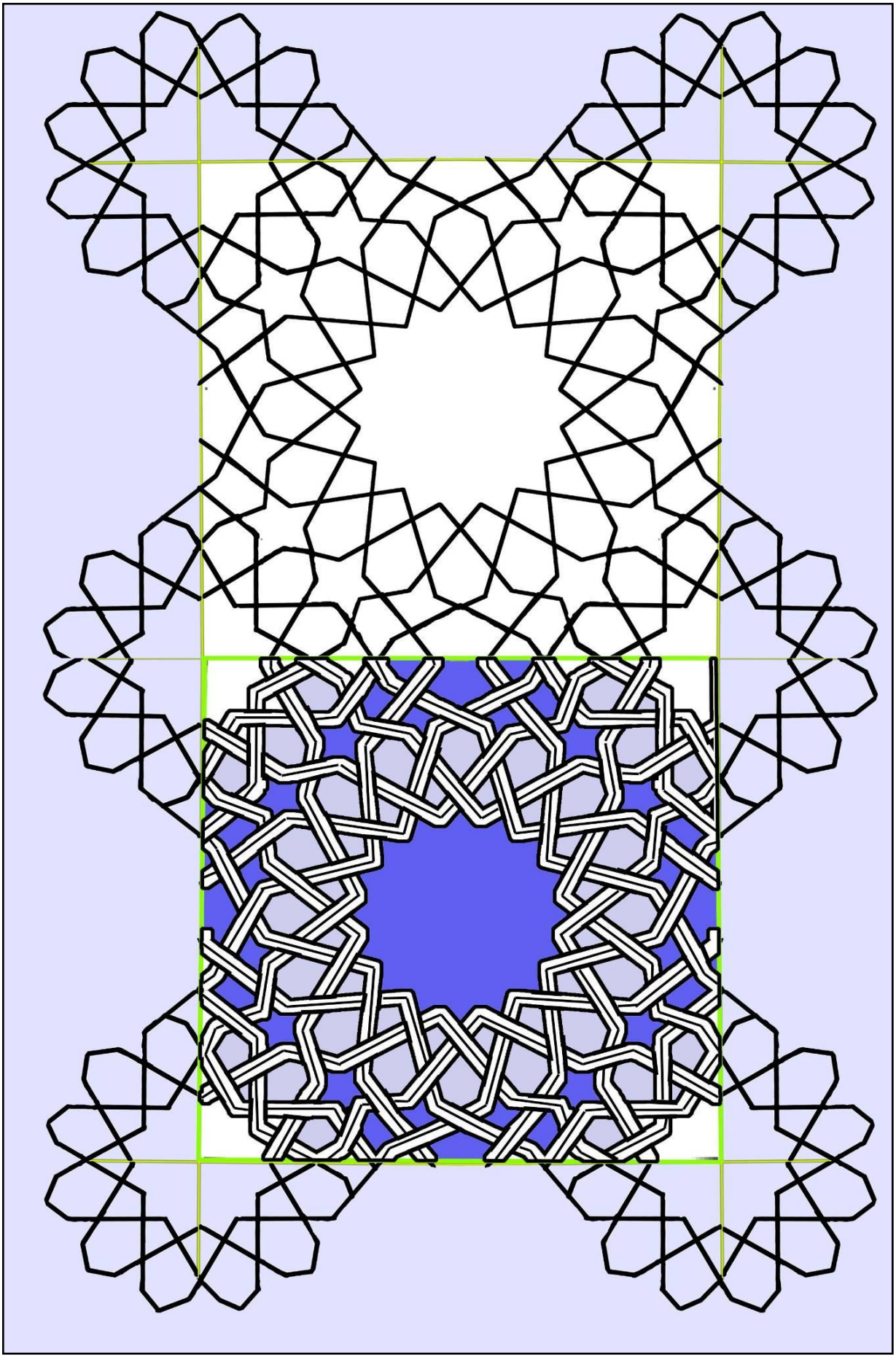


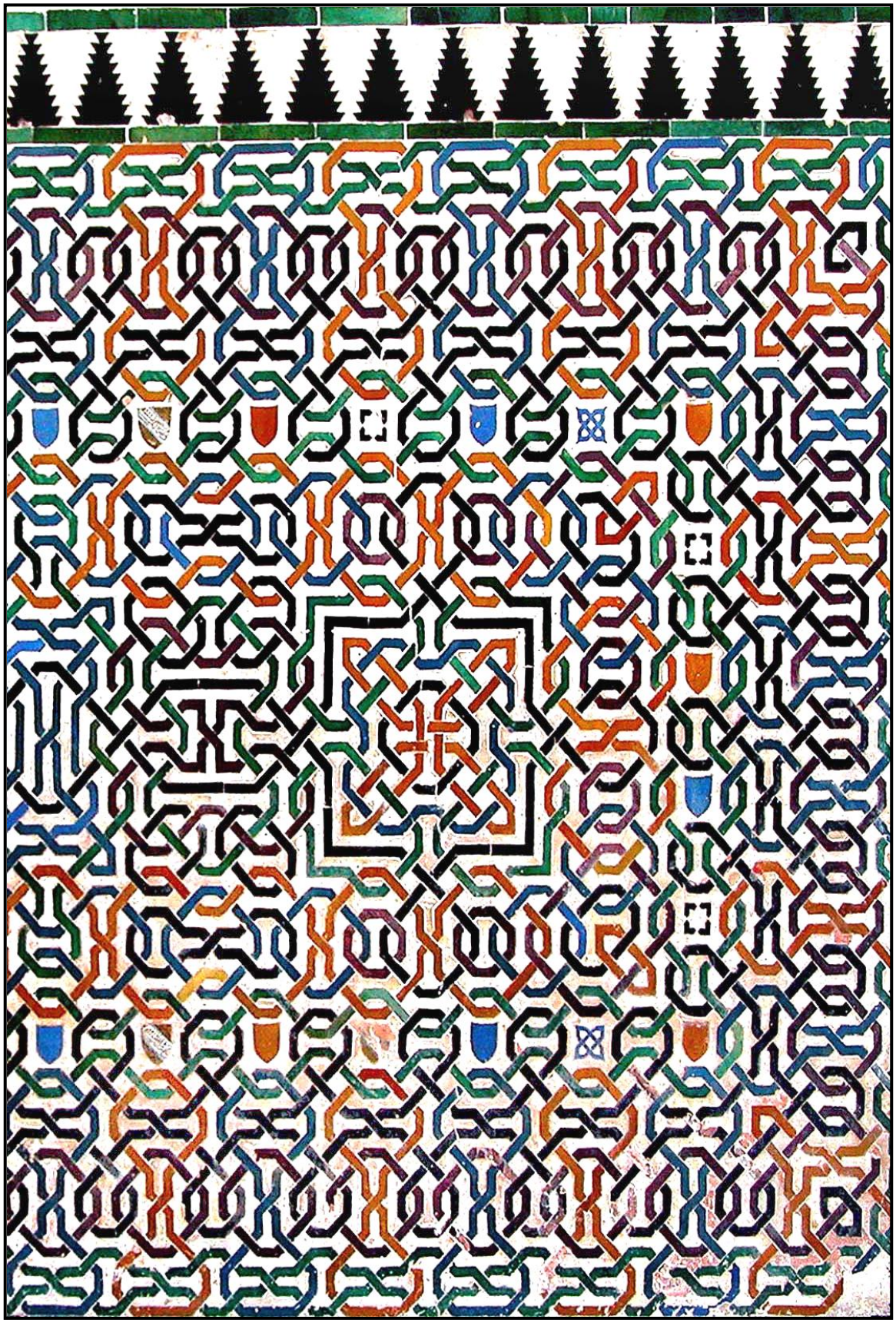
Plafond à caissons orné d'une étoile à dix entourée d'entrelacs au mausolée de Baha-Al Din près de Boukhara.

Chapiteau orné d'entrelacs de pierre à la Muradeye de Bursa.

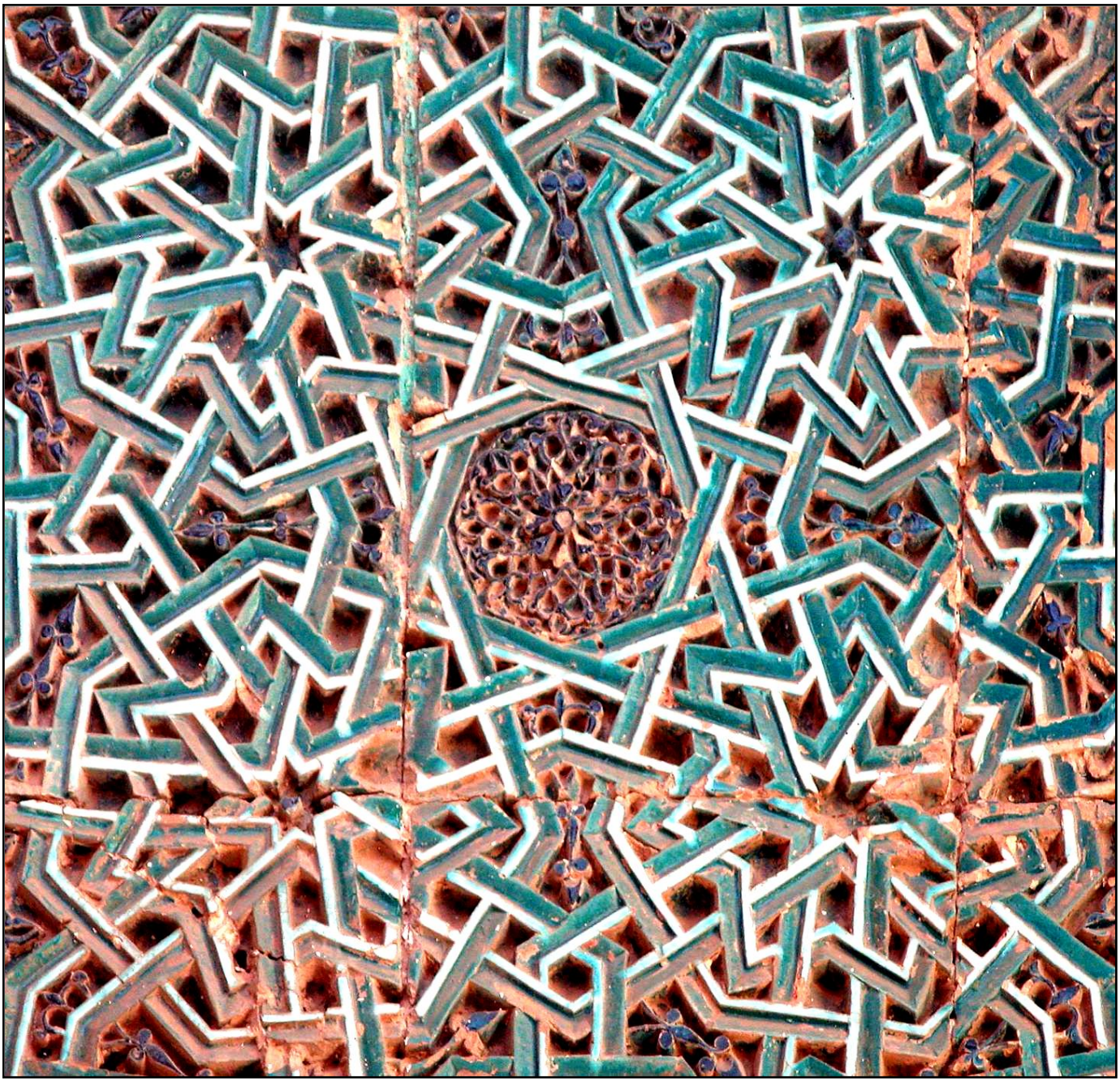


Majolique formée par un pavage de décagones au Harem de Khiva en Asie centrale.





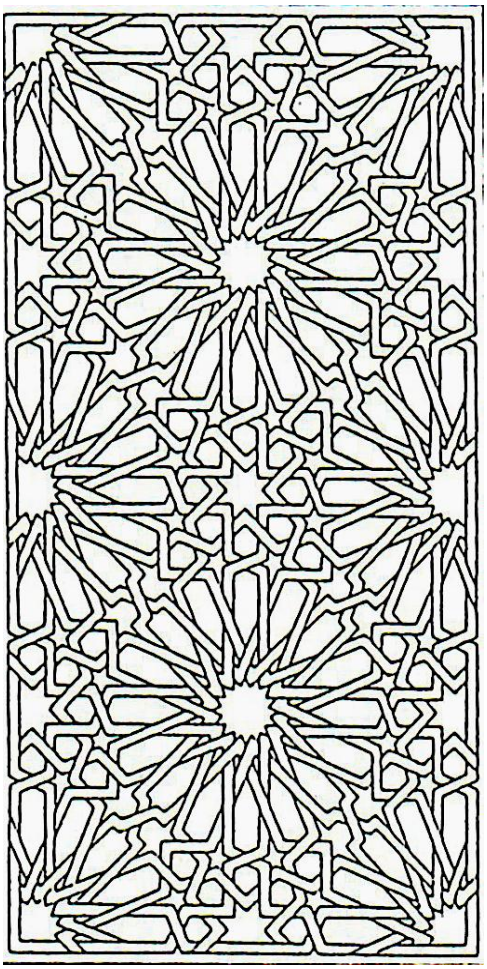
Système complexe d'entrelacs colorés à l'Alhambra dans la Sala de las dos hermanas.

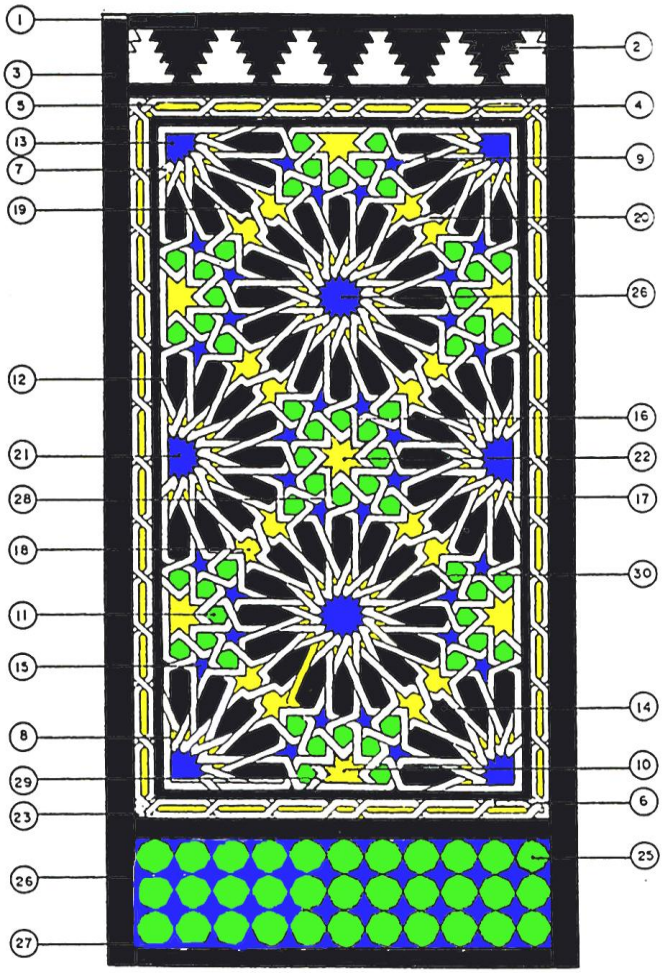


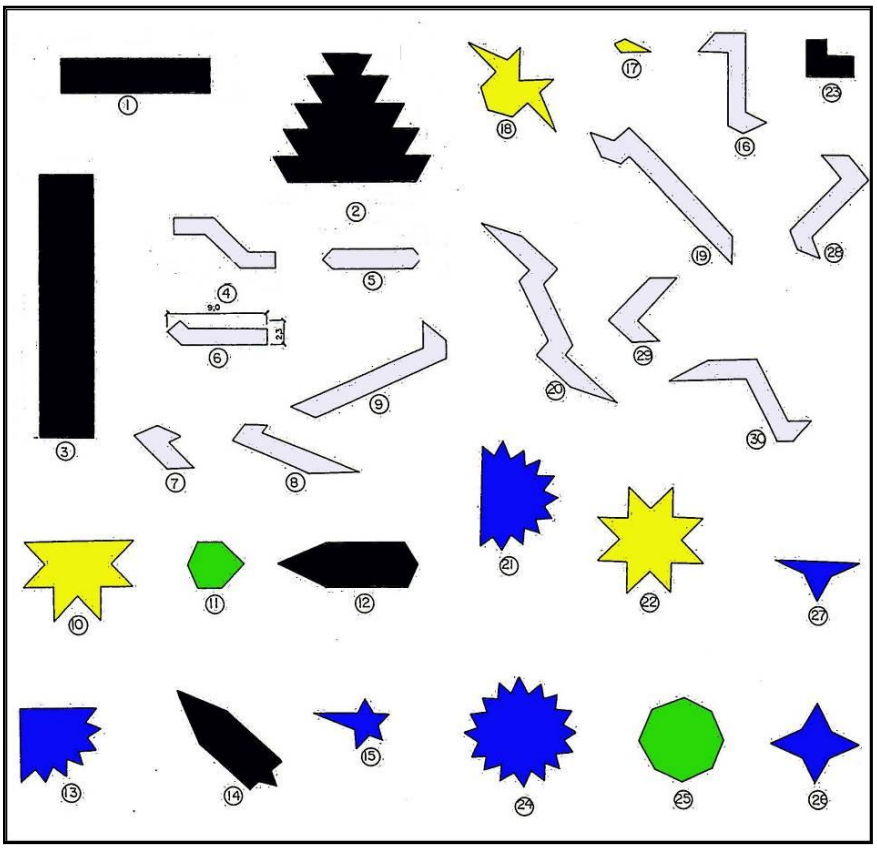
Majoliques ciselées du mausolée de Khodja Akhmad de 1350 à Shah-I-Zinda. ; symétrie d'ordre sept : chaque étoile a sept demi axes de symétrie.



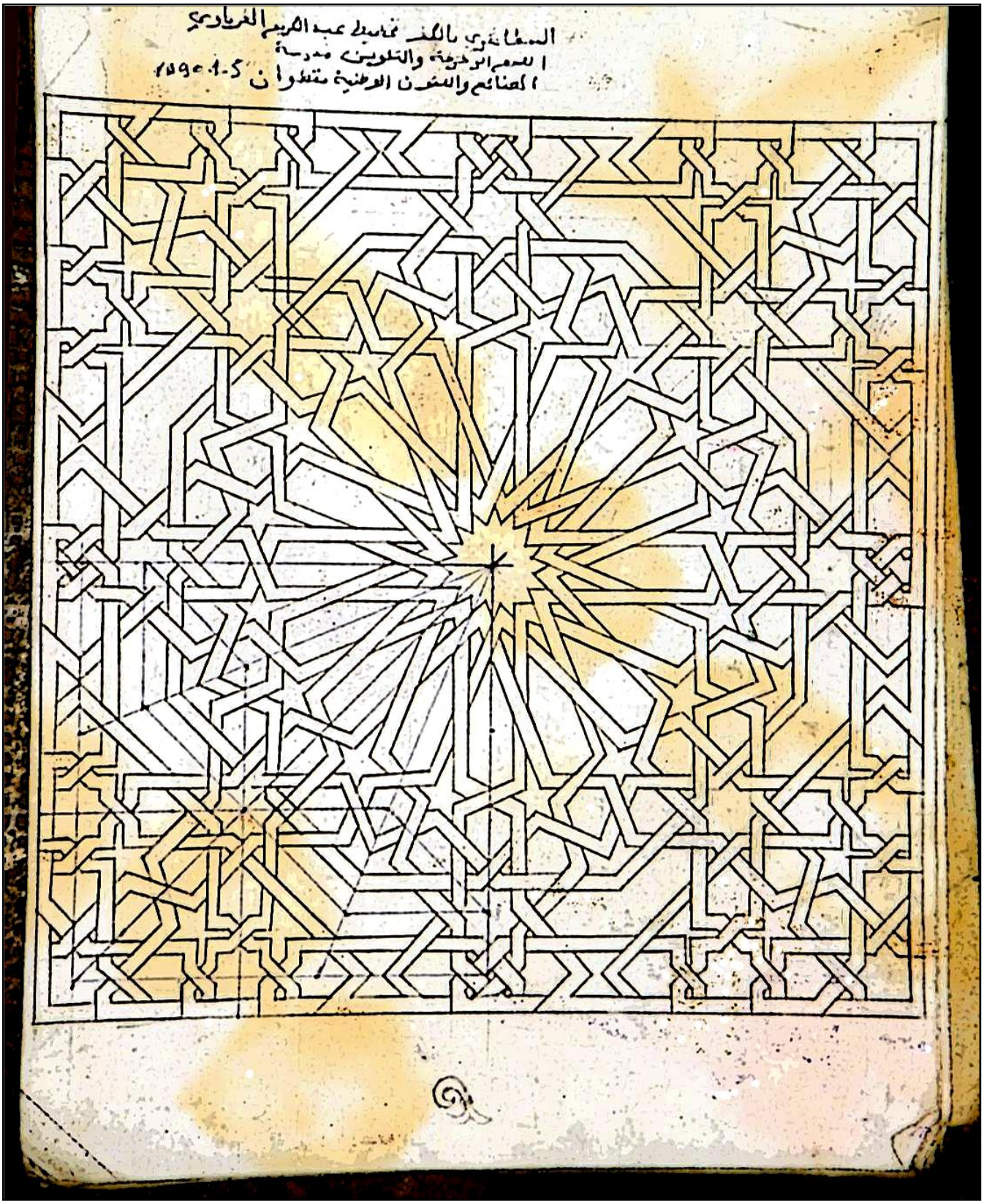
Entrelacs colorés exécutés selon la technique de la corde sèche.







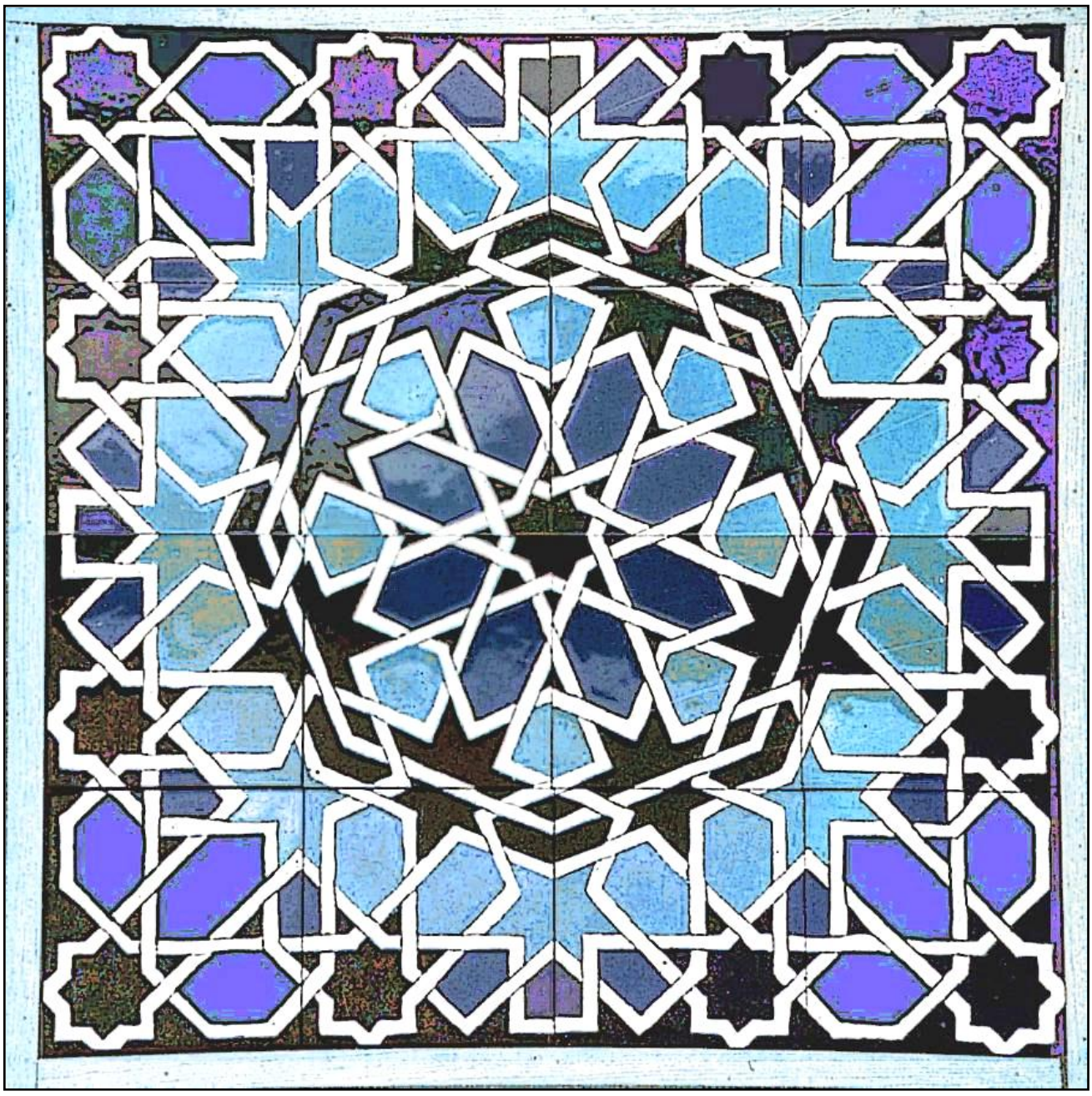
Chaque élément est formé d'une seule pièce de terre : ce sont des **zelliges.**



Entrelacs dans un document de l'école de l'artisanat de Tétouan : les pièces et les entrelacs du motif sont dessinés par copie sans règles de construction précises, ce qui entraîne un certain déséquilibre des petites surfaces.

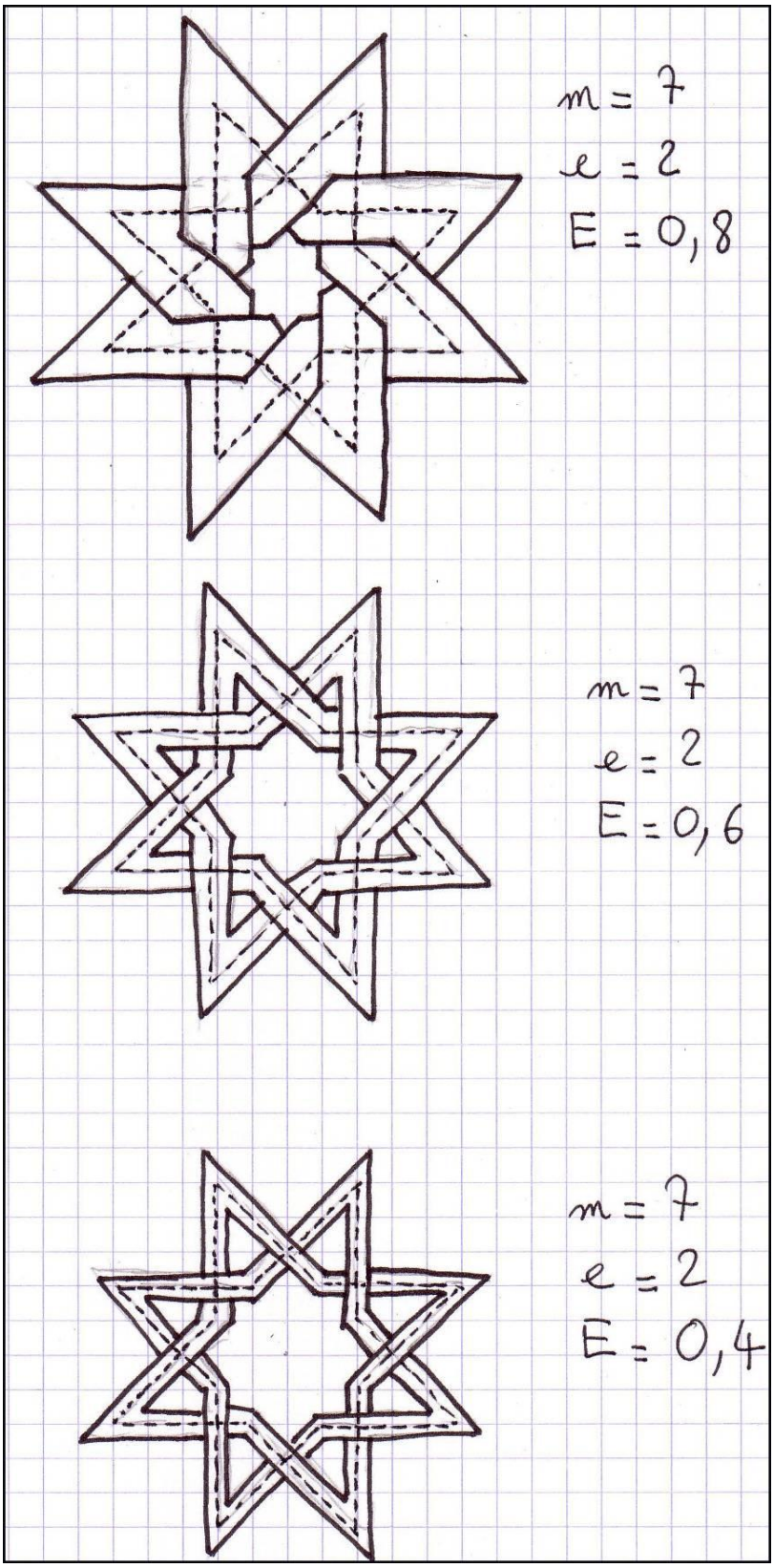
Entrelacs de type Fès:

Les entrelacs sont un habillage du trait ; sur les deux exemples suivants ils servent à :
- Séparer les pièces colorées.
- Former un motif propre: le fond est alors unicolore et ce sont les entrelacs qui sont colorés.



RETOUR

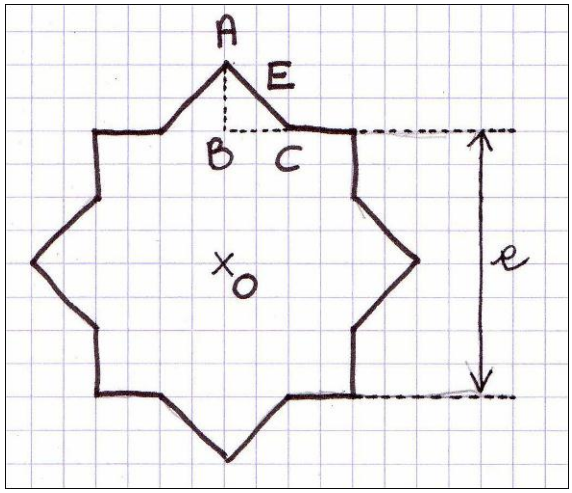
Mesure de la largeur de l'entrelacs :

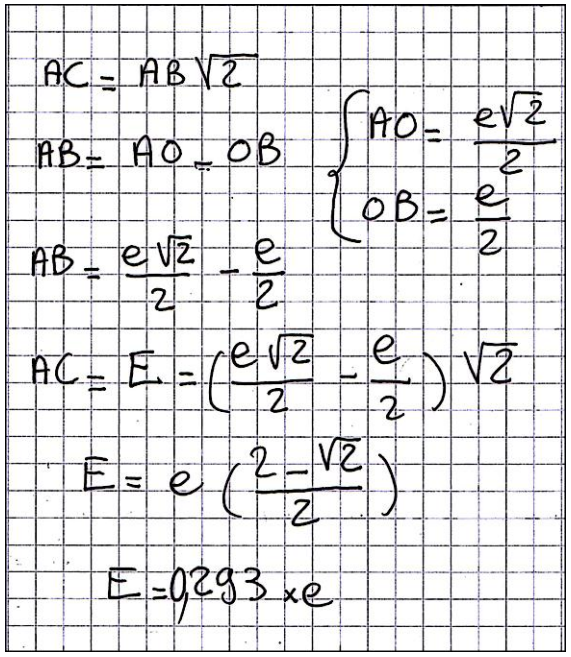


Dans les trois constructions ci contre, la valeur **m = 7** et **e = 2.**

C'est la valeur **E** de l'entrelacs qui varie.

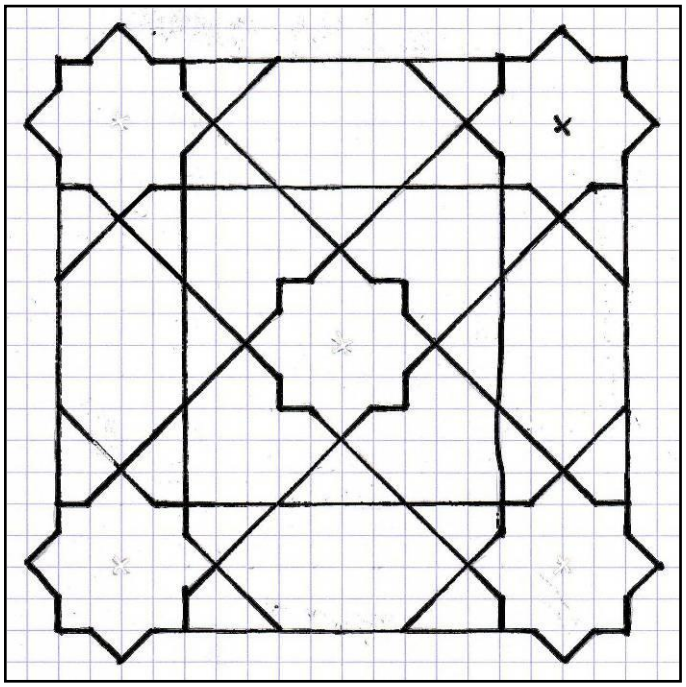
La construction qui parait la plus équilibrée est celle du milieu. Pour cette valeur **E = 0,6 ;** c'est la largeur de l'entrelacs **E** qui correspond alors à un des petits côtés du sceau.

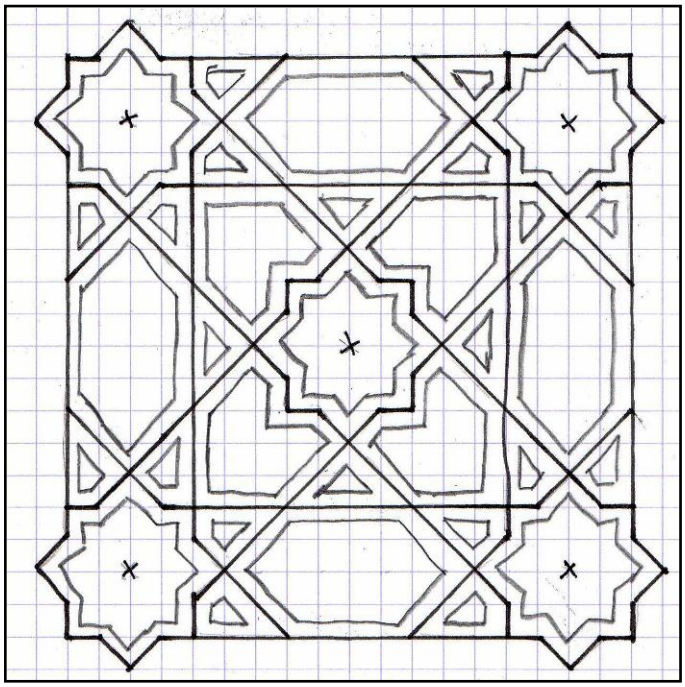




E = 0,3 . e

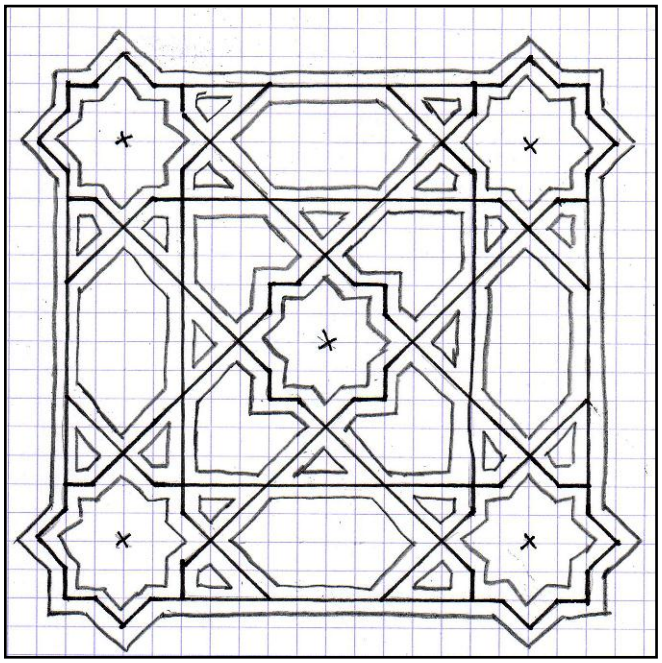
Construction des entrelacs :

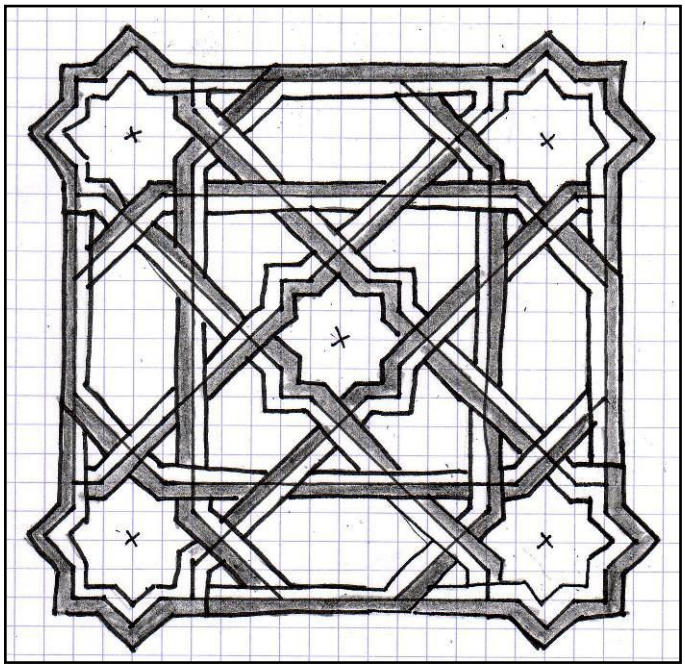




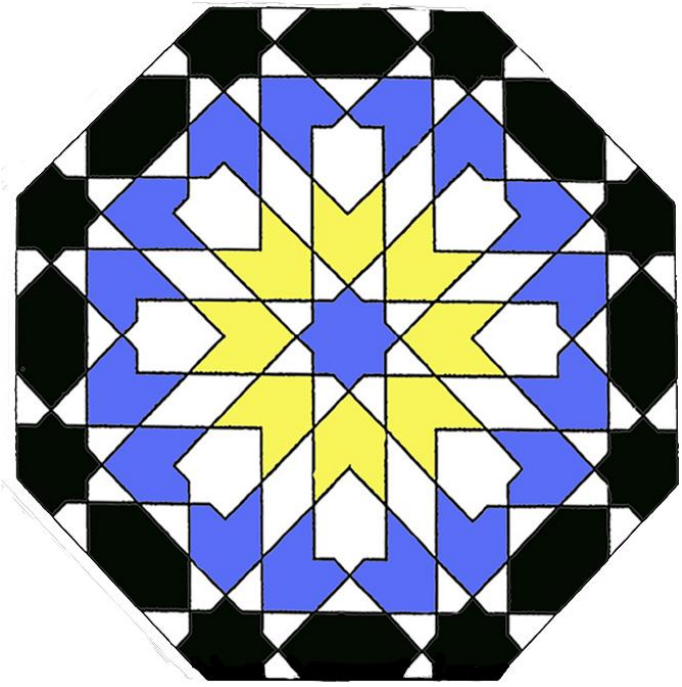
Construction du dessin en utilisant les valeurs précédentes. **m = 7 e = 2** donc **E = 0,6**
Zonage des différentes parties. L'entrelacs a pour valeur 0,6 donc, le zonage de chaque partie s'effectue en utilisant la moitié de sa valeur, soit 0,3.
Traçage du bandeau extérieur, toujours à 0,3
Laçage des entrelacs : un au-dessus, un au-dessous.

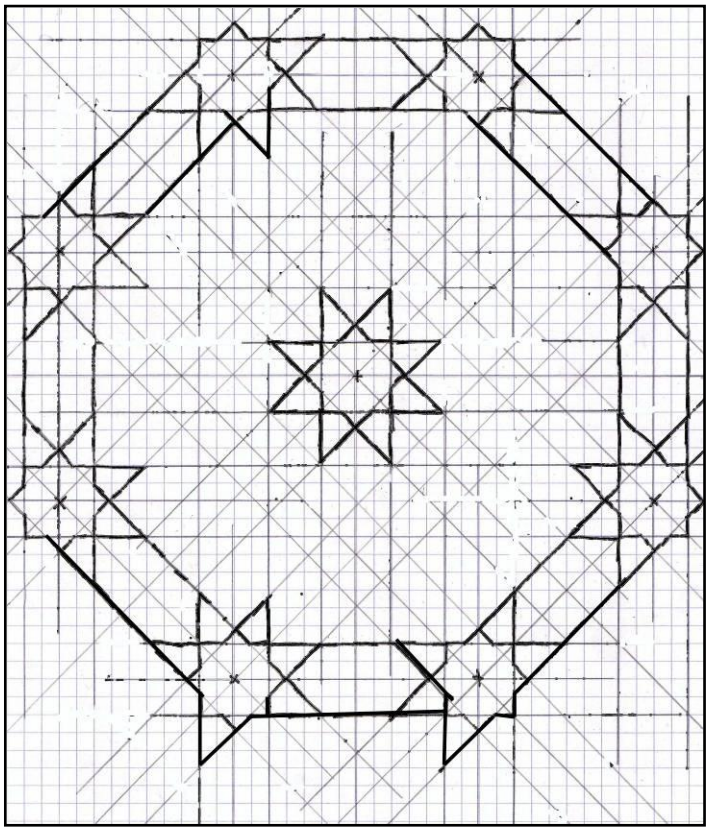
Selon la taille du motif, il peut y avoir plusieurs entrelacs qui peuvent eux-mêmes être tressés. La largeur de l'entrelacs peut varier selon l'effet désiré.

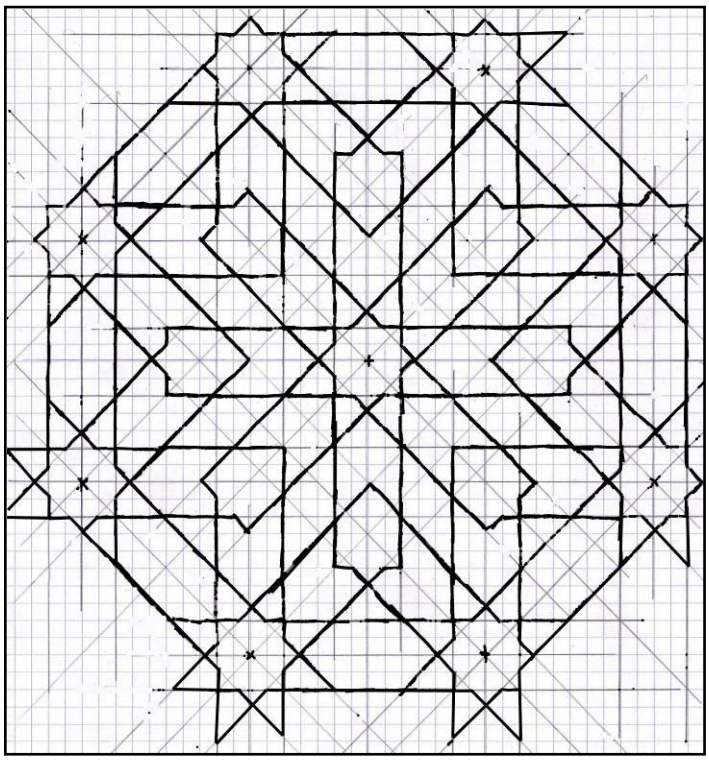


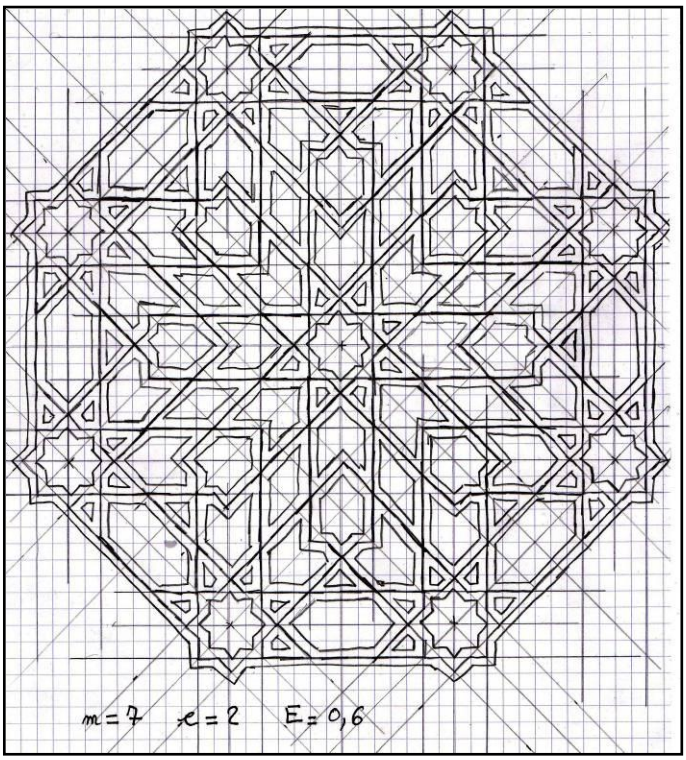


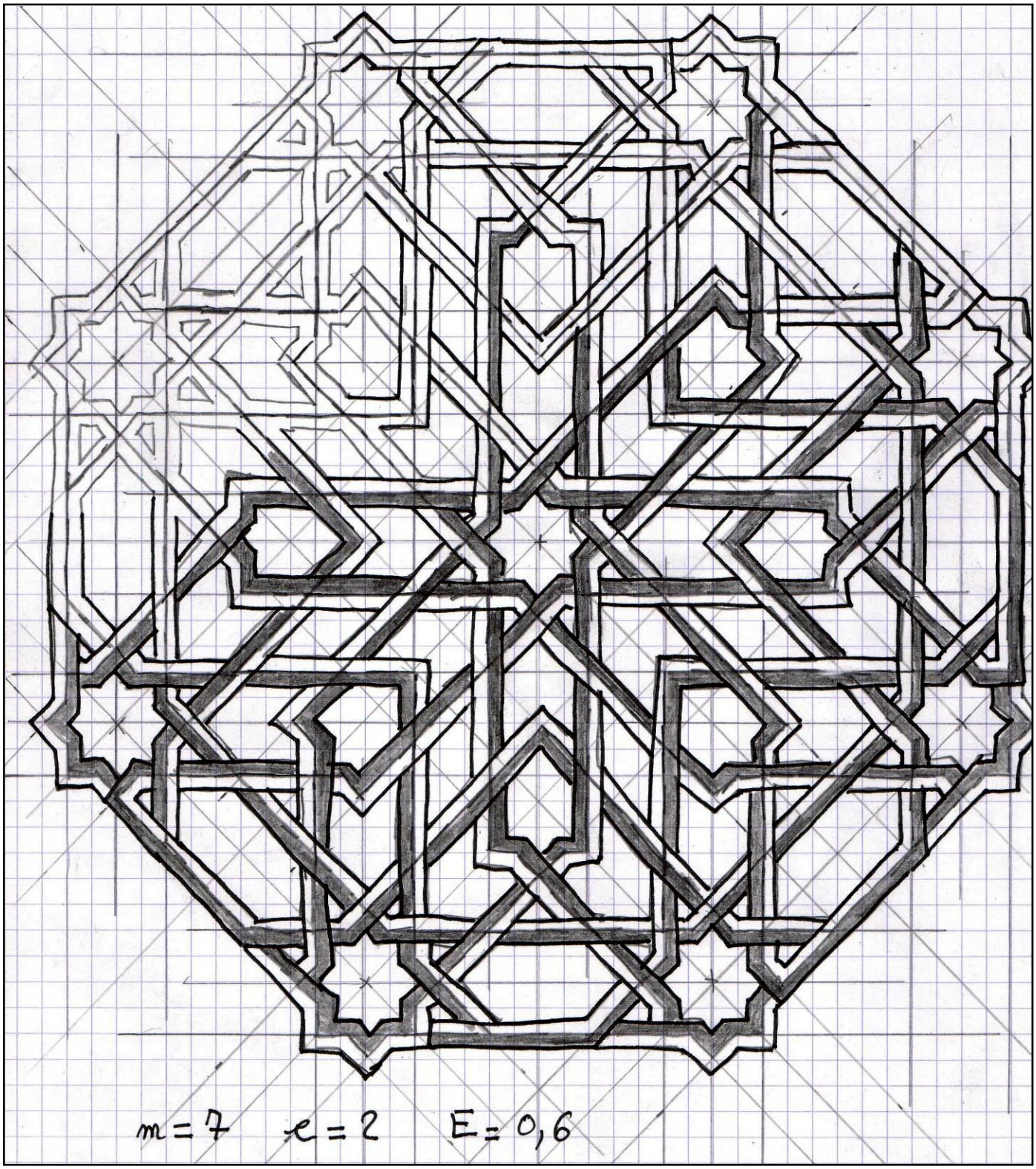
Construction d'un octogone convexe avec entrelacs:





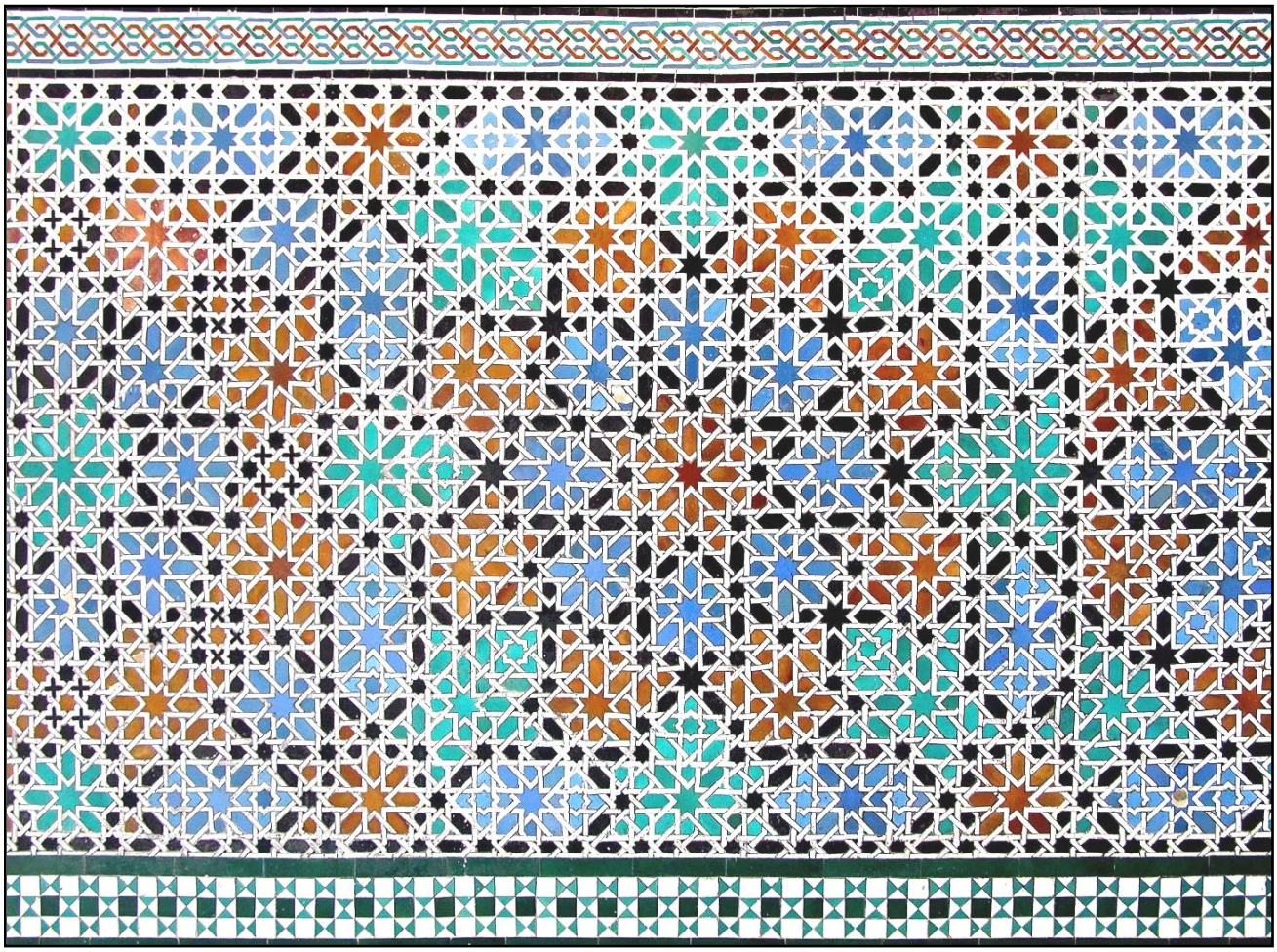





m=7 e=2 E=0,6

Entrelacs de type Alhambra :

Mesure de la largeur de l'entrelacs :



Mosaïque du patio de las Doncellas à l'Alcazar de Séville ;

Dans les constructions de l'Alhambra, l'entrelacs est lui- même susceptible d'être un sous squelette. Pour avoir une concordance exacte dans la construction entre ces différents étages, il existe donc une relation entre **e** et **E**

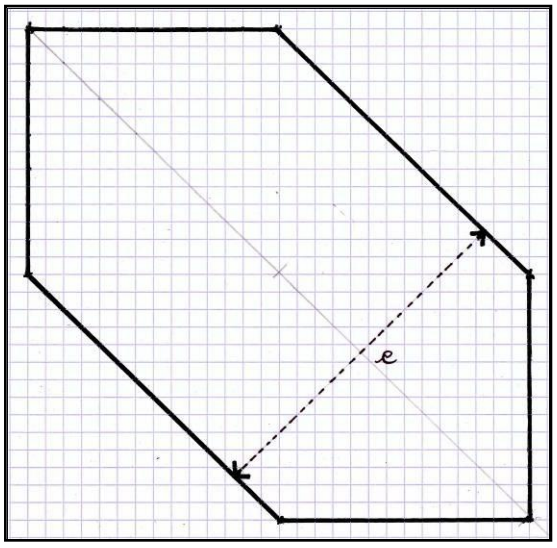
C'est l'étude d'un saft type Alhambra dont l'entrelacs est lui-même formé d'une suite de safts et de sceaux formant ce même sous squelette qui permet de trouver la relation existante.

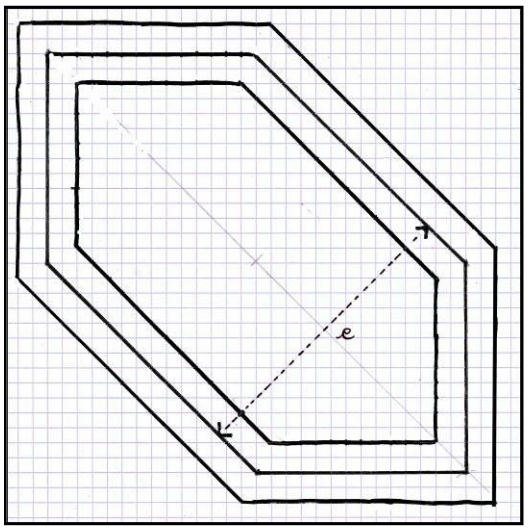
e = largeur de la bande et du saft d'un motif *type Alhambra*.

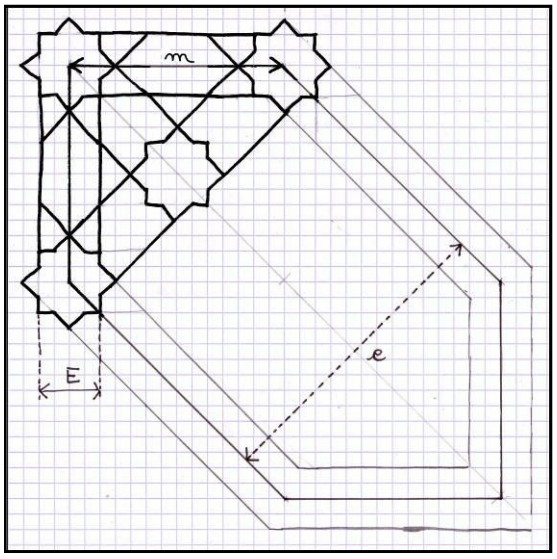
E = largeur de l'entrelacs du saft *type Alhambra* (valeur cherchée).

m = maille du *sous squelette* placé dans l'entrelacs de ce saft.

RETOUR







Étude du saft obtenu avec un écartement de bande de **e** et dont l'entrelacs est lui-même constitué d'une suite de sceaux et de safts de largeur de bande **E** et de maille **m**.

$$e = m\sqrt{2} \quad (1)$$

m est la maille, E largeur de l'entrelac est aussi la largeur de bande pour le squelette formé par l'entrelac.

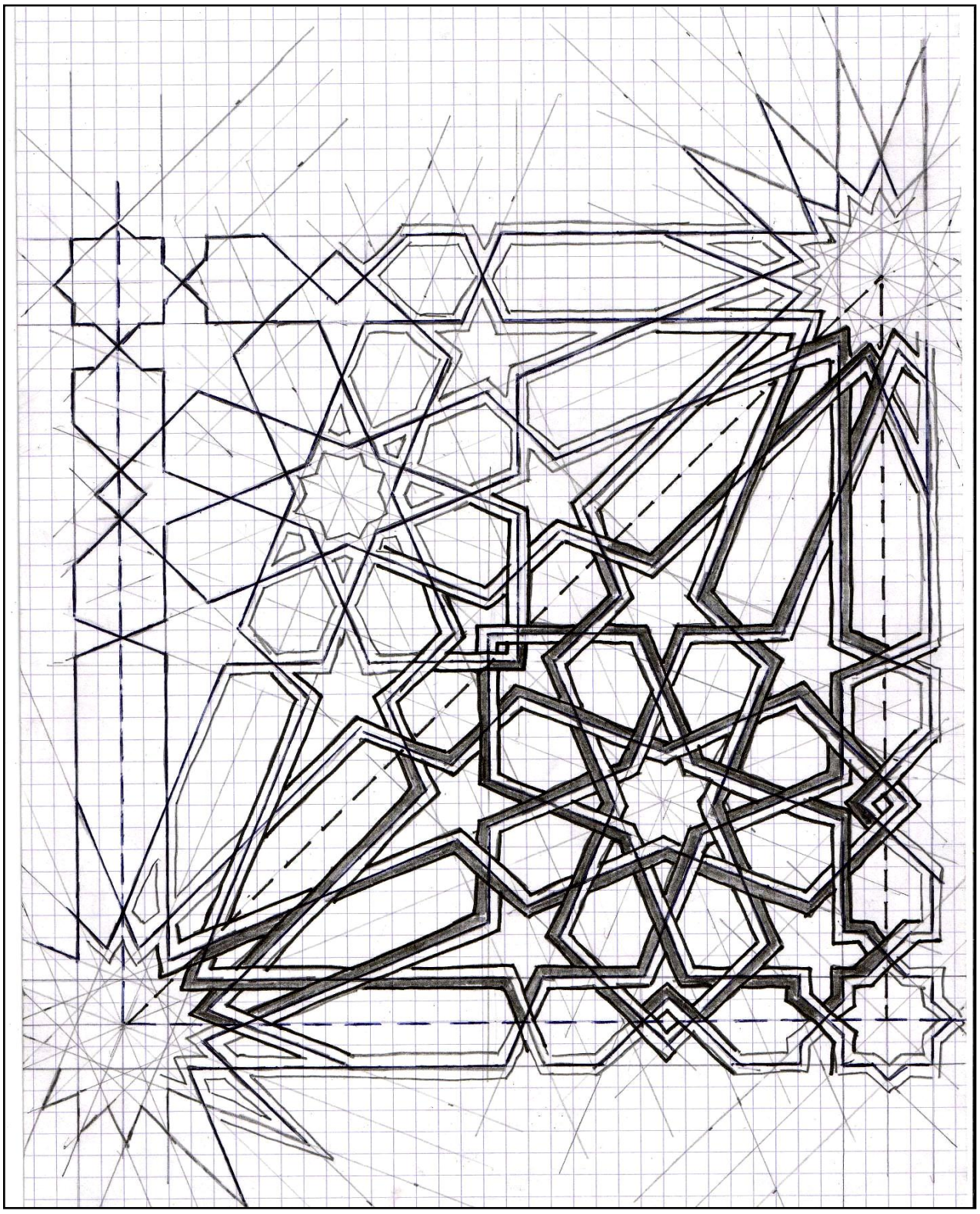
Donc $m = E(2+\sqrt{2})$ (2)

de (1) et (2) nous obtenons :

$$e = E(2+\sqrt{2})\sqrt{2}$$

Donc $E = e\left(\frac{\sqrt{2}-1}{2}\right)$

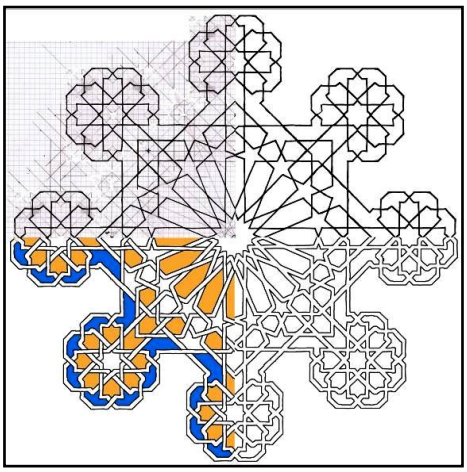
CONSTRUCTION : étoile à seize type Alhambra.

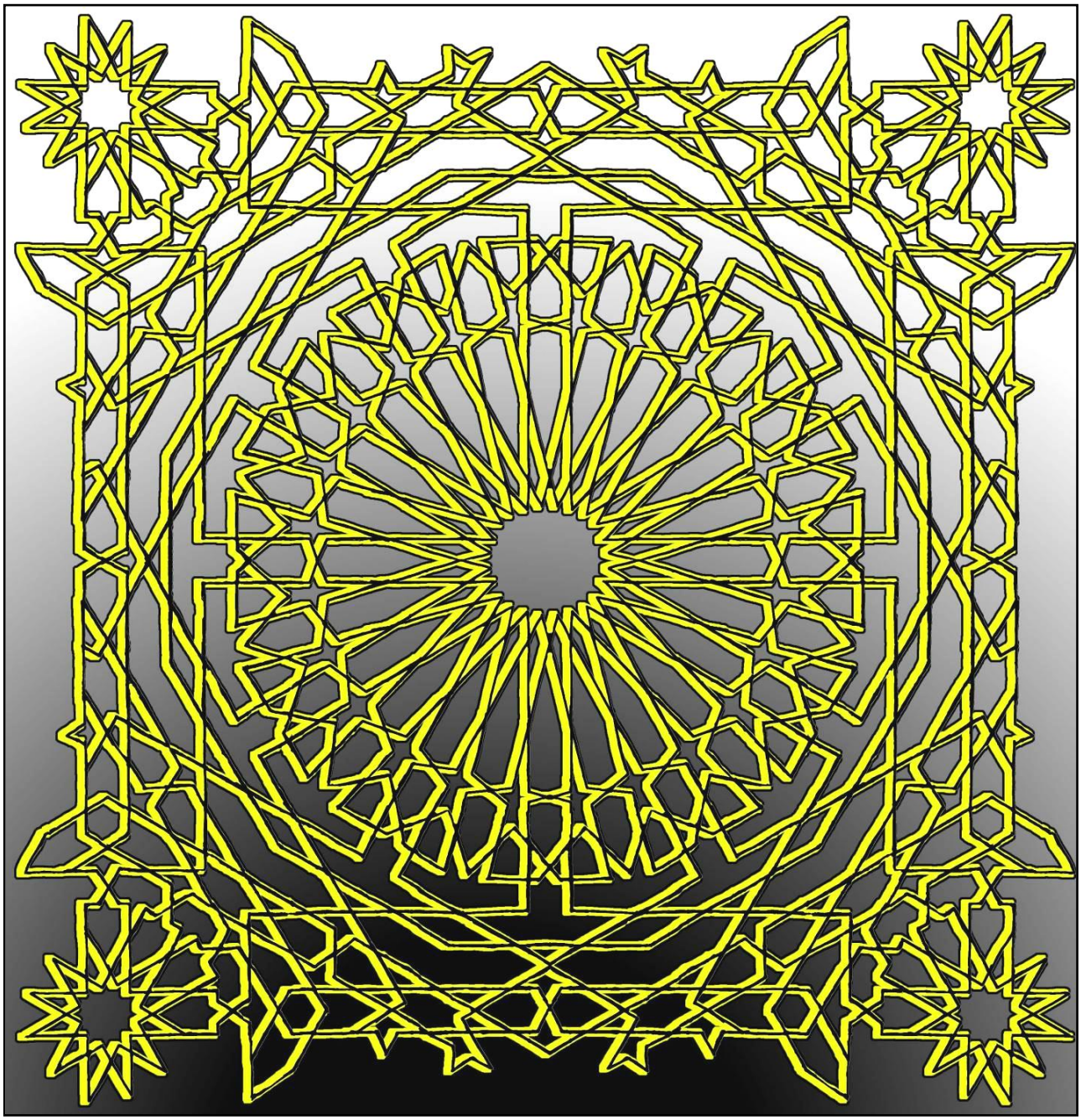


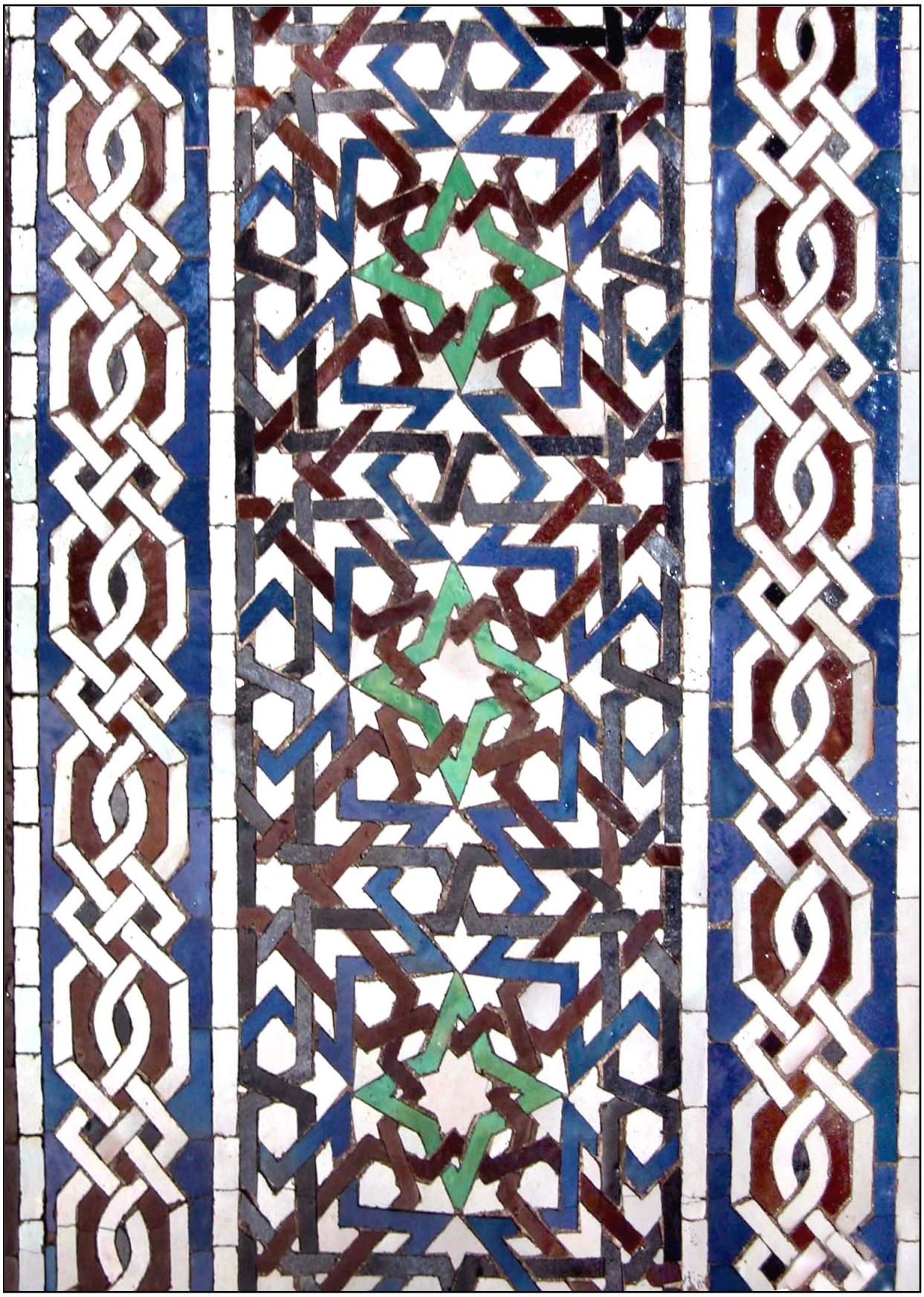
Construction comme précédemment de l'étoile à 16 type Alhambra.
Valeurs : **m = 10** et **e = 2** donc, **E = 0,4** pour la construction.



Des entrelacs colorés décorent les arcs du riad Loulou.

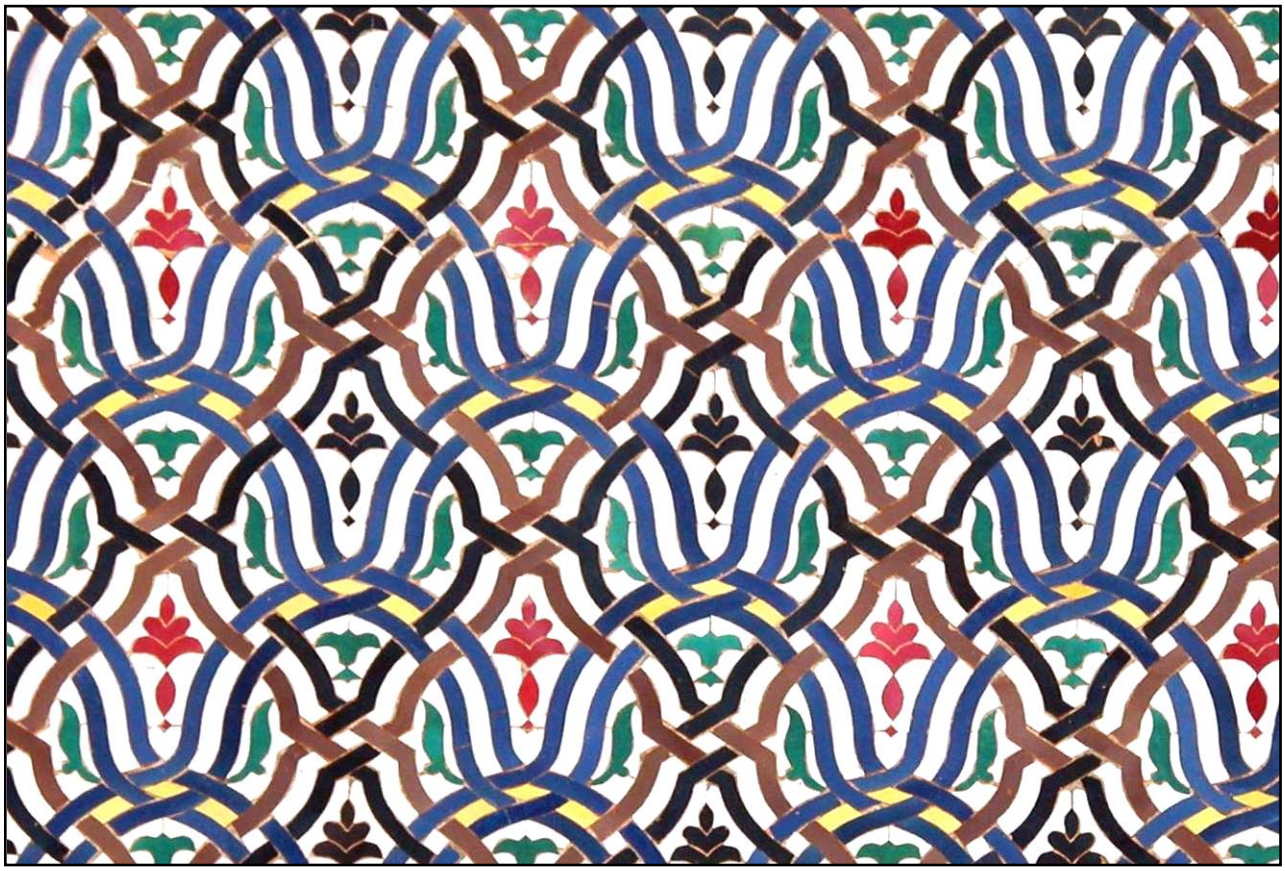






Mausolée Mohamed V à Rabat.

Entrelacs multiples :



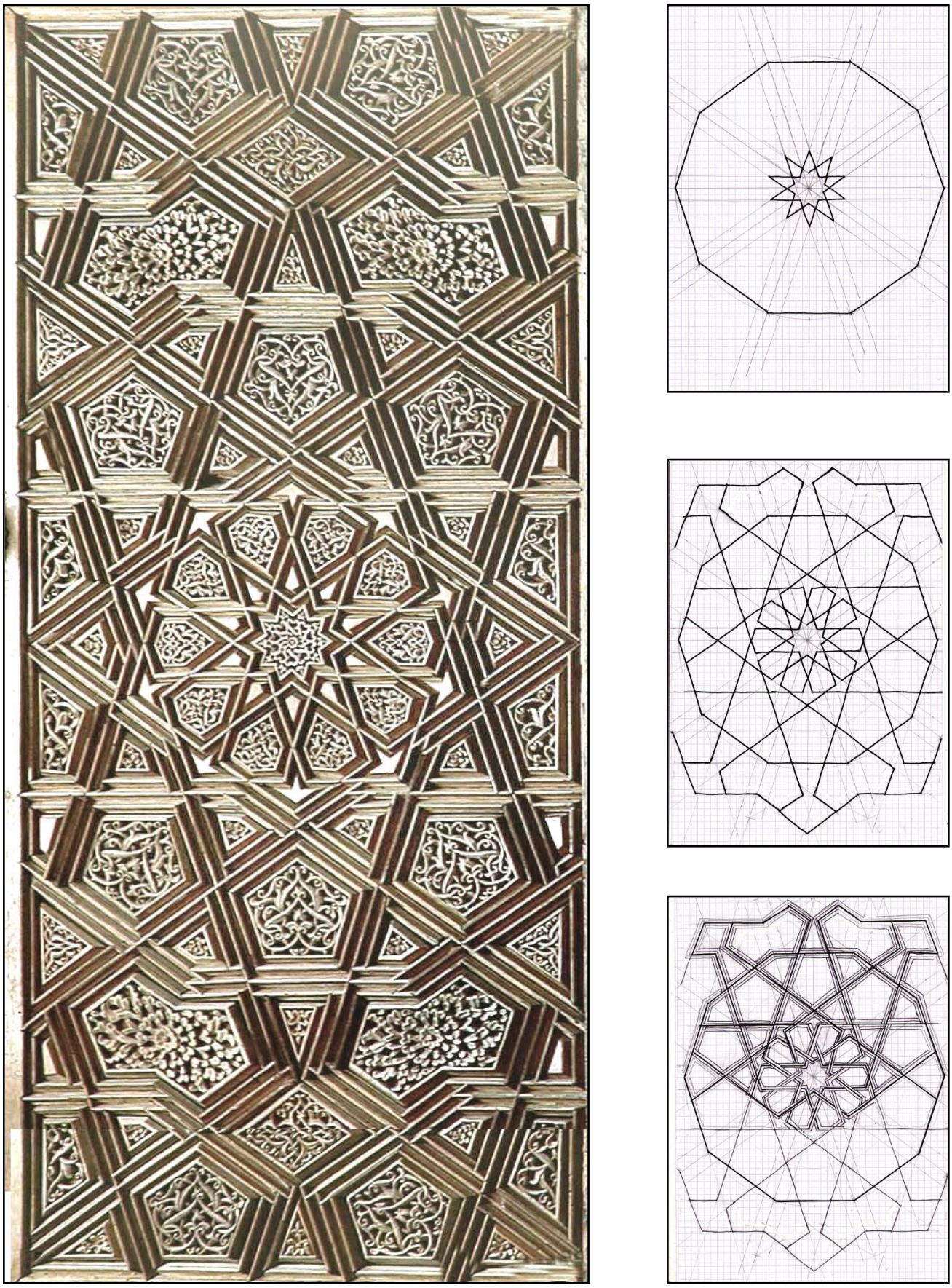
Porte du palais Royal à Fès.

L'entrelacs est partagé en plusieurs parties colorées de différentes teintes.

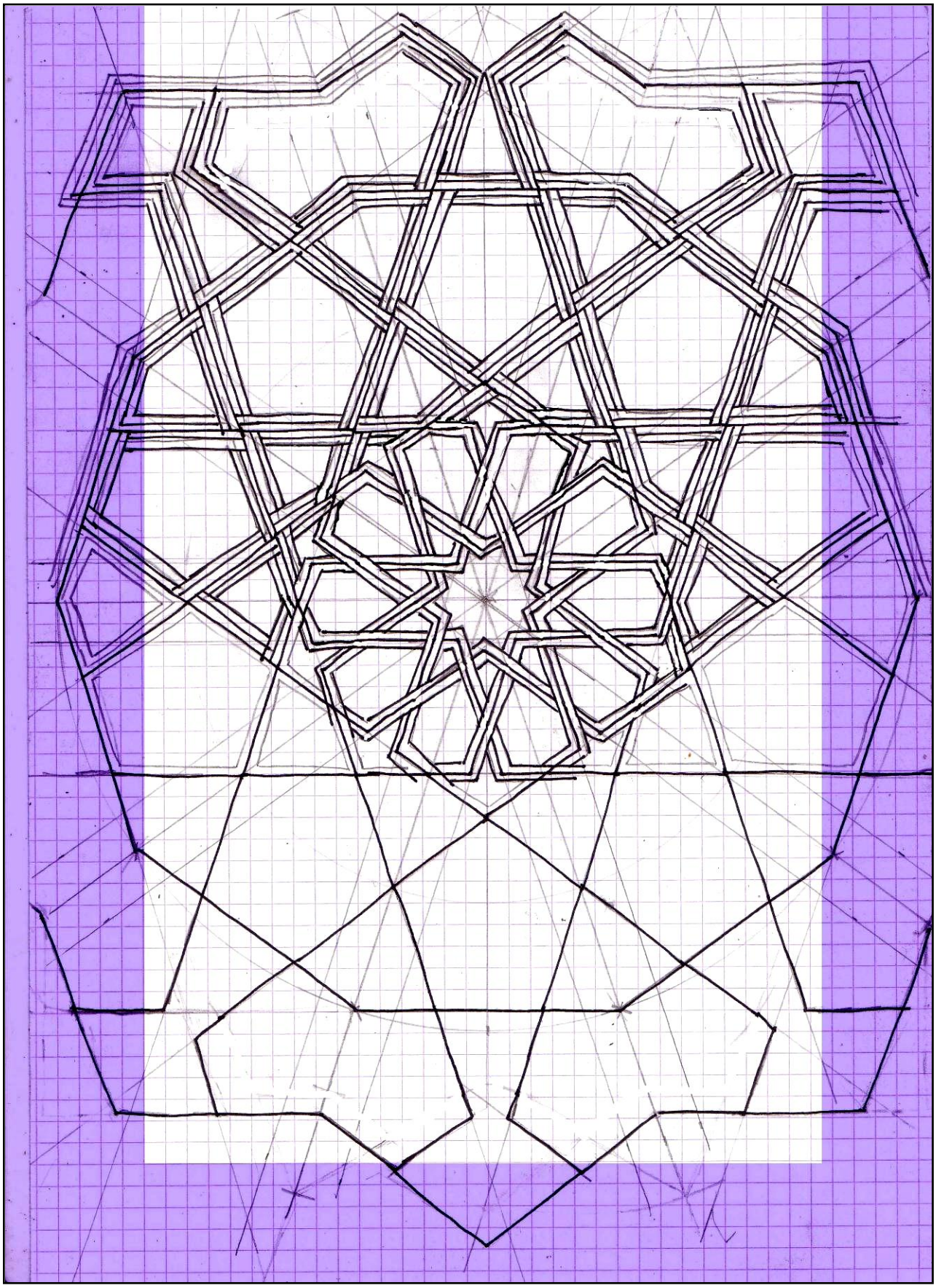


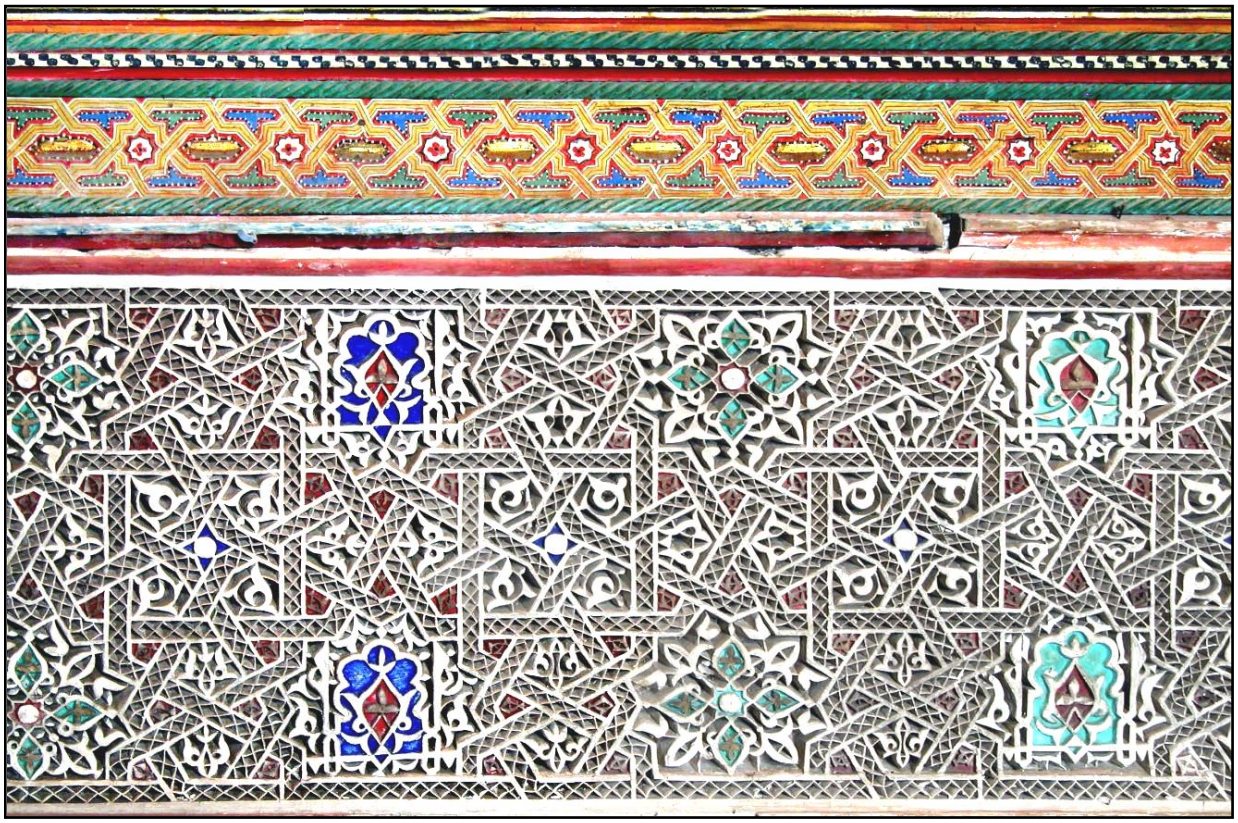
Socle d'une des fontaines de la mosquée Hassan II à Casablanca.

RETOUR

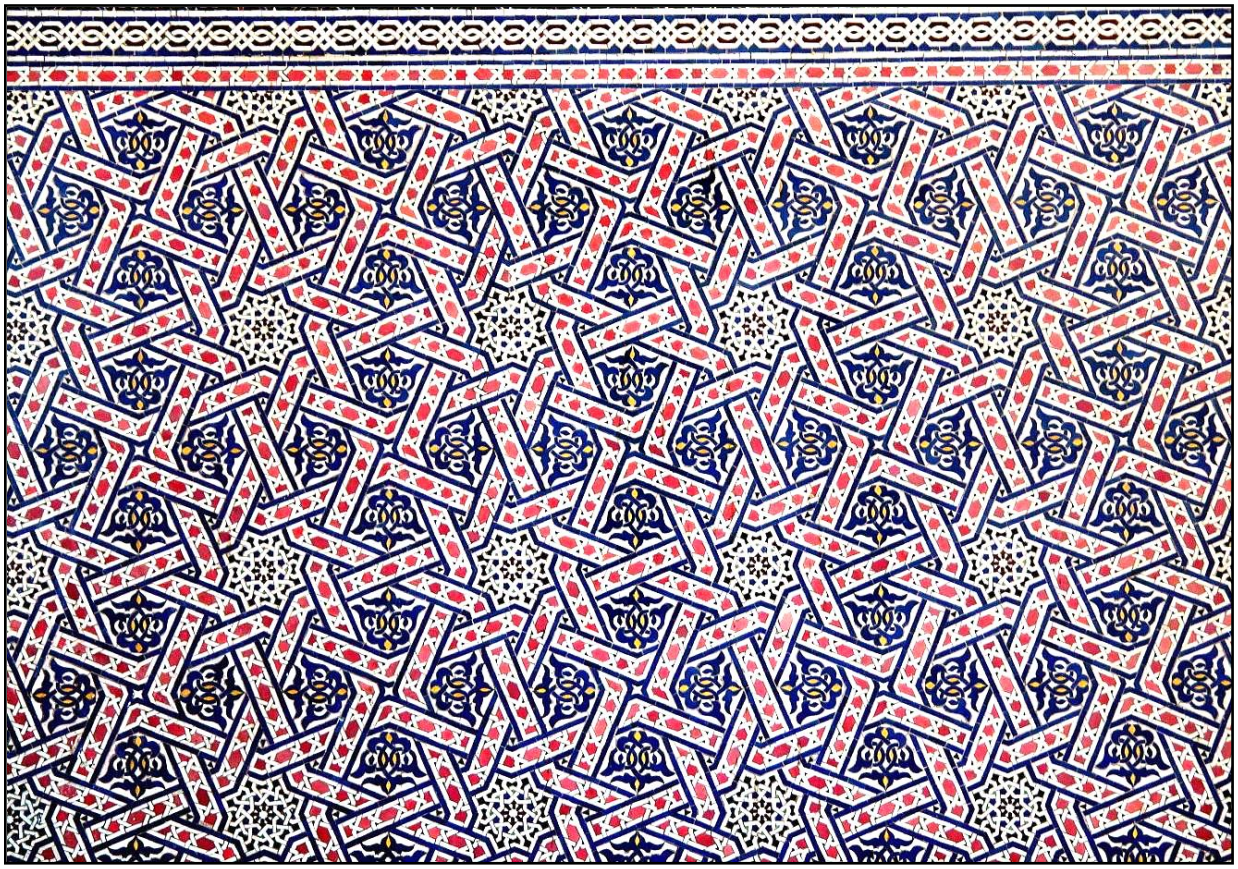


Exemple d'étoiles à dix d'un système polygonal convergent persan :
Porte de l'Ulu Cami de Bursa ; cinq entrelacs de bois.

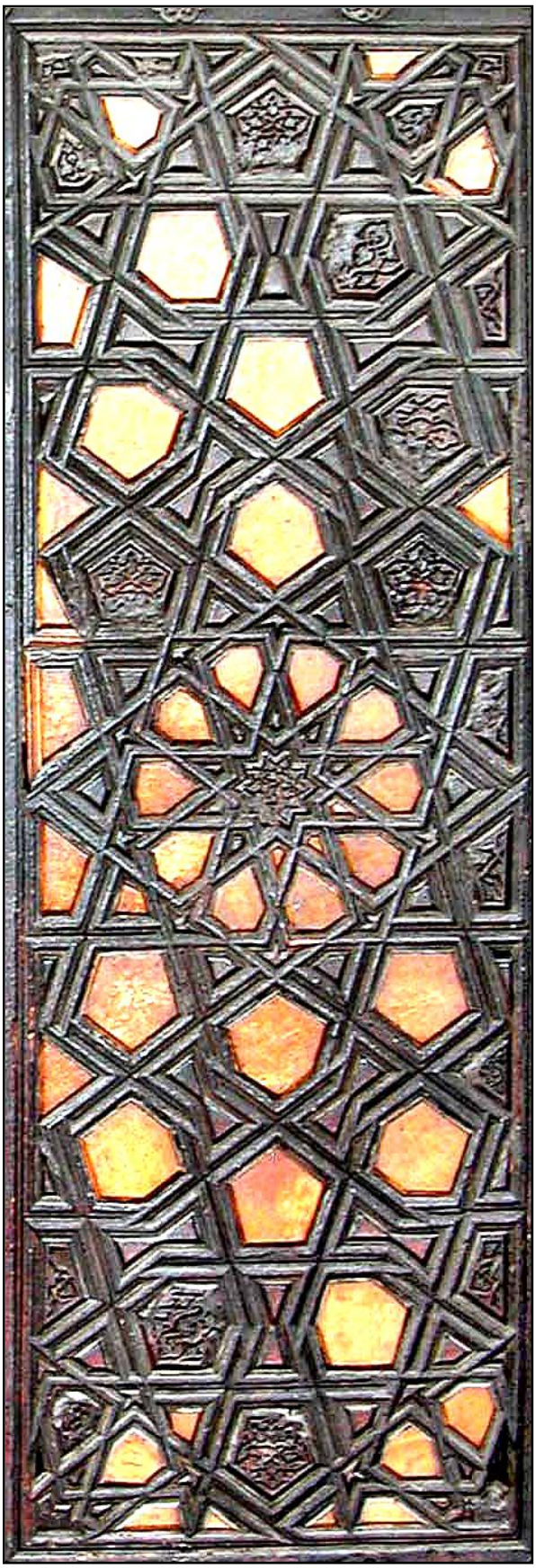


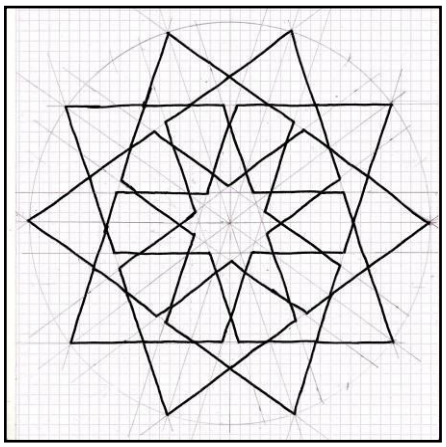


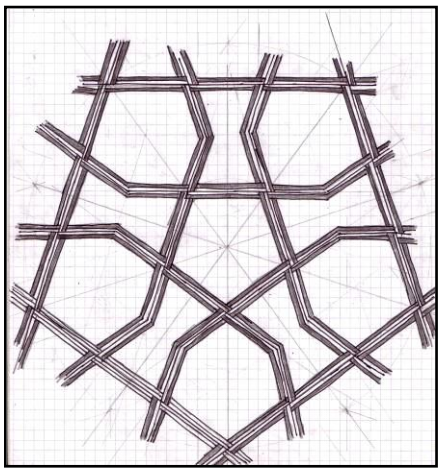
Palais de la Bahia. Entrelacs multiples en stuc.

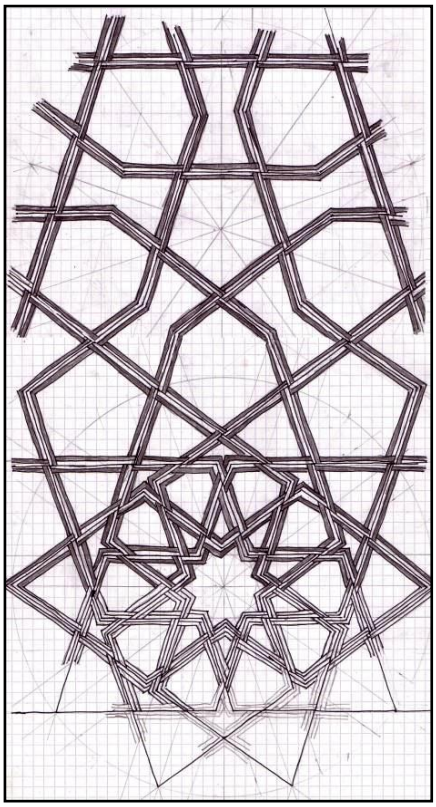


Mausolée Mohamed V à Rabat.

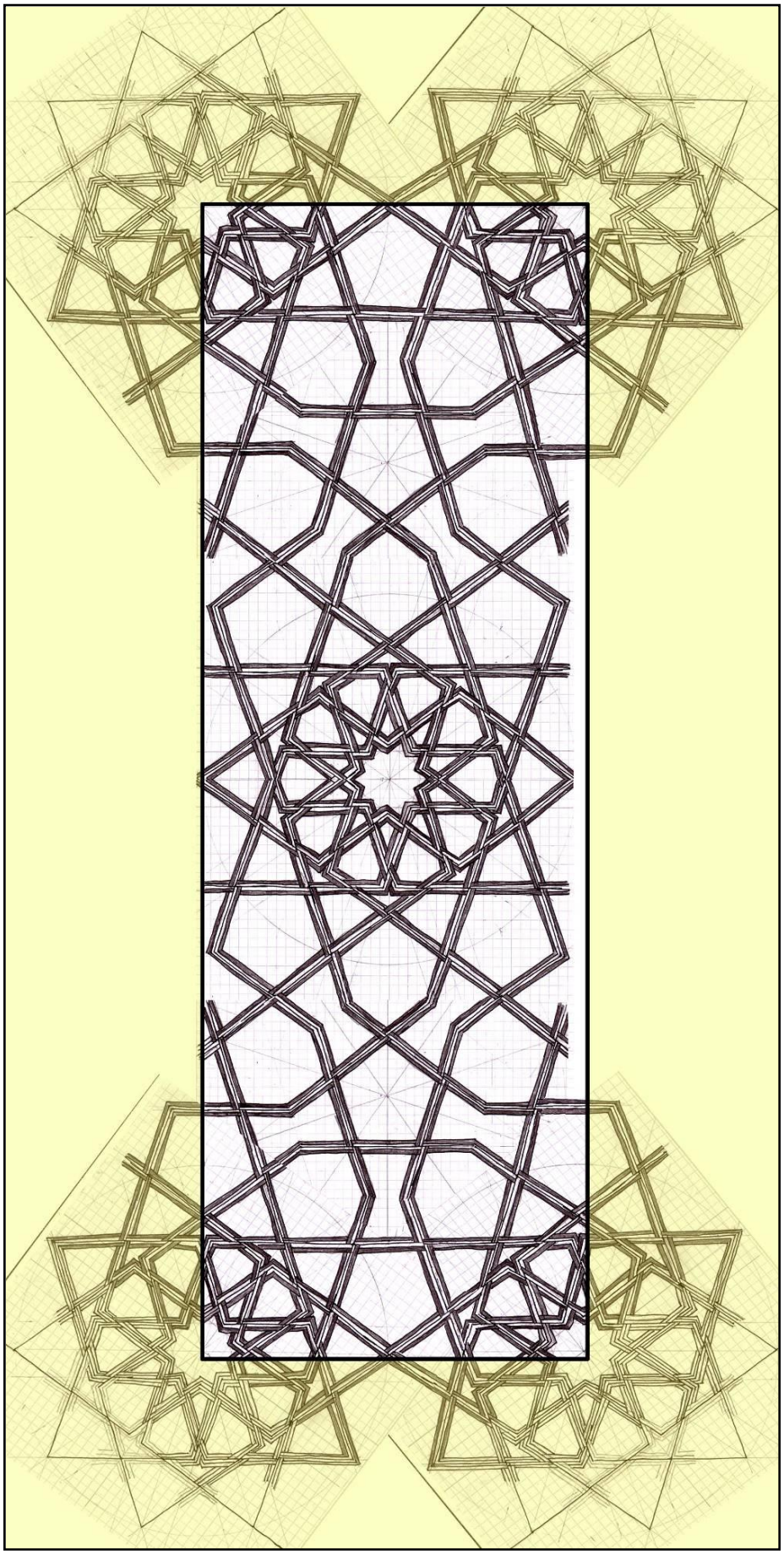






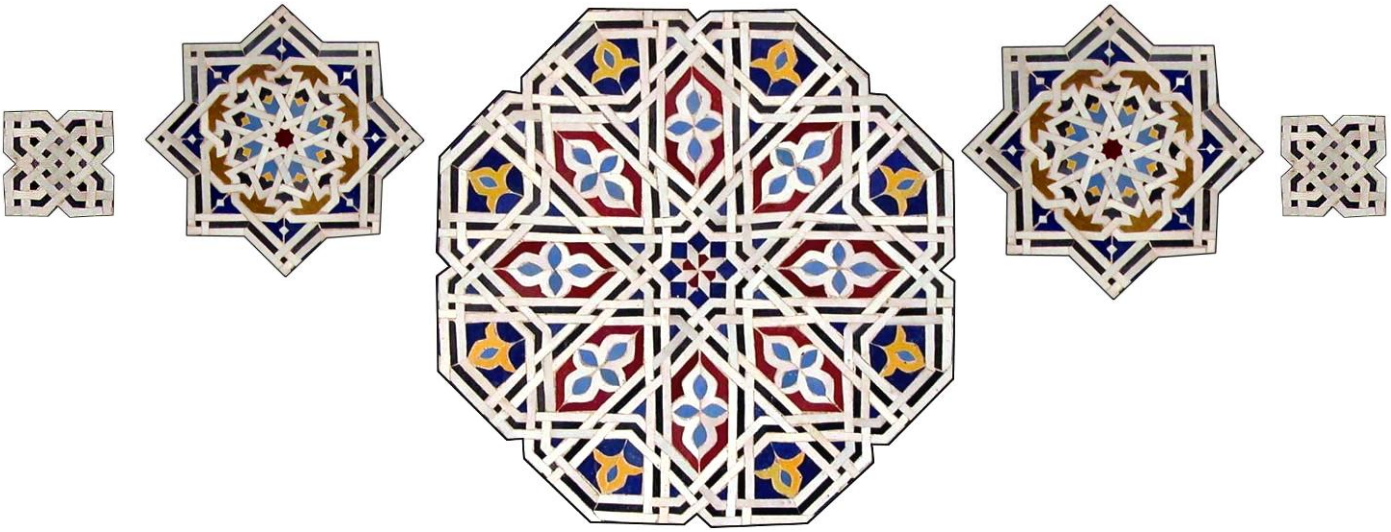


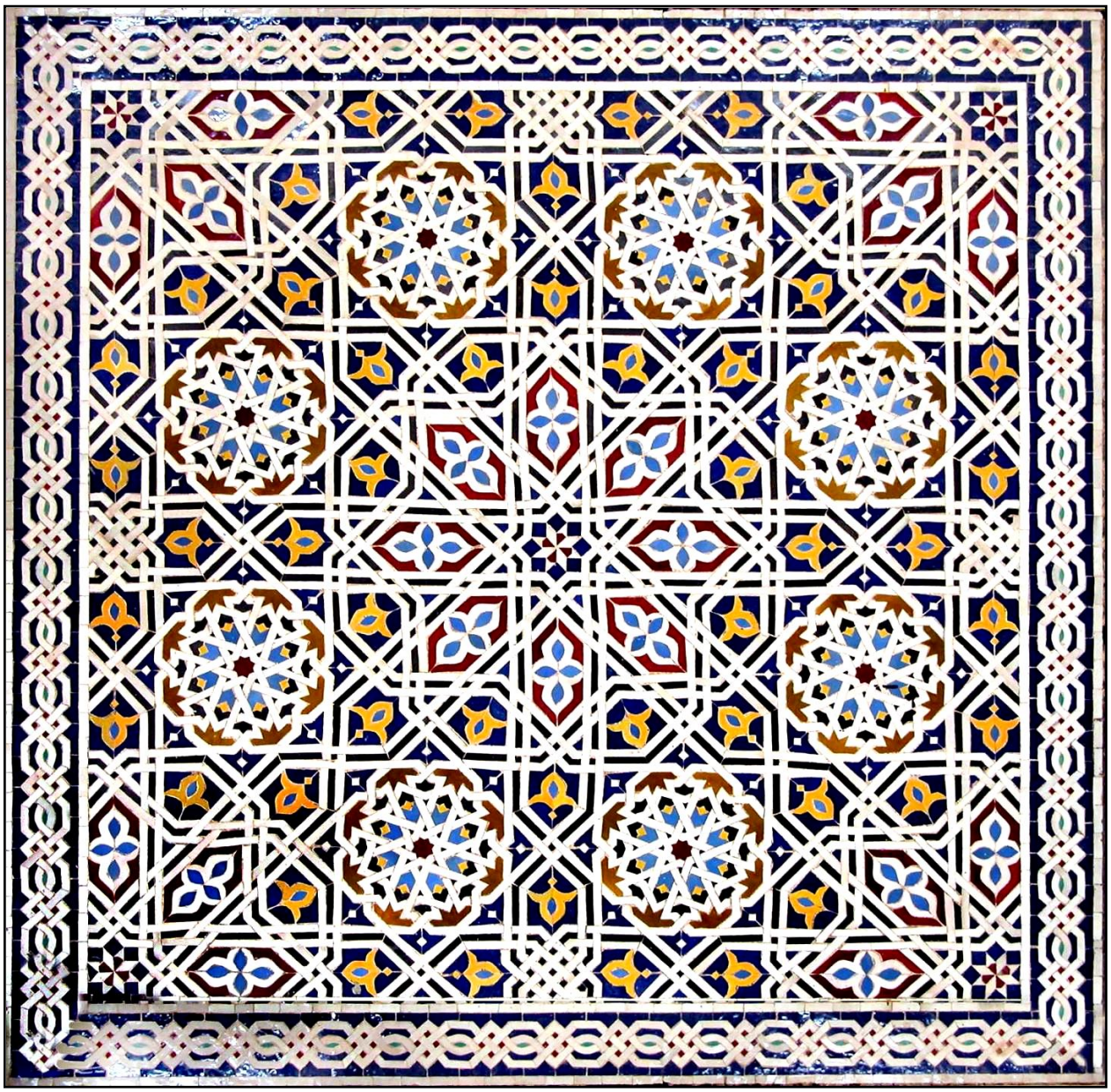
Incrustations de nacre et entrelacs multiples en bois dans cette porte de la Muradeye de Bursa.



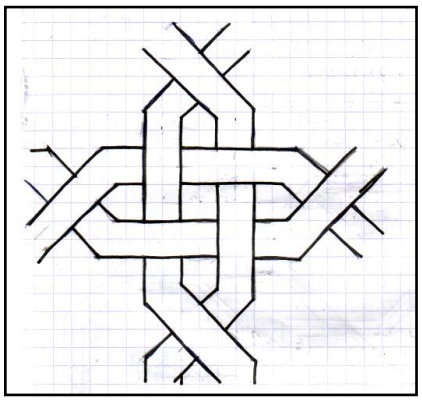


Mosquée Hassan II ; salle des ablutions.





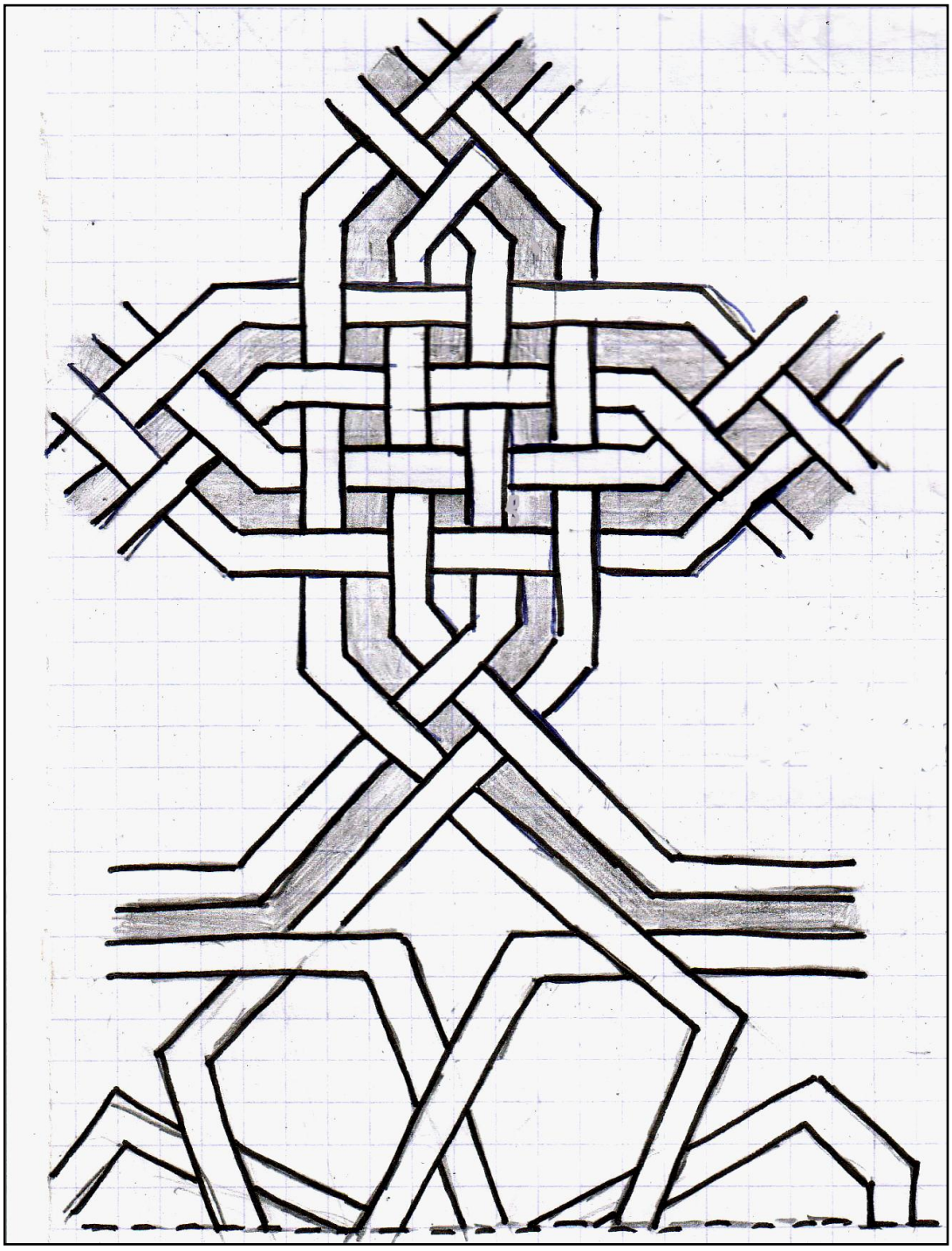
Centre artisanal de Rabat.

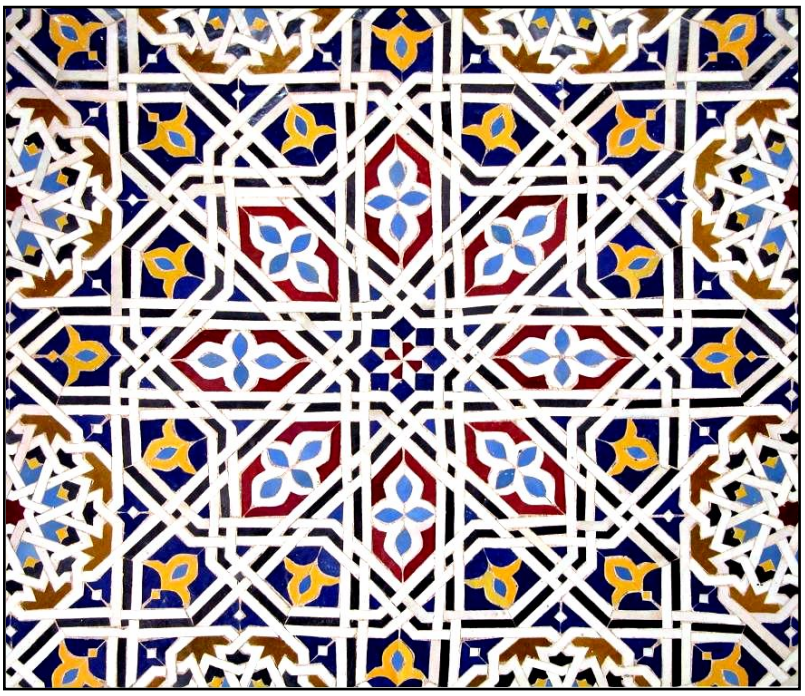


Les deux dessins sont à la même échelle :

- Dans le dessin ci-contre, les valeurs m = 7 , e = 2 et pour E une valeur supérieure à 1 ont été choisies

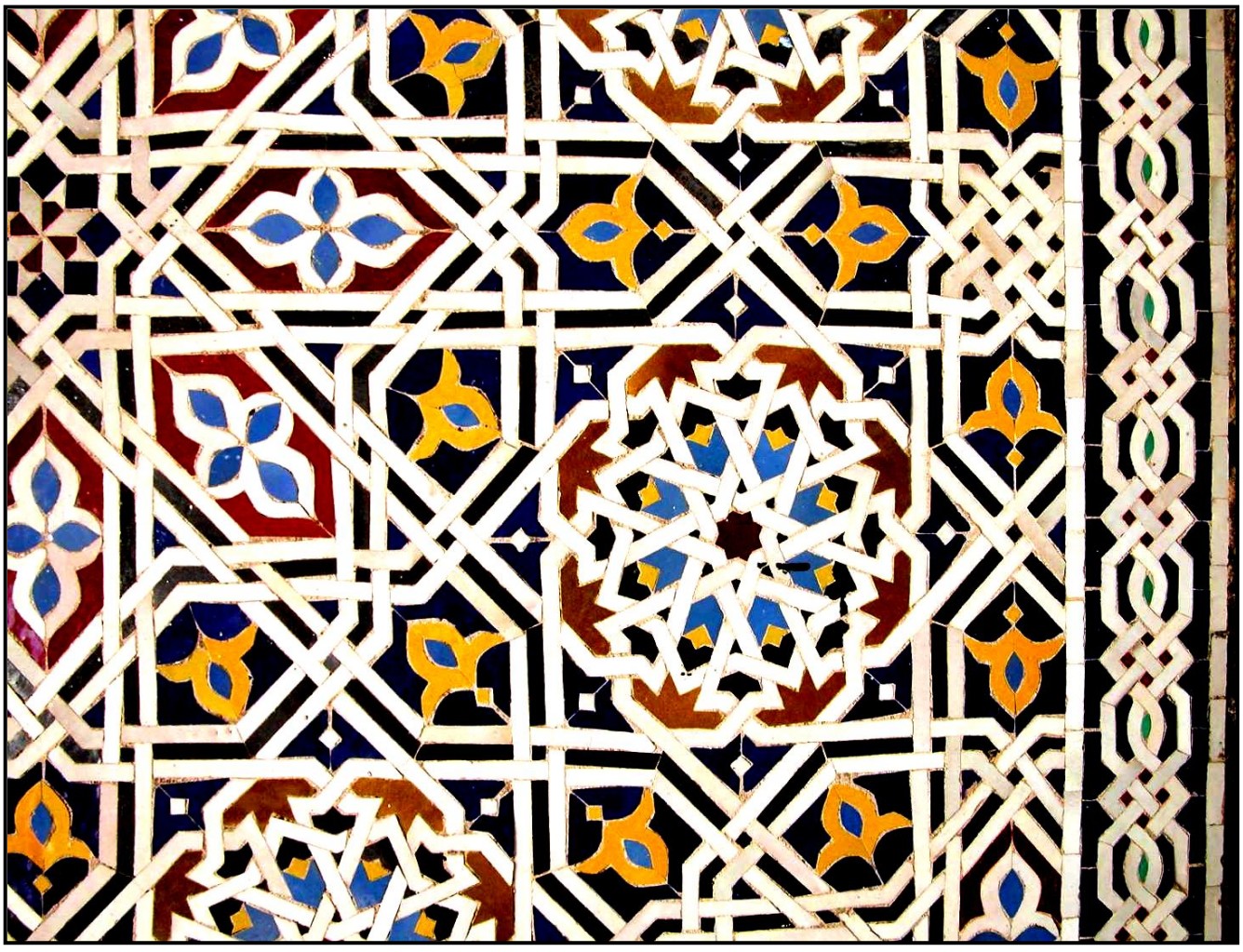
- Dans celui de dessous m = 7 e = 2 et E = 1,5 cette mesure à été choisie de façon à rendre réguliers les petits carrés intérieurs. La valeur E = 1,5 est trop grande pour permettre la construction d'une étoile à huit, elle a donc été tracée en dégageant un seul des entrelacs sur les trois.

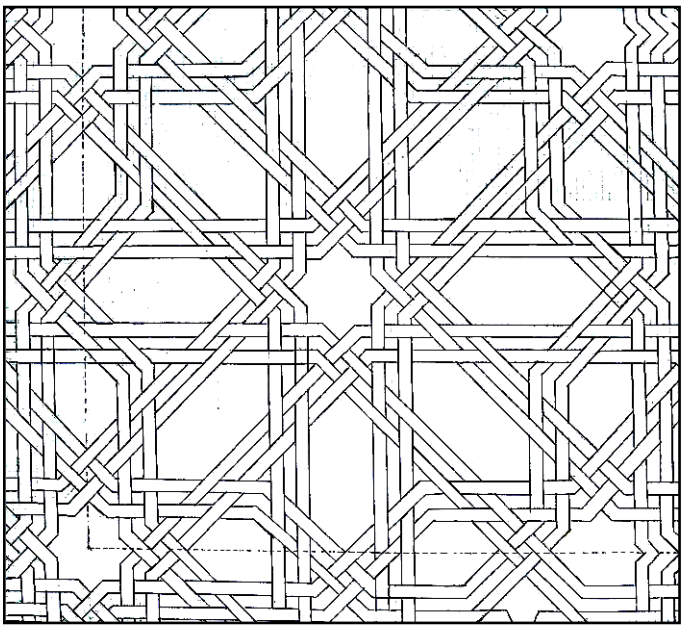


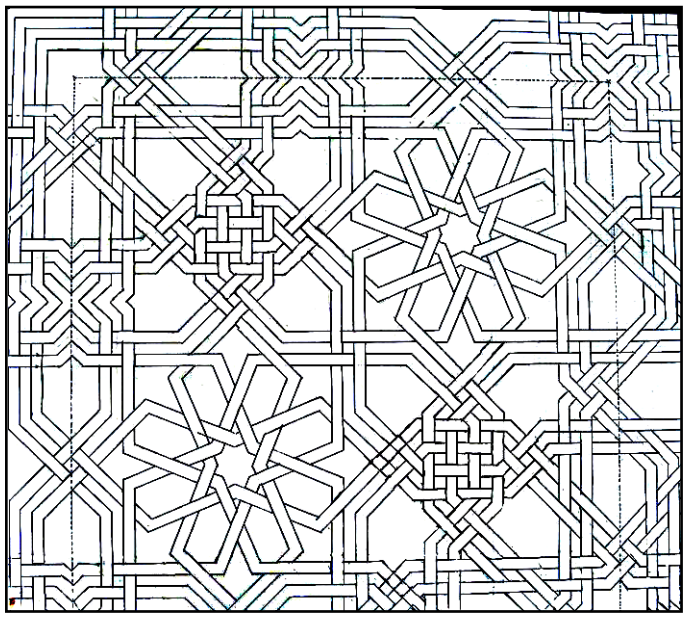


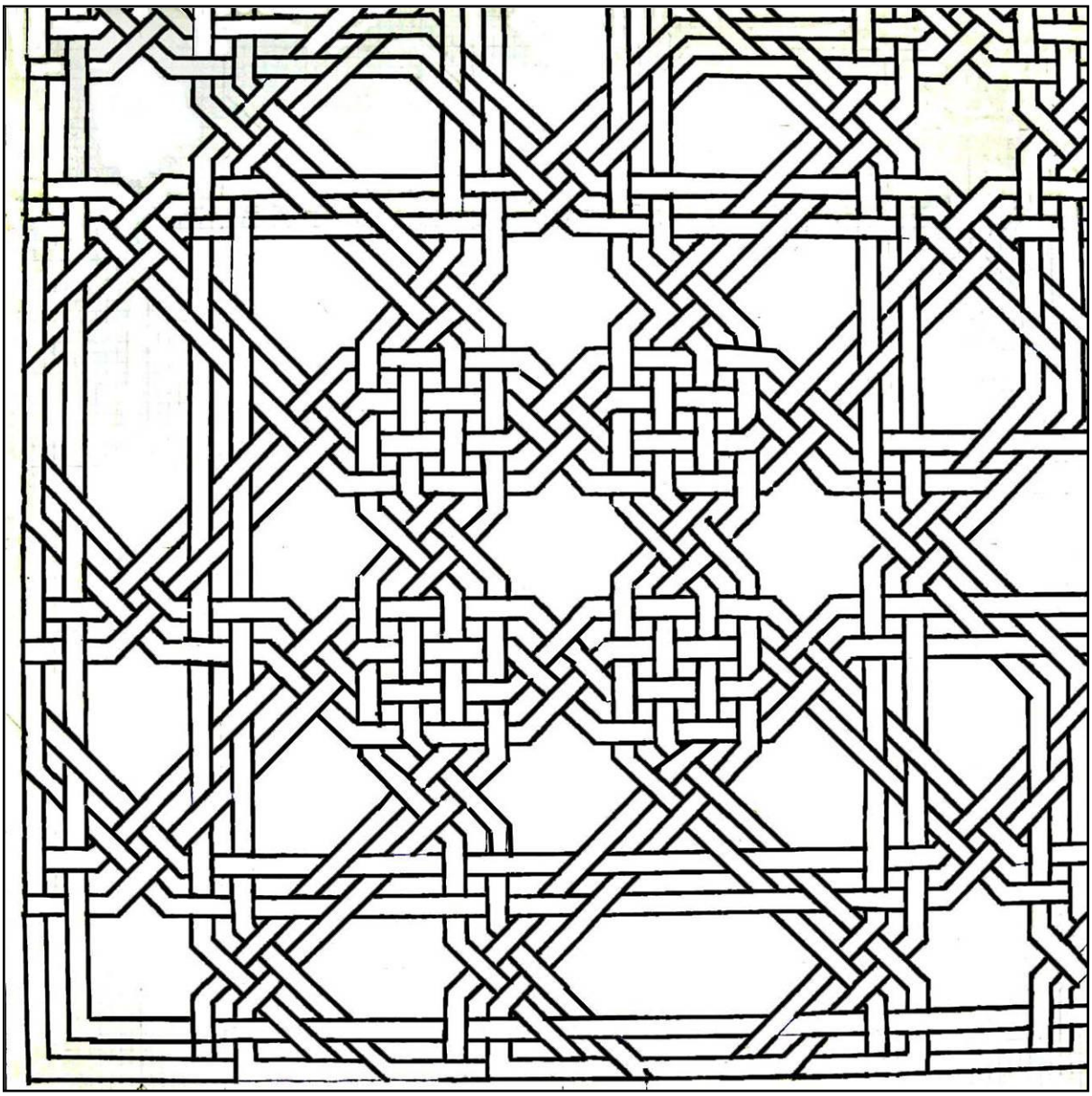


Détails de certains éléments remarquables du panneau.



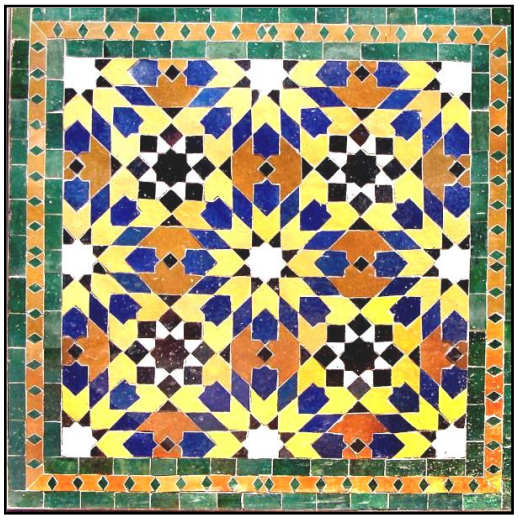




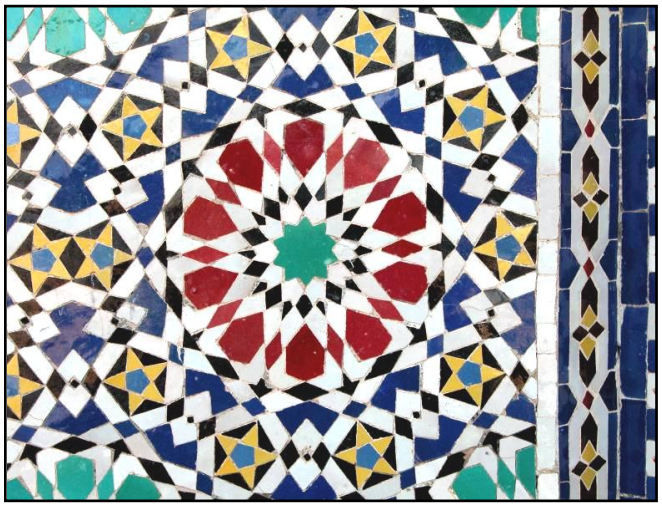


Entrelacs cassés

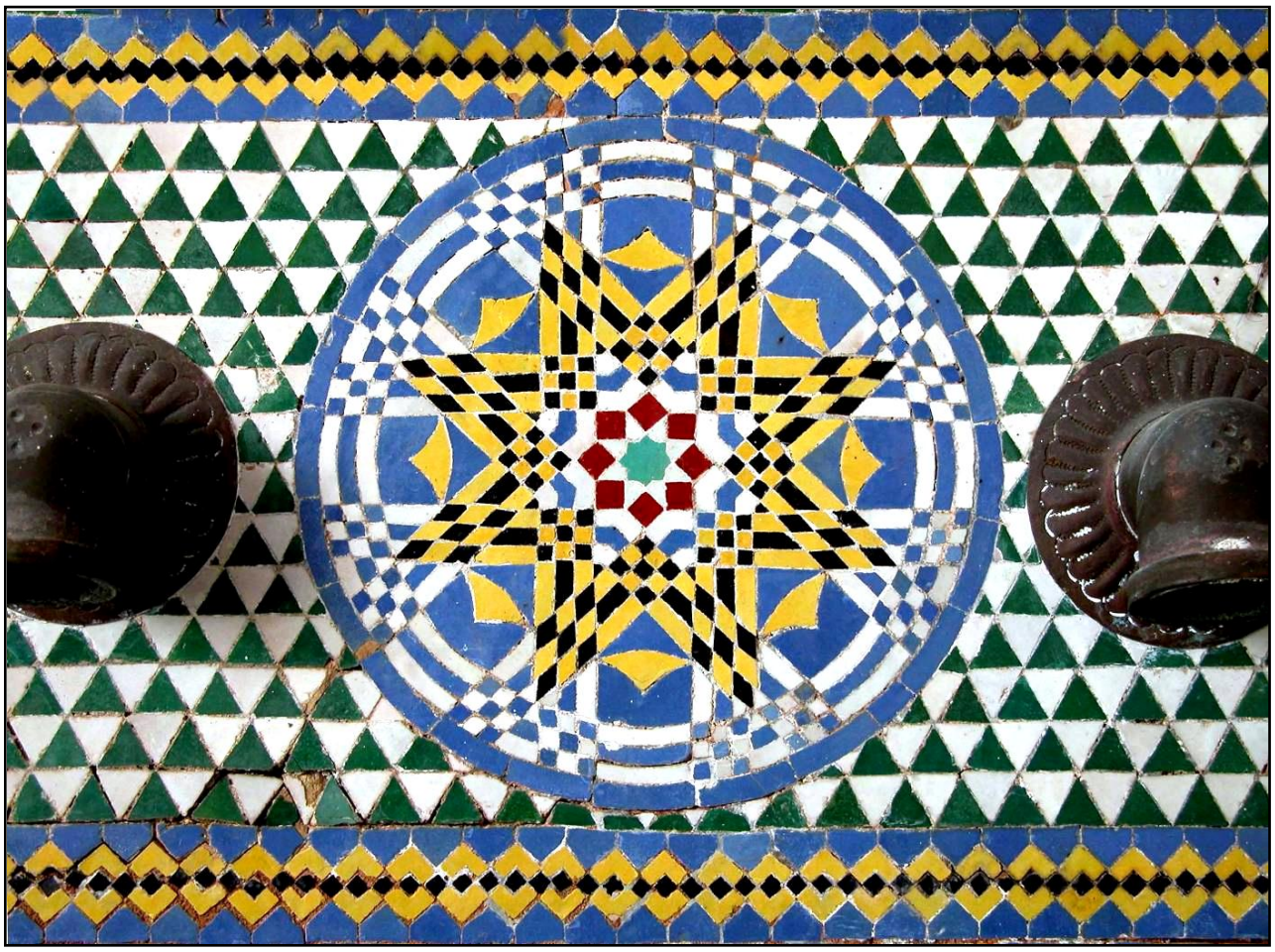
La largeur de bande est choisie afin que l'intersection des entrelacs forme de nouvelles pièces.



Travail Artisanal dans la médina de Fès.

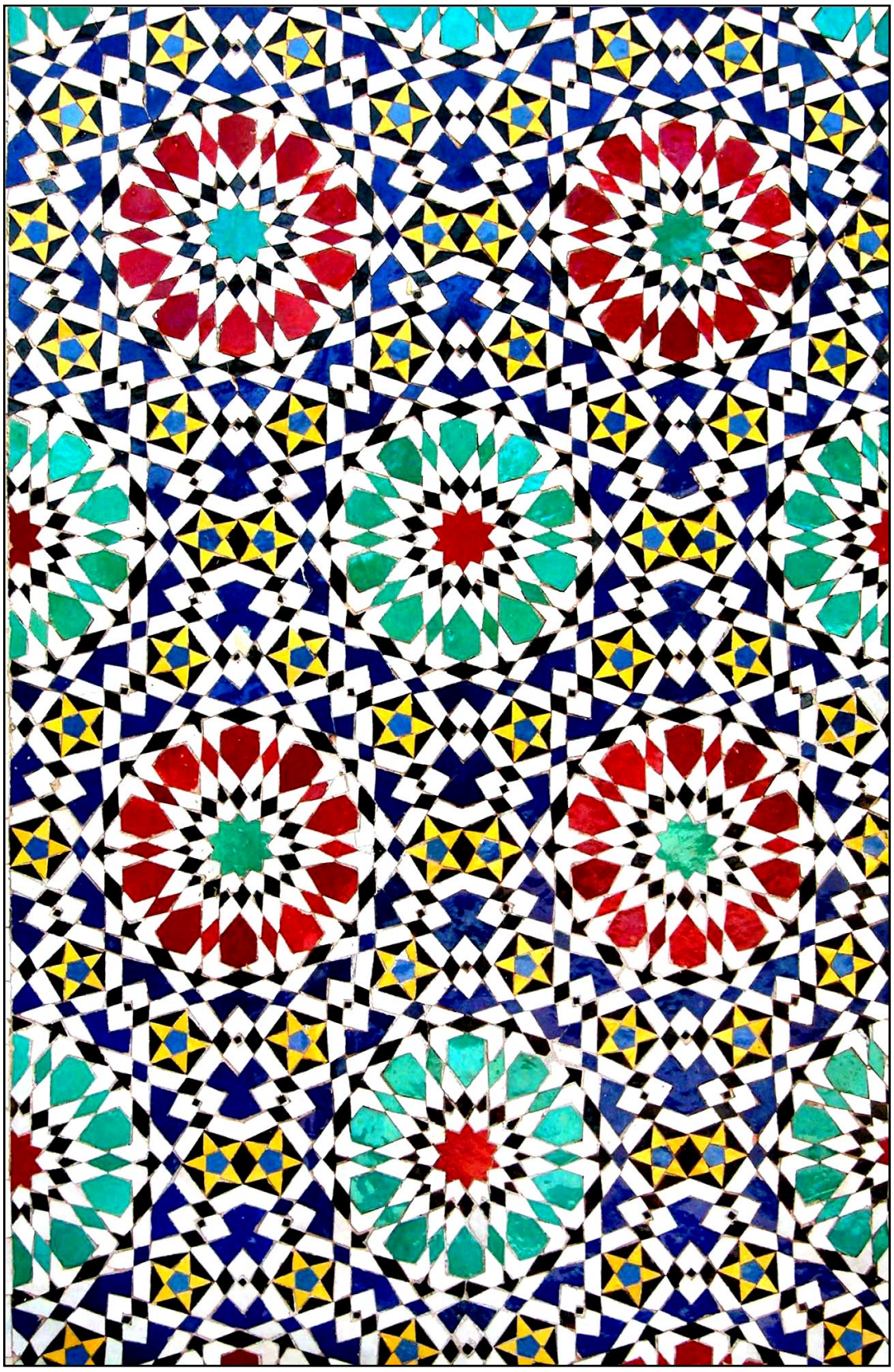


Porte du Palais royal à Fès.

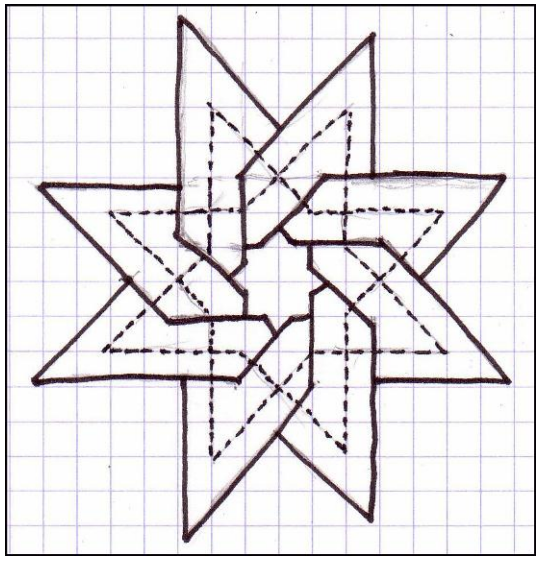


Centre artisanal de Rabat : petite rosace avec entrelacs cassés.

RETOUR



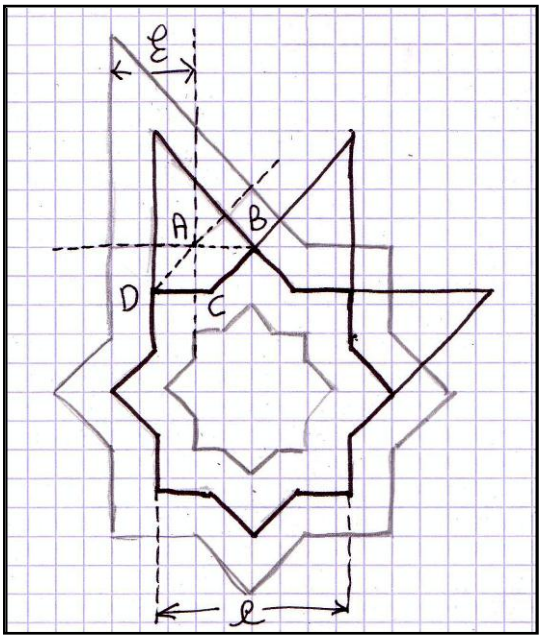
Porte du palais royal de Fès.



Afin d'équilibrer le motif, la largeur de l'entrelacs est choisie pour que certaines petites pièces disparaissent. En particulier, les rayons du sceau.

Relation entre la largeur de l'entrelacs cassé $\mathfrak{E}$ et la largeur de bande **e** utilisée pour construire le sceau.

E est la mesure de l'entrelacs **normal** étudié précédemment.



ABCD est un losange

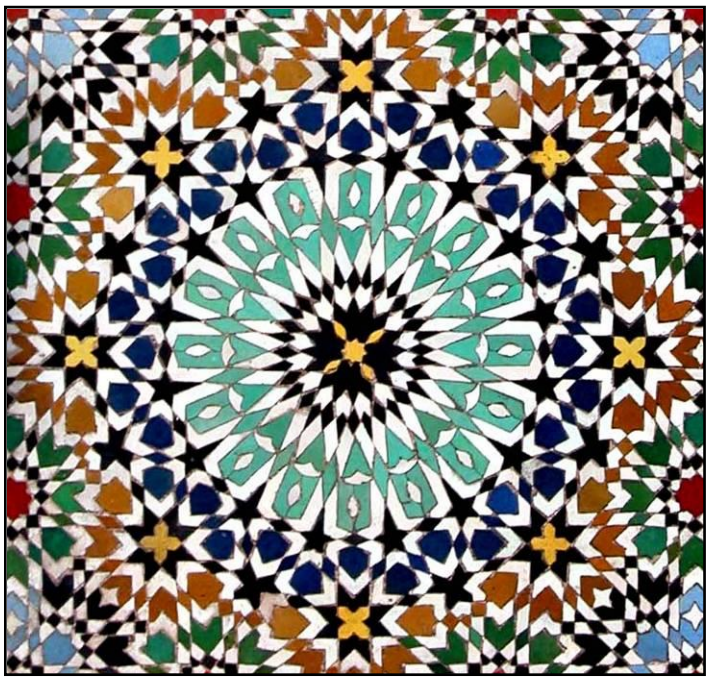
$AD = BC = DC = E = e \times \frac{2-\sqrt{2}}{2}$

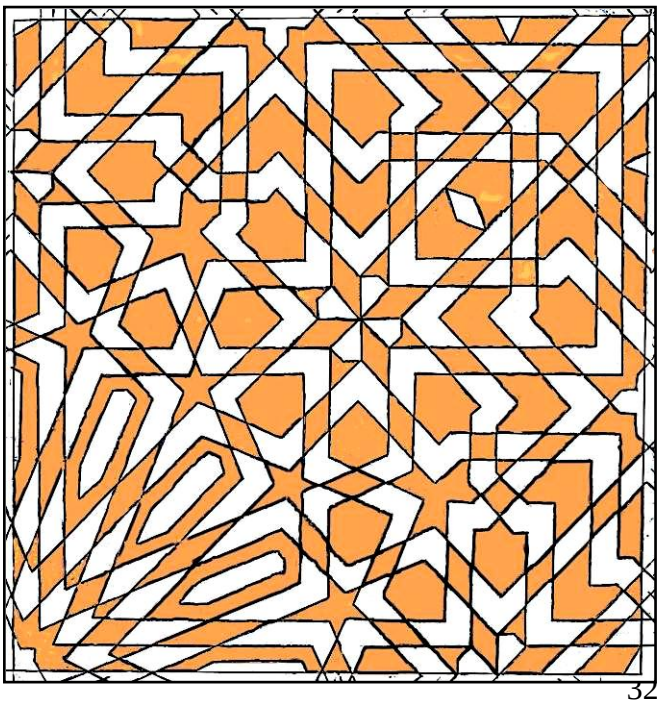
$\mathfrak{E}$ est la mesure cherchée.

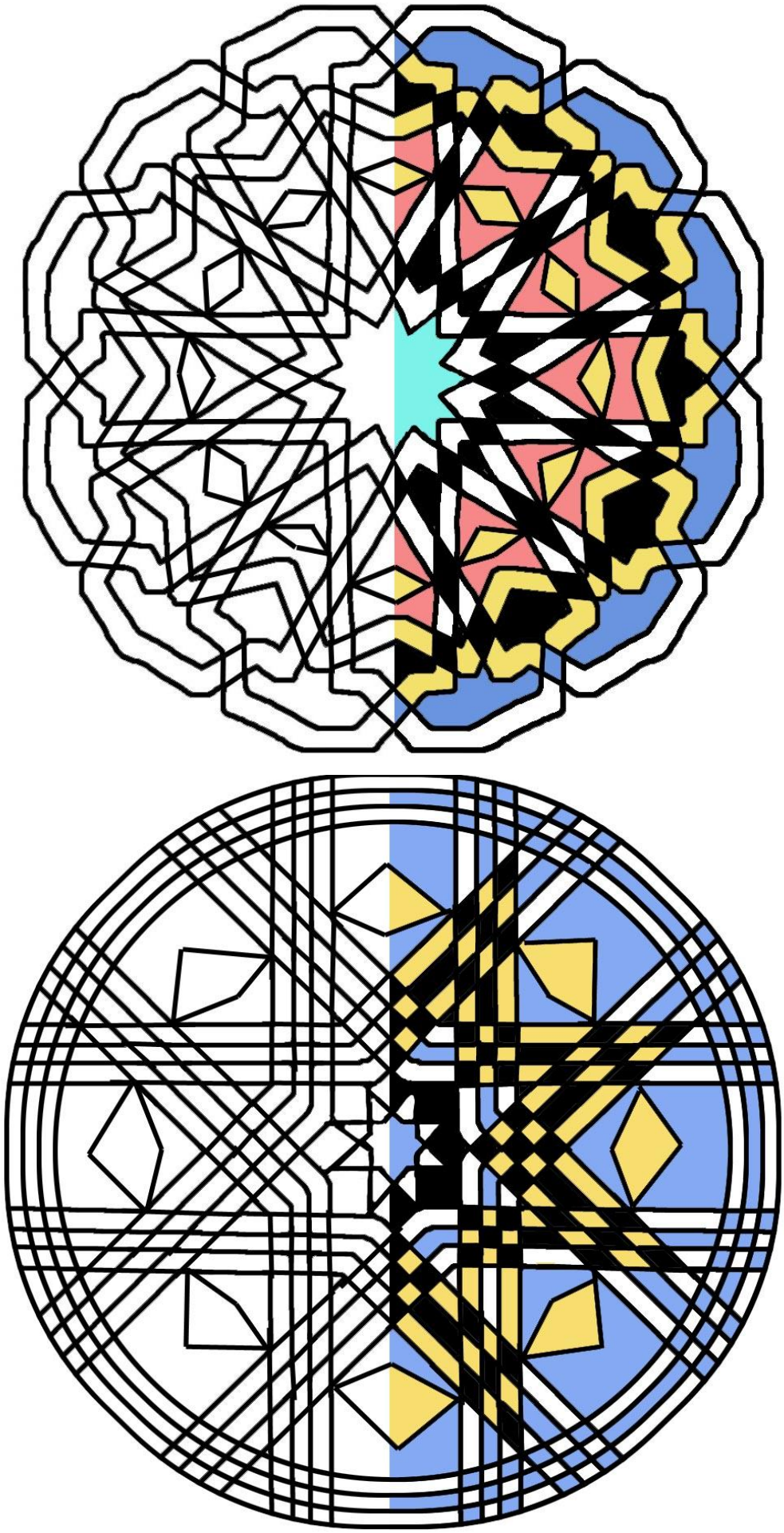
$\frac{\mathfrak{E}\sqrt{2}}{2} = AD$ donc

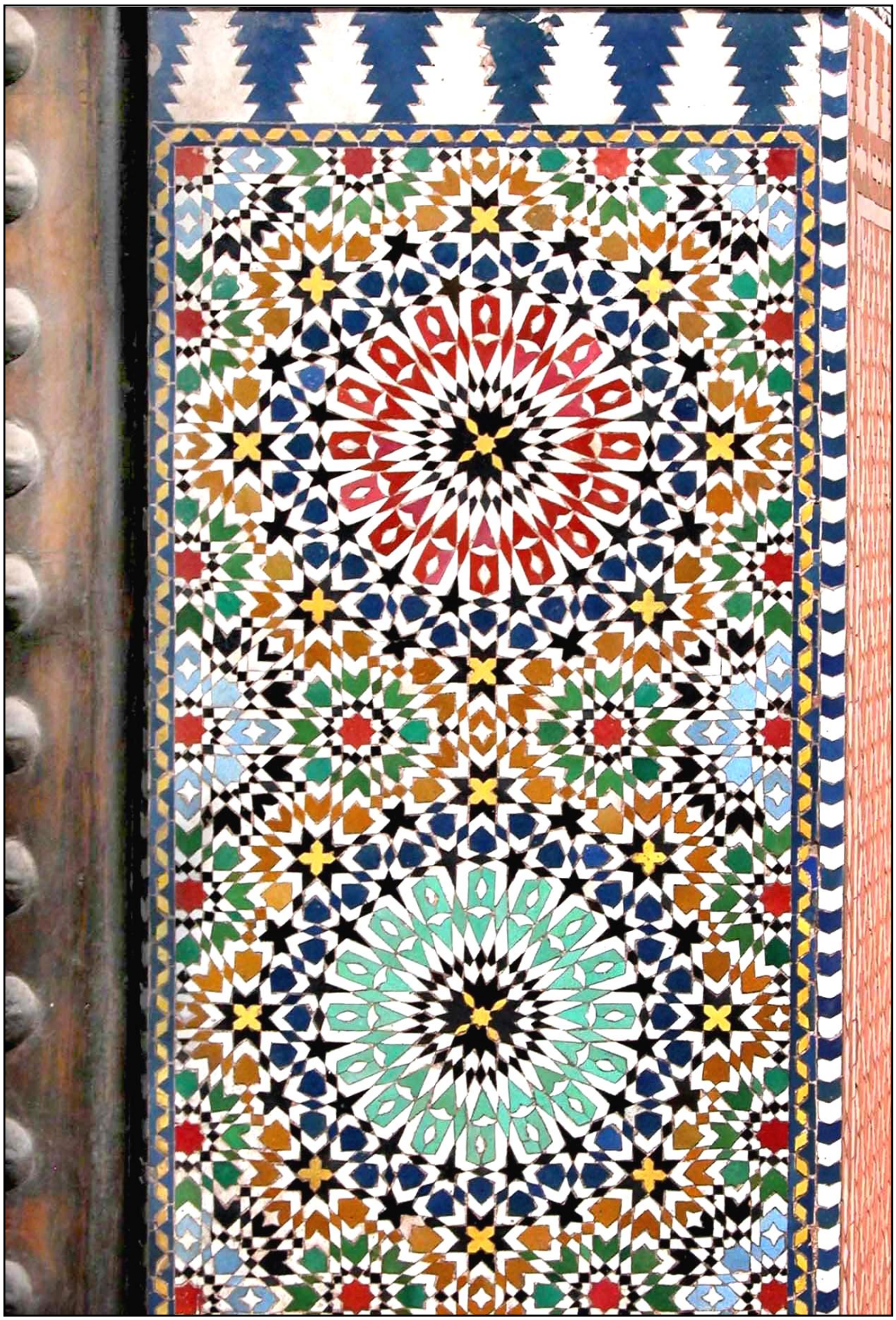
$\frac{2-\sqrt{2}}{2} \times e = \frac{\mathfrak{E}}{2} \times \sqrt{2}$ ou $\mathfrak{E} = e(\sqrt{2}-1)$

$\mathfrak{E} = e \cdot 0,414$



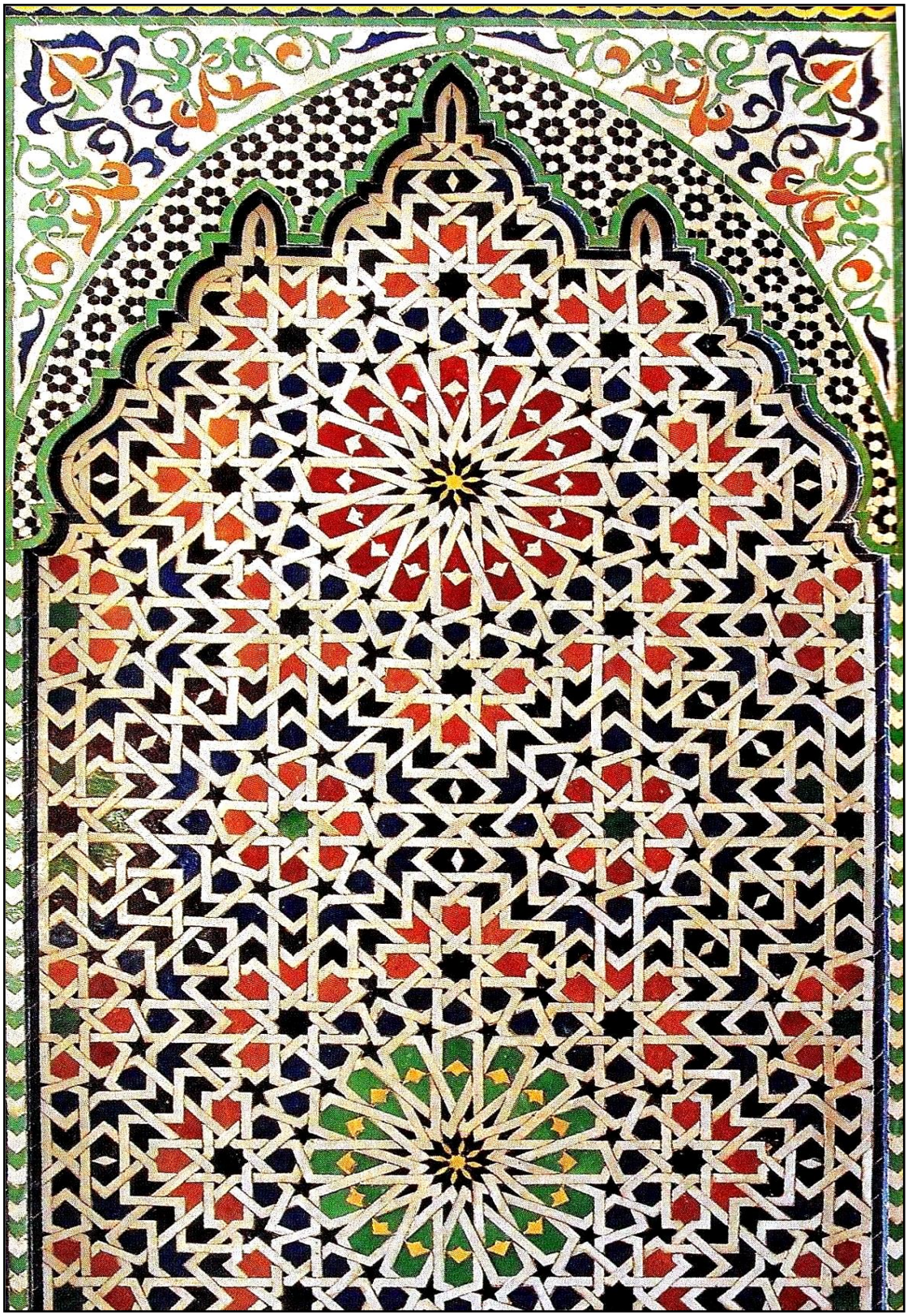






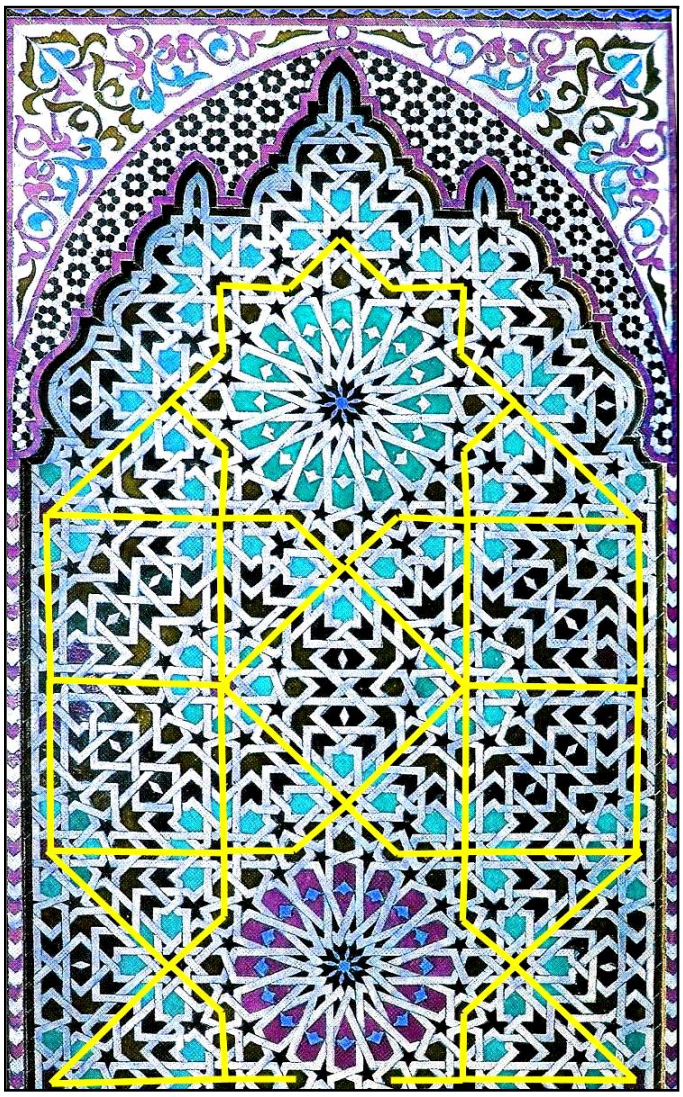
Marrakech, centre artisanal.

Cas d’un squelette caché :



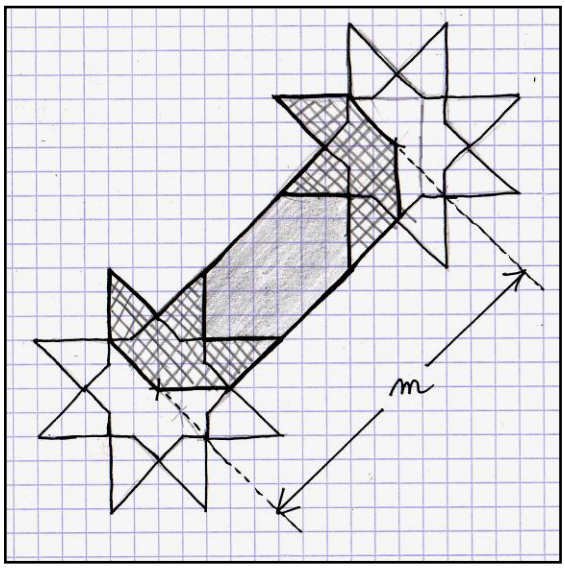
Kasbah de Télouet, Maroc

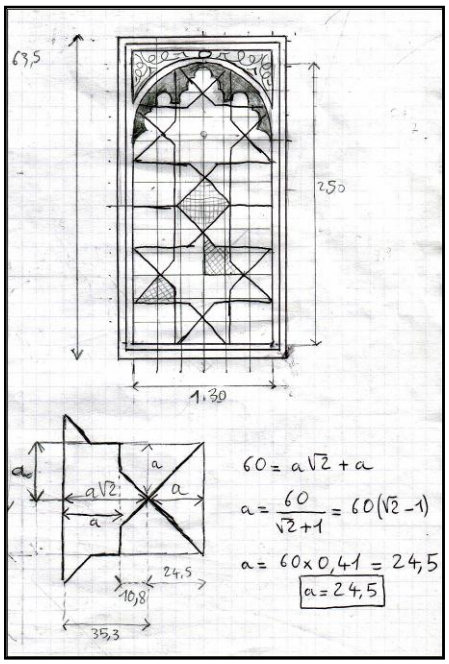
RETOUR

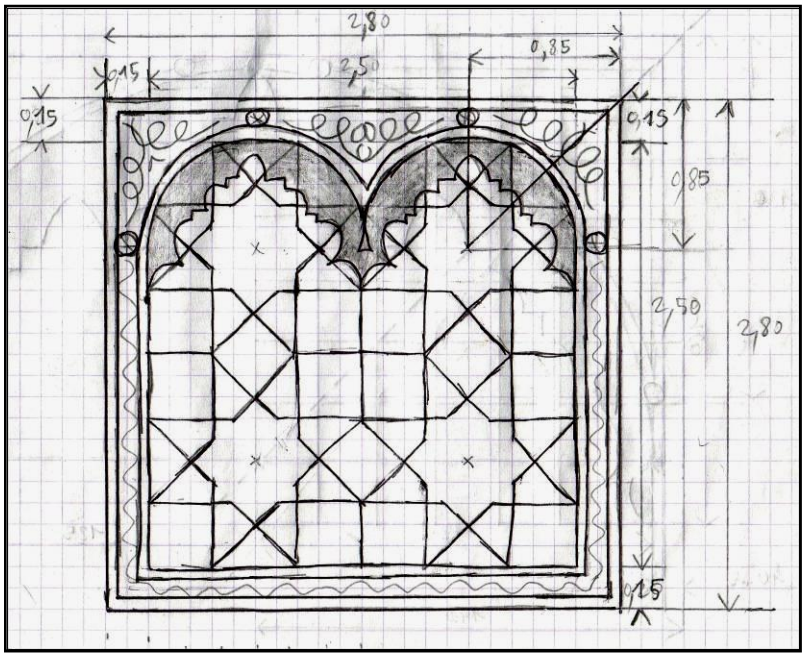


L'exemple ci contre n'a pas de squelette classique fait d'une succession de safts et de sceaux. Par contre :

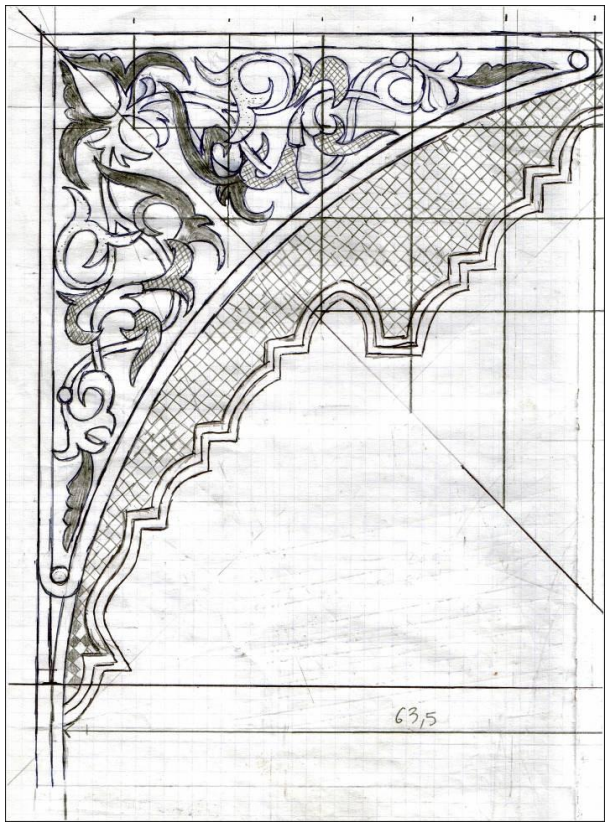
- Un autre type de découpage permet de limiter la construction à trois parties.
- L'utilisation de la méthode de construction est possible car il existe une maille cachée qui permet de calculer la largeur de la bande.

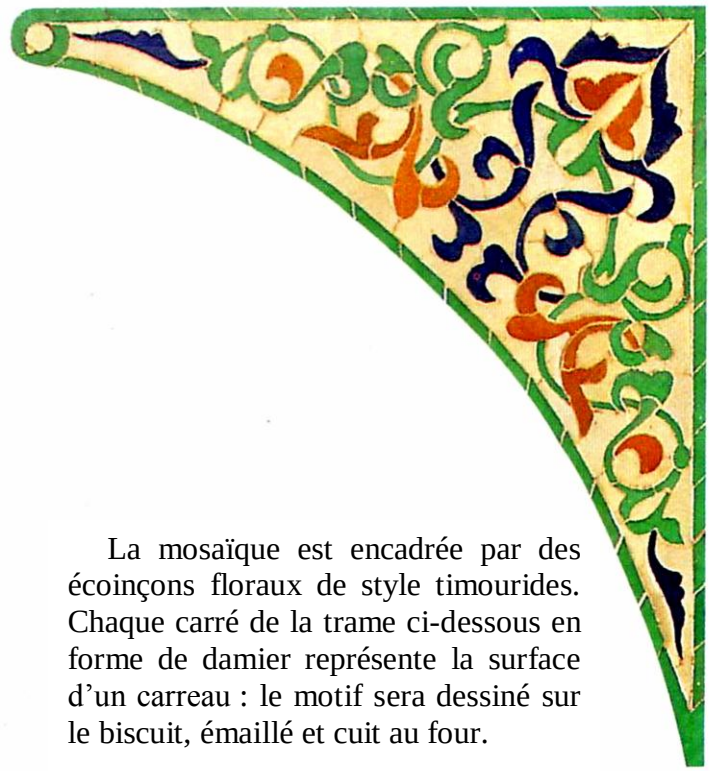




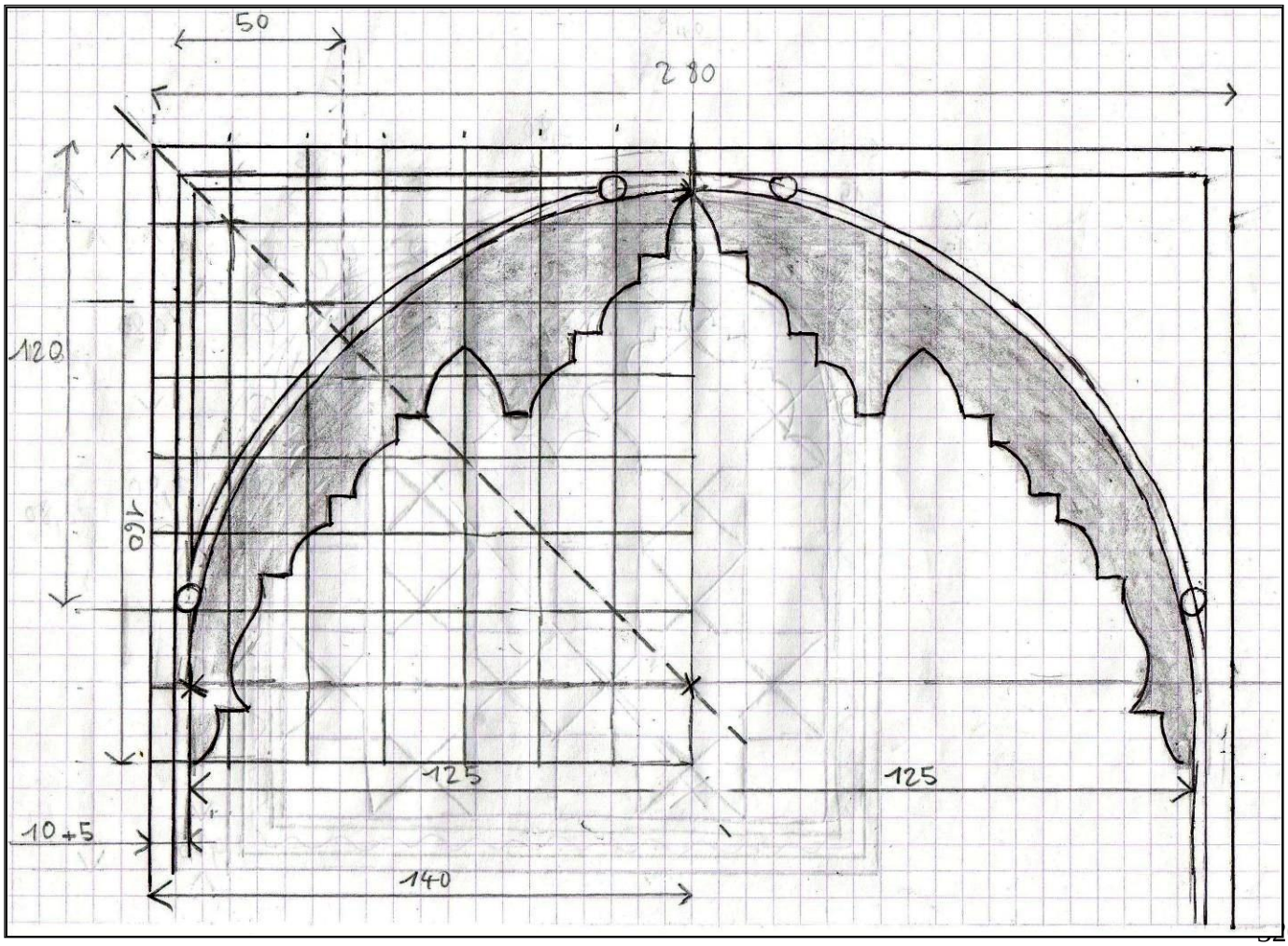


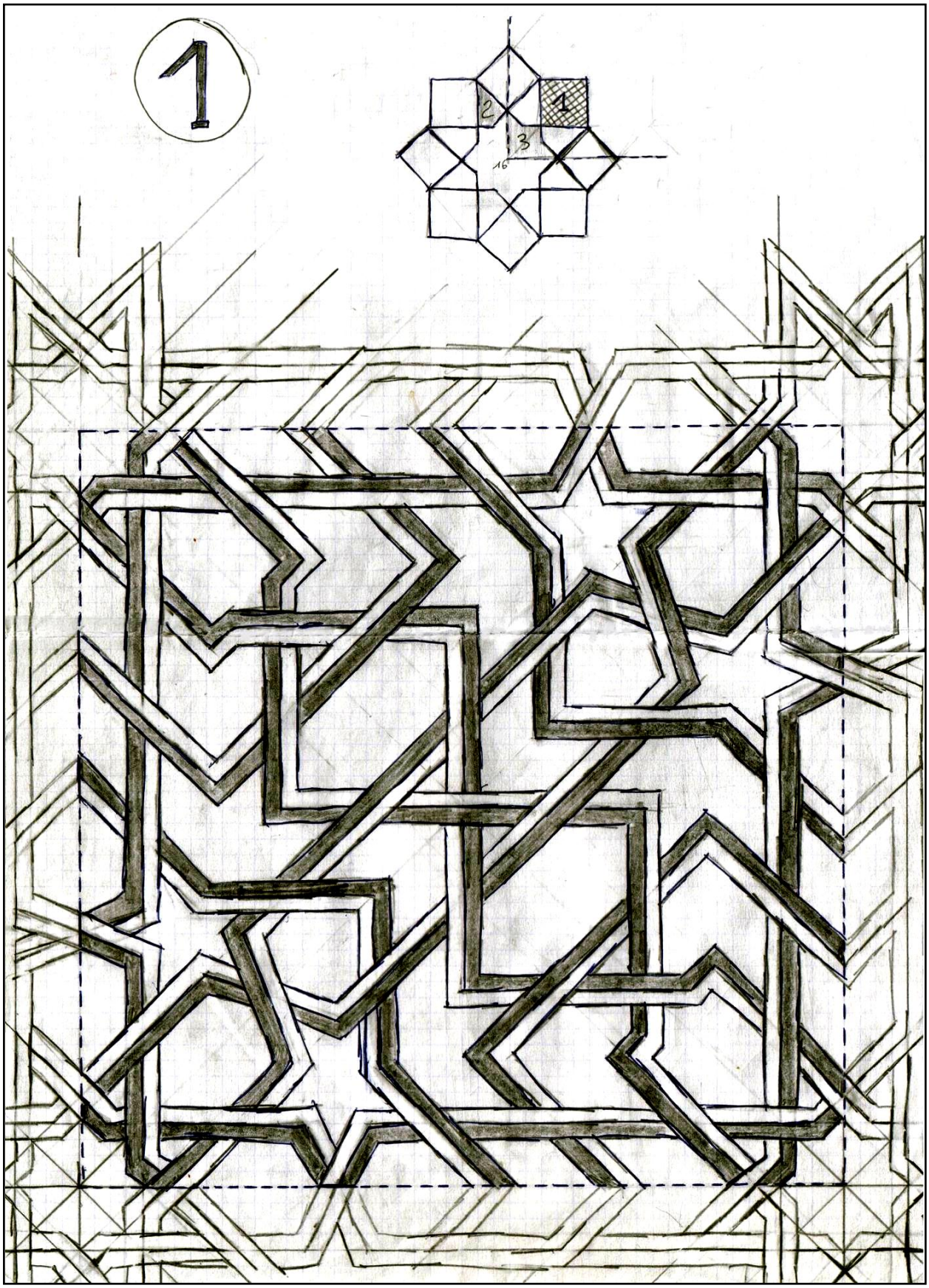
Ce pseudo-squelette peut se placer dans n'importe quelle surface.



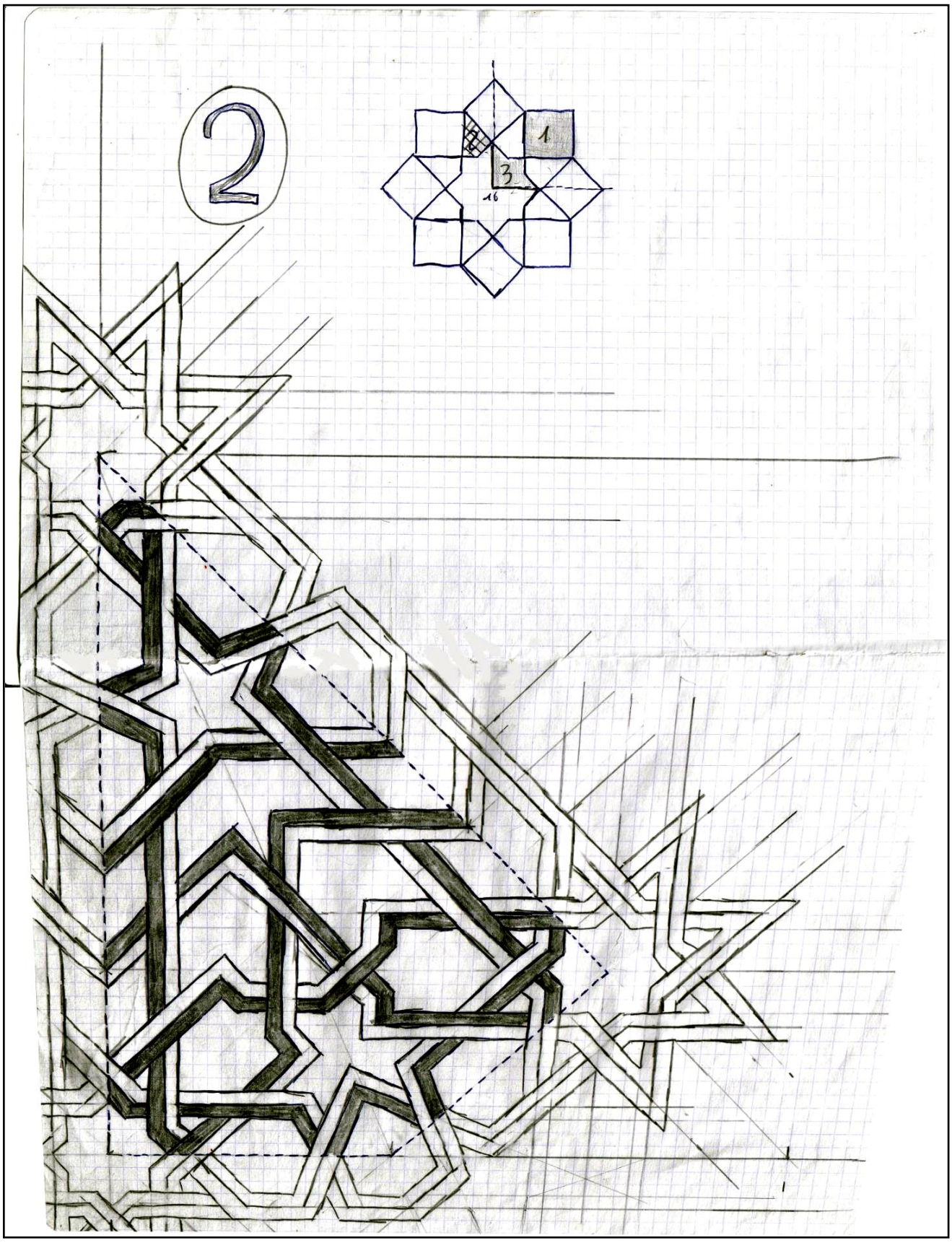


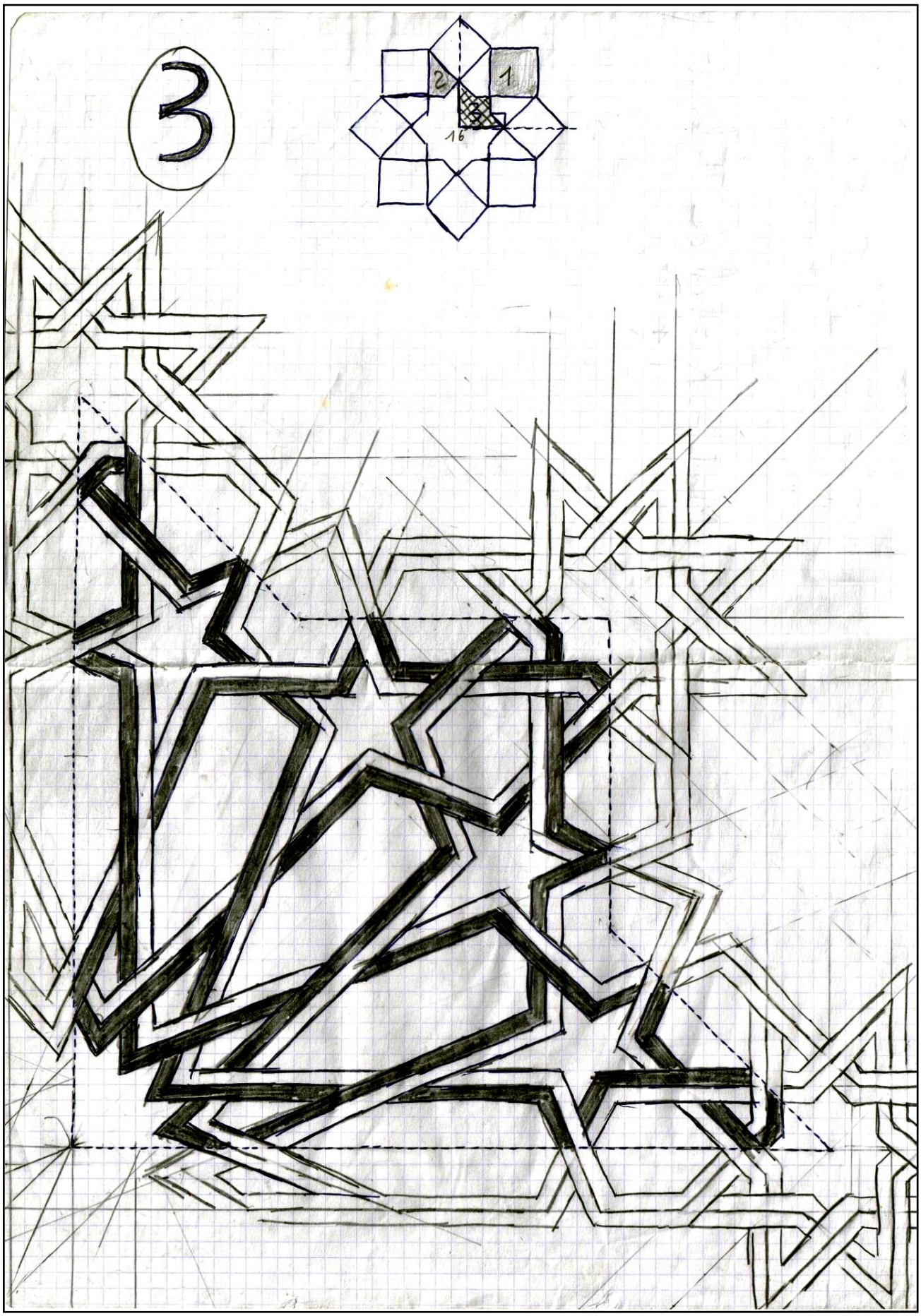
La mosaïque est encadrée par des écoinçons floraux de style timourides. Chaque carré de la trame ci-dessous en forme de damier représente la surface d'un carreau : le motif sera dessiné sur le biscuit, émaillé et cuit au four.

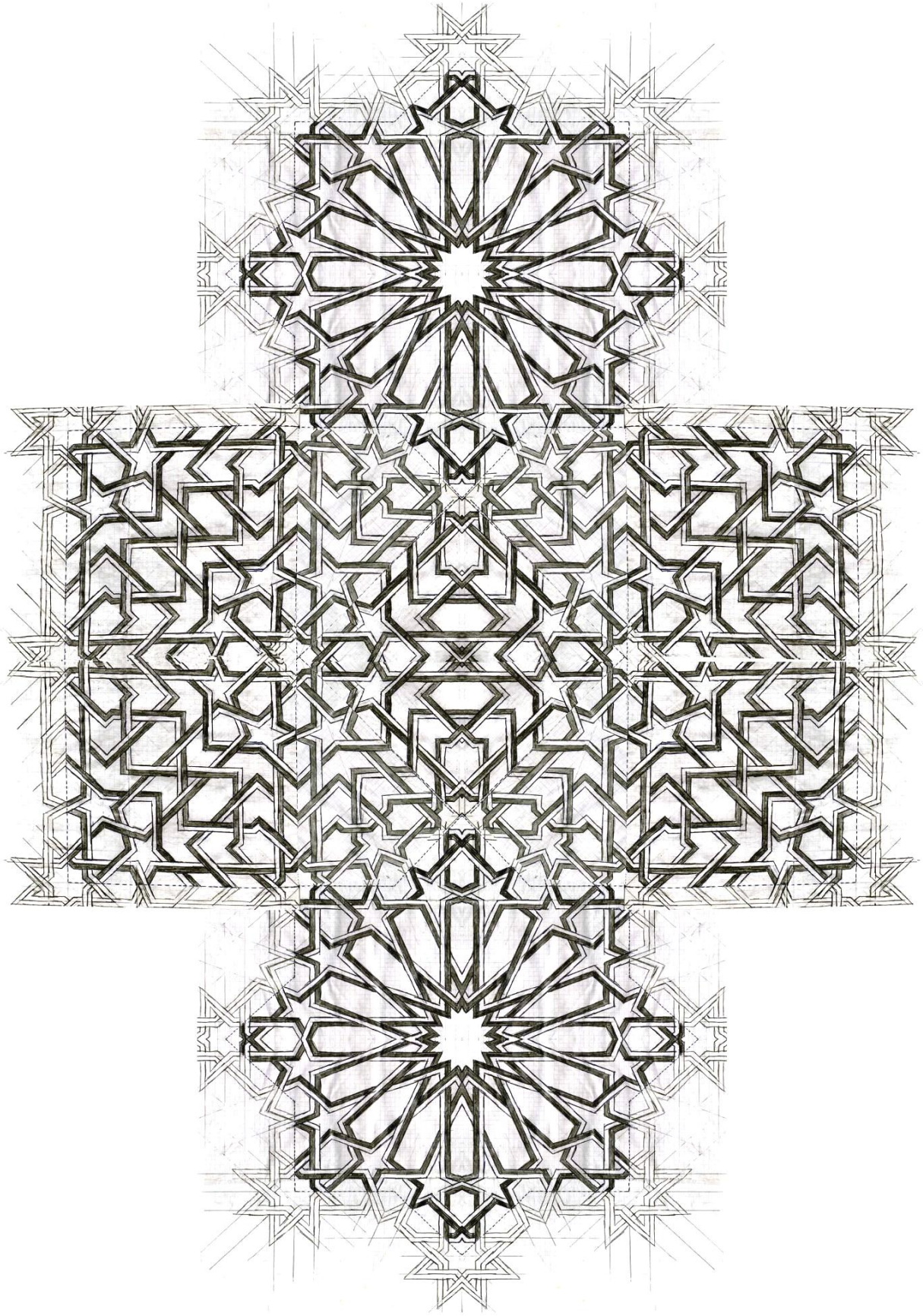




Dessin permettant la confection des gabarits. **m = 14** donc **e = 4**


2
1
3
16


3
2
1
3
16



Agencement des trois modules.

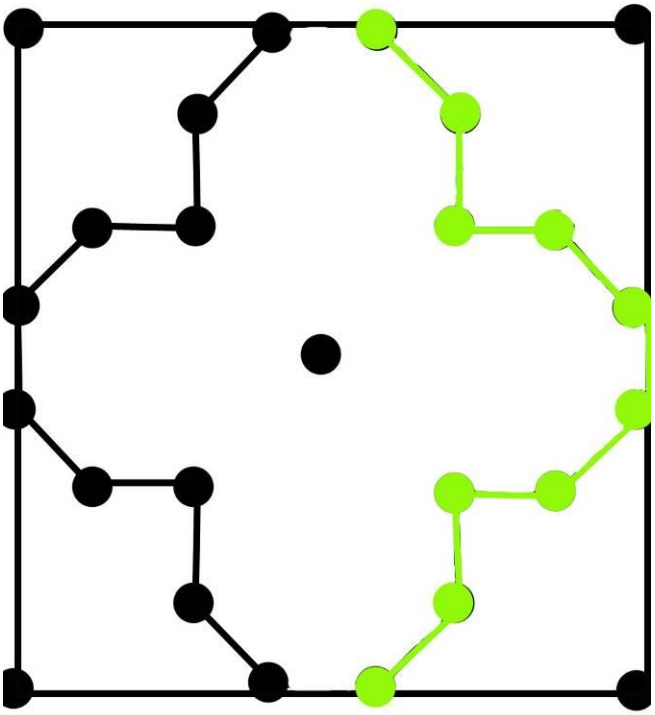
Cadrage d'une mosaïque :

Mosaïque sans entrelacs :

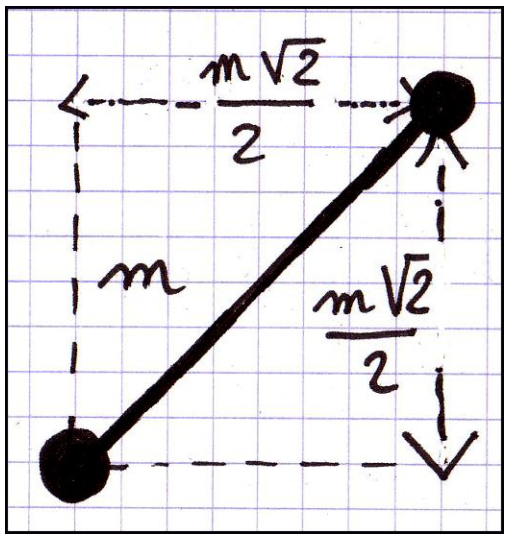
Il peut être intéressant de pouvoir placer un ensemble modulaire convergent dans un cadre défini par sa hauteur.

Recherche de la maille **m**, de la largeur de bande **e**, et des éléments modulaires nécessaires à la construction :





Exemple : le motif sera placé dans un cadre de 120 cm de hauteur. Les mailles remarquables de son squelette sont obliques ou verticales. La route **en vert** sur le squelette indique le cheminement à suivre pour compter le nombre de mailles obliques **x**, et de mailles verticales **y**.



H est la hauteur de la mosaïque mesurée entre les deux centres de sceaux opposés situés sur la rivière.

L est la hauteur du cadre.

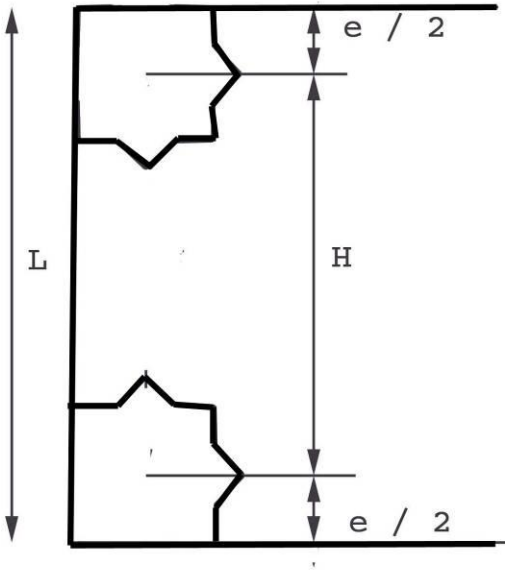
x est le nombre de mailles obliques.

y est le nombre de mailles verticales.

m est la maille

e est la largeur de la bande.

RETOUR



$$L = H + \frac{e}{2} + \frac{e}{2} \qquad L = H + e$$

$$L = \left(x \cdot \frac{m\sqrt{2}}{2} + y \cdot m\right) + m\left(\frac{2-\sqrt{2}}{2}\right)$$

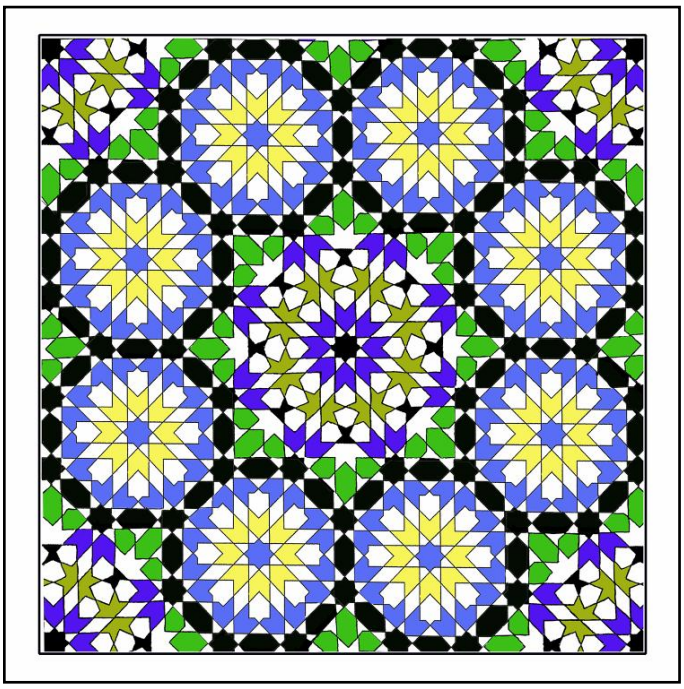
$$L = \frac{x\,m\sqrt{2}}{2} - \frac{m\sqrt{2}}{2} + ym + m$$

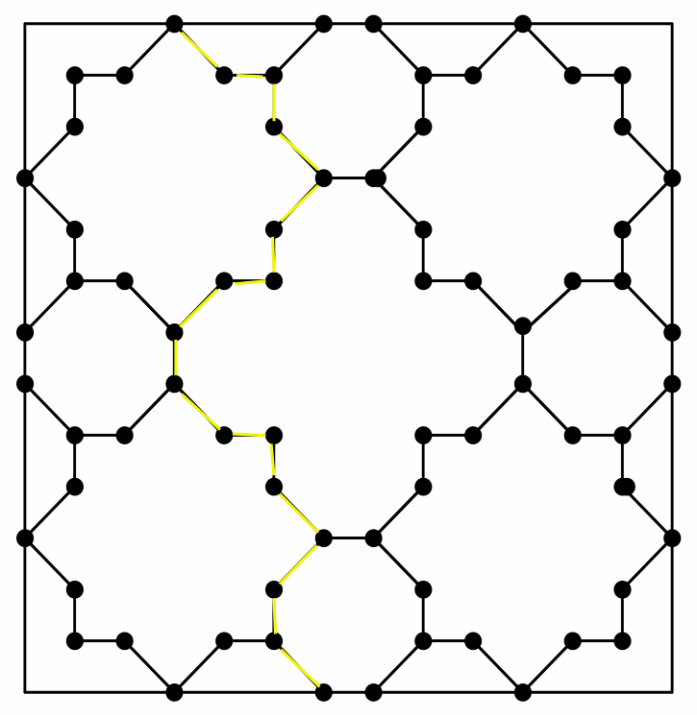
$$L = m\left(\frac{x\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) + m(y+1)$$

$$L = m\left(\frac{x\sqrt{2} + 2y + 2 - \sqrt{2}}{2}\right)$$

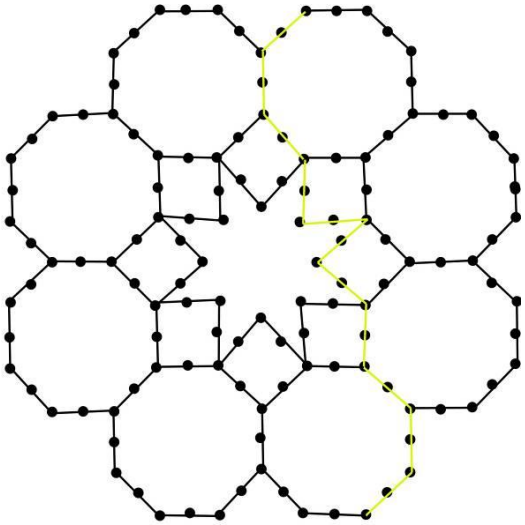
Donc $$\boxed{m = \frac{2L}{x\sqrt{2} + 2y + 2 - \sqrt{2}}}$$

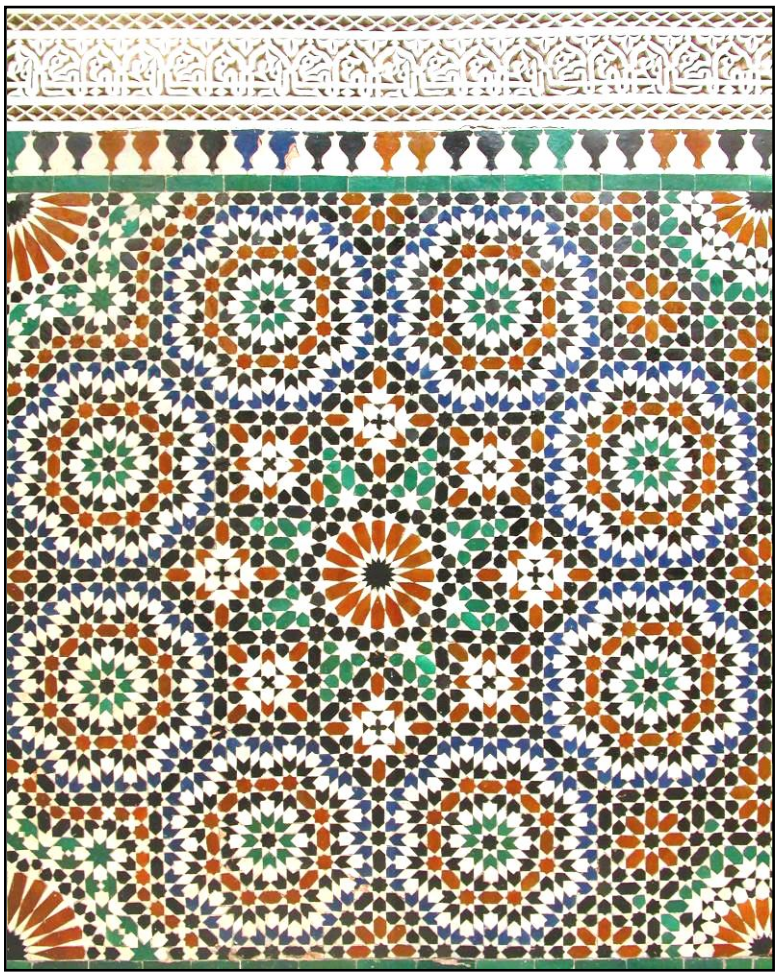
Connaissant la hauteur du cadre, les valeurs de **x** et de **y**, on calcule **m,** puis **e** pour construire le dessin dans le cadre donné. Dans le cas précédent **L = 120** **x = 4** **y = 3**
Alors **m = 19,2** et **e = 6,2**





Si **L = 140** , calculer (en jaune) : **x = 8** et **y = 5** ; donc **m = 12,8** et **e = 3,8**





Pour une hauteur **L** de 180 cm:

L = 180

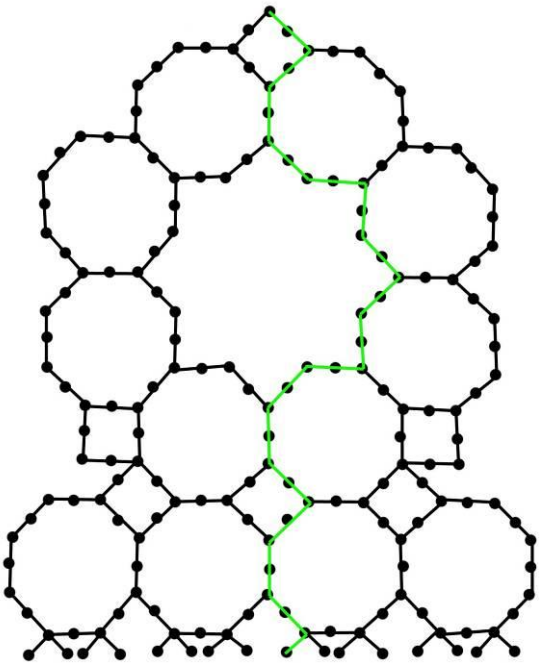
x = 12

y = 8 donc :

m = 10,7 cm et

e = 3,2 cm





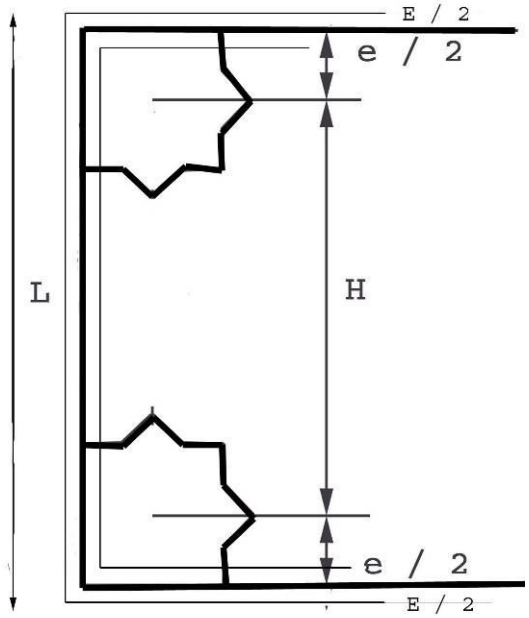
Pour L = 300 :

x = 19

y = 10 donc :

m = 12,6 et e = 3,4

Cadrage d'un motif avec entrelacs :



$$L = H + \frac{e}{2} + \frac{e}{2} + \frac{E}{2} + \frac{E}{2} \qquad L = H + e + E$$

$$H = x\,\frac{m\sqrt{2}}{2} + y\,m \qquad e = m\,\frac{2-\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{et } E = m\left(\frac{3\sqrt{2}-4}{4}\right)$$

$$\text{Donc } L = x\,\frac{m\sqrt{2}}{2} + ym + m\,\frac{2-\sqrt{2}}{2} + m\,\frac{3\sqrt{2}-4}{4}$$

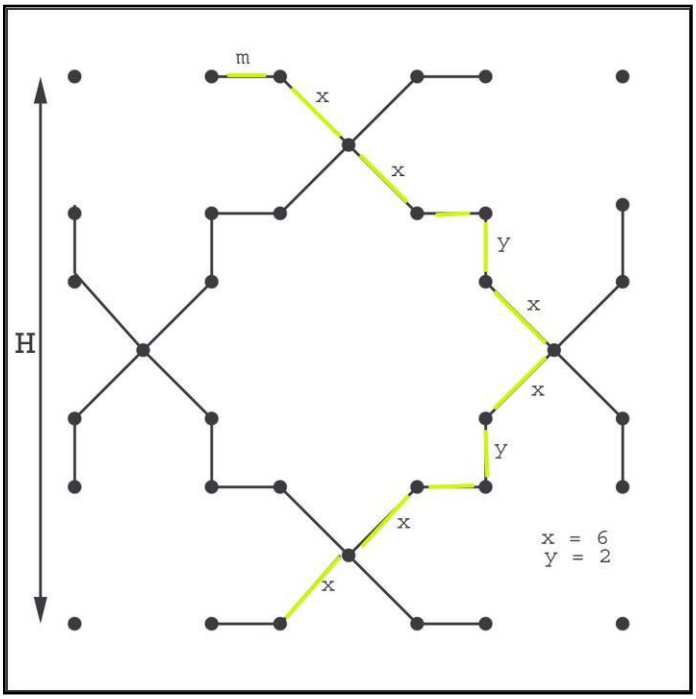
$$L = m\,\frac{2x\sqrt{2} + 4y + \sqrt{2}}{4} \quad \text{donc}$$

$$\boxed{m = \frac{4L}{2x\sqrt{2} + 4y + \sqrt{2}}}$$

Le calcul de la maille **m** tient compte des entrelacs extérieurs de la rivière et de leur largeur **E**. Calcul de **e** et **E** type Alhambra dans l'exemple suivant.

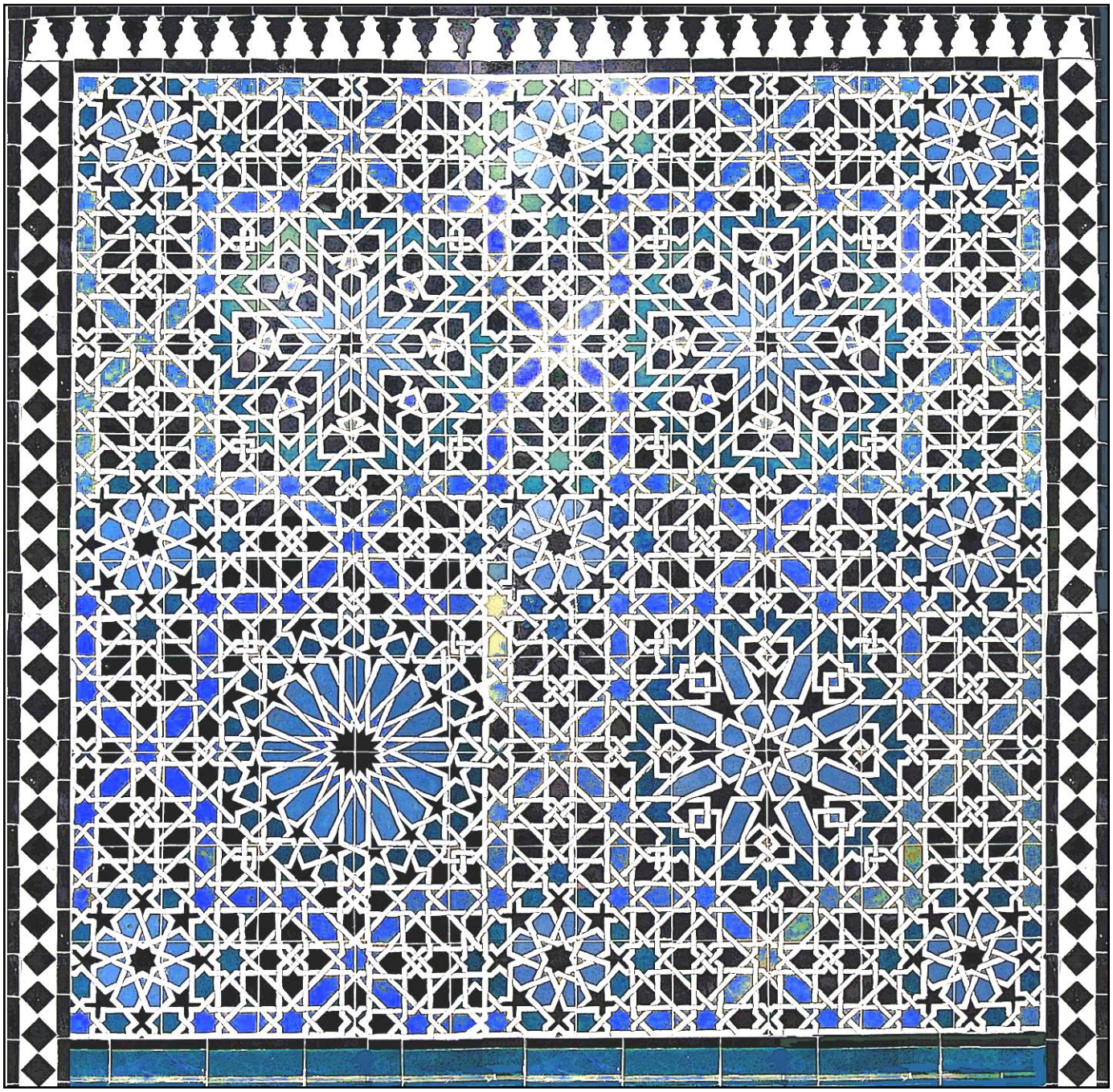
x = maille oblique
y = maille verticale





Si **L** = 120 **x** = 6 et **y** = 2 ; alors pour la construction du motif dans ce cadre donné les valeurs sont : **m** = 18,2 cm . Dans ce cas là, pour cette construction type Alhambra, connaissant la maille, les valeurs correspondantes sont :

e = 3,6 cm et **E** = 0,7

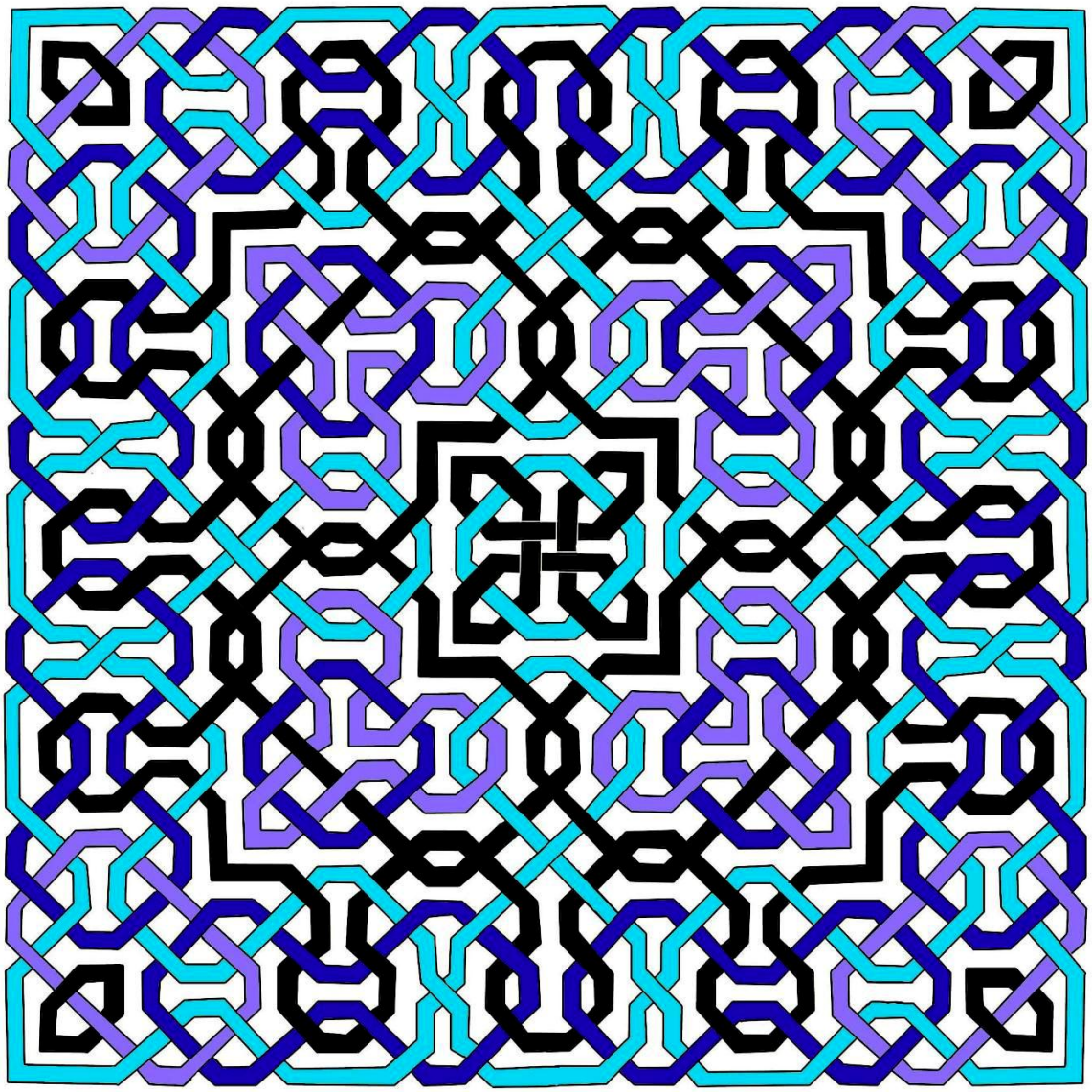


Dans l'exemple ci-dessus, le motif est placé dans un cadre carré de 250 cm de coté :
Donc L = 250 ; l'observation donne x = 10 et y = 4

La formule donne m = 21,88 e = 6,45 et E = 1 ,32

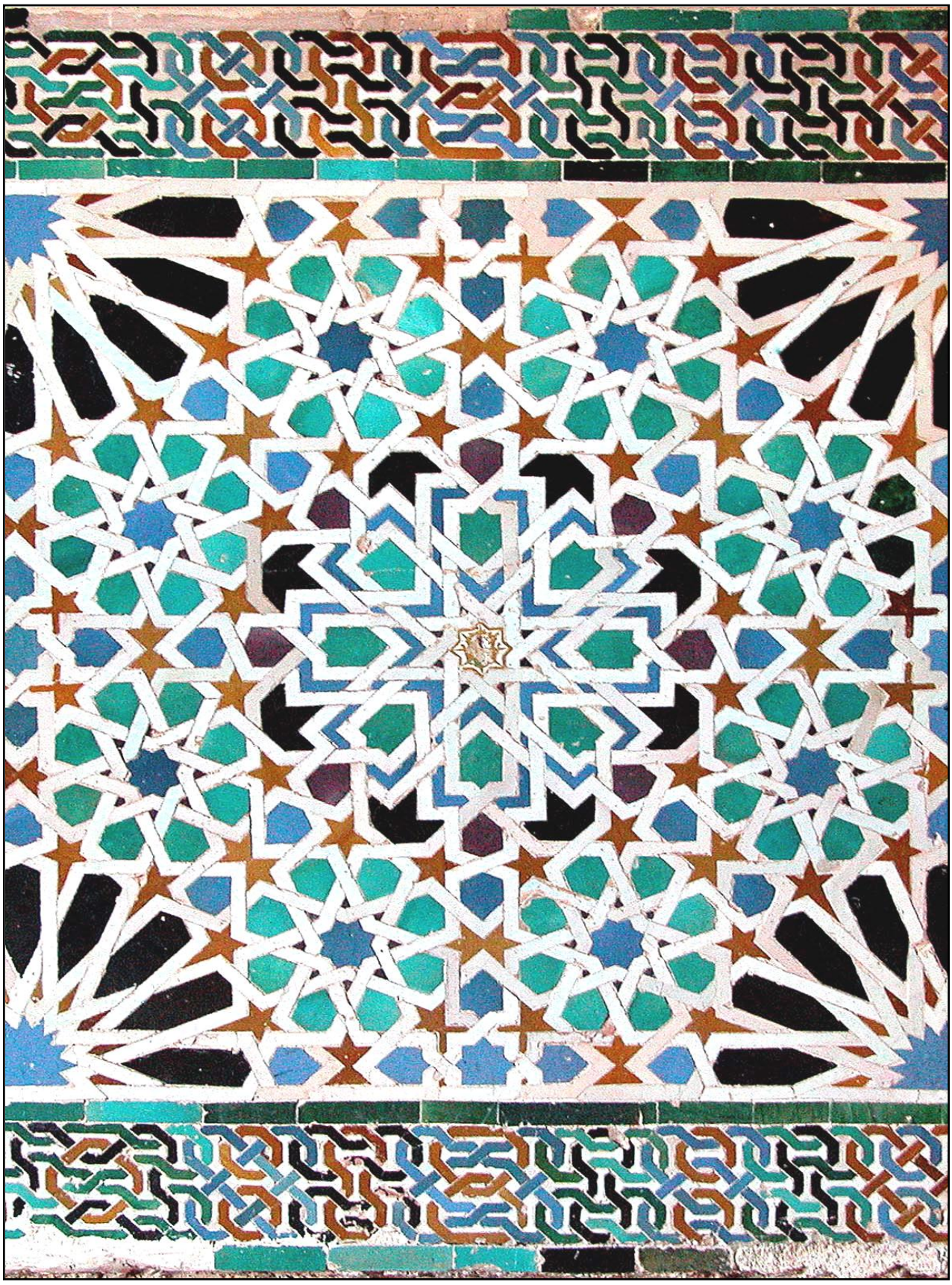
La géométrie des Arabesques

PHOTOGRAPHIES | DIAPORAMA



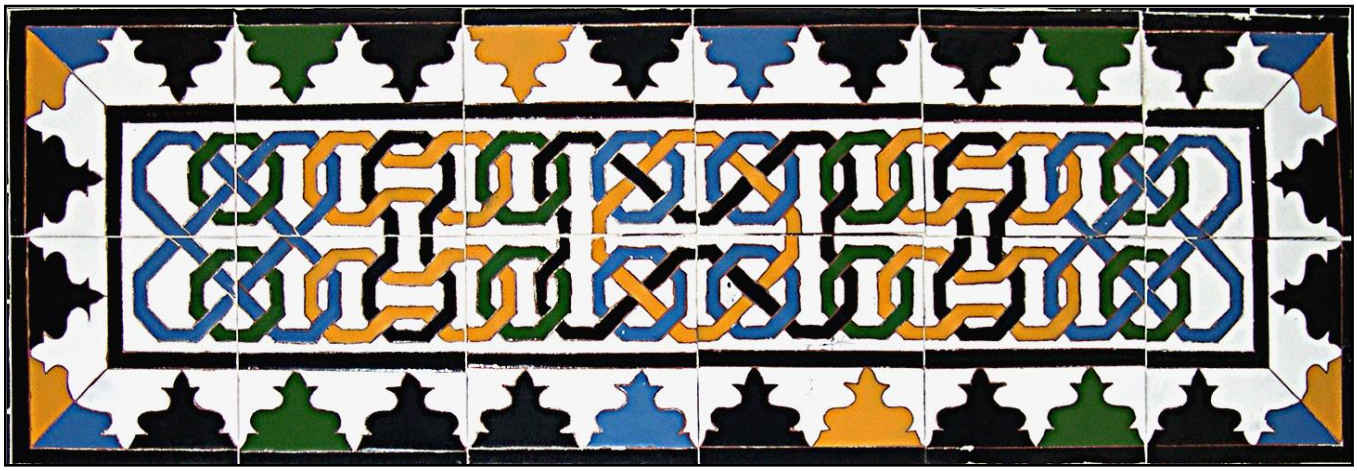
LES ENTRELACS COLORES

RETOUR



Frise d'entrelacs colorés de la salle du Mexuar à l'Alhambra de Grenade.

Mise en place des modules

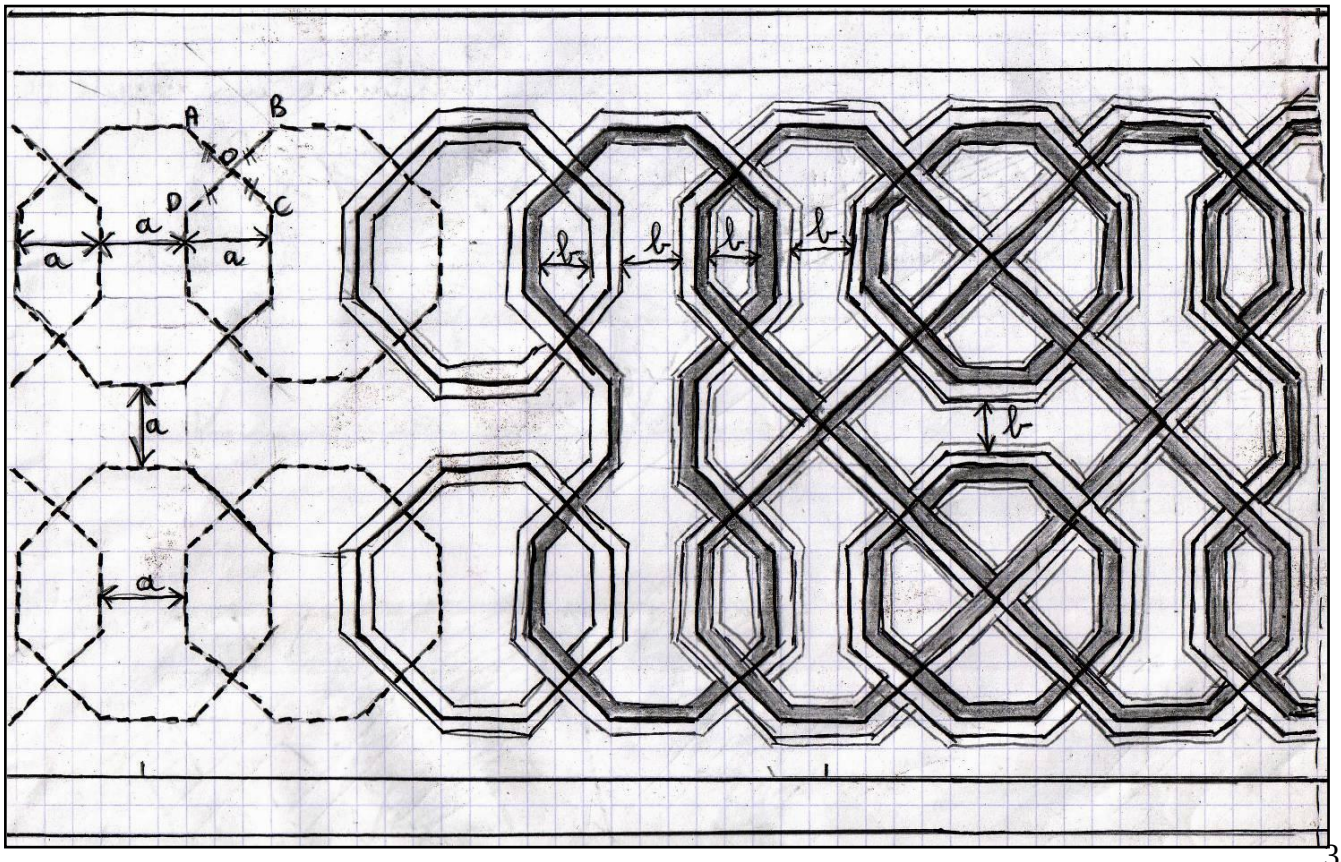


Deux suites superposées d'octogones **irréguliers** sont associées pour faire apparaître le dessin désiré.

Ces octogones *irréguliers* sont construits tels que :

- OA = OB = OC =OD
- Que tous les intervalles aient pour mesure **a** .
- Que la largeur entre les entrelacs soit égale à **b.**

Dans l'exemple ci-dessus ces règles n'ont pas été respectées car les octogones utilisés sont réguliers : cela crée un déséquilibre dans les surfaces.



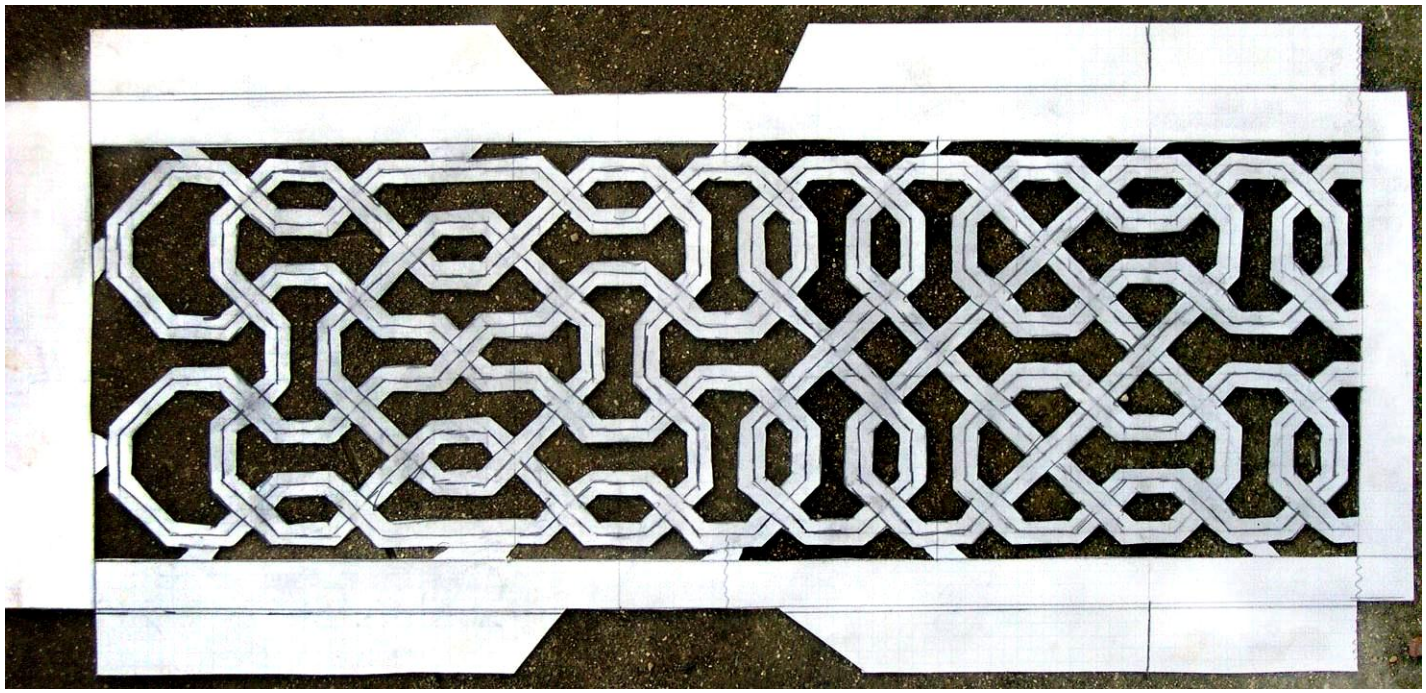
Construction pratique :



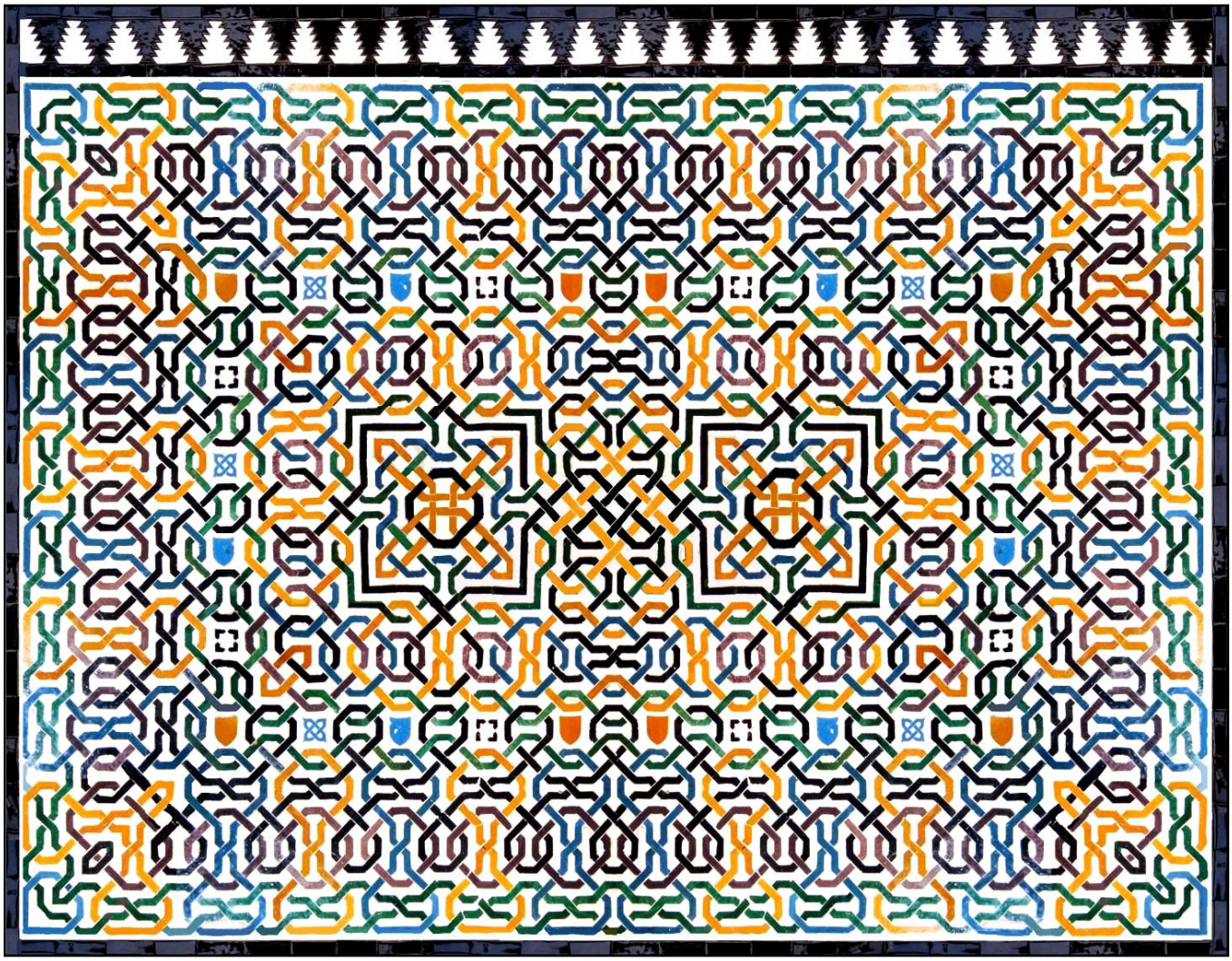
Deux exemples d'un ensemble de huit frises du riad Loulou.



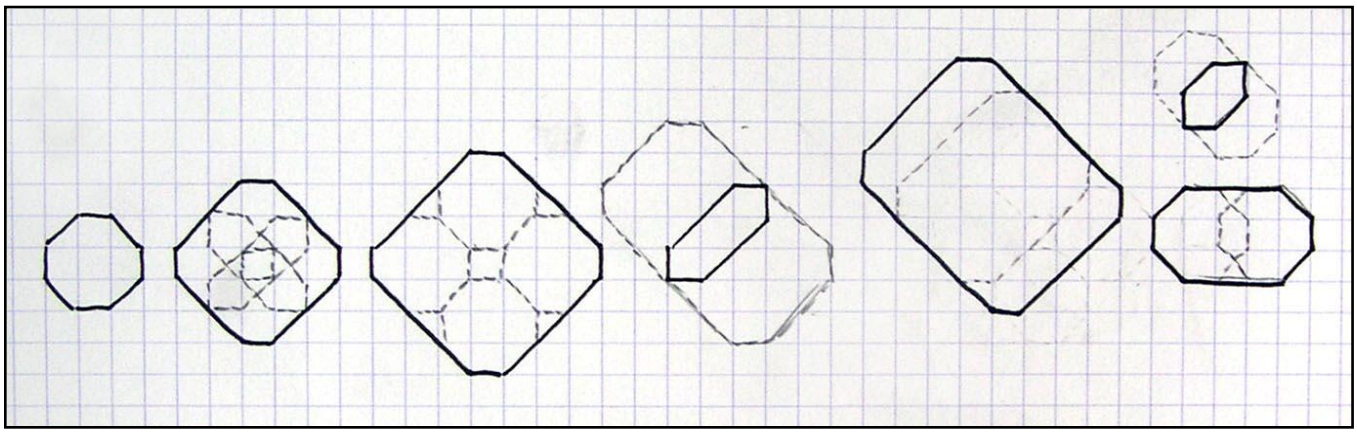
Ces frises ont été exécutées en utilisant le gabarit ci-dessous et ne diffèrent que par le choix des couleurs. Tous les espaces **a** et **b** ont été respectés.



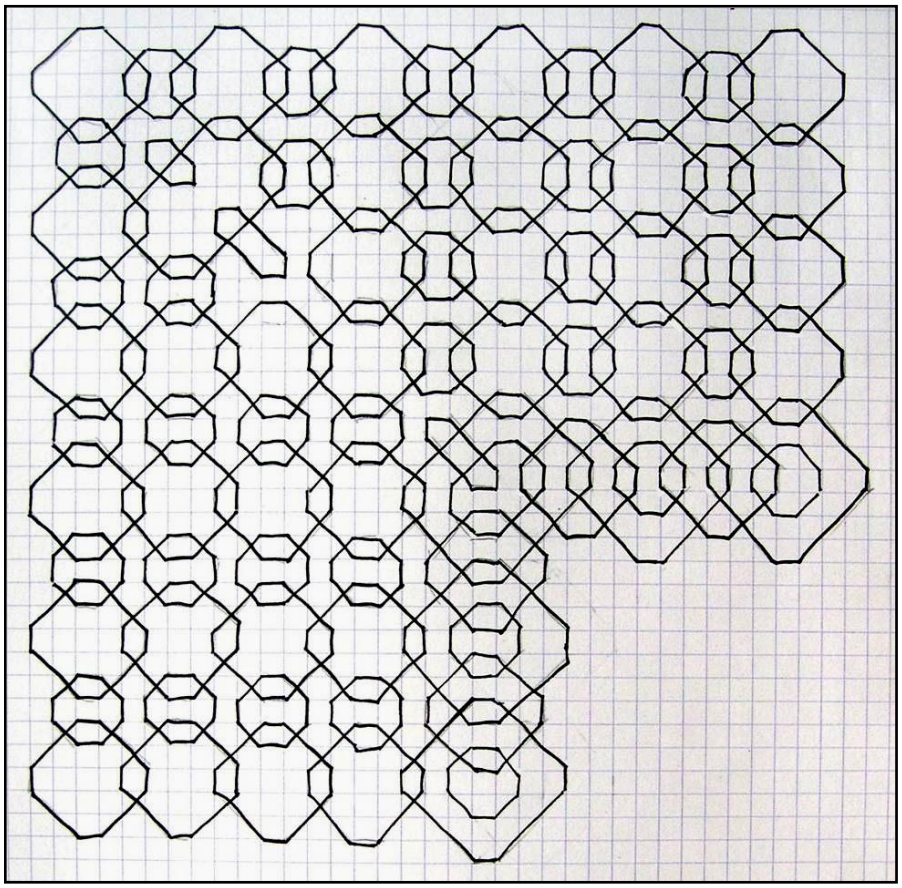
*EXEMPLE : premier motif **simplifié** de type Alhambra (salle des deux sœurs).*



L'analyse de cet enchevêtrement d'entrelacs permet de trouver la méthode de construction : différents modules permettent de construire ce dessin ; chaque module est un octogone **irrégulier**.



Choix des modules.

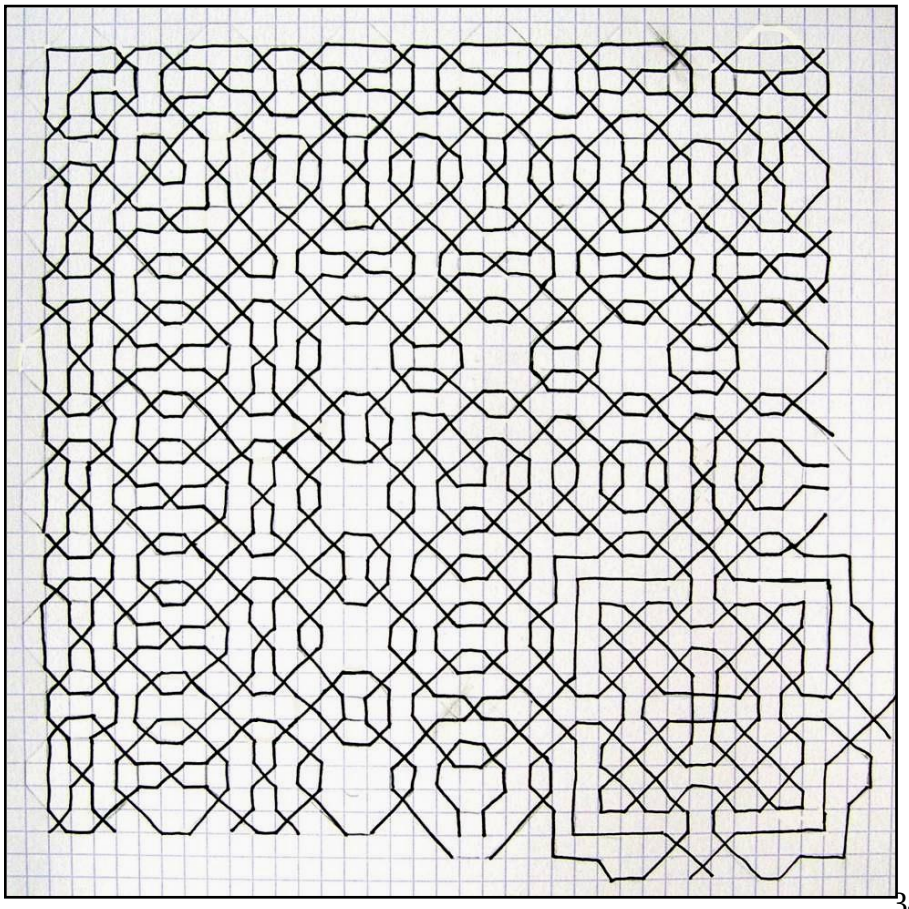


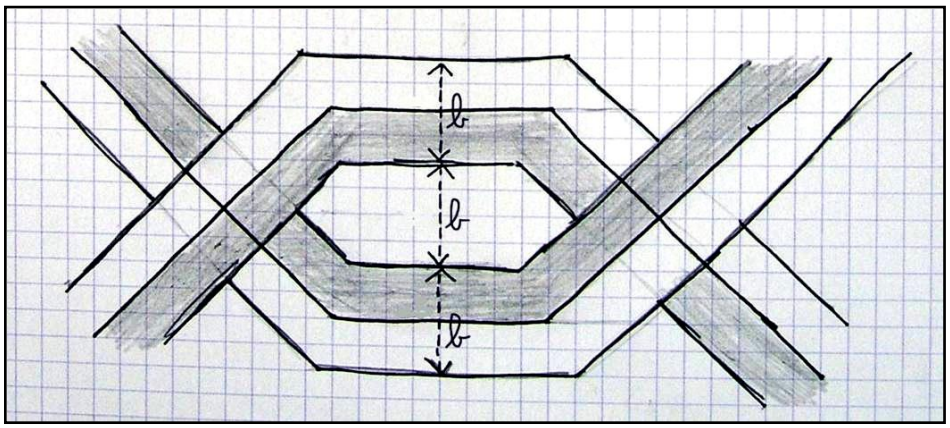
Ce pavage est constitué de ces différents modules. Le dessin étudié présentant différentes symétries, seule une partie sera étudiée.

Le motif central, dessiné en utilisant le quadrillage de la feuille de papier, est formé de modules.

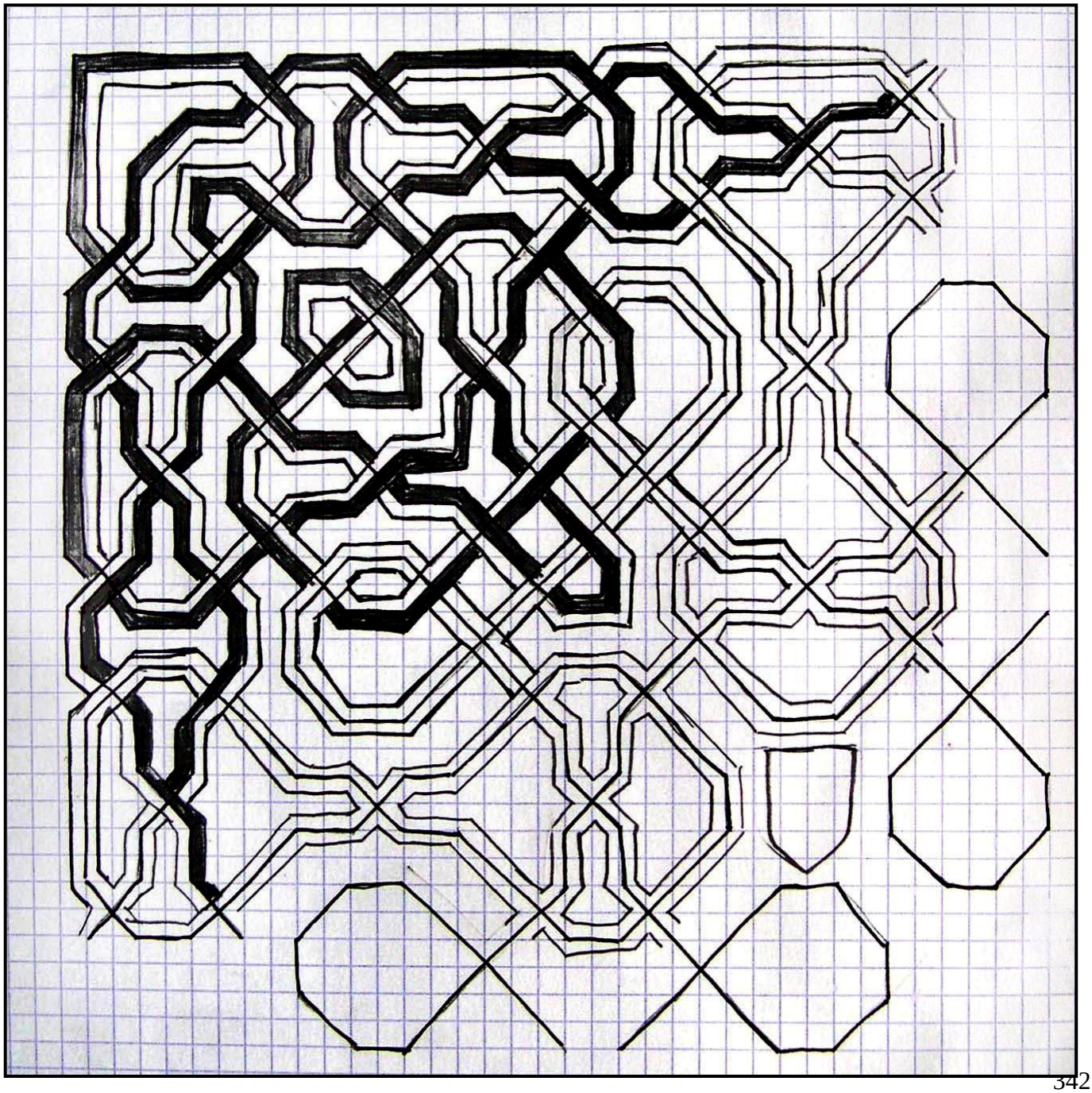
Liaisons des modules:

La construction des entrelacs se fait de la manière habituelle ; la largeur de l'entrelacs est choisie de façon à avoir des espaces de même dimension.



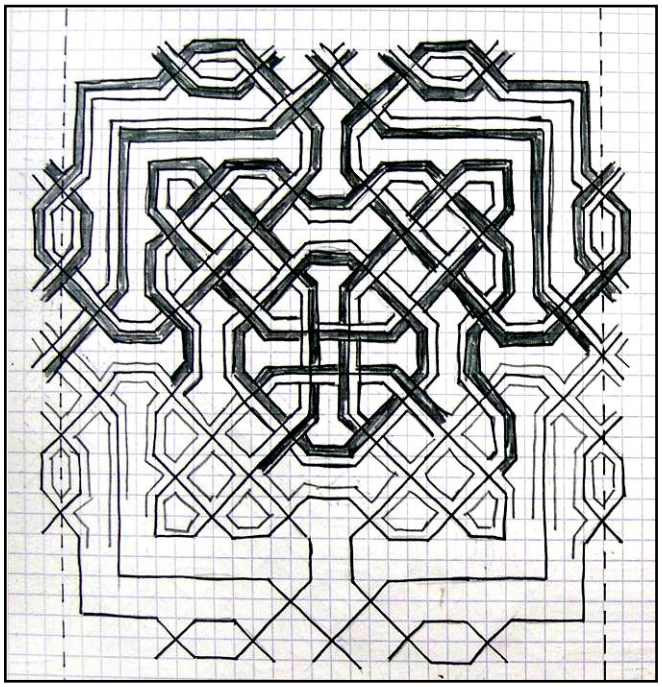


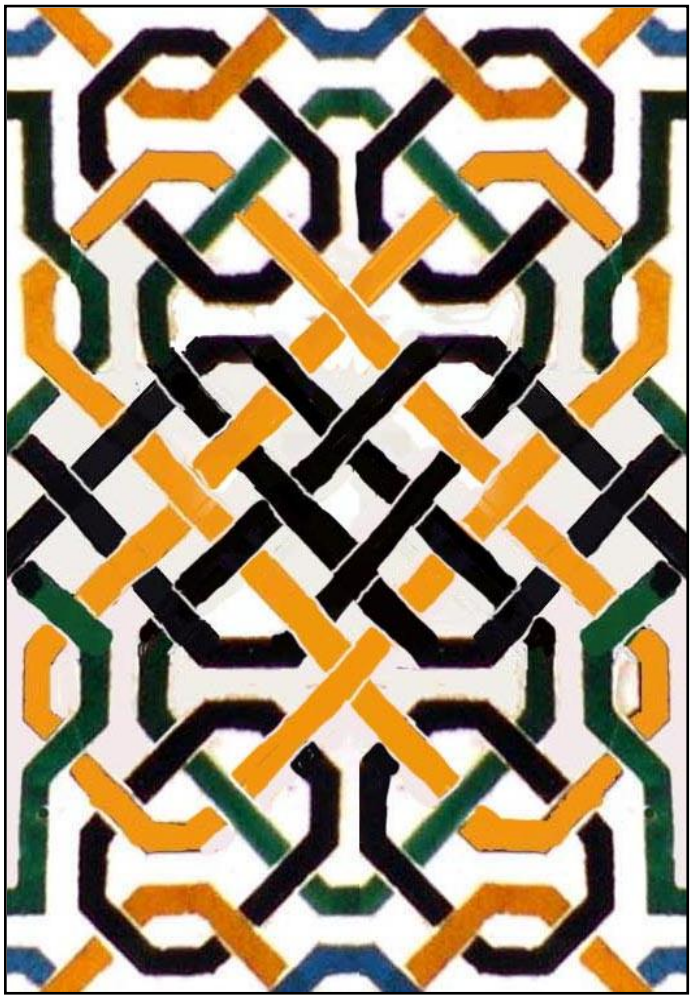
Détermination de la largeur de l'entrelacs et construction :

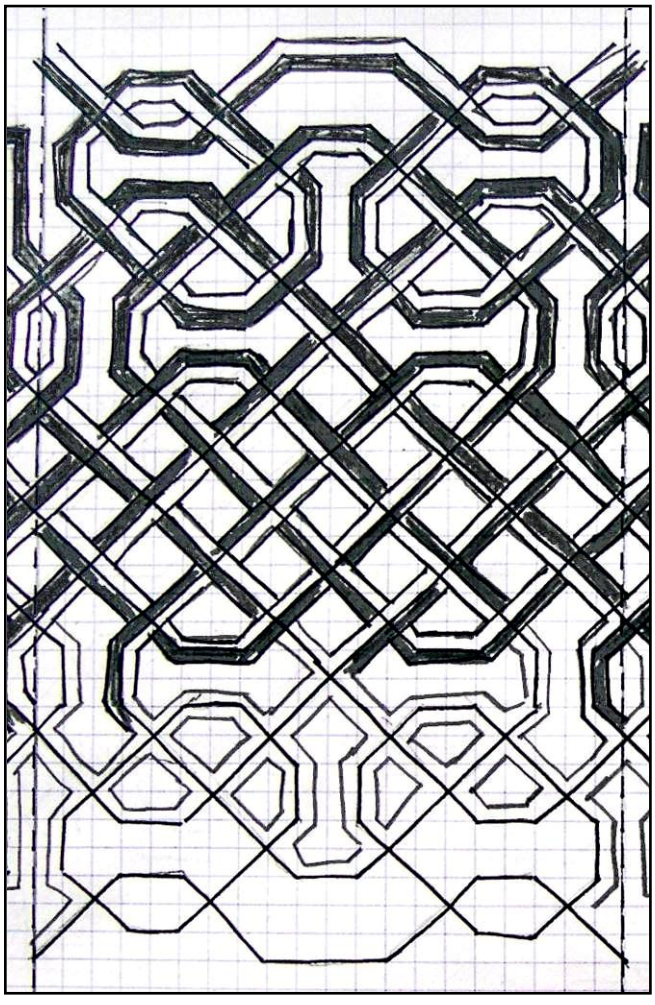


Étude des motifs centraux.

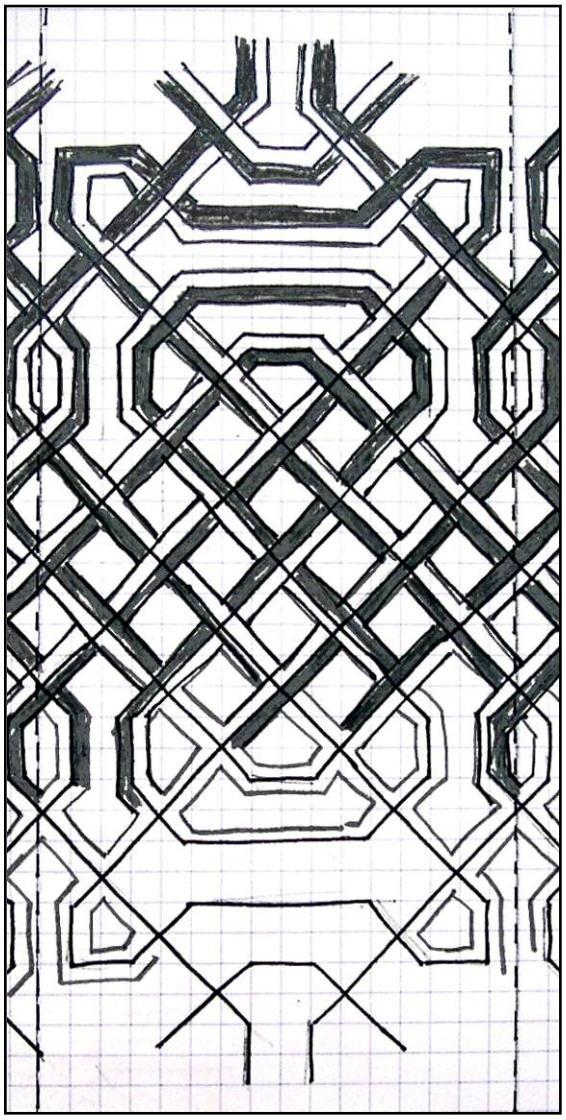


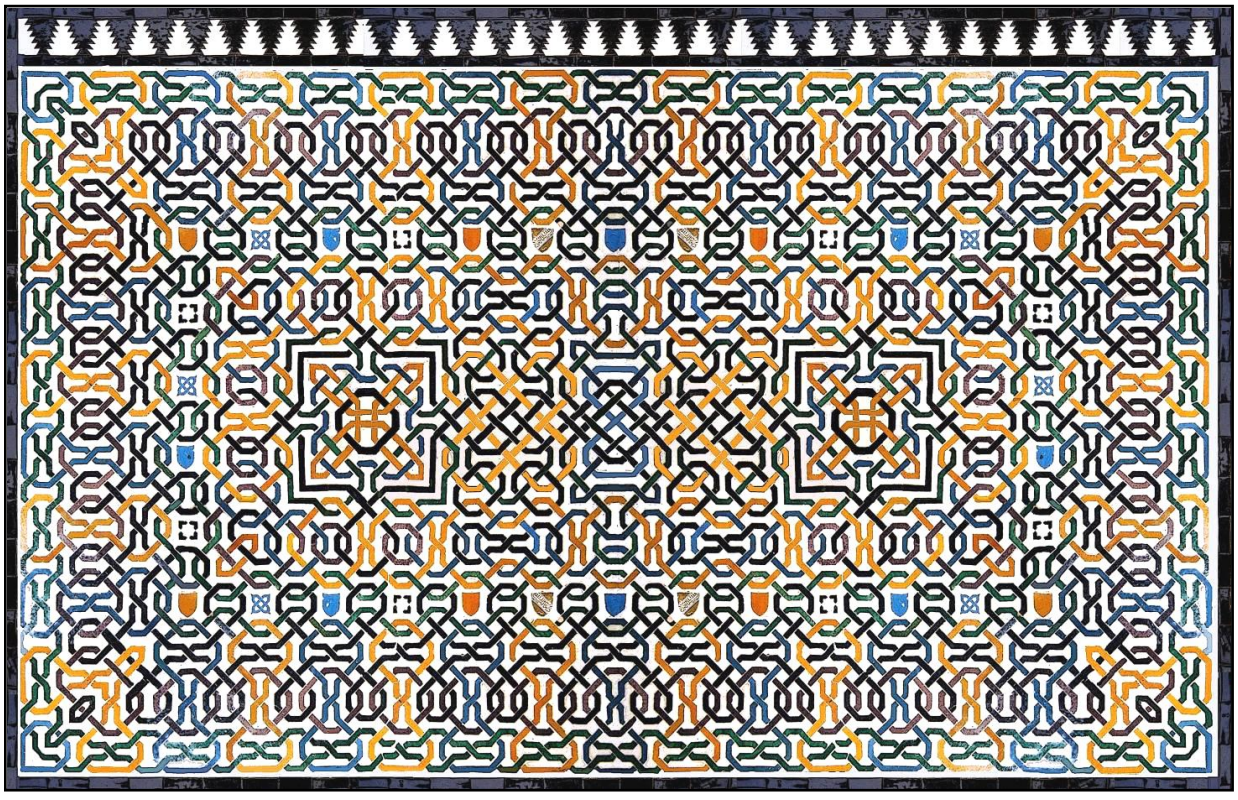




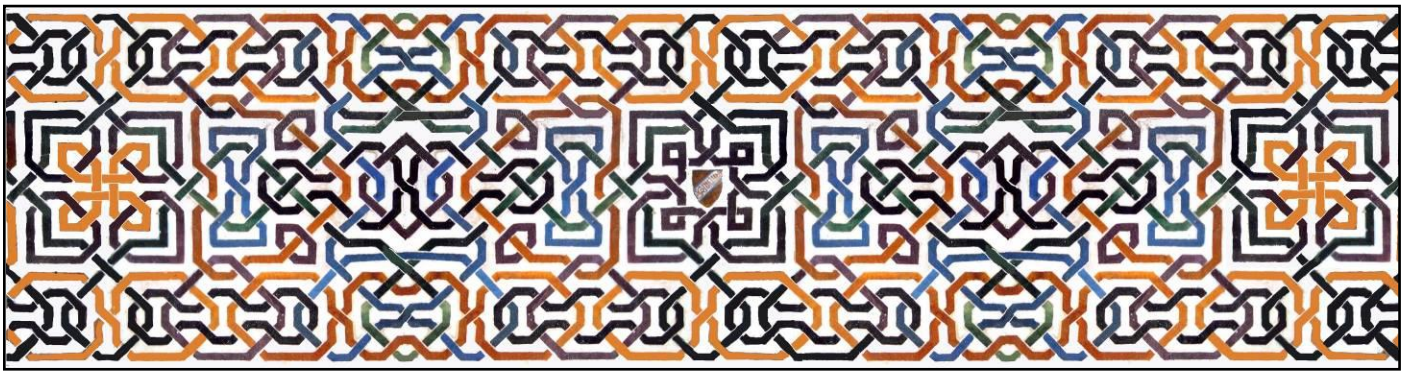




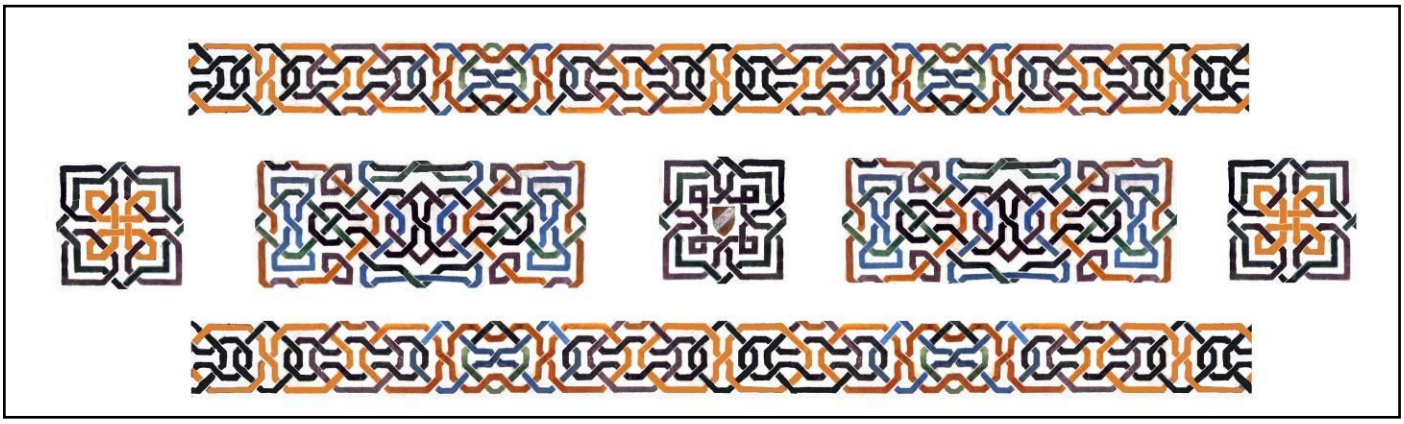




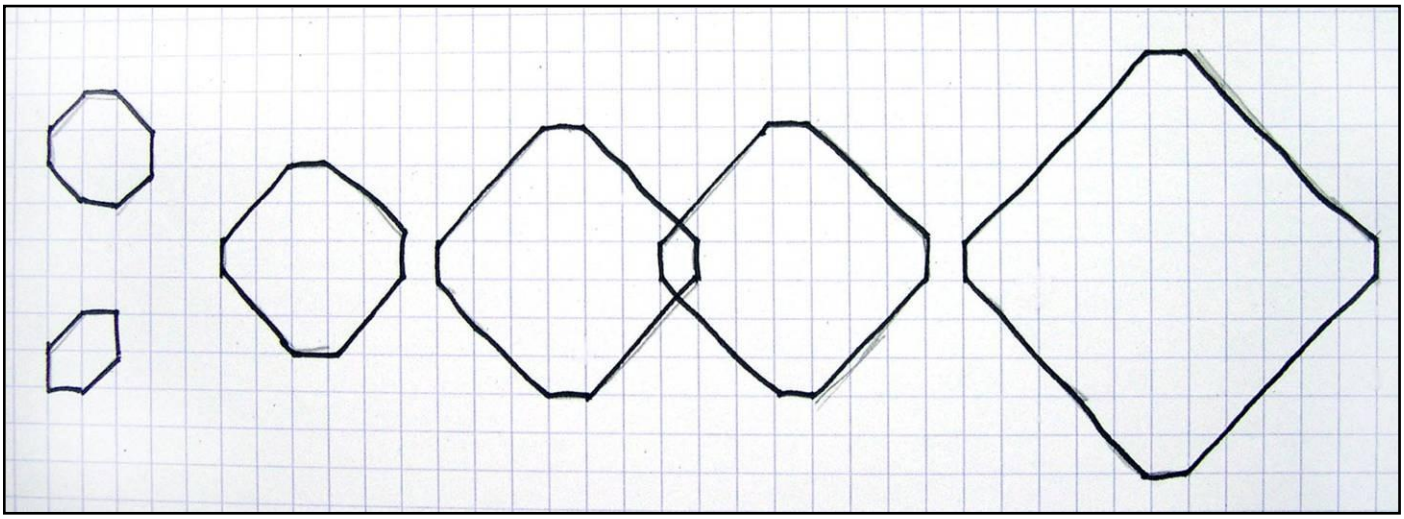
EXEMPLE **:** *étude d'une frise.*

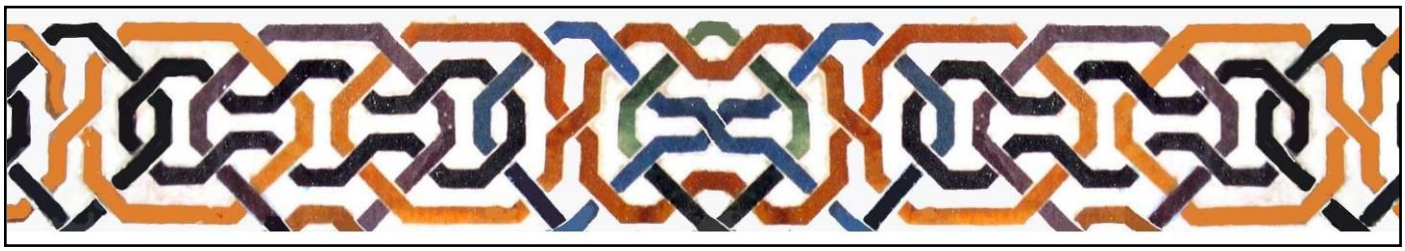


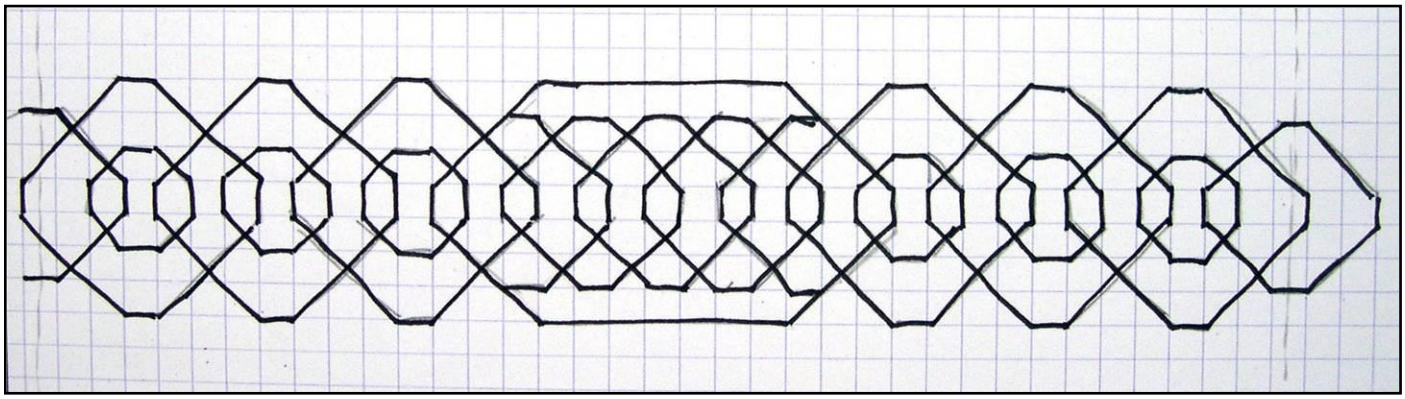
Cette frise n'est pas limitée en longueur, elle peut être allongée par translation du rectangle minimal ou former un cadre.

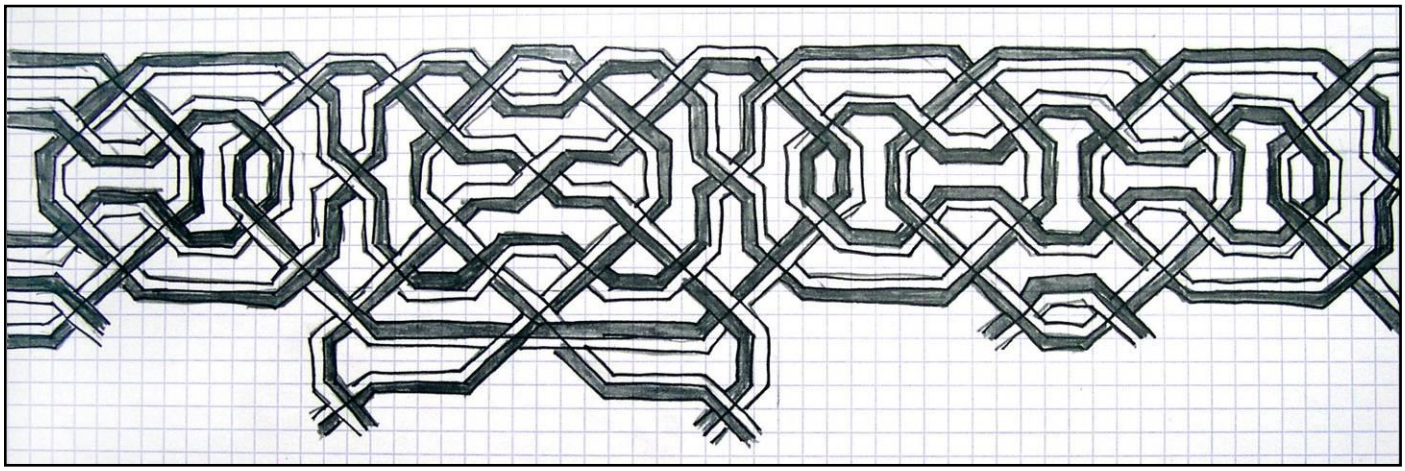


Modules servant à construire l'ensemble :

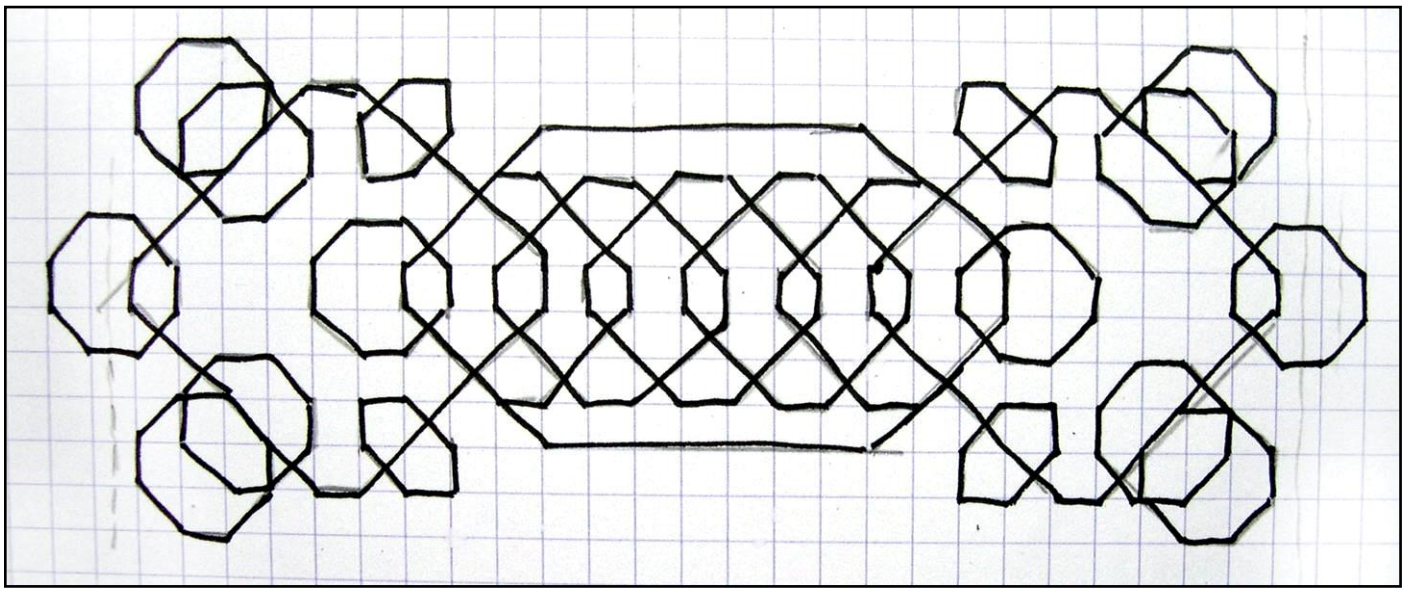


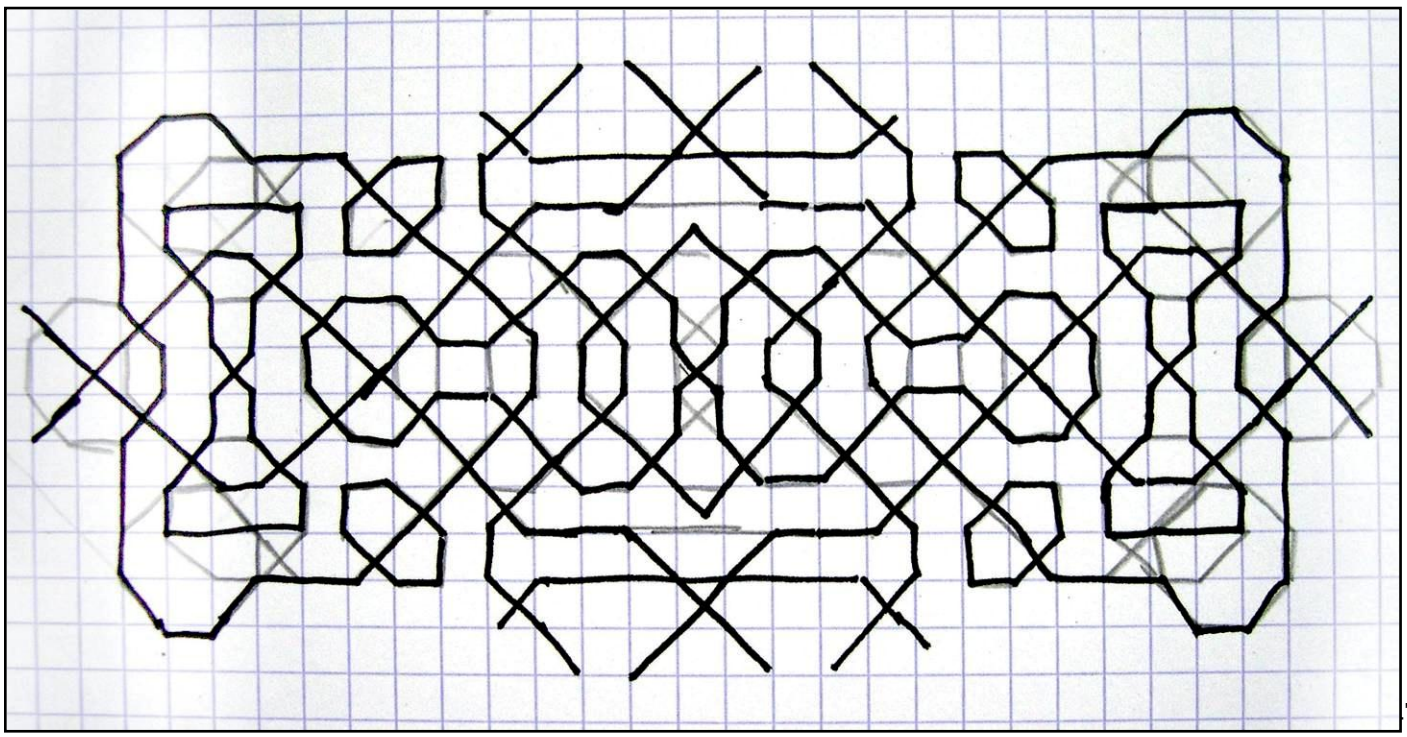


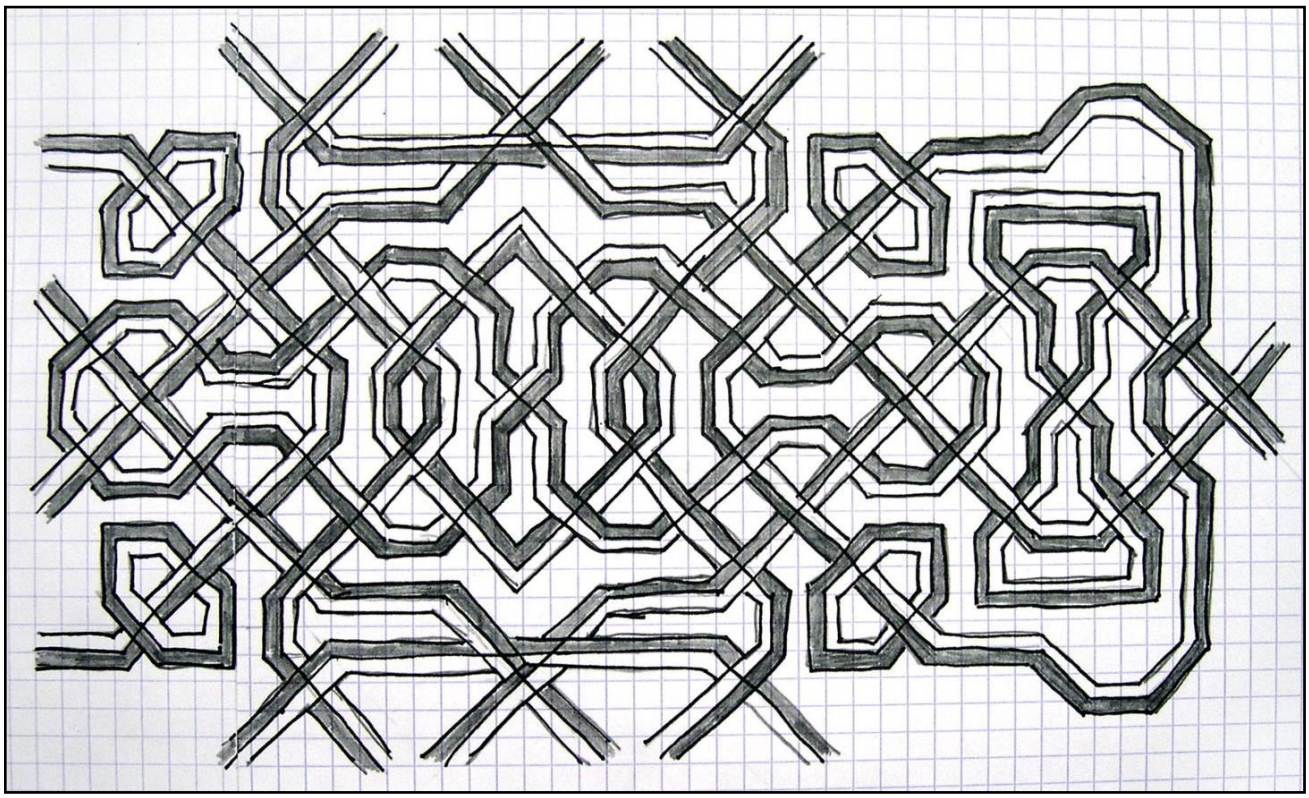






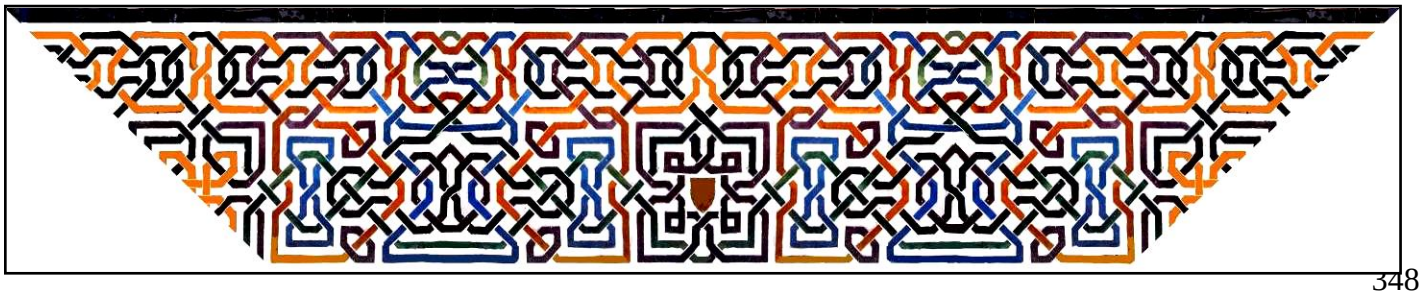






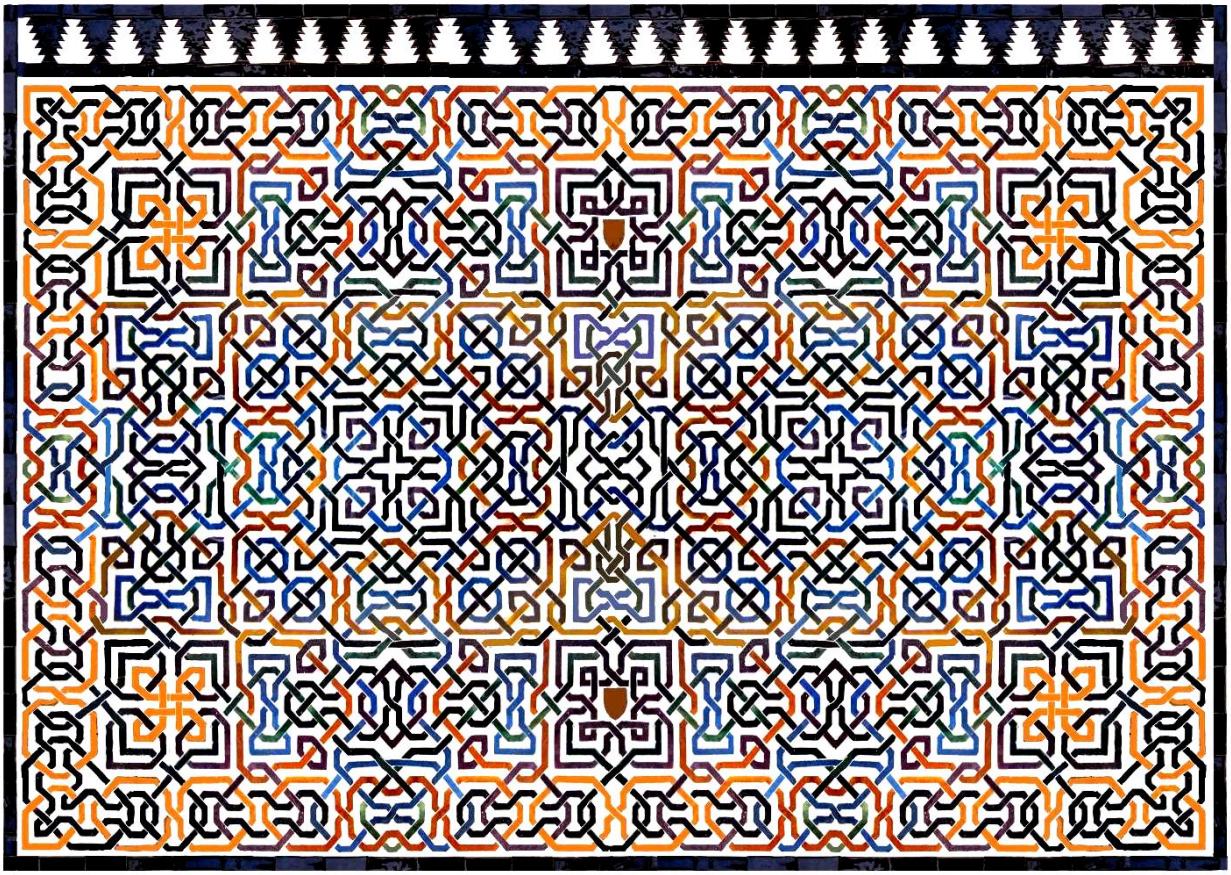


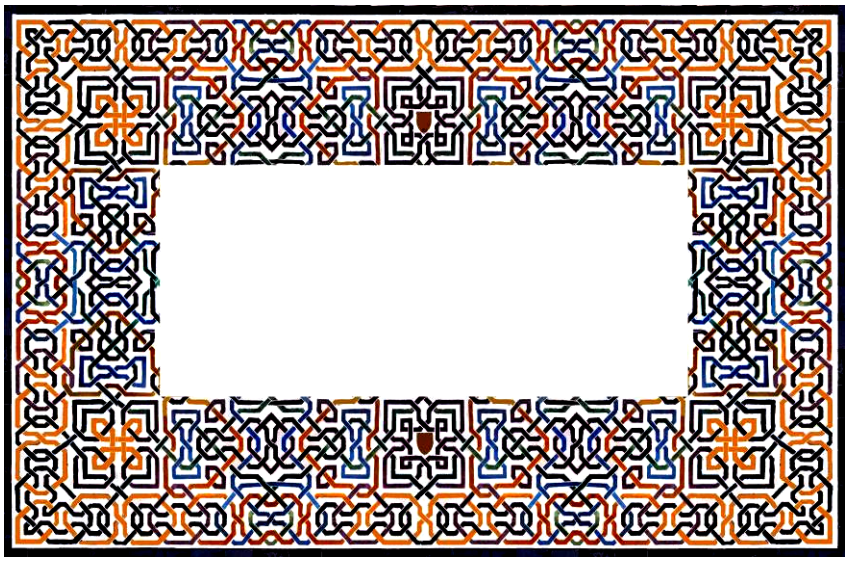
Pour construire le cadre de la page suivante : le bas de la frise a été éliminé par une coupe d'onglet pour adapter les côtés.

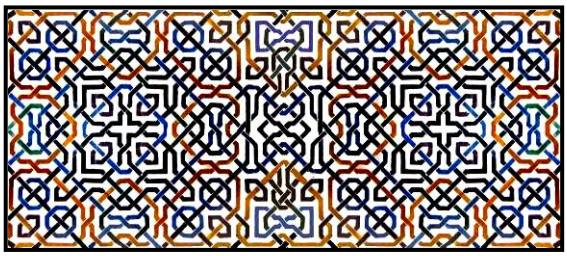


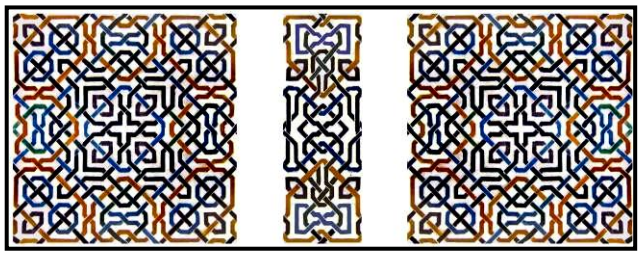


Frise utilisée sous forme de cadre



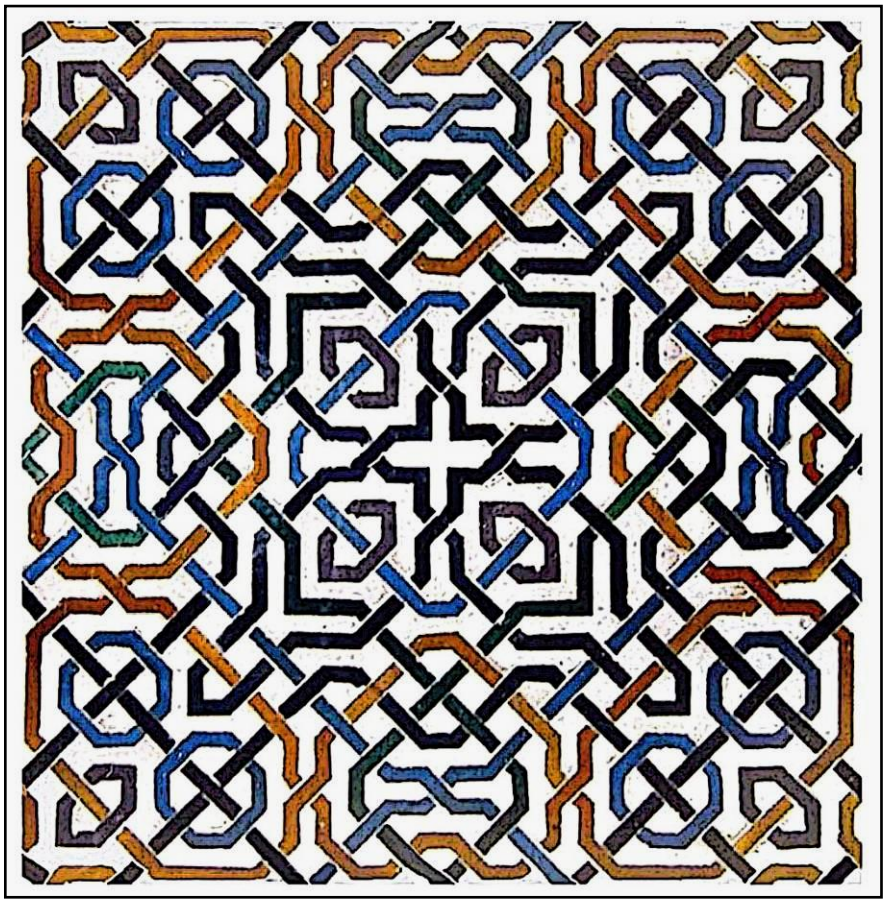




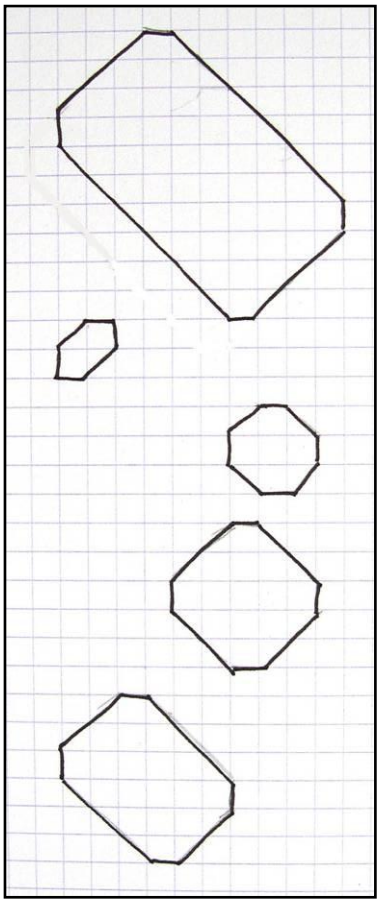


C’est le même cadre étudié précédemment avec pour motif central une bande entourée de deux carrés ; seuls les carrés sont inconnus.

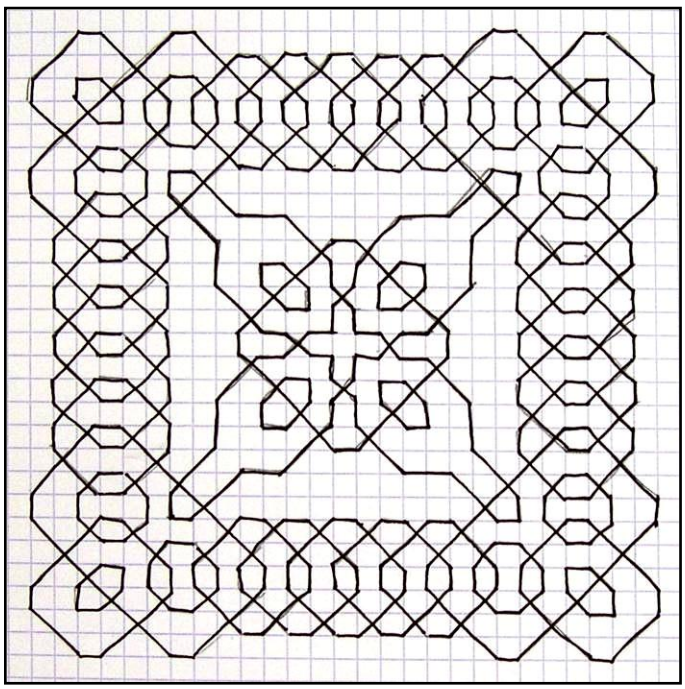
Construction du carré central :



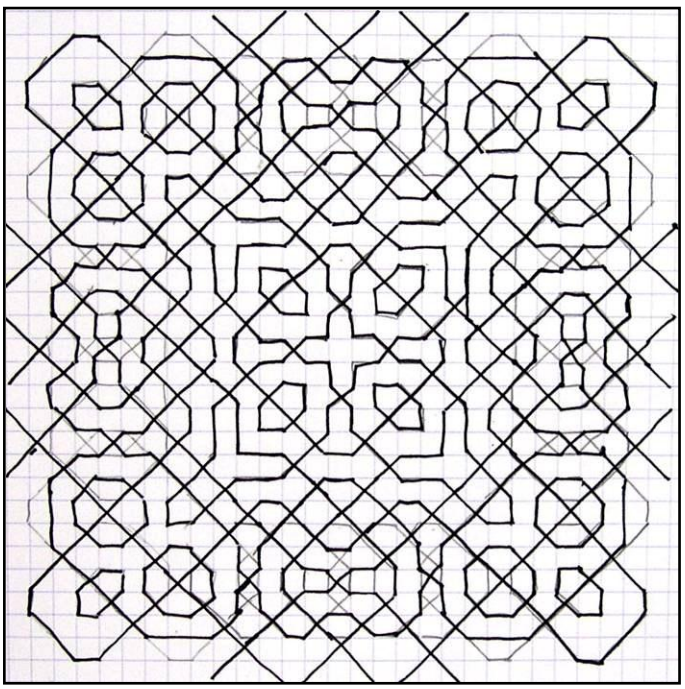
Modules utilisés :

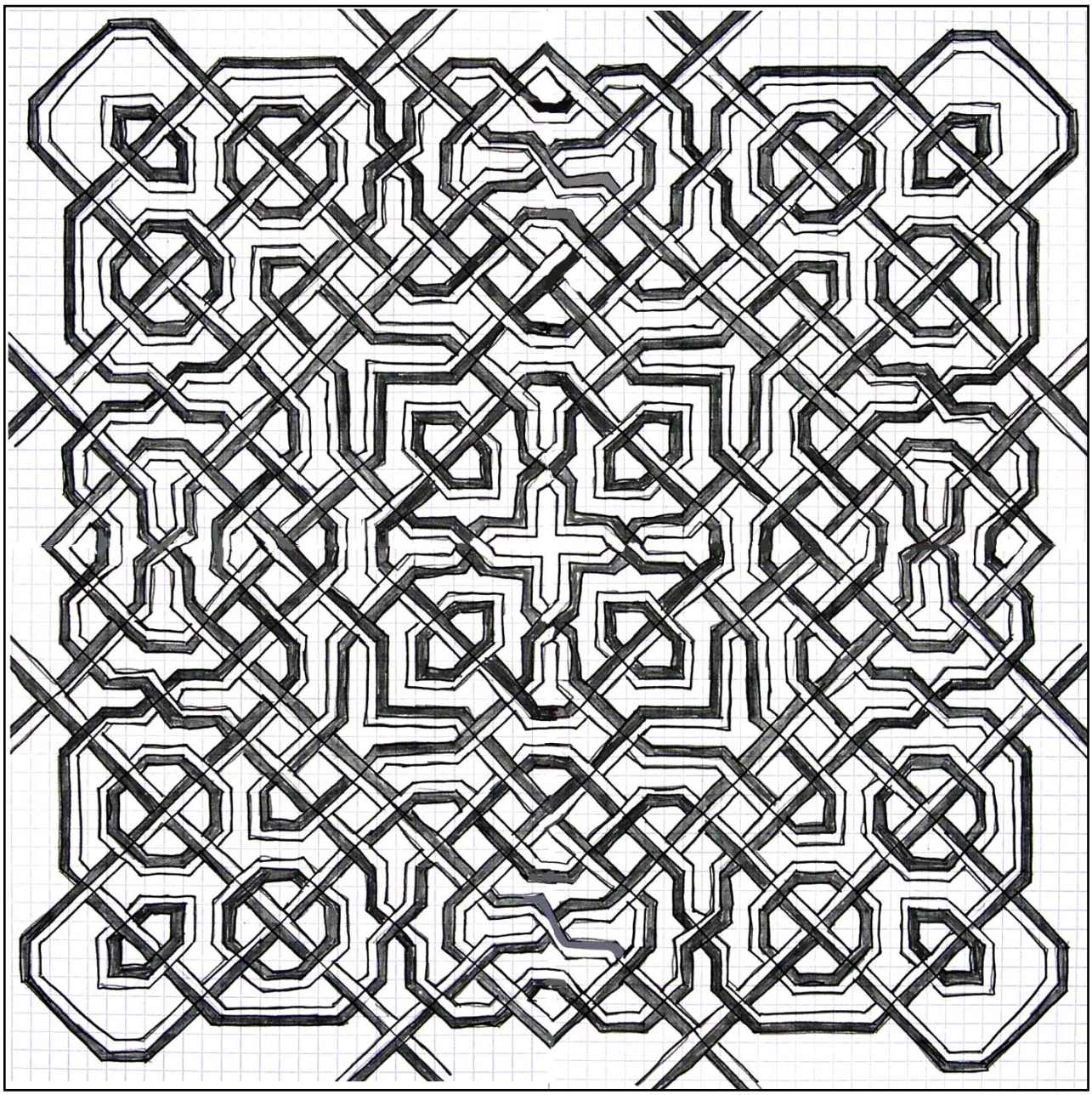


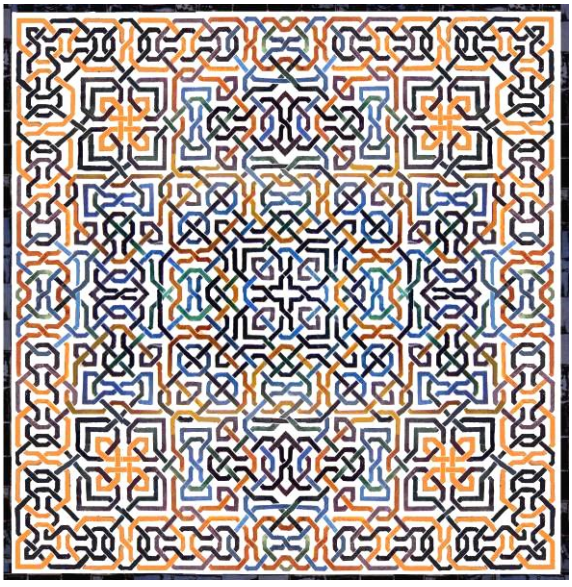
Placement des modules :

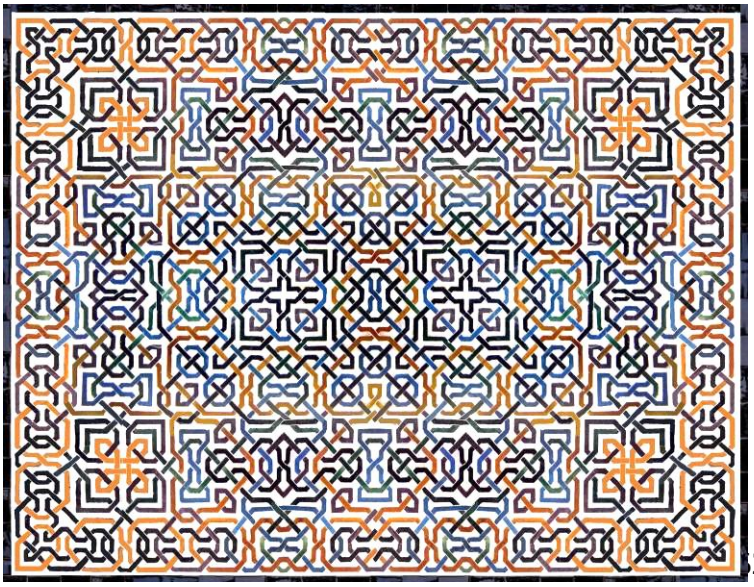


Liaison des modules :

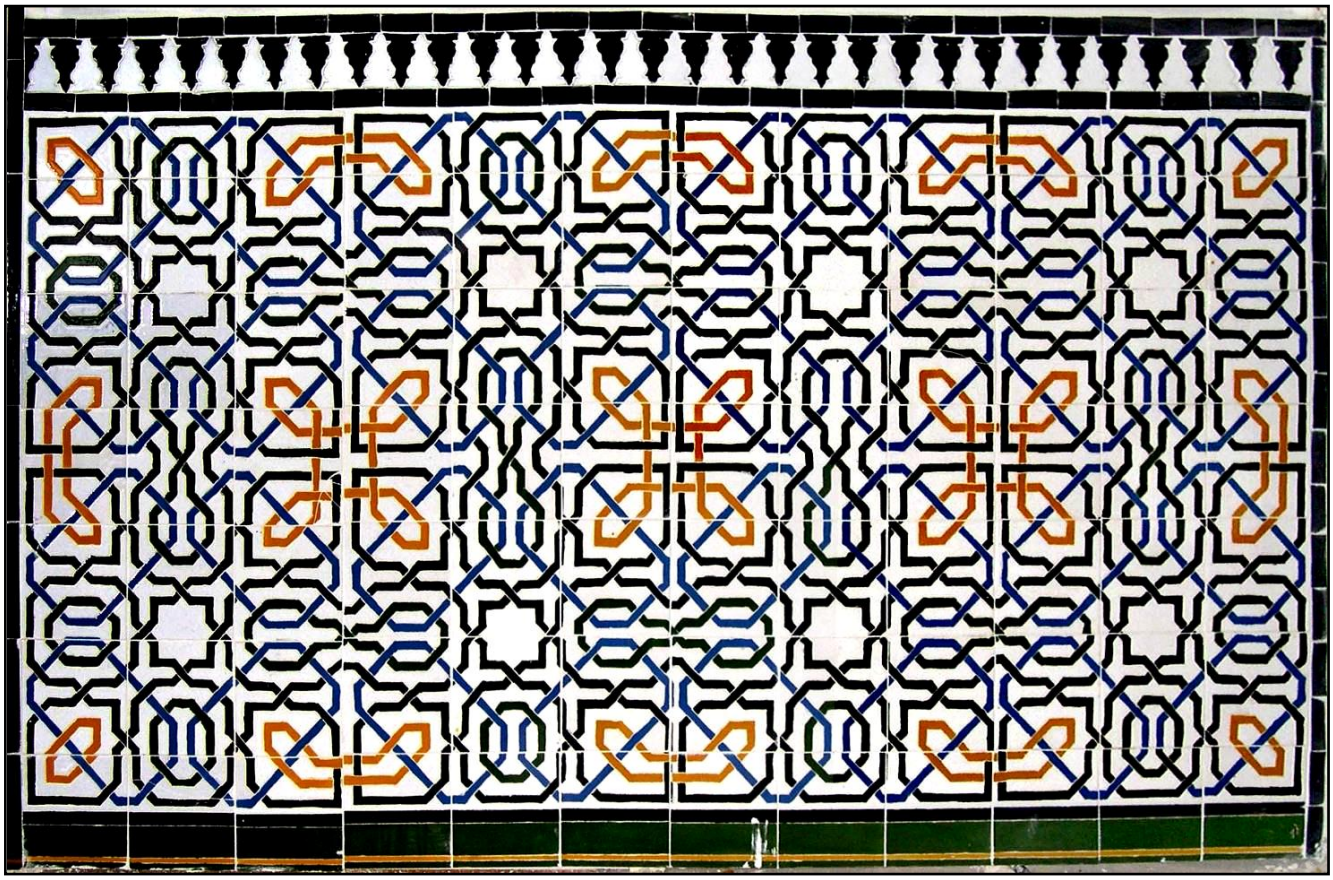




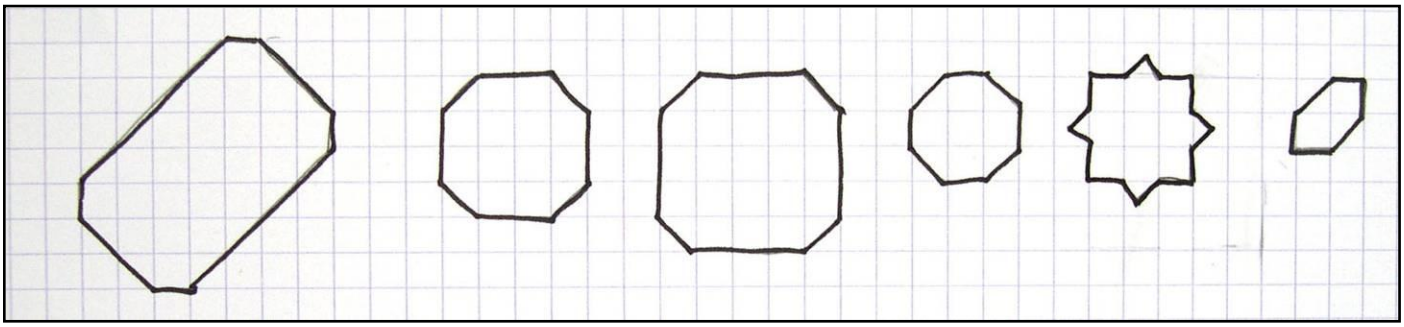


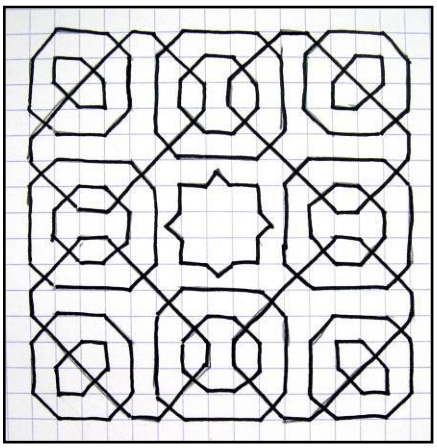


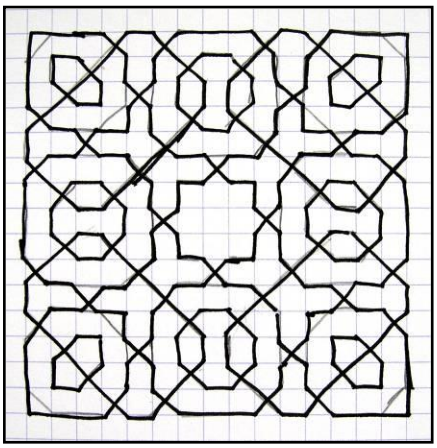
EXEMPLE : panneau mural du riad Loulou.

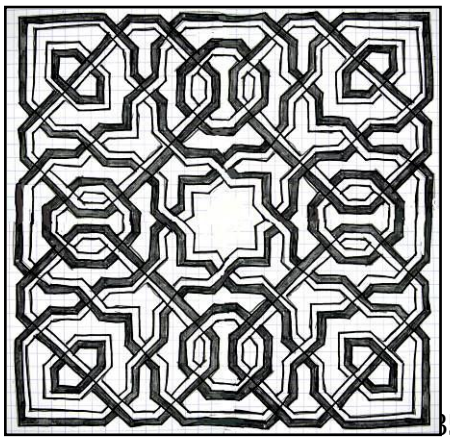


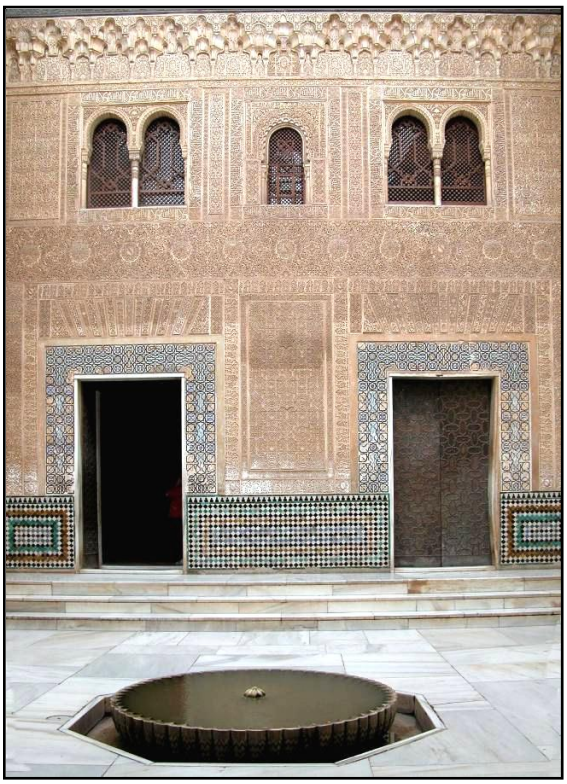
C’est la répétition du même carré minimal ci-dessous.

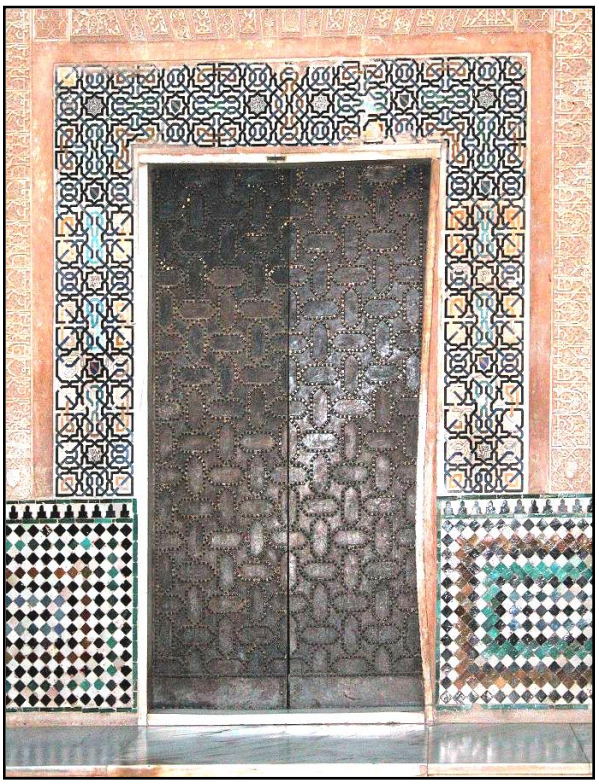




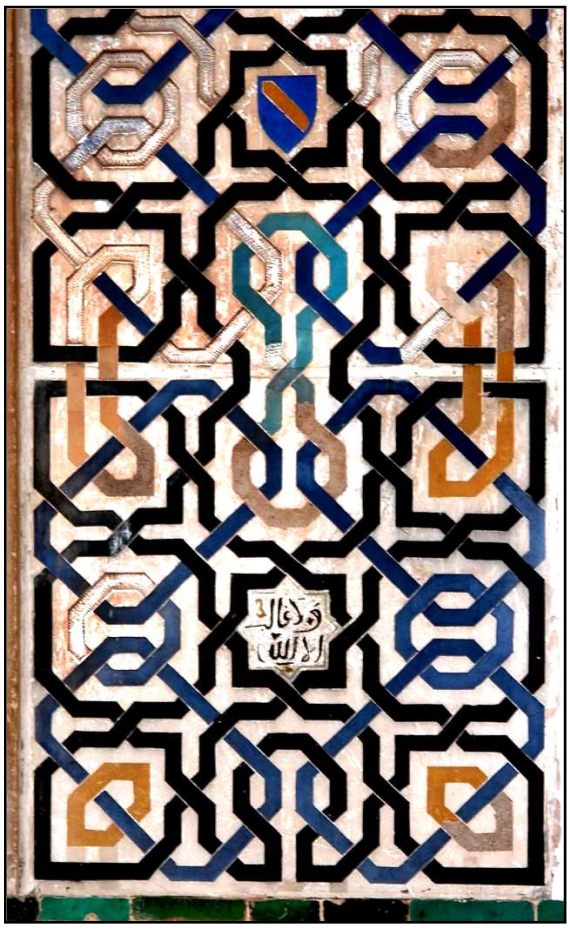






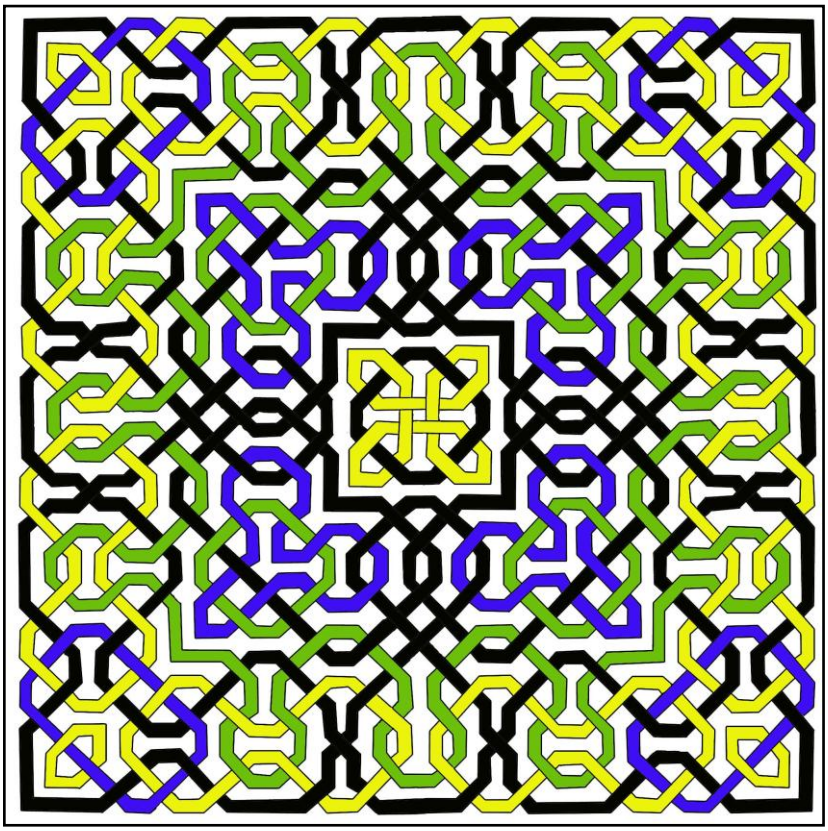






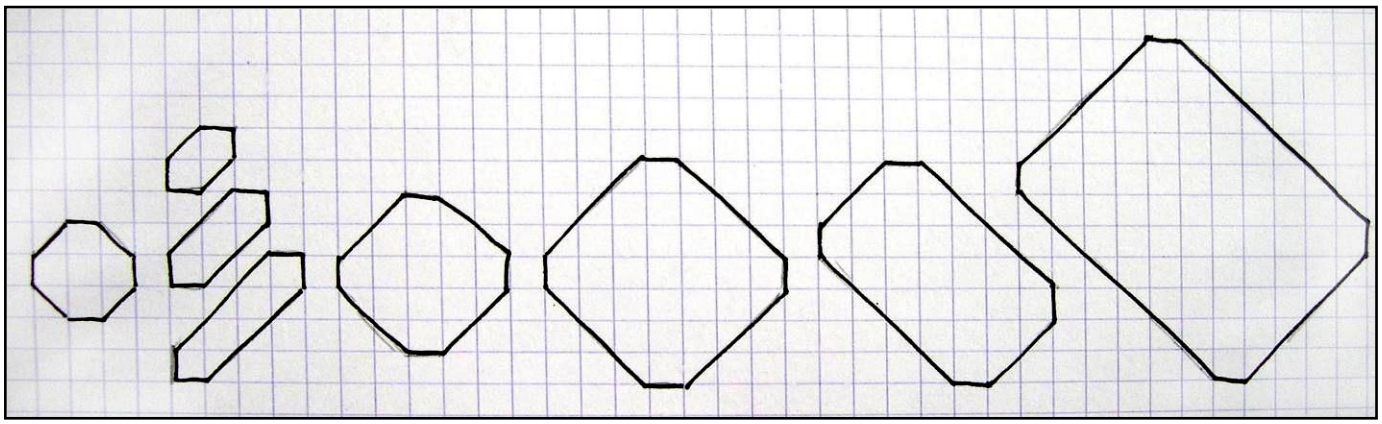
Entrelacs colorés des portes du patio du Mexuar à l'Alhambra.

Conception d'un motif:

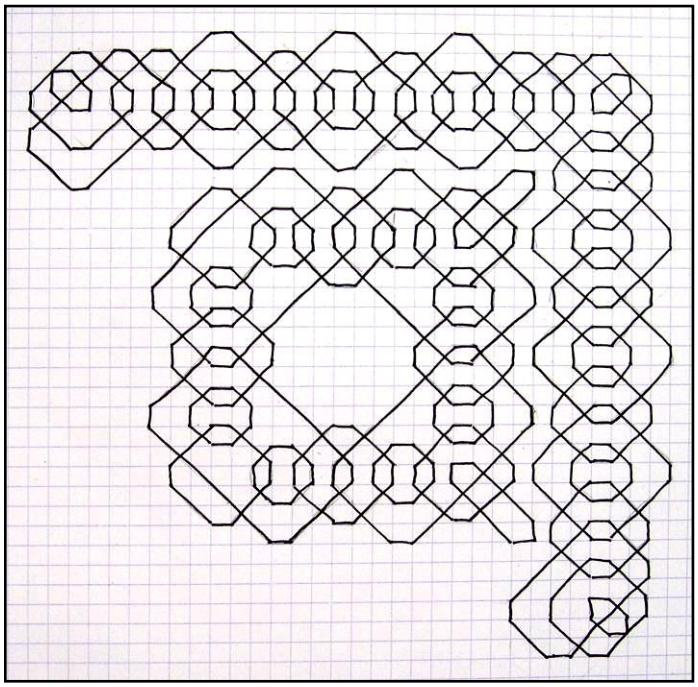


L'utilisation des modules déjà rencontrés permettra d'élaborer le motif original ci-dessus. Pour cela il faut :

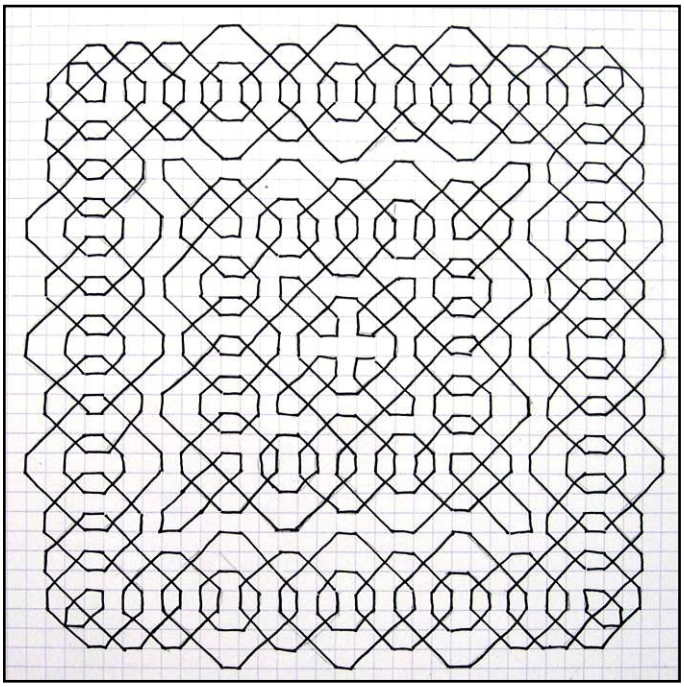
- Construire le motif central ; le milieu pourra être inter changé.
- Construire la frise périphérique.
- Transformer cette frise en cadre en rajoutant les angles.
- Greffer le motif central dans le cadre.
- Tracer le motif définitif.
- Dessiner les entrelacs.
- Choisir les couleurs.



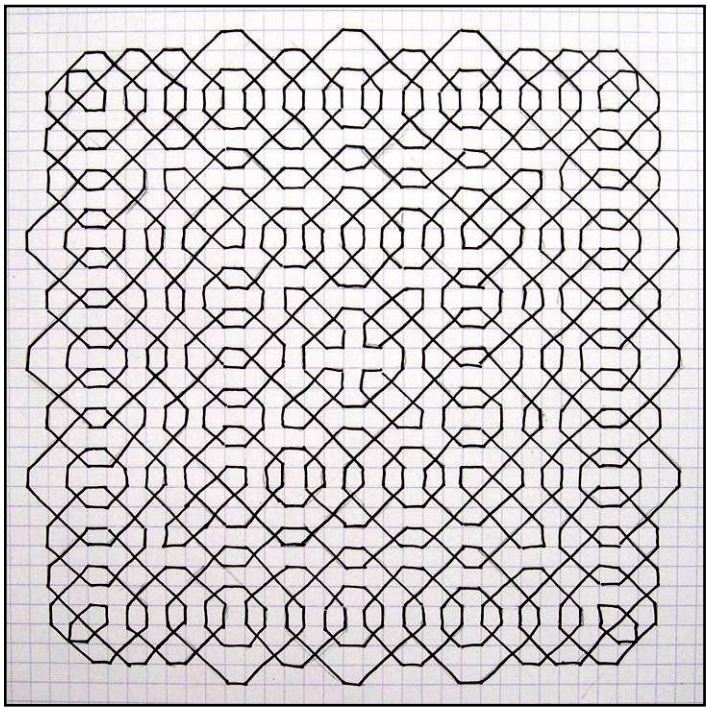
Modules utilisés pour la construction.



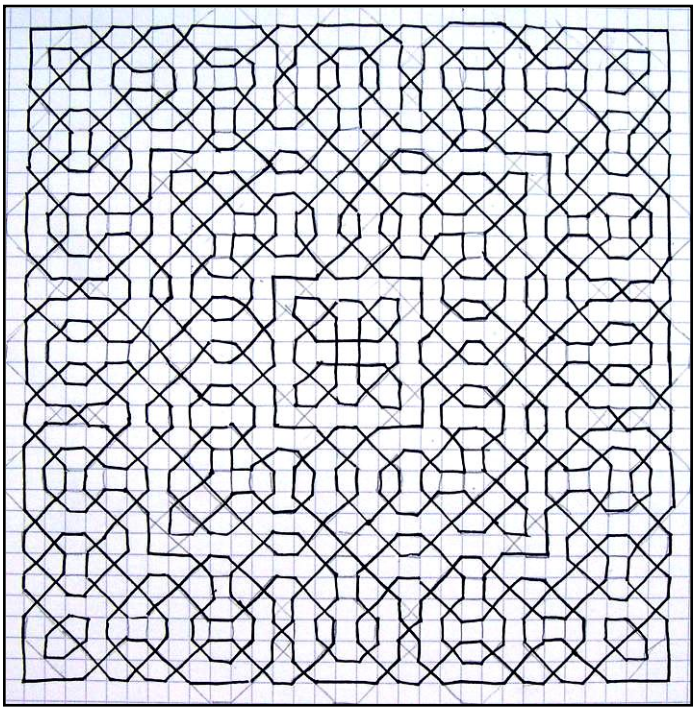
Placement des modules de la frise et du motif central.



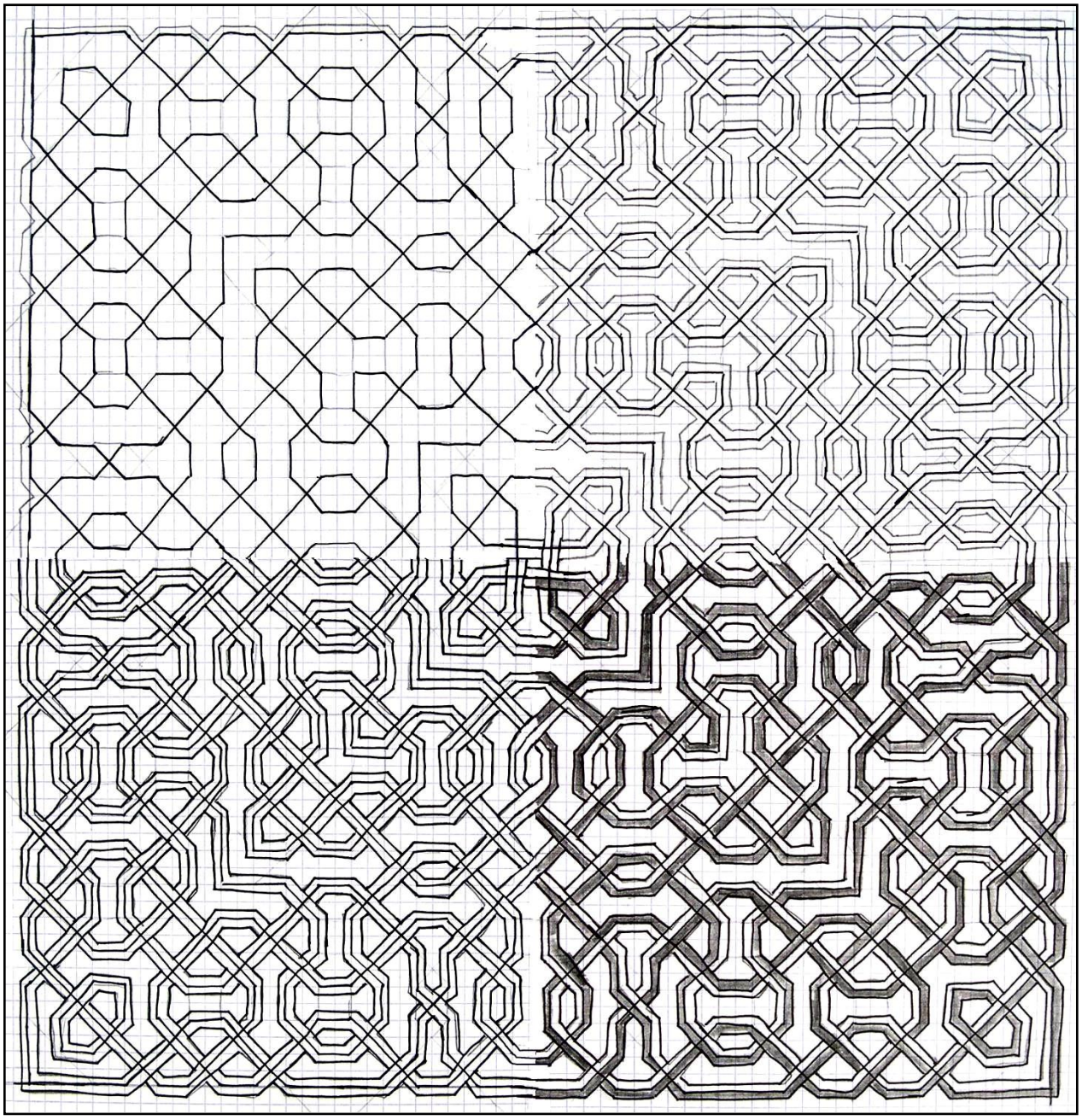
Tous les modules sont placés.



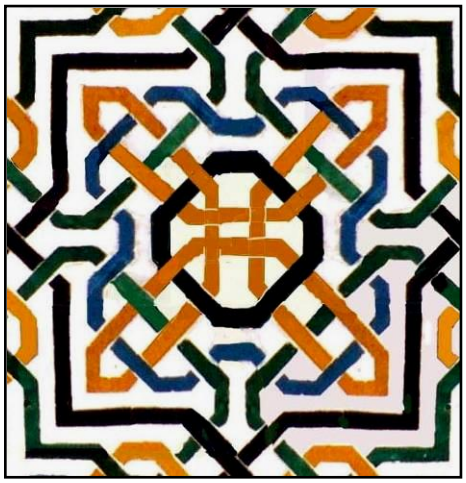
Le motif central et la frise périphérique sont réunis par un laçage.



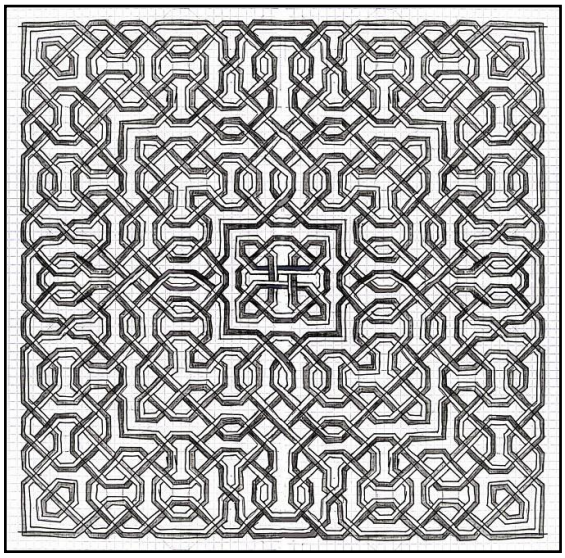
Les traits du module sont interprétés pour terminer le motif.

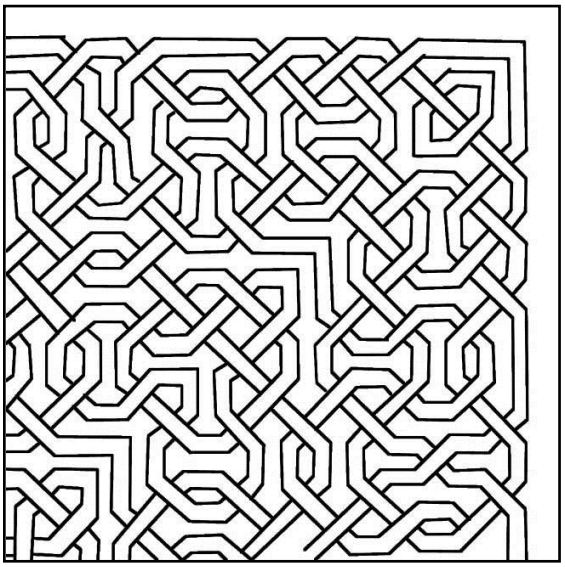




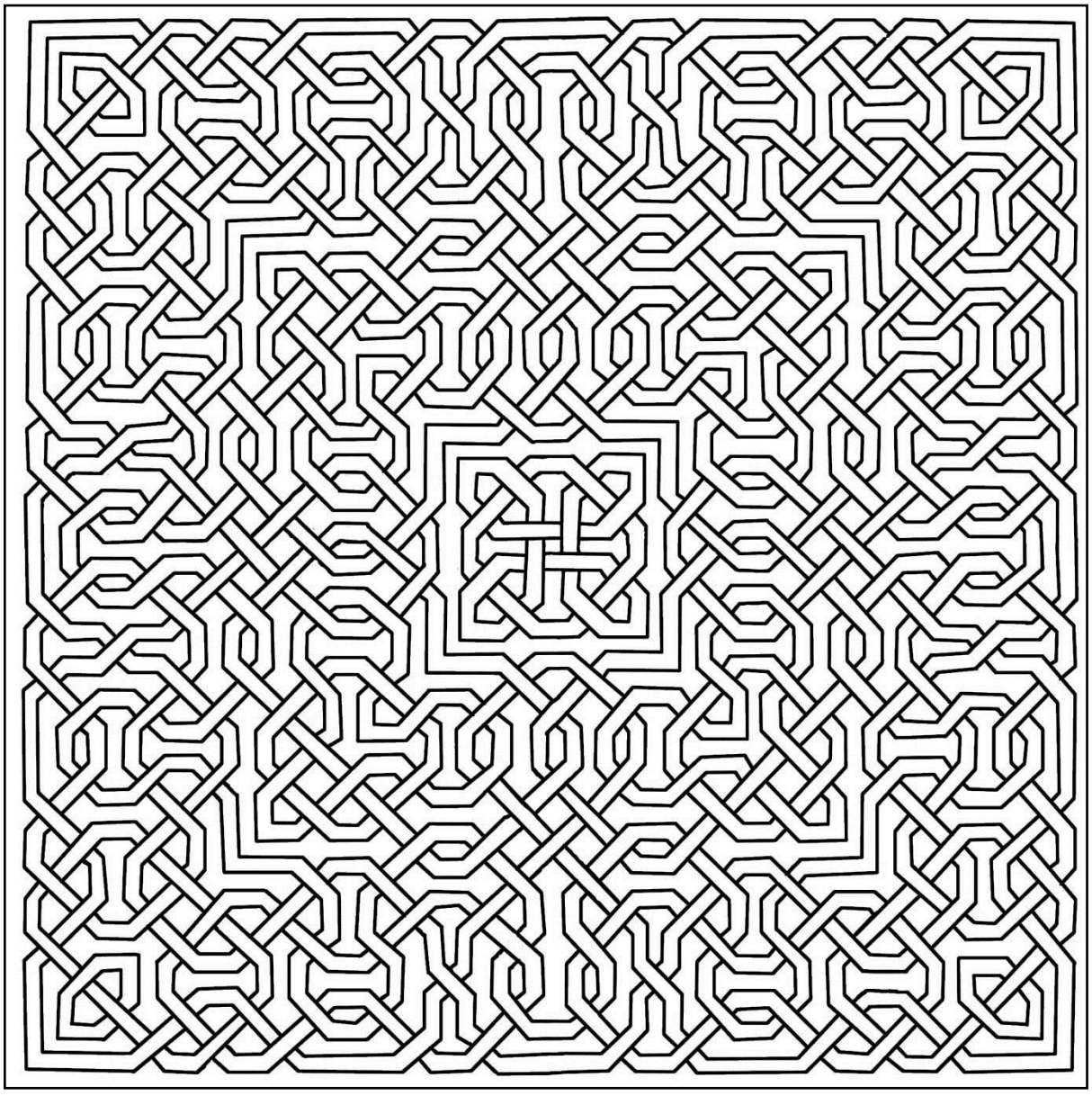


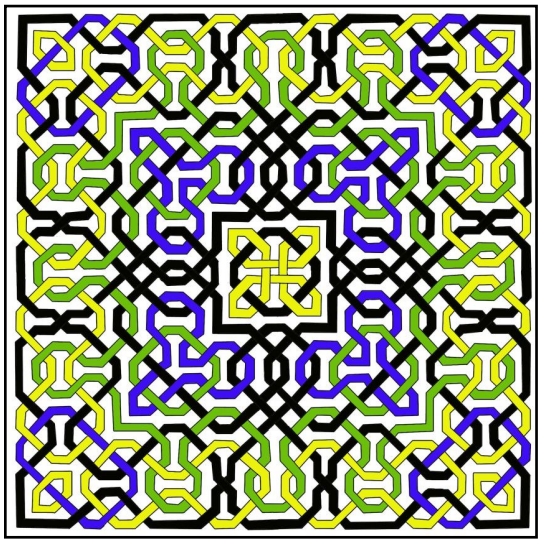


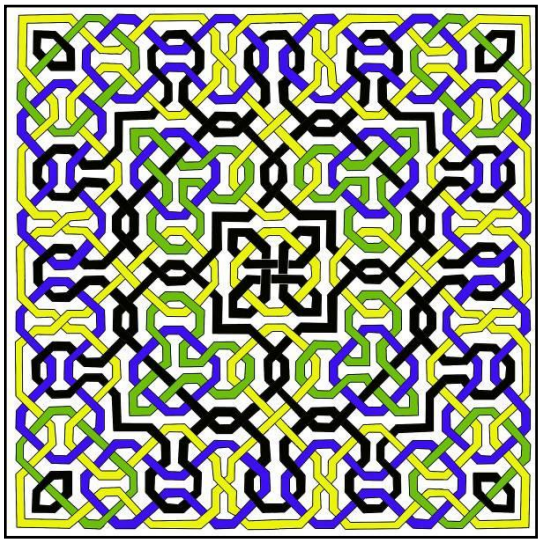


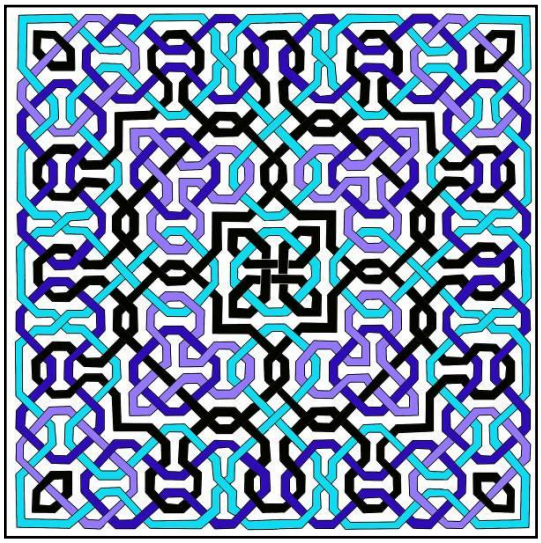


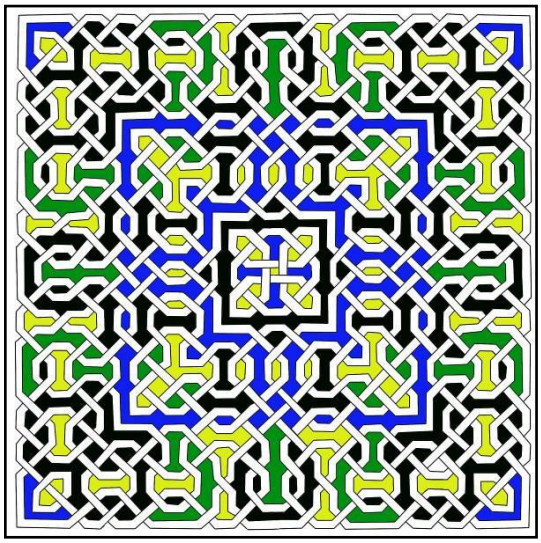
Détourage à l'ordinateur pour pouvoir choisir les couleurs ou pour imprimer le gabarit nécessaire à la construction.



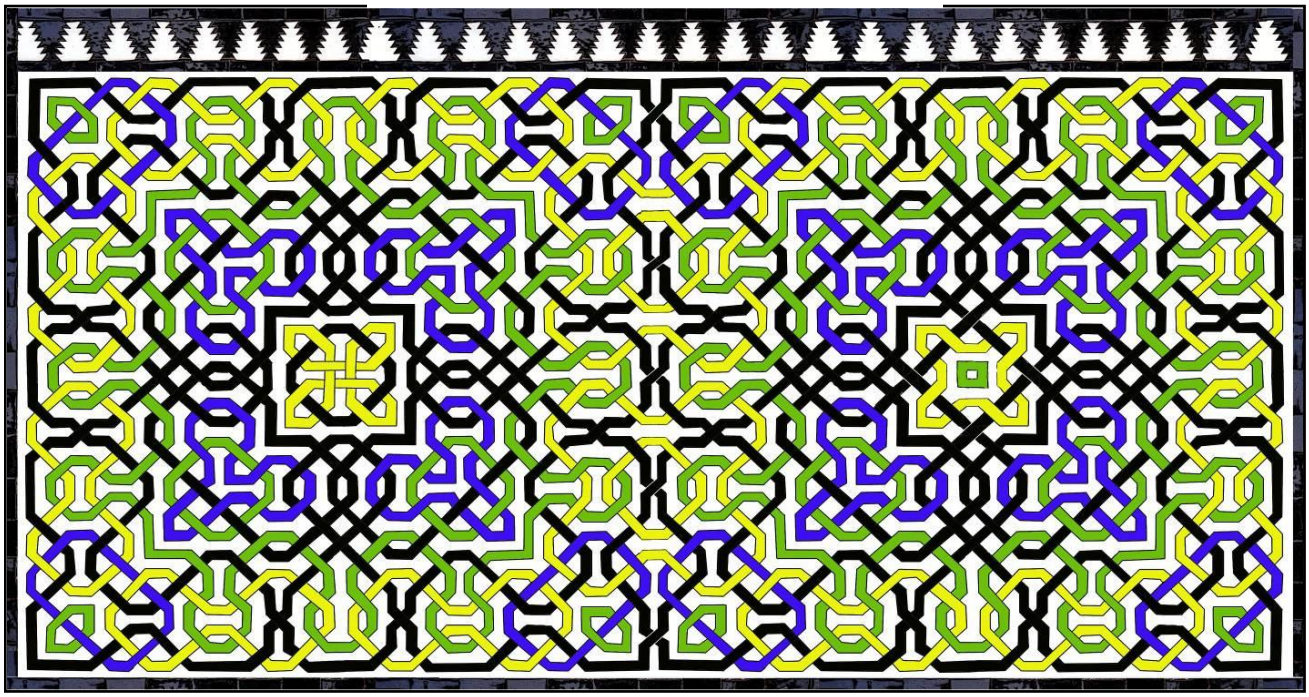




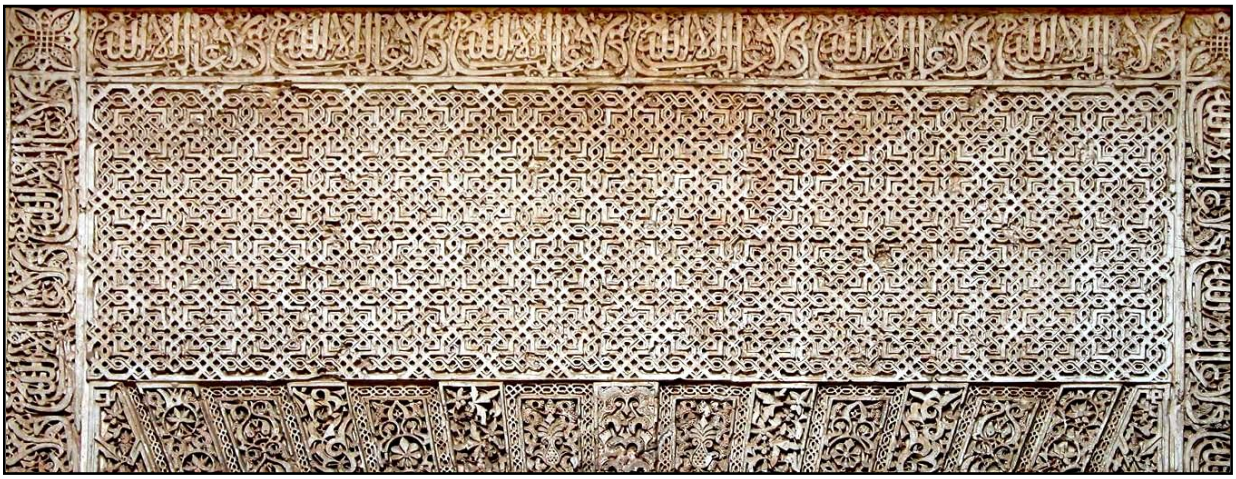


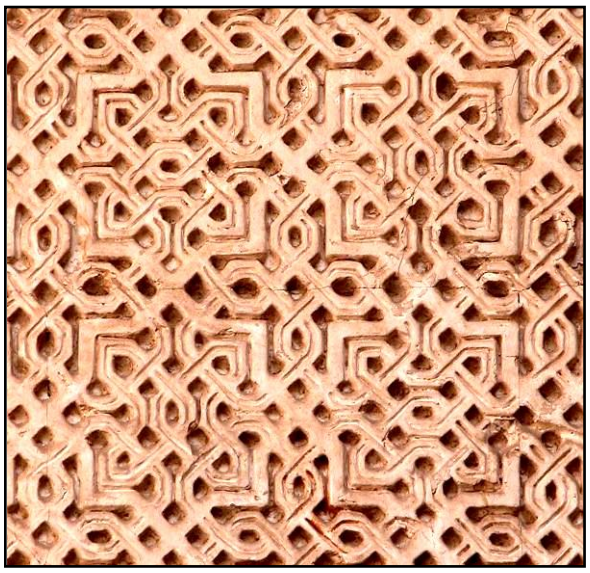


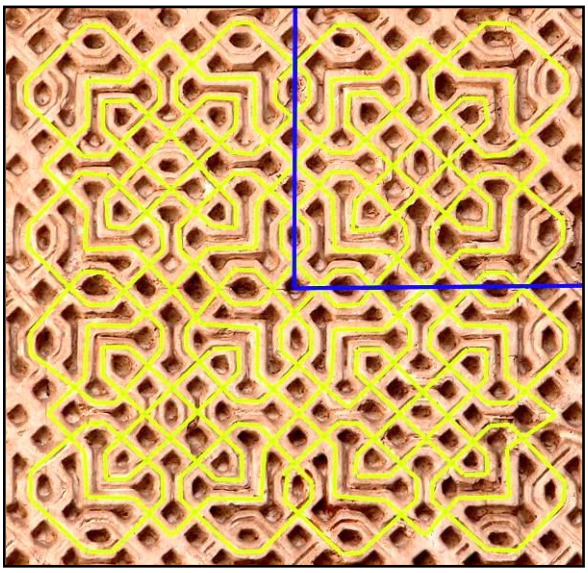
Choix des couleurs.



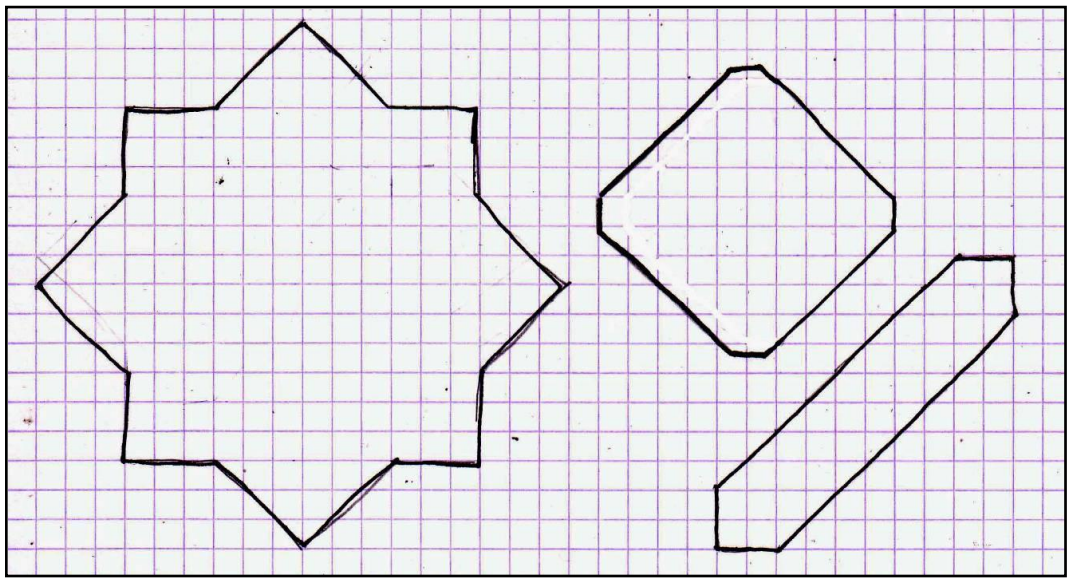
Linteau de l'Alhambra : entrée du Mexuar en stuc.

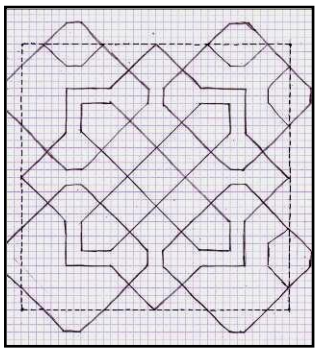
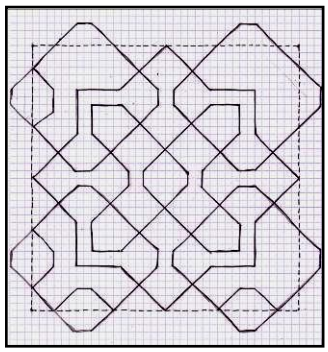
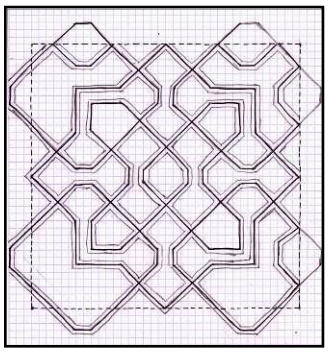
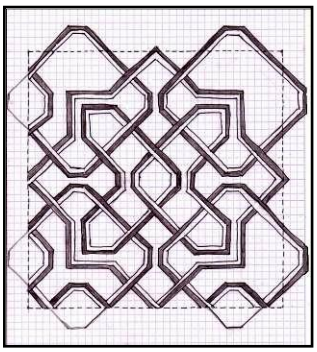
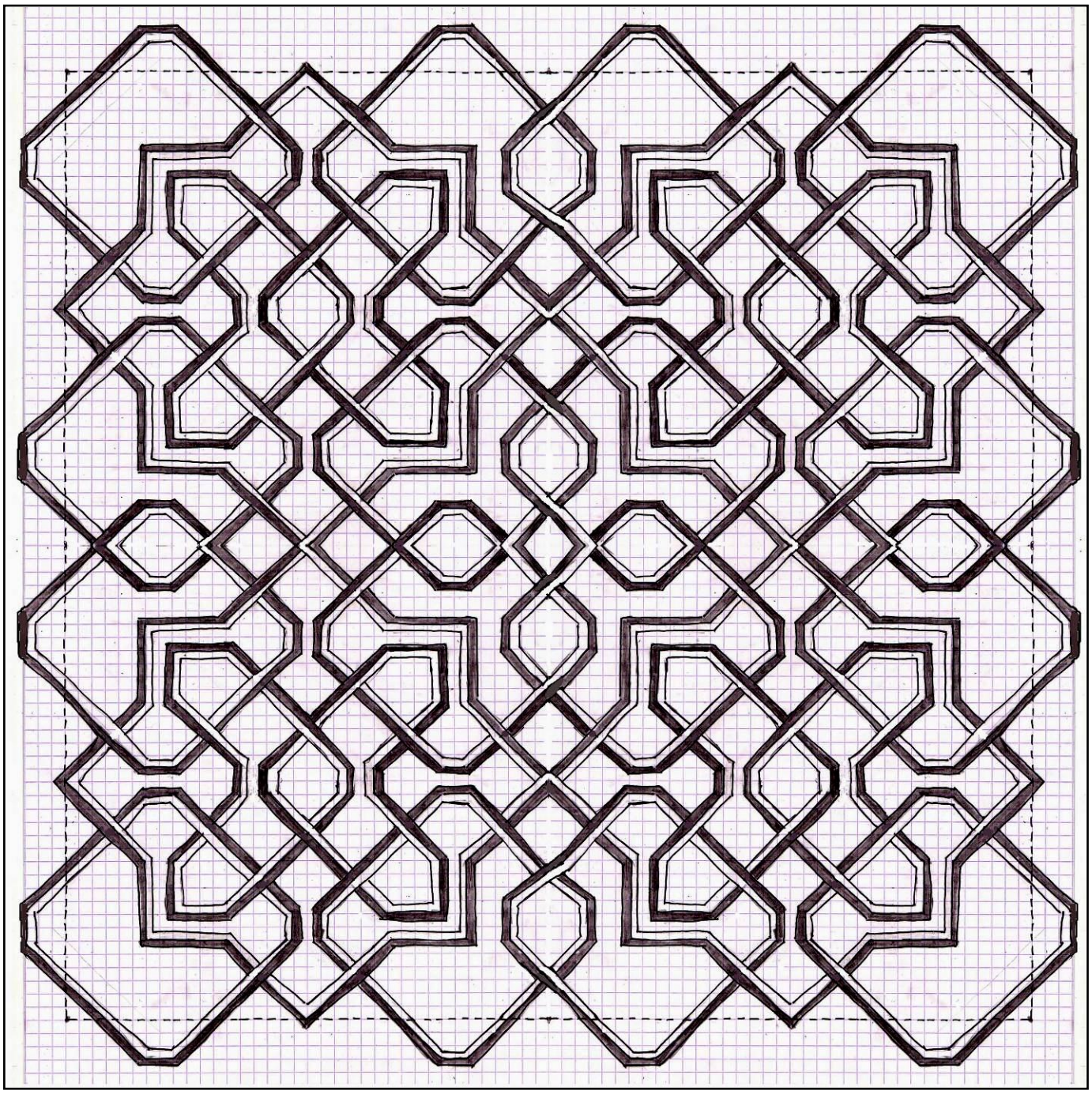




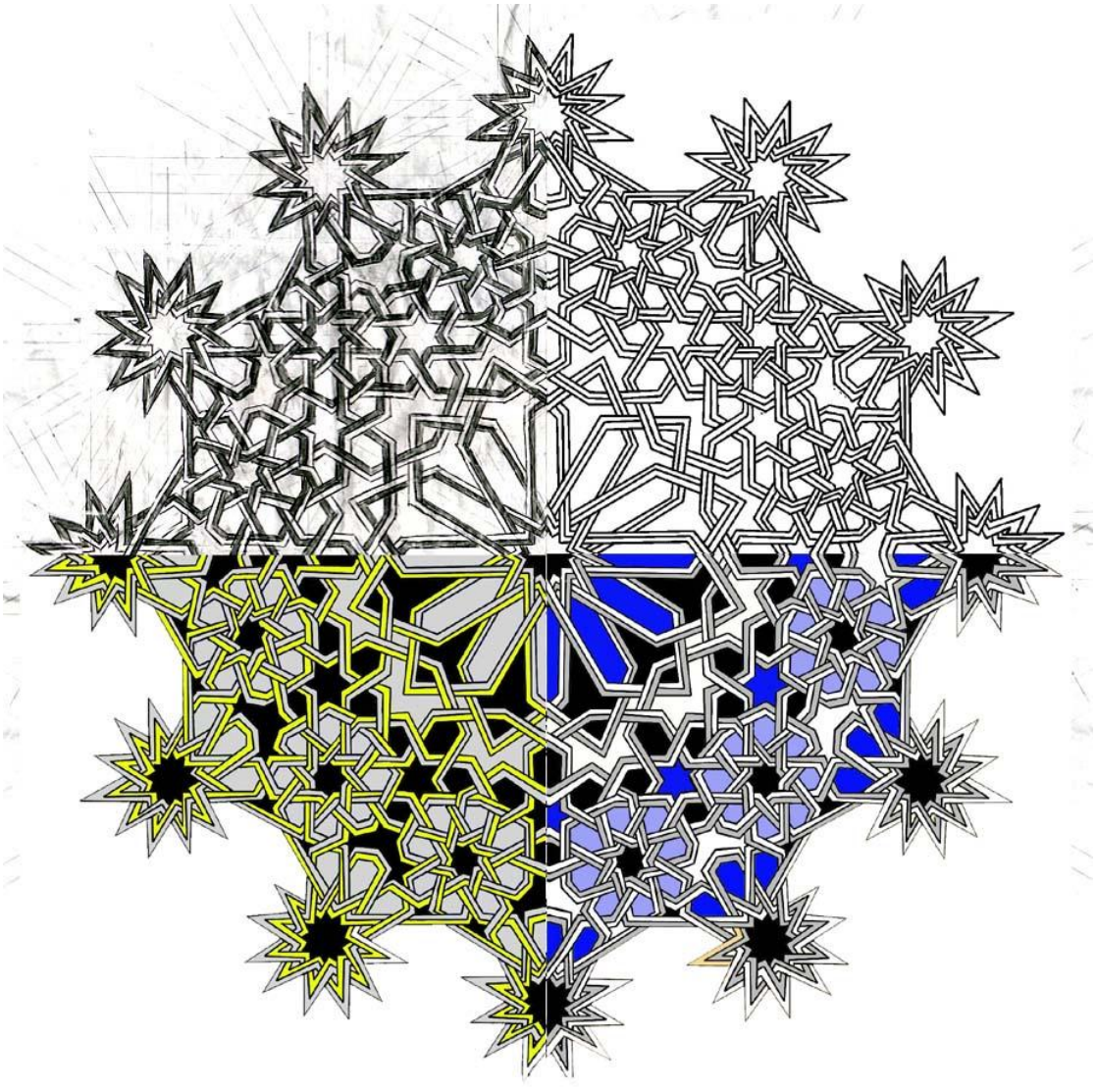


Choix des modules utilisés pour construire le carré minimal.



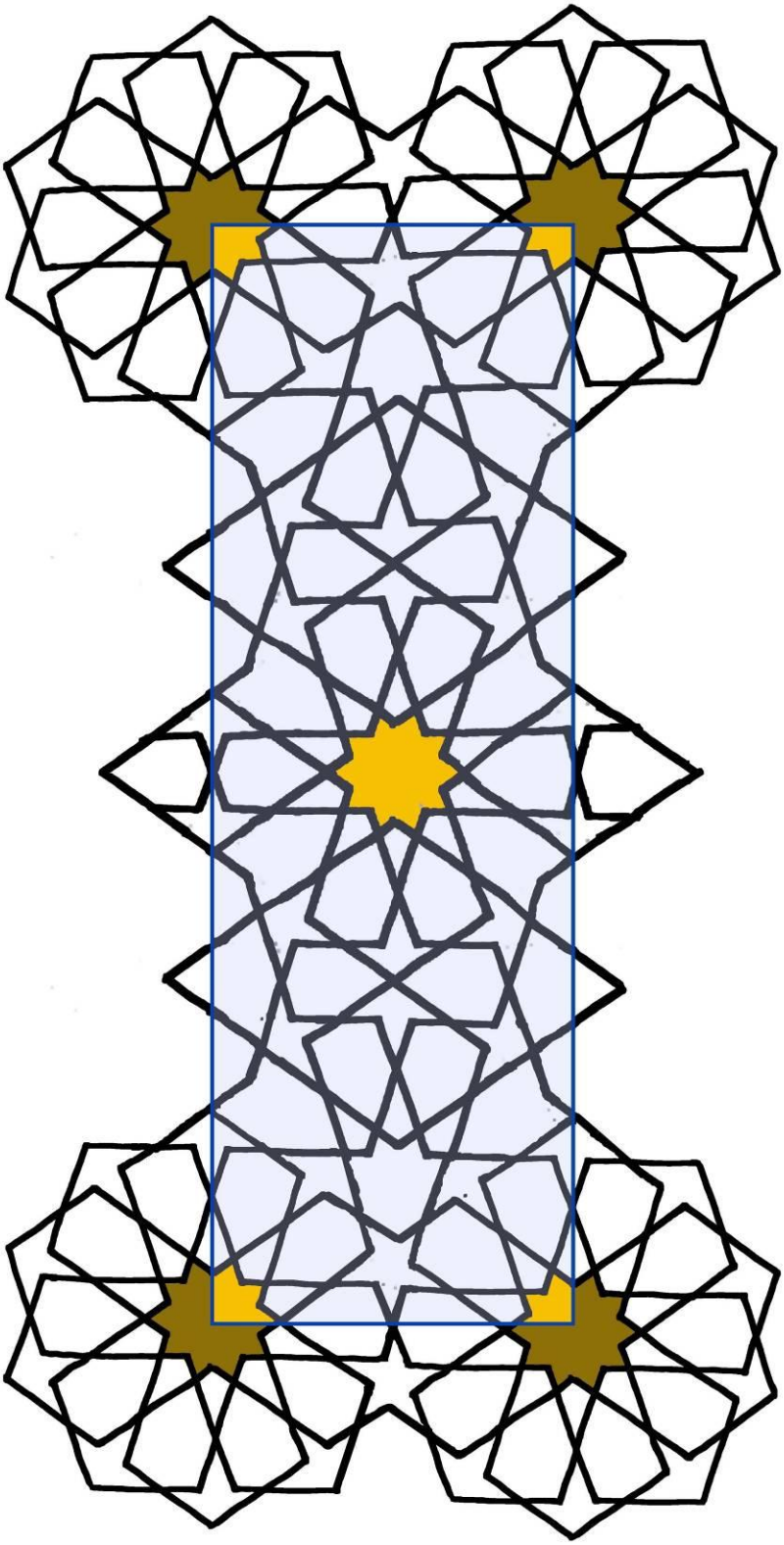
La géométrie des Arabesques



LE SYSTEME HEXAGONAL
LE SYTEME PENTAGONAL

Composition d’étoiles à dix formant un système convergent pentagonal.





Porte d’un des mausolées ottomans de la Muradeye de Bursa.

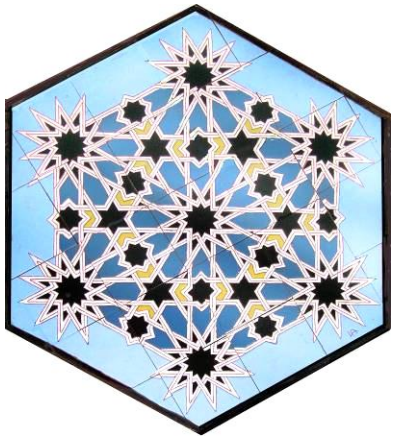
Système convergent hexagonal :

DIAPORAMA 1

DIAPORAMA 2

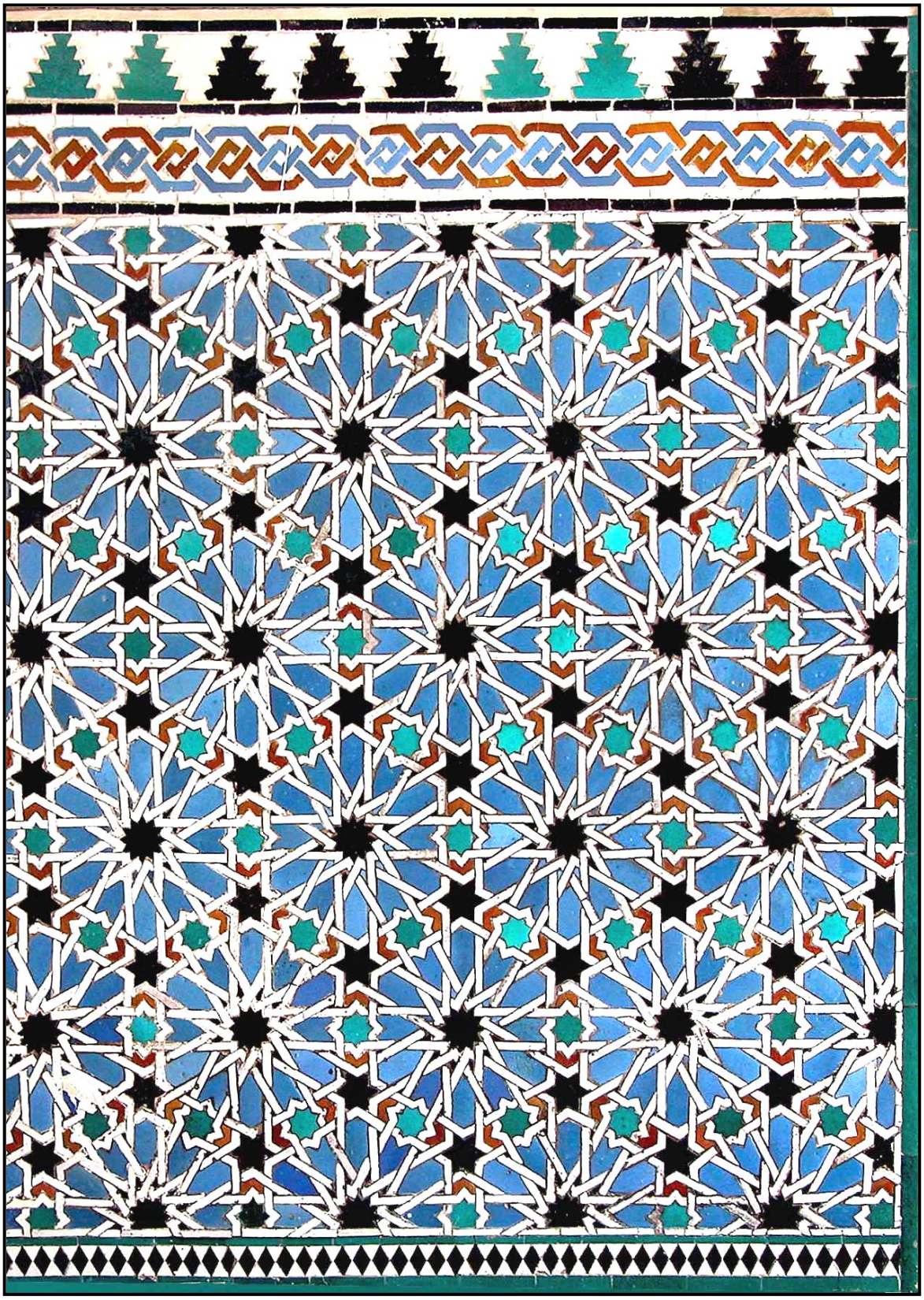




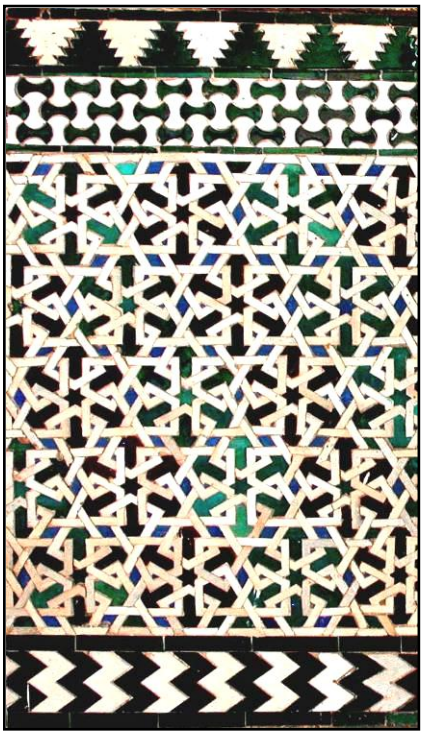


Entrelacs de cuivre formant des étoiles à douze sur le portail du palais royal de Fès.

RETOUR

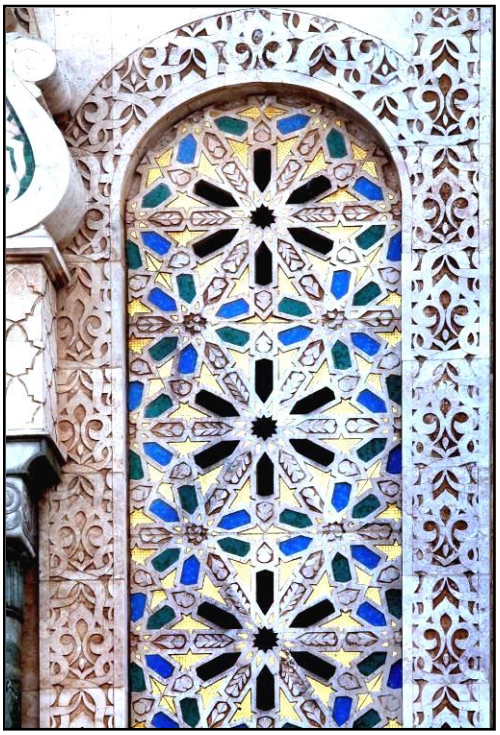


Alcazar de Séville, patio de las Doncellas.

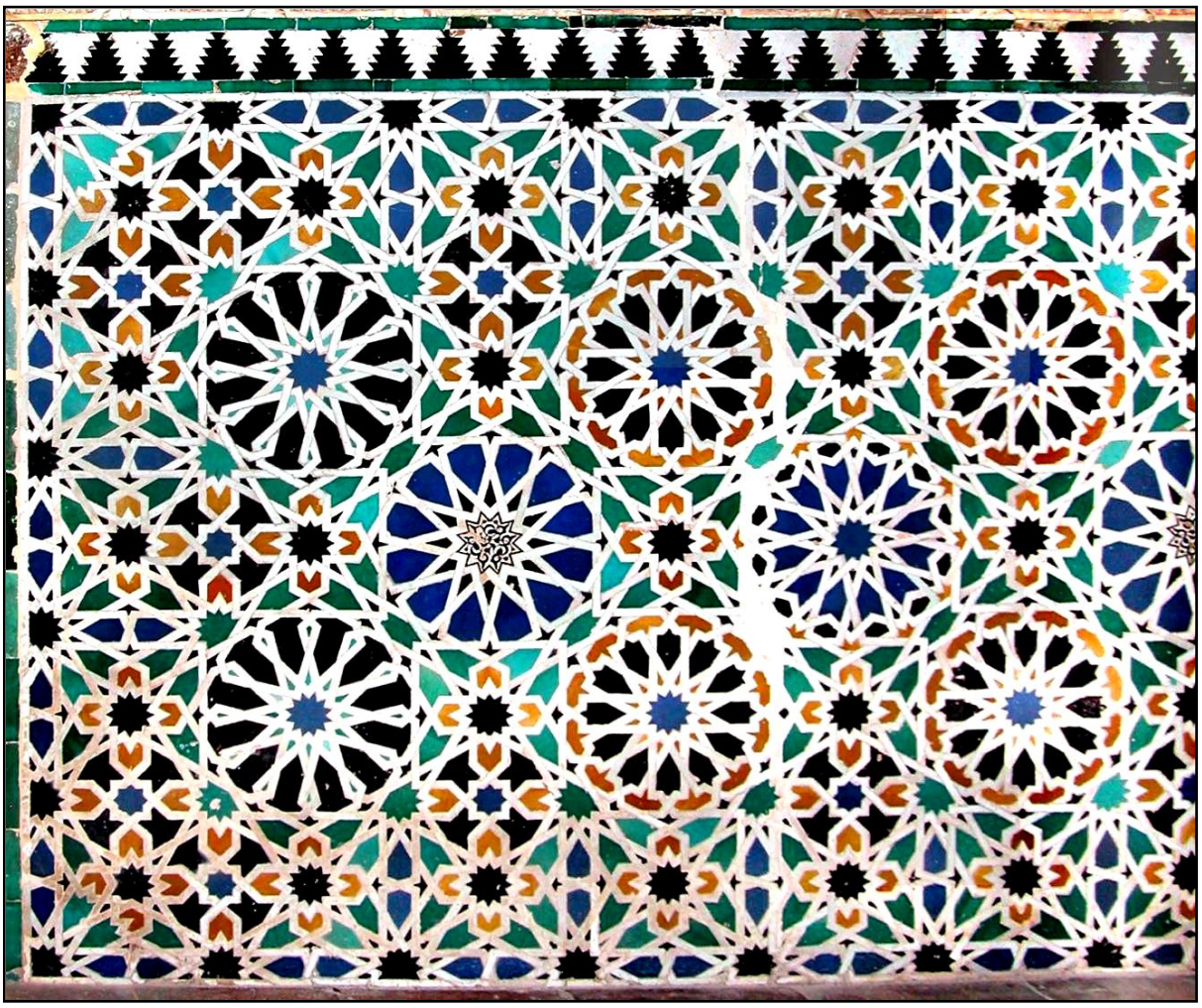


Alcazar de Séville.

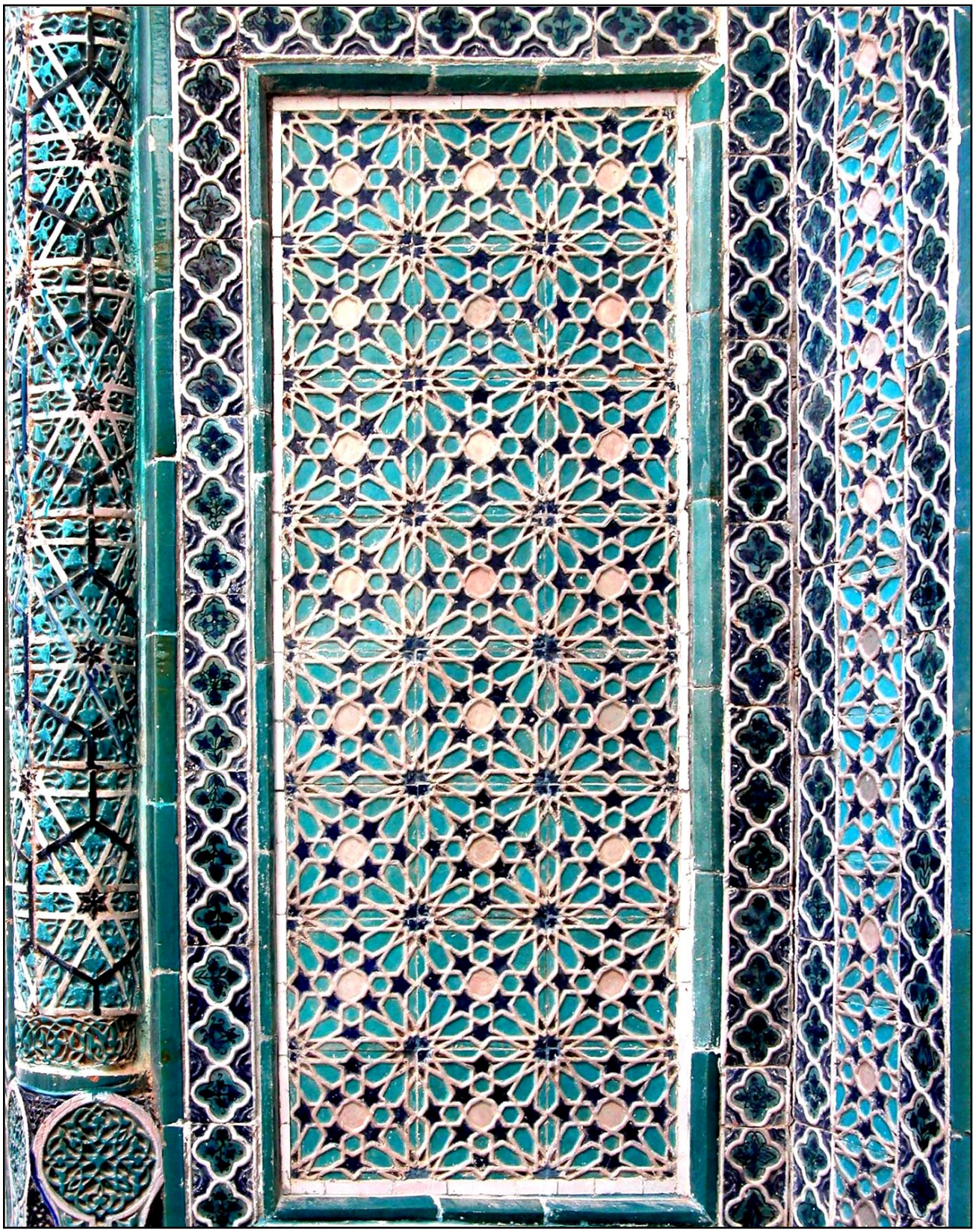




Mosquée Hassan II de Casablanca.

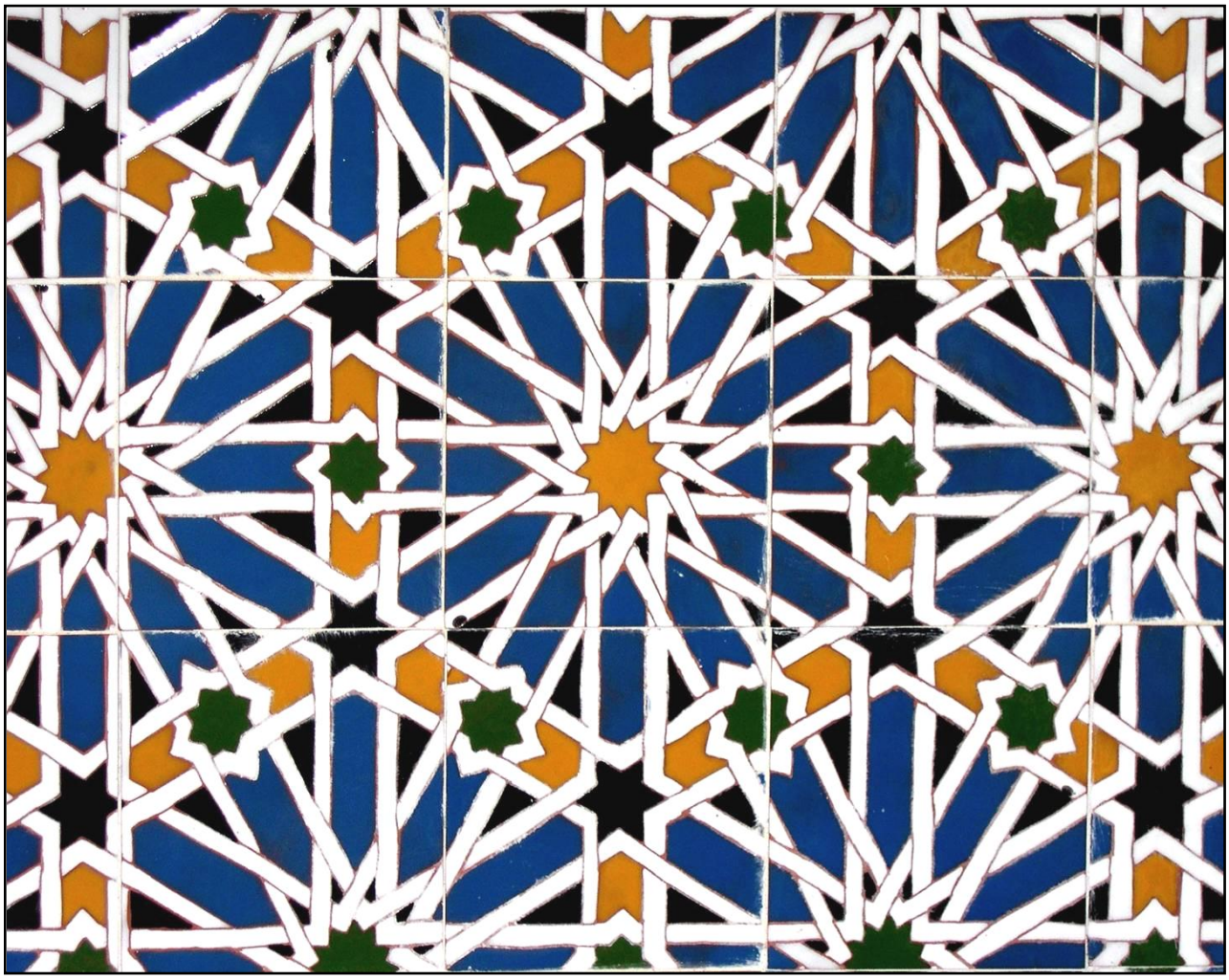


Composition d'étoiles à douze à Alhambra de Grenade.

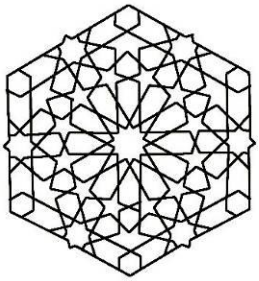


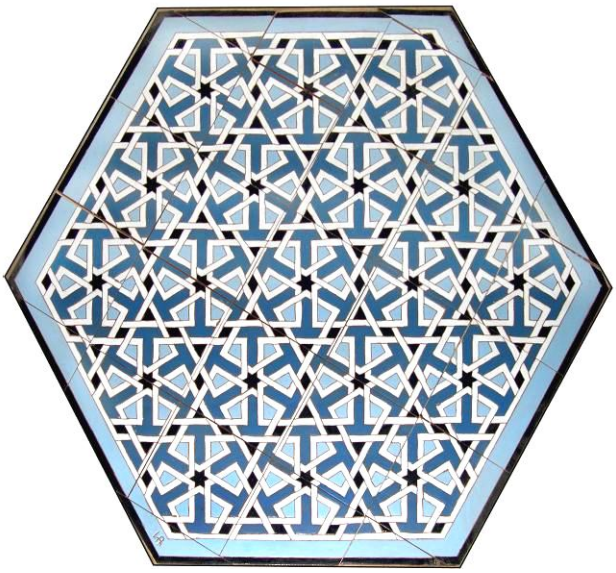
Pistach du mausolée de Khodja Akhmad à Shah-I-Zinda, nécropole de Samarcande.

Le nombre des axes de symétrie est un multiple de trois.

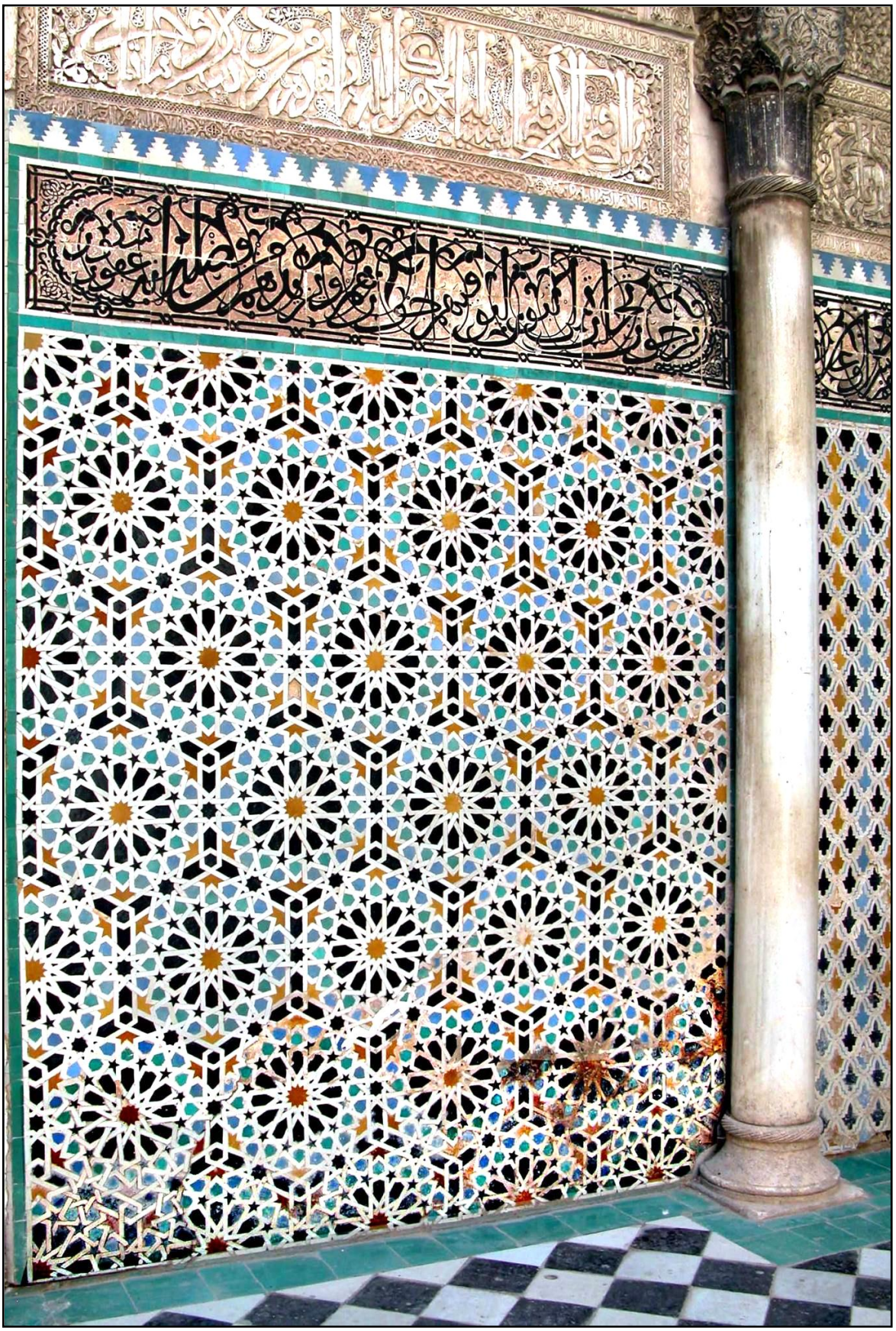






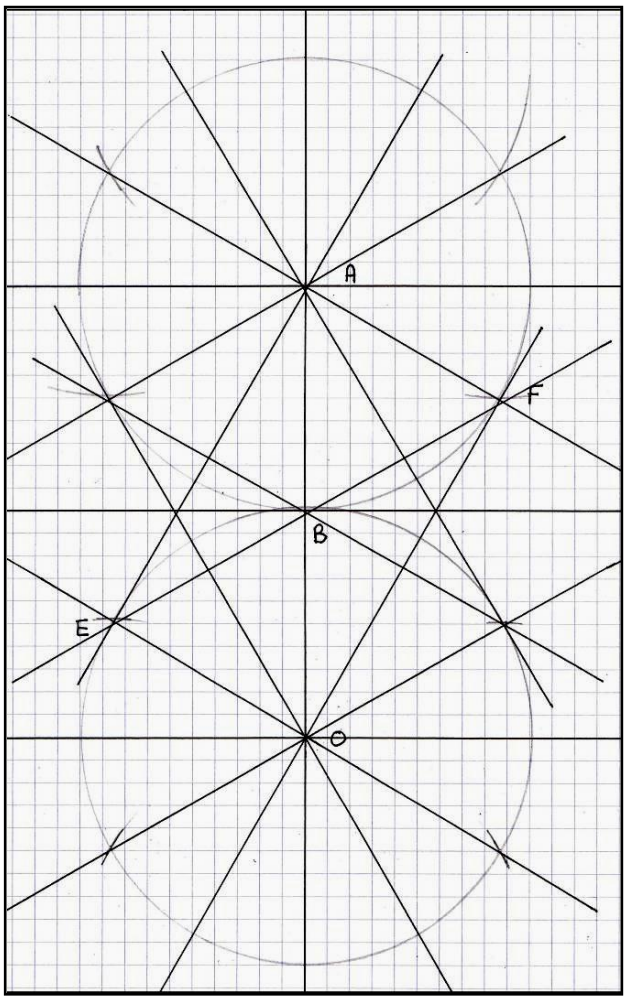


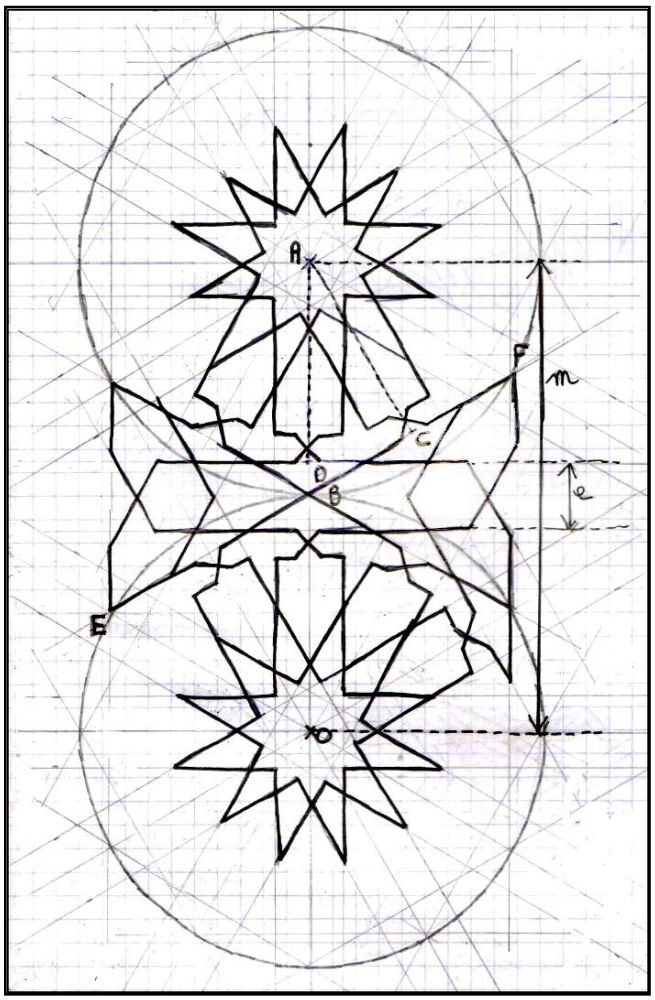
Plus de sceaux ni de saft : il faut définir une nouvelle maille ; ce sera la distance entre deux étoiles à douze.



Médersa Attarine de Fès.

Calcul de la maille :





AO = m pour utiliser la méthode de dessin, il faut pouvoir calculer la largeur de la bande en fonction de **m**.

Nous connaissons la maille.

$AO = m$ distance de deux étoiles

Nous avons BD est une demi bande

$$BD = \frac{e}{2}$$

$$BD = AB - AD$$

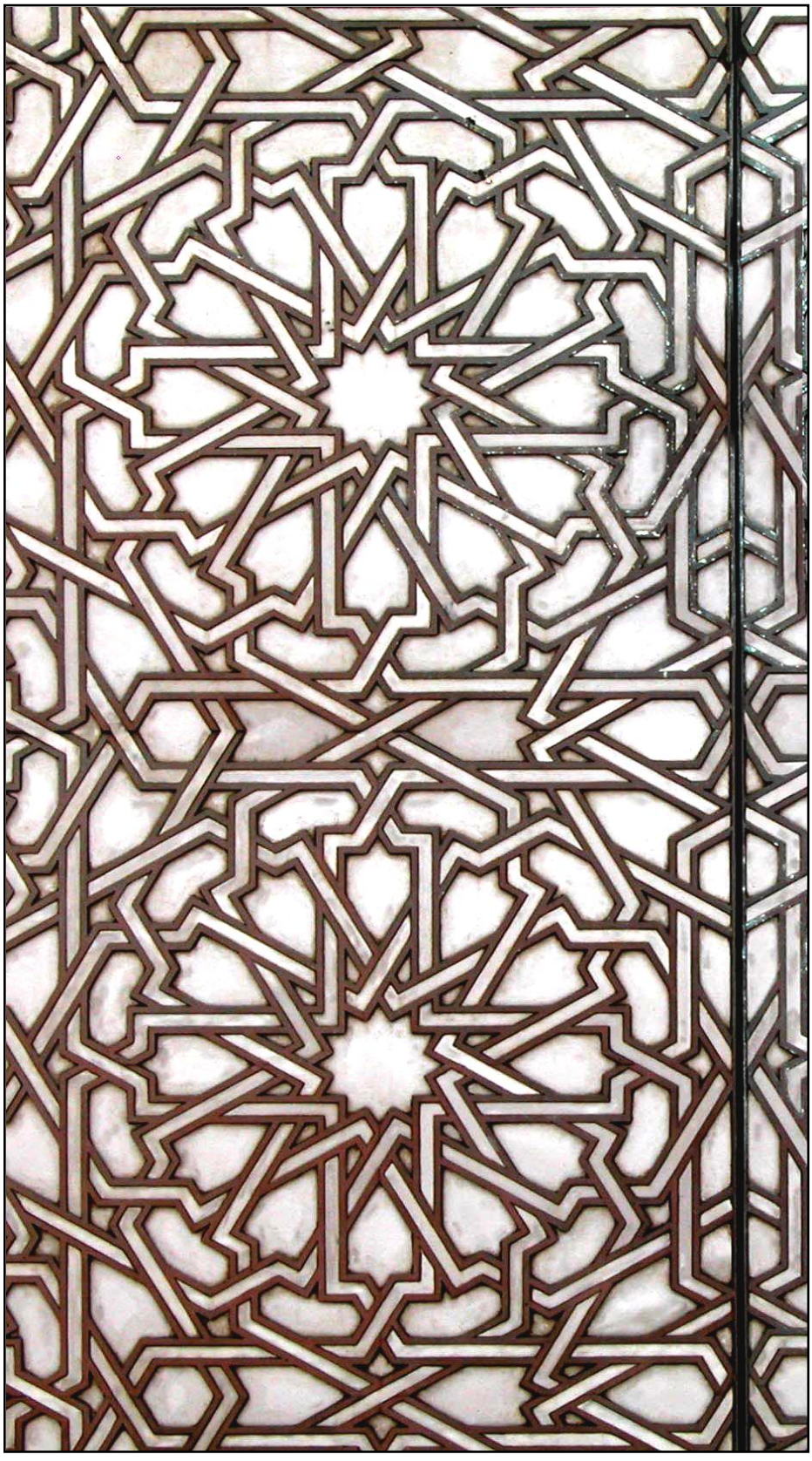
$$BD = AB - AC \quad \text{or } AC = AB\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ donc :}$$

$$\frac{e}{2} = \frac{m}{2} - \frac{m}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{donc}$$

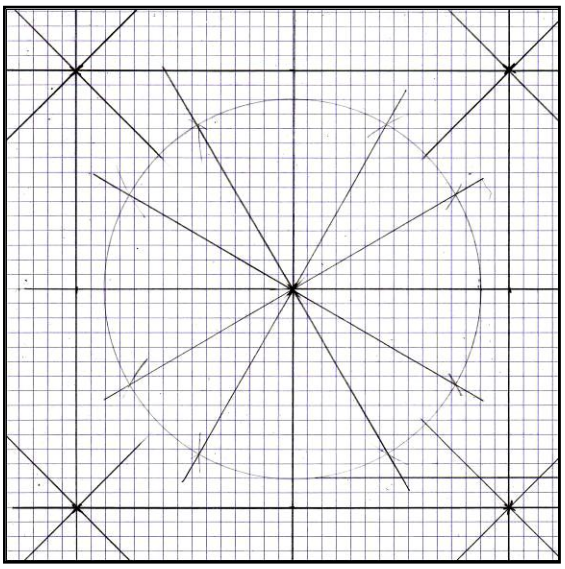
$$e = m\left(\frac{2-\sqrt{3}}{2}\right)$$

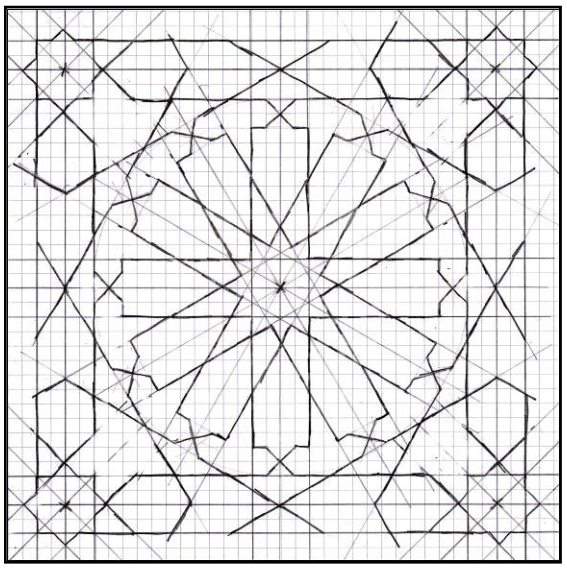
$$\boxed{e = m \times 0{,}134}$$

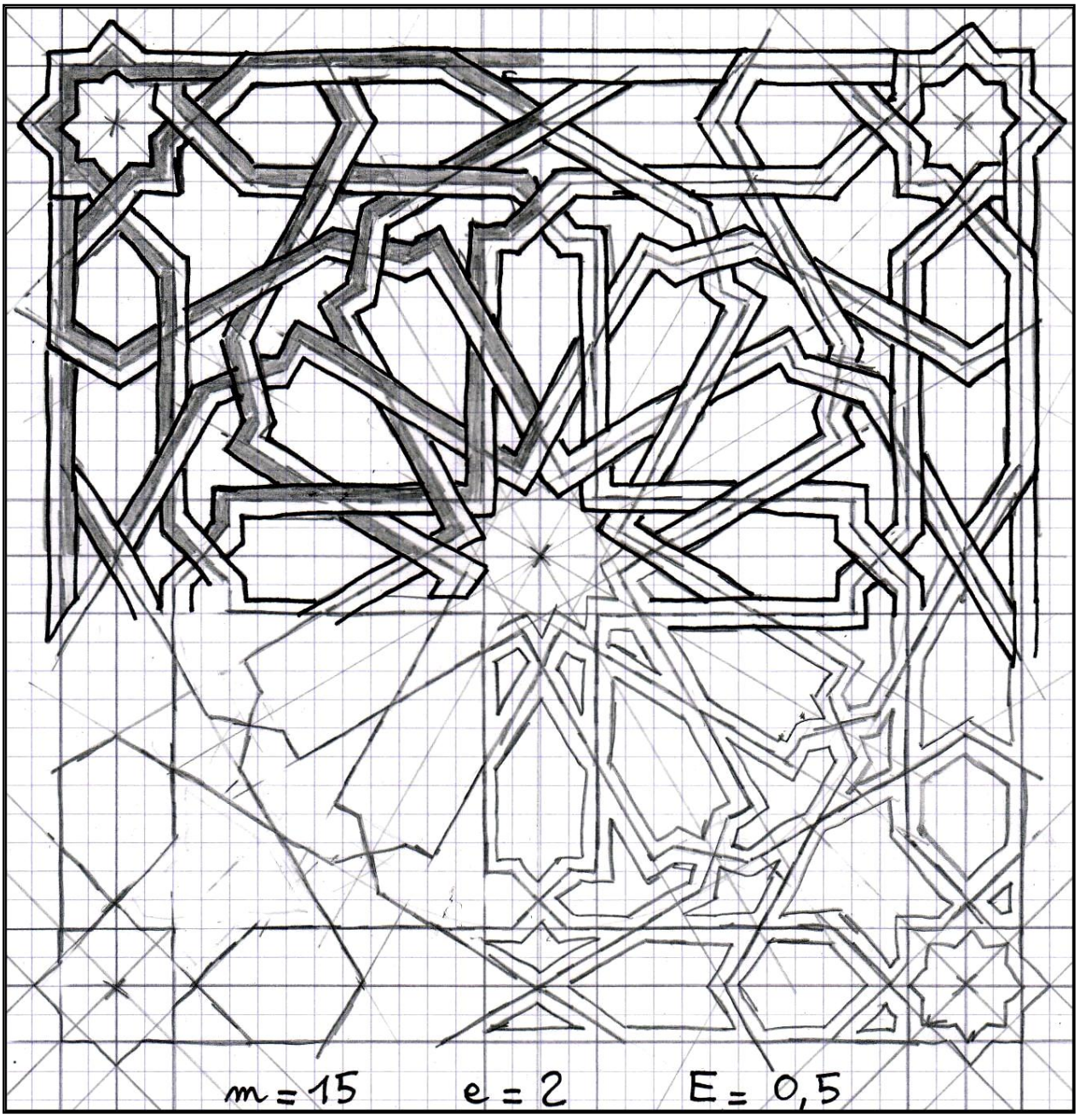
Construction des entrelacs :



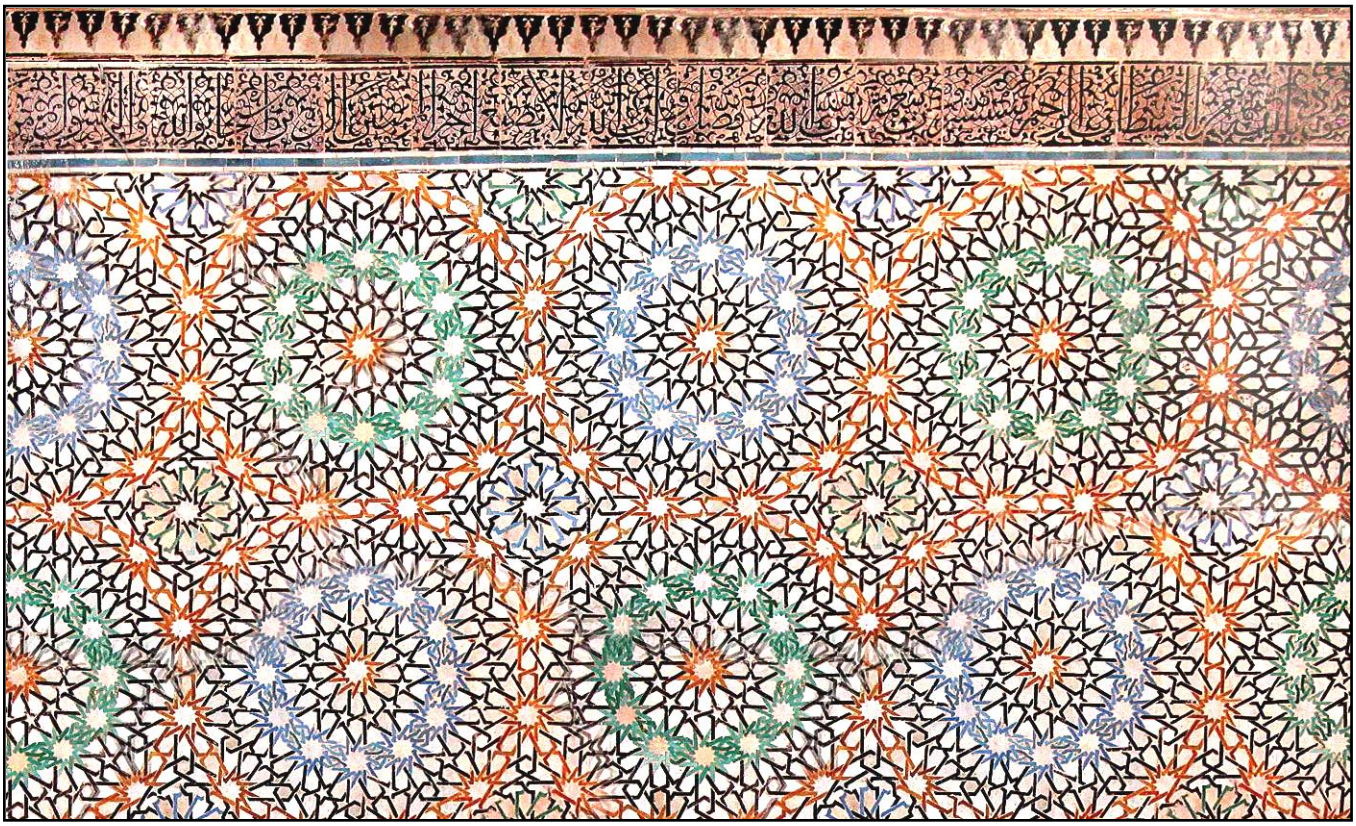
Porte de titane de la mosquée Hassan II.





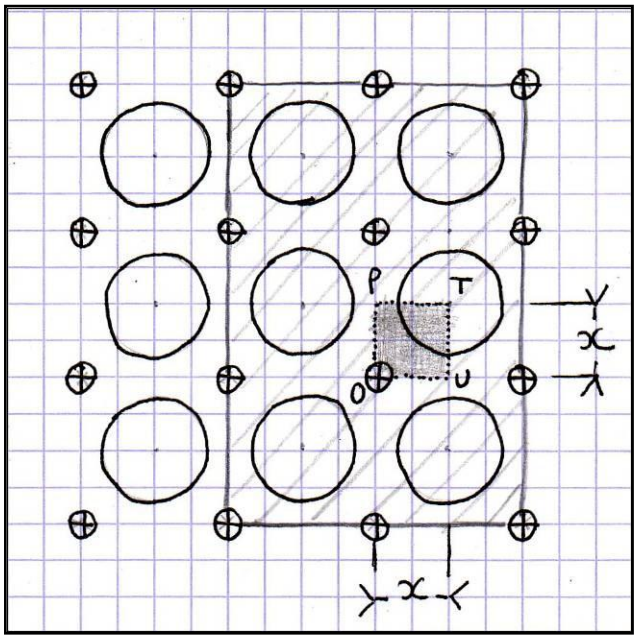

m = 15
e = 2
E = 0,5

Exemple de construction :



Tombeaux Saadiens à Marrakech.

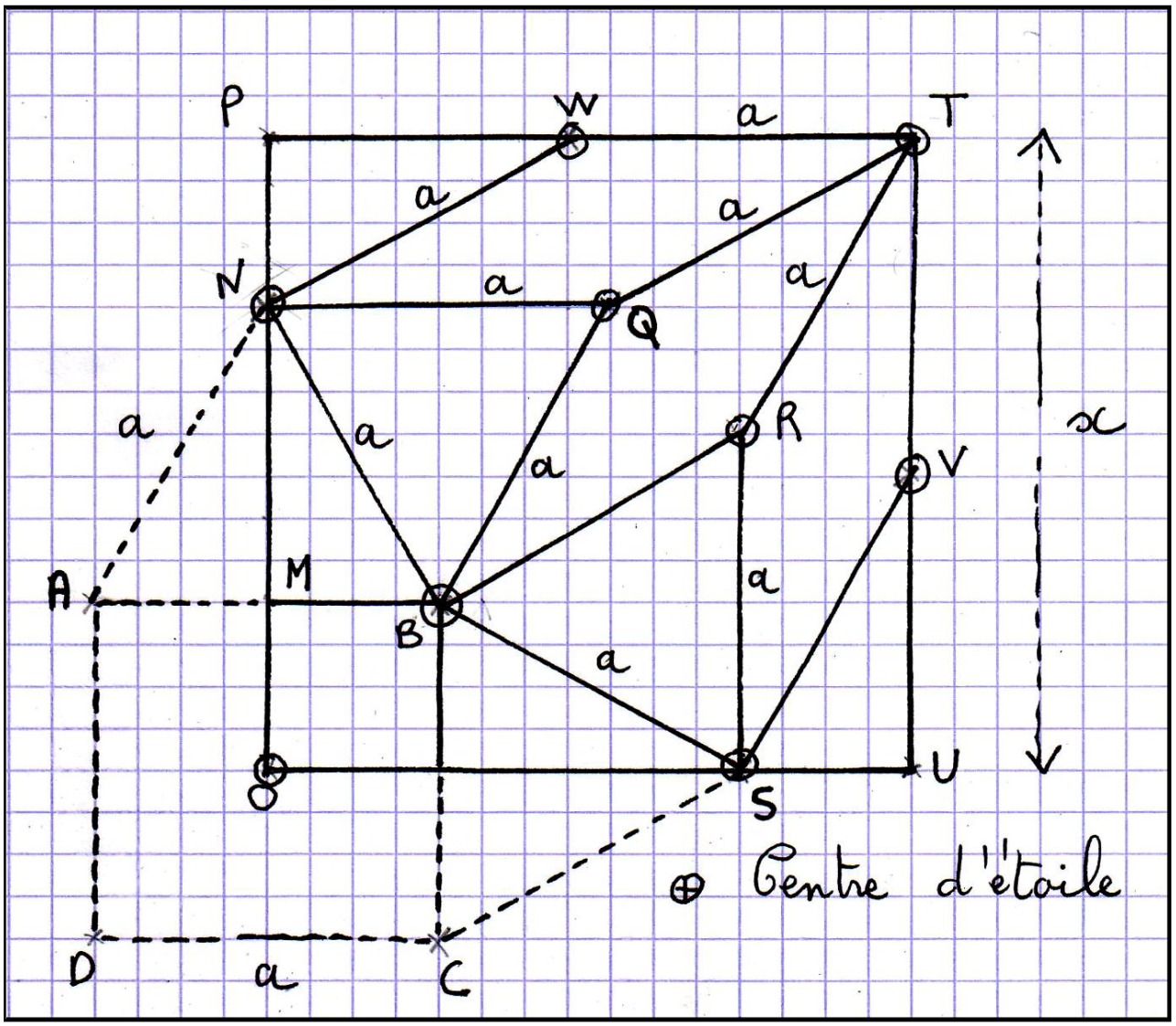
Sur cet exemple, ce sont les entrelacs qui sont colorés. Toutes les étoiles de la construction sont des étoiles à douze ainsi que les satellites.



L'étude ci contre permet de tracer le carré minimal de mesure **x** ; le choix de la valeur de **x**, sous multiple des dimensions du cadre, permet de cadrer le dessin.

Pour tracer le carré minimal **(OPTU)**, il faut construire :

- Le carré (ABCD)
- Les quatre triangles équilatéraux ayant un sommet en B.
- Le losange (BQTR) qui détermine la position du point T.
- Le carré minimal (OPTU).
- Les centres S, V, W et N. les centres des étoiles sont ainsi tous définis.
- La maille cachée **ON = m .**



a = mesure du côté des triangles équilatéraux et du carré (ABCD)

$MN = \frac{a\sqrt{3}}{2}$ $MO = \frac{a}{2}$ $PN = \frac{a}{2}$

$ON = m = \frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2}$ donc $a = m(\sqrt{3}-1)$

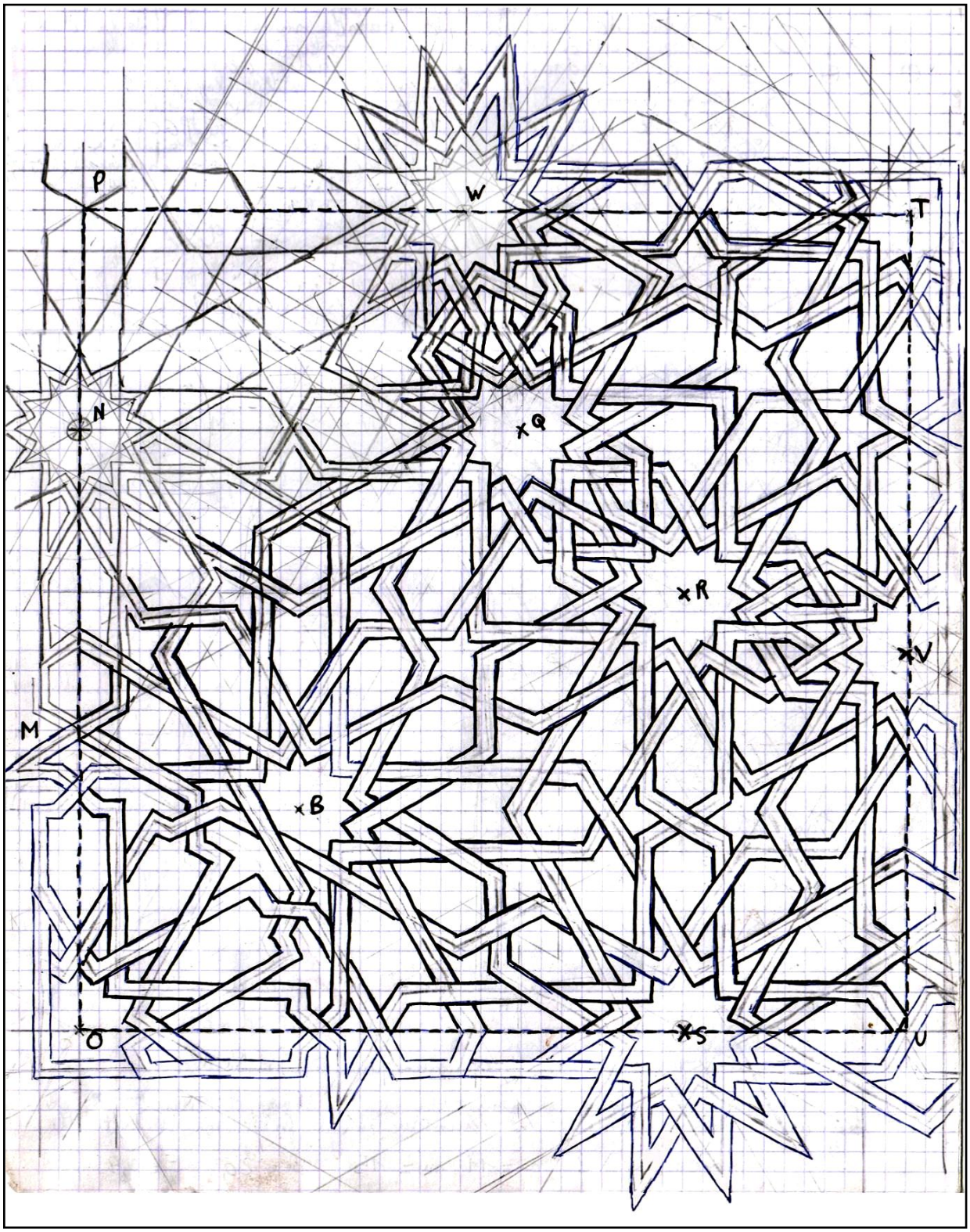
x = mesure du côté du carré minimal

$x = \frac{a}{2} + \frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2}$ donc $\begin{cases} x = a \times \frac{2+\sqrt{3}}{2} \\ a = m(\sqrt{3}-1) \end{cases}$

donc $m = x(\sqrt{3}-1)$

ou $x = m\frac{\sqrt{3}+1}{2}$

Tous les éléments permettant la construction de ce panneau sont ainsi connus.



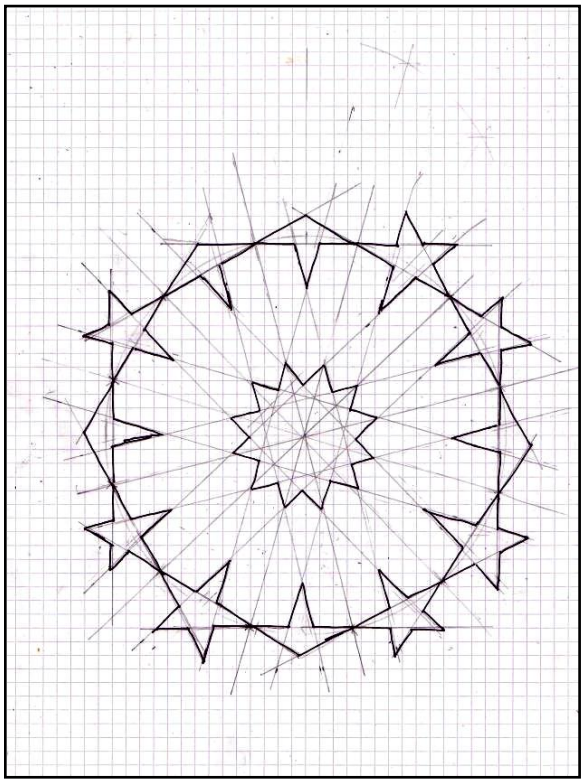
x = 20,5 permet de calculer **m = 14,4** puis **a = 11** **e = 2** et **E = 0,4**
Construction du carré **(ABCD),** des triangles équilatéraux **(ABN)(BCS)(BSR)(NBQ)** , du losange **(BQRT)** et des points **P , U , V , W.**
Il suffit de terminer la construction de la manière habituelle.

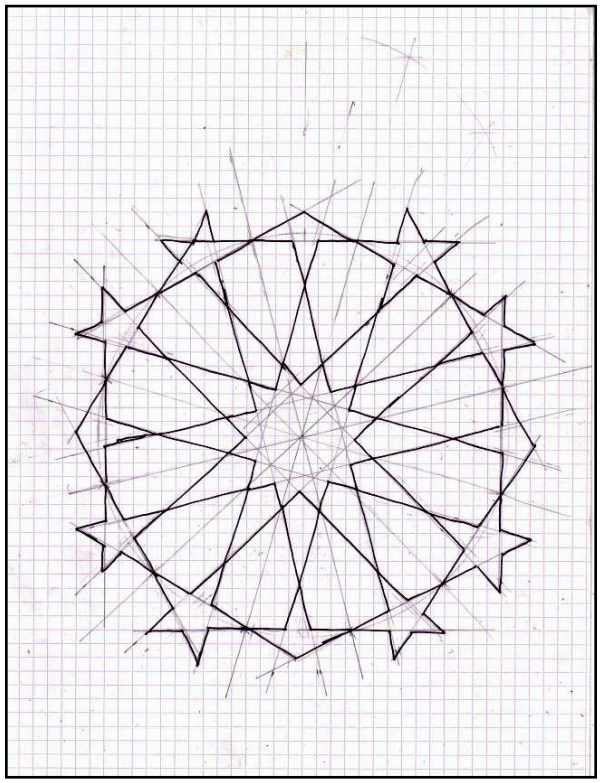


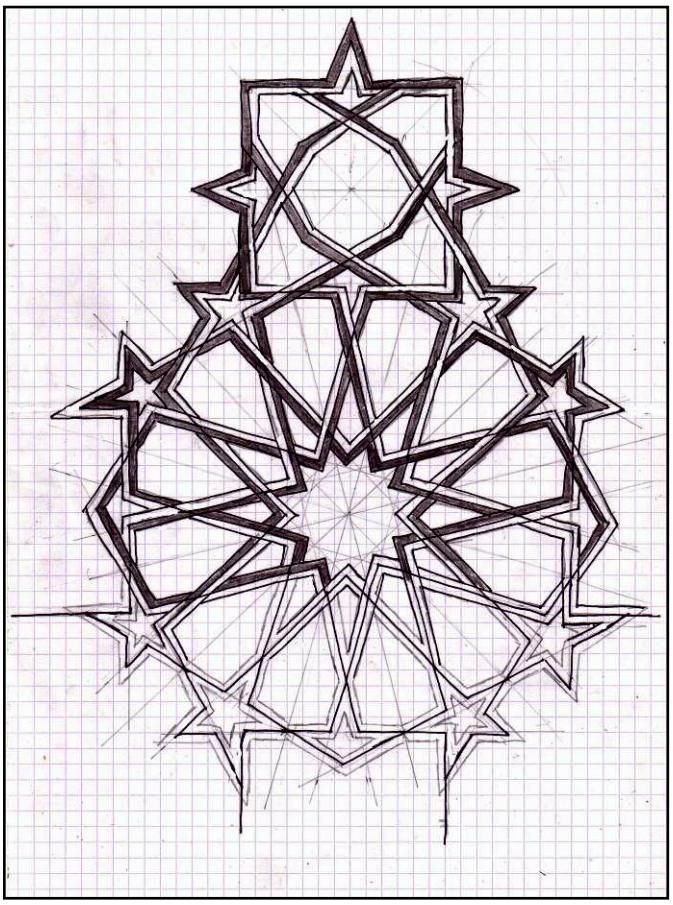
Mausolée de Moulay Ismaïl à Mekhnès.

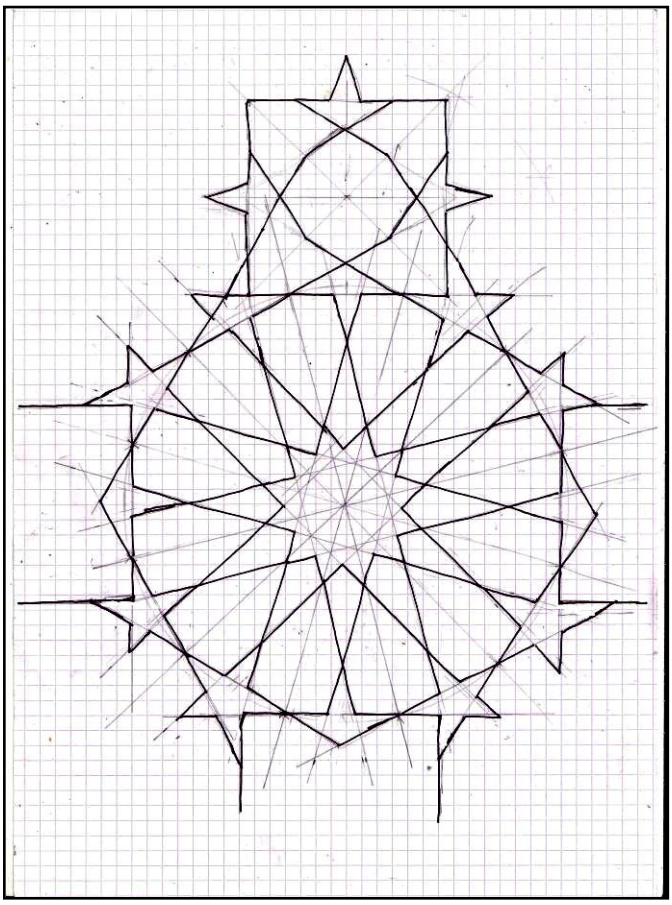


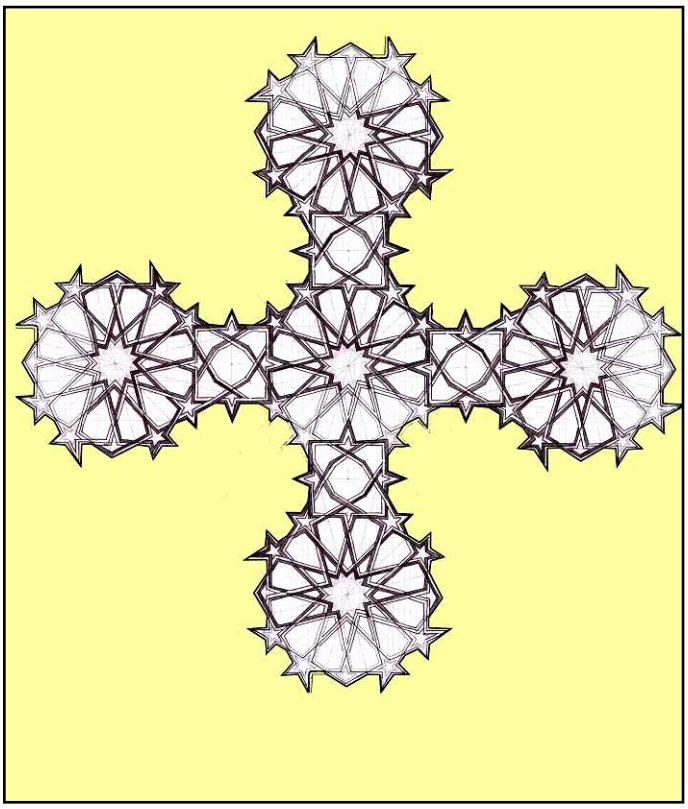
Cette porte en bronze du douzième, construite par l'architecte et mathématicien El-Cezire, provient de la mosquée de Cizre au sud est de l'Anatolie.

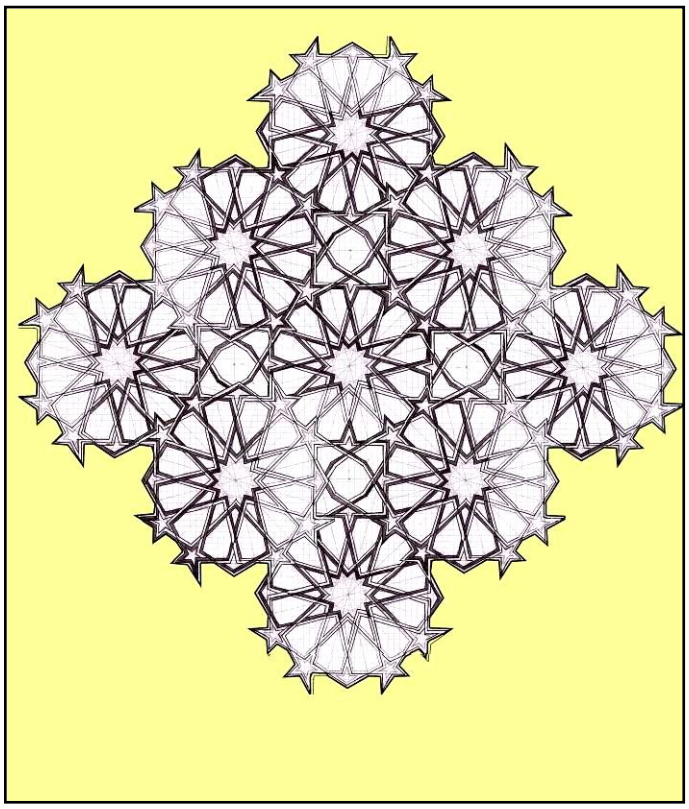


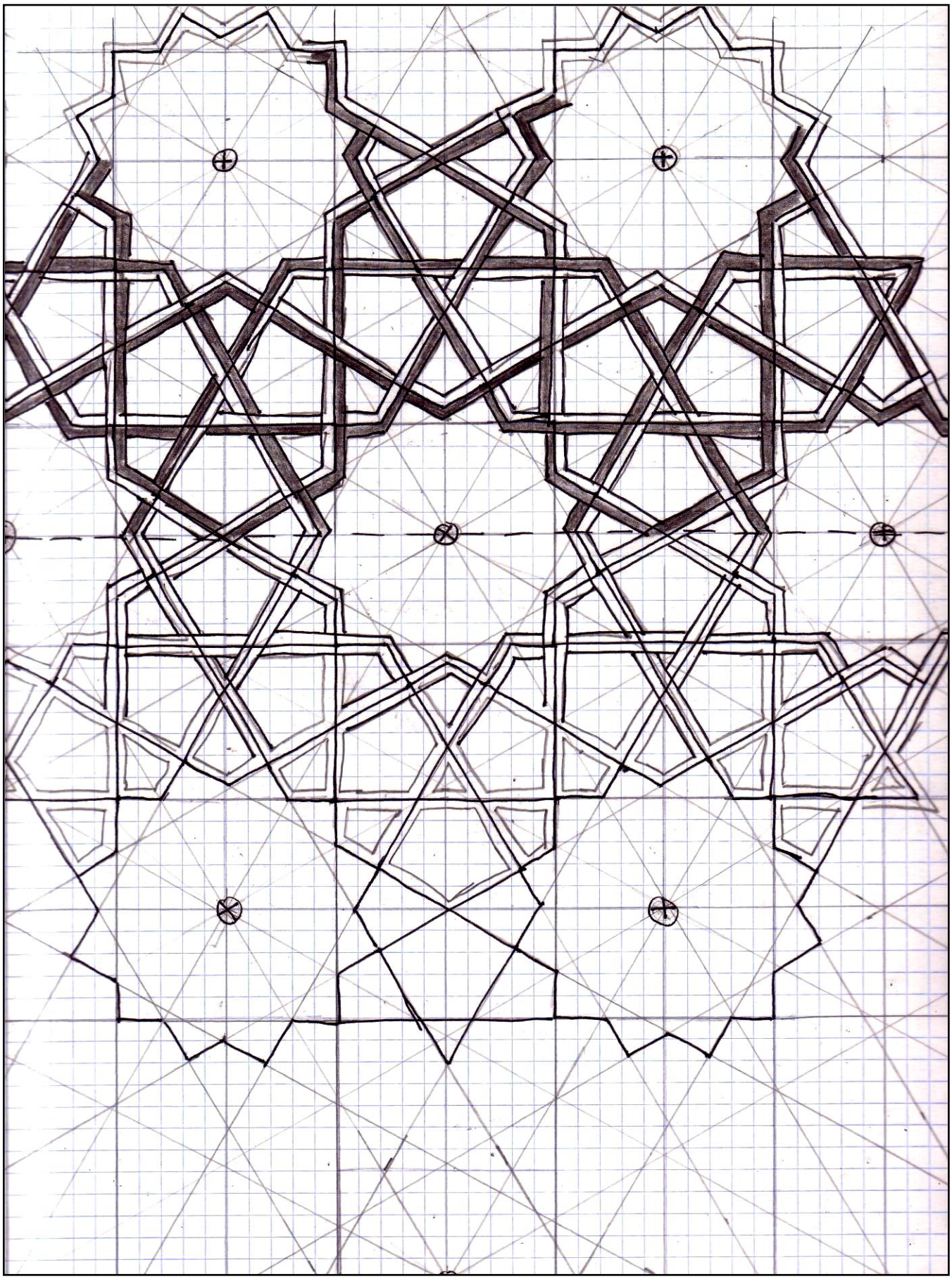


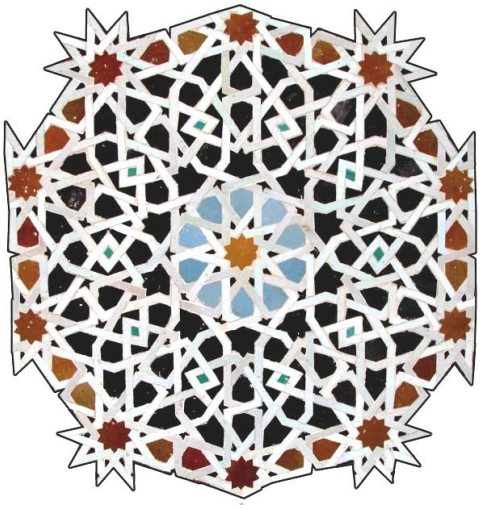


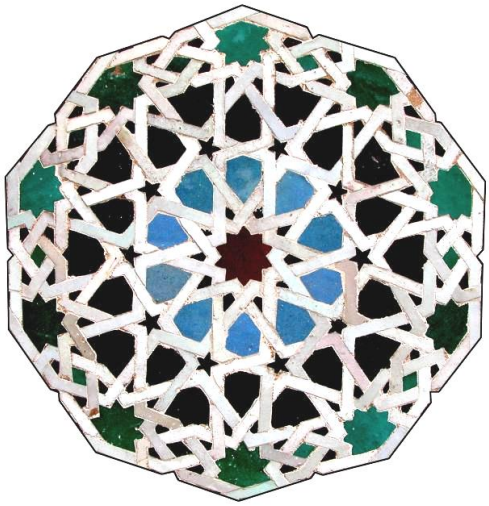








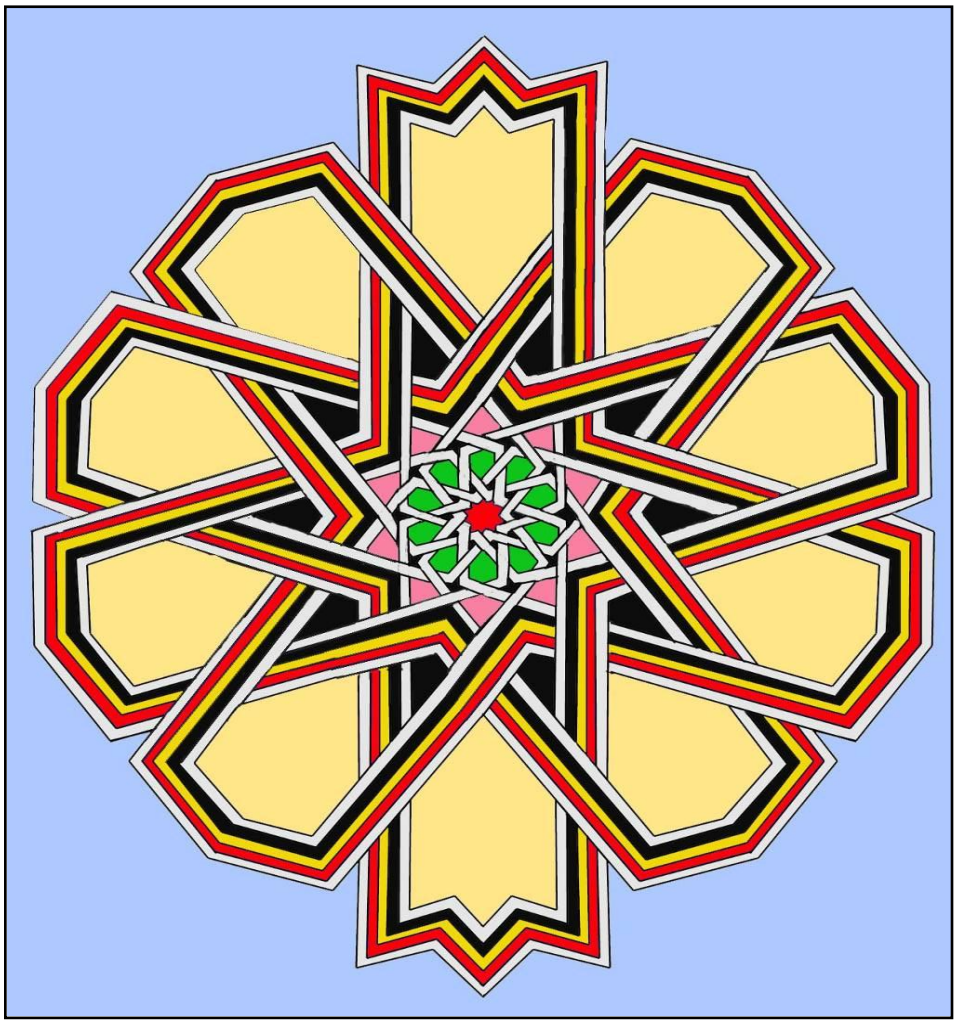




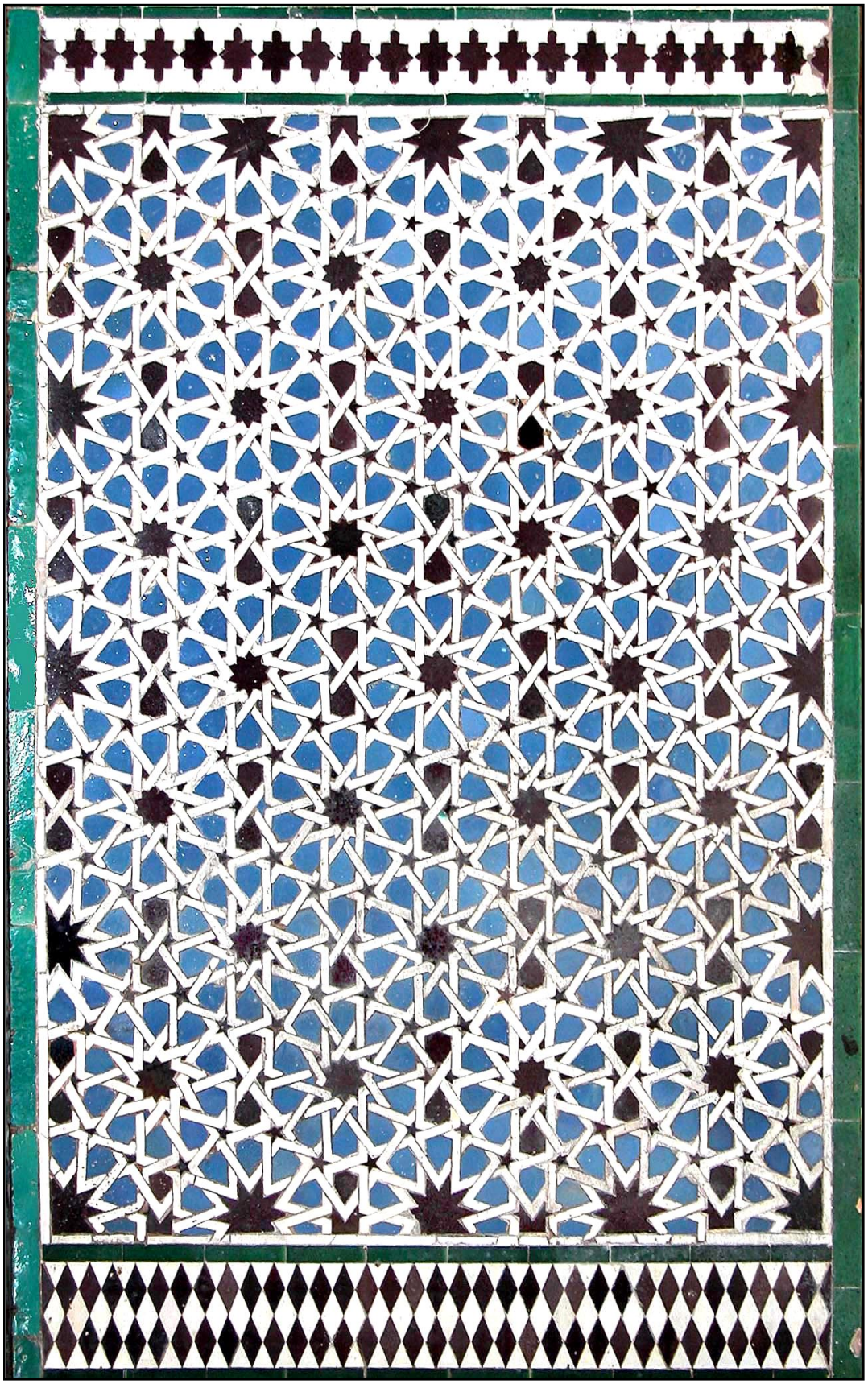
Système convergent Pentagonal.

DIAPORAMA 1

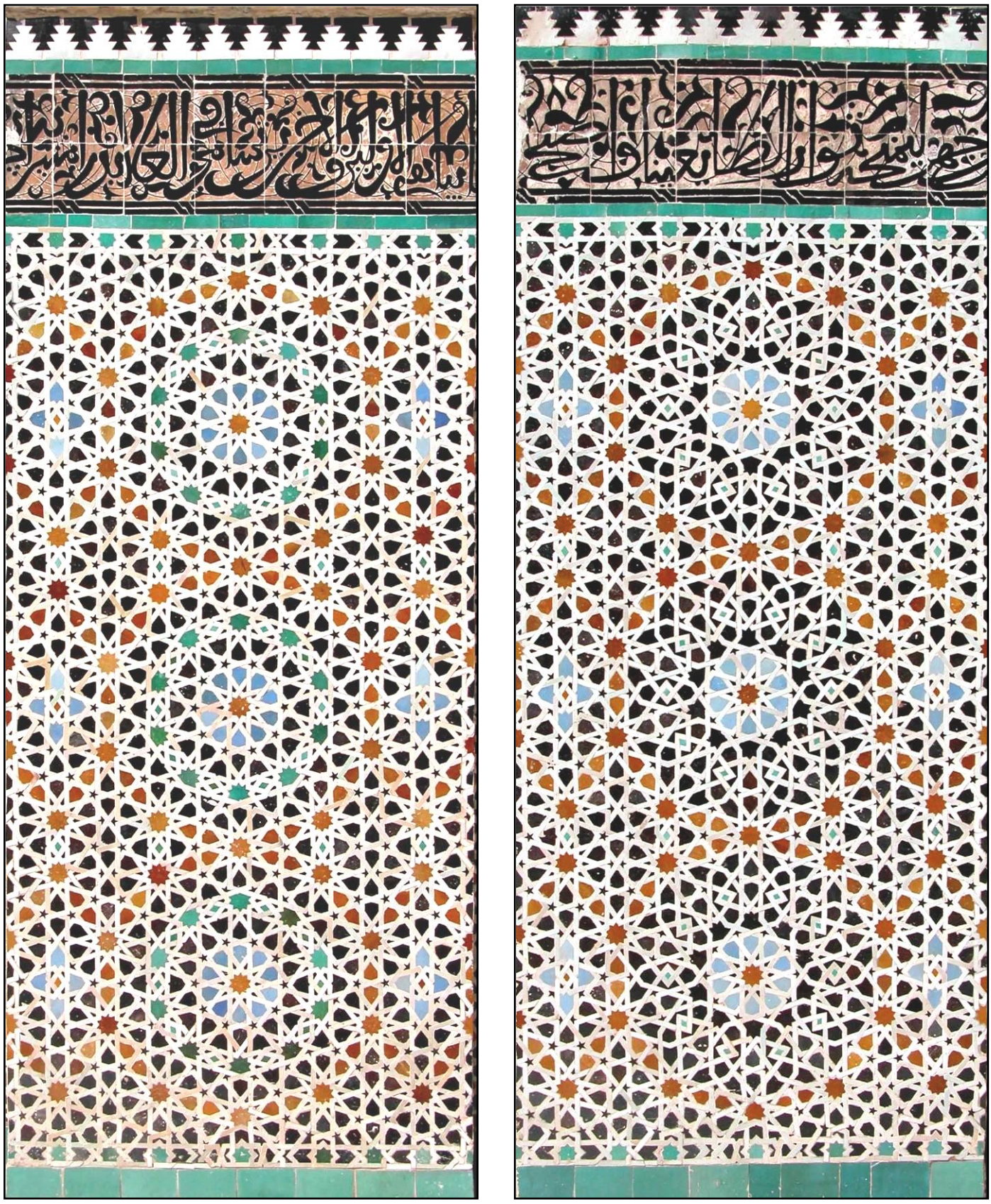
DIAPORAMA 2



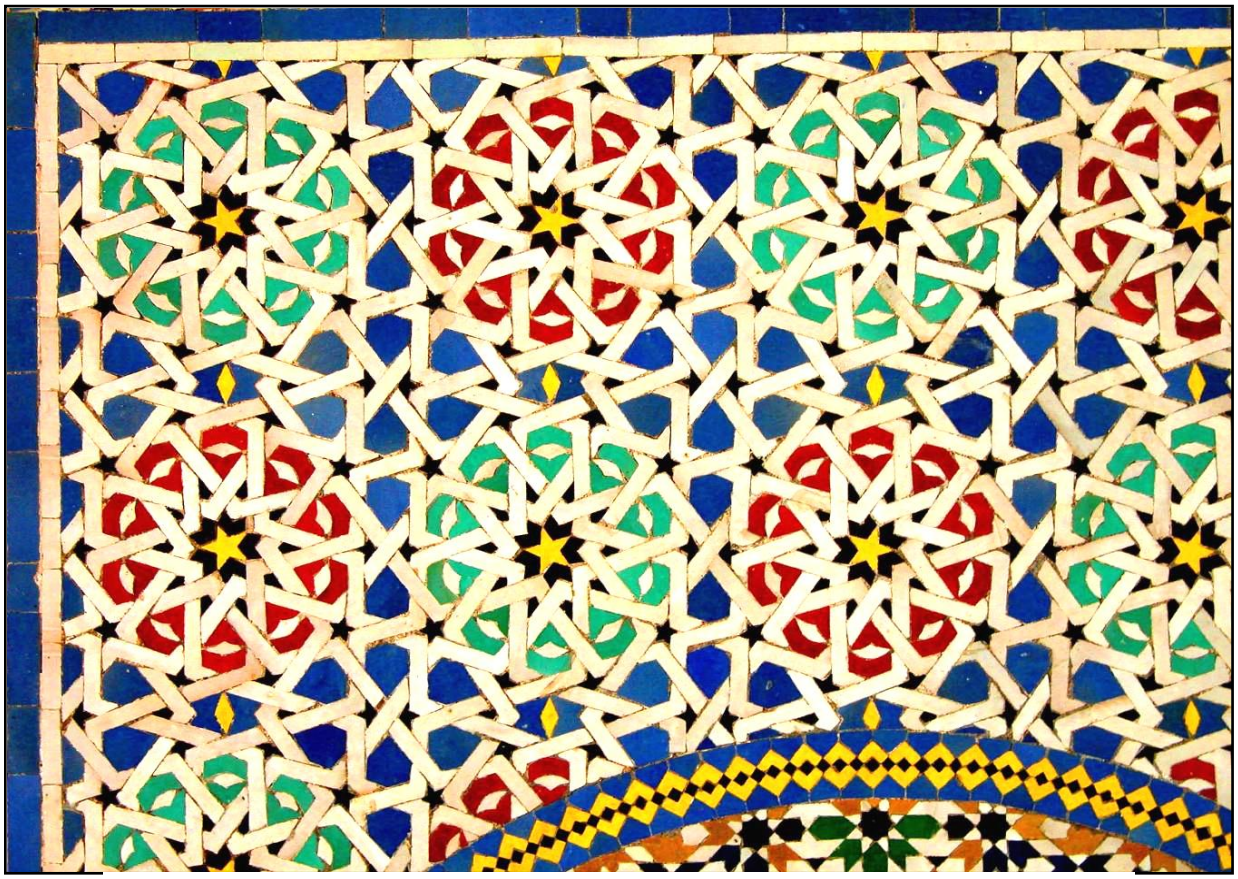
RETOUR



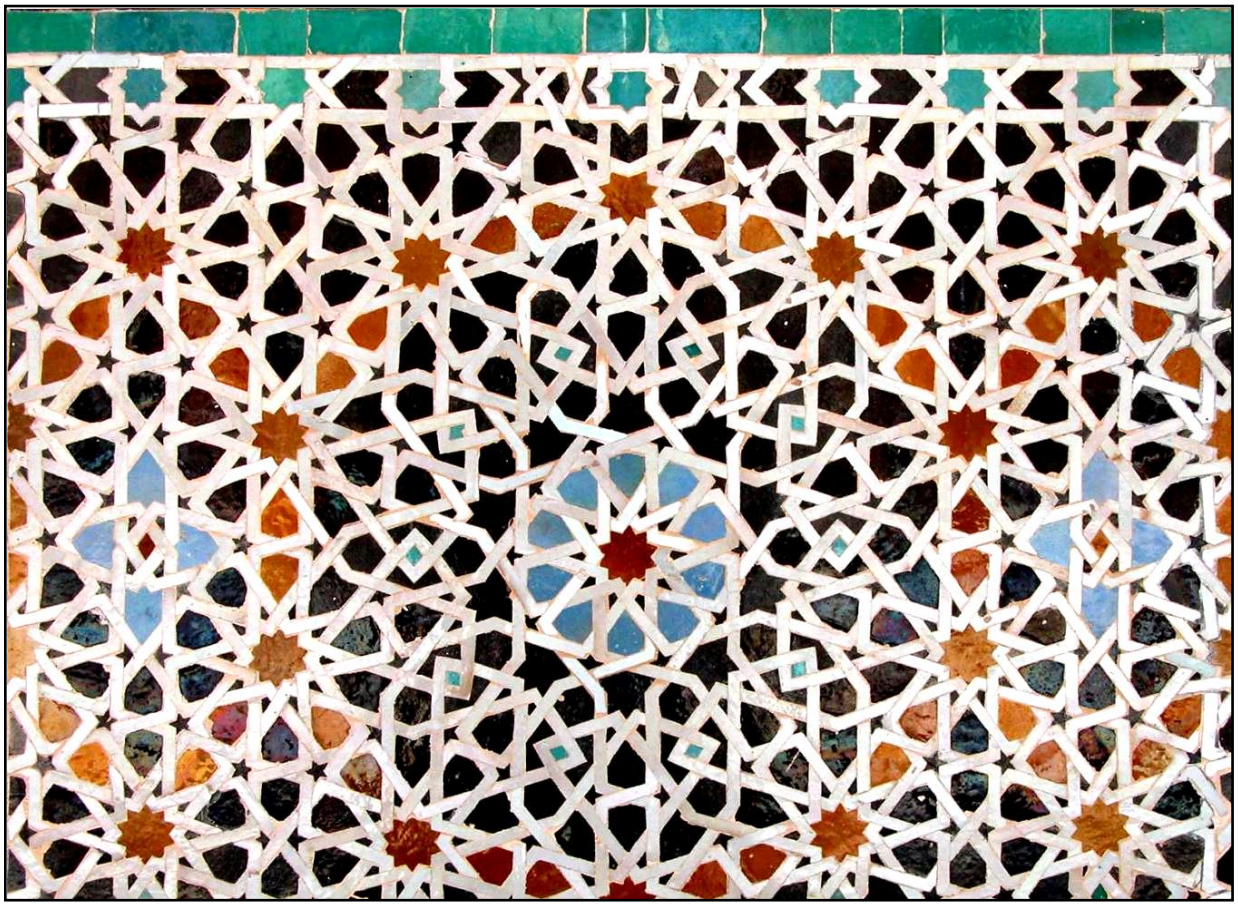
Alcazar de Séville.

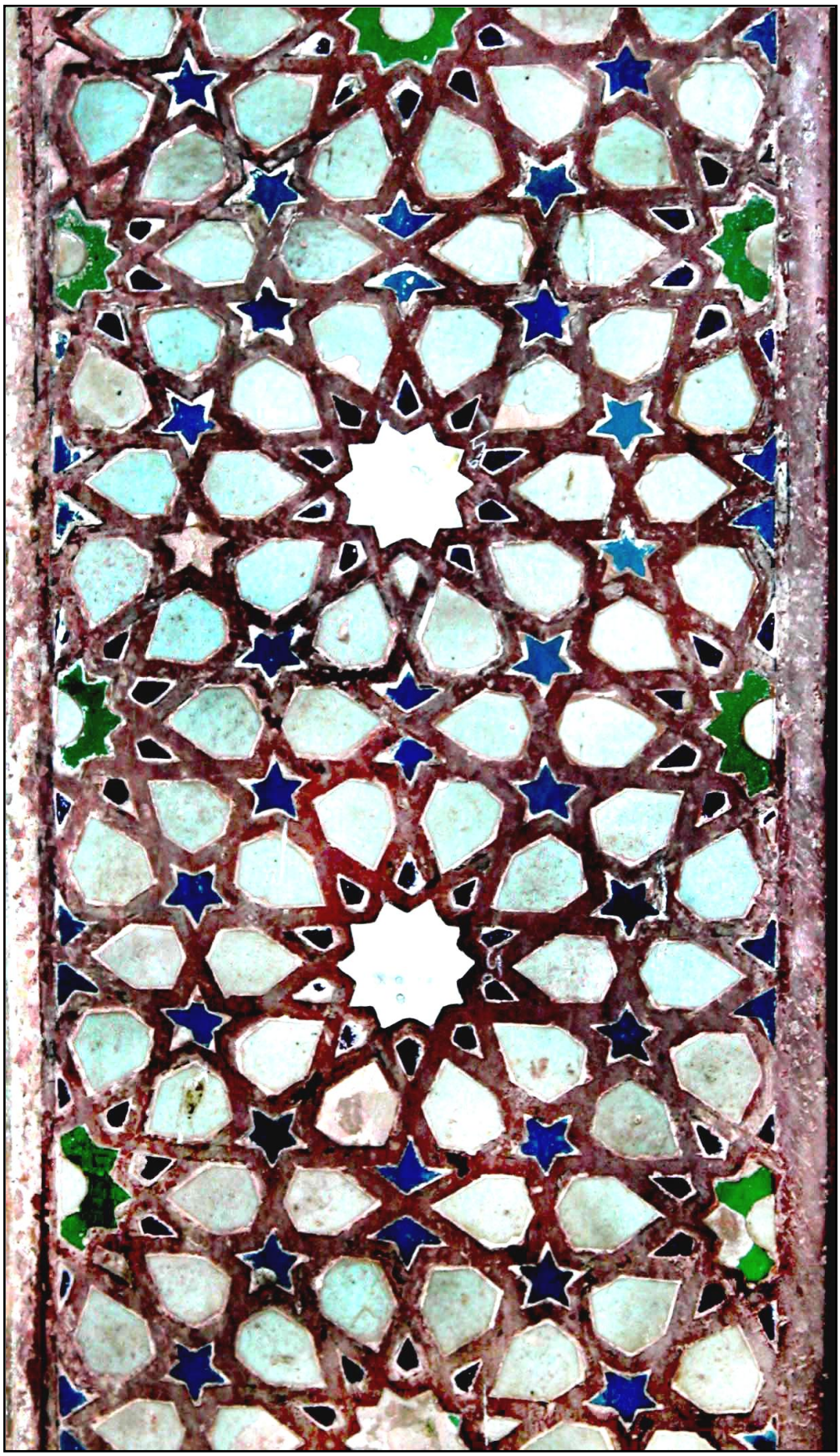


Panneaux de zelliges à la médersa Bou Inania de Fès.

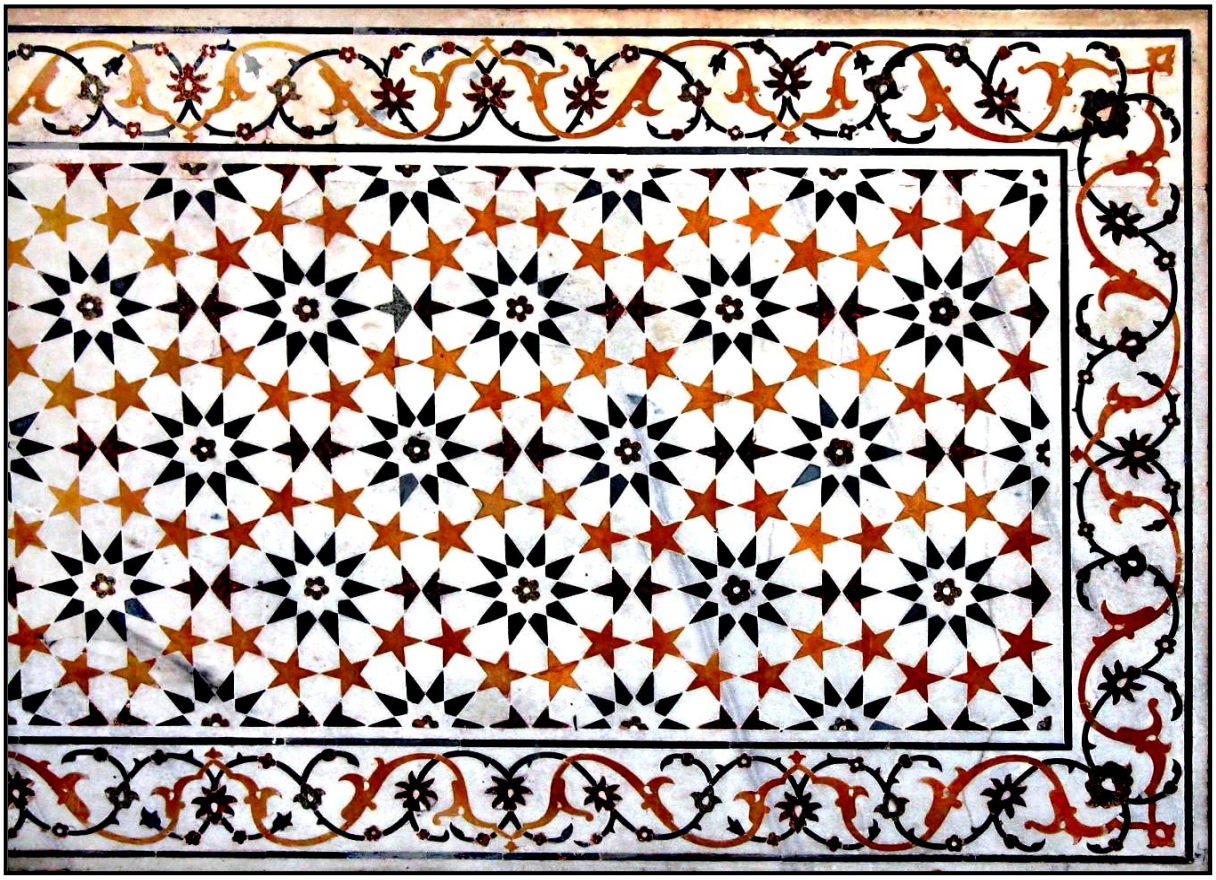


Au dessus fontaine du centre artisanal de Rabat ; panneau de zelliges à la médersa Bou Inania.

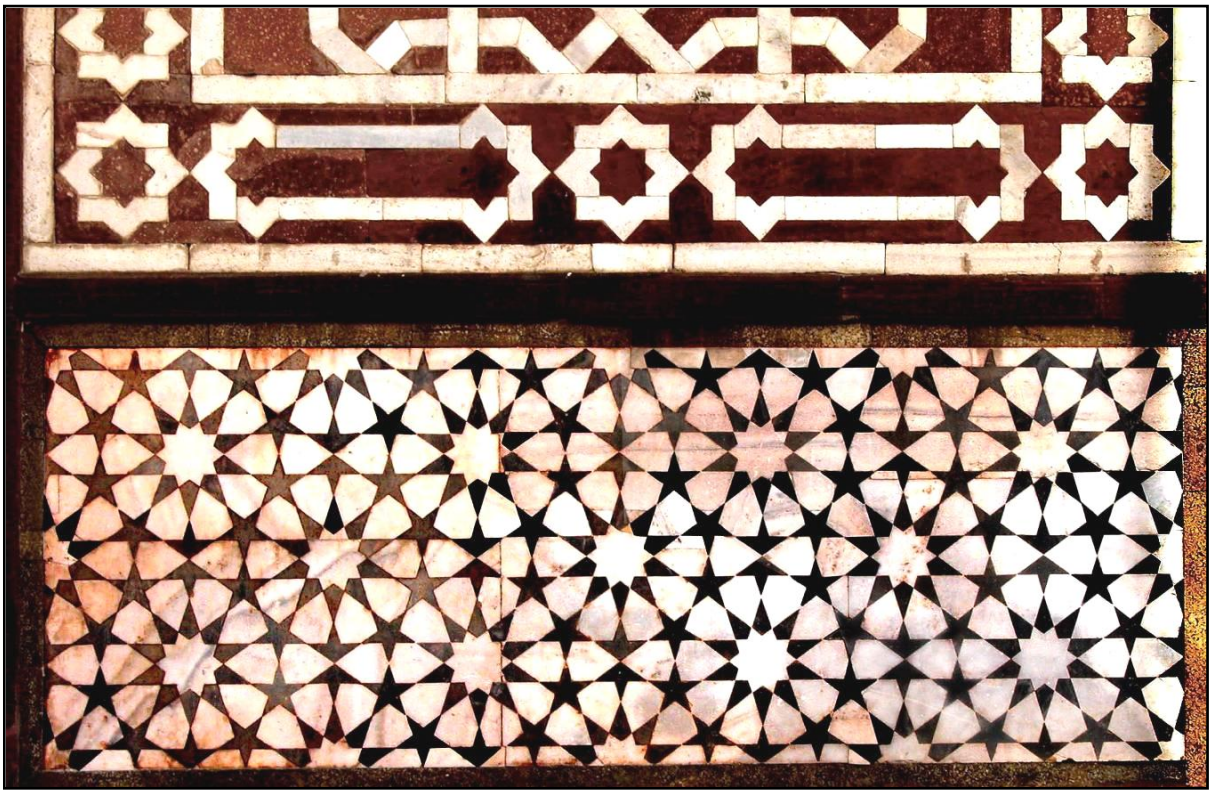




Incrustations de marbre et de pierres colorées dans du grès ;
Jama Masdjid de Fatehpur Sikri.

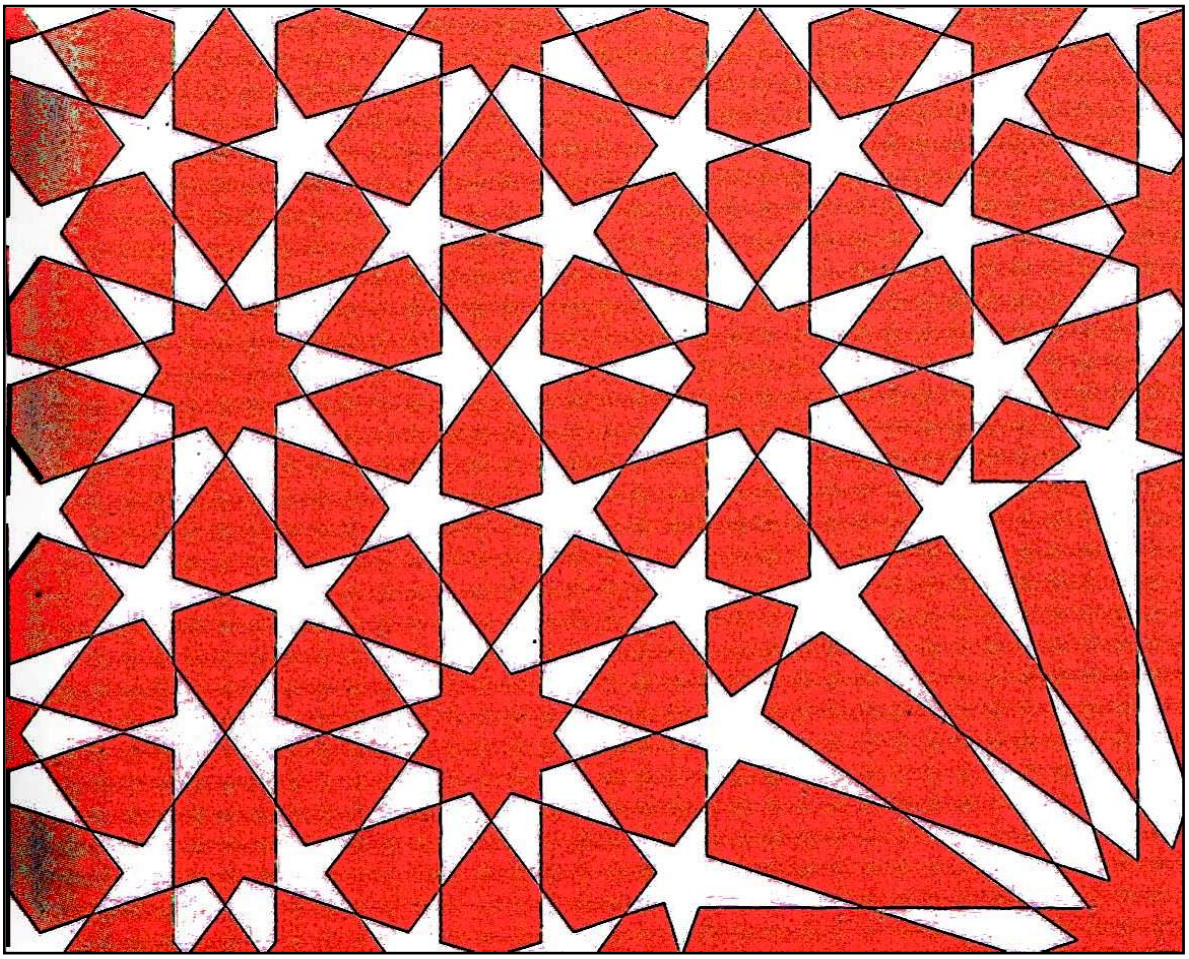


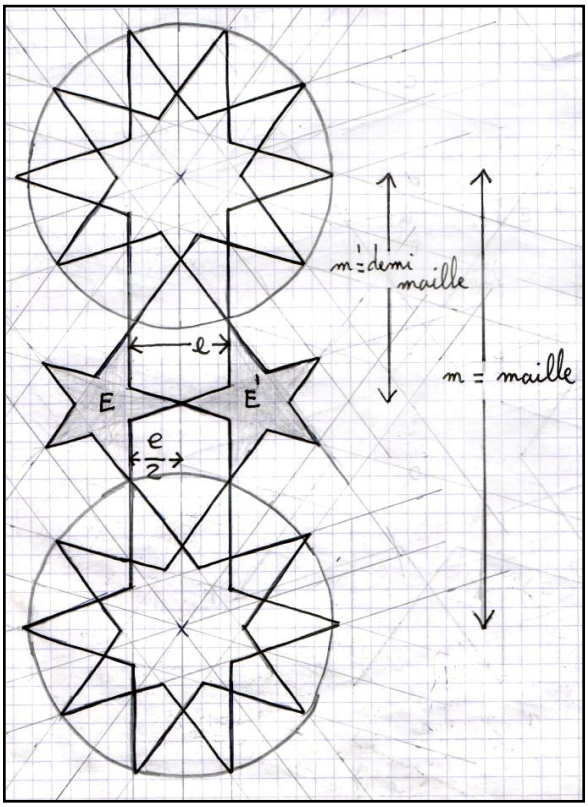
Incrustation de pietra dura au mausolée d'Itimad-ud-Daulah à Agra.



Mausolée d'Akbar à Sikandra près d'Agra.

Calcul de la maille et des entrelacs :

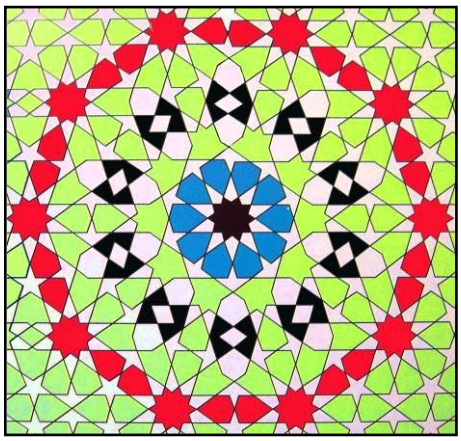


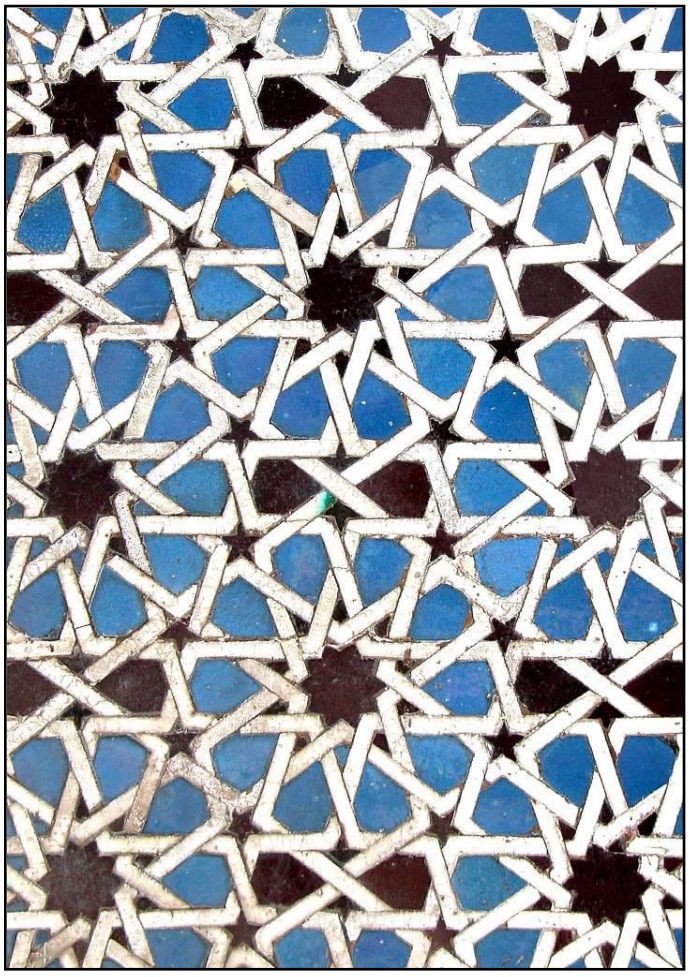


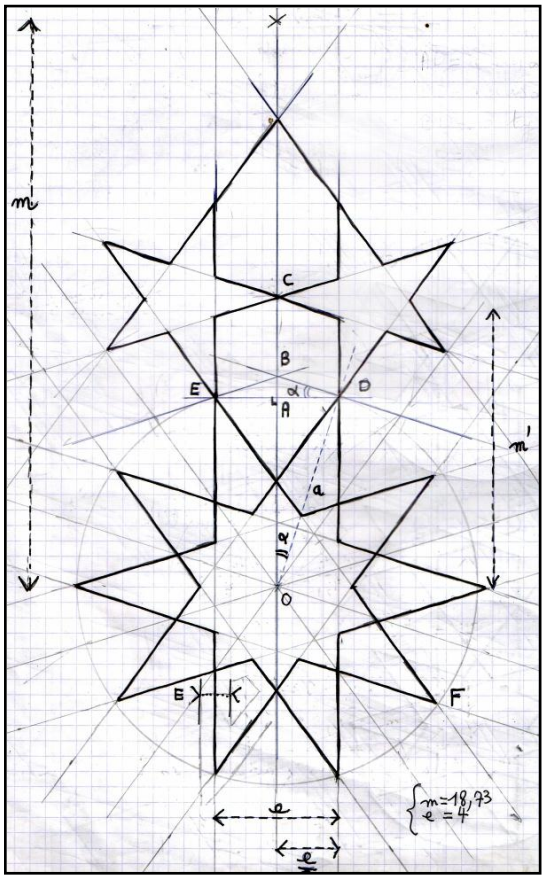
Cette structure se rencontre dans de nombreux types de systèmes convergents ayant au moins cinq axes de symétrie : la maille **m** sera définie comme la distance située entre deux étoiles à dix.

La régularité des pentagones étoilés **E** et **E'** dépend de la largeur de la bande qui sera calculée en fonction de cette exigence.

$$\begin{cases} e' = AD = a \sin\alpha \\ AO = a\cos\alpha \\ BD = a\,tg\,\alpha \\ OB = \dfrac{a}{\cos\alpha} \end{cases} \qquad \begin{cases} \sin 18° = \dfrac{-1+\sqrt{5}}{4} \\ \cos 18° = \dfrac{5+\sqrt{5}}{8} \\ tg\,18° = \dfrac{3\sqrt{5}-5}{5} \\ \sqrt{5} = 2,2360678 \end{cases}$$







$\alpha = \widehat{(OB, OD)} = 18°$ $\quad m$ = maille $\quad m' = \frac{1}{2}$ maille $\quad e$ = bande $\quad e' = \frac{1}{2}$ bande

$CO = m' = OB + BC$

$m' = OB + BD$ (Condition de régularité de l'étoile à 5)

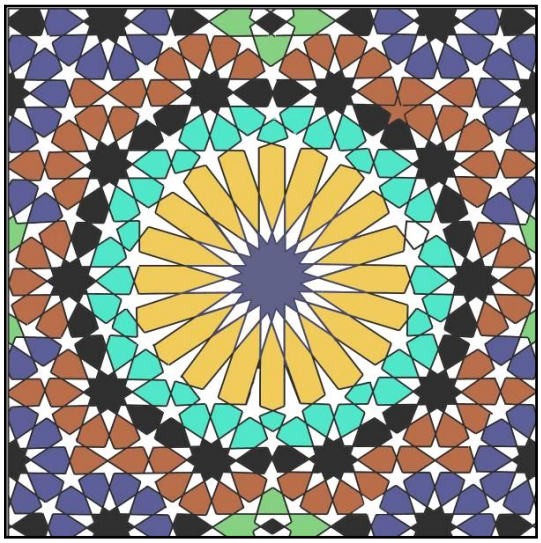
$m' = \dfrac{a}{\cos\alpha} + a\,tg\,\alpha$

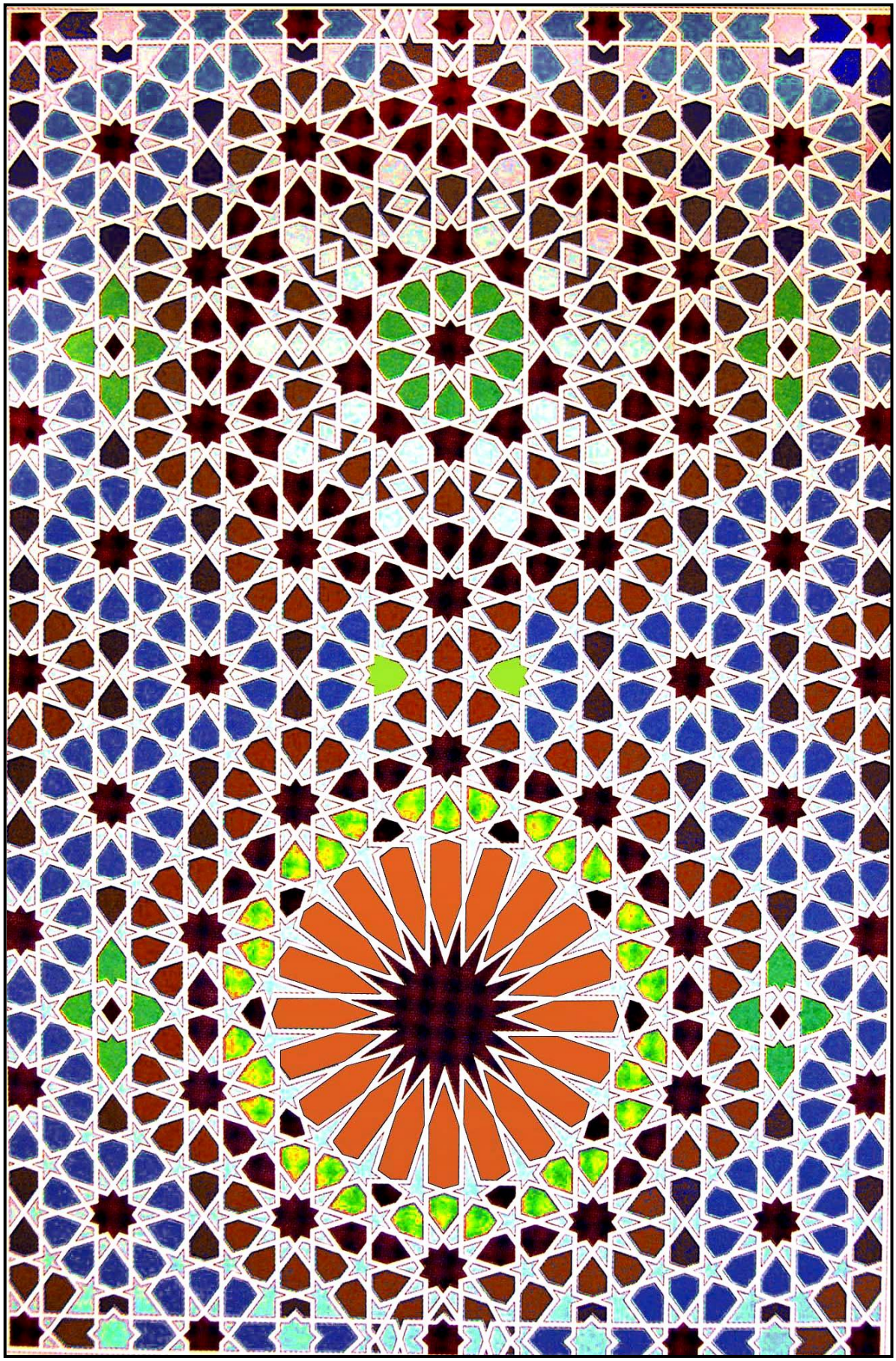
$m' = a\left(\dfrac{1}{\cos\alpha} + tg\,\alpha\right) = \dfrac{e'}{\sin\alpha}\left(\dfrac{1}{\cos\alpha} + tg\,\alpha\right)$

Donc $\dfrac{m'}{e'} = \dfrac{m}{e} = \dfrac{4}{\sqrt{5}-1}\left(\dfrac{8}{5+\sqrt{5}} + \dfrac{3\sqrt{5}-5}{5}\right)$

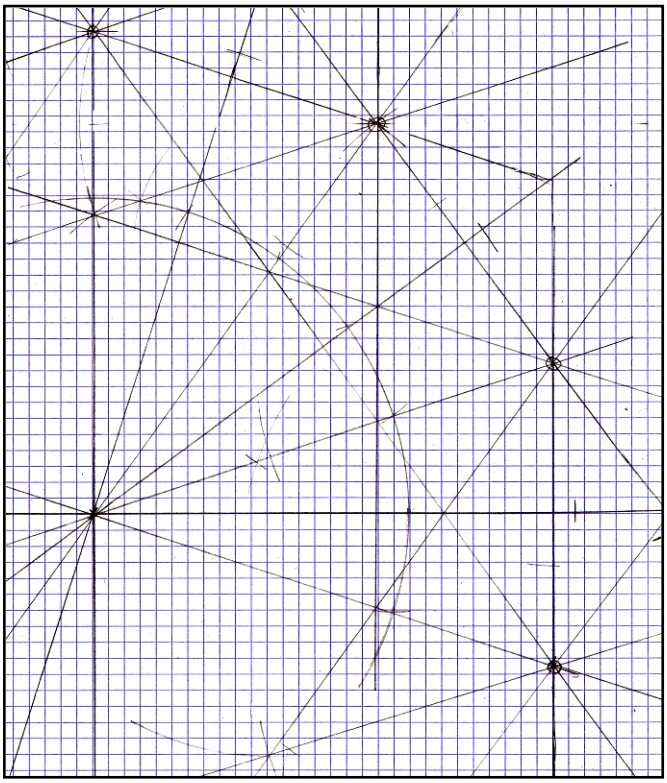
$\dfrac{m}{e} = \dfrac{6\sqrt{5}+10}{5}$

$e = m \times 0,2135$

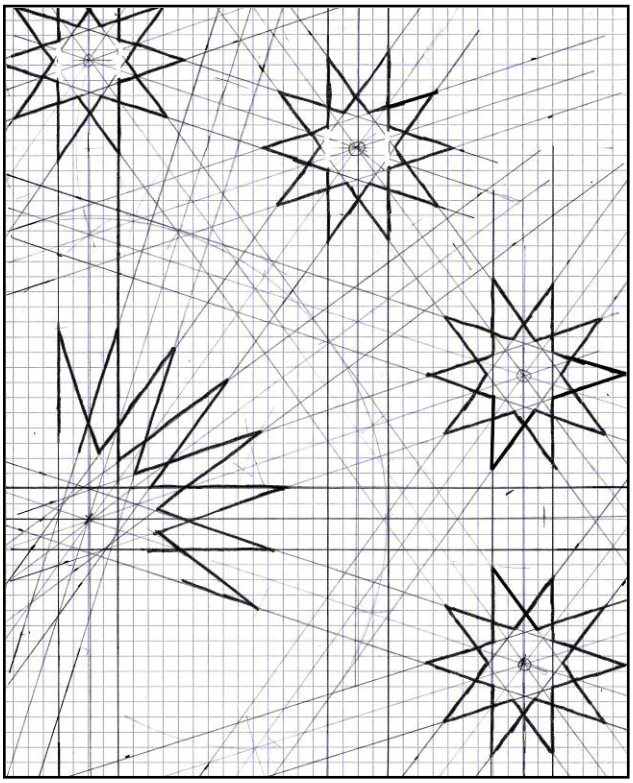




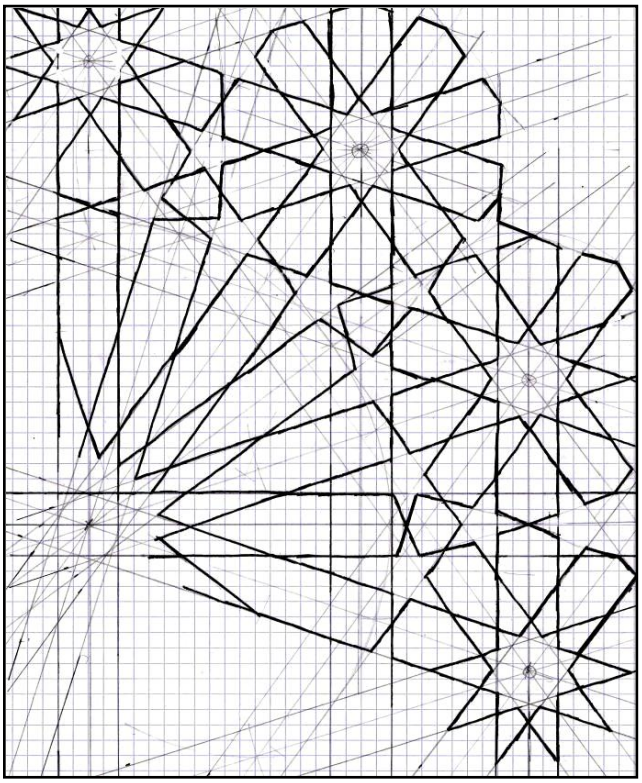
Construction :



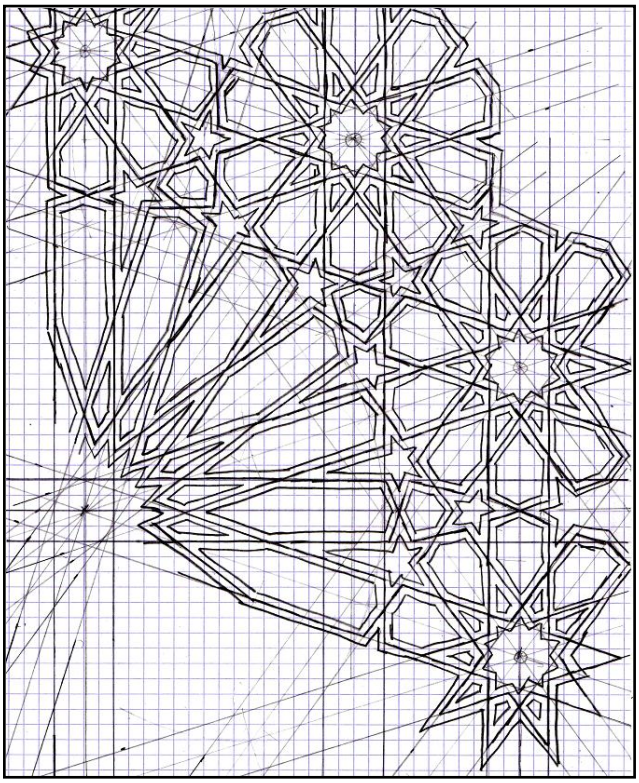
Placement du centre des étoiles m = 9,36



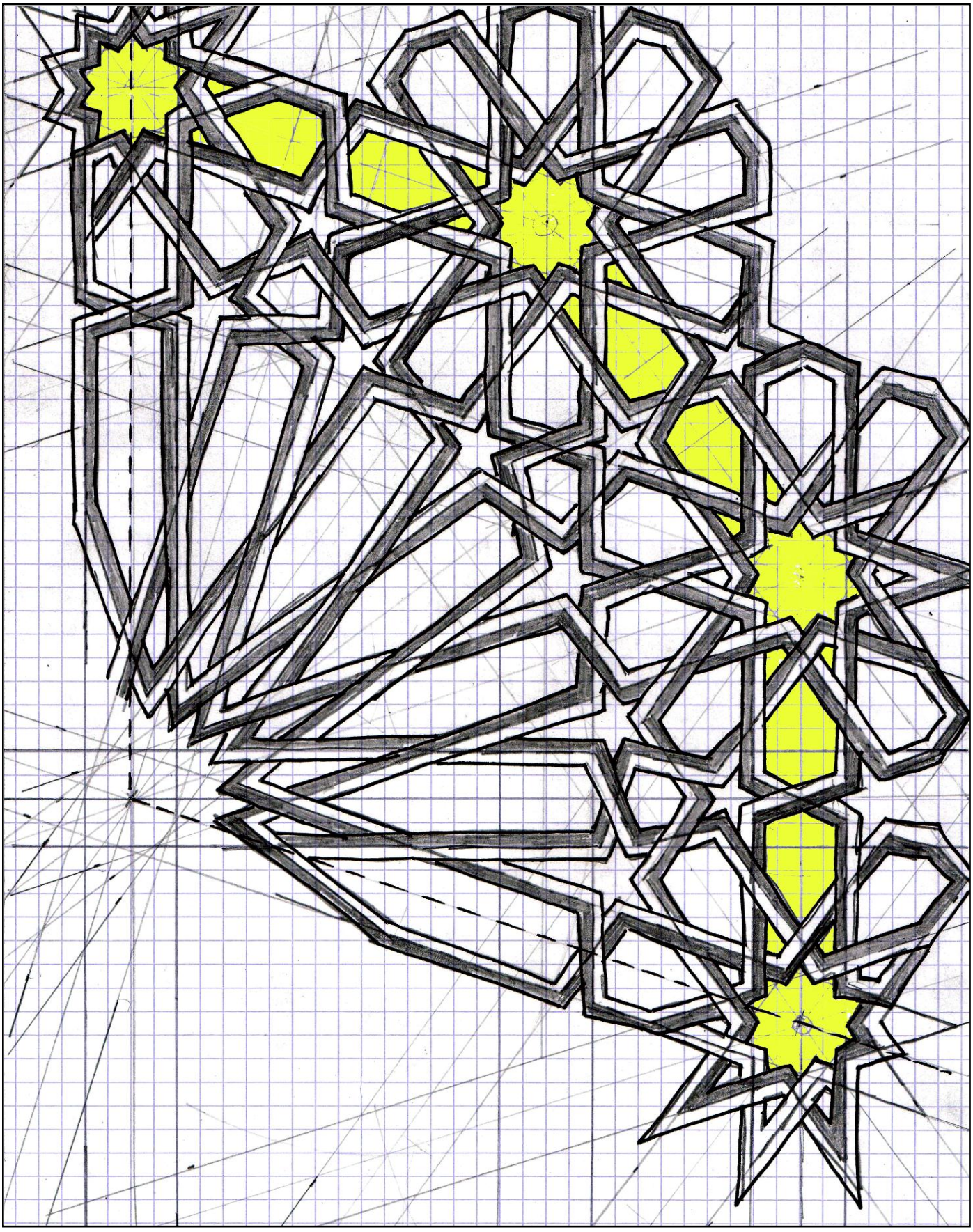
Bandage des axes des étoiles e = 2



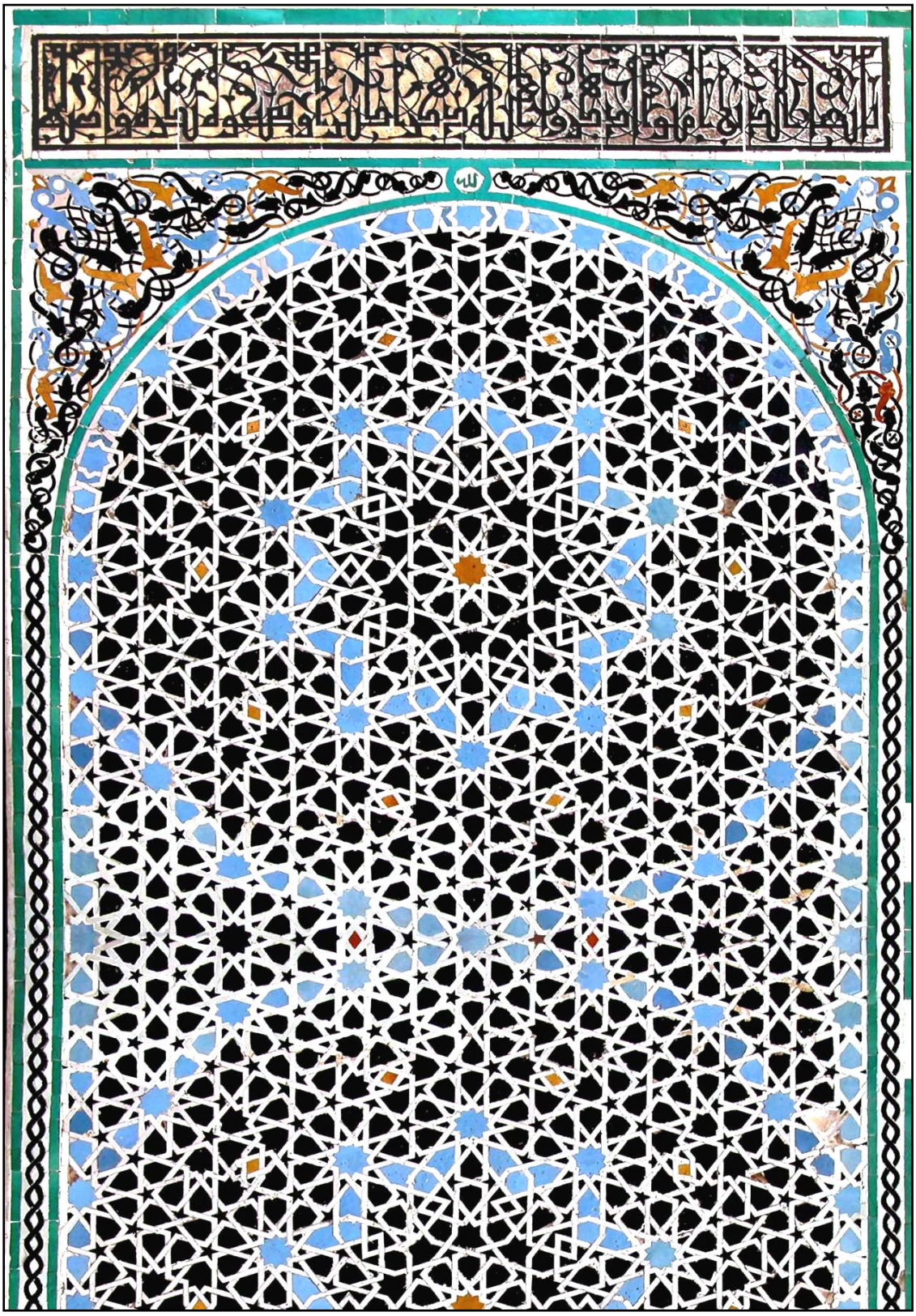
Fin du dessin.



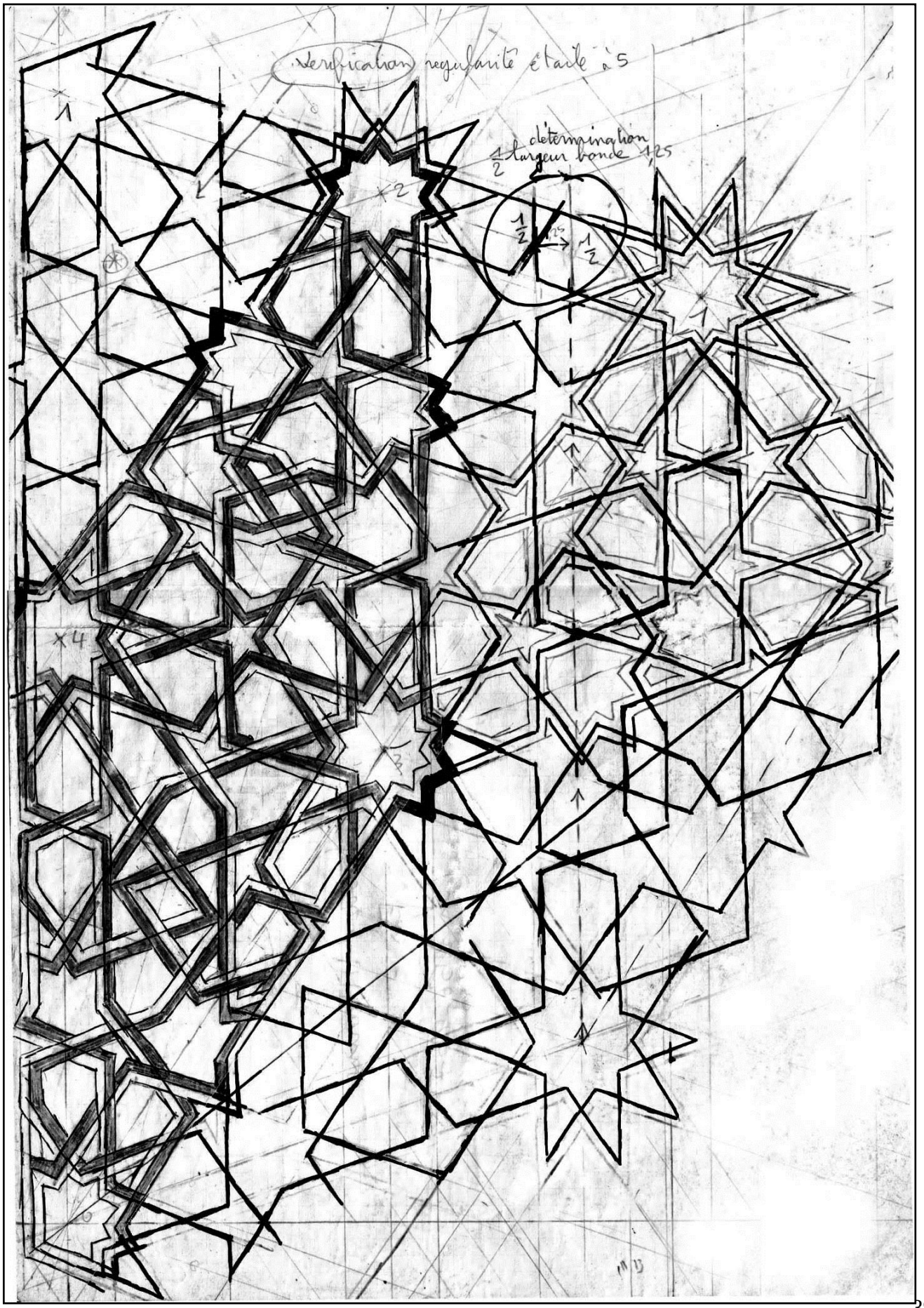
Construction des entrelacs type Alhambra: E = 0,4

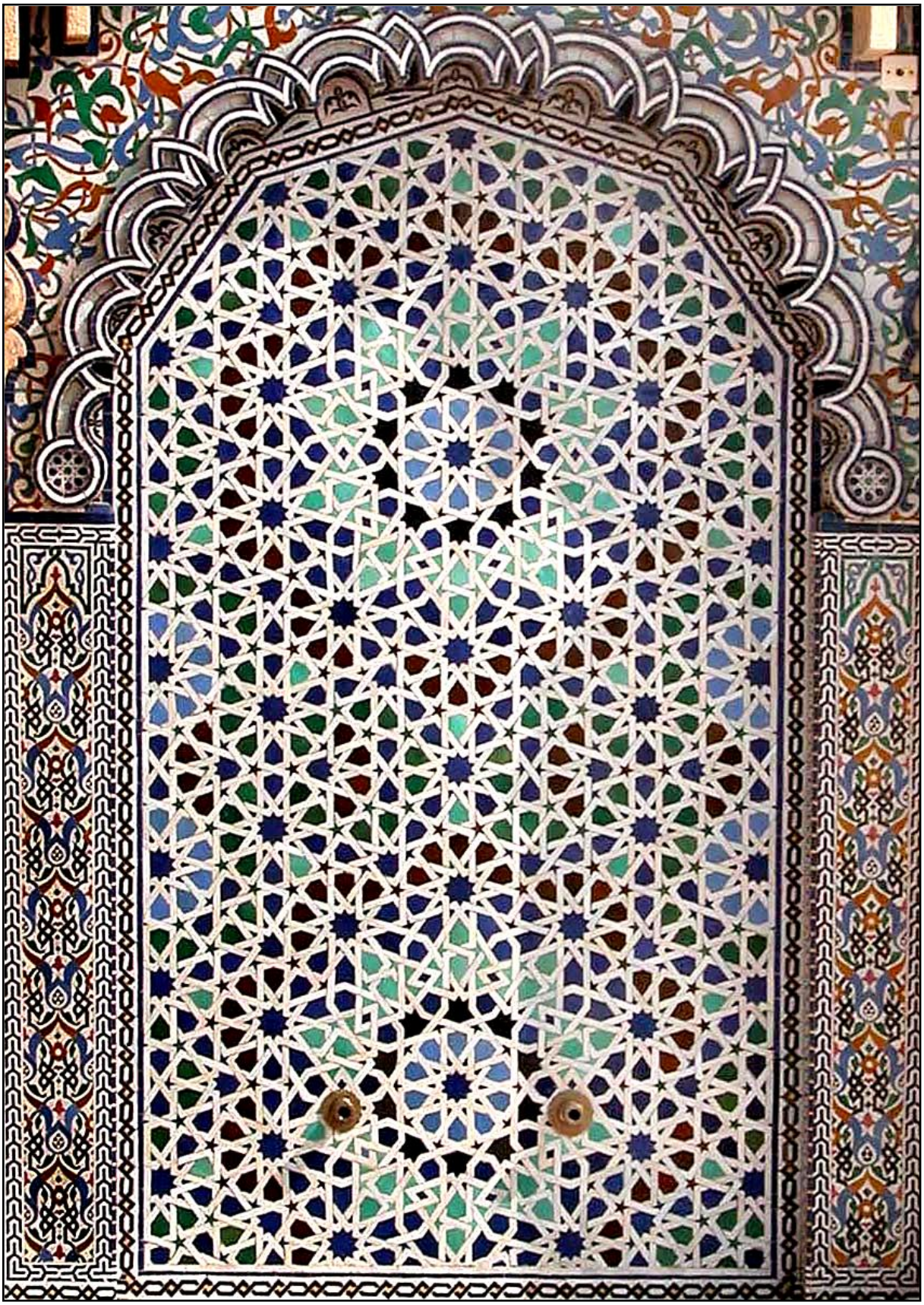


EXEMPLE : étude et construction d'un système:

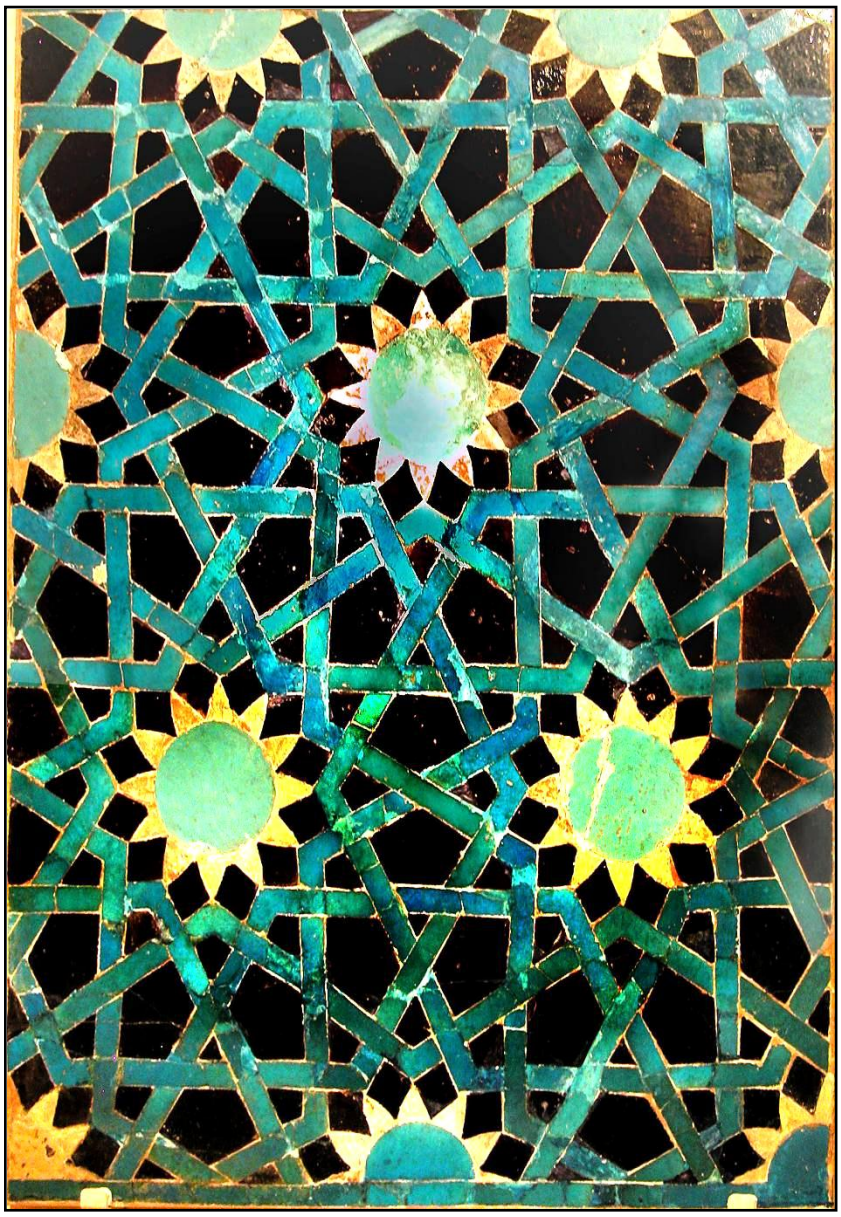


Médersa Attarine à Fès.

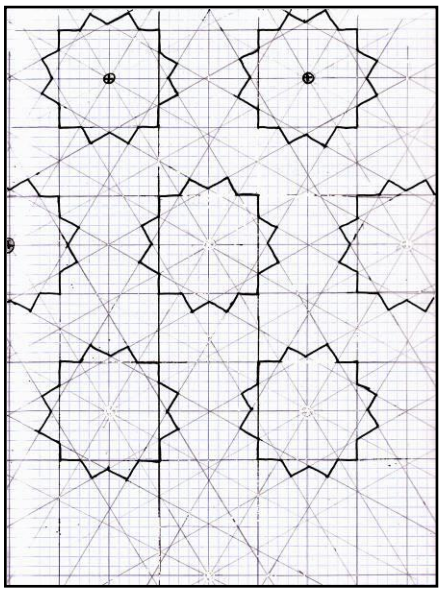

Verification regularité étoile à 5
détermination
1/2 largeur bande 1,25
1/2
1,25
1/2
1
2
1
4
3
1

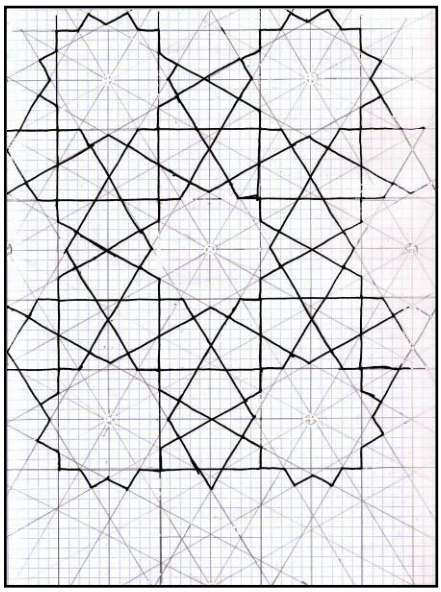


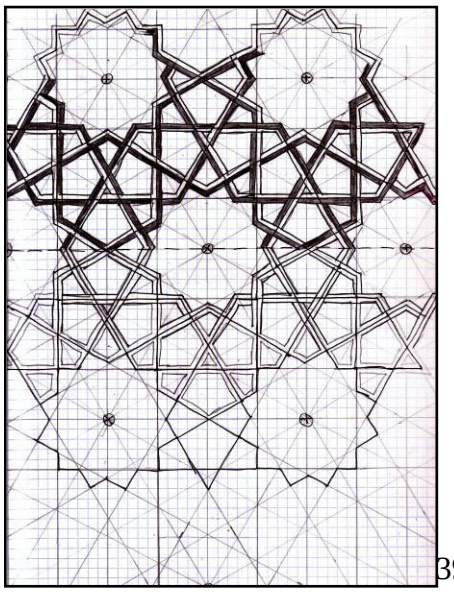
Fontaine du mausolée Mohamed V à Rabat.



Panneau exposé au musée des arts Turcs à l'hippodrome d'Istanbul.





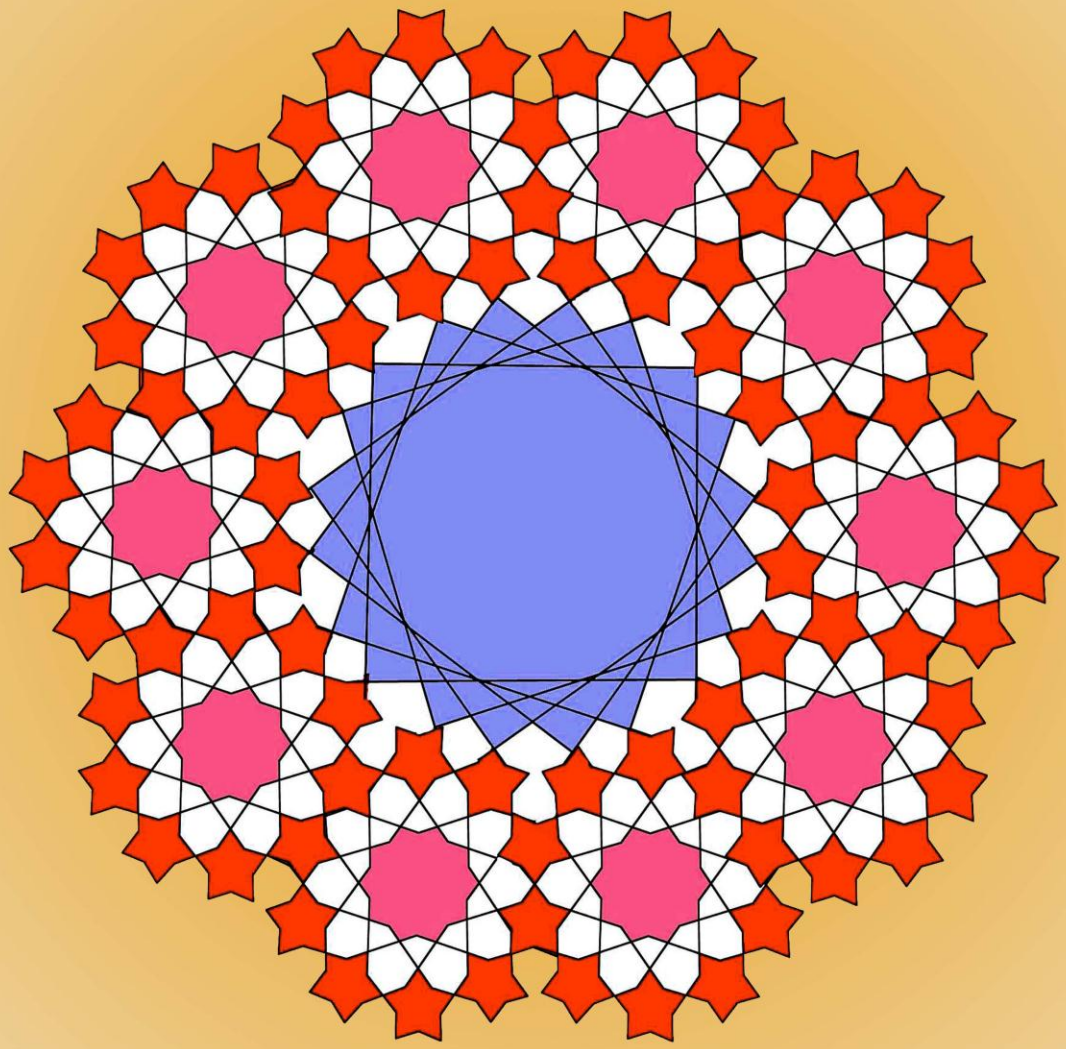


DESSIN DE L'ARABESQUE

TOME 4 :

système polygonal persan

système étoilé seldjoukide.



Par Louis ARNAUD

Le dessin de l'arabesque.

TOME 4 : Système polygonal persan. Système étoilé seldjoukide.

Cette série en quatre tomes dévoile la clef pour la construction des arabesques des trois grandes zones d'influence de style et de conception :

La zone romaine avec son système **modulaire** convergent rencontré dans l'ouest du bassin méditerranéen.

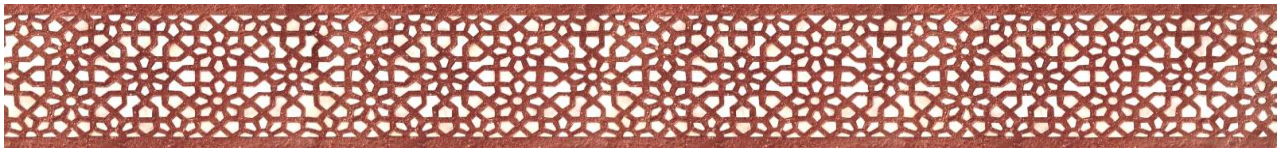
La zone persane et son système convergent **polygonal** rencontré dans la partie orientale du monde musulman jusqu'aux Indes.

Dans la zone intermédiaire, les Seldjoukides ont su développer, au XII ème siècle, un système très élaboré de construction d'étoiles aux branches multiples.

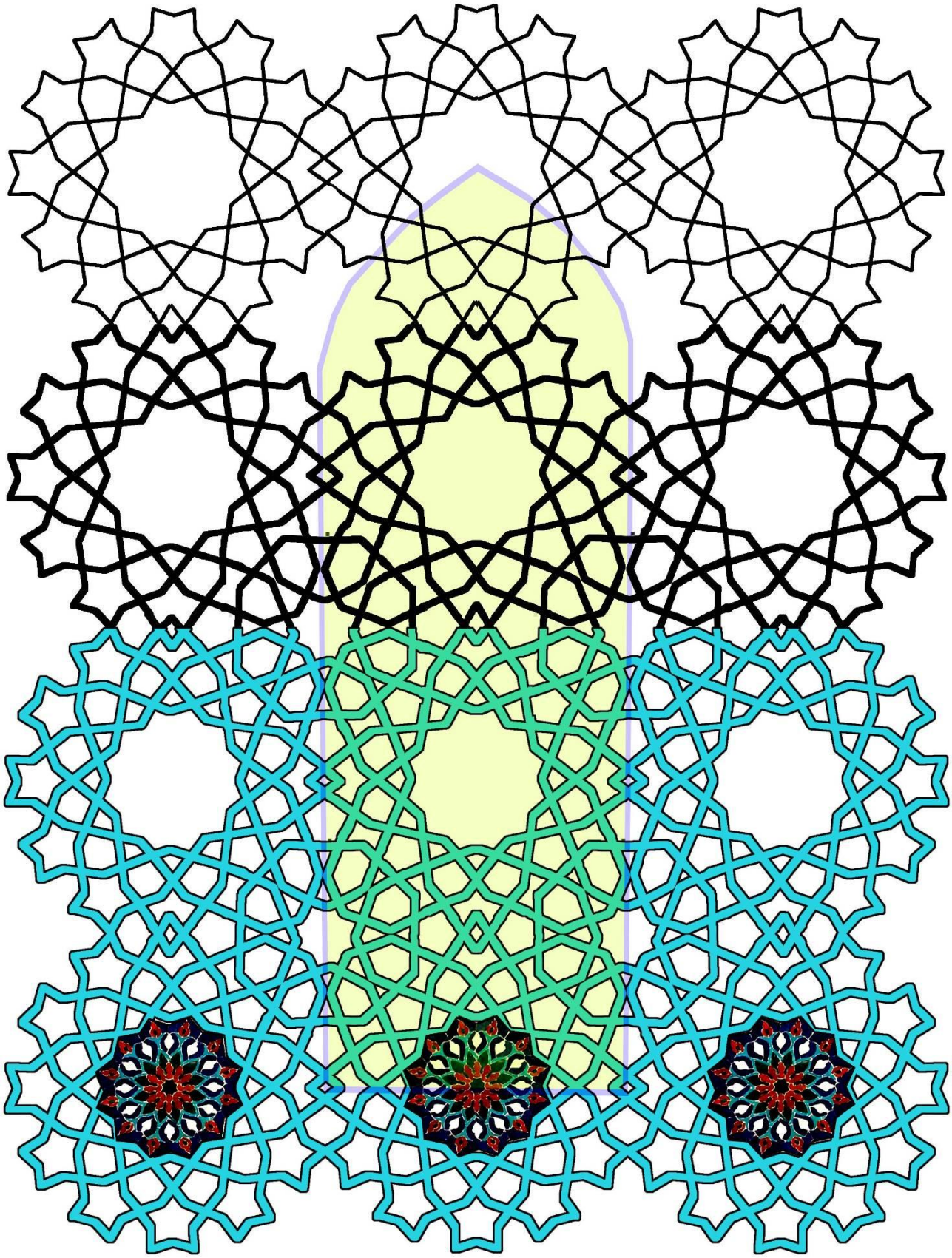
Les différentes techniques de construction sont étudiées dans les quatre premiers tomes.



Par Louis Arnaud



PHOTOTHEQUE



La géométrie des Arabesques

PHOTOGRAPHIES

DIAPORAMAS



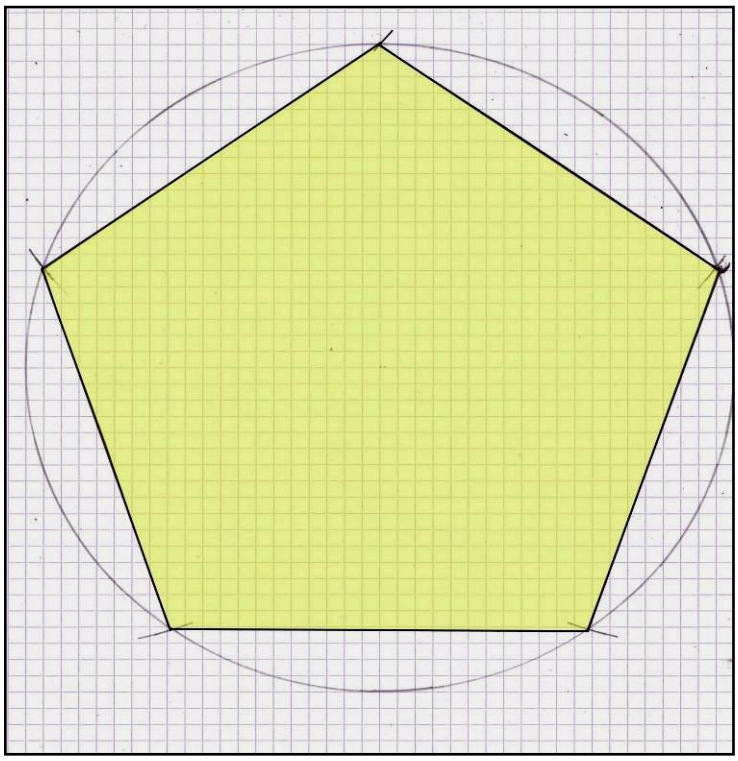
SYTEME CONVERGENT PERSAN

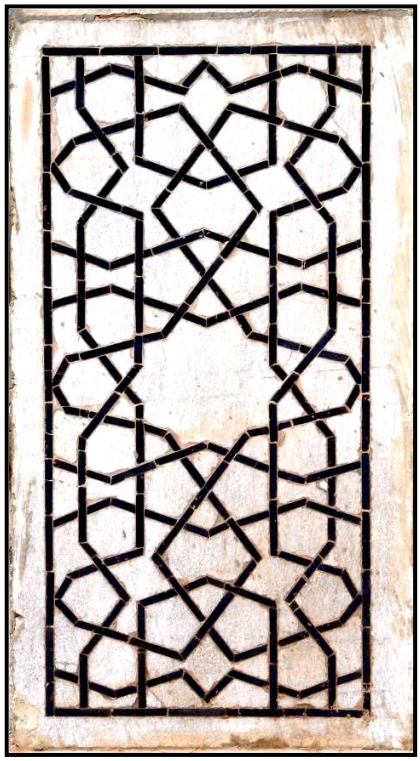
RETOUR

Le nombre et le type des pentagones déterminent la forme du module.

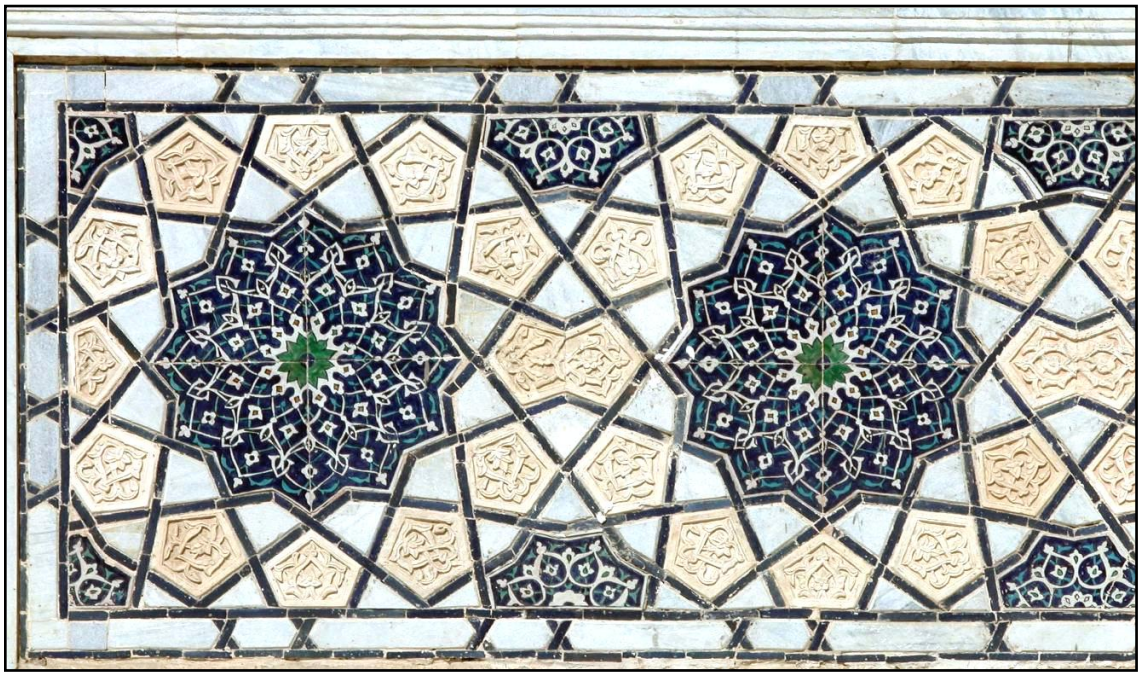
Les couronnes de pentagones satellites ; le pentagone convexe :

Dix pentagones convexes forment une couronne et c'est l'extension de leurs cotés qui forme l'étoile à dix branches centrale.



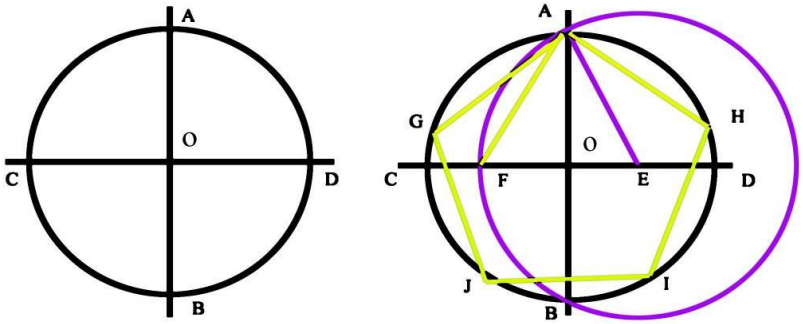


Médersa Oulough Begh à Samarcande.



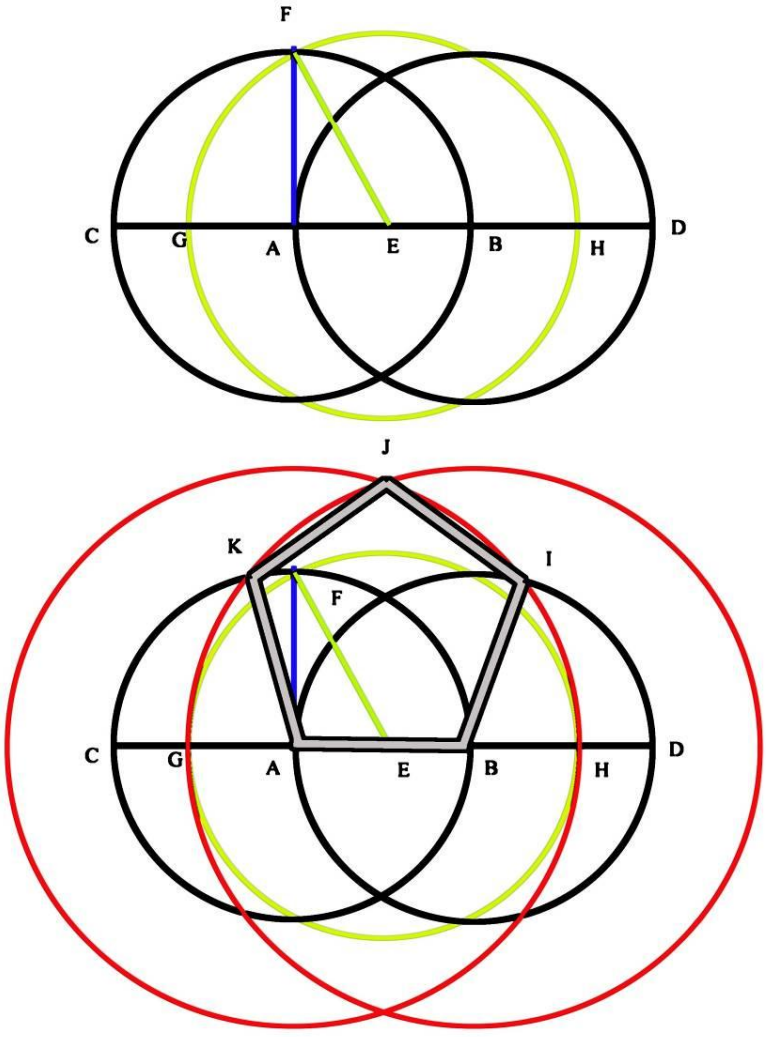
Construction du pentagone convexe :

Connaissant le diamètre de son cercle circonscrit.



Construire les deux diamètres AB et CD.
E est le milieu de OD ; construire le cercle de diamètre EA (bleu) qui coupe CD en F.
La longueur de AF est égale au coté du pentagone, il suffit de reporter cette longueur sur le cercle pour définir le pentagone AHIJG

Connaissant la longueur de son côté.

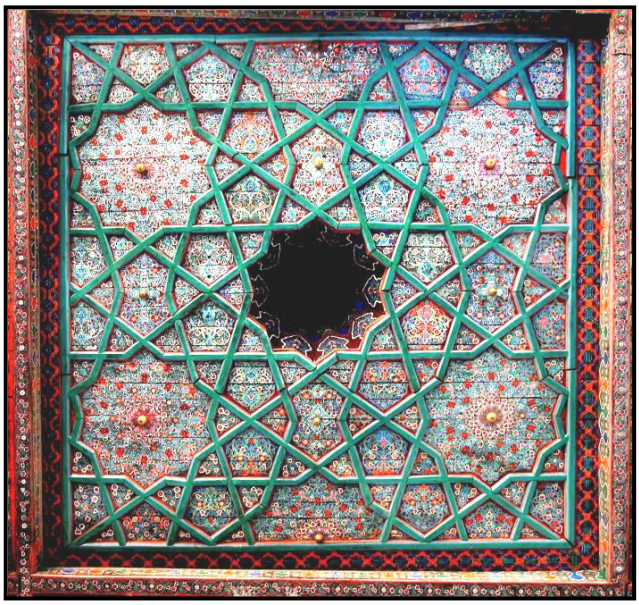


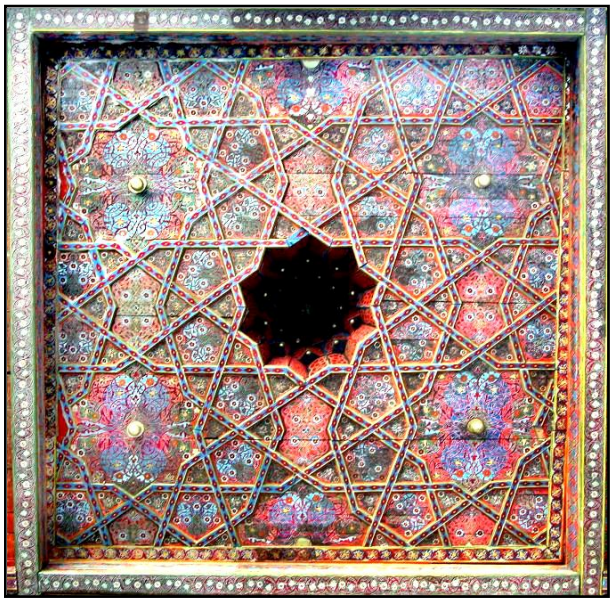
AB est le coté connu du pentagone ; construire les deux cercles de diamètre AB centrés en A et en B.
en A, construire la perpendiculaire à AB qui coupe le cercle précédent en F.
construire le cercle de diamètre EF (jaune) qui coupe CD en G et H.
Les cercles rouges centrés en A et B de diamètre AH et BG coupent respectivement les deux cercles noirs en I et K et se coupent en J.
JIBAK est le pentagone cherché de côté AB.



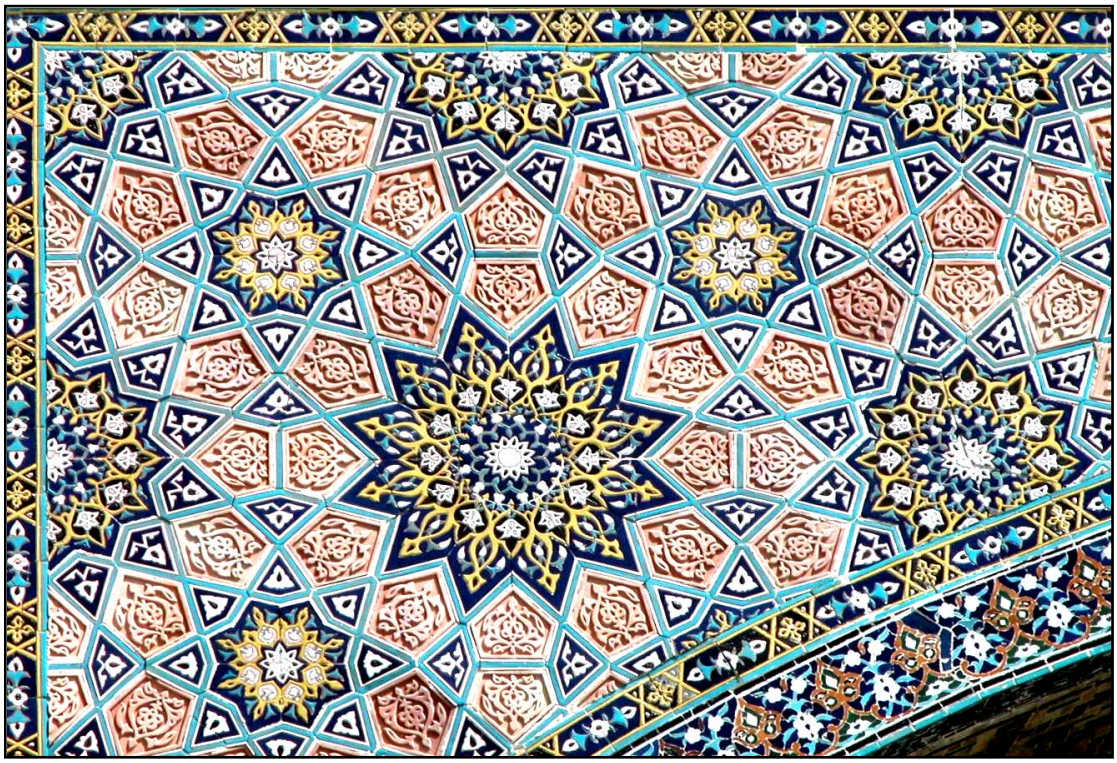


Couronnes de dix pentagones convexes : au-dessus, panneau du harem de Khiva ; à droite panneau du chortak de la médersa Oulough Begh à Boukhara.

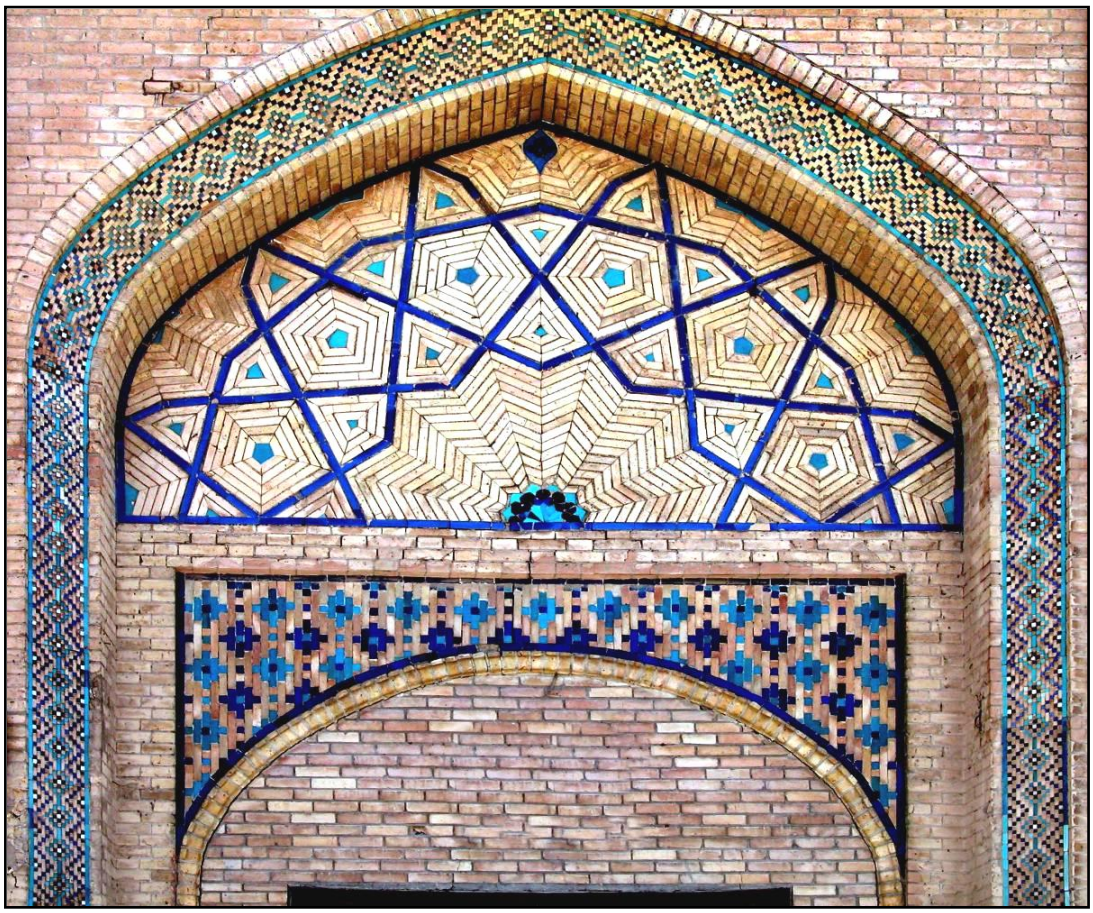




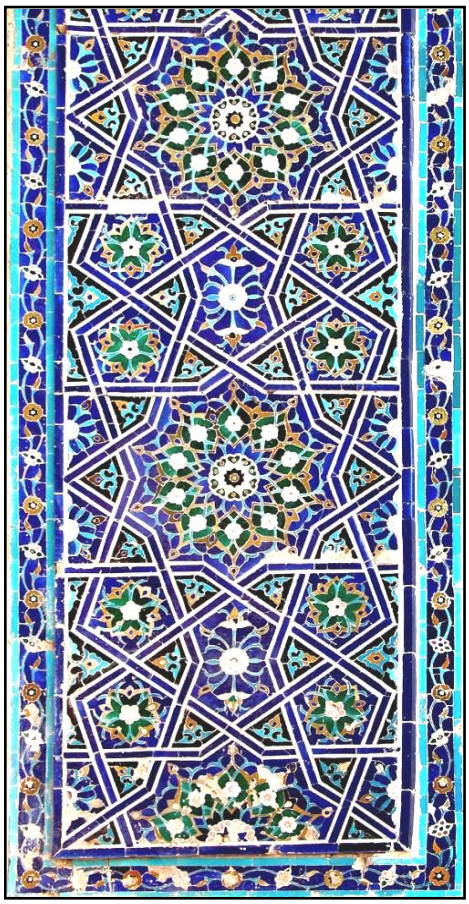
Caissons du plafond de la mosquée Bolo-Khaouz à Boukhara : composition de décagones formés par dix pentagones convexes.

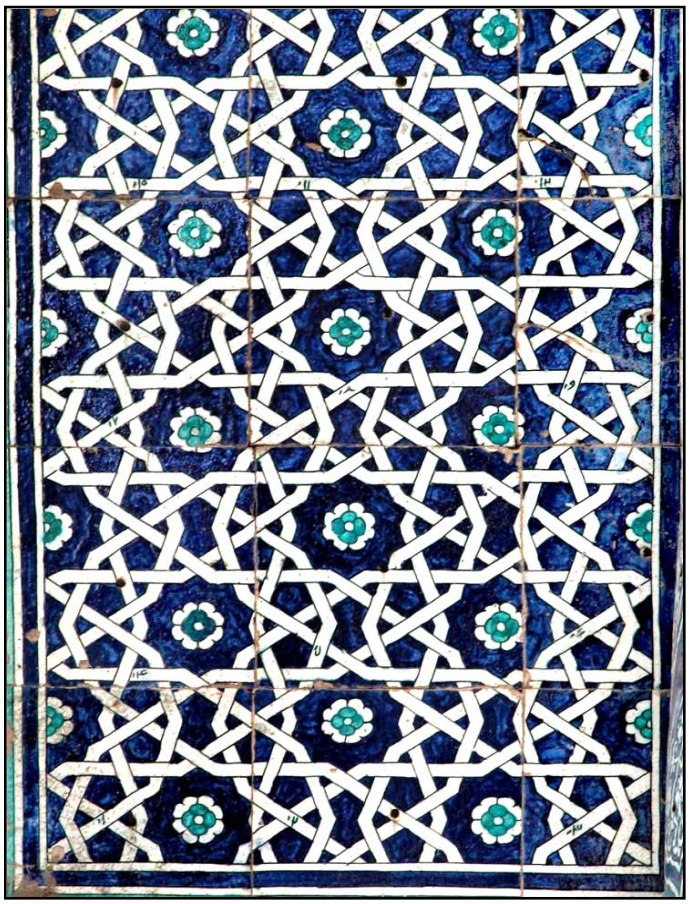


Les étoiles sont formées par douze pentagones convexes. Alfiz de l'entrée de Shah-I-Zinda à Samarcande.



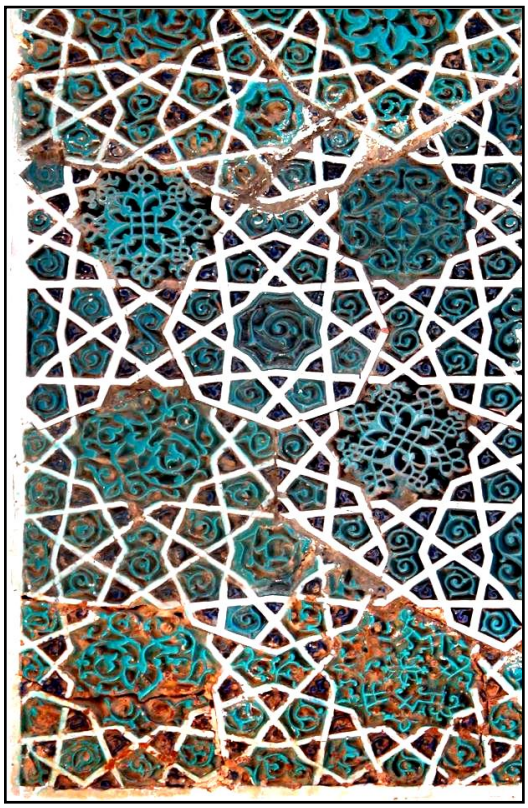
Alfiz de la mosquée Amir Alim khan à Boukhara.



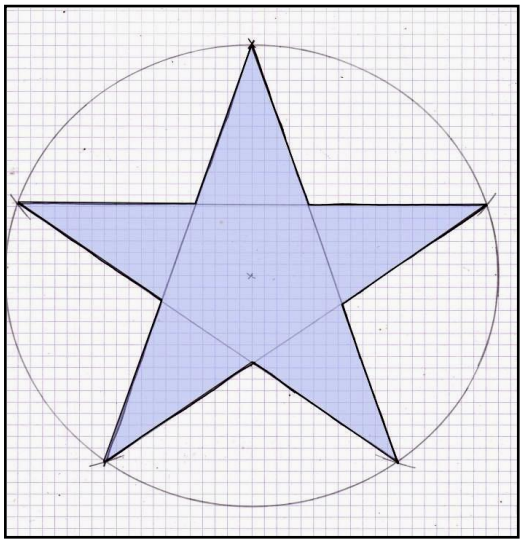


Ouelaues étoiles à dix de Shah-I-Zinda.

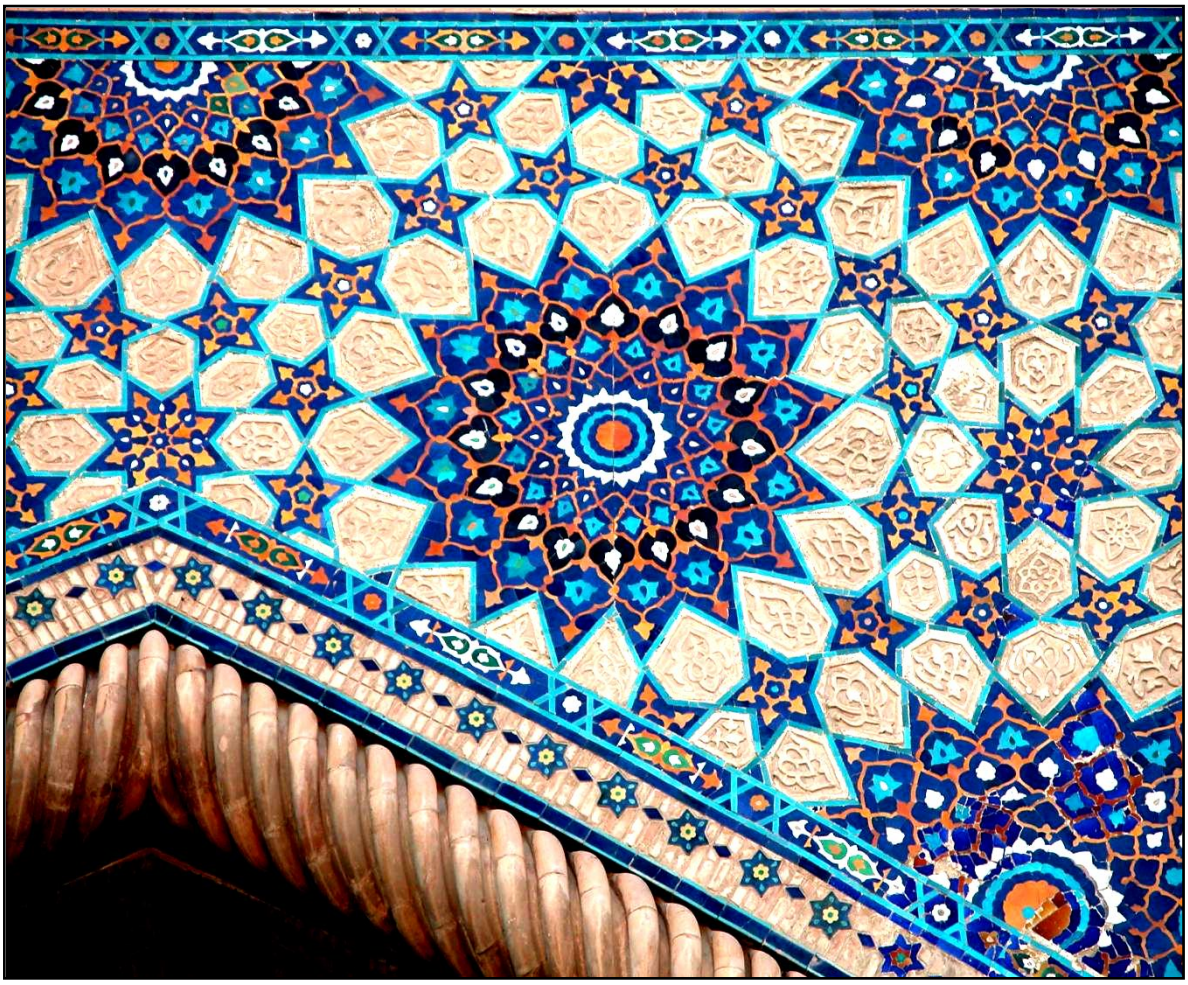




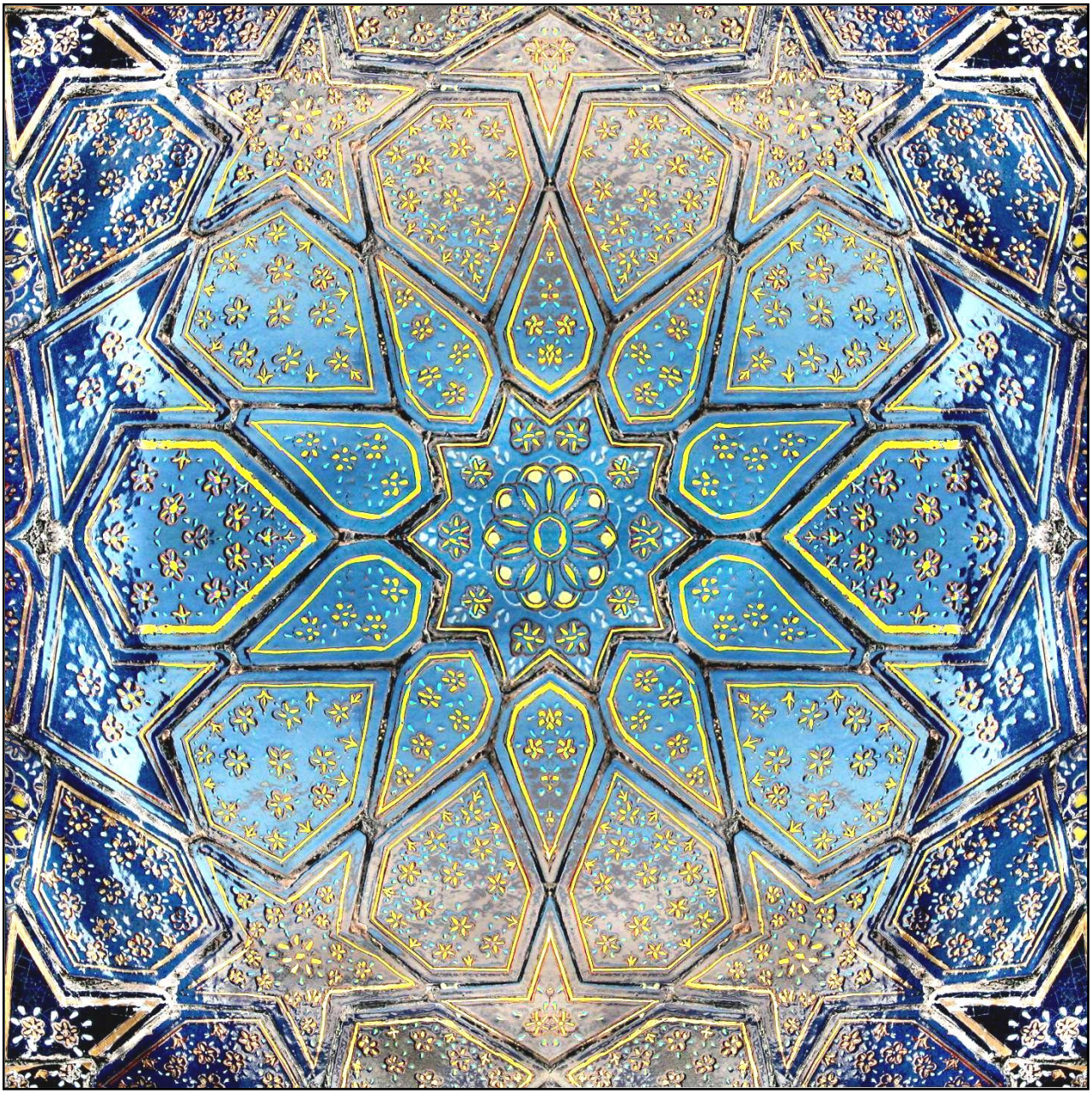
Au dessous, l'extension des cotés des pentagones forme l'étoile centrale ainsi que la pièce intermédiaire.



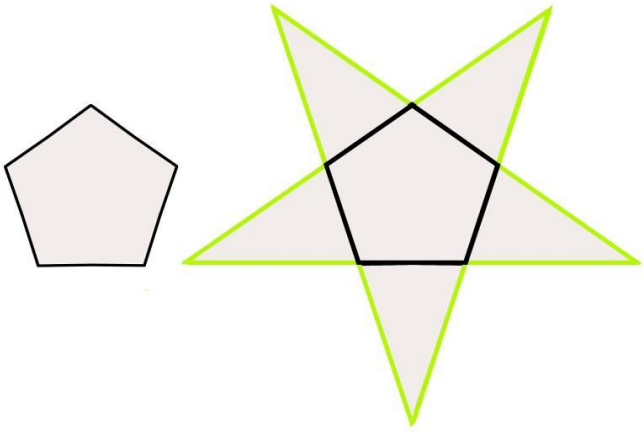




Alfiz et porte de bois de la médersa Oulough Begh à Boukhara.

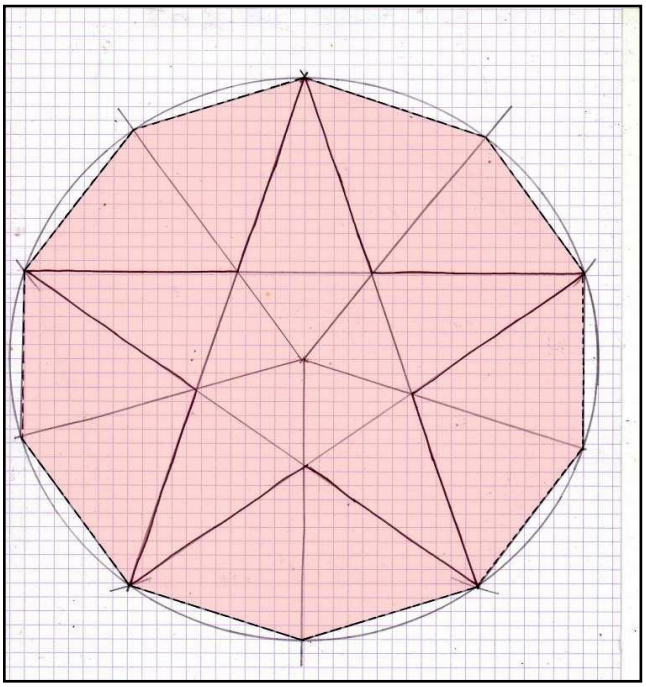


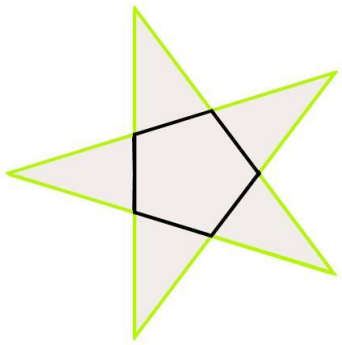
Décagone doré formé par une couronne de pentagones étoilés à Shah-I-Zinda.

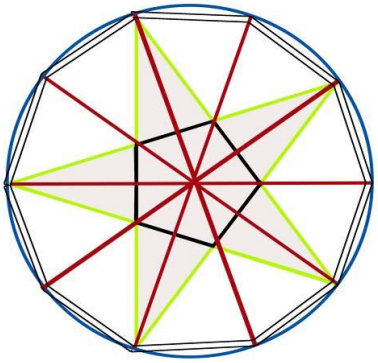


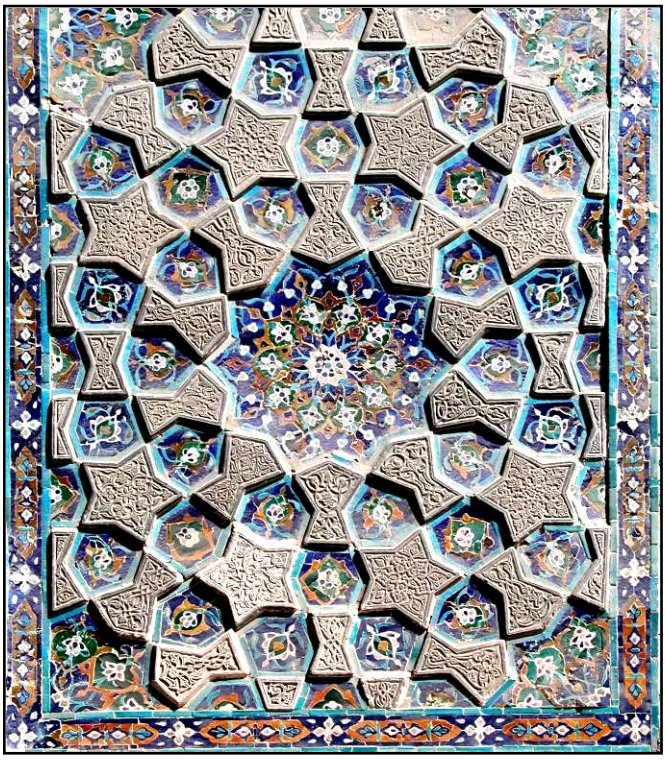
Le pentagone convexe ayant été construit comme précédemment, l'extension de ses côtés forme le pentagone étoilé.

Le décagone est obtenu à partir du tracé du pentagone étoilé et de son cercle circonscrit ; si le rayon du cercle circonscrit est égal à 1, la mesure du côté du décagone est alors égale au petit nombre d'or.

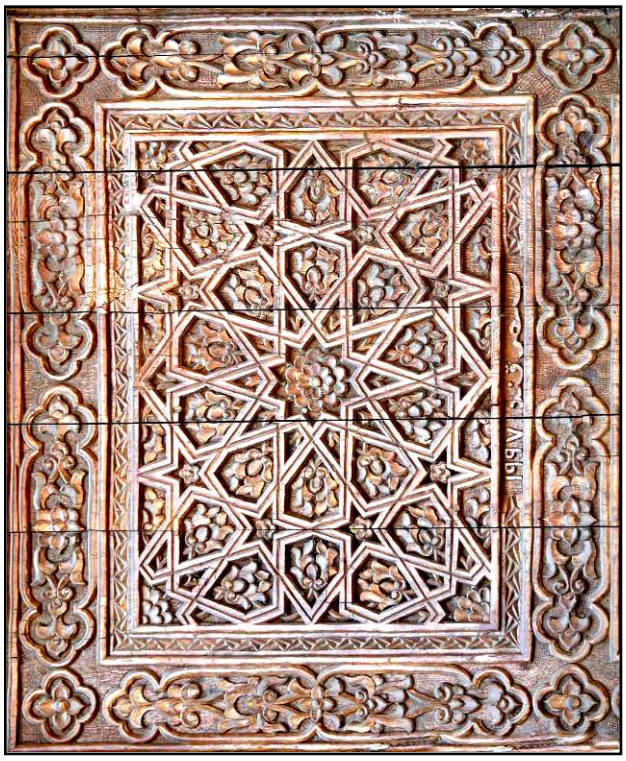








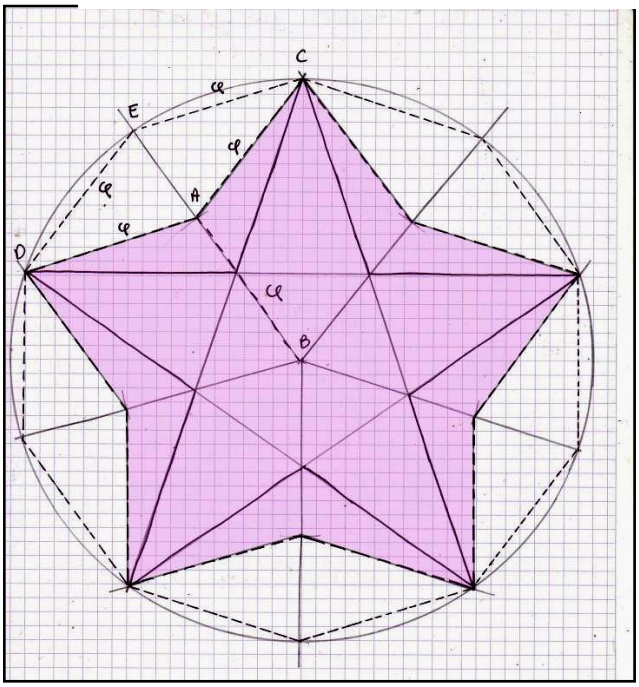
Médersa Oulough Begh à Samarcande.

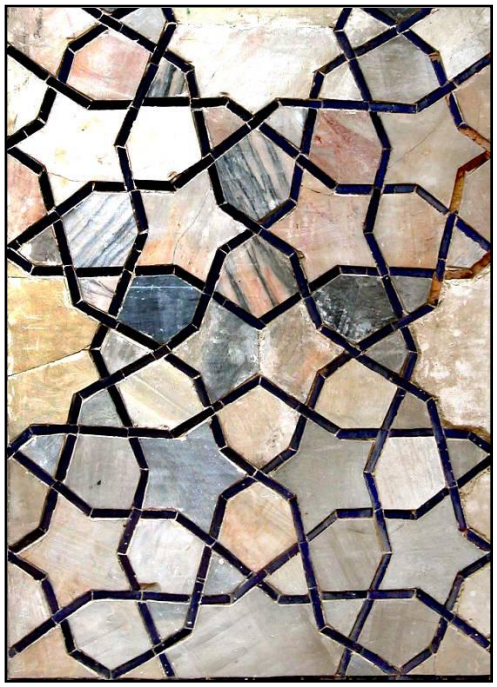


Porte de la mosquée Kalon à Boukhara.

Pentagones satellites ; le pentagone d’or :

Le ***pentagone d’or*** présent dans la plupart des étoiles persanes est construit à partir du décagone de telle manière que la mesure de ses côtés soit égale au **Nombre d’or**. Ses côtés sont parallèles deux à deux.

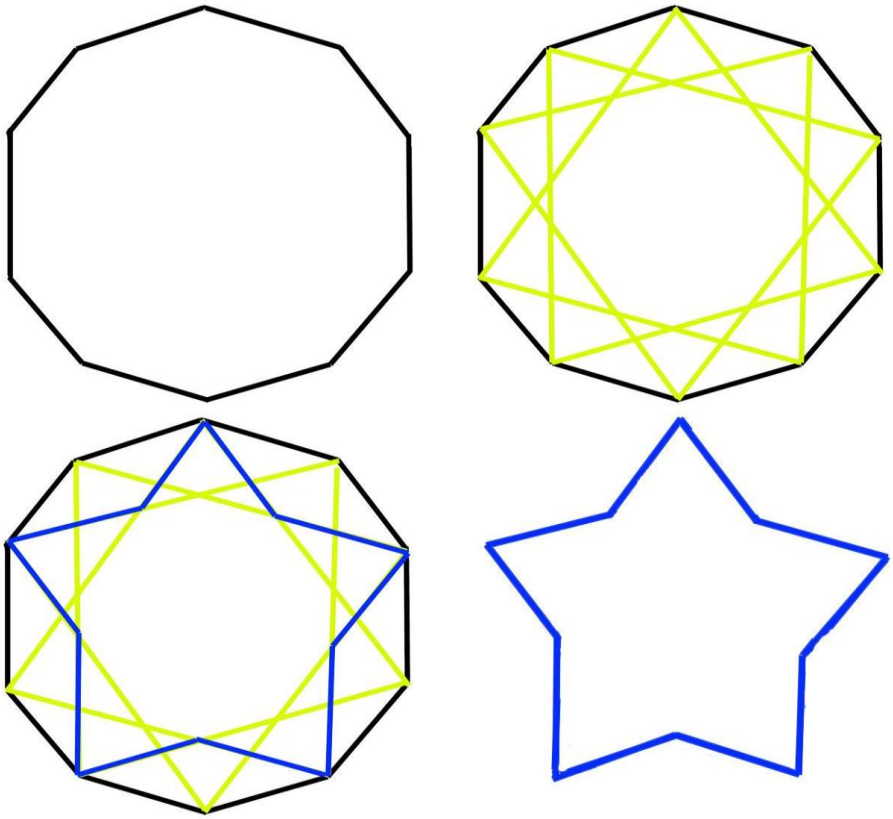


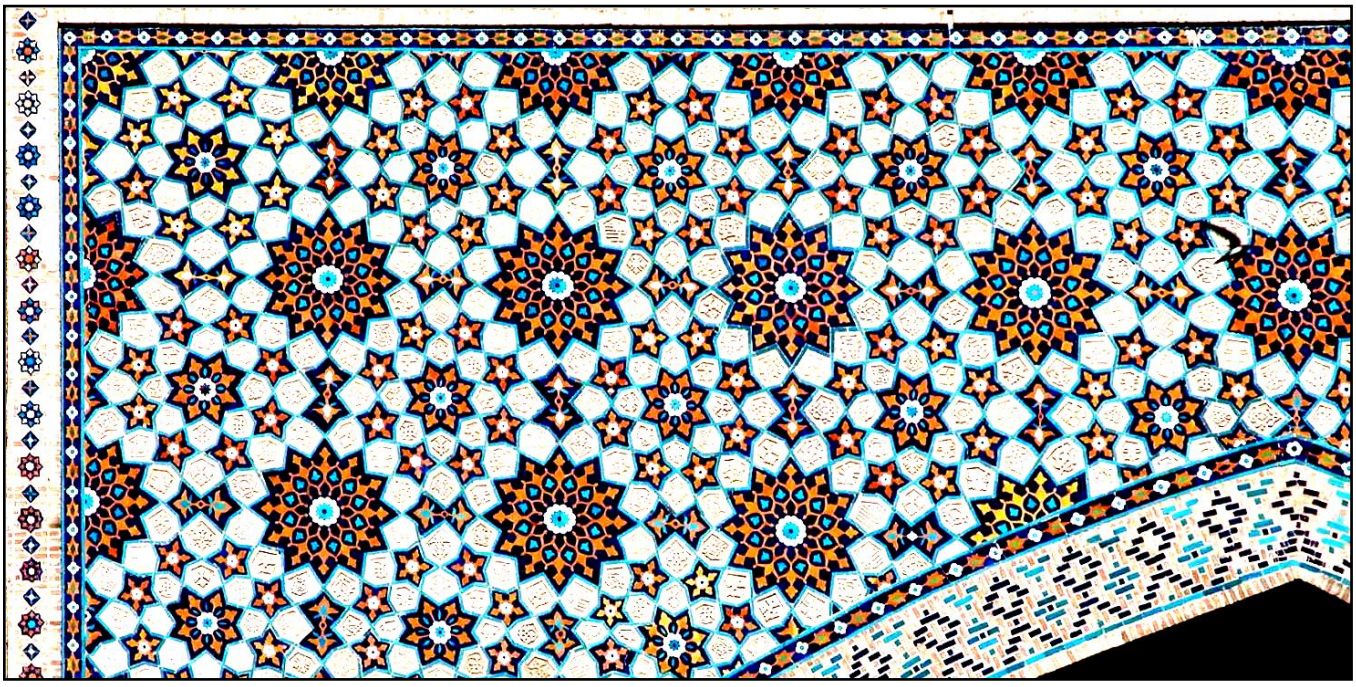


Dix pentagones d’or forment des décagones à la mosquée Bibi Kanun de Samarcande.



Construction du pentagone d'or à partir du décagone.





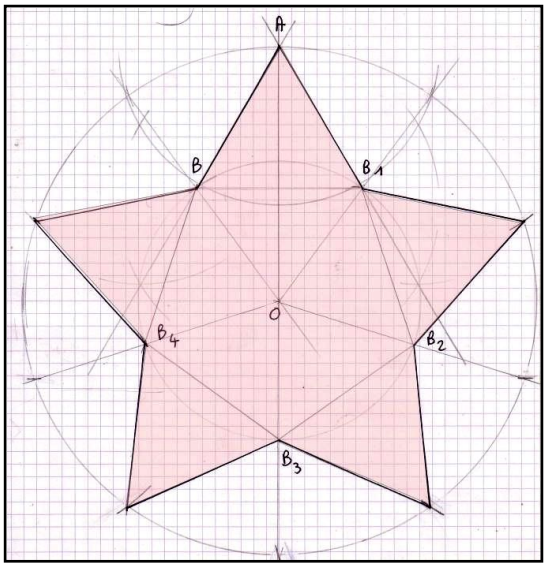
Alfiz de l'iwan intérieur dont chaque étoile est formée par une couronne de pentagones d'or. Mosquée Bibi Kanun à Samarcande.



Panneau du chortak d'entrée de la médersa Oulough Begh à Samarcande.

Le **chortak** (quatre piliers) est l'élément de base des entrées des mosquées et des médersas de style persan. Ancien temple du feu des Sassanides zoroastriens, cette construction a supplanté le **Talar** des anciens Turcs.

Pentagones satellites : le pentagone équilatère :





Le **pentagone équilatère** utilisé fréquemment comme satellite en Asie centrale est formé d'un pentagone convexe régulier B,B1,B2,B3,B4 autour duquel gravitent cinq triangles équilatéraux.

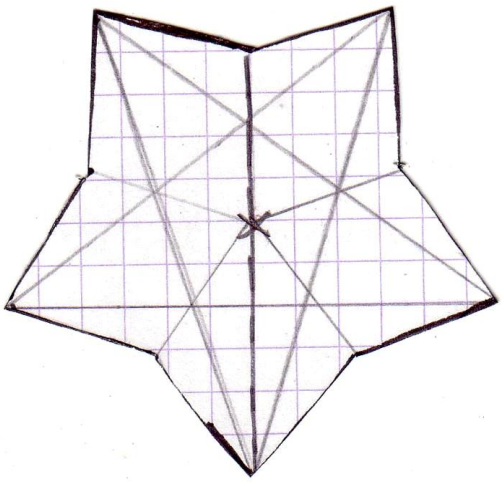
- Construction du pentagone convexe de centre O.
- Construction de ses dix demi-axes de symétrie.
- Aux points B et B1 construction de deux angles de 60° dont les côtés se coupent en A.
- Construction du cercle de rayon OA.
- Les points d'intersection des axes de symétrie avec ce cercle déterminent les sommets du pentagone équilatère.



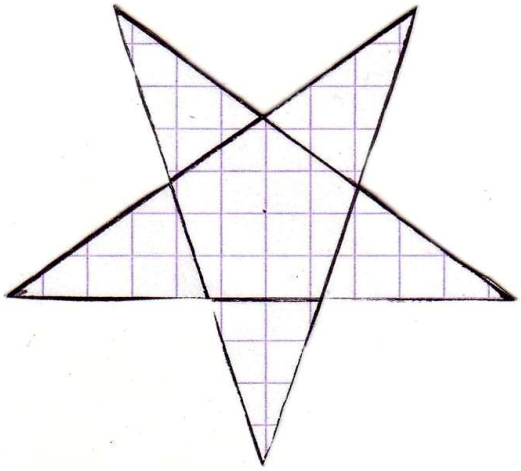
Construction des systèmes de style persan.

Pour ce type de construction:

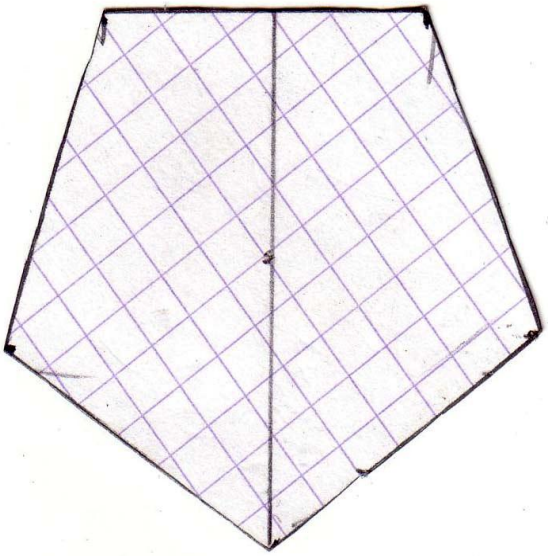
- Placer le centre de toutes les étoiles.
- Construire les axes de symétrie.
- Placer et centrer chaque pentagone sur chaque demi-axe.



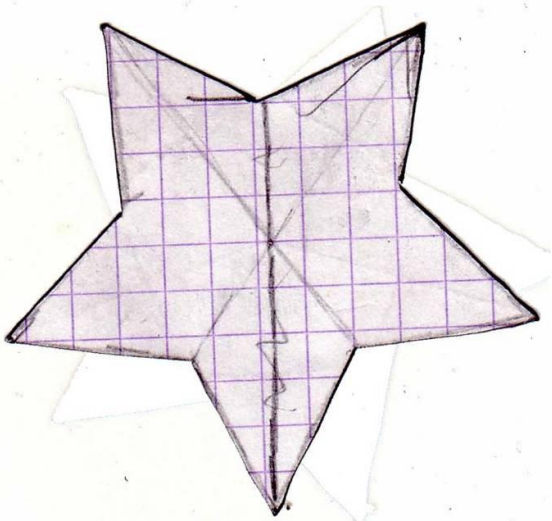
Pentagone d'or.



Pentagone convexe étoilé.



Pentagone concave.

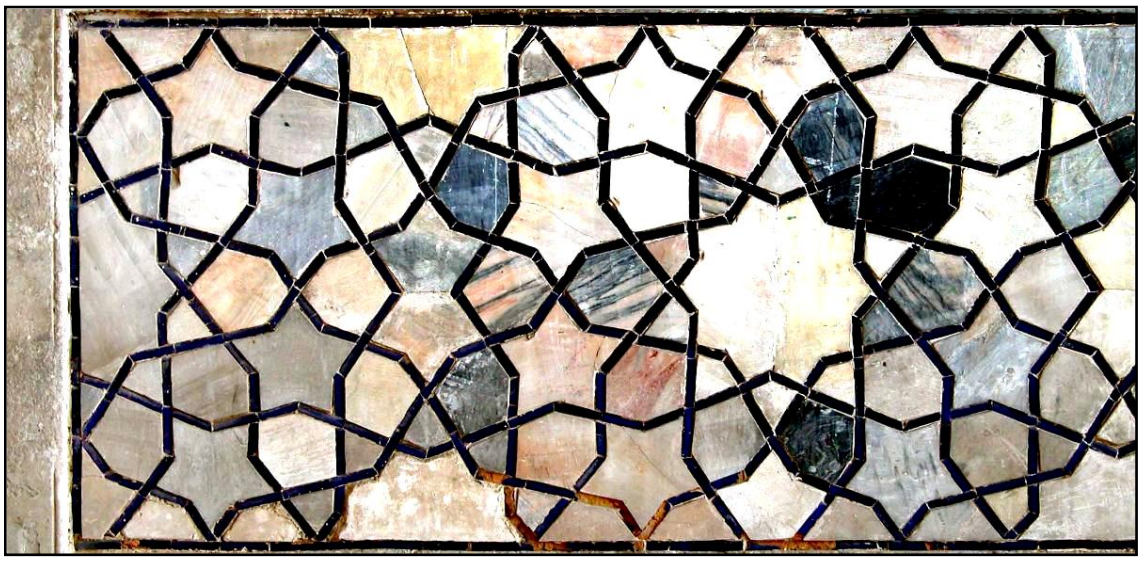


Pentagone équilatère.

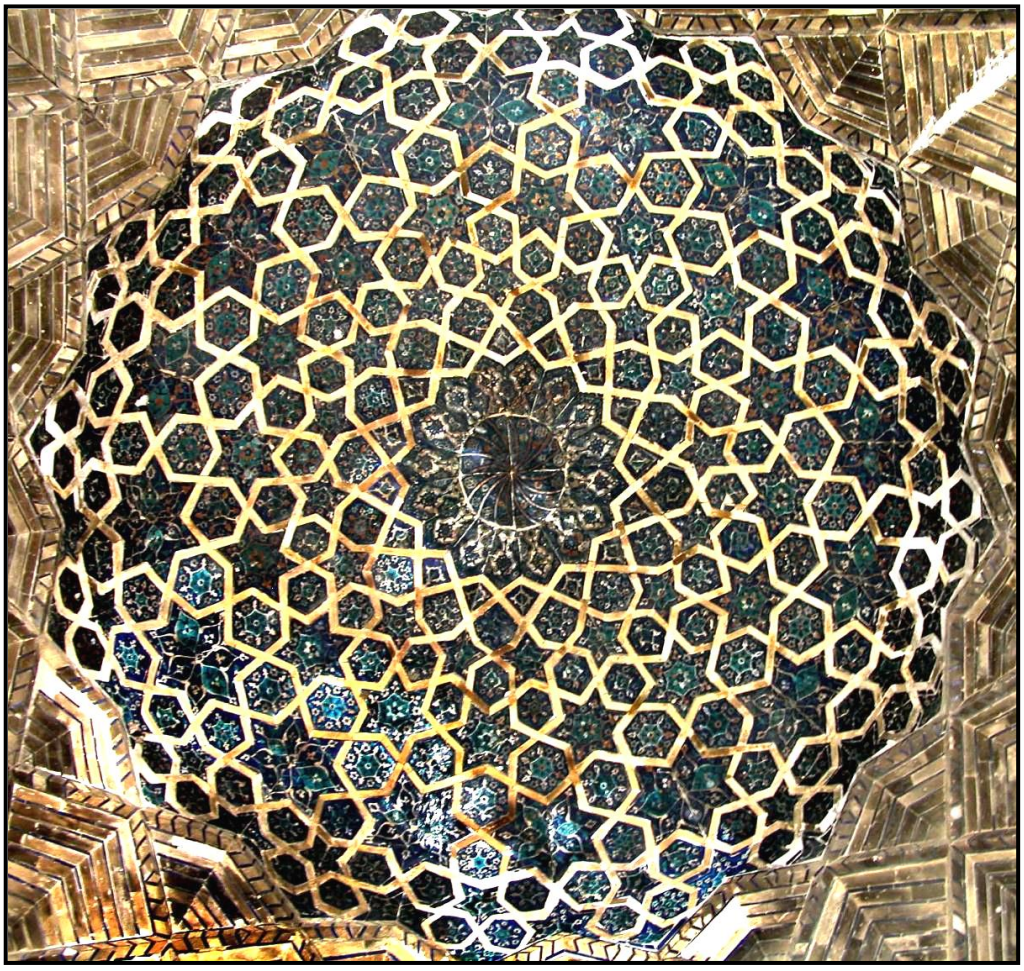
Afin d'éviter des tracés fastidieux, l'utilisation de gabarits permet de tracer les différents pentagones satellites.

La taille des gabarits dépend de celle du module.

Les étoiles centrales les plus fréquentes sont celles à dix et douze branches ; pour ces dernières, quatre constructions différentes utilisant les types de pentagones satellites seront étudiées.



Incrustations de néphrite dans le marbre du pistach de la médersa Oulough Begh au Registan.



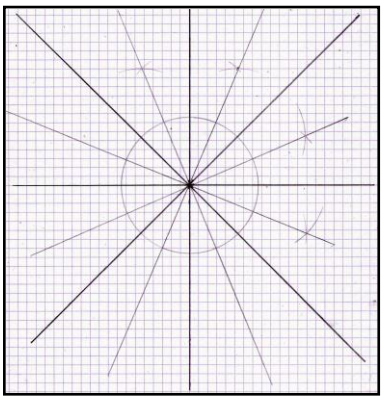
Cette composition convergente d'étoiles de la coupole de la médersa Abdul Aziz Khan à Boukhara comporte plusieurs étages d'étoiles :

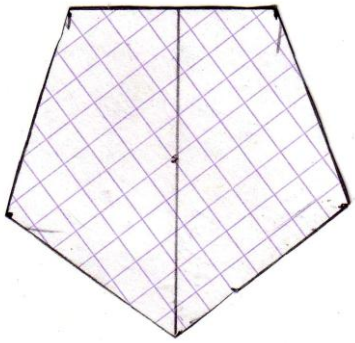
L'étoile à seize, centrale, est formée par une couronne de seize pentagones équilatères.
Suivie par une couronne d'hexagones formés par des pentagones convexes
Suivie par un étage d'étoiles à sept construit par des pentagones convexes.

L’étoile à huit :

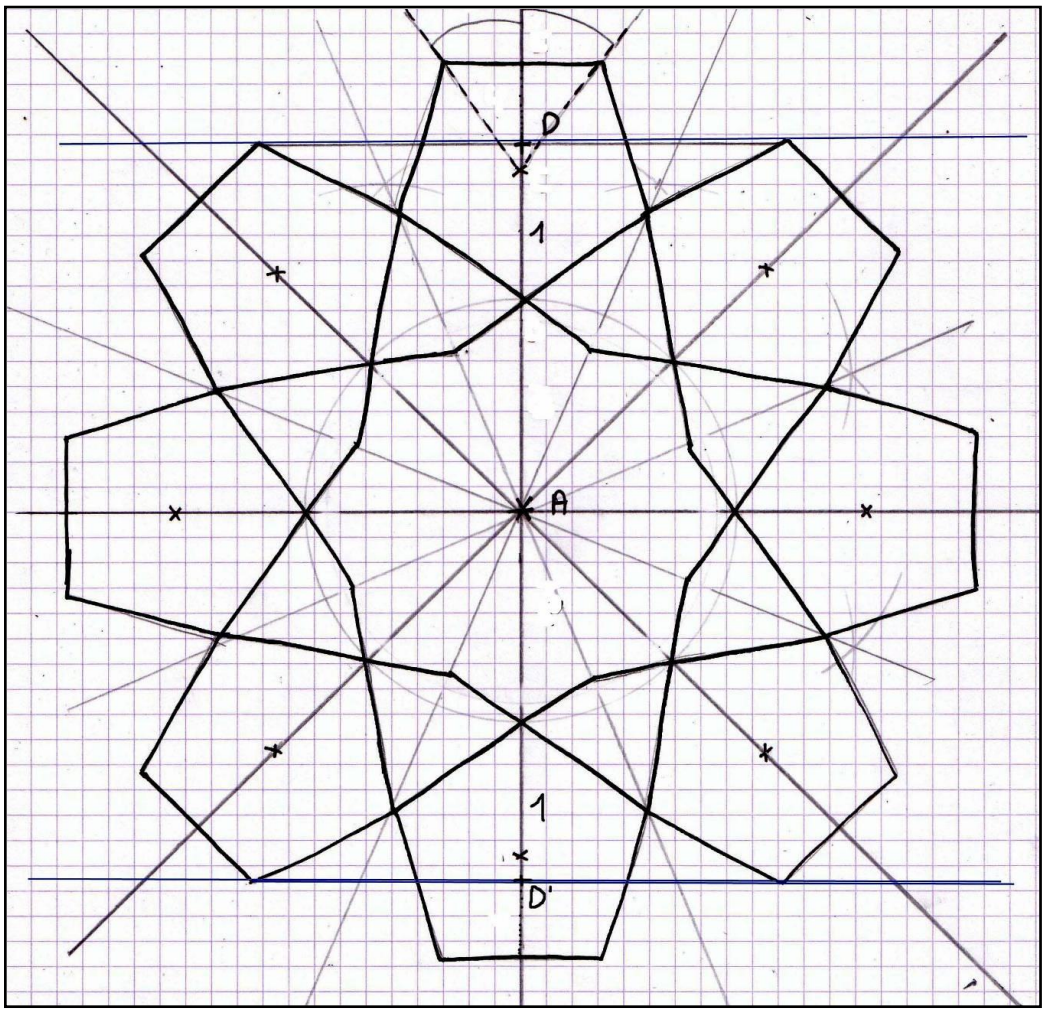
Les étoiles à huit pétales sont ci-dessous construites par des pentagones convexes:

DIAPORAMA

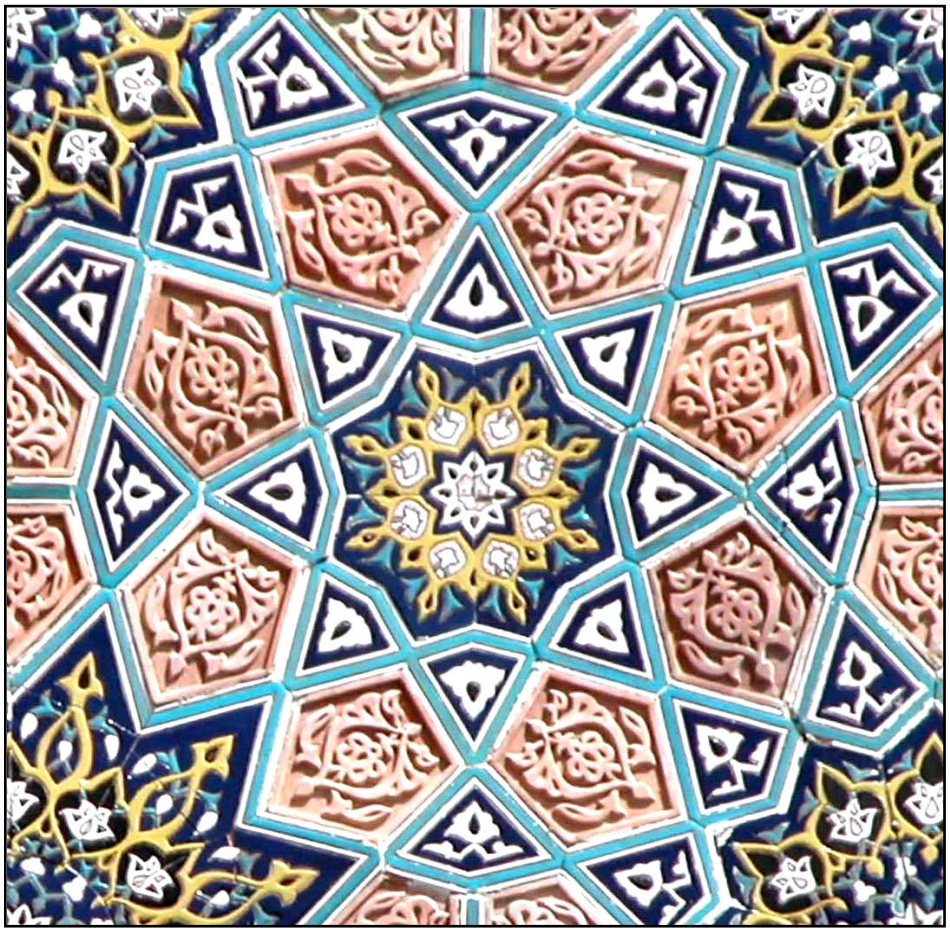


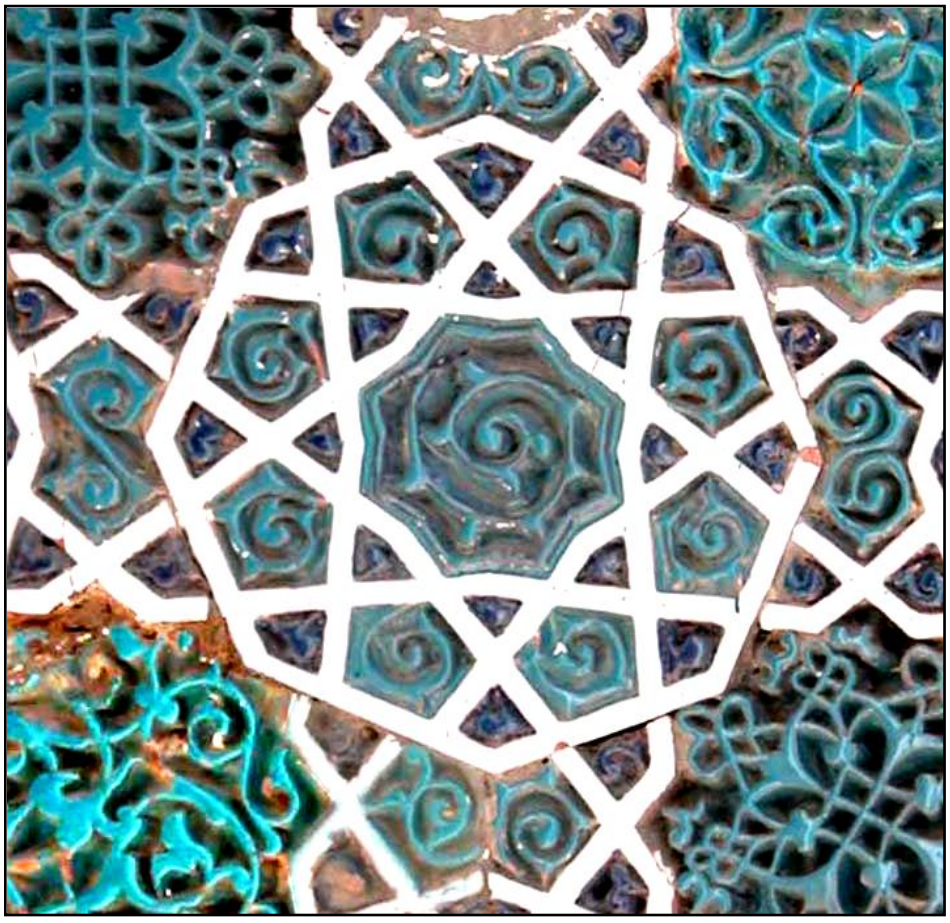


Construction du module correspondant.

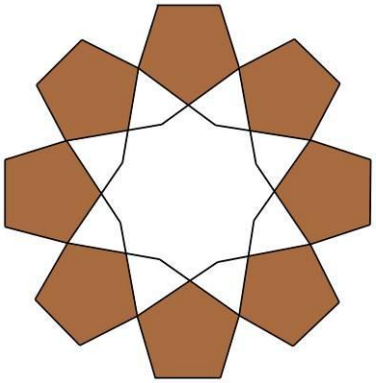


RETOUR

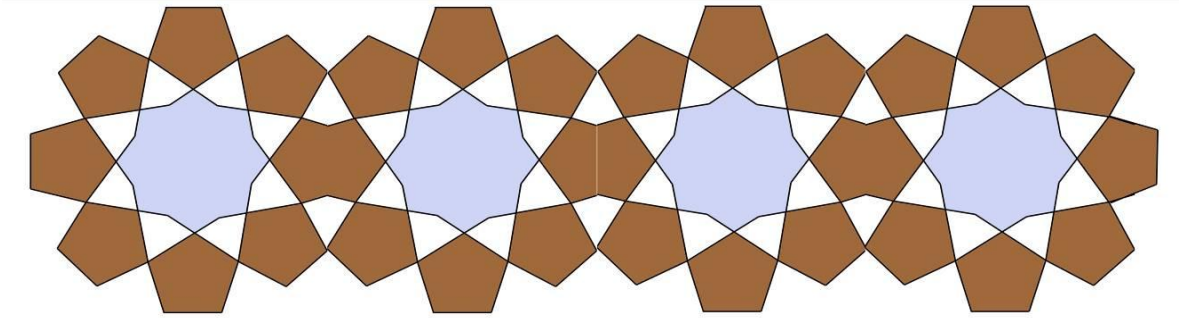


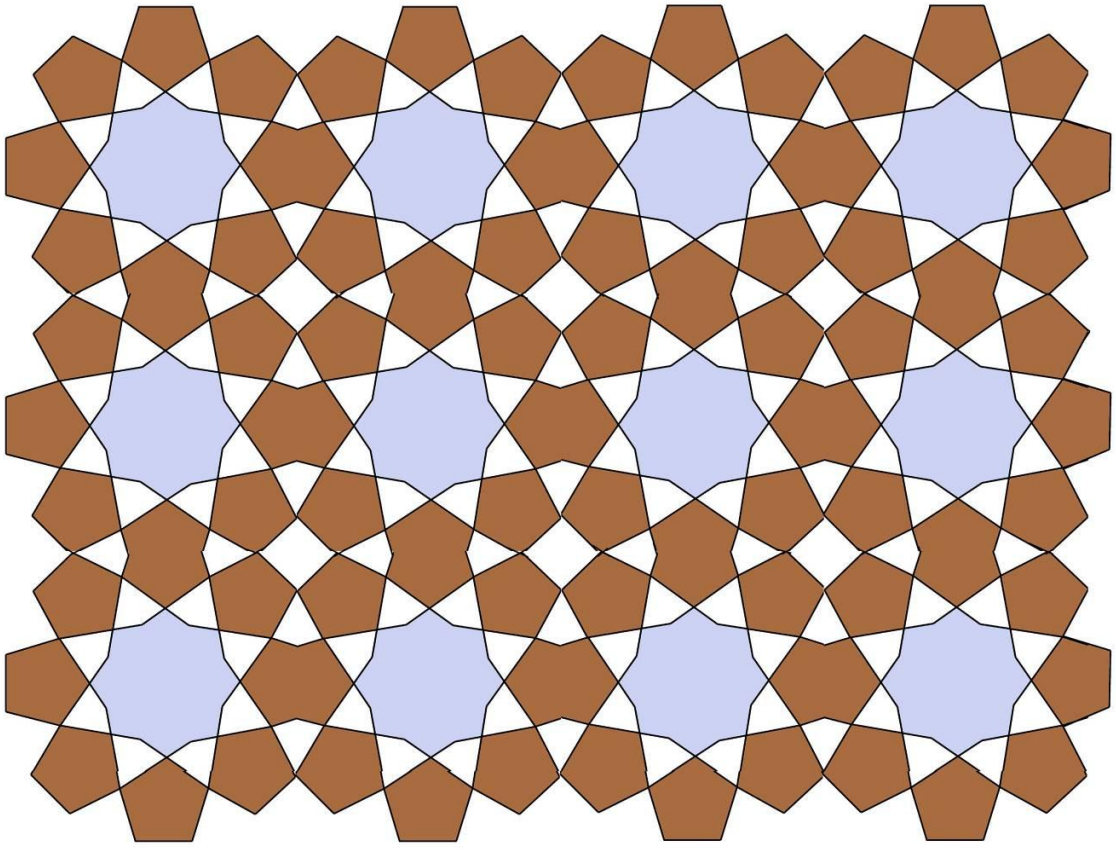


Construction d'un pavage.

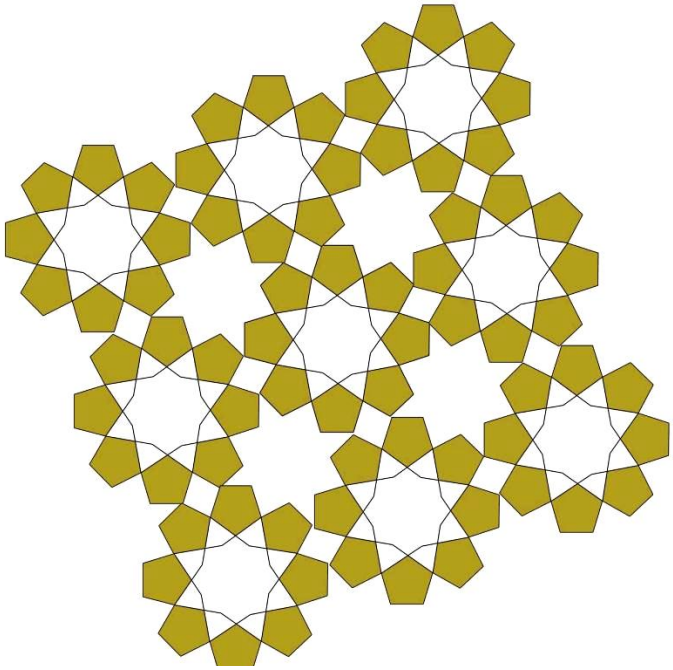


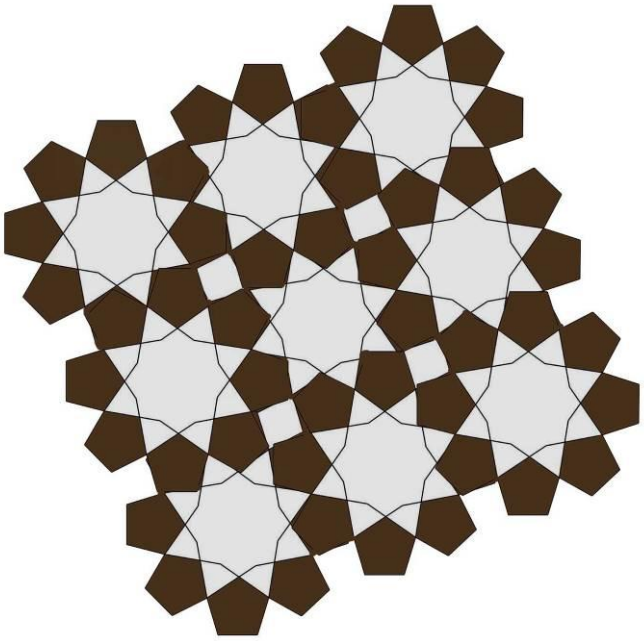
A droite, le module servant à construire la frise et le pavage ci dessous.

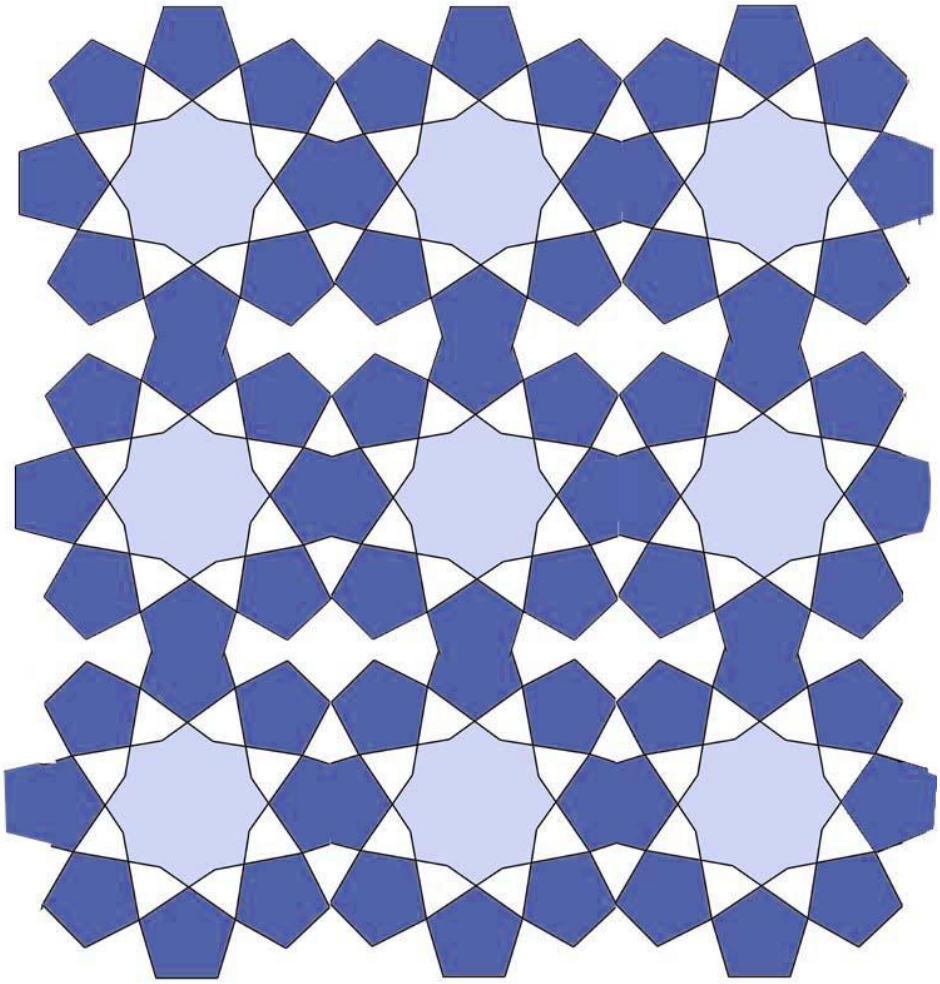




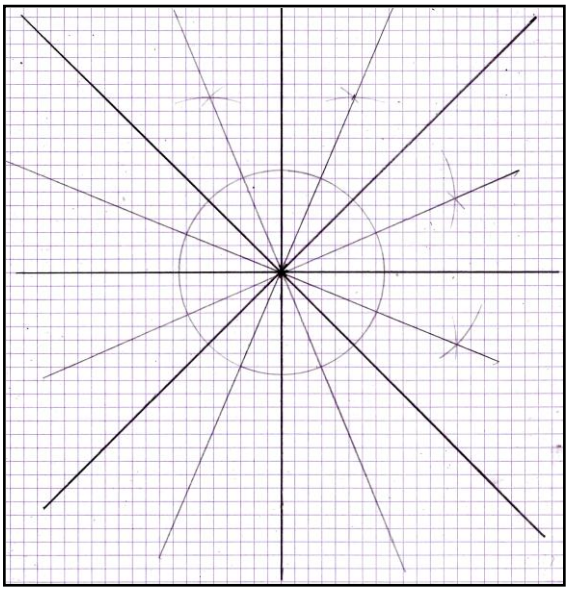
Autres compositions possibles des modules :

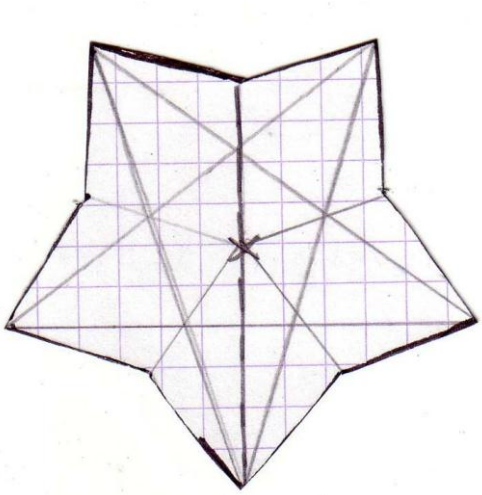




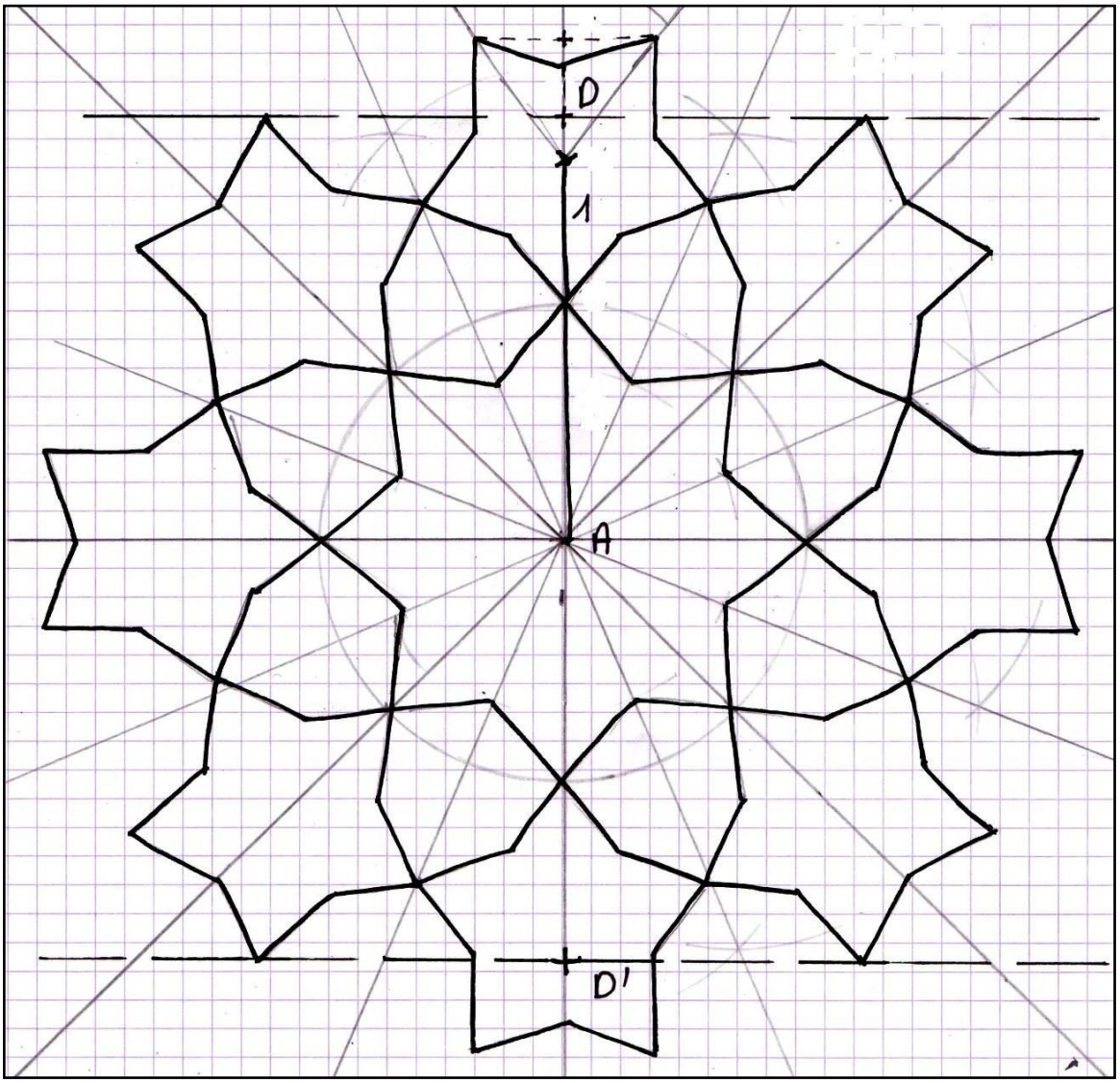


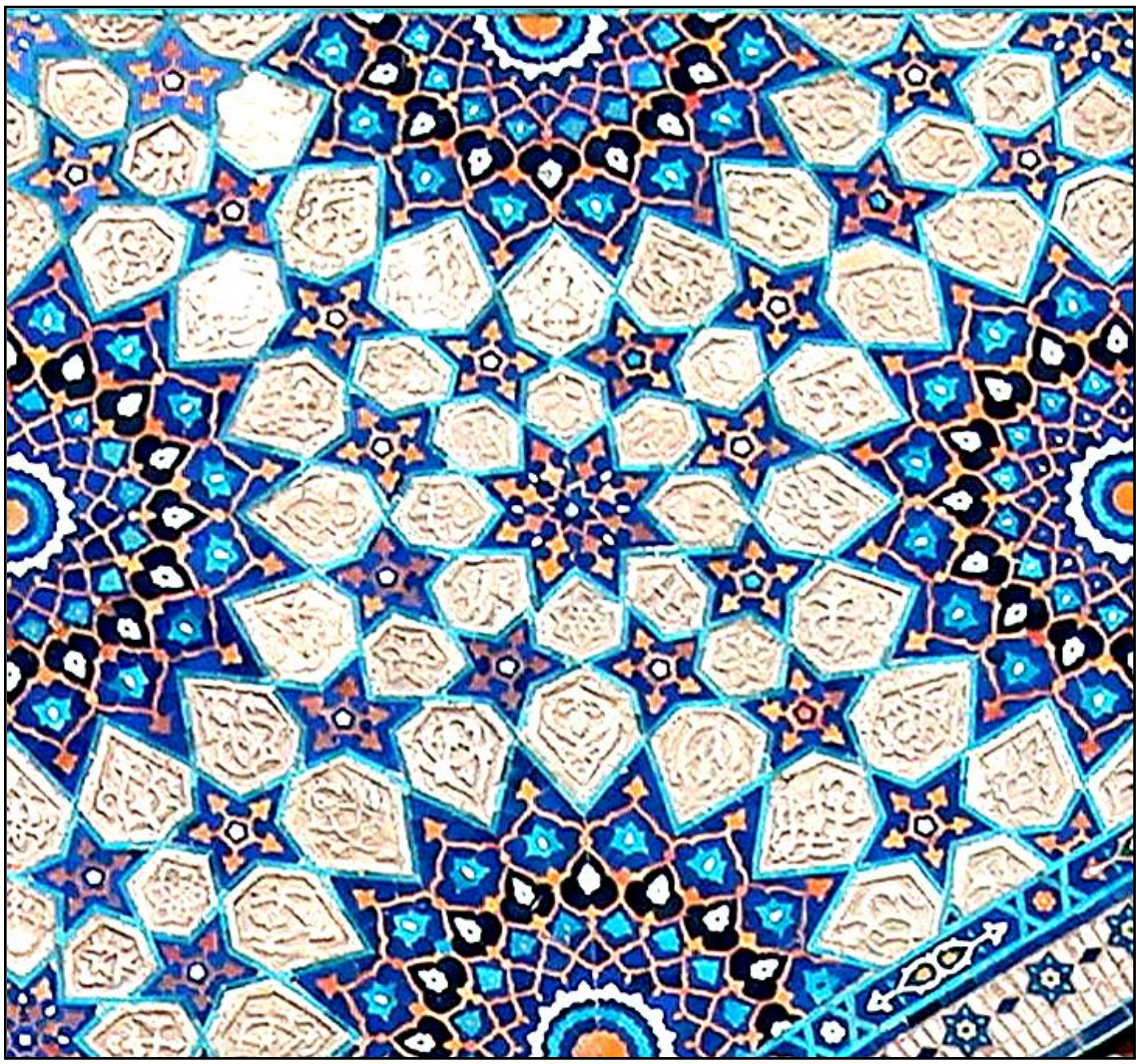
Étoiles à huit construites avec des pentagones d'or :



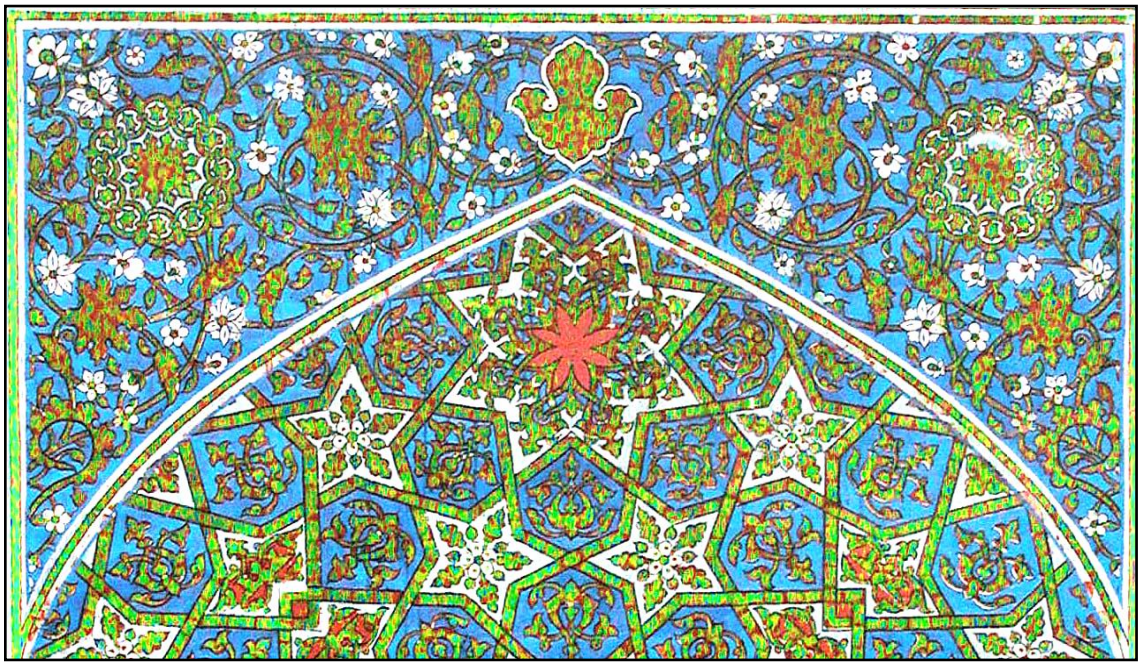


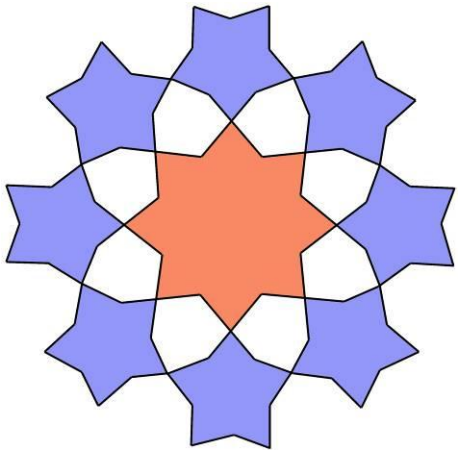
Sur-module correspondant.



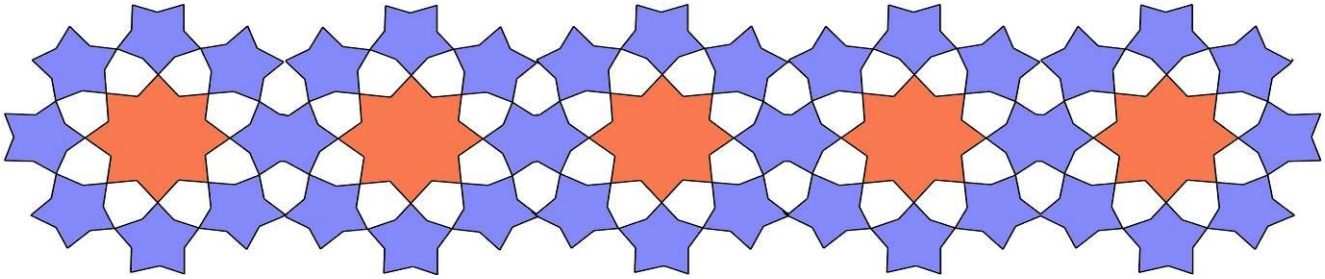


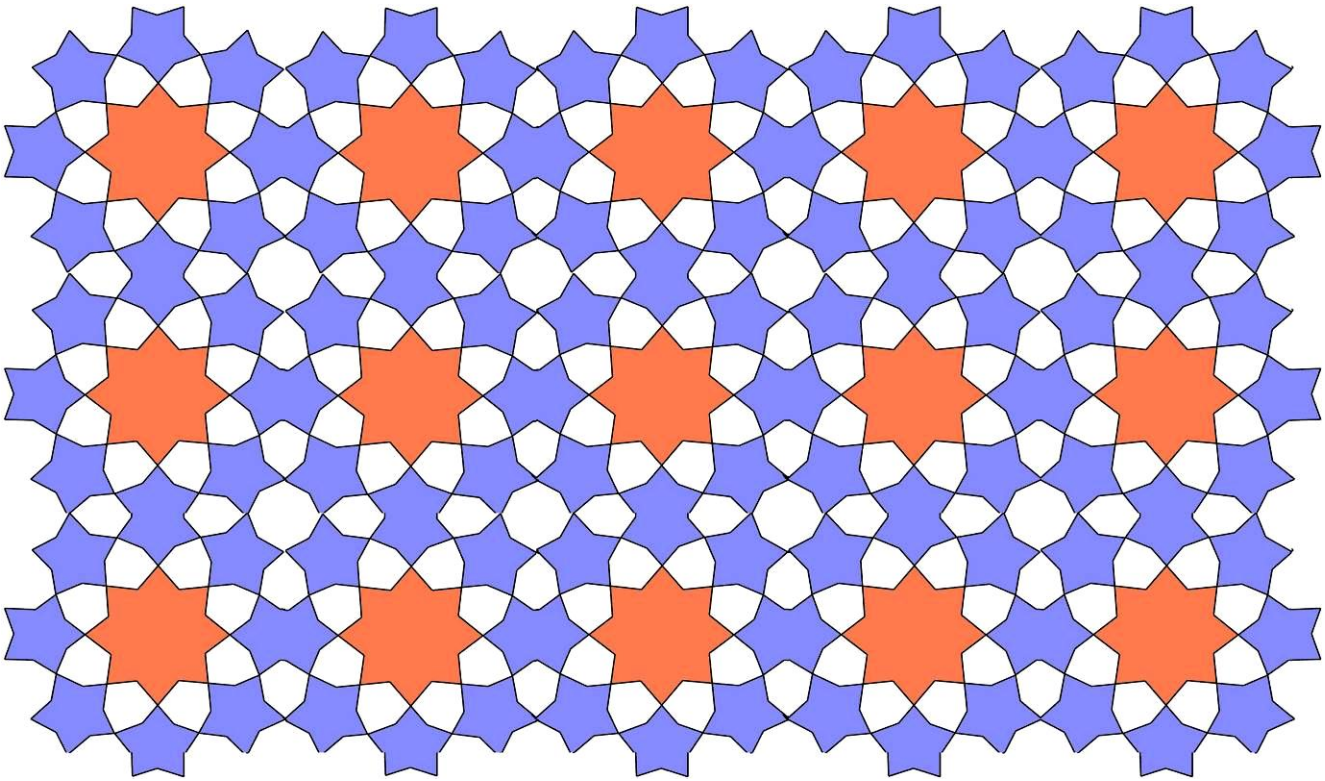
Registan de Samarcande : composition d'étoiles à seize formant une étoile à huit sur l'alfiz de la médersa Oulough Begh ; décoration de papier mâché (gantch) à la mosquée Tilla Khari.



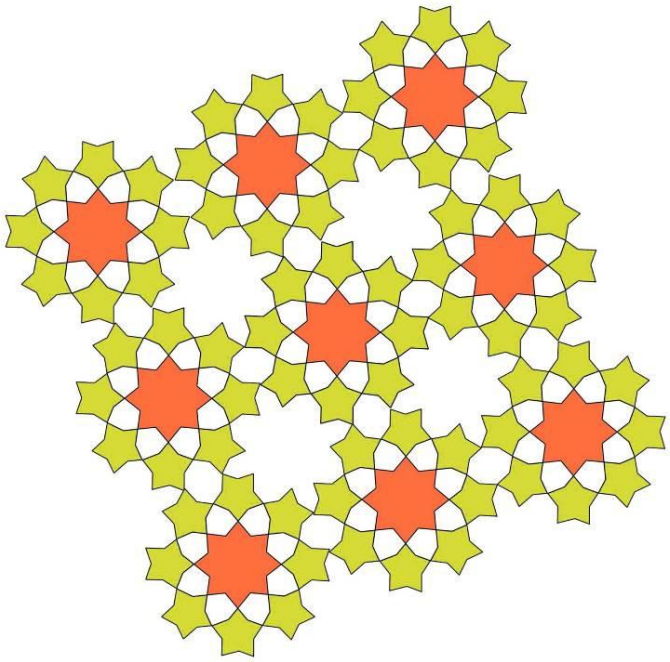


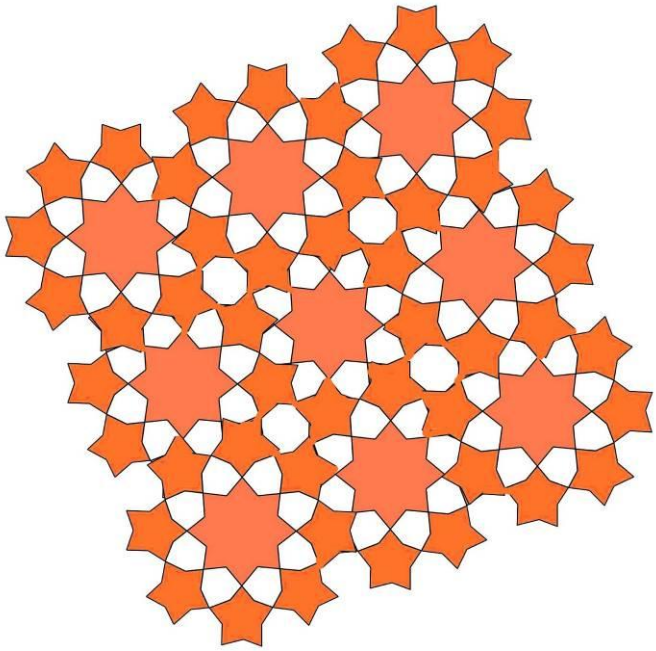
A droite, le sur-module servant à construire la frise du pavage ci-dessous.

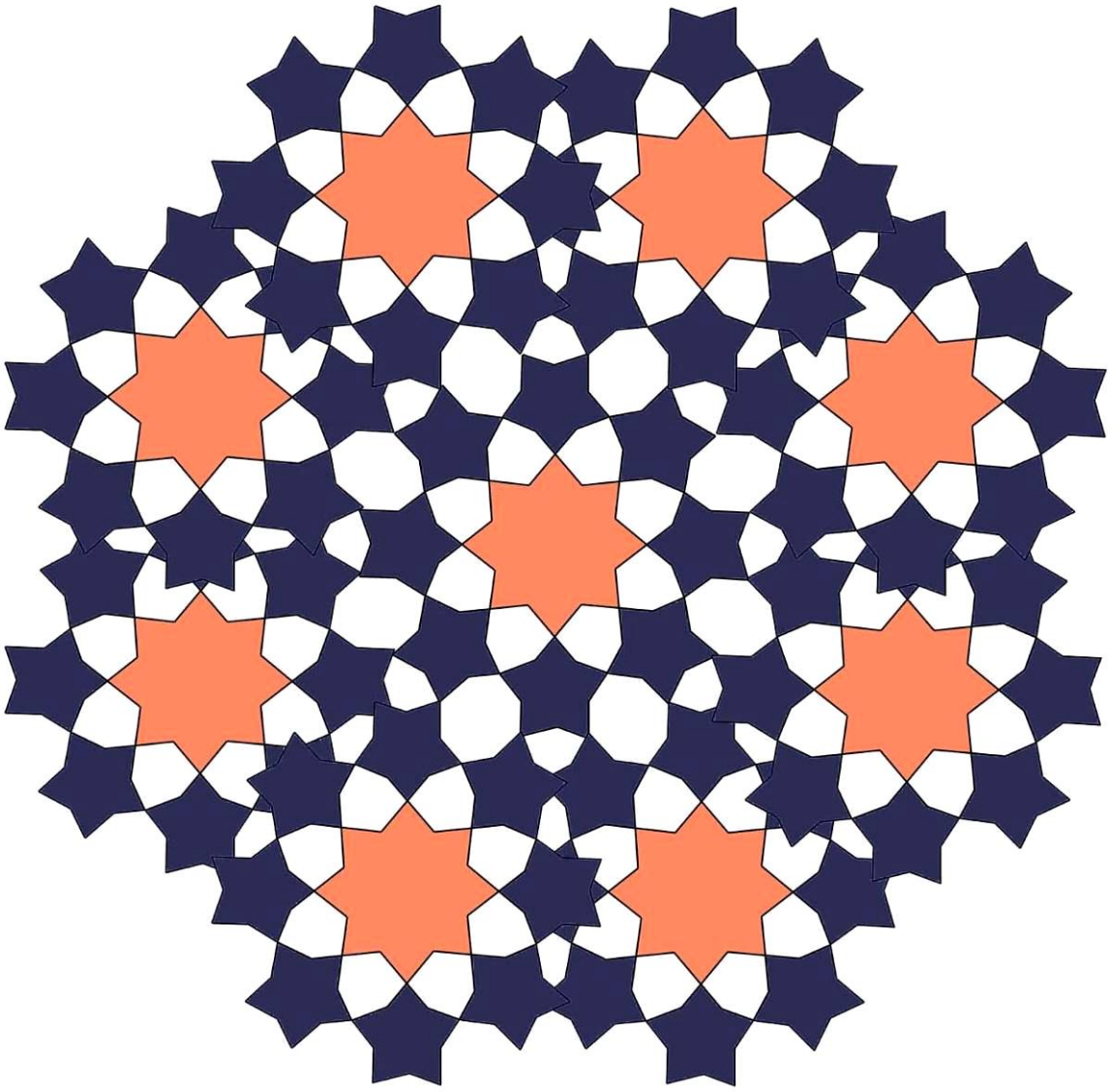




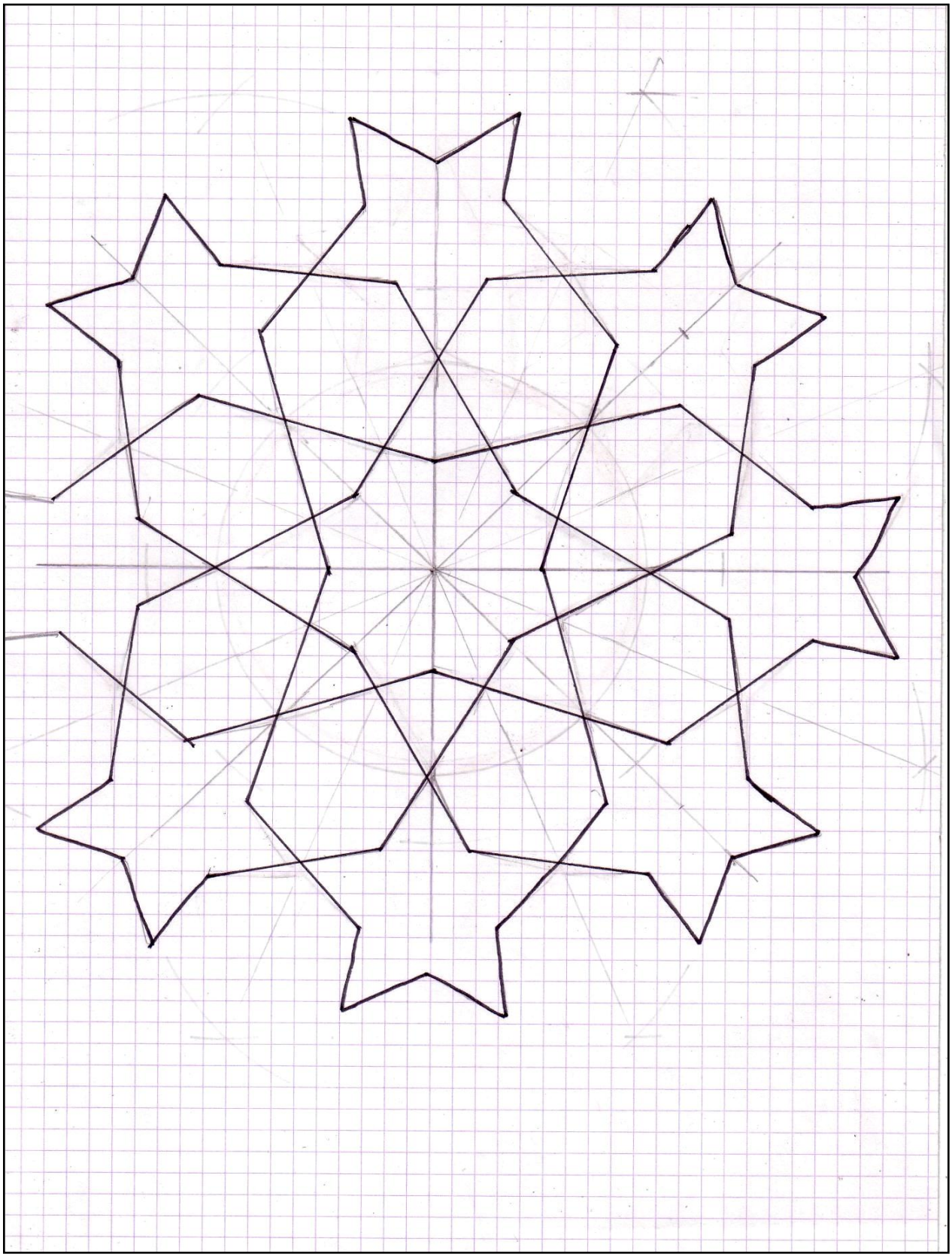
Autres compositions des sur-modules :

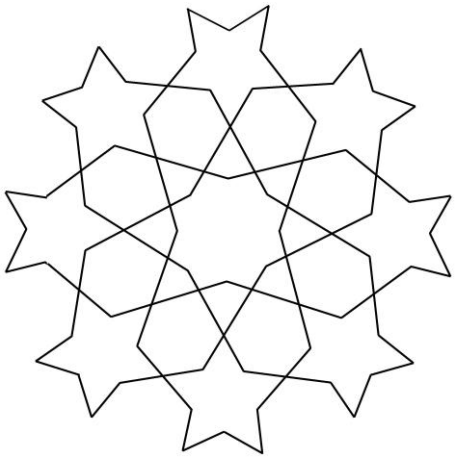


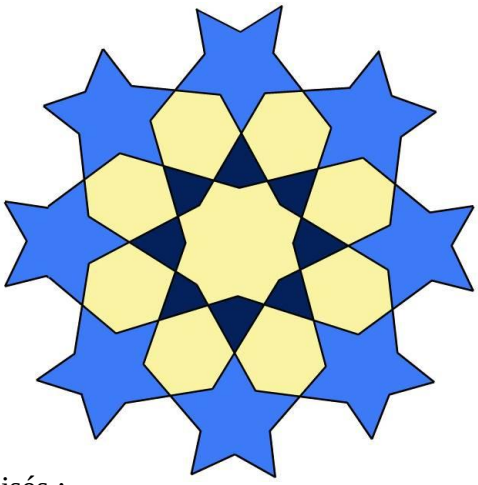




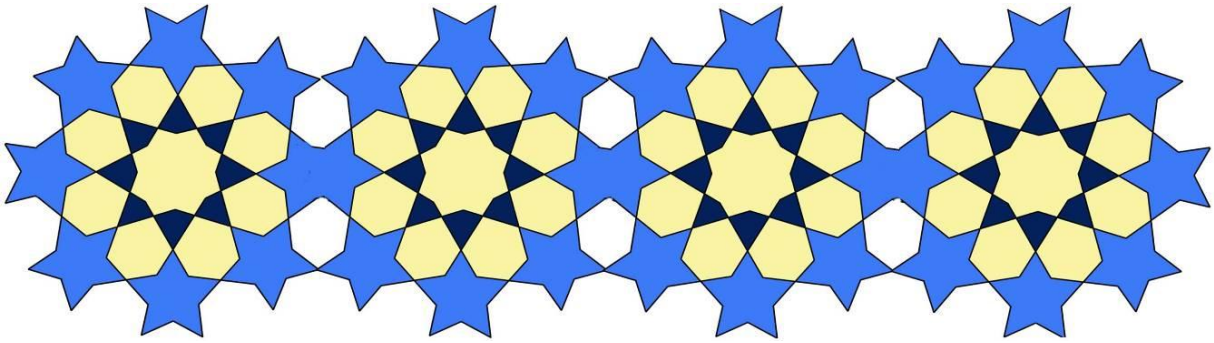
Les étoiles à huit ont pour satellites des pentagones équilatères :

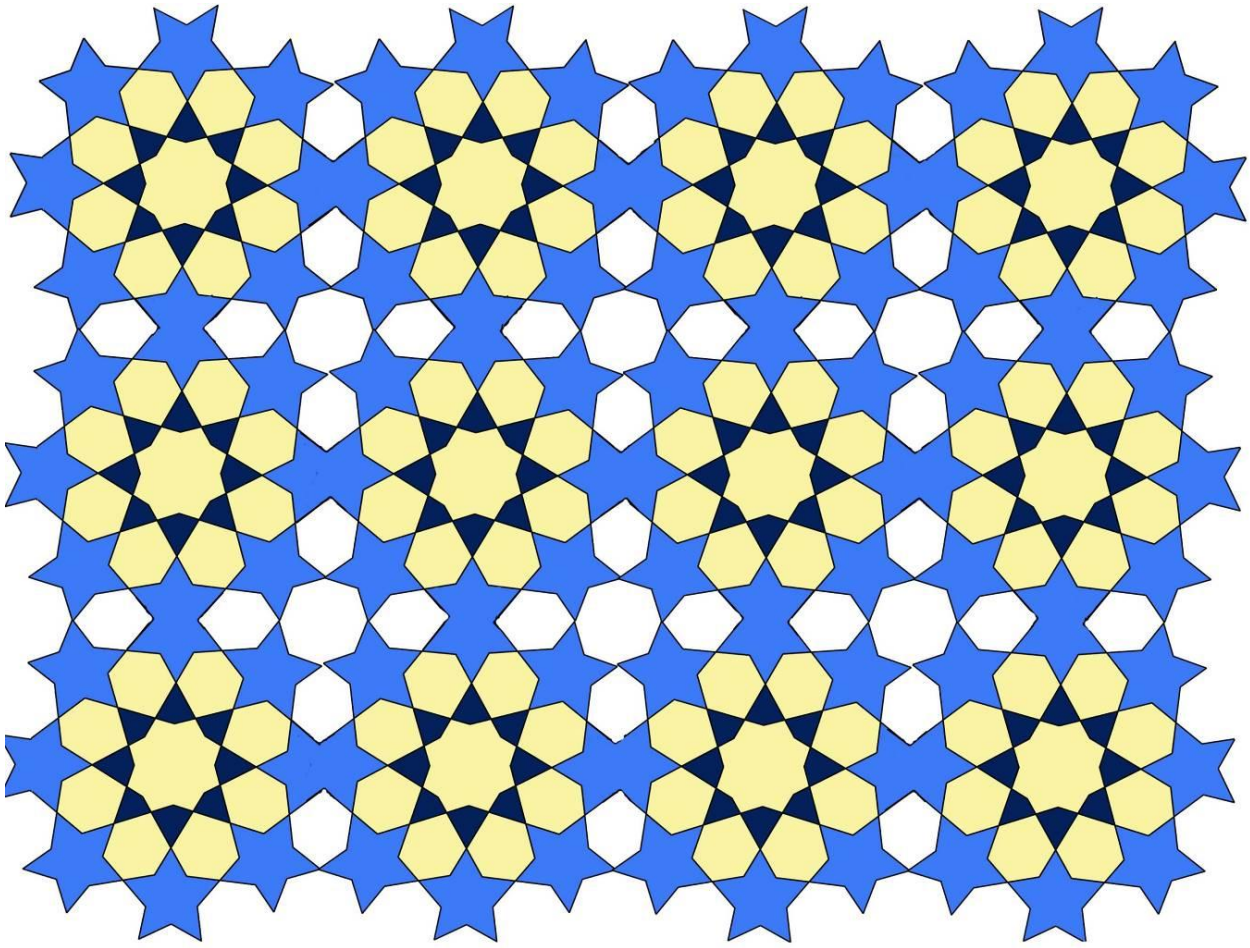


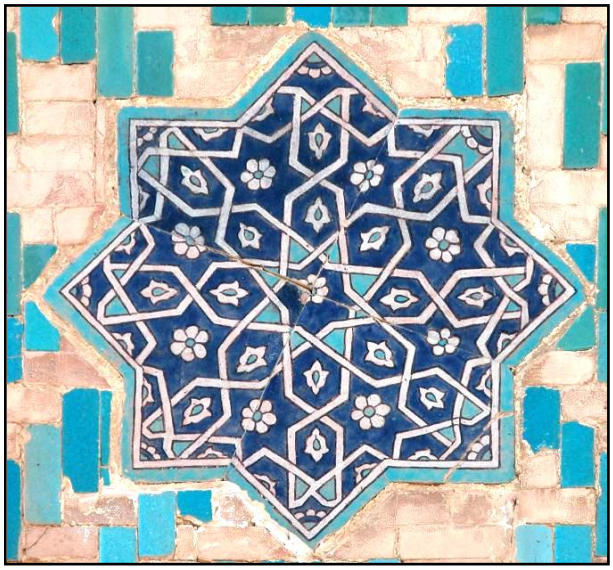




Sur-modules utilisés :

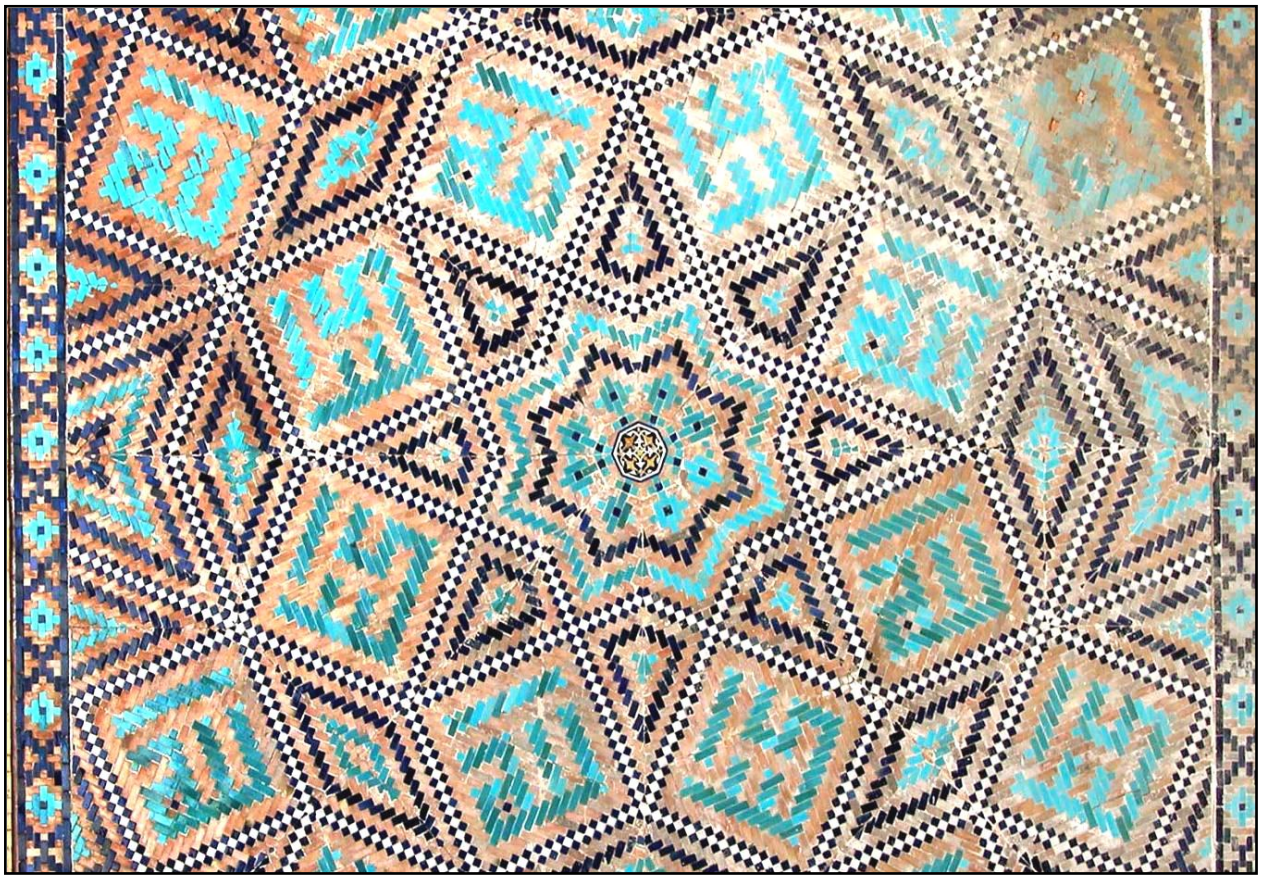








Majoliques de la mosquée Tilla Kari du Registan de Samarcande.

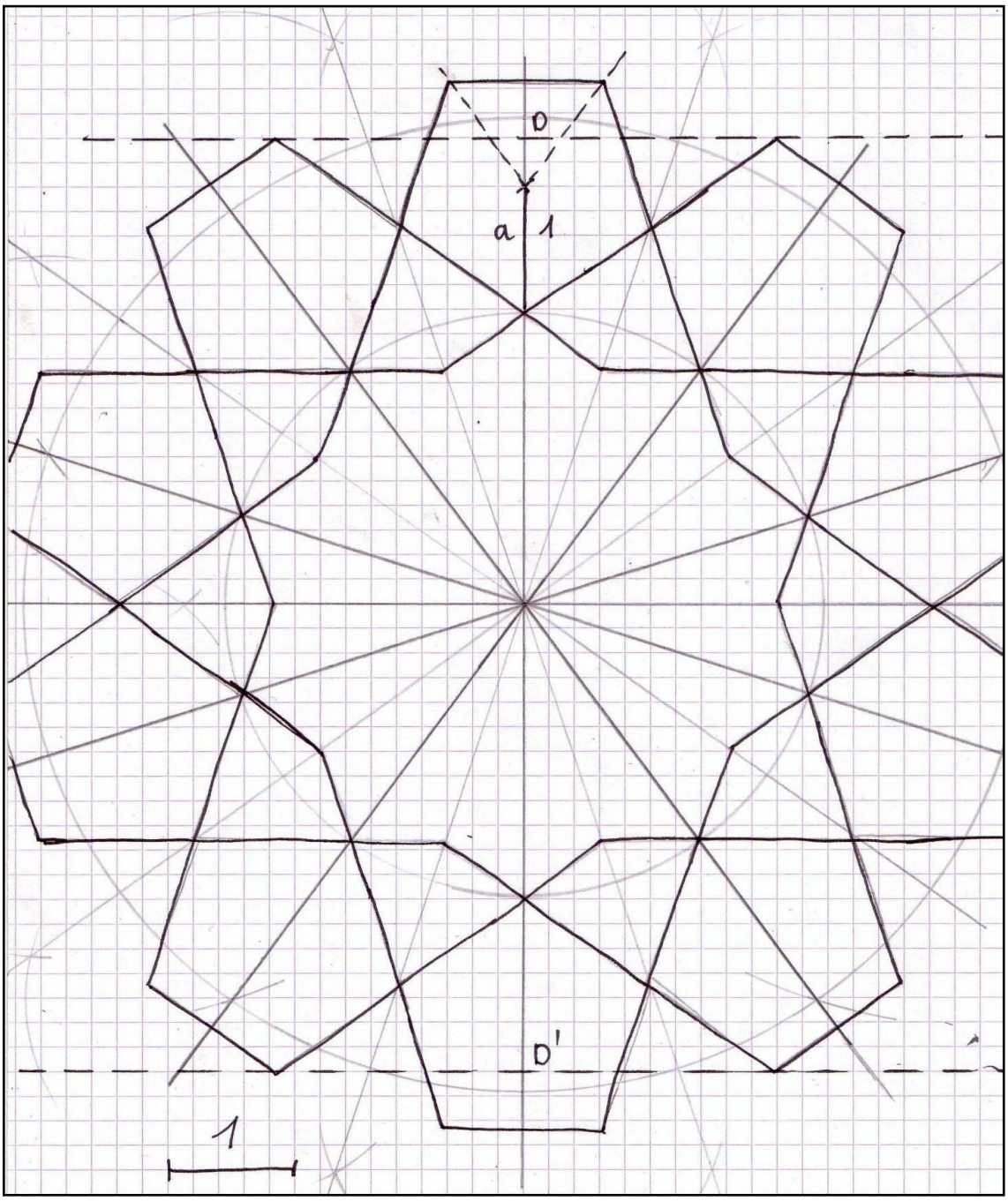


Kaschis du pistach de la médersa Chir Dor du Registan : étoiles à huit avec comme satellites des carrés ; c'est le même type de squelette pour les mosaïques romaines de Lixus au Maroc.

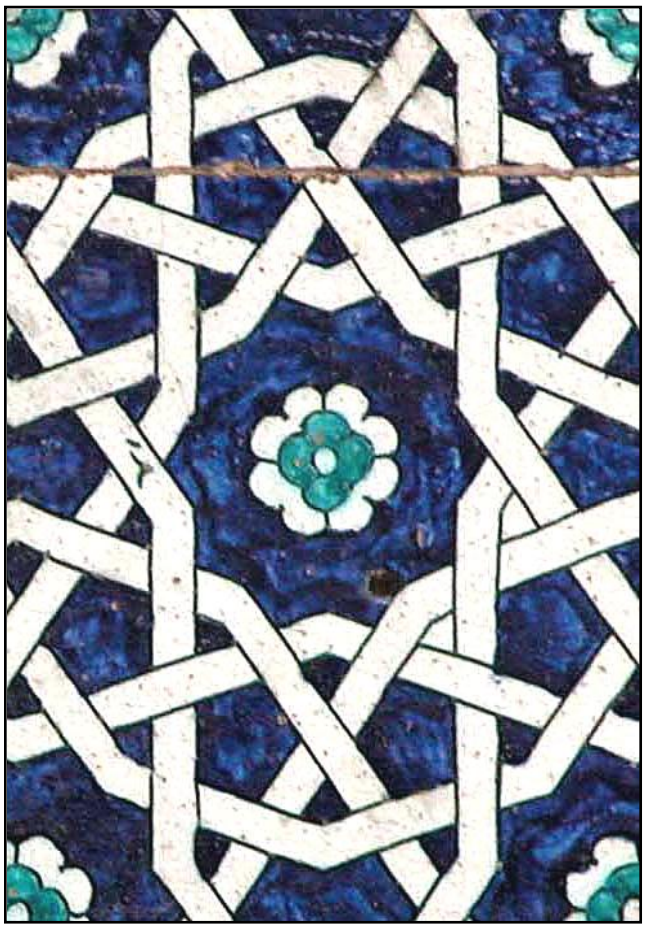
L’étoile à dix :

DIAPORAMA 1 DIAPORAMA 2

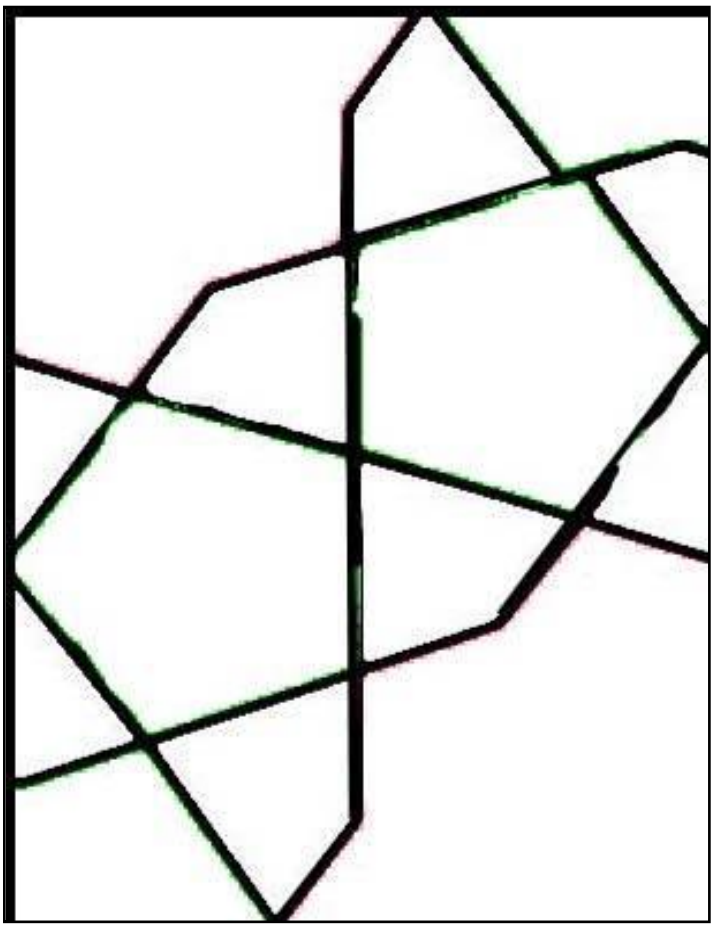
Étude de l’étoile à dix pétales avec pour satellites des pentagones convexes réguliers :



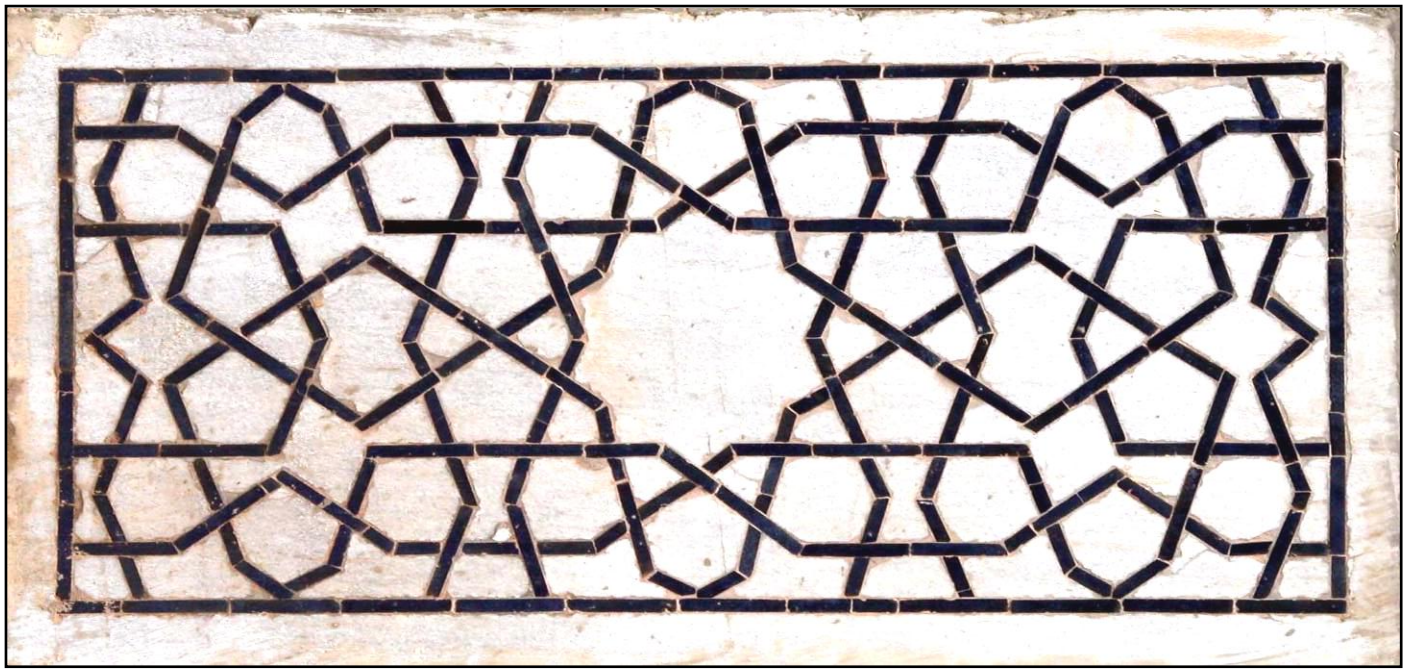
RETOUR



Palais forteresse de Khiva.

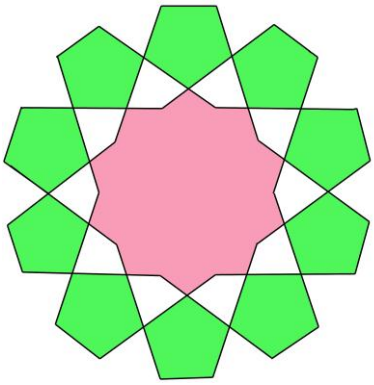


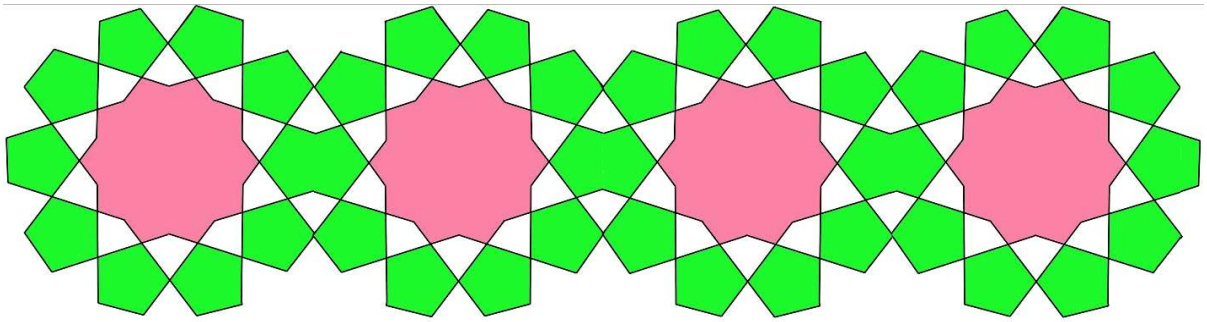
Carré minimal.

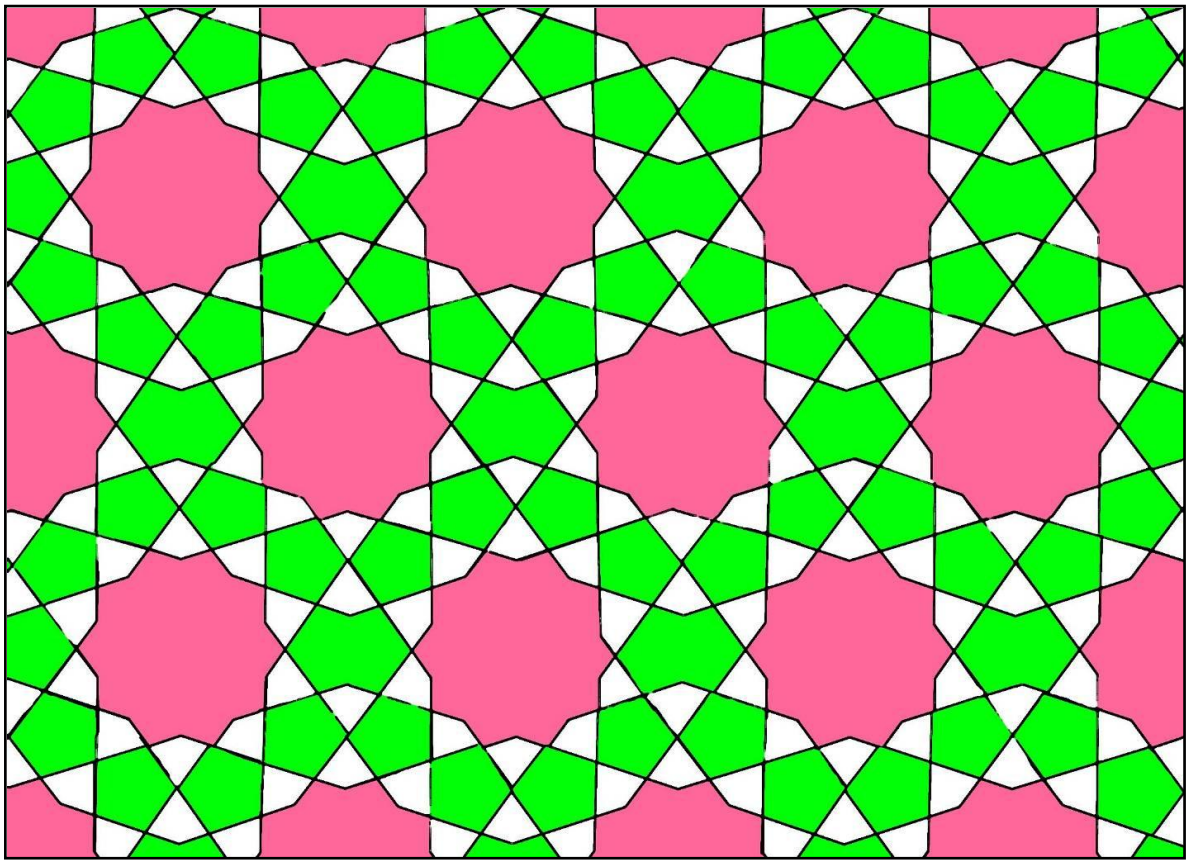


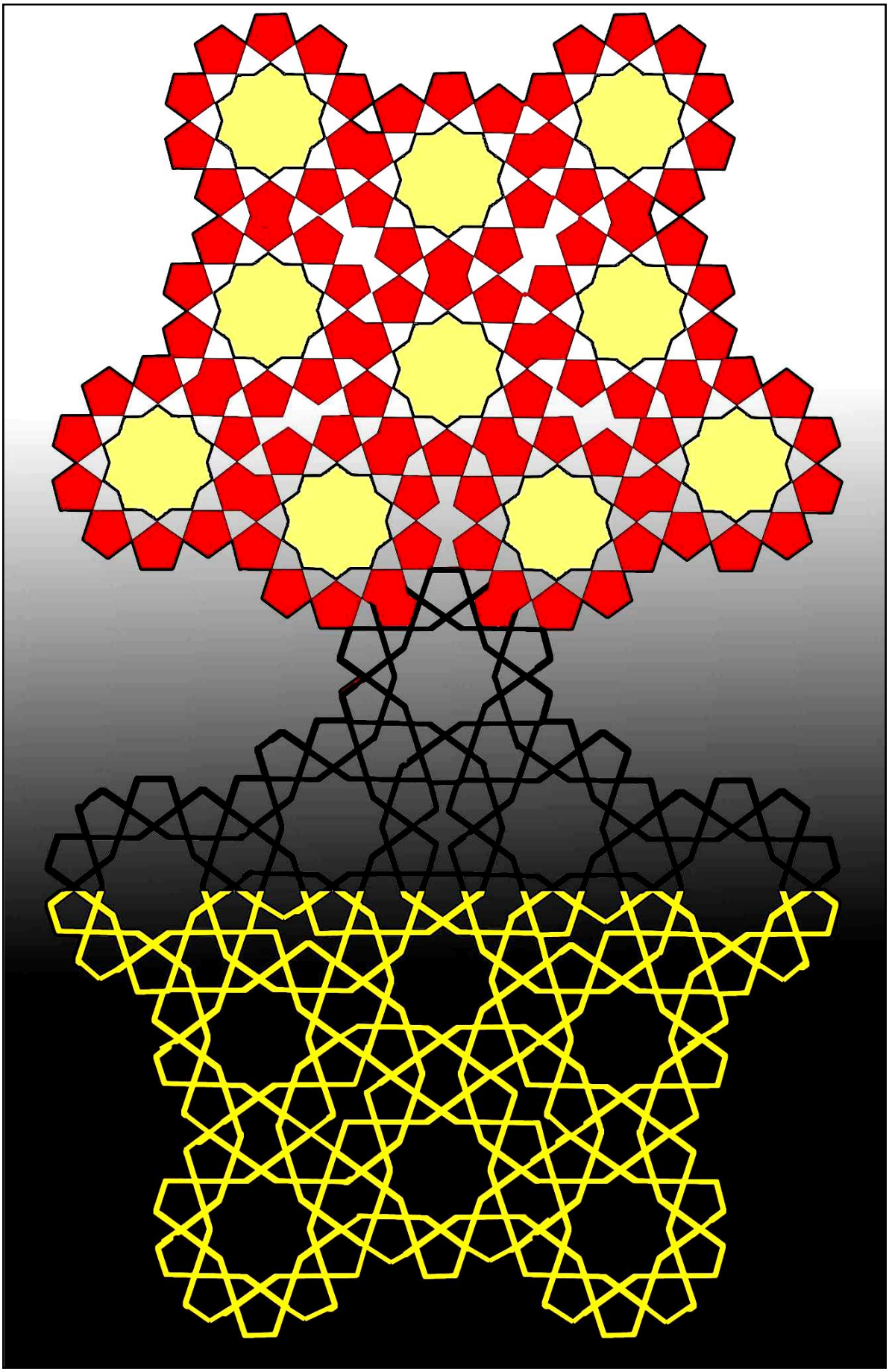
Médersa Oulough Begh à Samarcande.



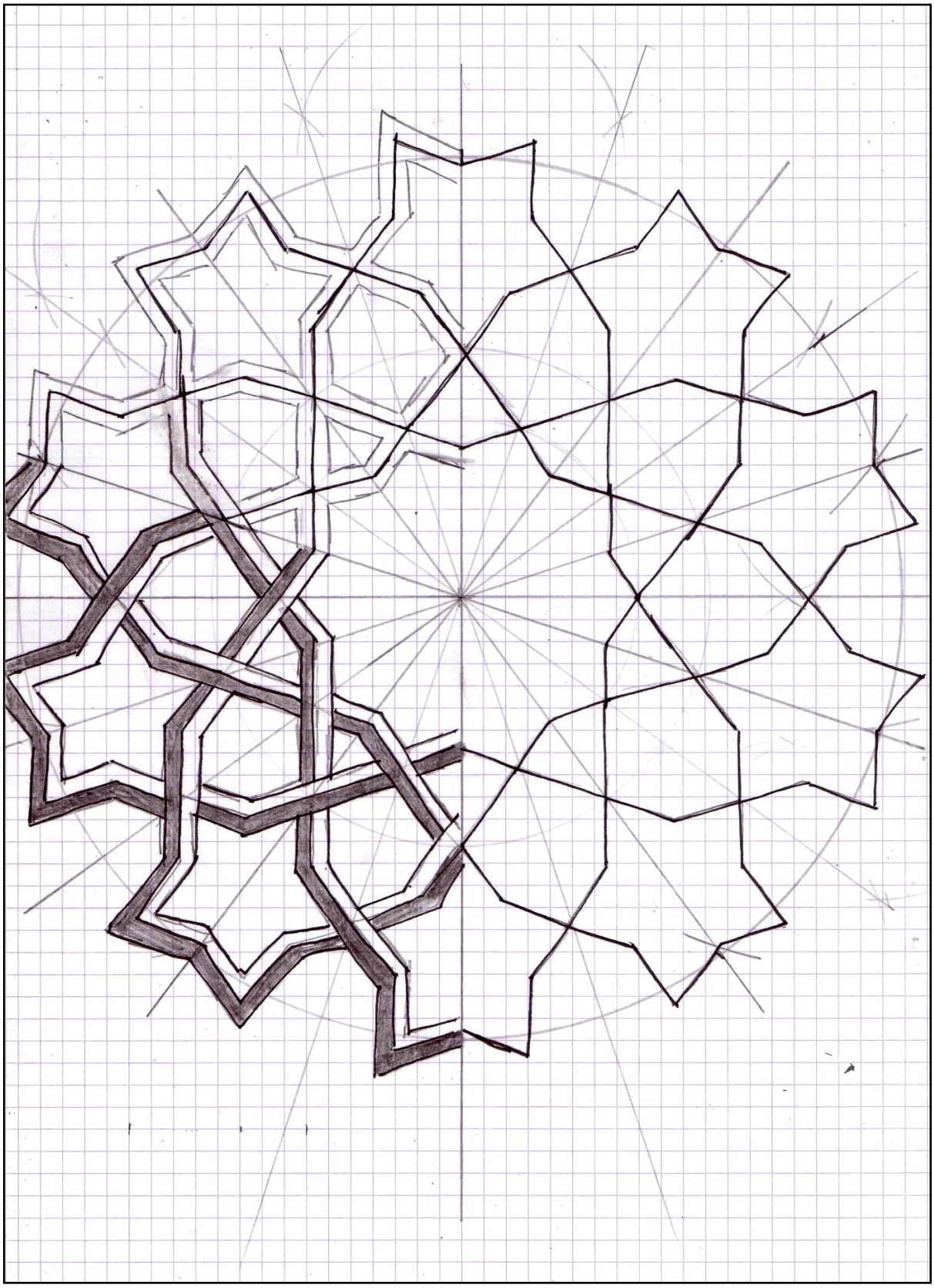


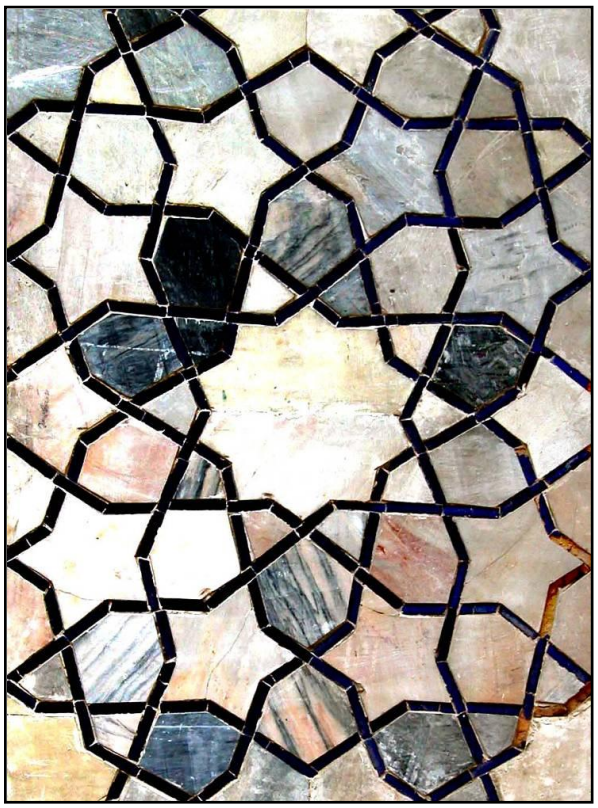




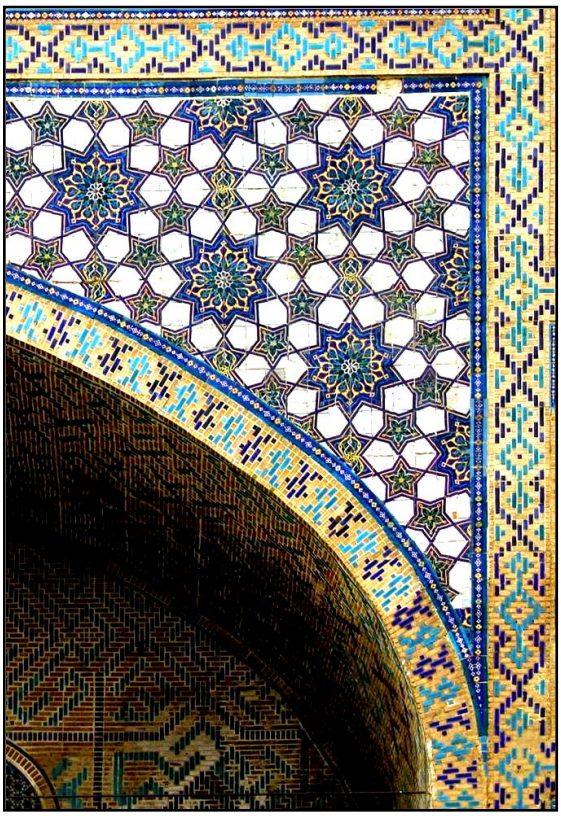


Les étoiles à dix ont pour satellites des pentagones d’or :

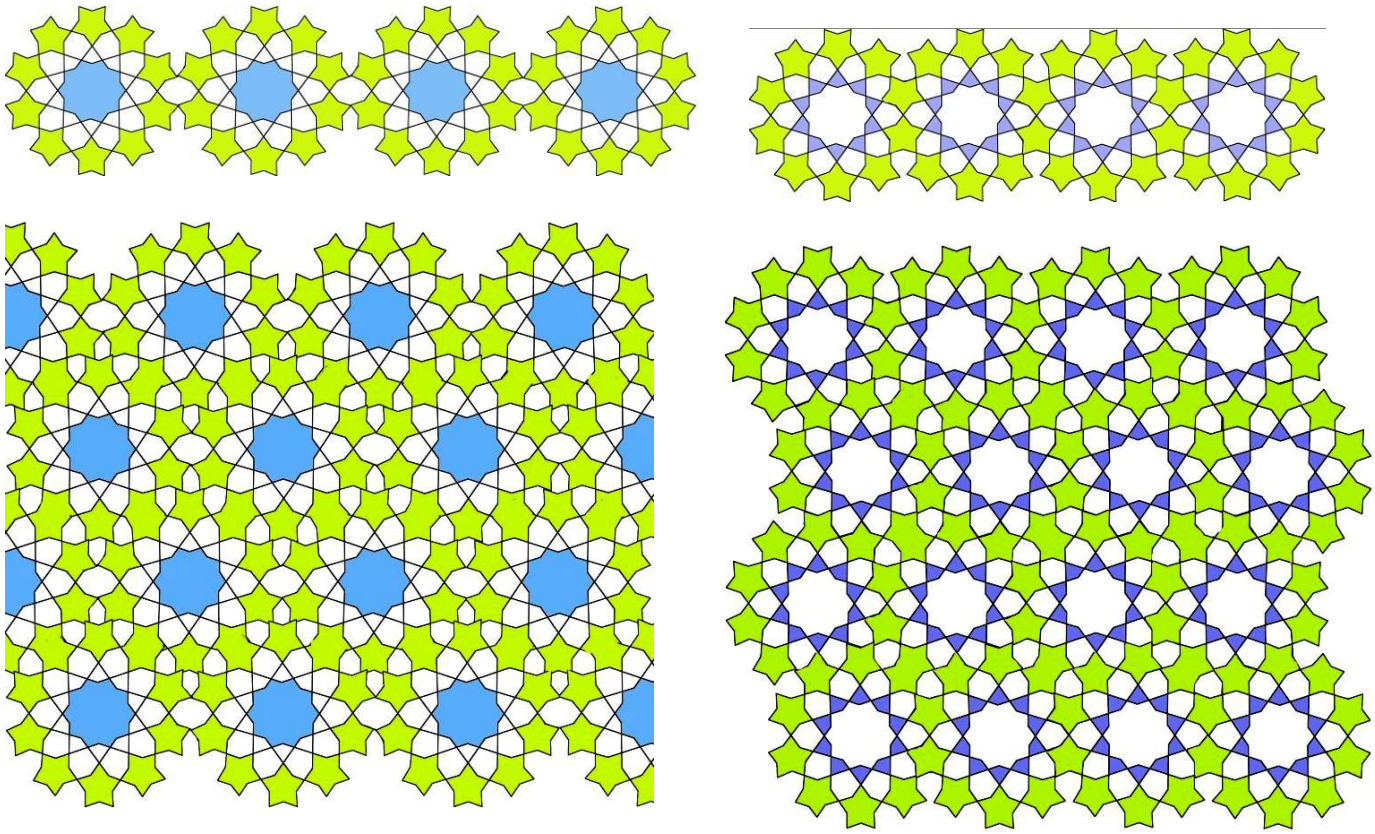




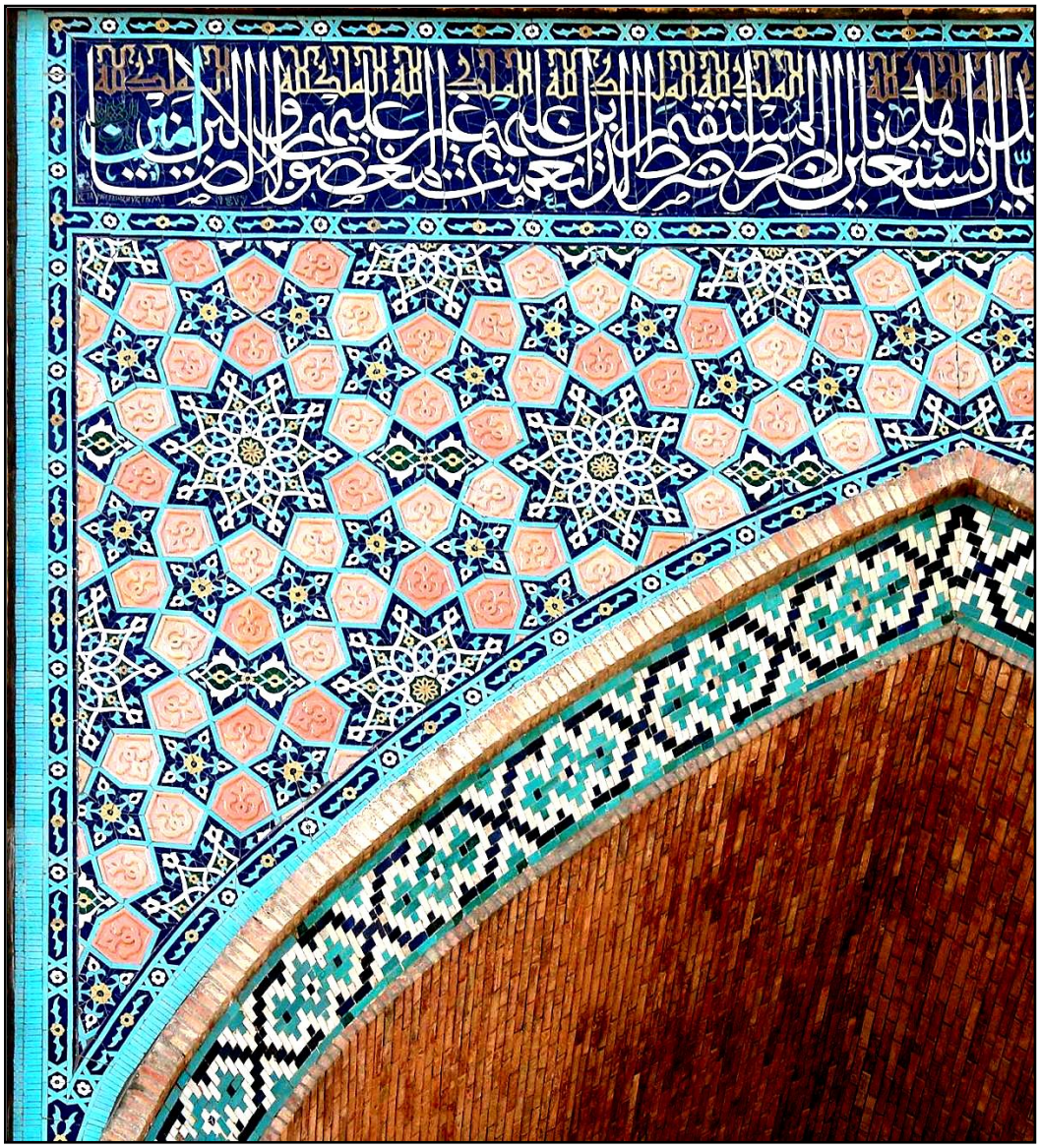
Pistach de la mosquée Bibi Kanun.



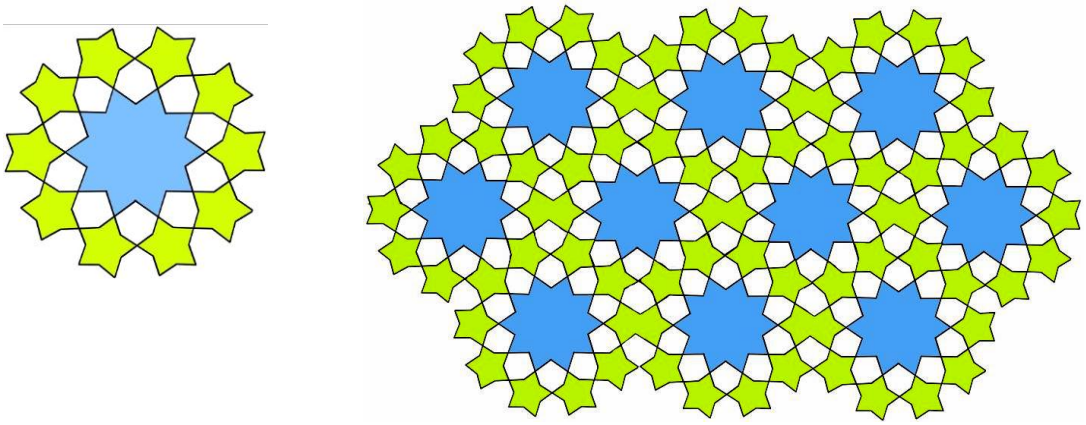
Alfiz de la mosquée Kok Goumbaz à Shahrisabz.



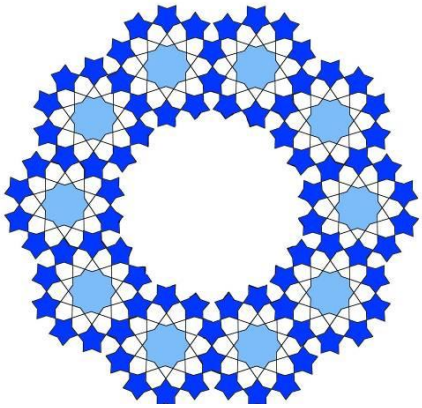
Deux types de composition avec le même sur-module.



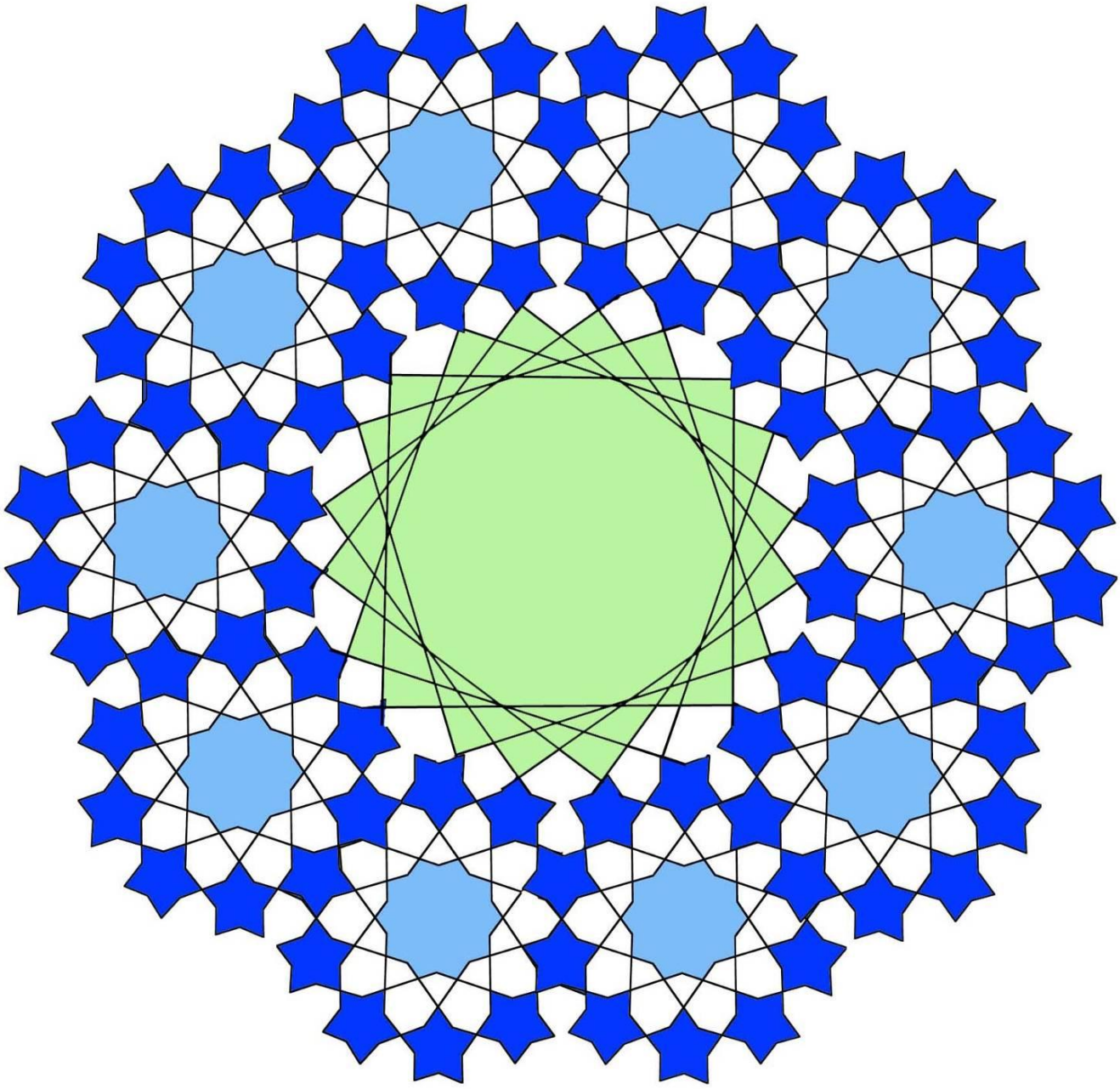
Étoiles à cinq avec pour satellites des octogones d'or sur l'alfiz de la médersa Koukeldash à Tachkent.



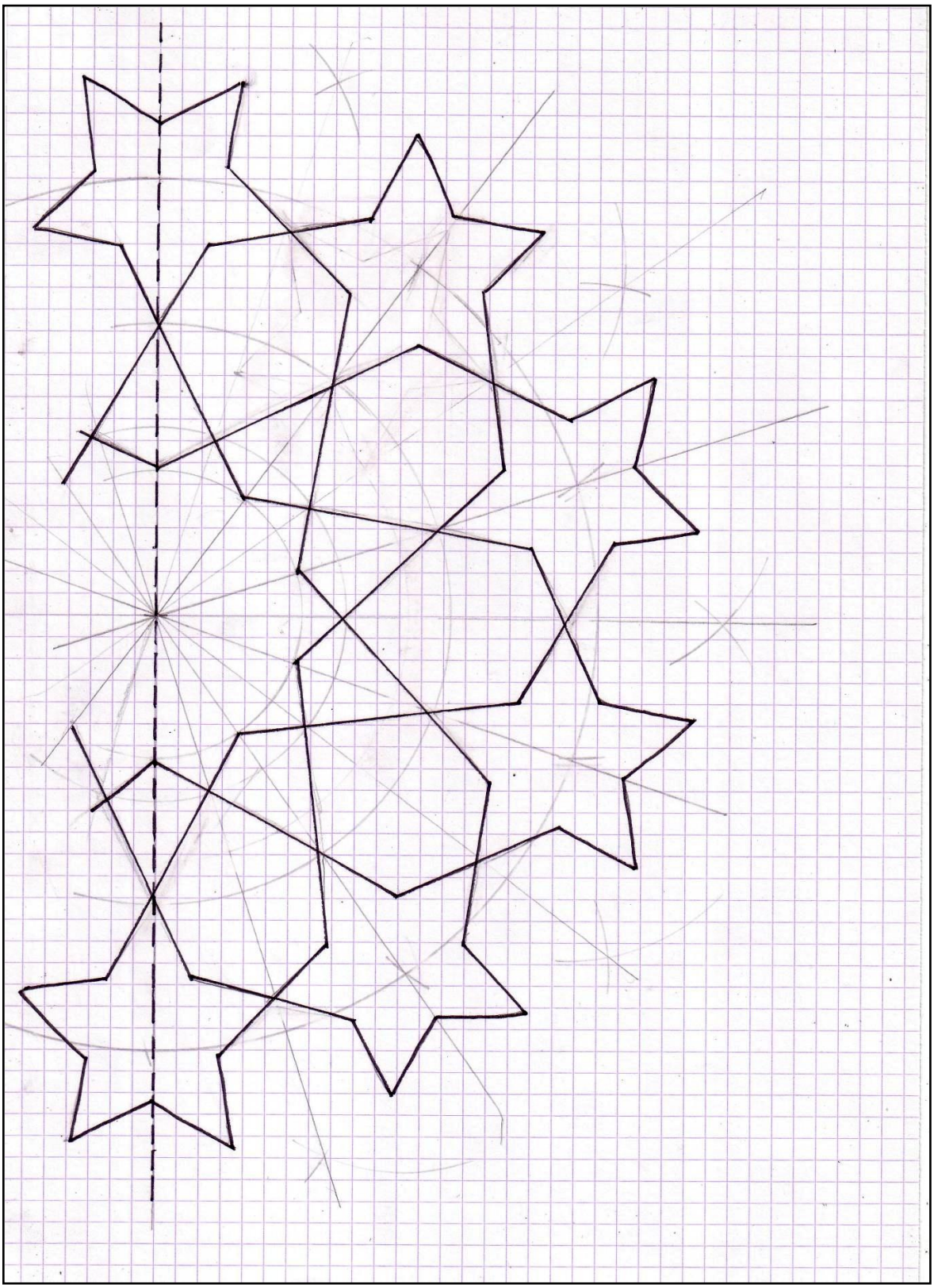
Module de base et composition de ces sur-modules.

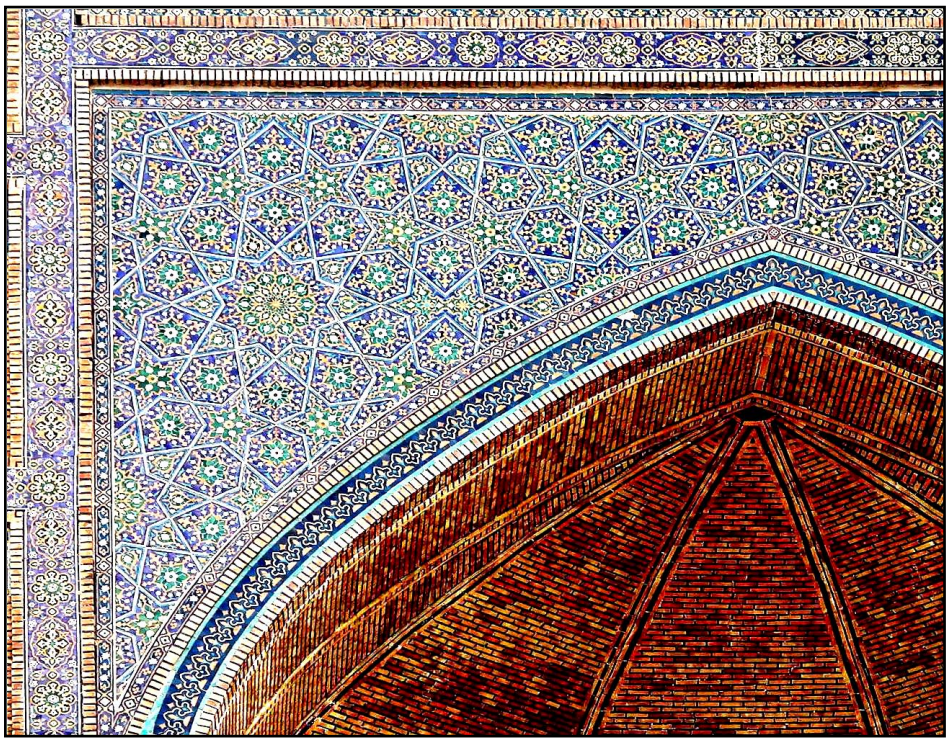


La disposition en couronne de dix sur-modules formés par dix pentagones d'or génère une étoile à vingt.



Les étoiles à dix ont pour satellites des pentagones équilatéraux :

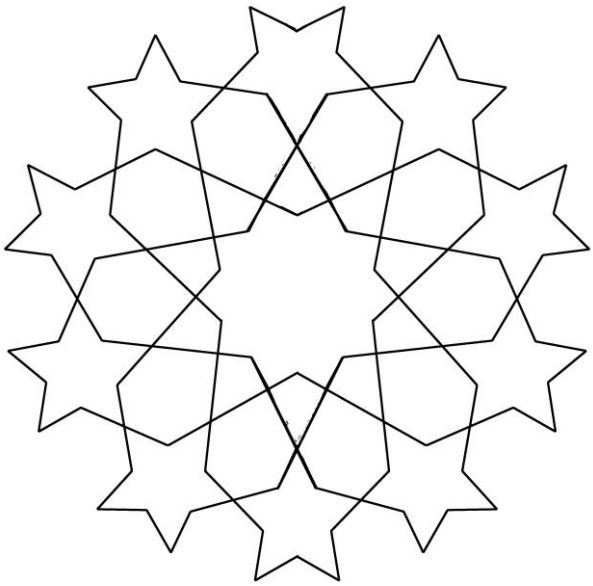


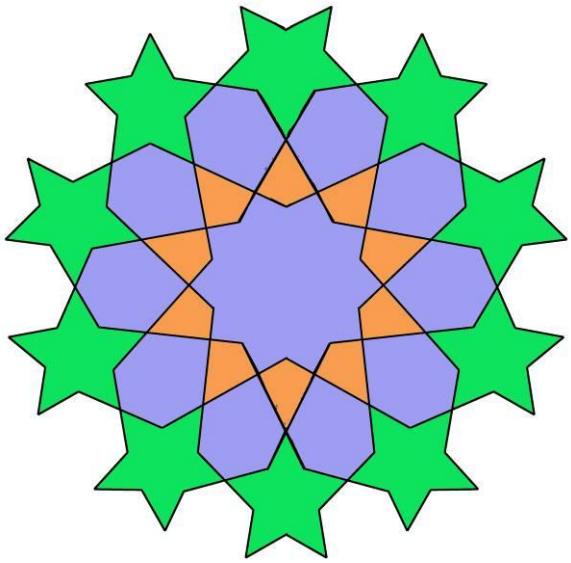


Tympan du pistach de la médersa Mir-I-Arab à Boukhara.

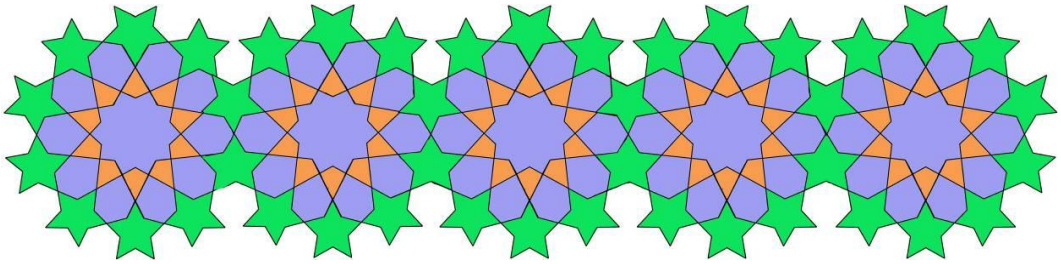


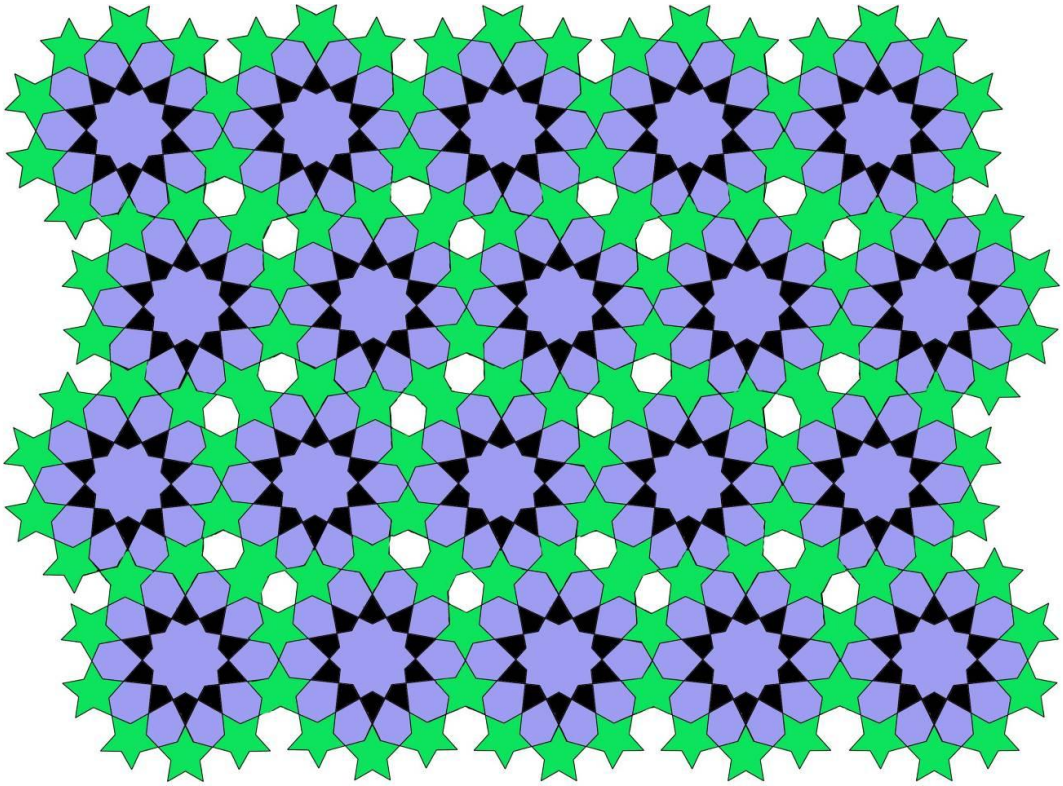
Panneau de l'iwan de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.

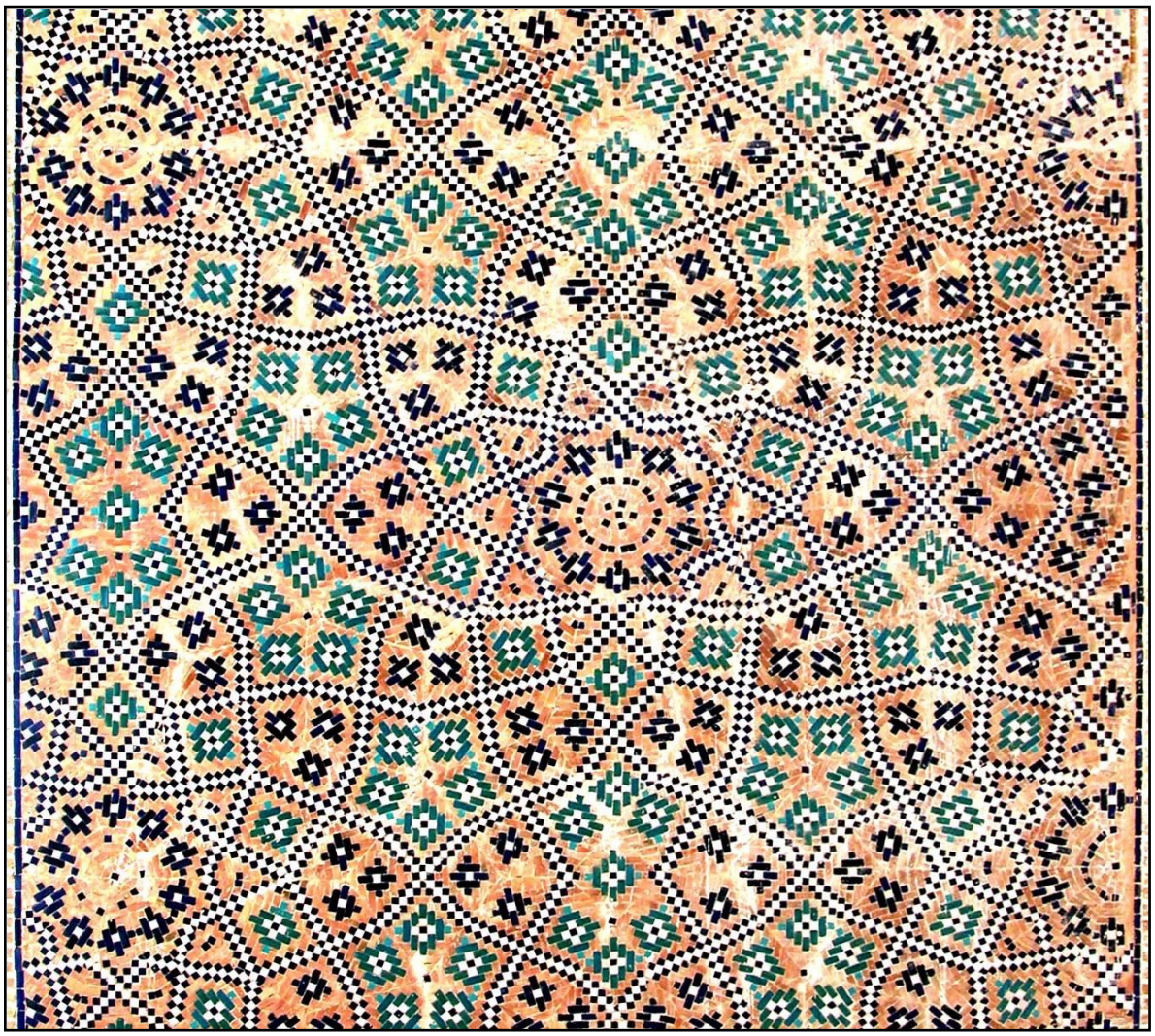




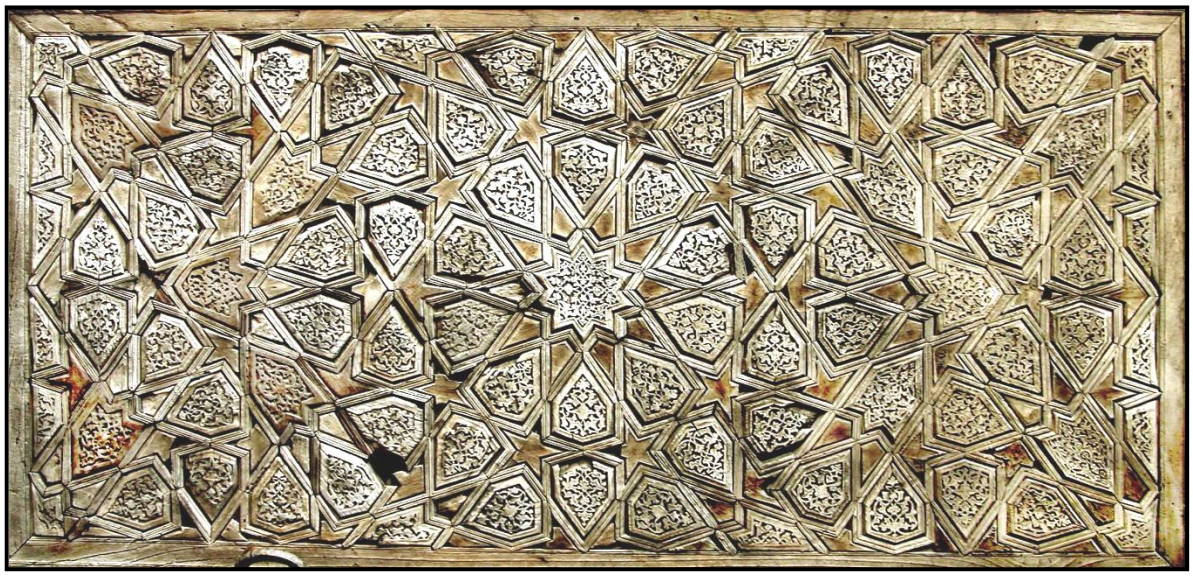
Sur-modules utilisés :







Iwan d'entrée de la médersa Oulough Begh à Boukhara.

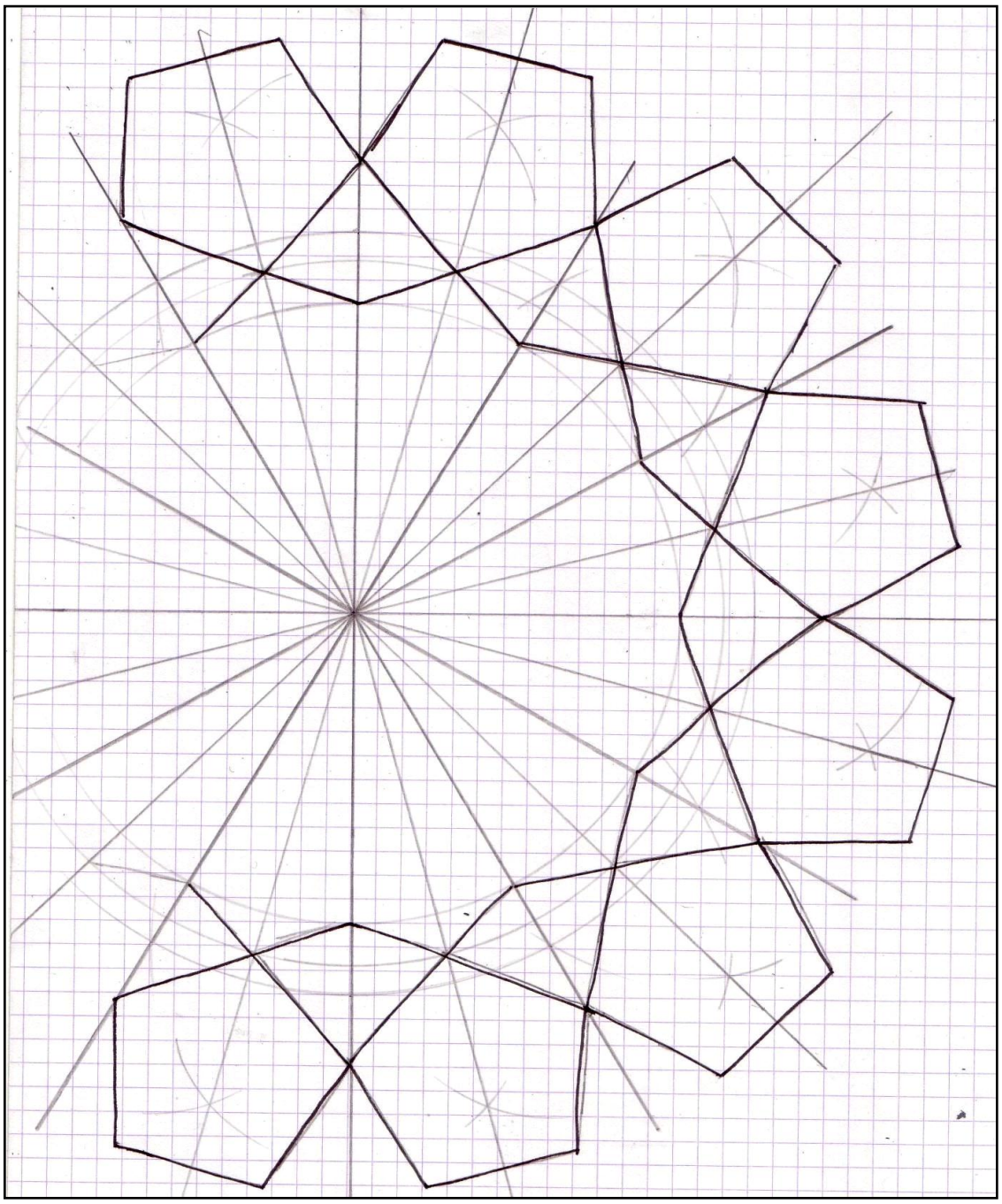


Couronne de pentagones étoilés d'un panneau de porte de la médersa Koukeldash à Boukhara.

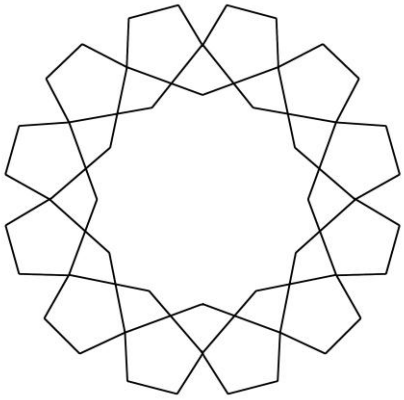
L’étoile à douze :

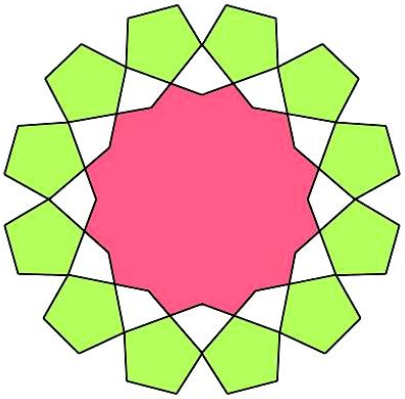
DIAPORAMA 1 DIAPORAMA 2

Les étoiles à douze sont construites avec des pentagones convexes :

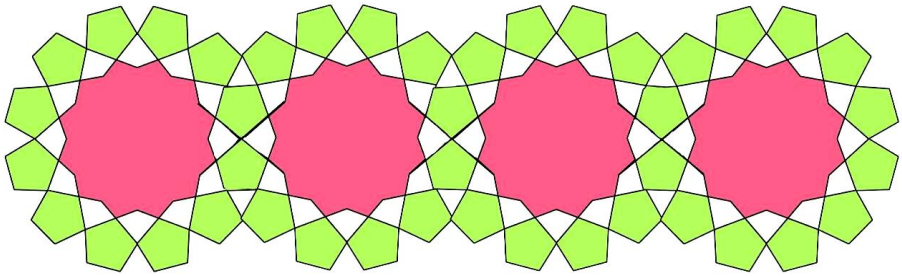


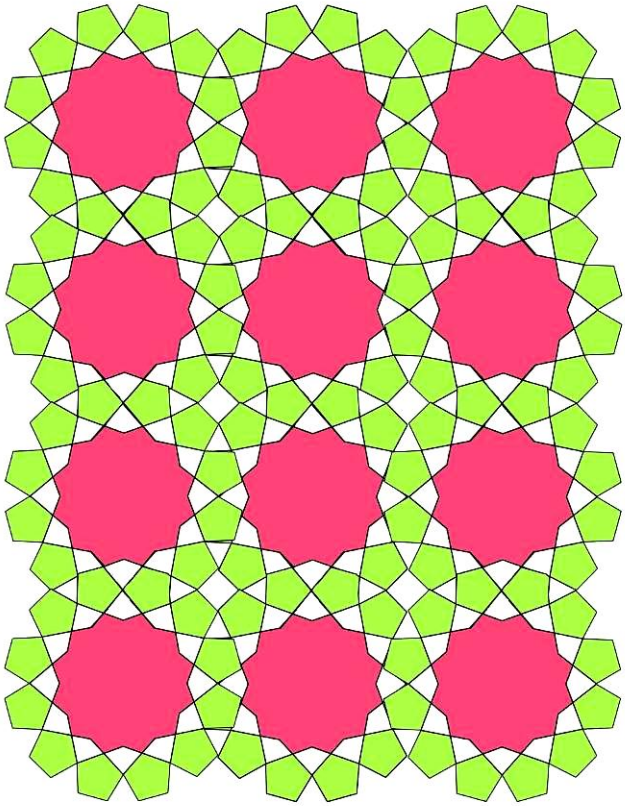
RETOUR

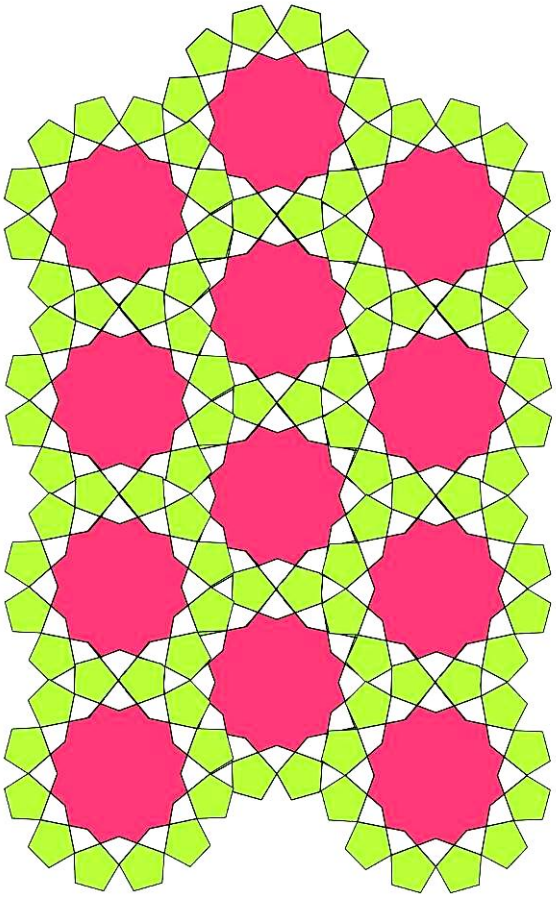




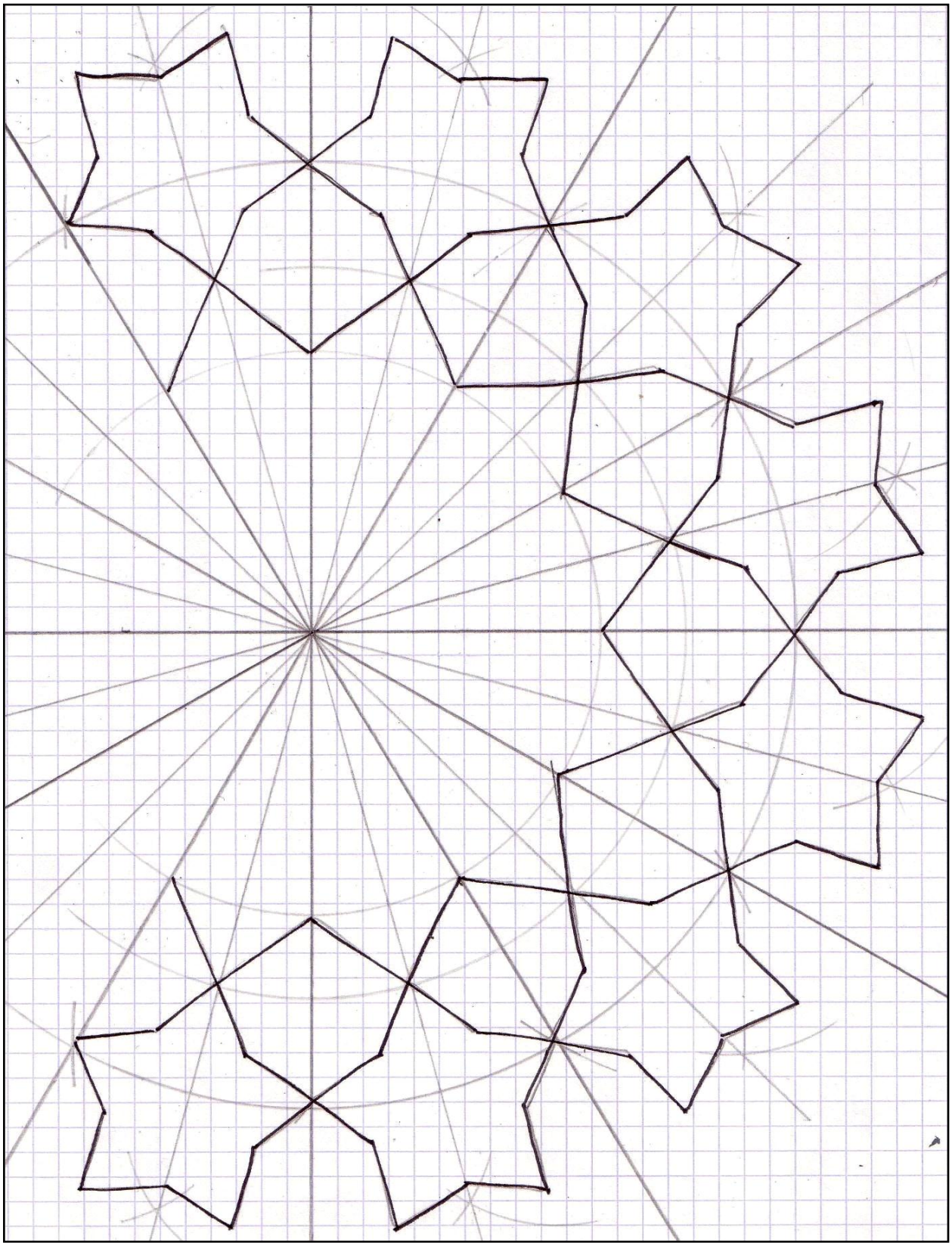
Sur-modules utilisés

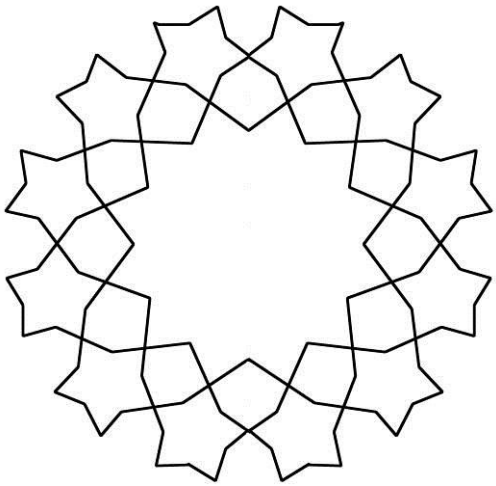


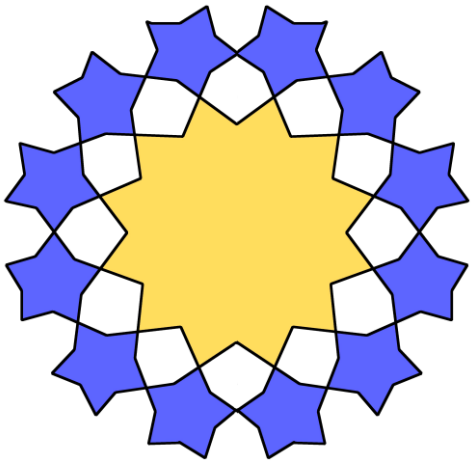




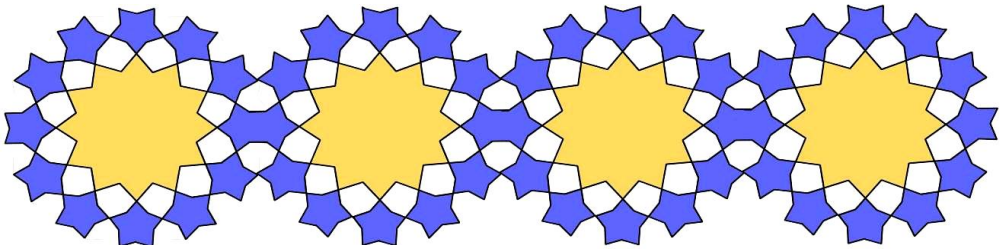
Étoile à douze construite avec des pentagones d’or :

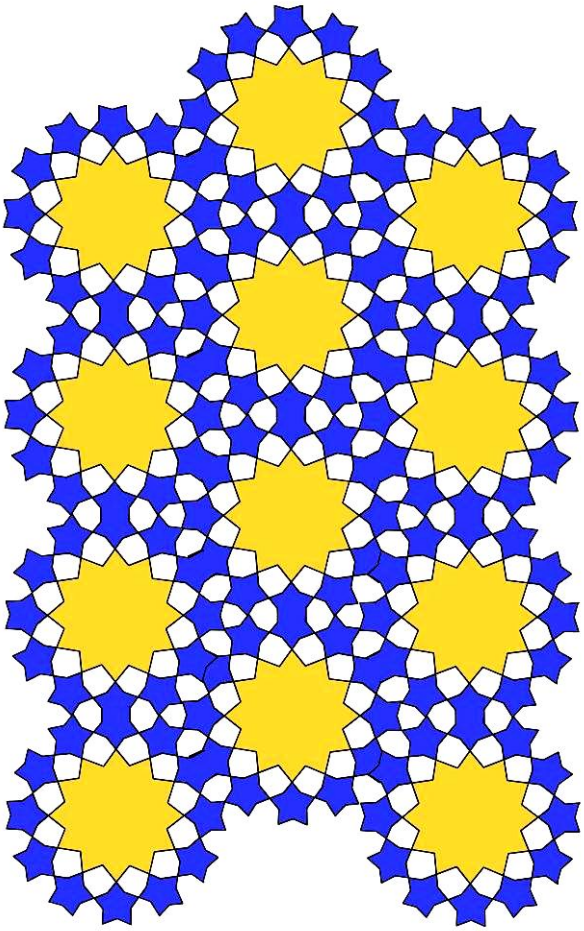


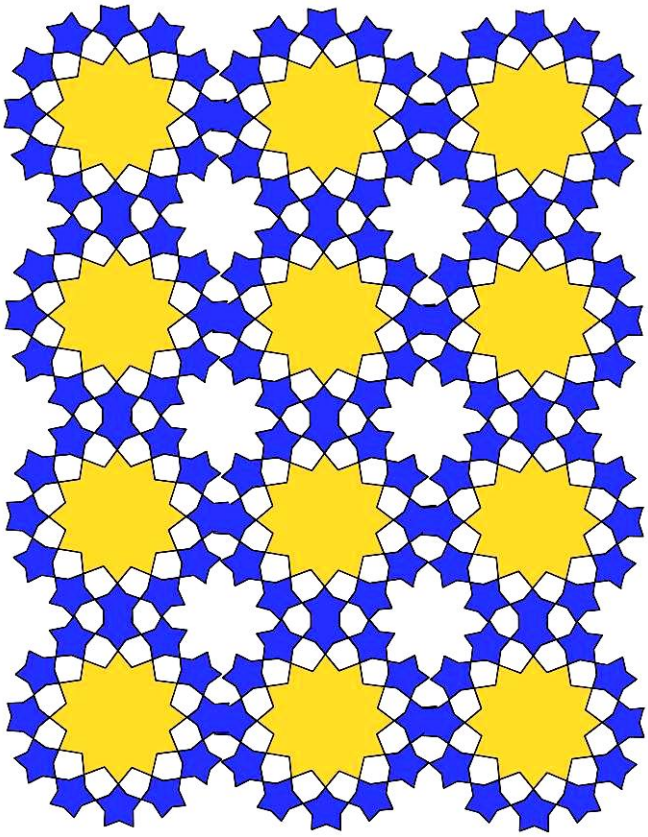




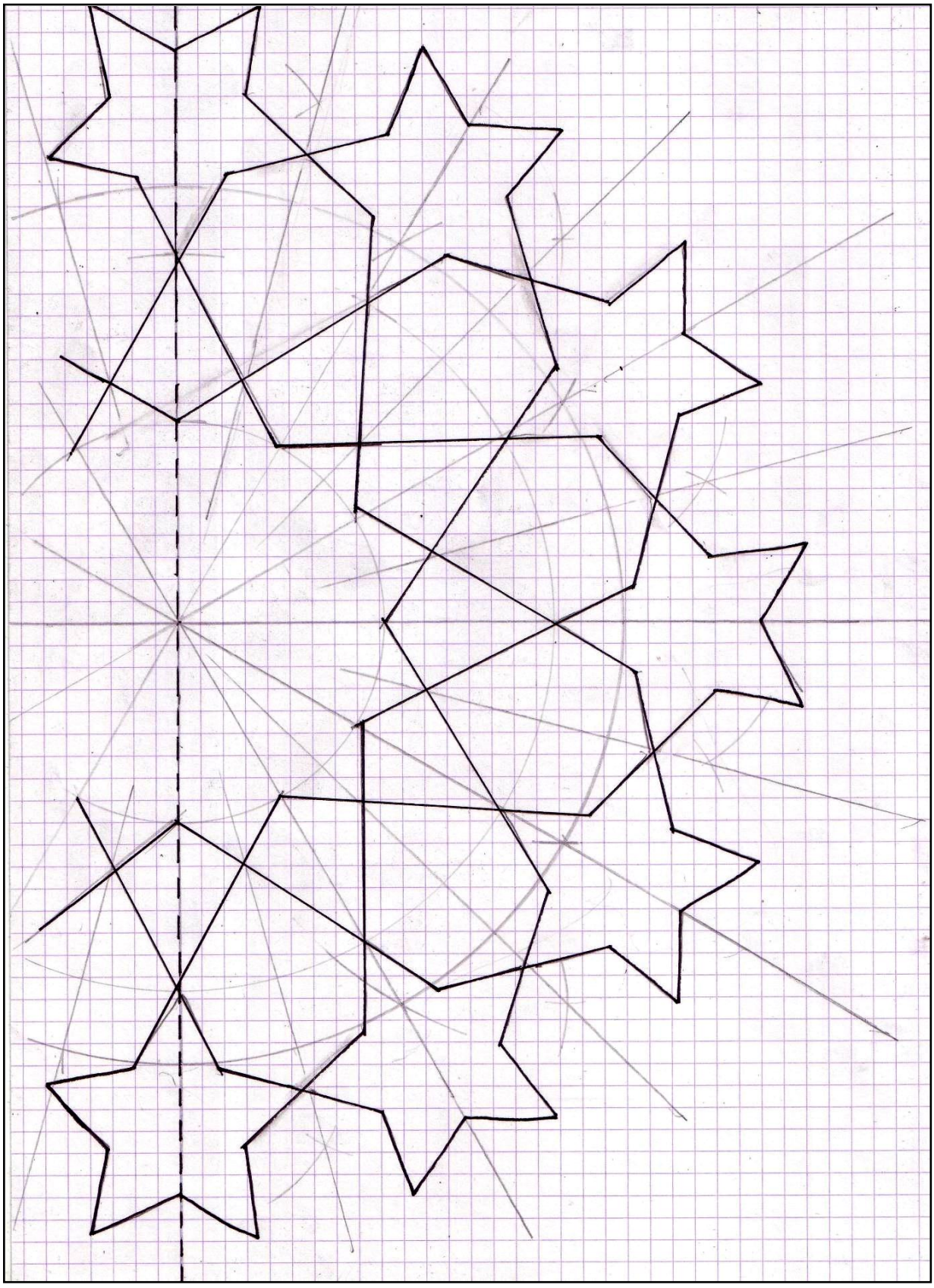
Sur-modules utilisés



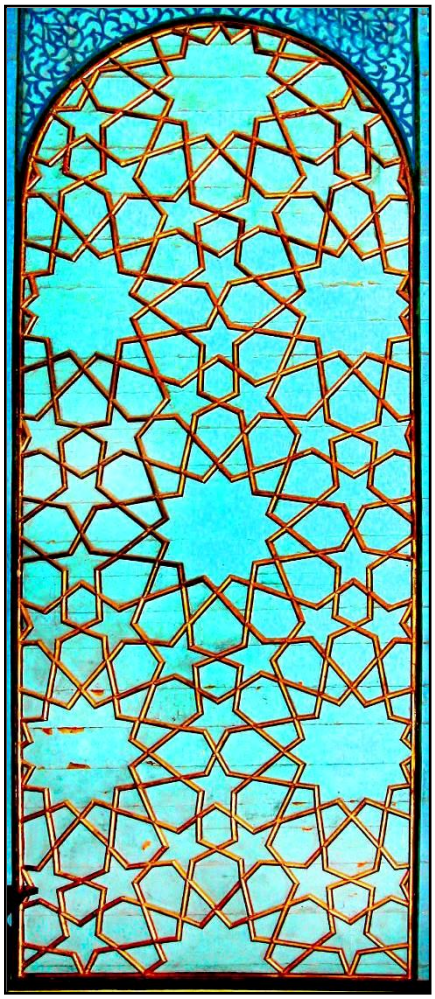


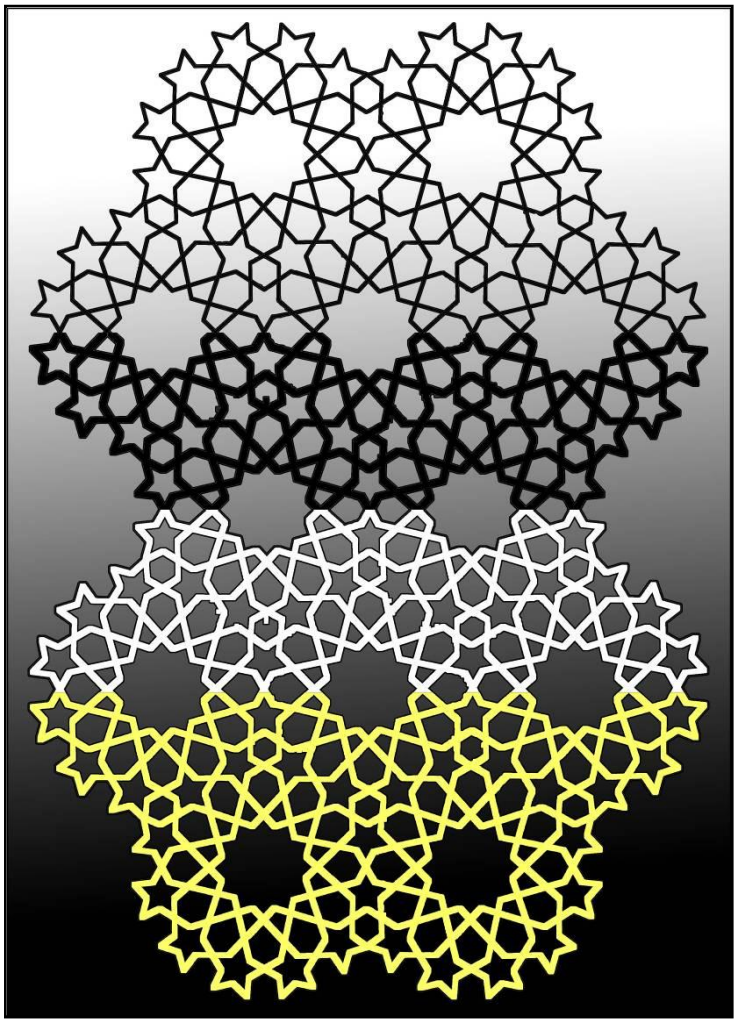


Étoile à douze construite avec des pentagones équilatères.

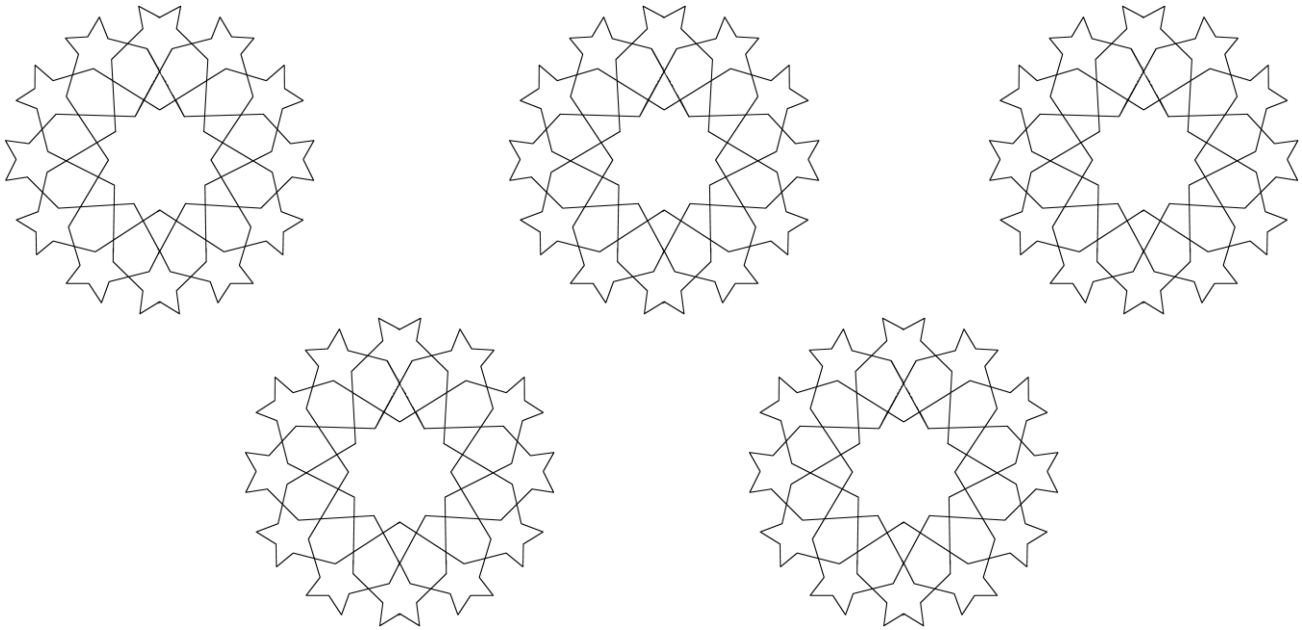


Composition en quinconce d’étoiles à douze.

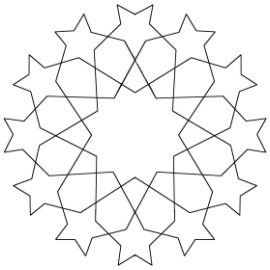


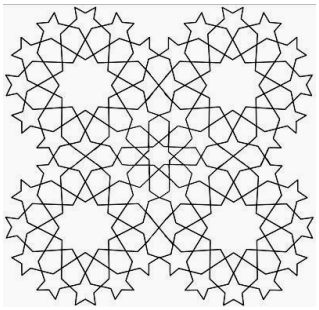


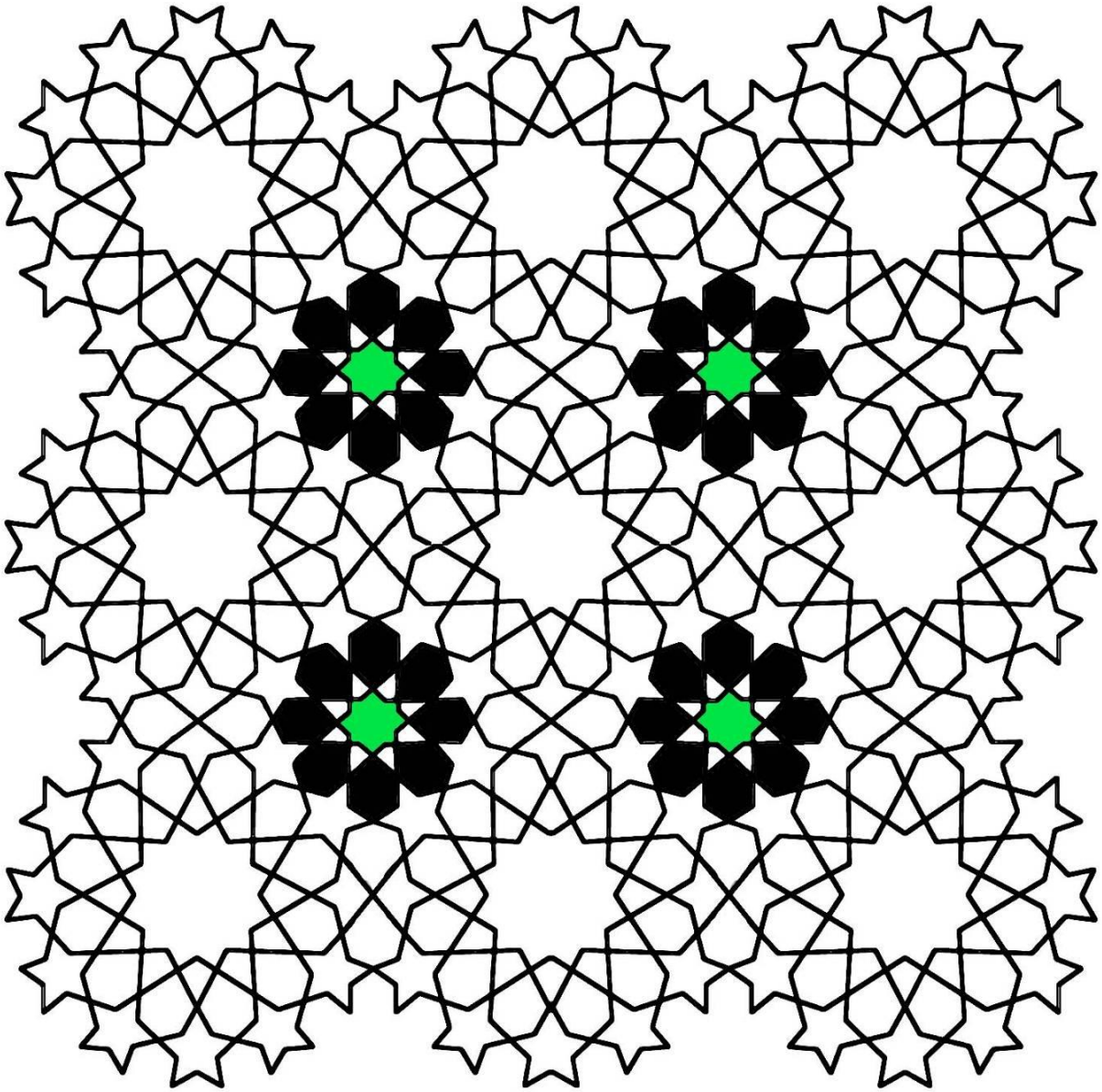
Panneau de bois peint au palais de la lune et des étoiles à Boukhara.



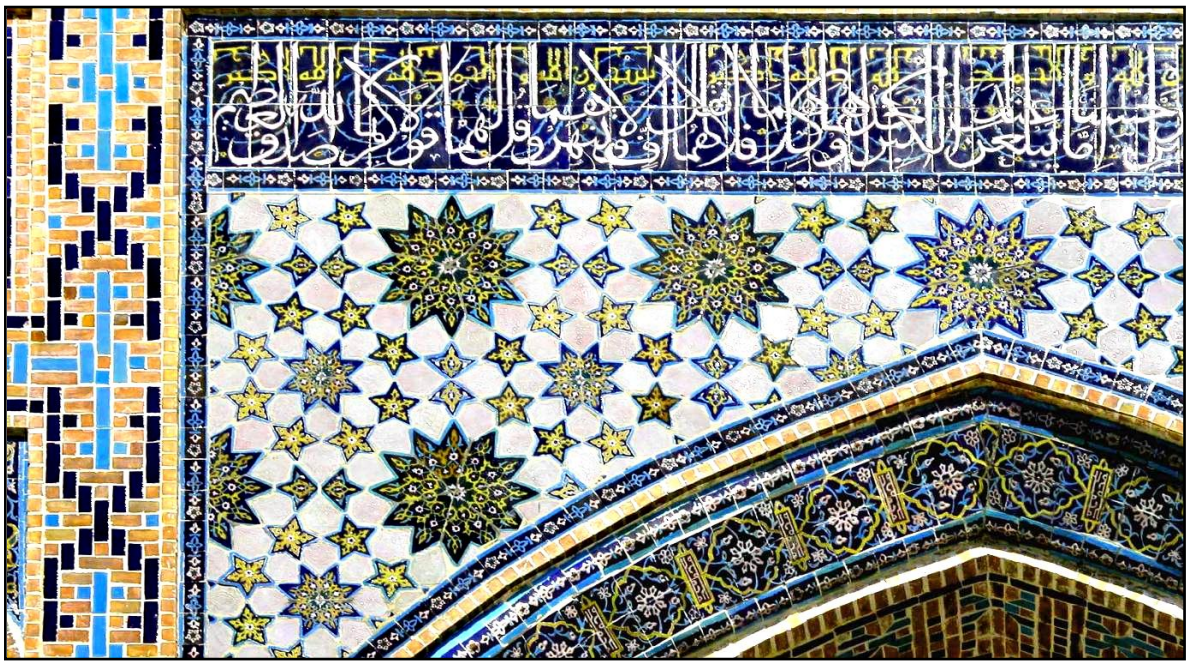
Composition en carré de quatre étoiles à douze :



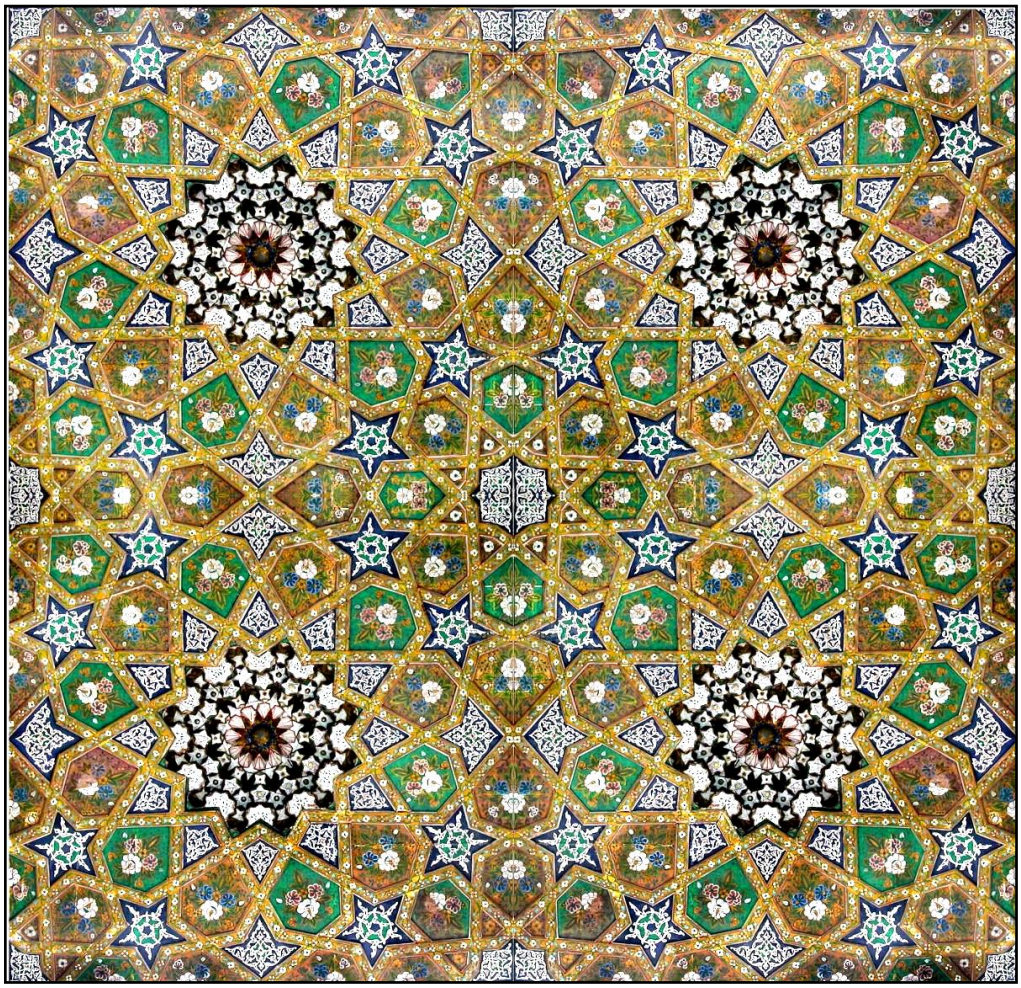




La composition orthogonale de quatre étoiles à douze donne une étoile à huit.



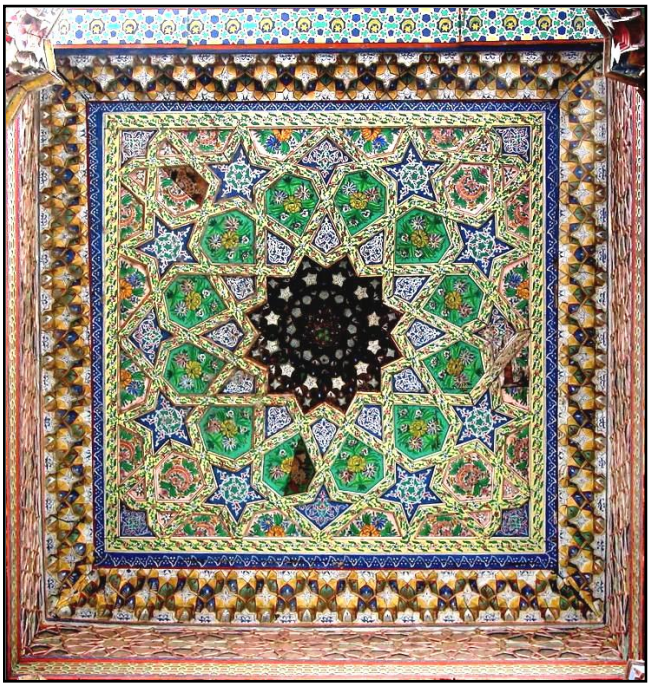
Alfiz du pistach du mausolée de Kazy Zade Roumi à Shah-I-Zinda.



Plafond du mausolée de Baha-Al Din près de Boukhara.



Entrée de la nécropole de Shah-I-Zinda

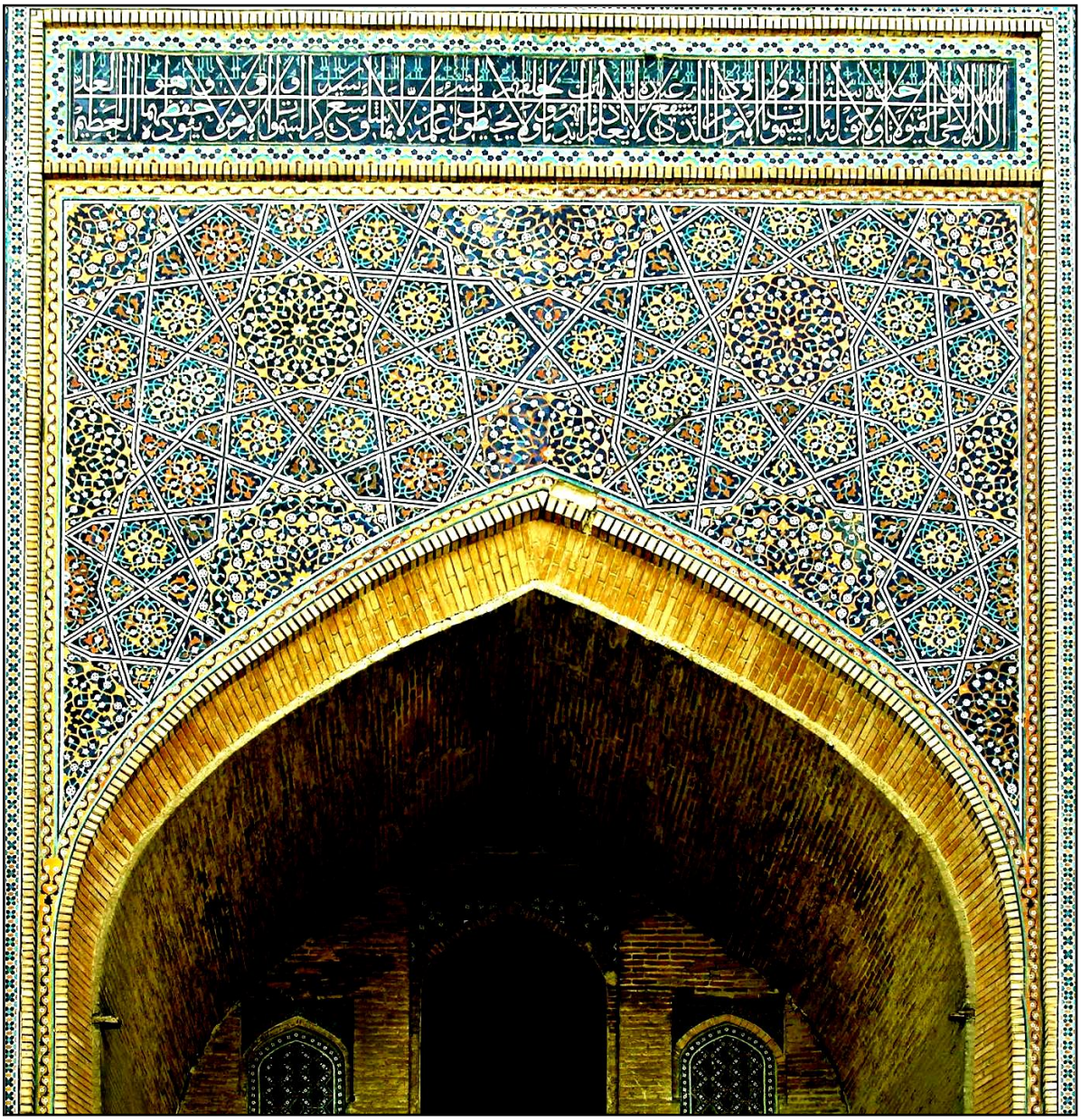


Plafond du mausolée de Baha-Al Din à Boukhara.

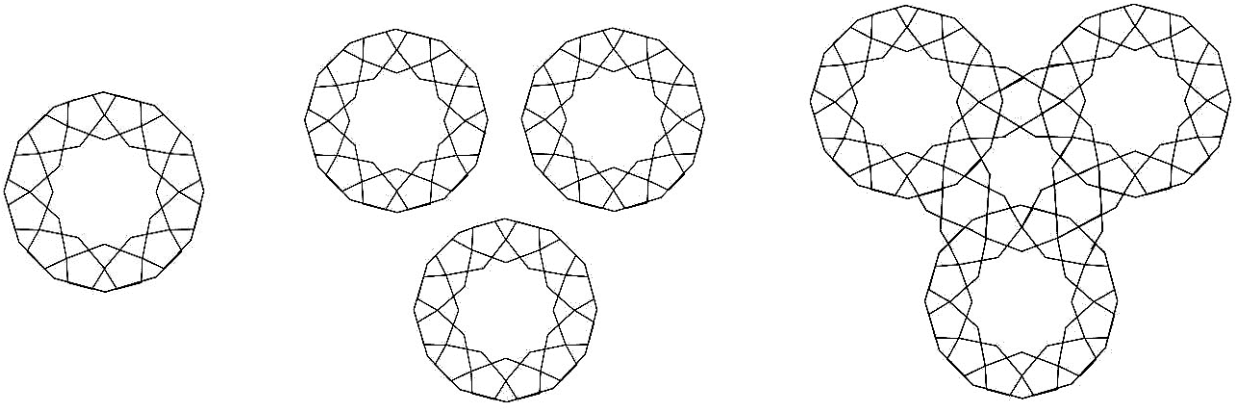


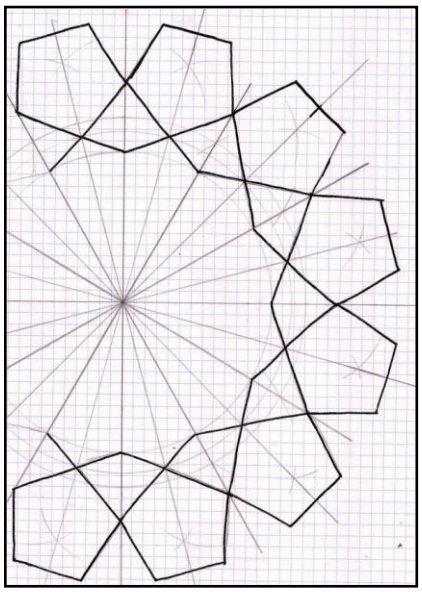
Détail du pistach d'entrée.

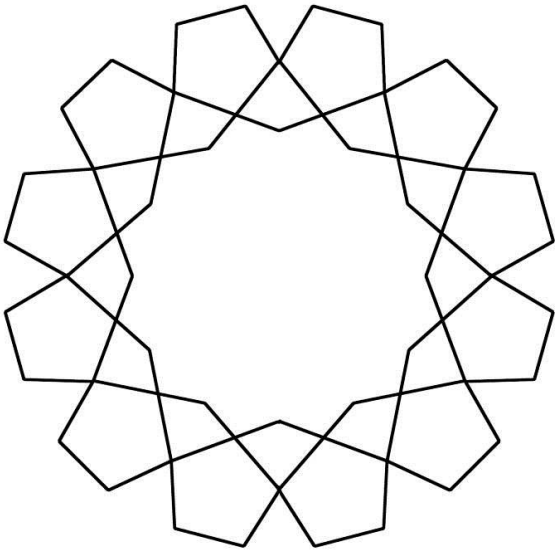
Composition de trois étoiles à douze.

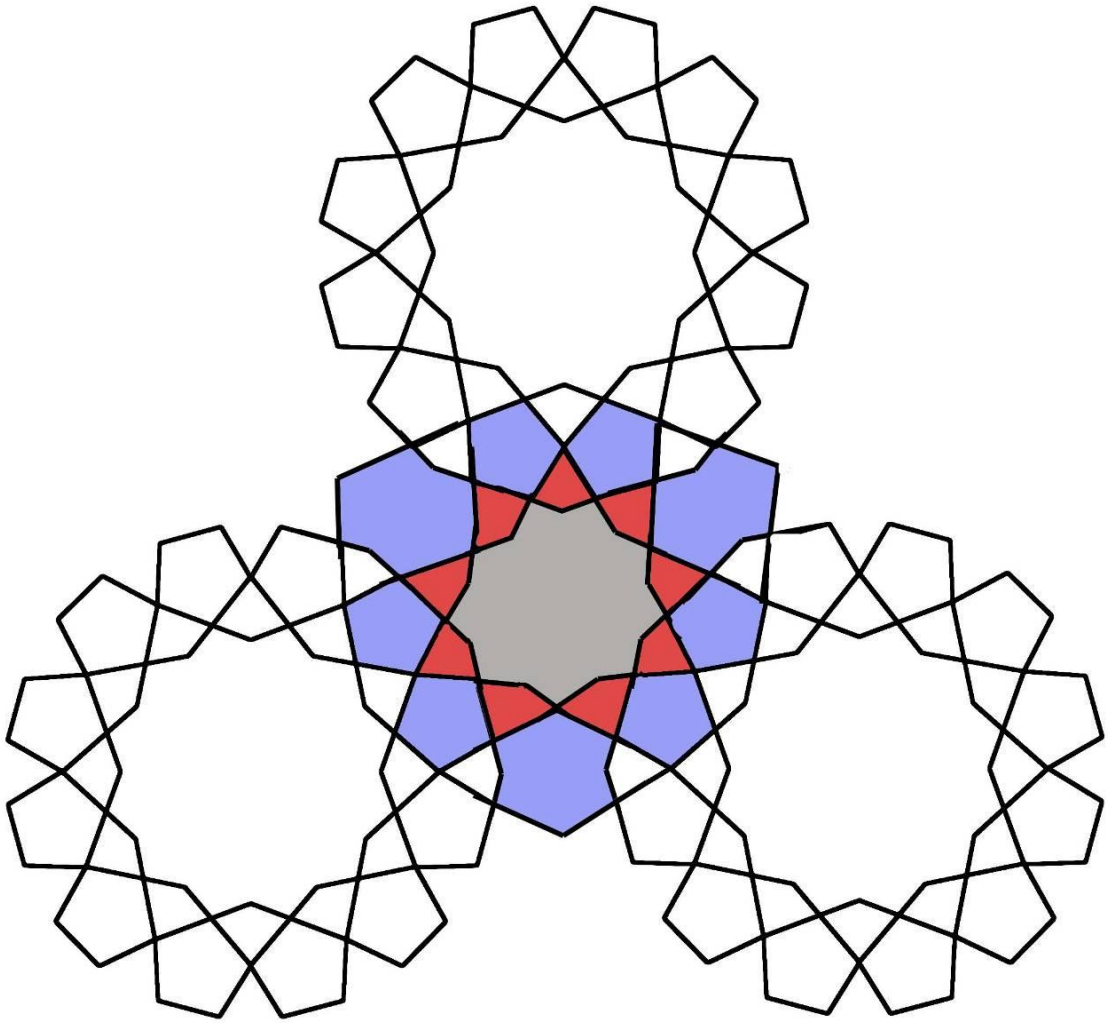


Médersa Oulough Begh à Samarcande.

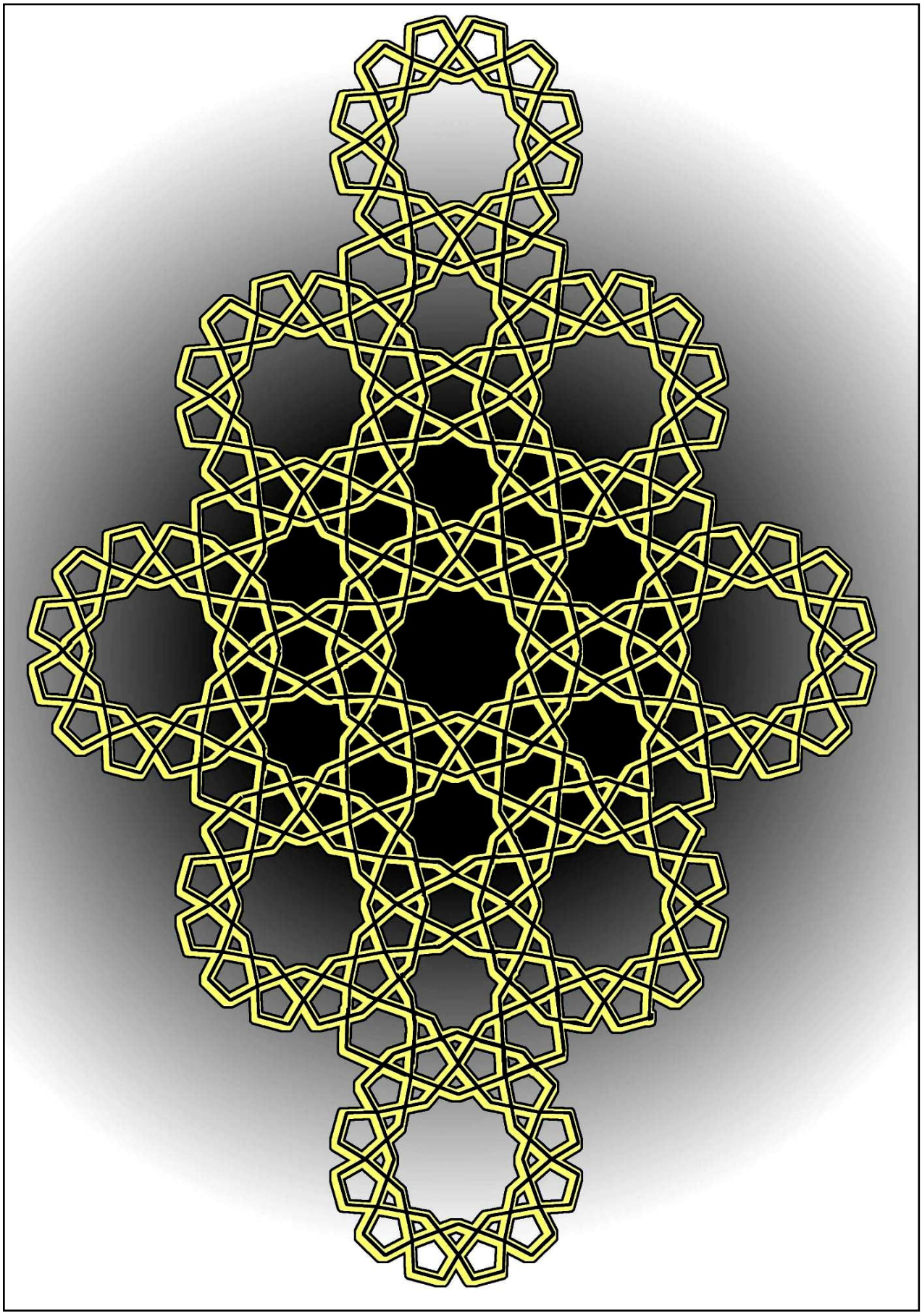


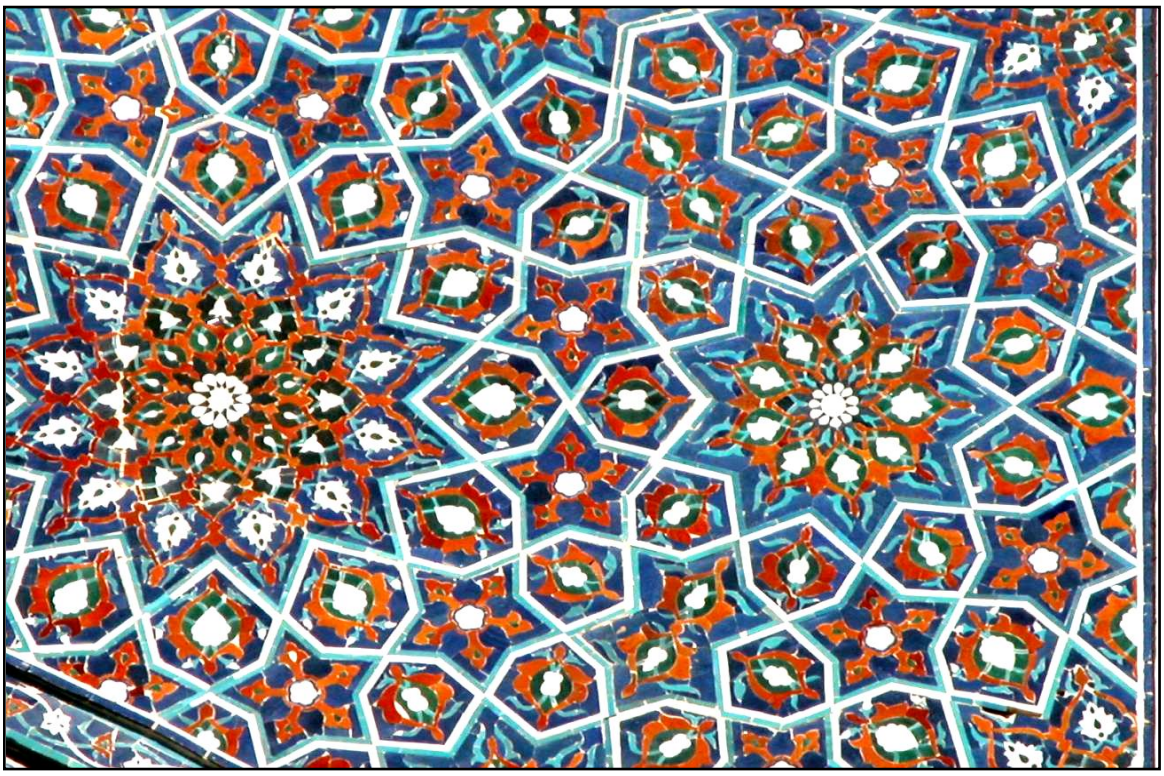




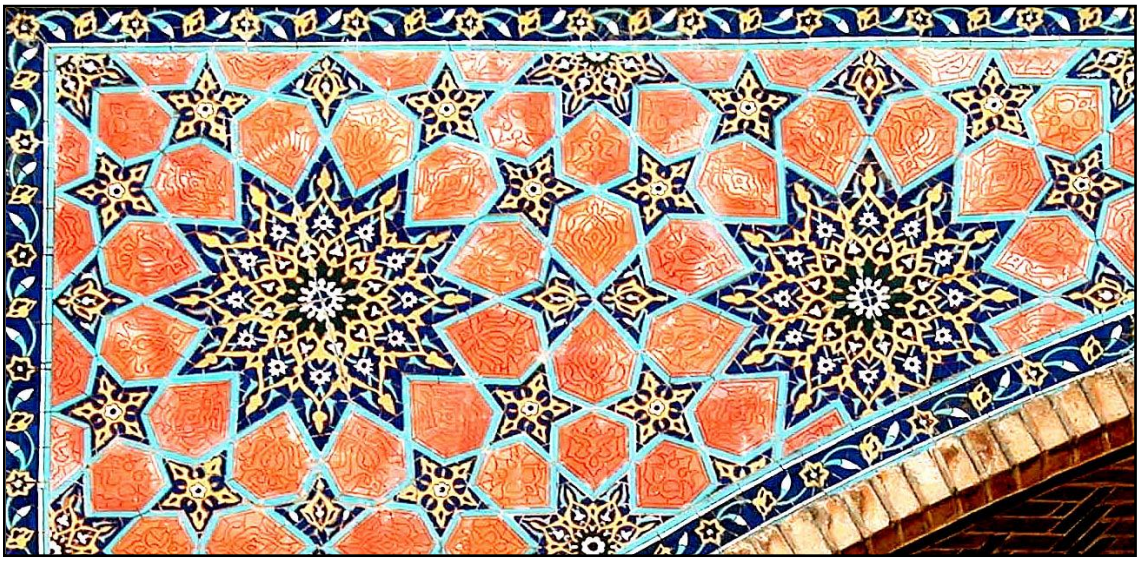


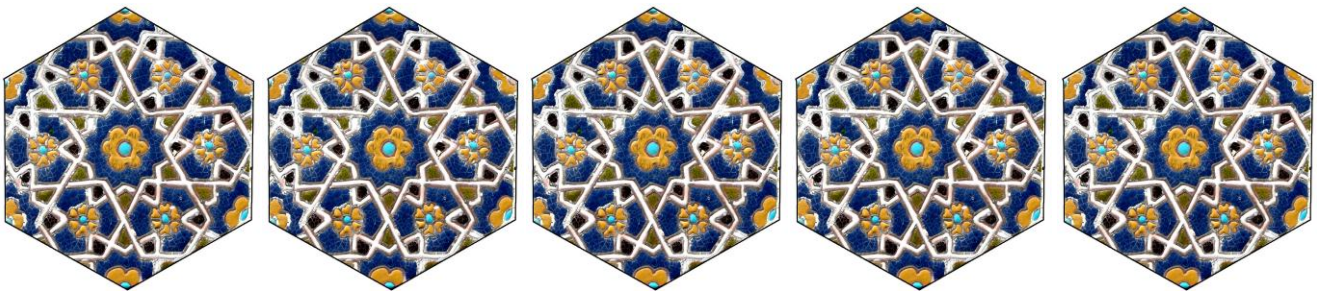
La composition de trois étoiles à douze génère une étoile à neuf.

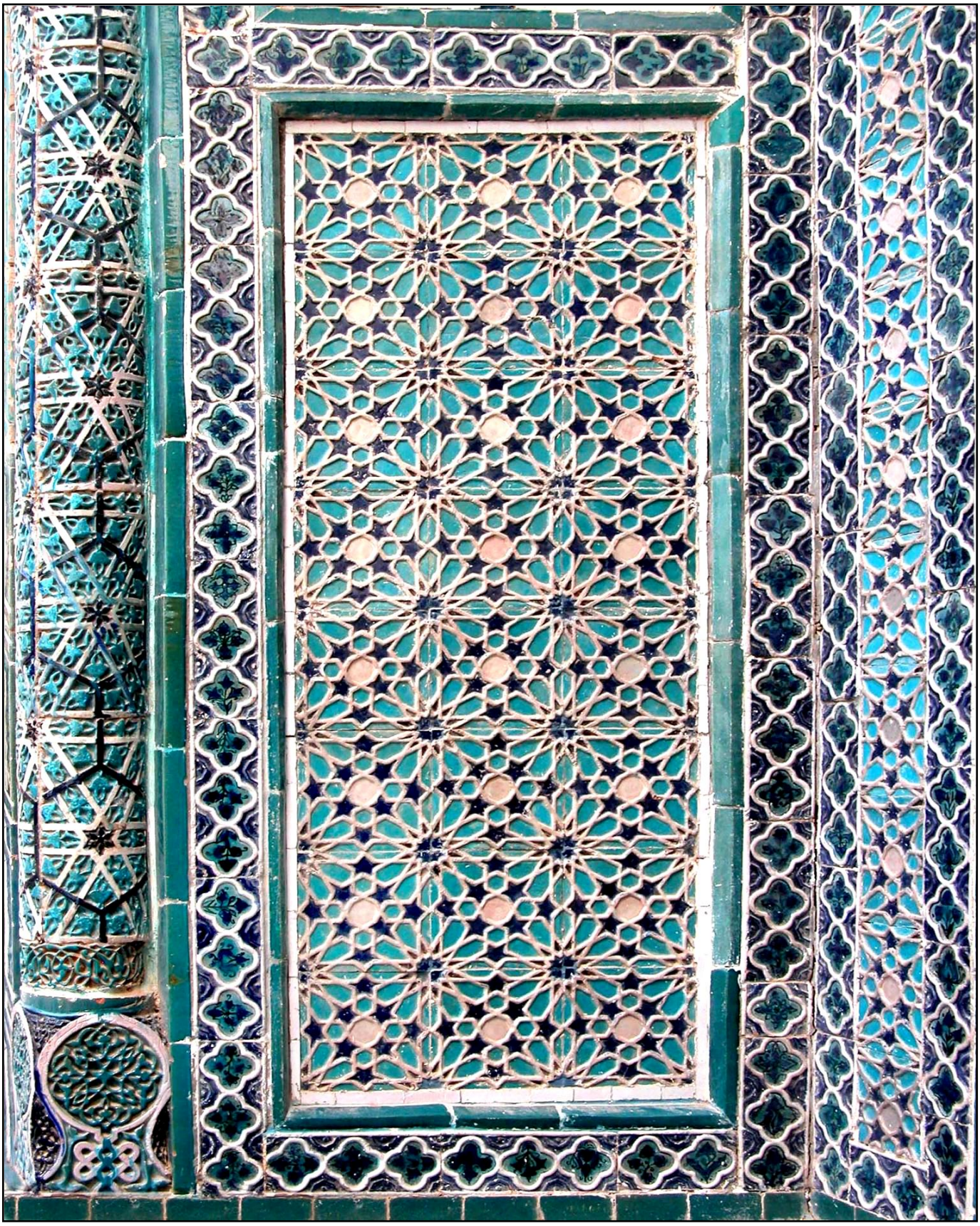




Alfiz de l'iwan de la Mosquée Tilla Kari à Samarcande.
Alfiz à Shah-I-Zinda.
Étoiles à douze obtenues avec des pentagones convexes irréguliers ; majoliques de Shah-I-Zinda.

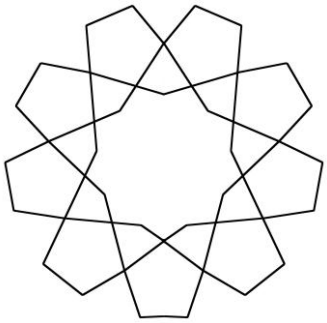


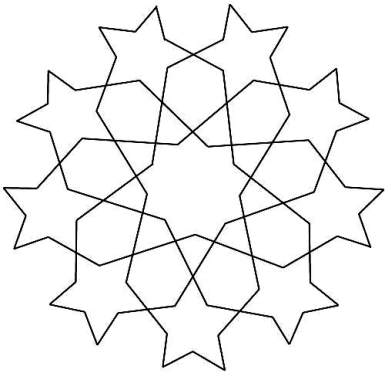


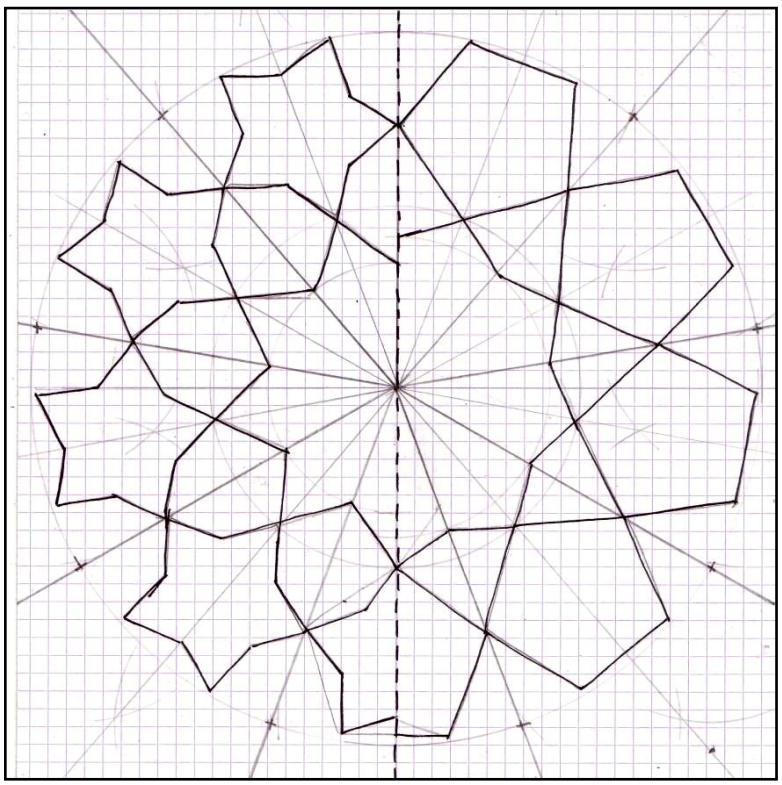


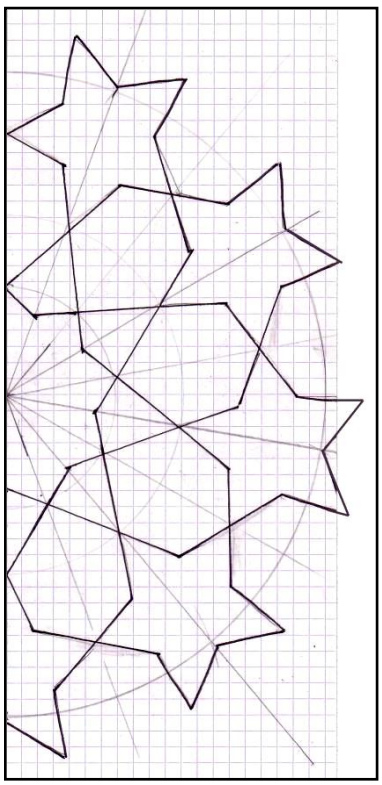
Majoliques ciselées du mausolée de Khodja Akhmad à Shah-I-Zinda.

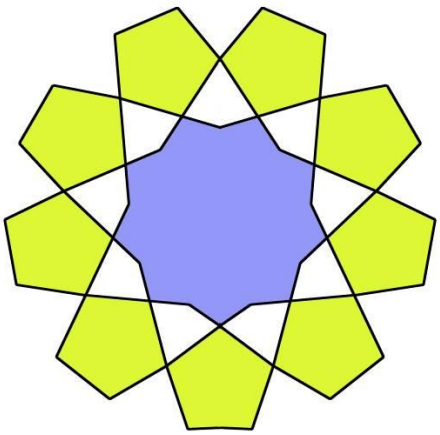
Etoiles à neuf :

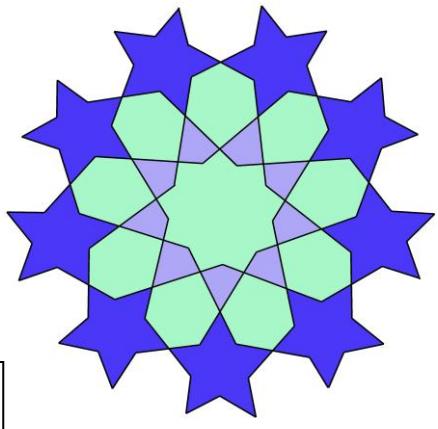




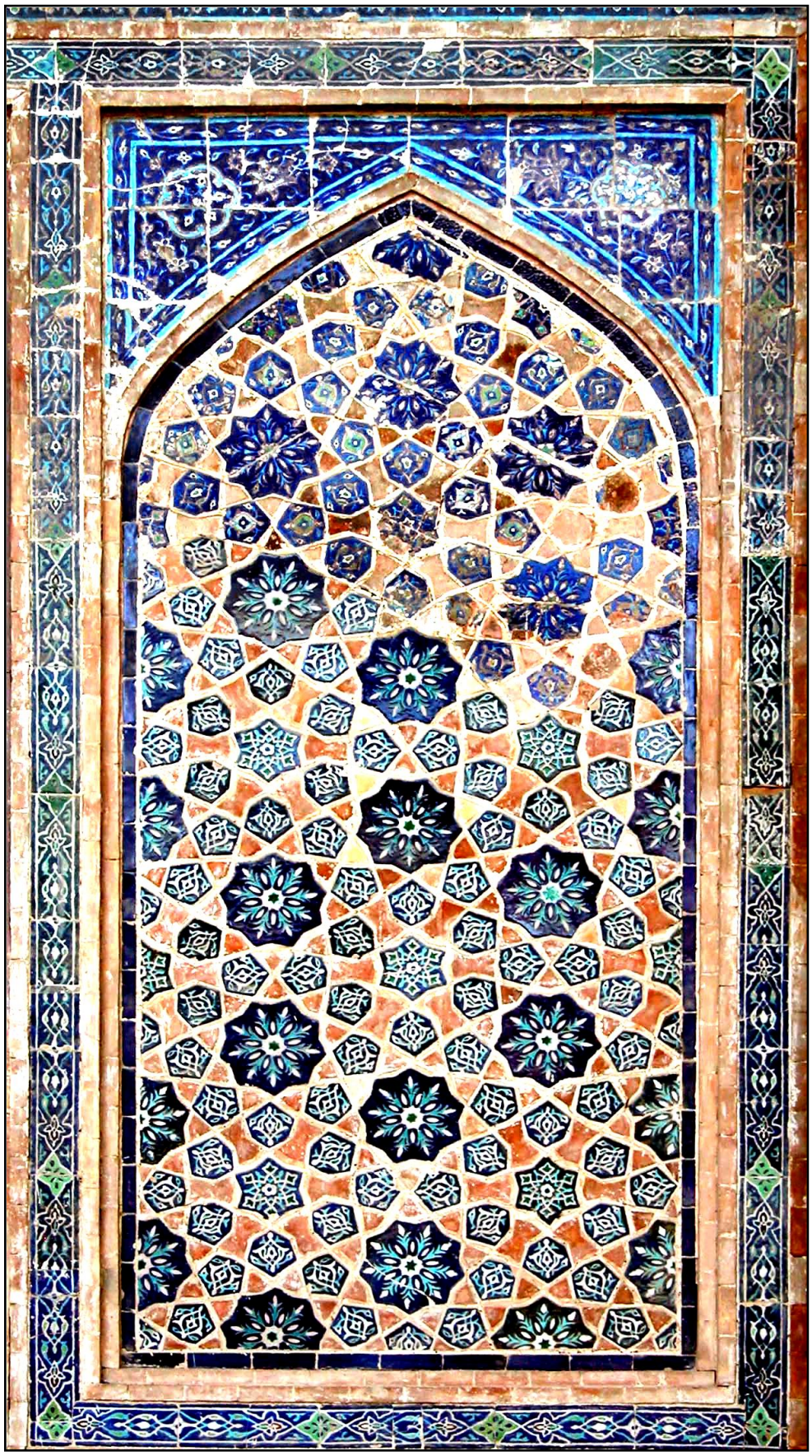






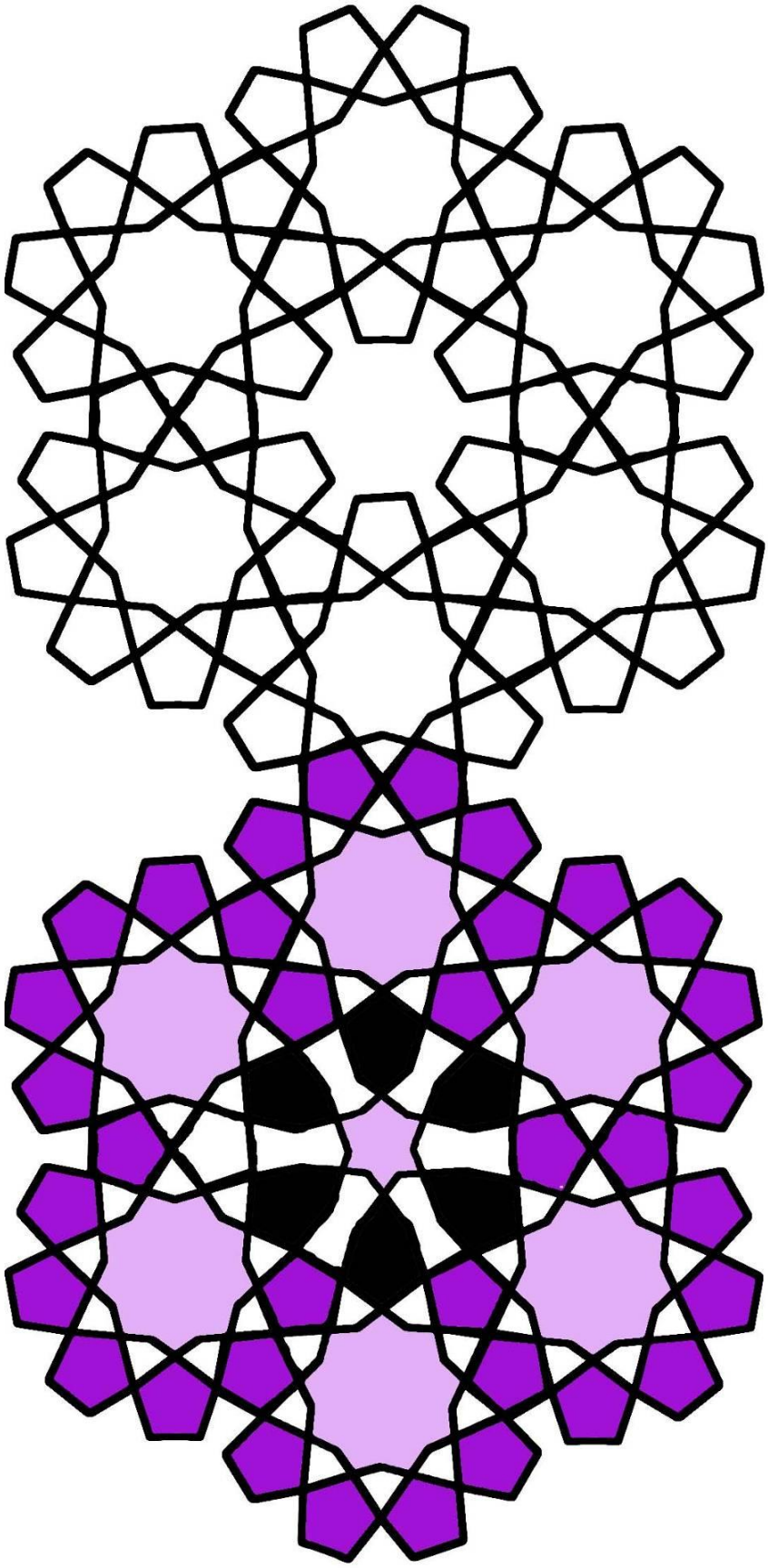


RETOUR

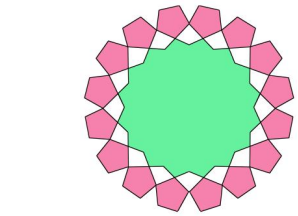


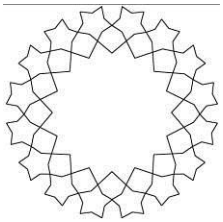
Étoiles à neuf de l'iwan de la médersa Oulough Begh au Registan.

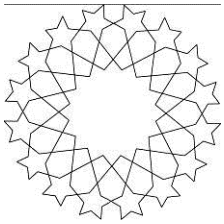
Composition convergente de six sur-modules à neuf, convergence obtenue par basculement de vingt degrés de chaque sur-module par rapport à son précédent. Le résultat compose une structure à six axes en son centre.

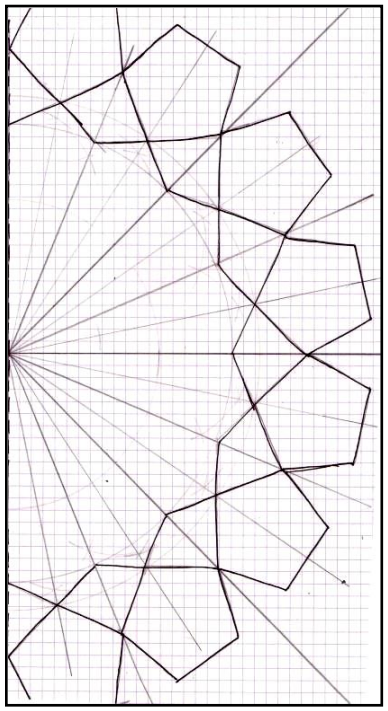


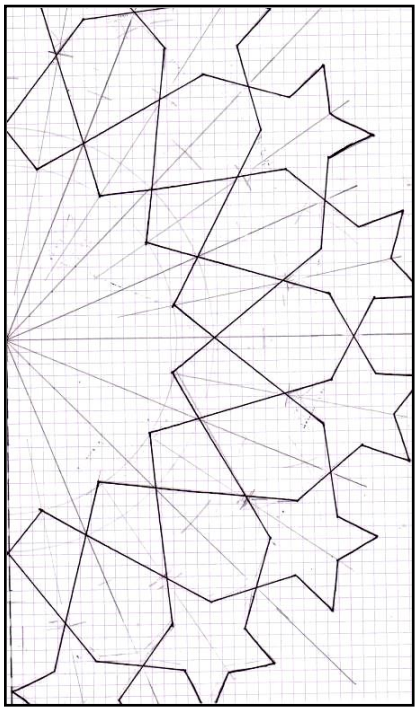
Etoiles à seize :

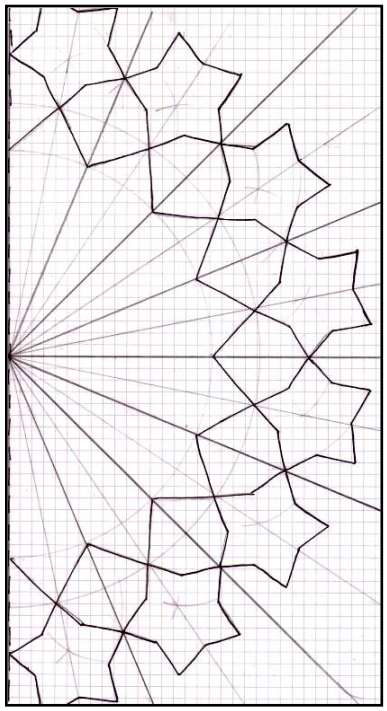


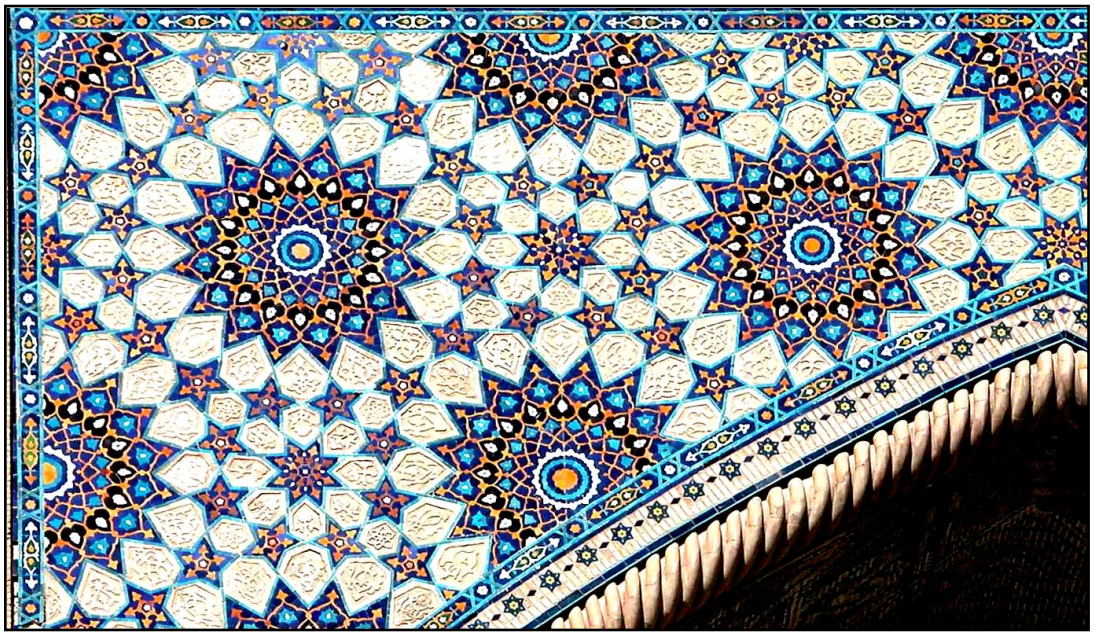








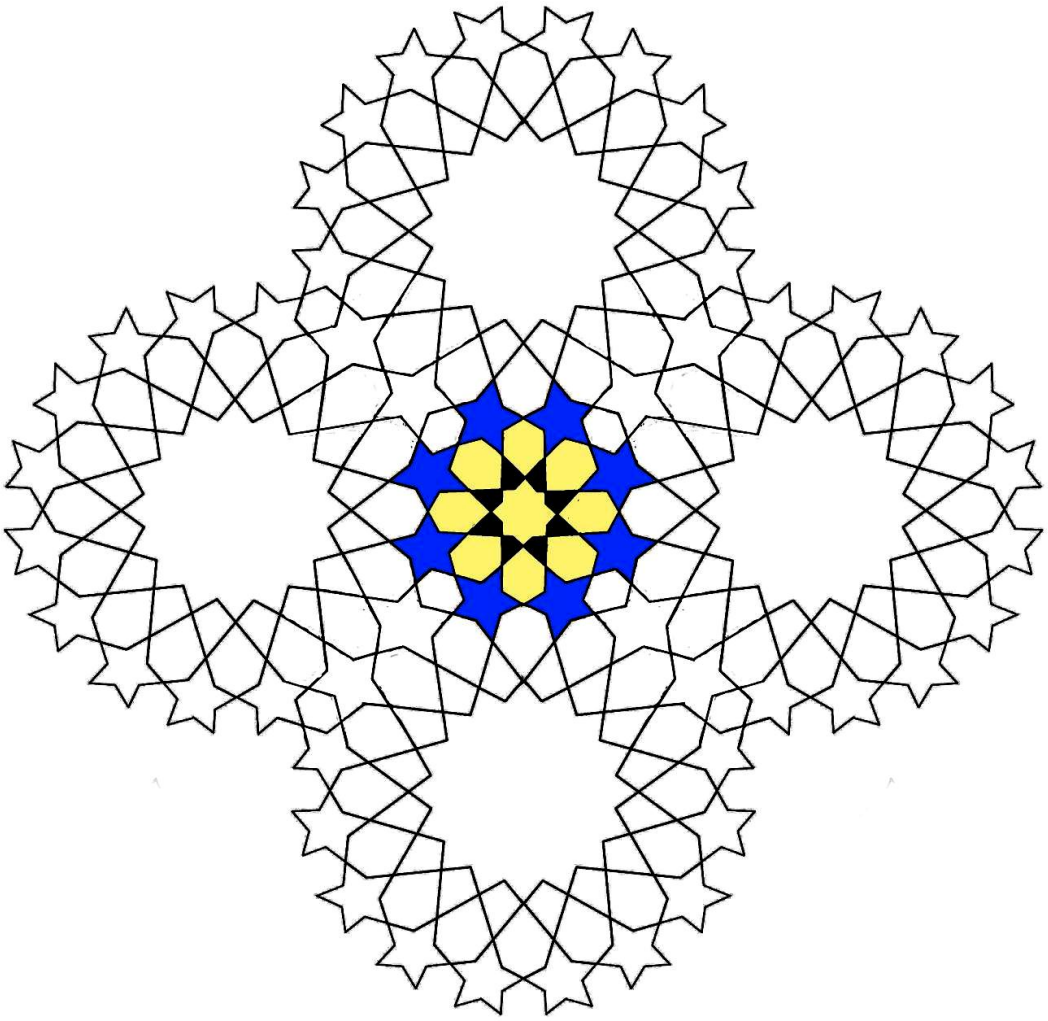


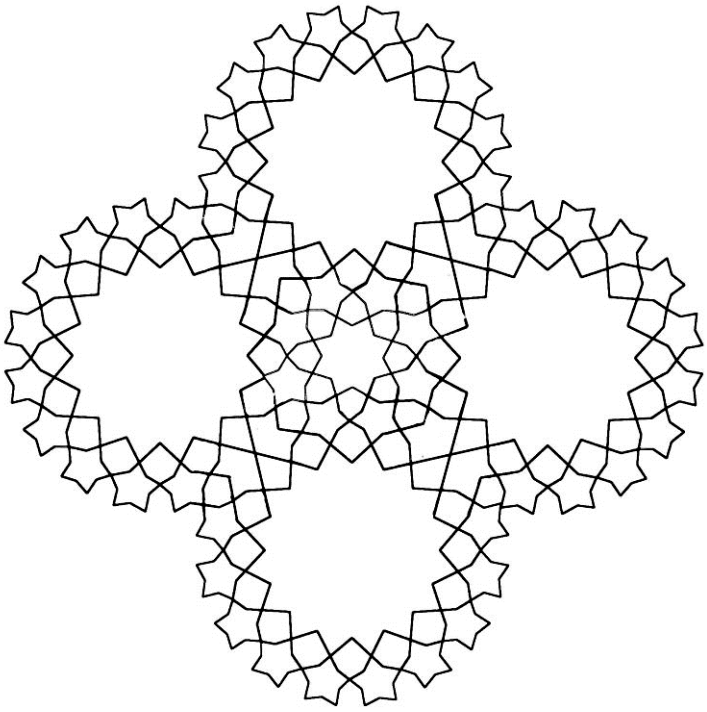


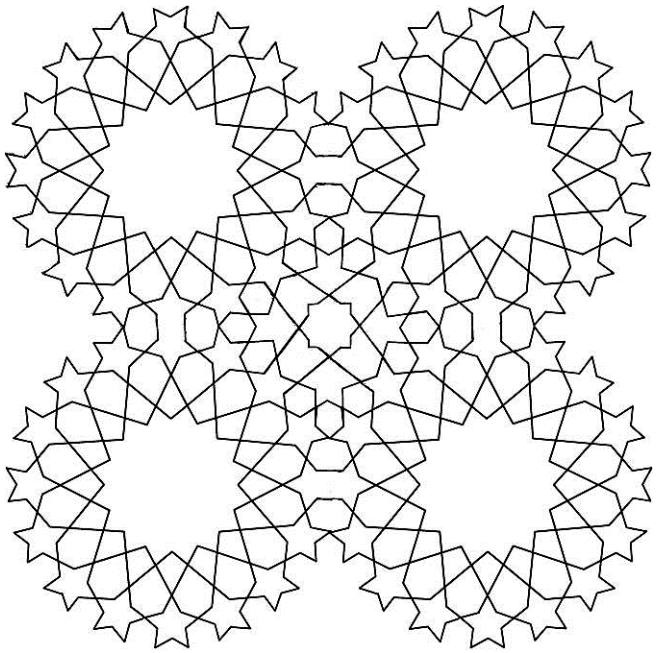
Tympan du pistach de la médersa Oulough Begh au Registan.

RETOUR

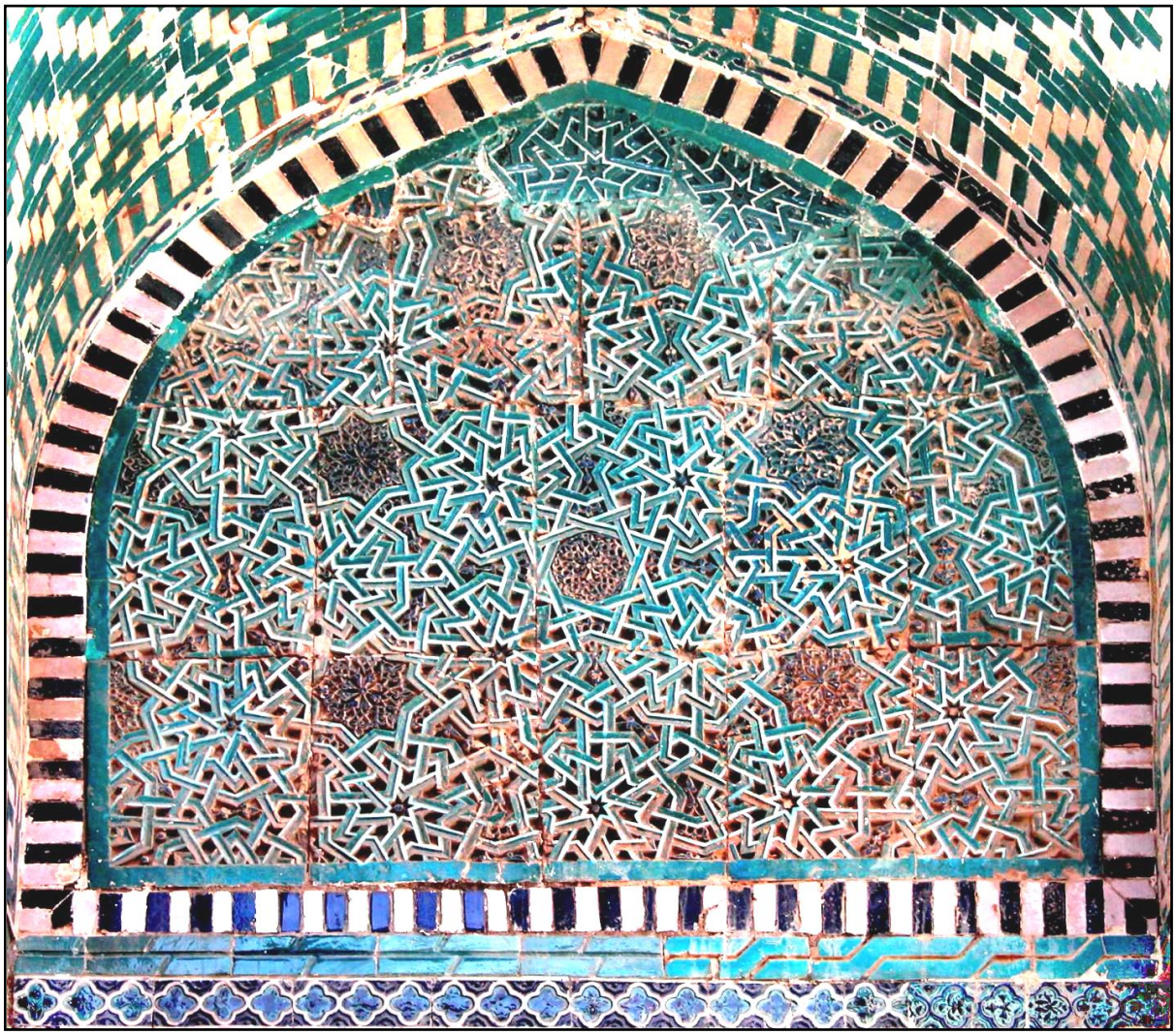
Compositions convergentes d’étoiles à seize



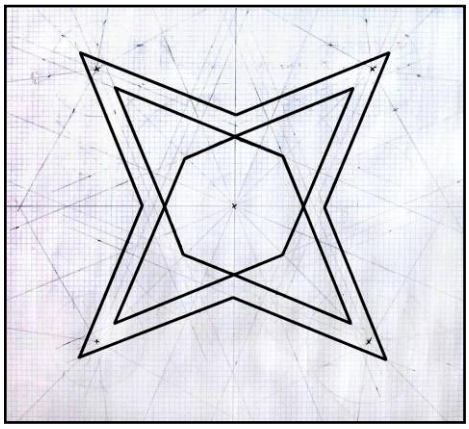


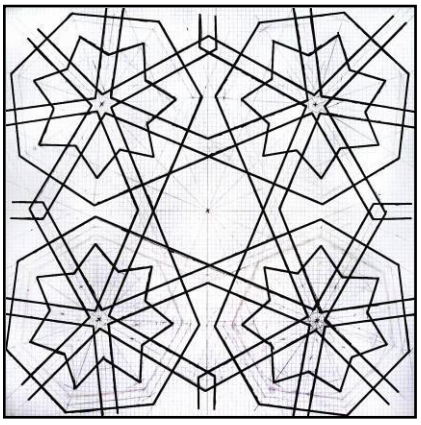


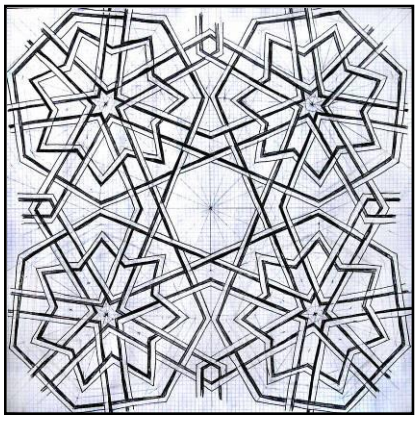
Etoiles à sept :



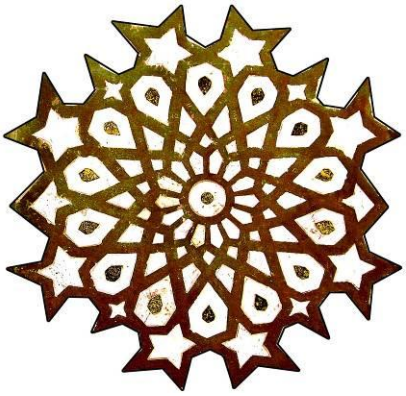
Alfiz décoré par Fakhr Ali en 1350 au mausolée de Khodja Akhmad à Shah-I-Zinda., c'est une des plus anciennes et des plus belles majoliques ciselées.

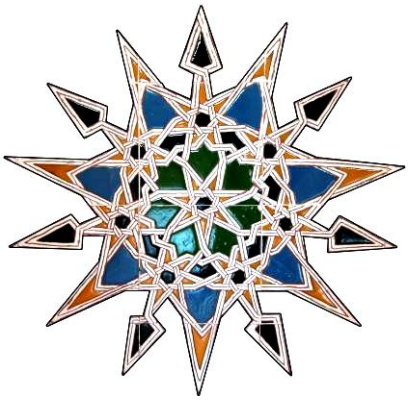


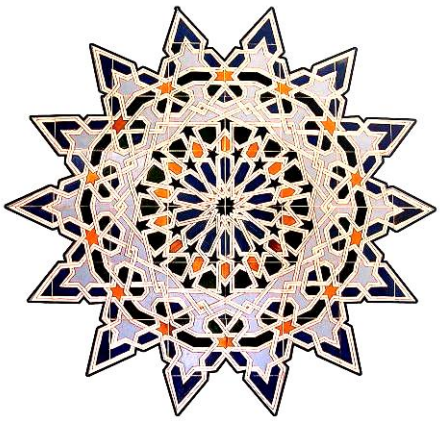


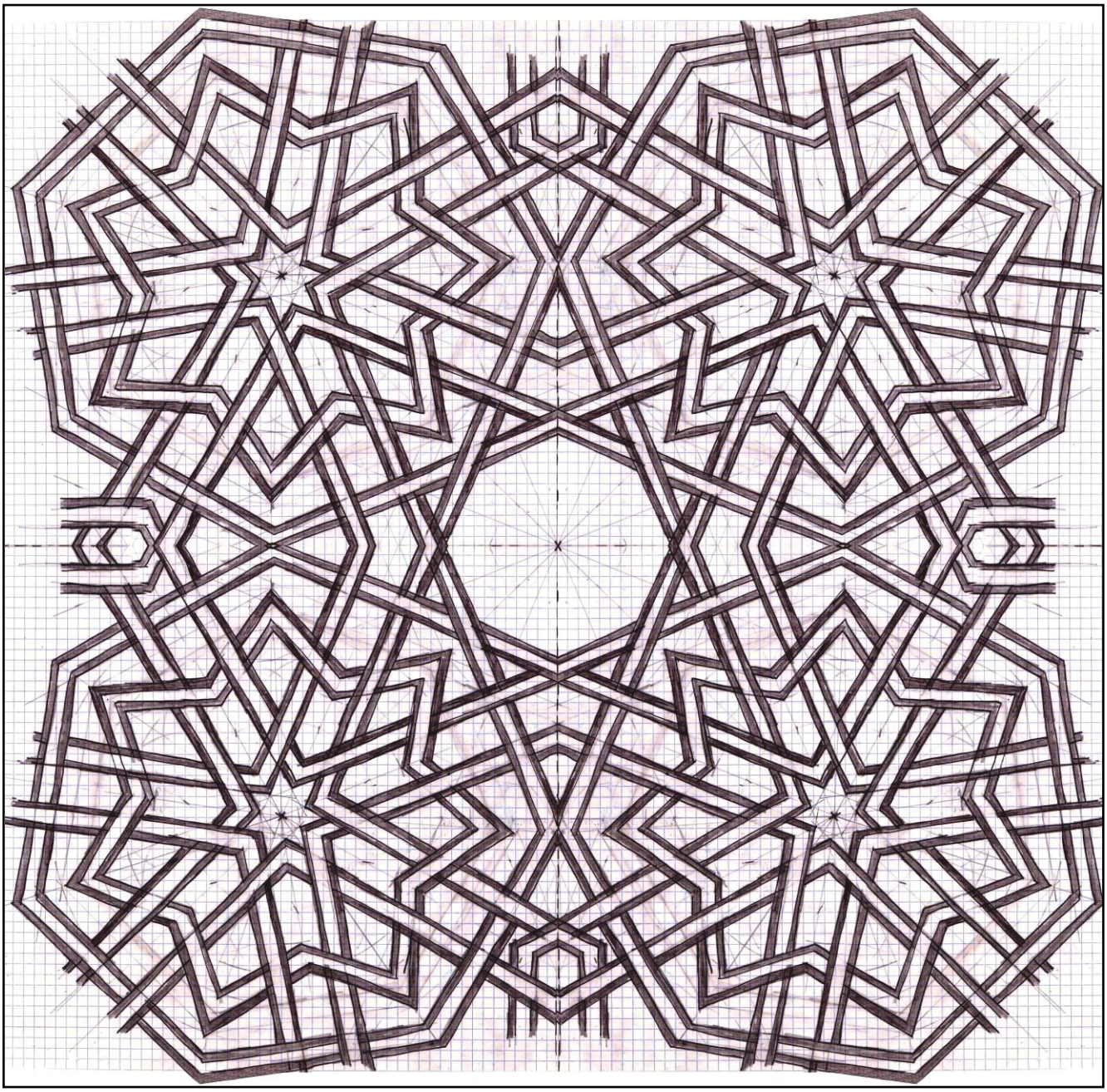


RETOUR



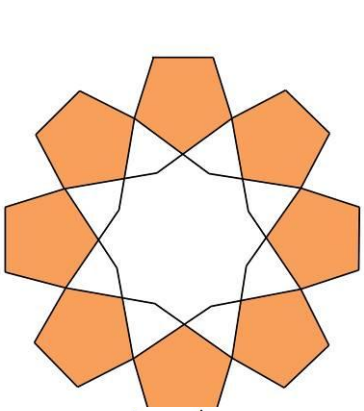
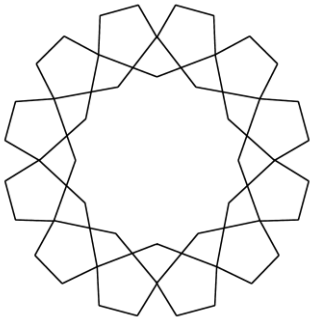
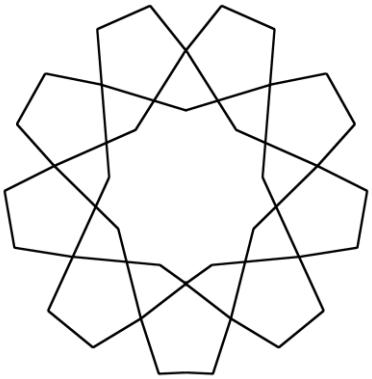
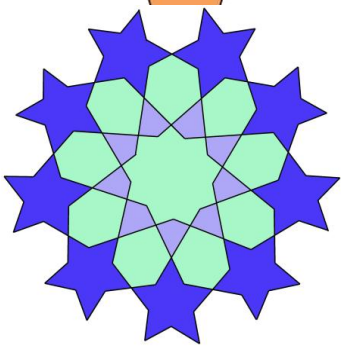
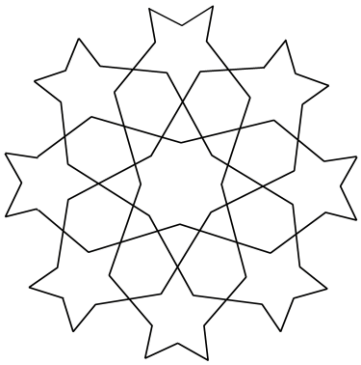
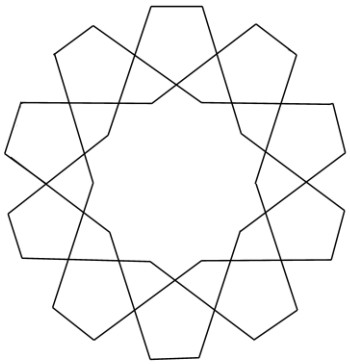
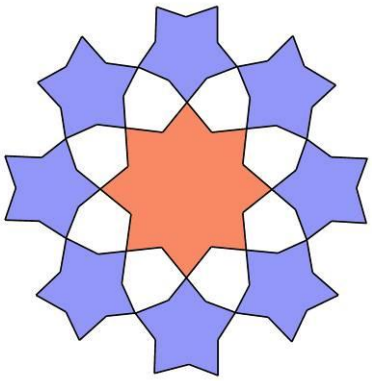
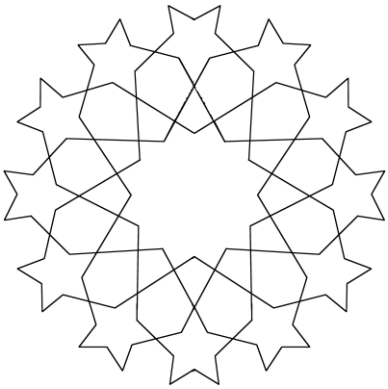
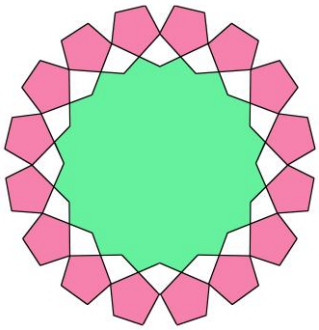
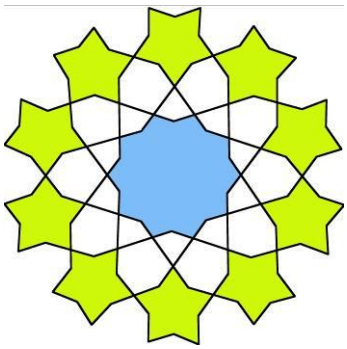
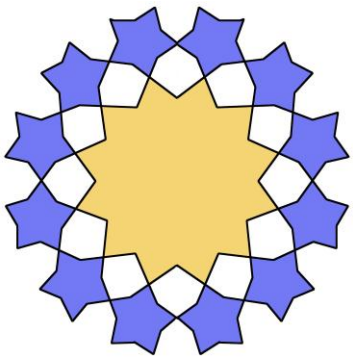
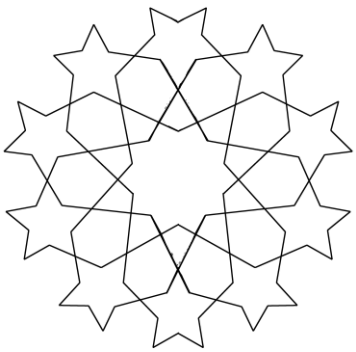






Banque de sur-modules :

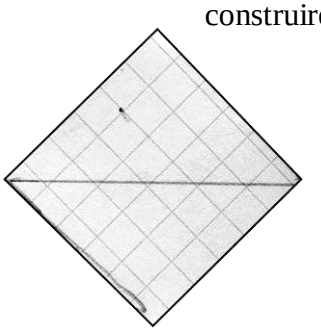
Sur-modules construits avec différents types de **pentagones** et pouvant se composer de différentes manières pour former des pavages.

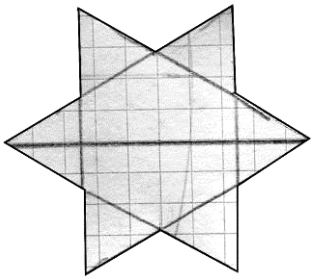













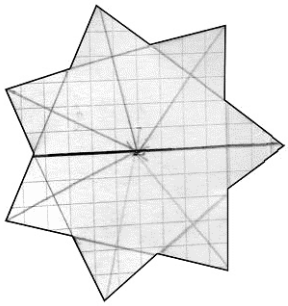
RETOUR

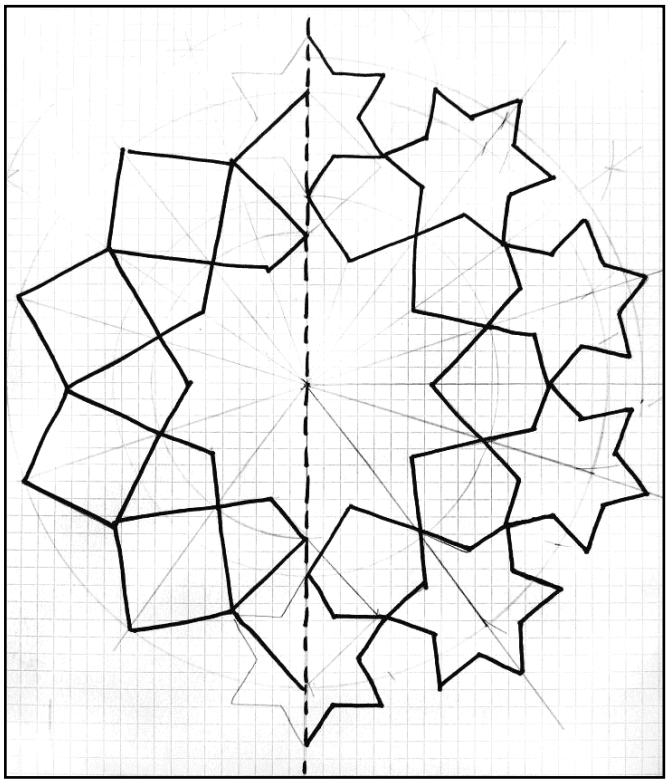
Autre type de sur-modules

D’autres types de polygones peuvent être utilisés pour construire un sur-module : carré, hexagone, heptagone…

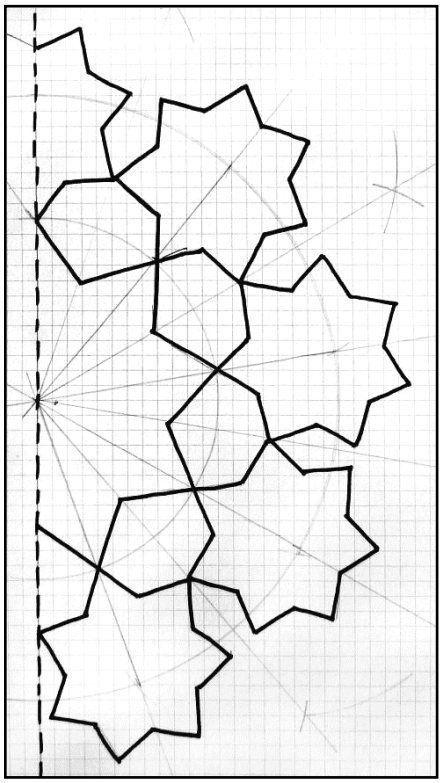




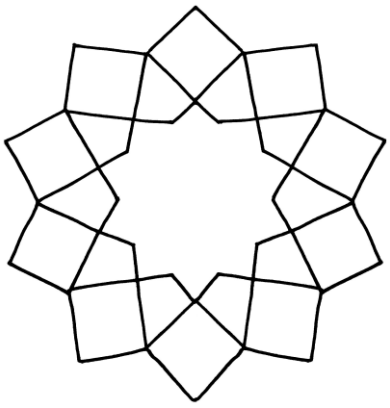


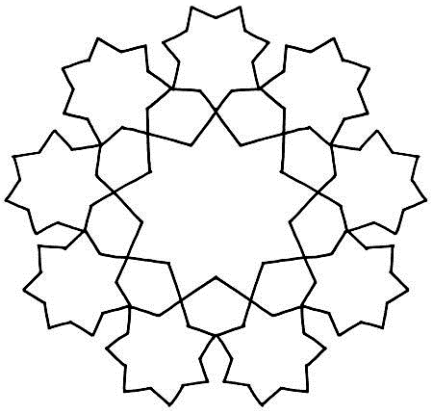


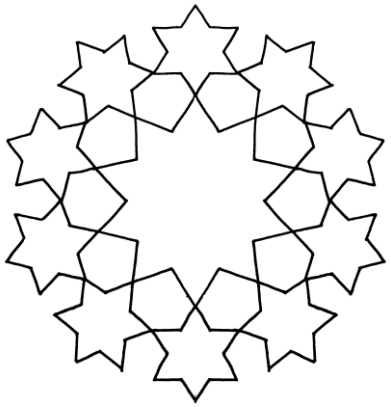
Sur-modules crées par dix **carrés** et dix **hexagones**



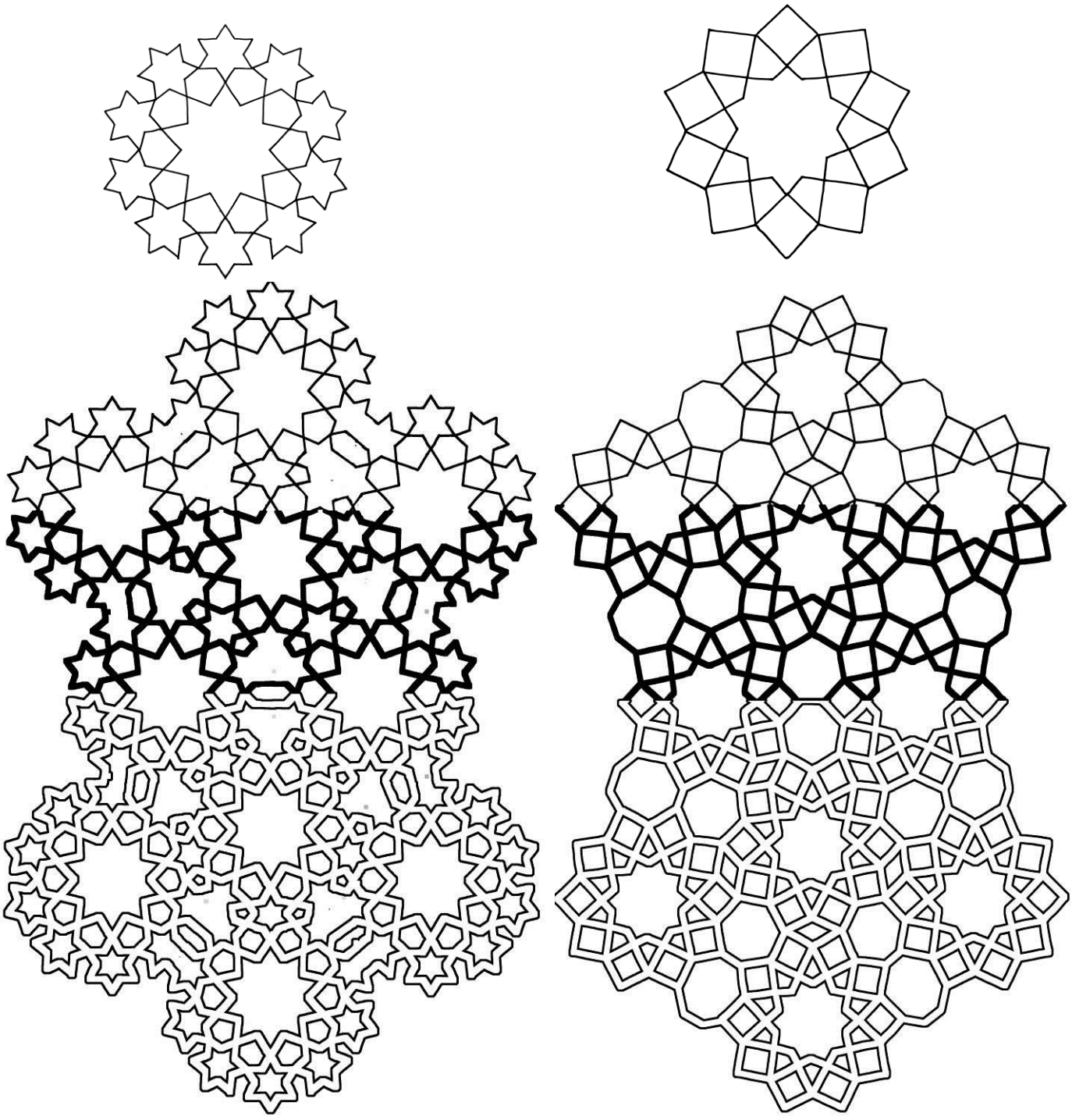
Sur-module créé par neuf **heptagones**.







Composition de sur-modules :

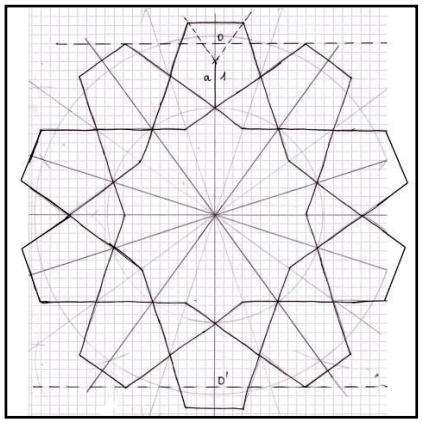


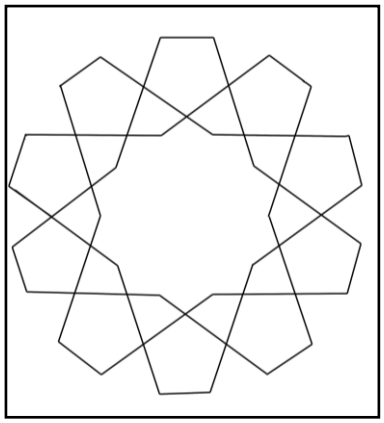
Composition des sur-modules précédents.

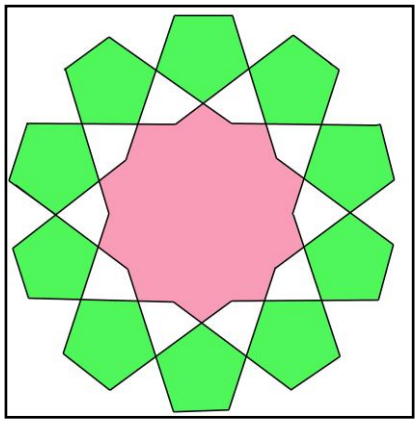
Méthodes de construction :

DIAPORAMA

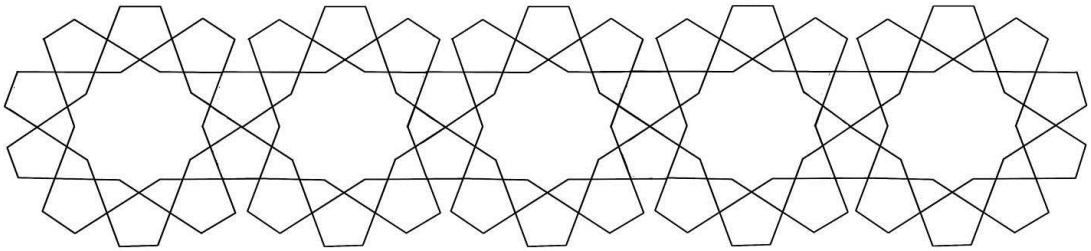
La première méthode consiste à construire le **sur-module** qui sera transformé en **frise**, puis en panneaux selon un **canevas**.



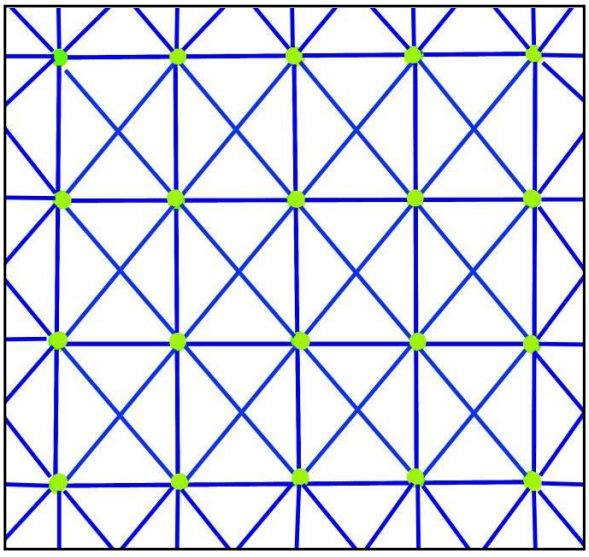




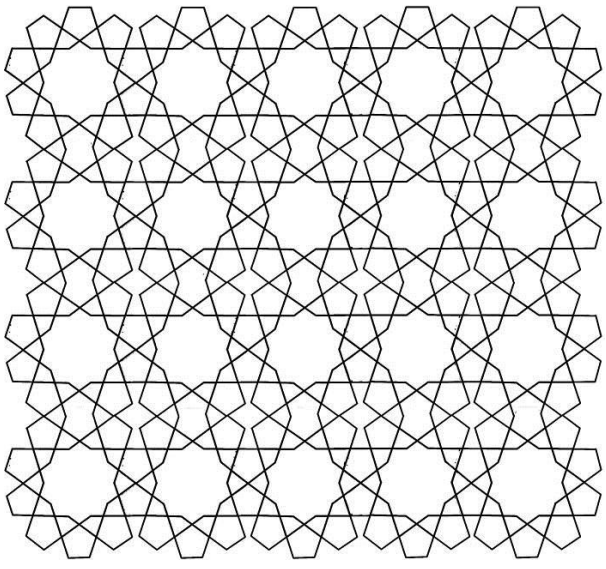
Construction du **sur-module.**



Frise.

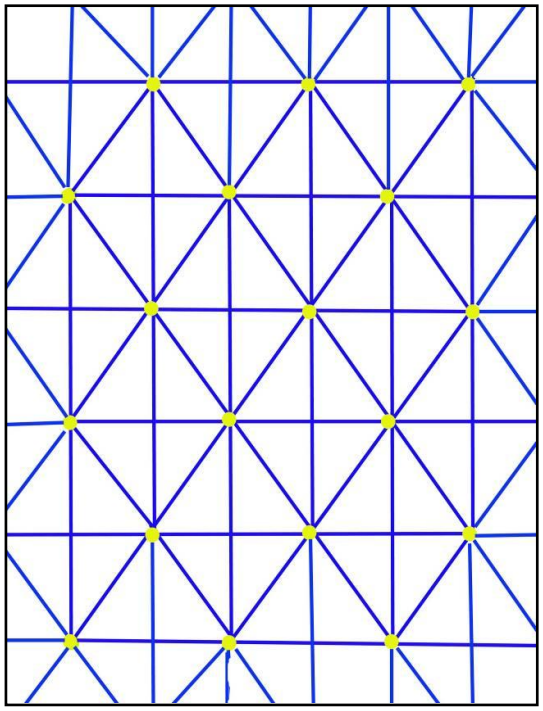


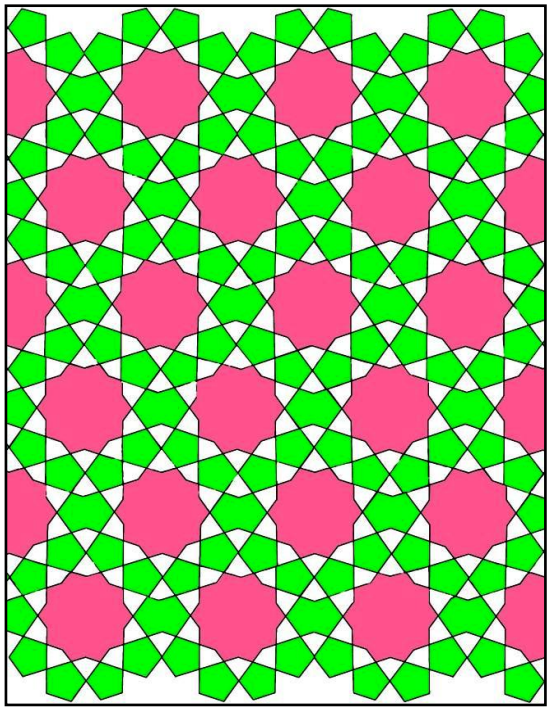
Canevas.



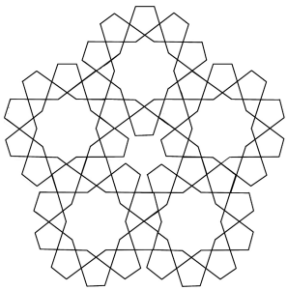
Panneau correspondant au canevas.

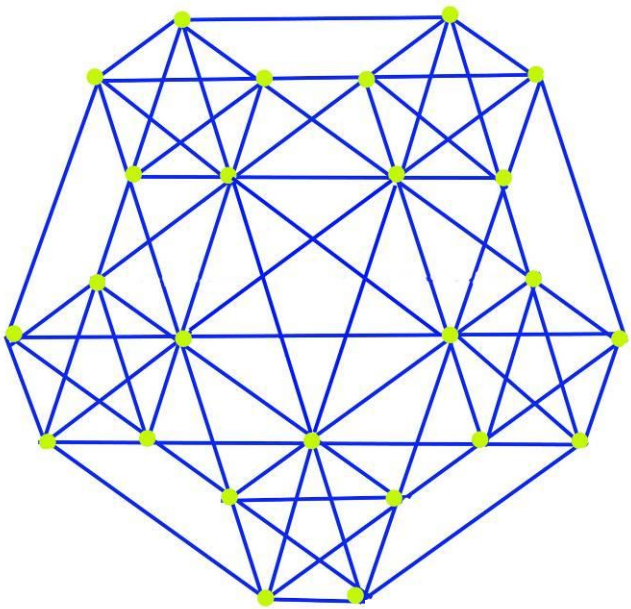
RETOUR

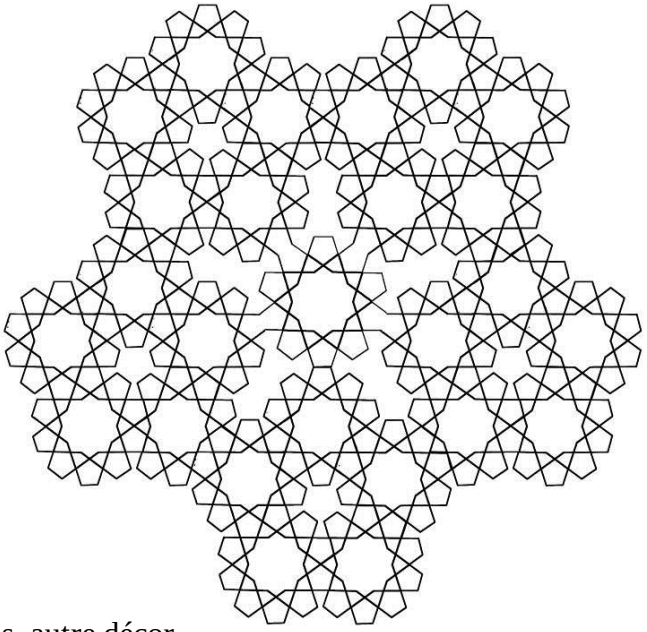




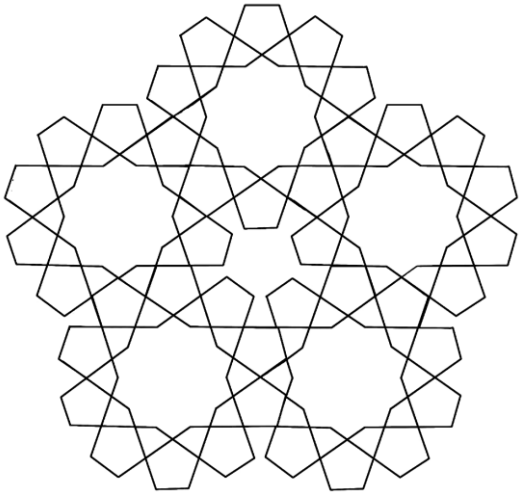
Autre canevas, autre décor.



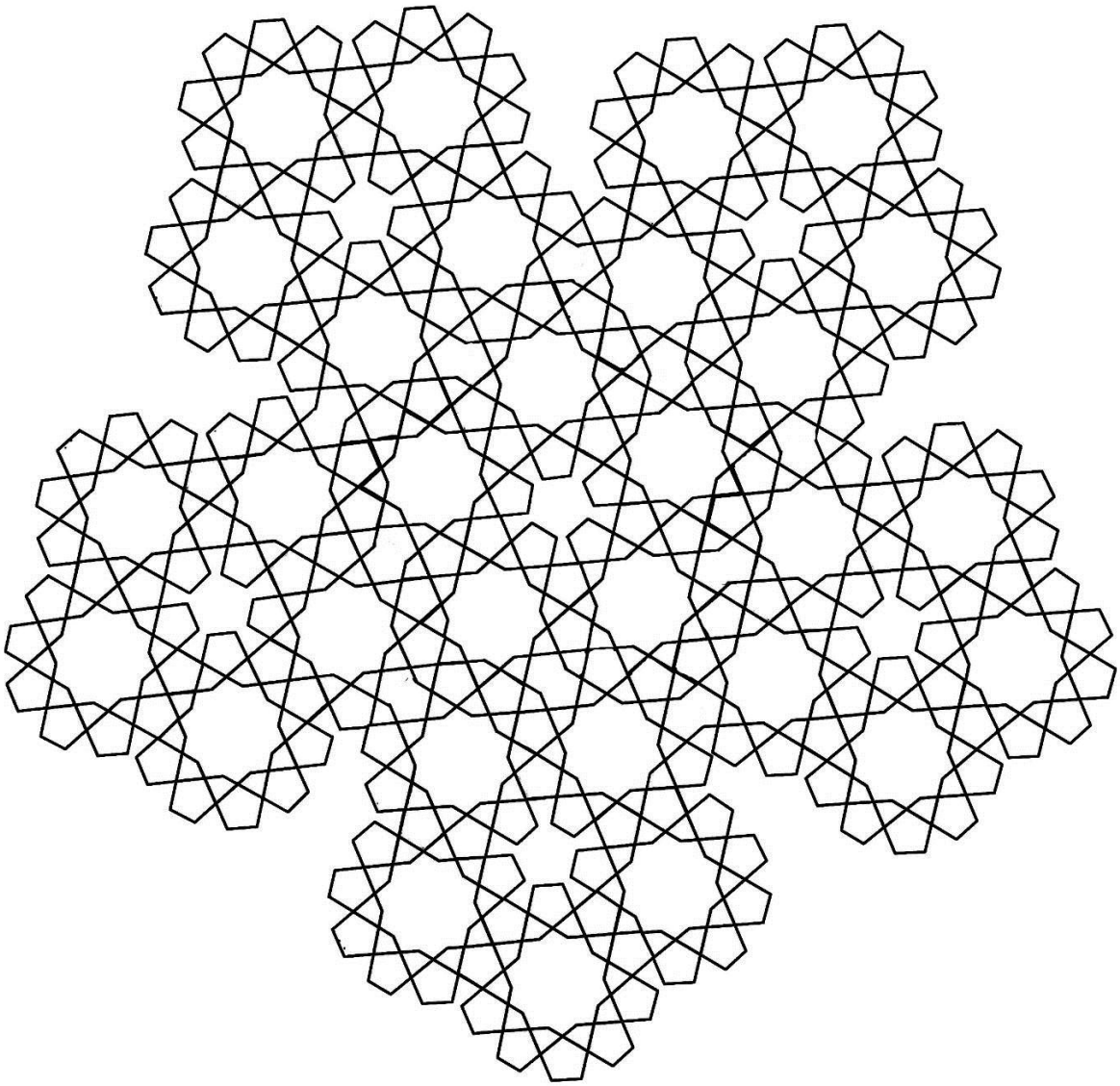




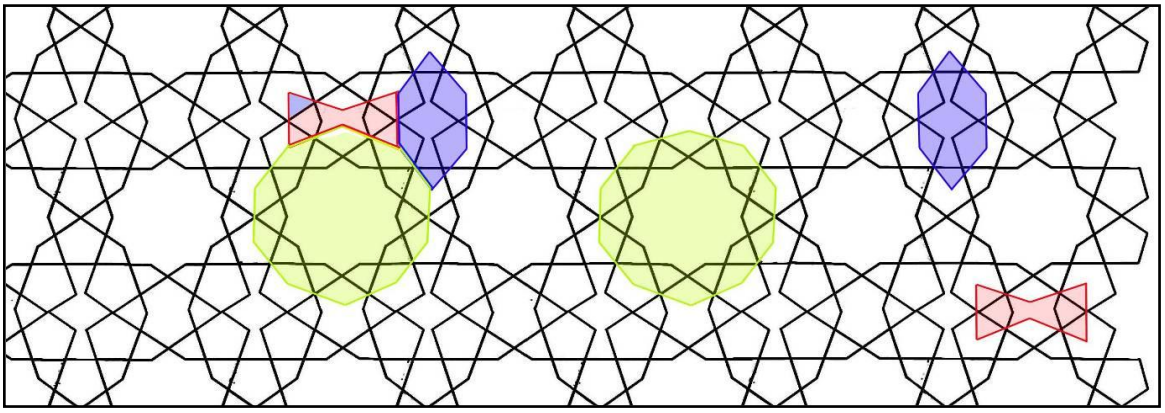
Autre module, autre canevas, autre décor.



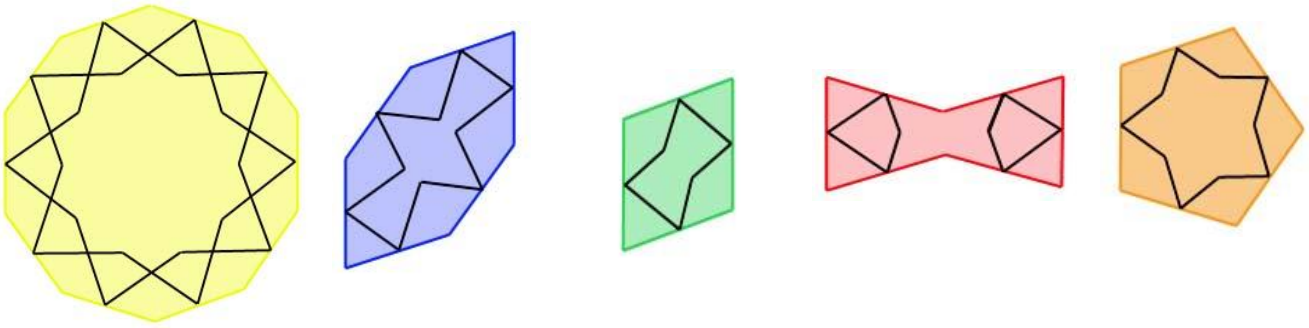
Agencement différent du sur-module précédent : un sur-module central et cinq satellites.



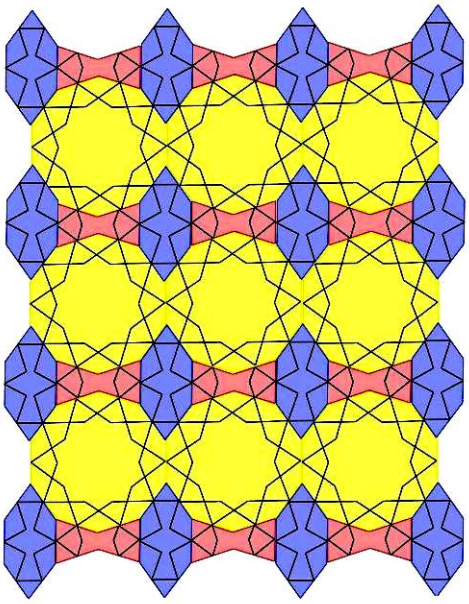
Troisième méthode : dans les **pavages non périodiques**, de type **Penrose**, aucun rectangle minimal ne peut être dégagé. En revanche, la mise en évidence d'un pavage de polygones permet de tracer l'ensemble.

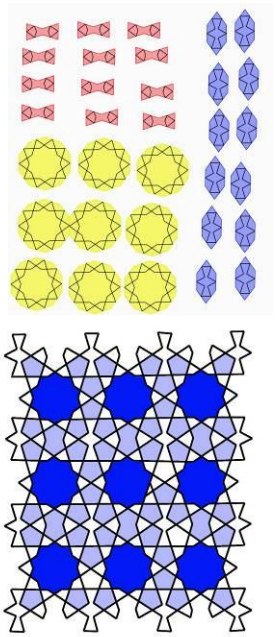


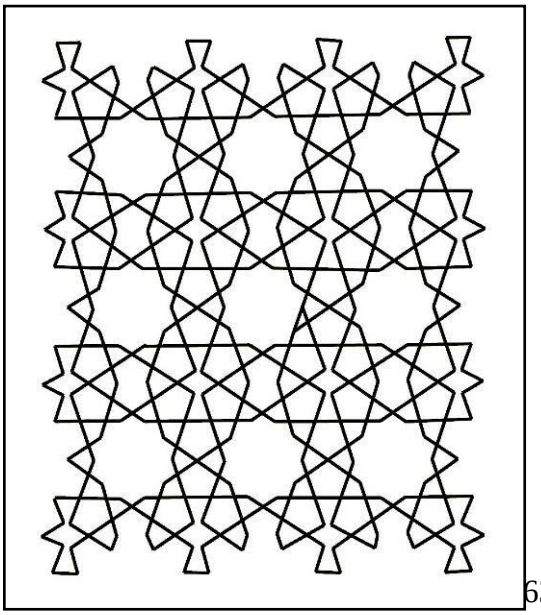
Mise en évidence du **pavage périodique** du plan par trois polygones. Le fait de choisir le pentagone comme base facilite la compréhension de l'ensemble car nous bénéficions de tous les avantages des nombres d'or. Leurs propriétés algébriques extraordinaires se retrouvent en effet dans toutes les constructions géométriques utilisées :



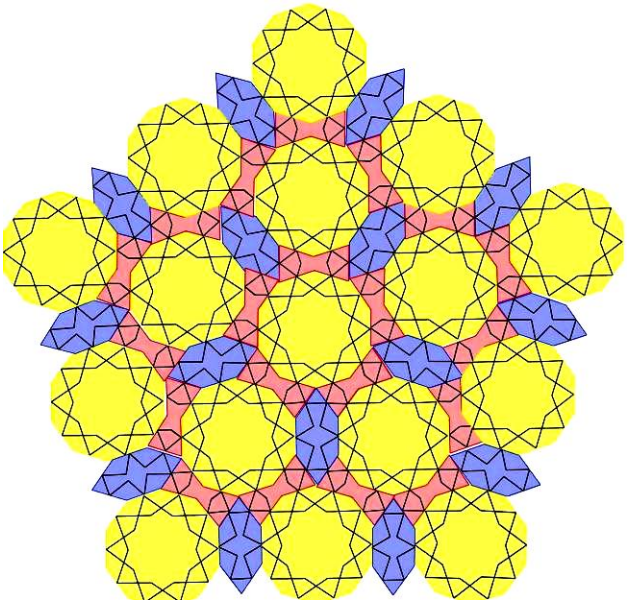
Tous ces polygones, qui peuvent servir pour un **pavage périodique** ou **non périodique** du plan, ont des **côtés égaux** ; les différents segments joignant les milieux des côtés seront dans la continuité les uns des autres lorsqu'ils seront accolés. Ce sont ces segments qui formeront le squelette du décor.

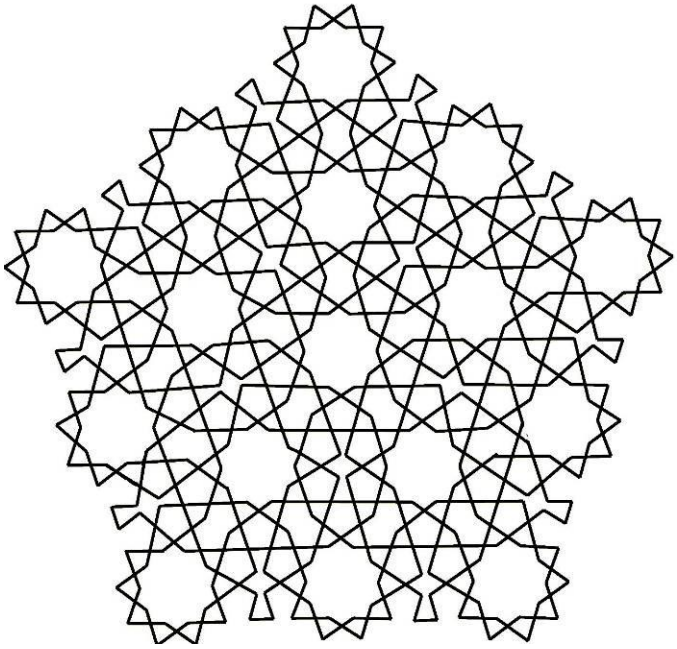


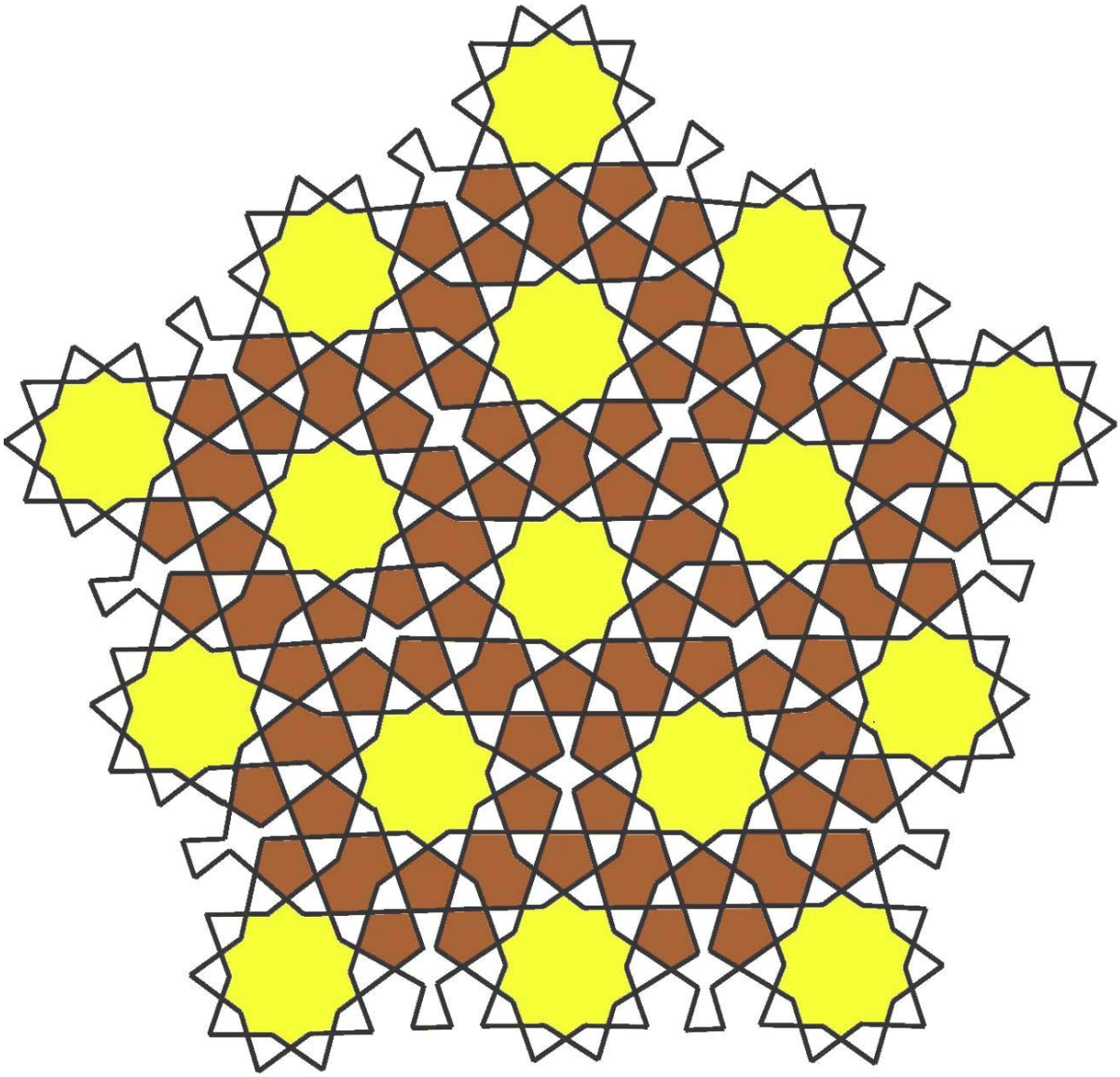




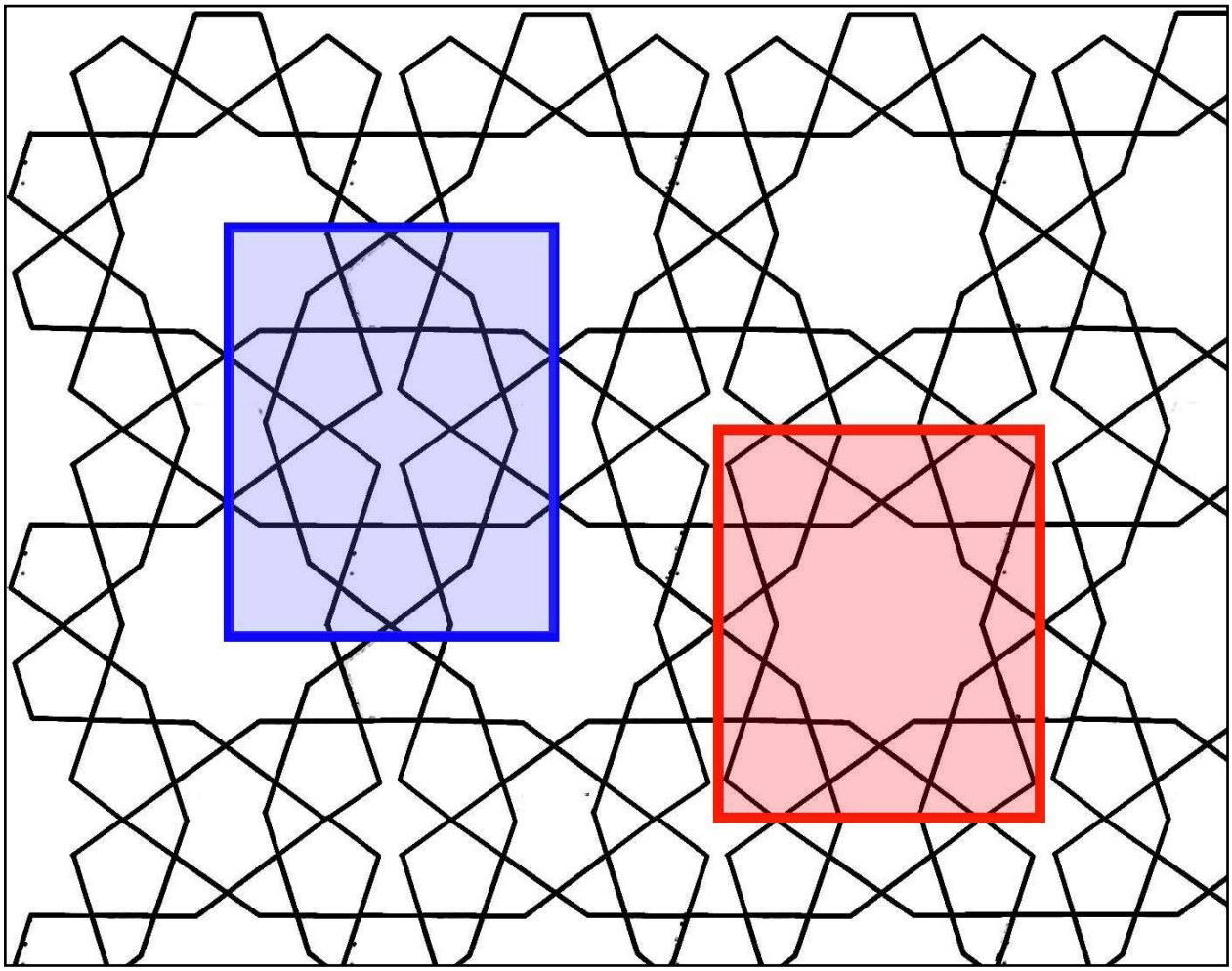
Construction du module d'un pavage du plan :

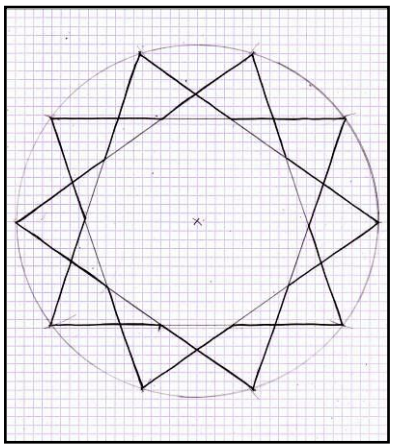


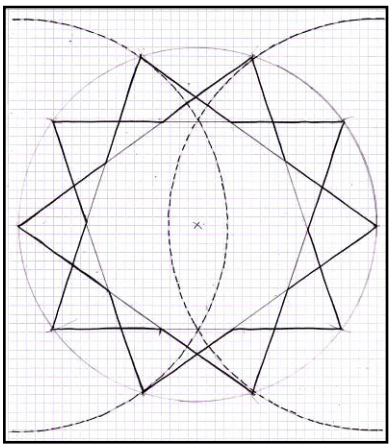


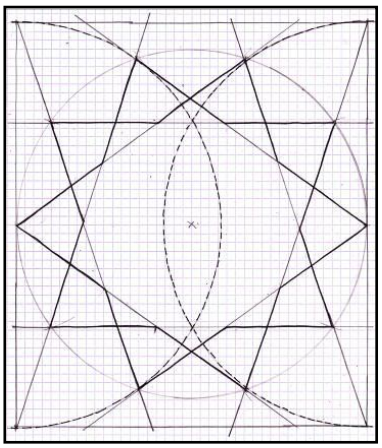


La deuxième méthode consiste à chercher parmi les **rectangles minimaux** celui du pavage périodique dont le tracé est le plus apte à être dessiné : le rouge a été choisi.









La construction des deux demi-cercles permet le tracé du **rectangle minimal**.
Celui des droites AB et CD déterminera la position des sommets des pentagones satellites.

Les nombres d'or :

Définition des nombres d'or :

Si on ajoute ou retranche 1 au nombre d'or, on trouve son inverse

$x \pm 1 = \frac{1}{x}$ ou $x^2 \pm x - 1 = 0$ ce qui donne deux racines $\varphi = \frac{-1+\sqrt{5}}{2}$ et $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$

$\varphi = 0,61803398$ et $\Phi = 1,61803398$

Ces deux nombres ont des propriétés extraordinaires

$\varphi \times \Phi = 1$ $\quad \frac{\Phi}{\varphi} = \Phi^2$ $\quad \Phi^2 = 1 + \Phi$

$\Phi - \varphi = 1$ $\quad \Phi^3 = \Phi^2 + \Phi = 1 + 2\Phi$

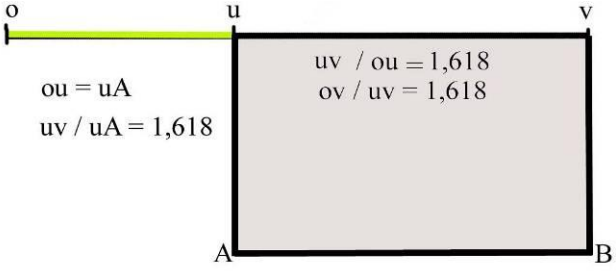
$\Phi + \varphi = \sqrt{5}$ $\quad \sqrt[n]{\Phi} = \frac{n-(n-1)}{n} \cdot \varphi$ $\quad \Phi^n = 1 + (n-1)\Phi$

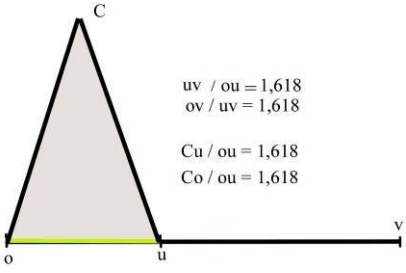
- Ces nombres d'or sont liés au décagone car nous pourrons démontrer que dans un décagone de cercle circonscrit 1, le côté est égal à φ.
- L'angle au centre du décagone est de 36°, nous pourrons démontrer que

$\sin 36° = \frac{+1+\sqrt{5}}{4} = \frac{\Phi}{2}$



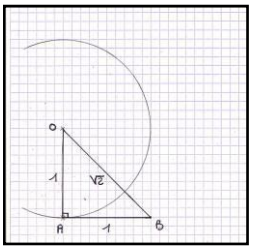
uv / ou = 1,618
ov / uv = 1,618

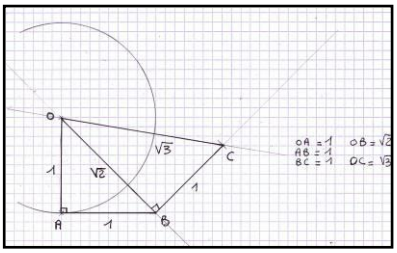


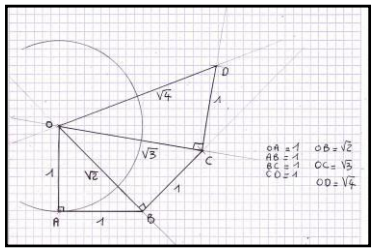


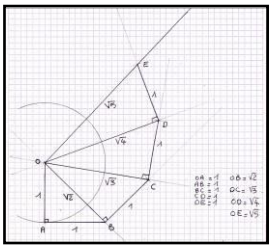
RETOUR

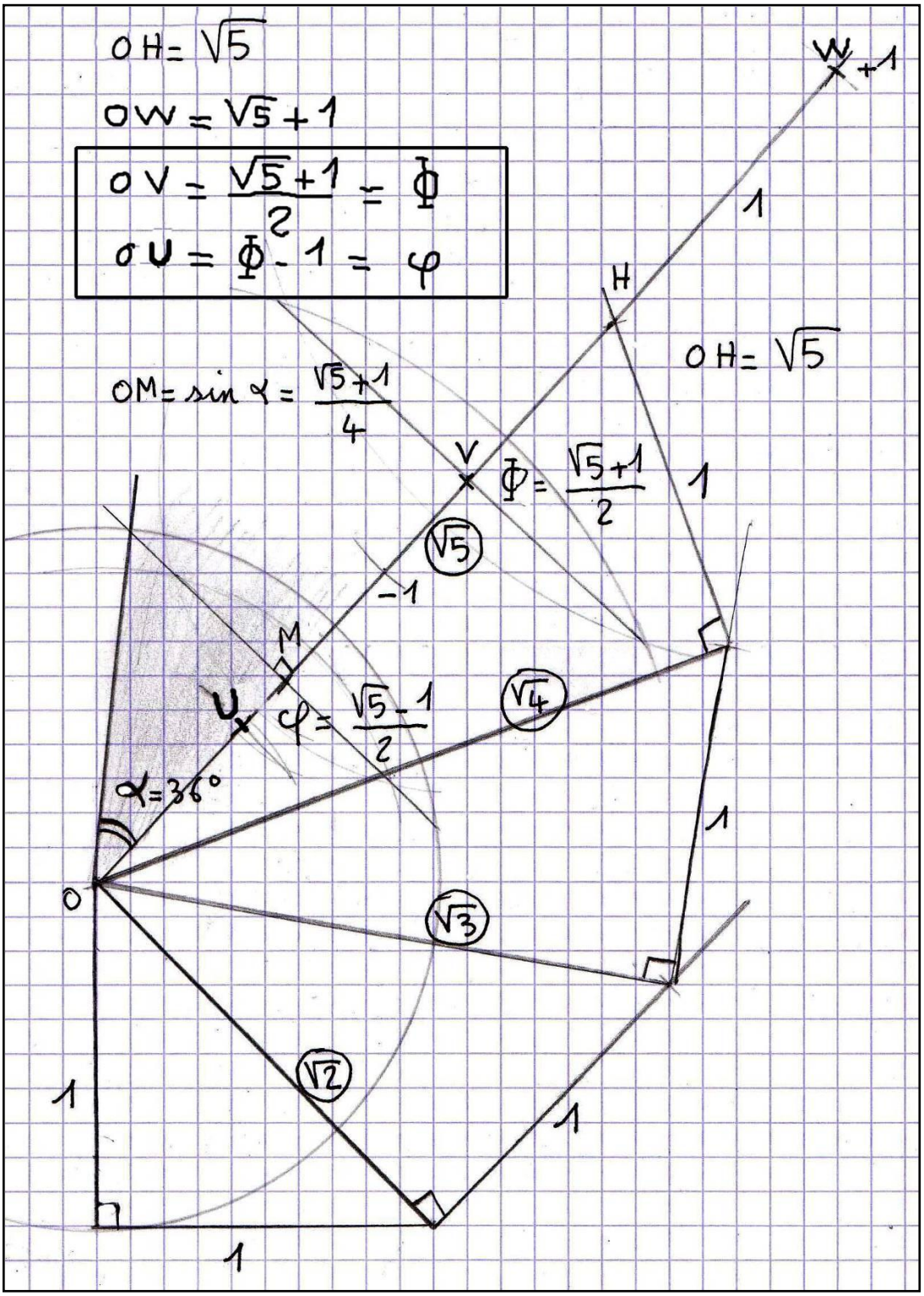
Construction des nombres d'or :



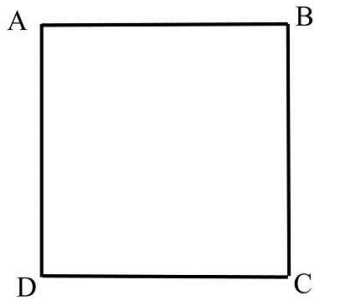


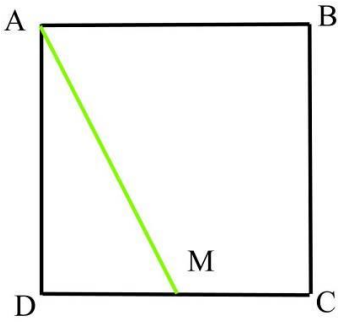




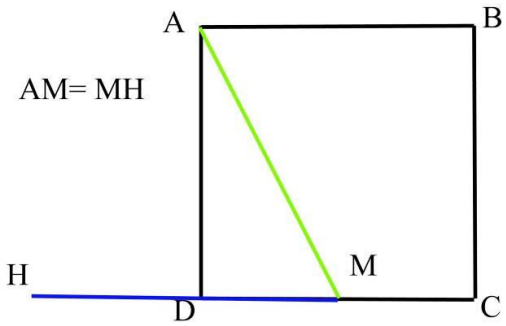


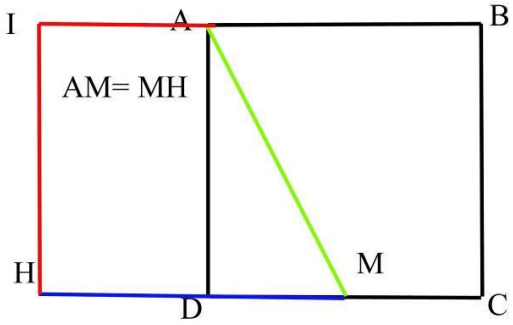
Construction du rectangle d'or selon Euclide (300 ans avant J.C)





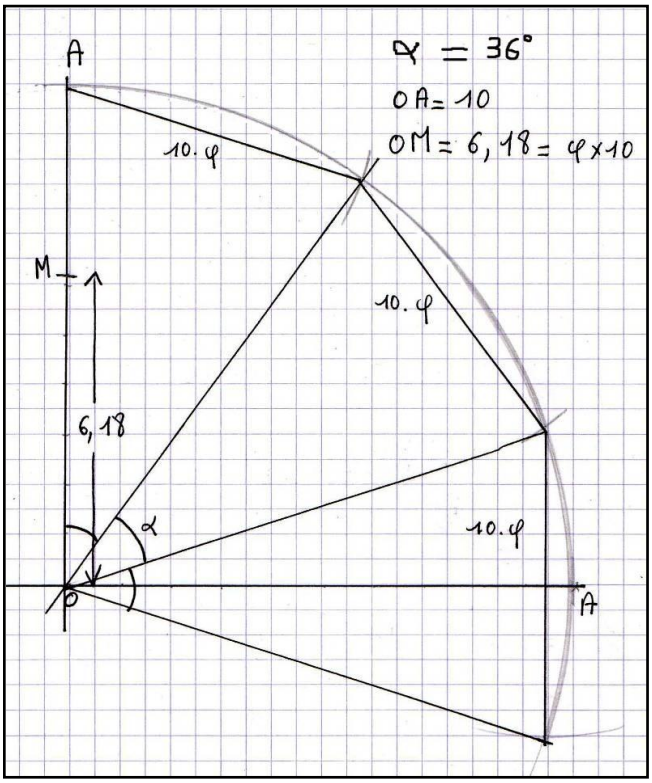
M milieu de **DC**





IBCH est un rectangle d'or.

Construction simplifiée du décagone :

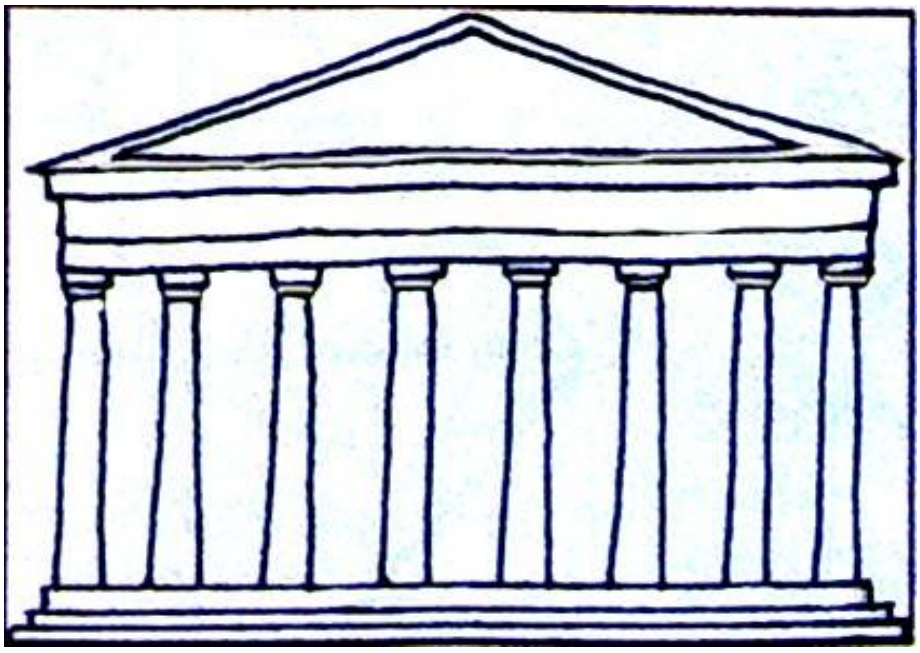


Le côté du décagone dont le rayon du cercle circonscrit est égale à l'unité **1**, est égal au petit nombre d'or.

Donc :

Il suffit de construire un cercle dont le rayon est égal à l'unité (ou à dix unités) le côté du décagone sera alors égal à la mesure de la corde de la longueur du nombre d'or, soit **0,618** unité (ou 6,18 pour un rayon égal à dix fois l'unité).

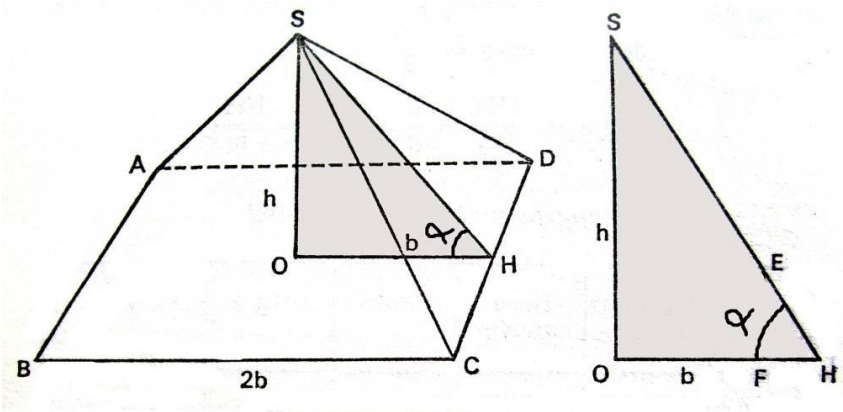
Dans son traité de géométrie plane « les Eléments », Euclide (300 A.J.C) généralise l'usage de la règle et du compas en formulant des méthodes de construction pour les figures géométriques simples ; il décrit ainsi la construction du nombre d'or déjà connue par Pythagore et Platon. Il définit ce nombre comme le résultat du partage d'un segment en moyenne et extrême raison (« Eléments II, chapitre II).



Ces nombres se retrouvent partout dans la nature et dans de nombreuses réalisations humaines :

dans les proportions du Parthénon à Athènes, construit par l'architecte Phidias, d'où la notation symbolique de ces nombres sous le nom de la lettre grecque « **phi** », initiale de Phidias.

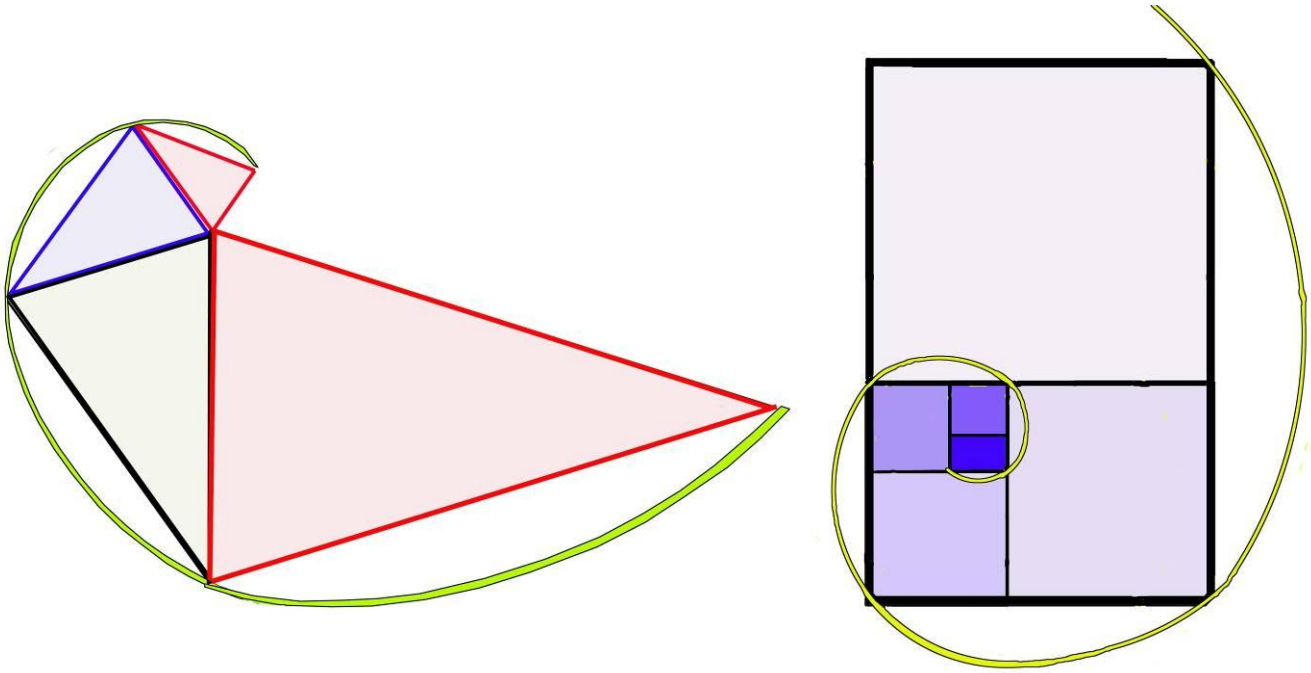
L'angle de l'équilibre instable d'un amoncellement (tas de sable, pyramide…) est de 51° 49' 38'' le cosinus de cet angle est égal au nombre d'or. Ce qui est une des théories expliquant l'angle de la pyramide de Khéops égale à 51° 50'



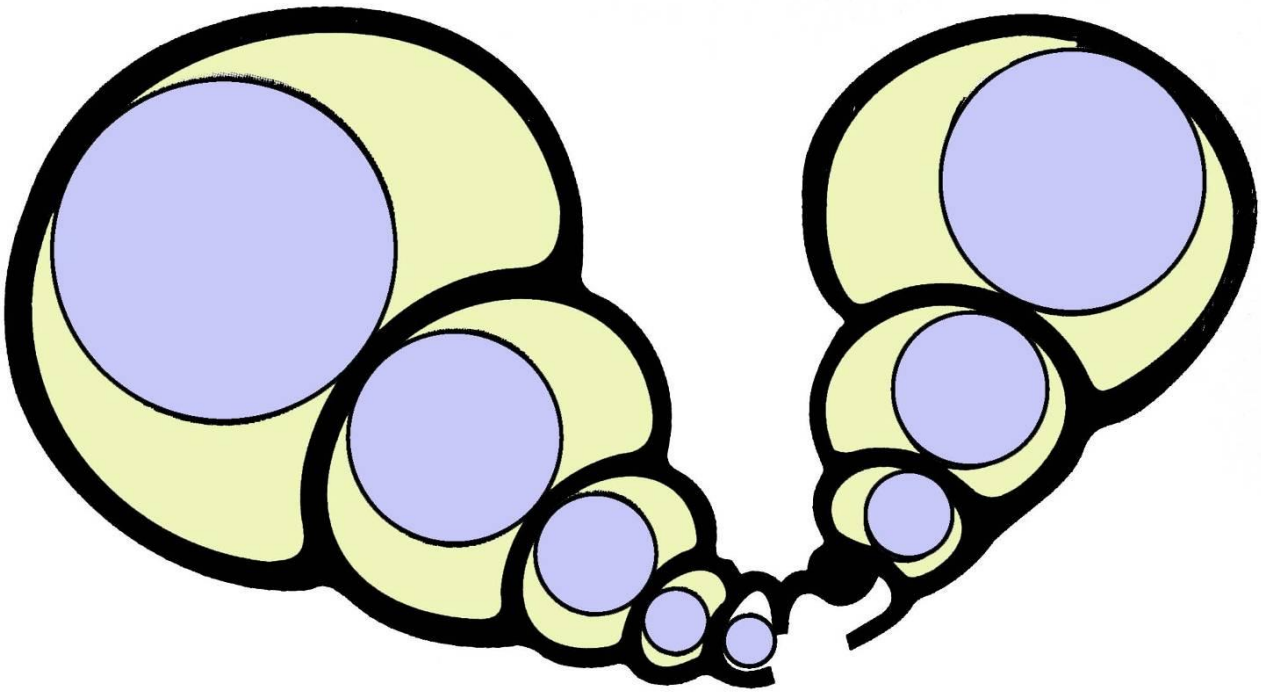
α =	51°50′
Sinus	0,786 216 5
Cosinus	0,617 951 1
Tangente ..	1,272 295 7
Cotangente .	0,785 890 8

La projection dans le plan de la répartition des feuilles sur une tige correspond à la spirale tracée à partir d'un triangle sublime (triangle isocèle dont la base est égale au petit nombre d'or et dont les côtés sont égaux au grand nombre d'or).

La spirale de l'ammonite correspond à celle tracée à partir du rectangle d'or.



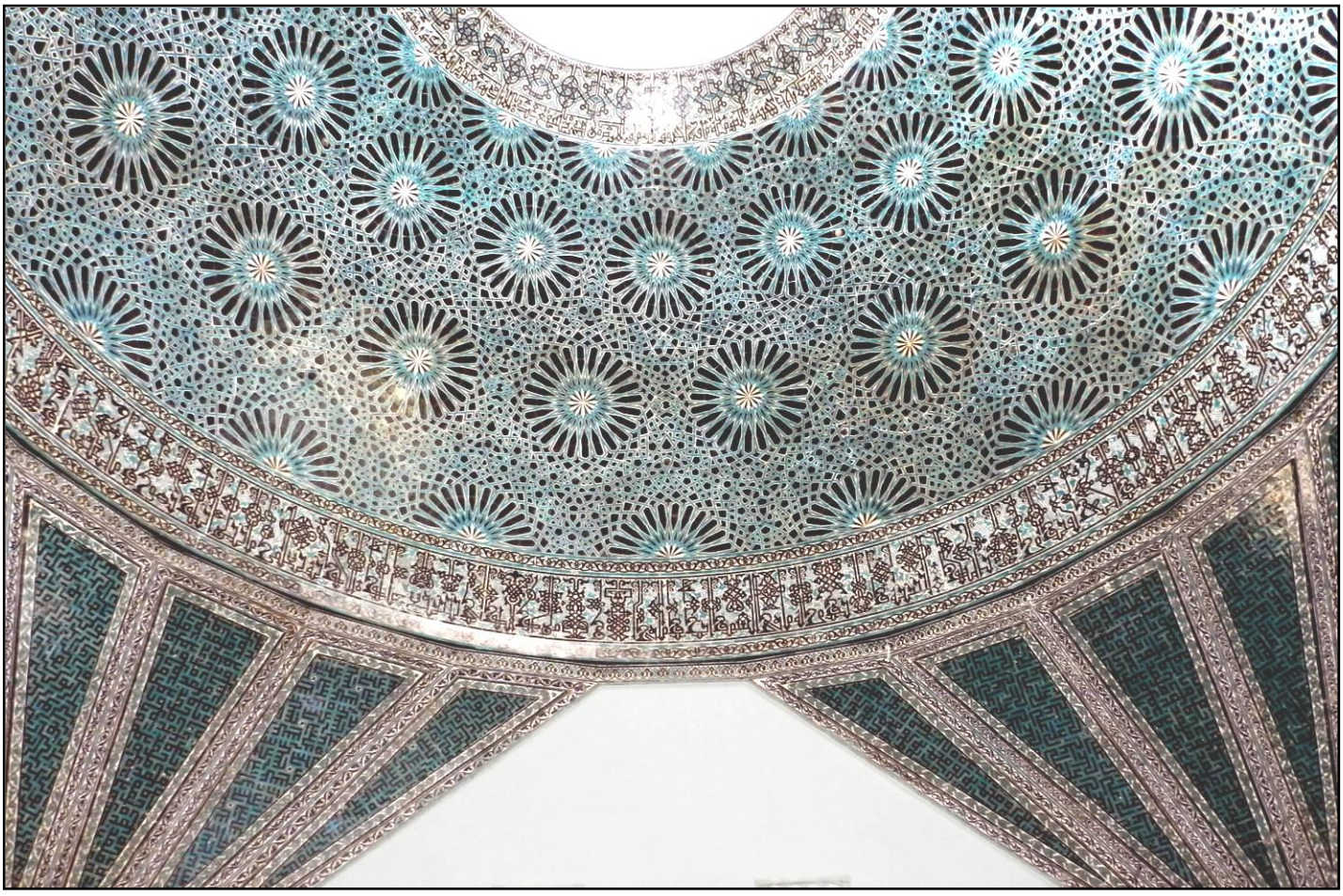
- Les dimensions des sections de la coupe de la coquille d'un escargot marin représentent la progression géométrique et algébrique dite **suite de Fibonaci**, suite intimement liée au nombre d'or (départ avec 1, deuxième terme égal au nombre d'or 1,618 …).



La géométrie des Arabesques

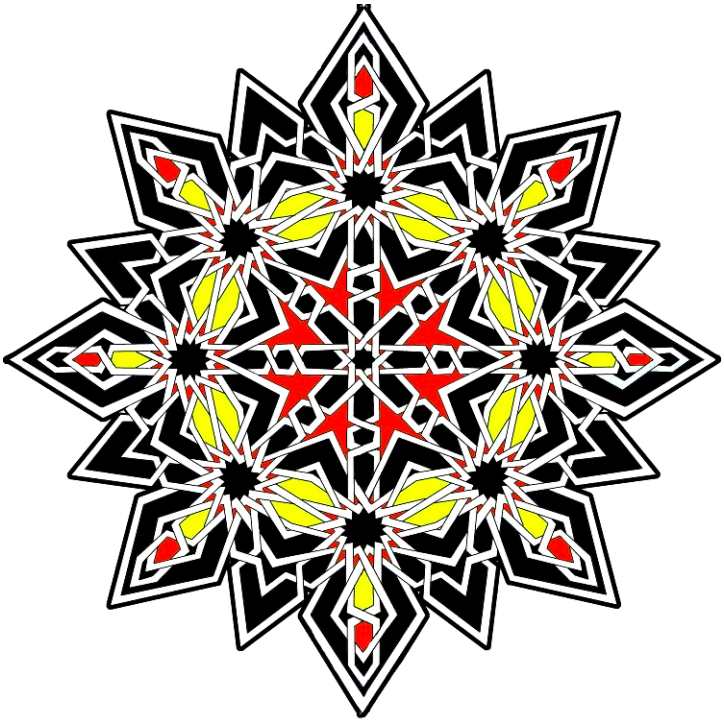
PHOTOGRAPHIES

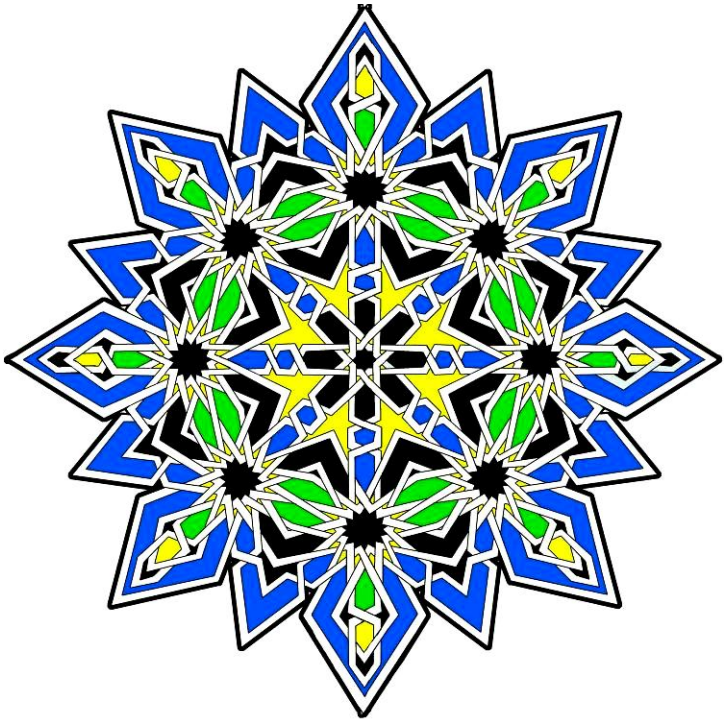
DIAPORAMA

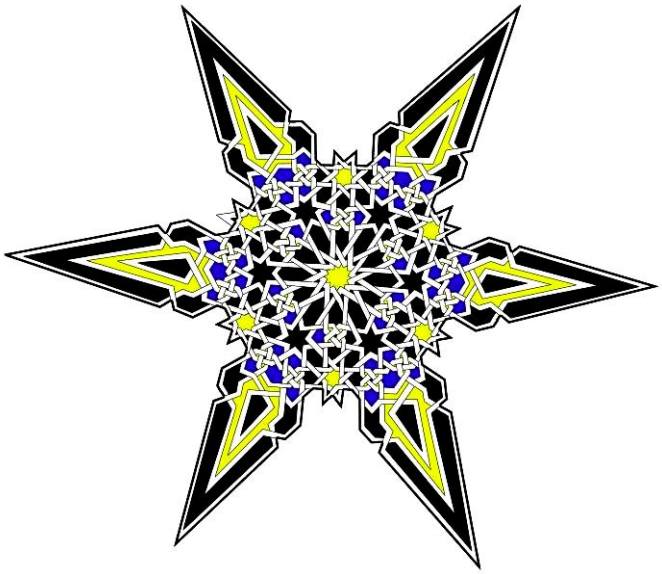


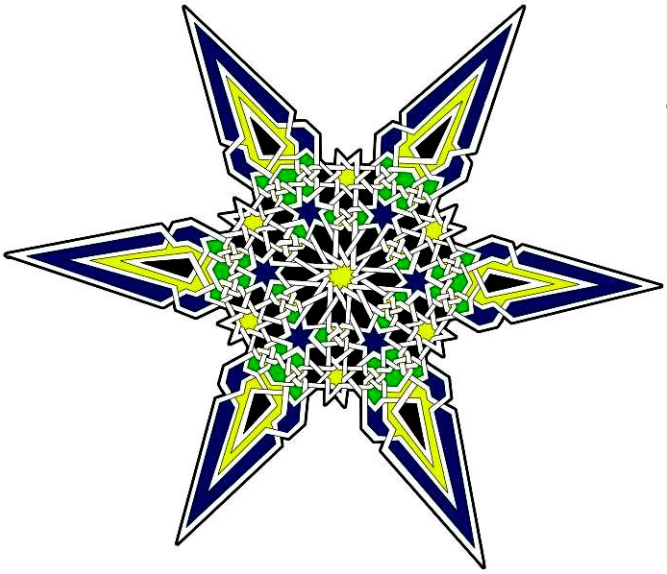
NOUVELLES STRUCTURES :

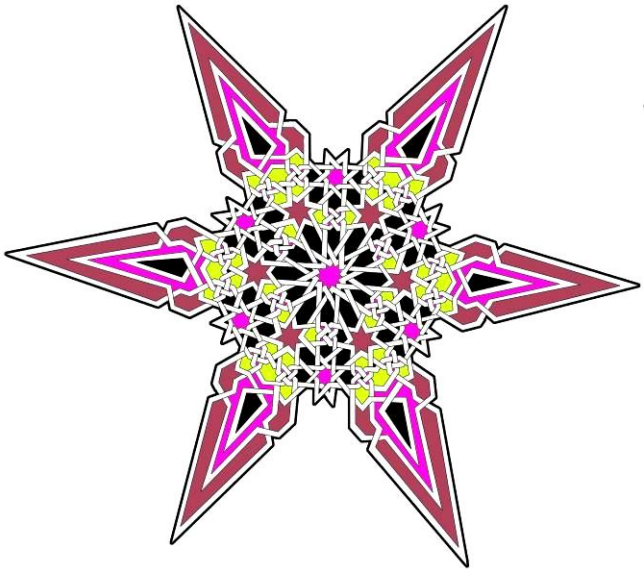
RETOUR





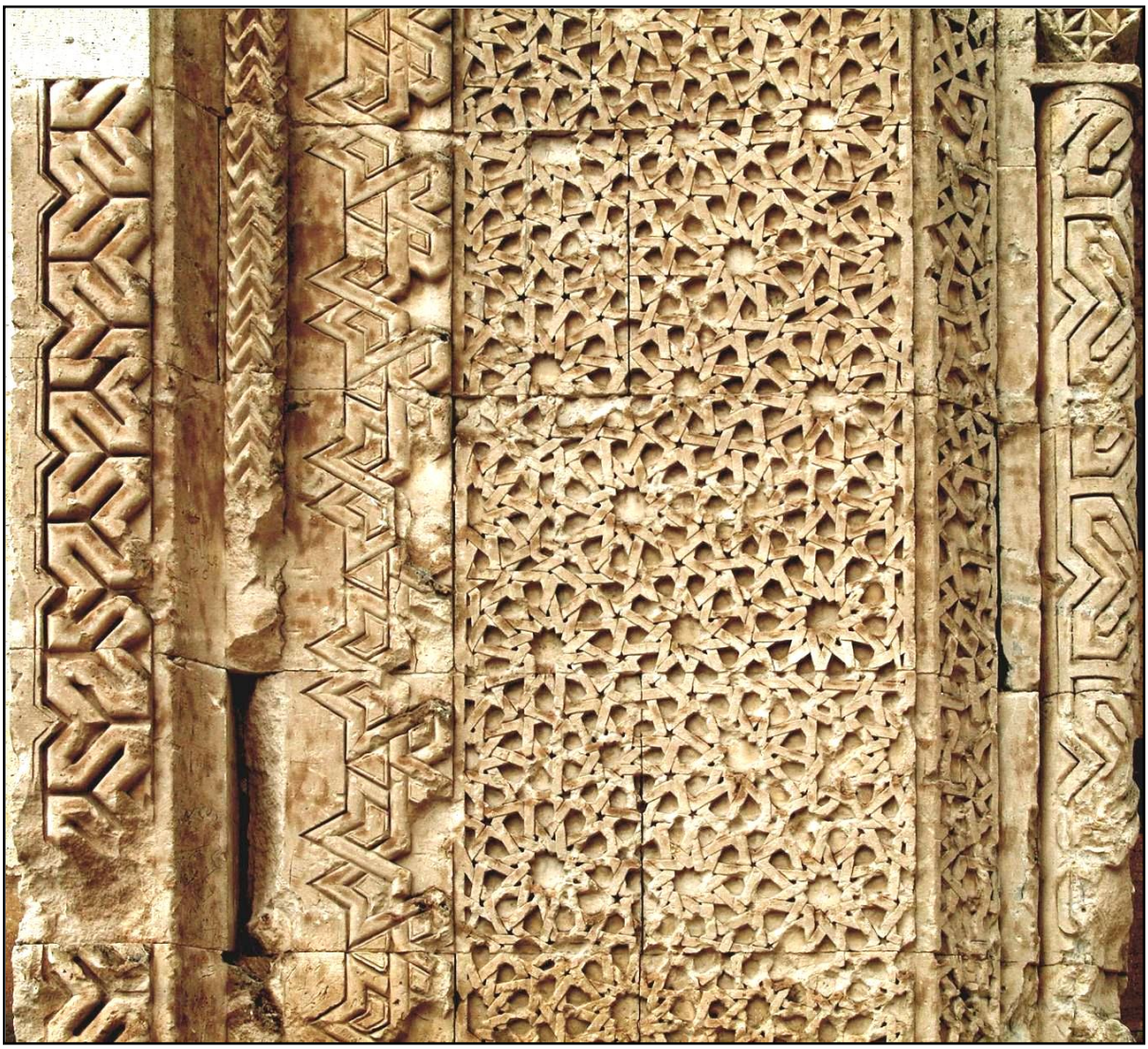


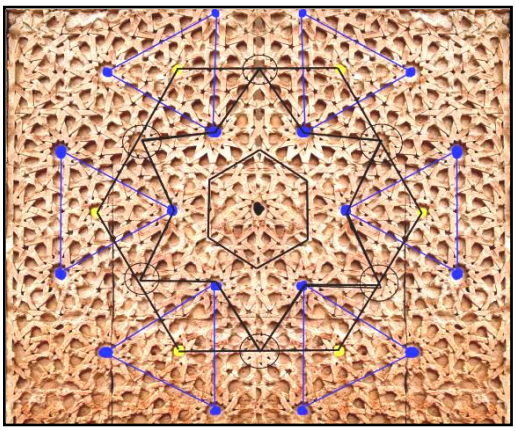




EXEMPLE : structures convergentes des Seldjoukides.

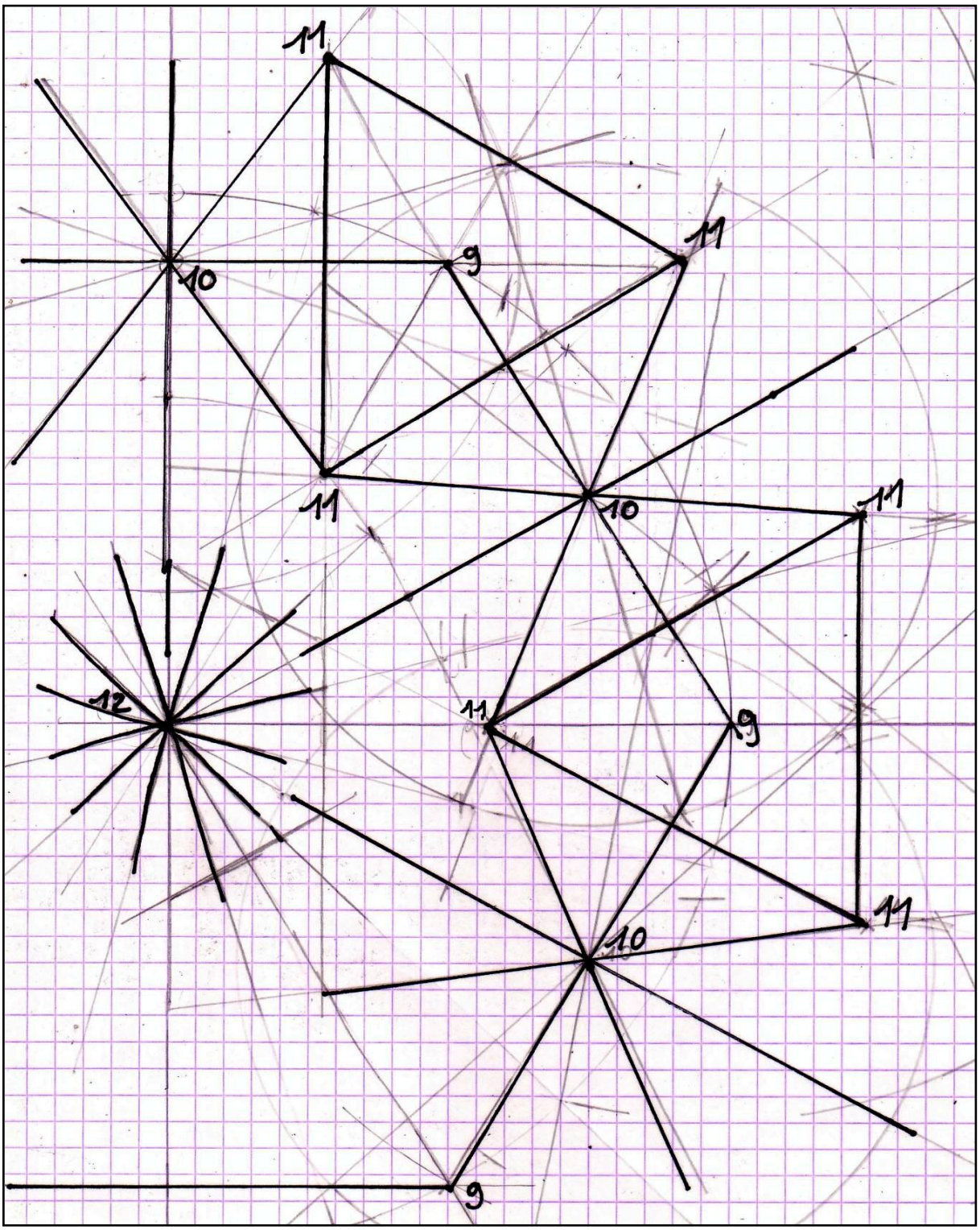
Lors de leur conquête de l'Anatolie qui débuta par la prise de l'Arménie au milieu du XIème siècle, les turcs Seldjoukides, venus de Perse, assimilèrent et développèrent toutes les structures géométriques étoilées empruntées aux Arméniens ; c'est ainsi que les caravansérails, les mosquées et les monuments Seldjoukides se couvrirent d'arabesques géométriques étoilées sculptées dans le grès, la céramique émaillée pariétale commençant à faire sa timide apparition.



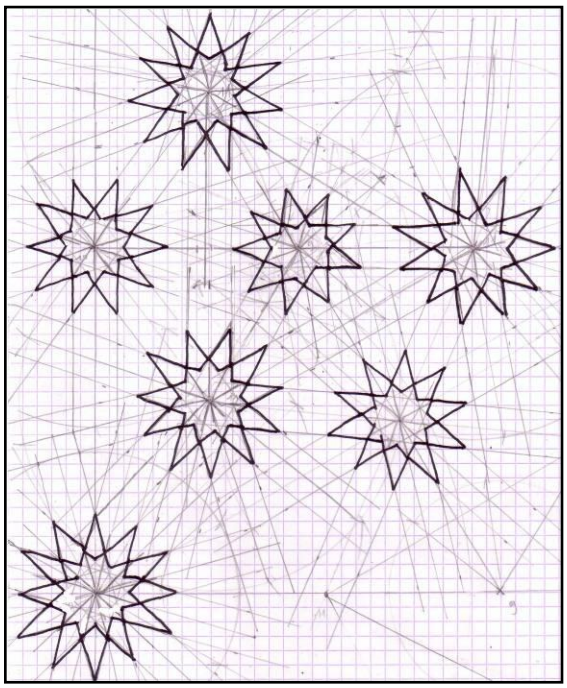


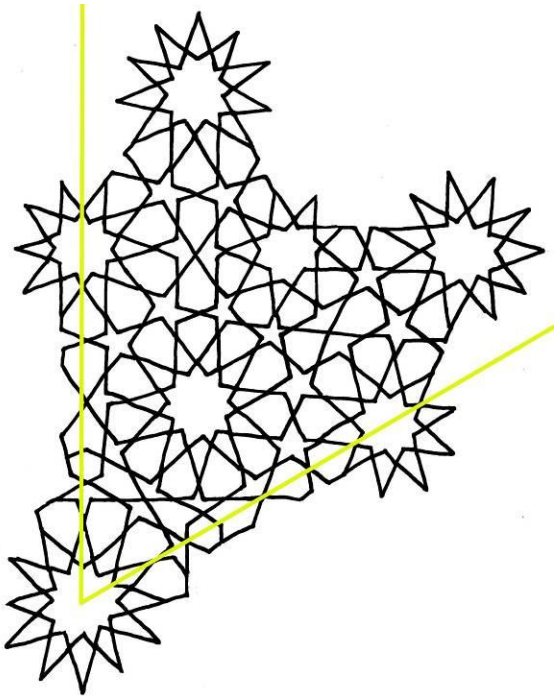
Structure convergente étoilée du portail du caravansérail de Sultanhani en Cappadoce.

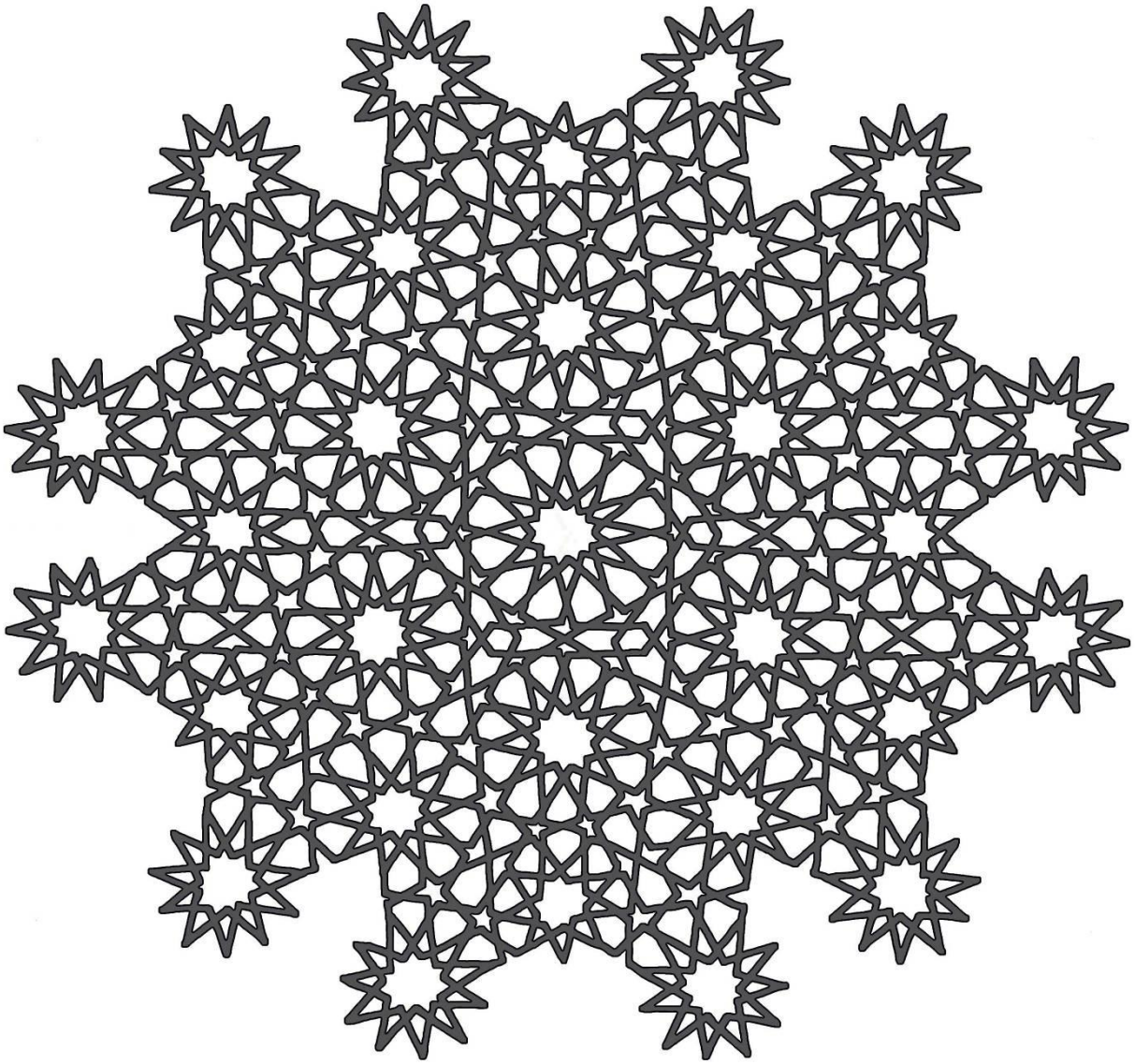
L'ensemble convergent évolue autour d'une étoile à 12 centrale. Ce sont les intersections des axes de symétrie des six satellites de l'étoile à 10 qui déterminent le centre des étoiles à 11 et à 9.



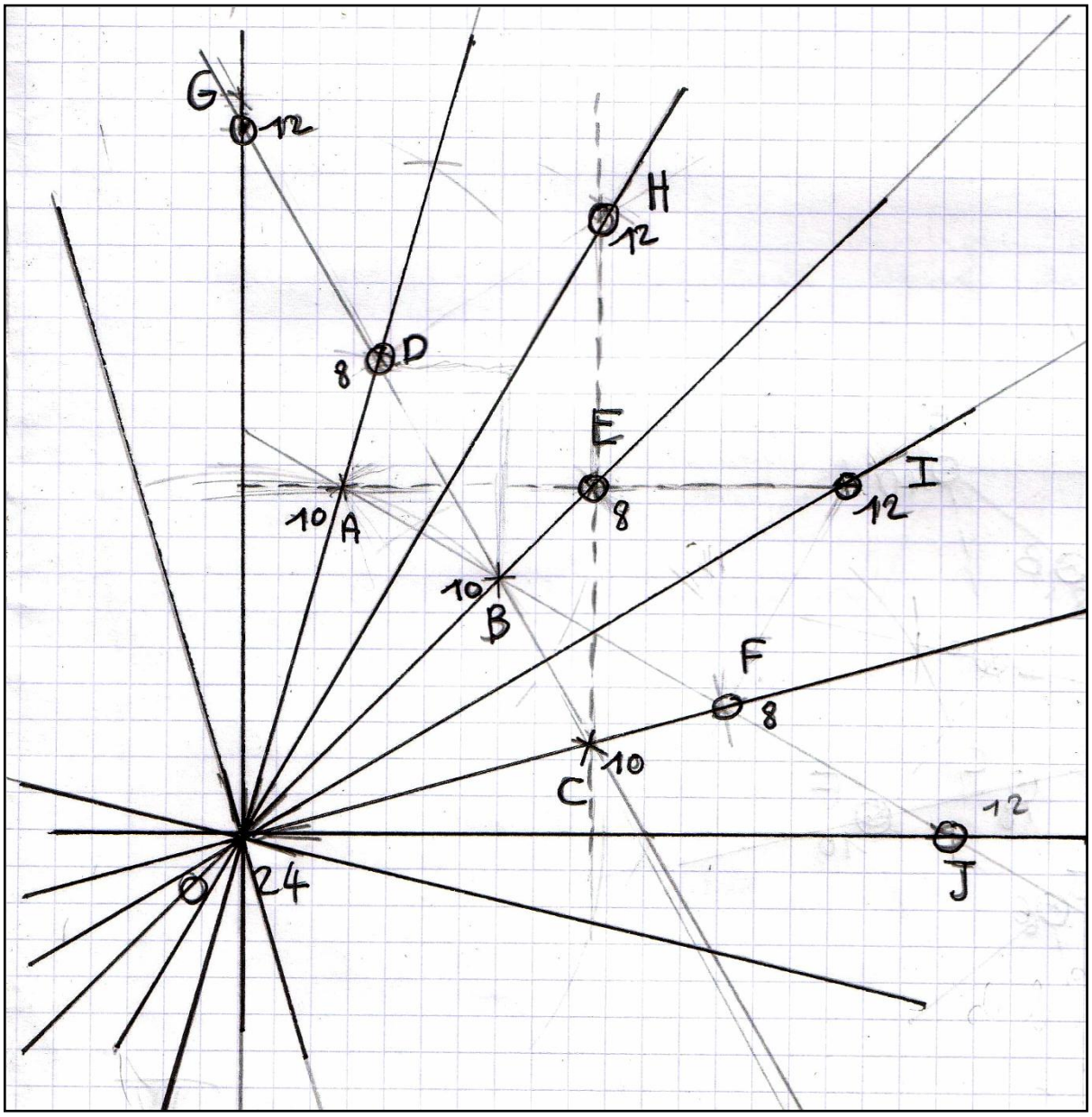
Construction de l'étoile à 12 centrale et de ses axes de symétrie décalés de 15° par rapport à la verticale.
Sur une bissectrice sur deux de ces axes de symétrie, construire les étoiles à 10 équidistantes du centre. Construire leurs 5 axes de symétrie convergents.
Choisir le centre des étoiles à 9 et à 11 aux intersections de ces axes.



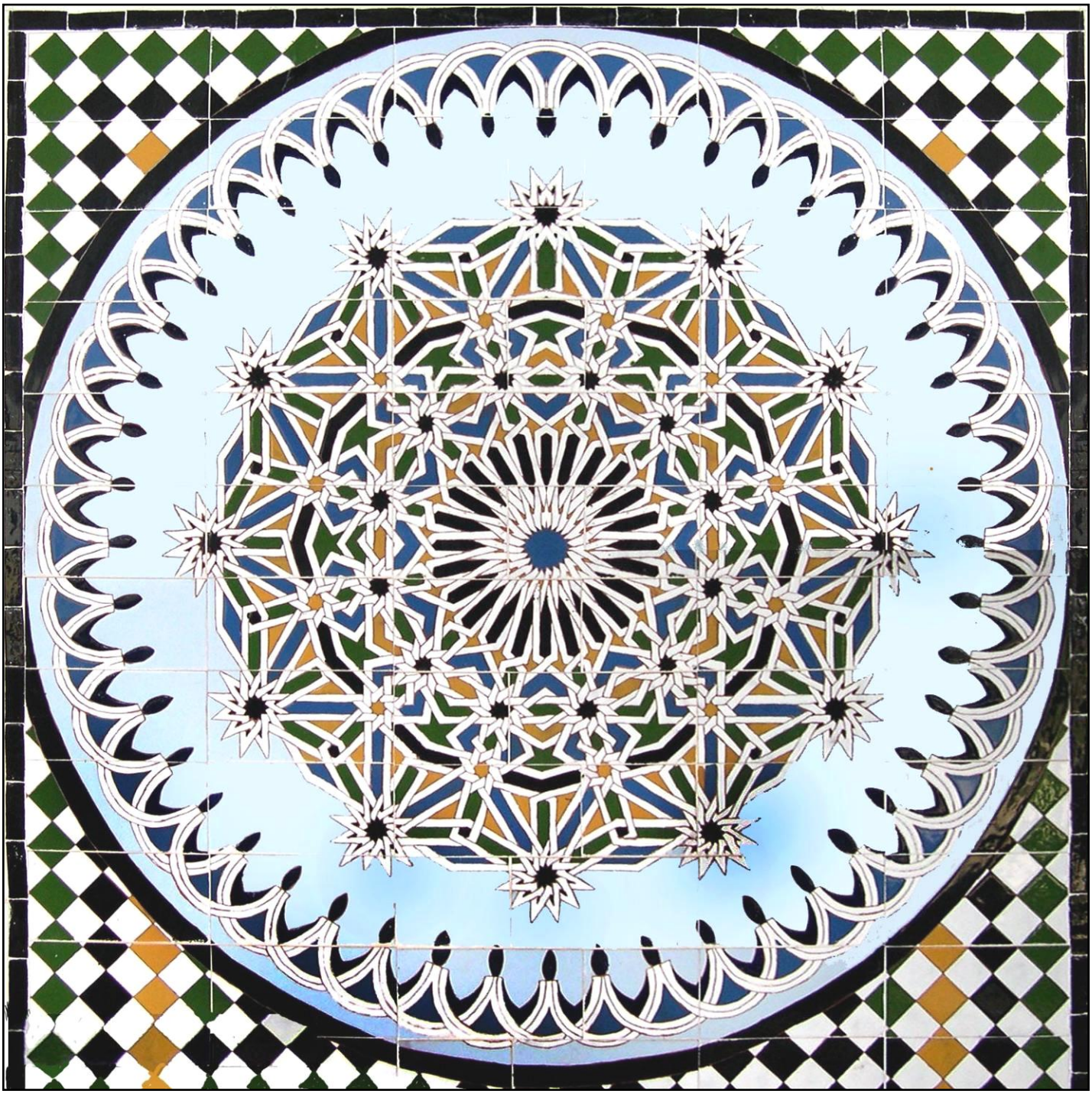




EXEMPLE: *Étoile à 24 avec satellites de 10, 8 et 12.*

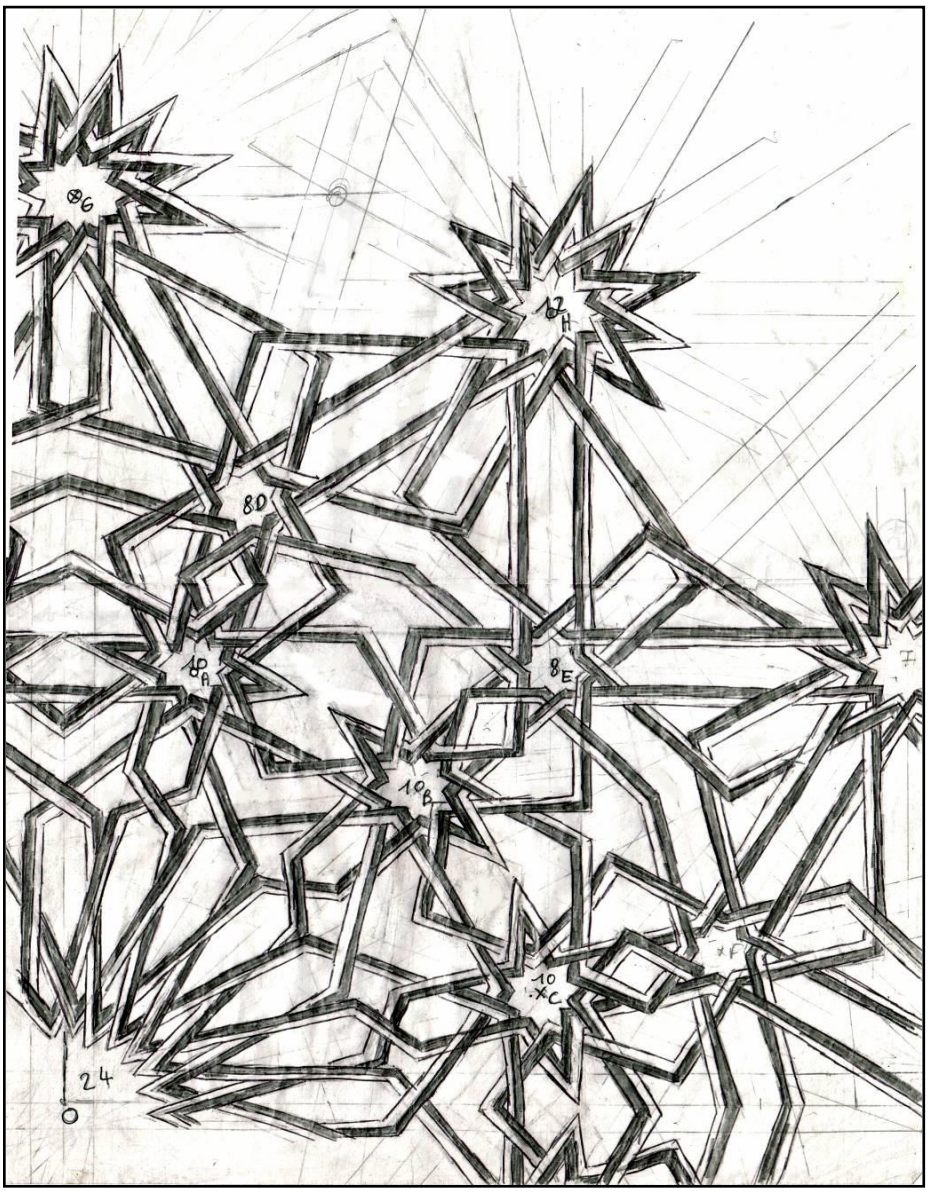


- Construction du centre de l'étoile à 24, point O.
- Construction des axes de symétrie de l'étoile à 24.
- Choix de l'emplacement du centre des étoiles à 8 (points D, E, F), ainsi que de leur emplacement sur les branches choisies : dans notre cas, une branche sur deux. OD=OE=OF
- Construction des axes de symétrie des étoiles à huit qui déterminent par intersection avec les axes de symétrie de l'étoile à 24 le centre des étoiles à 10 et douze (points A, H, C, I).
- Détermination du centre des étoiles à douze situé sur la périphérie (point G, H, I et J. Vérifier que OG = OH = OI=OJ) et des étoiles à 10 ; vérifier que OA=OB=OC.
- Construction des axes de symétrie des étoiles à douze et à dix.
- La suite de la construction selon la manière habituelle : c'est l'équilibre des surfaces des étoiles avec leurs pétales qui détermine la largeur de la bande.



Fontaine du Riad Loulou.

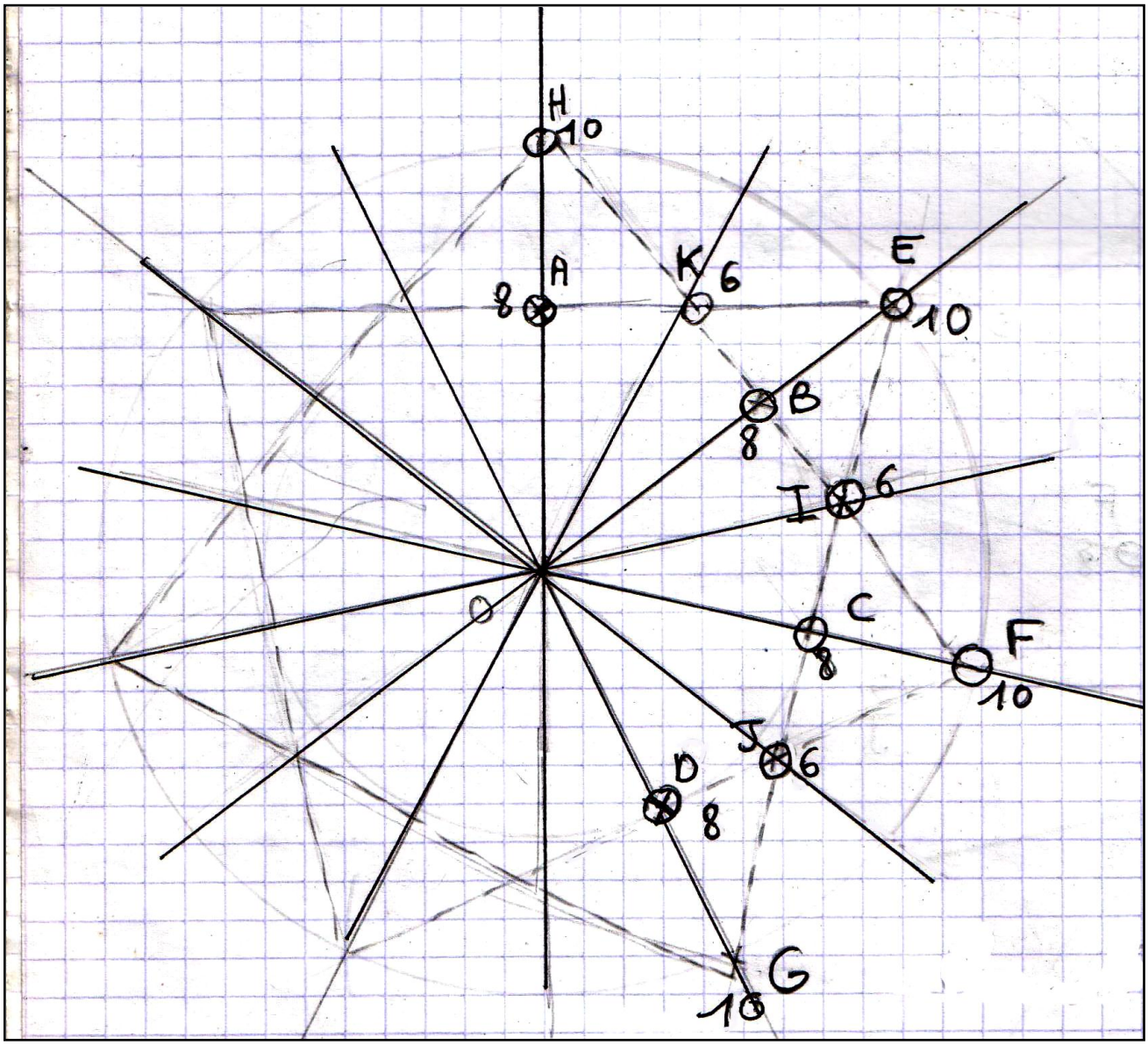
Les gabarits sont dessinés grandeur nature sur de la cartoline ; les parties hors entrelacs sont ensuite percées de façon à pouvoir reporter le motif sur son support. Un quart du motif est dessiné car l'ensemble se construit par une suite de retournements. Des biscuits de 9 X 18 ont été utilisés pour cette réalisation.


8G
12H
8D
10A
8E
10B
10C
24

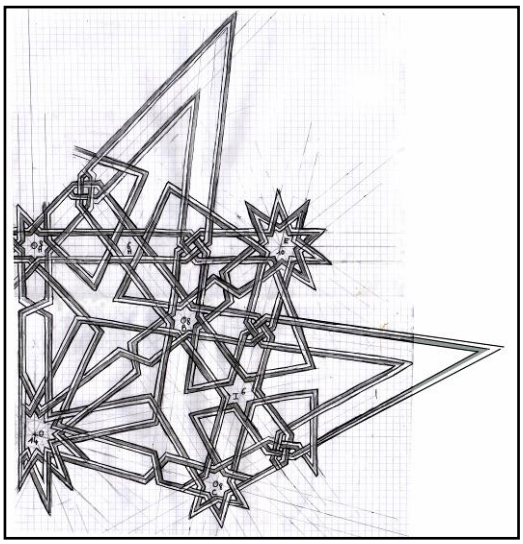


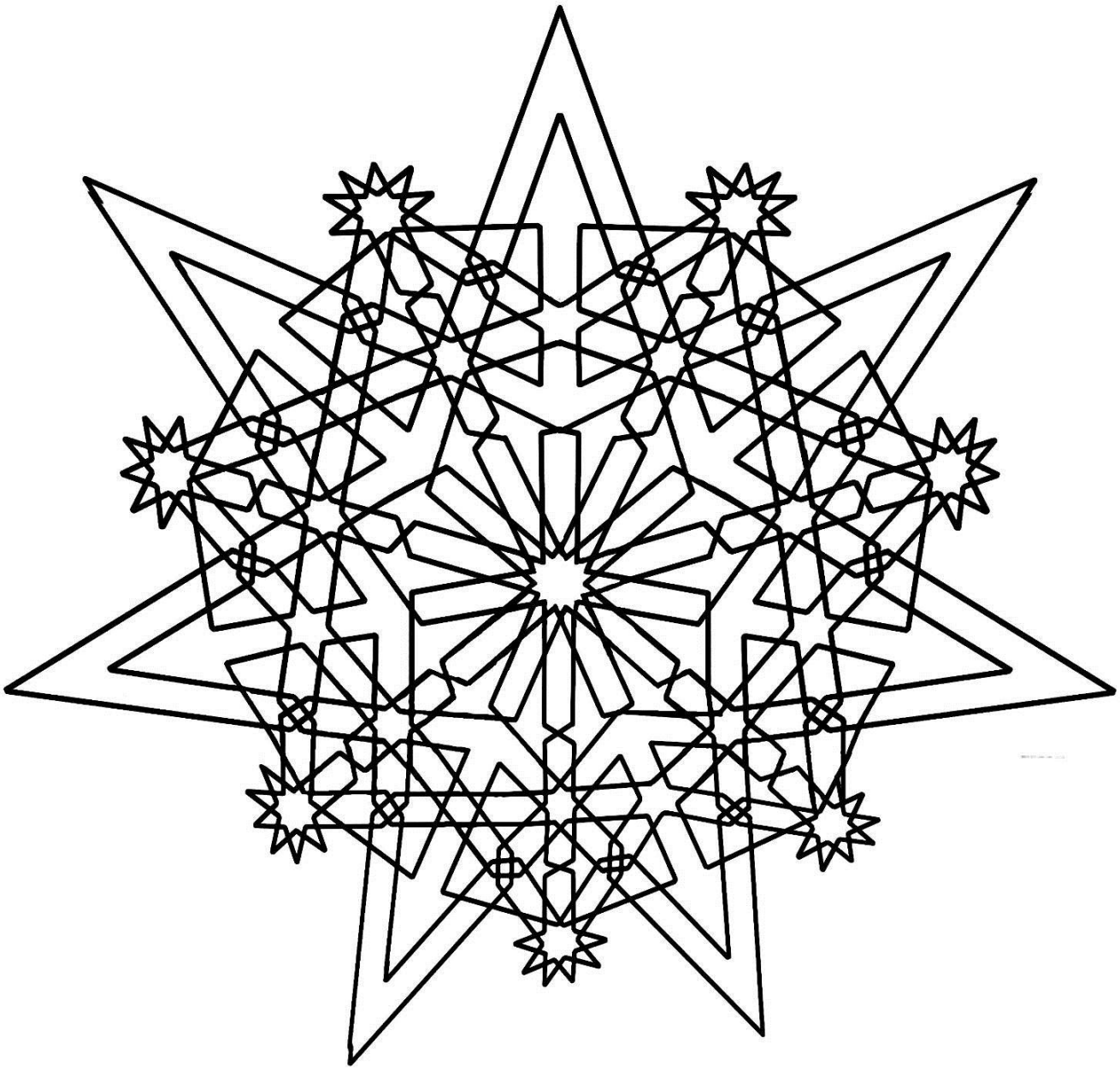


EXEMPLE: *étoile à 14 avec satellites de 8, 6 et 10*

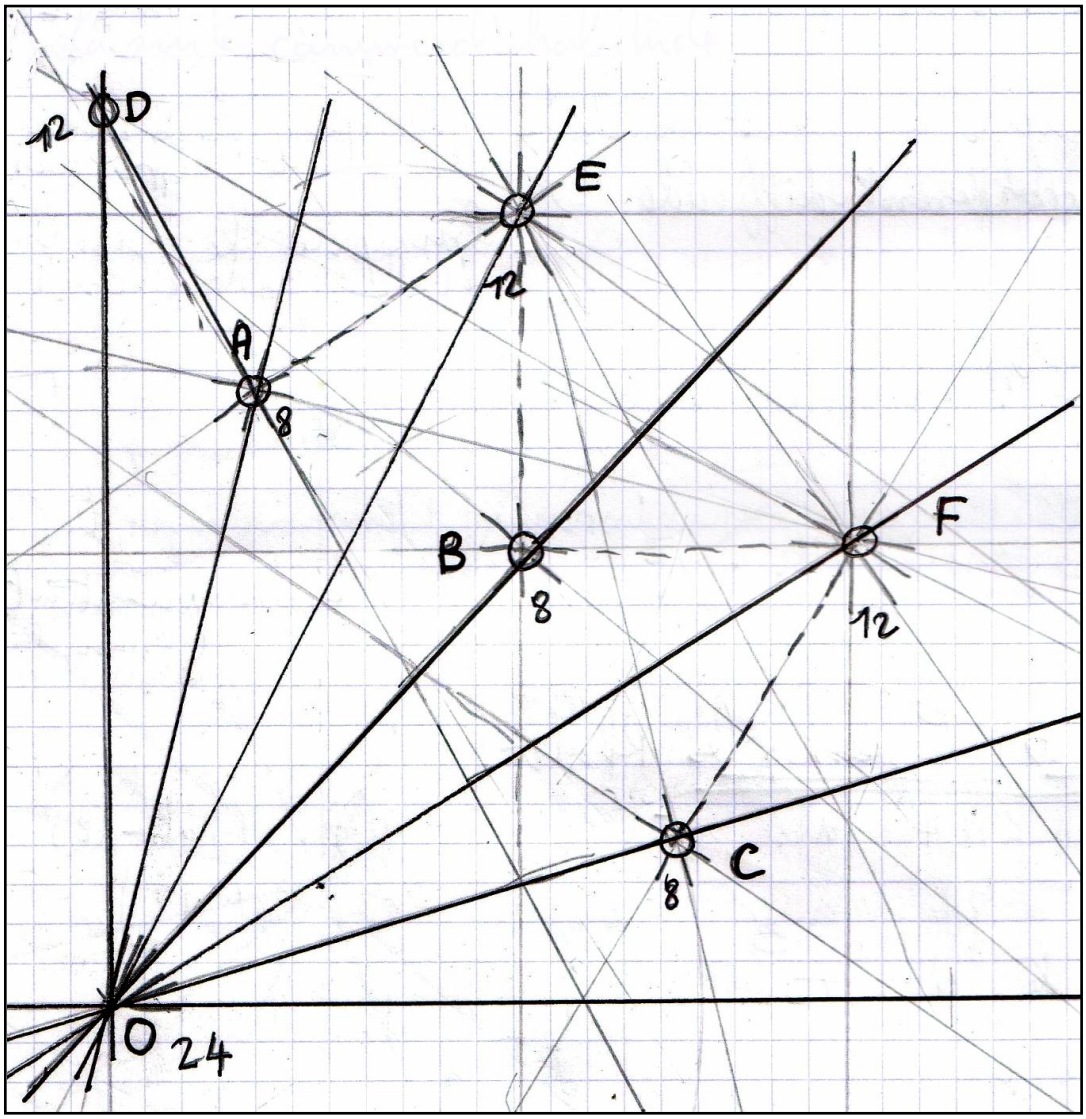


- Construction du centre O de l'étoile à 14
- Construction des axes de symétrie de cette même étoile.
- Choix de la position du centre des étoiles à 10 ; point H, E, F et G . Ces centres sont placés alternativement un rayon sur deux tels que. OH = OE = OF = OG.
- Tracé des alignements HF et EG et détermination des points K, B, I, C, J et par extension des points A et D. Le centre de toutes les étoiles est ainsi positionné.
- Détermination de la largeur de bande de façon à ce que les pièces soient équilibrées, en particulier les rayons de l'étoile à 8.
- Suite de la construction de la manière habituelle.

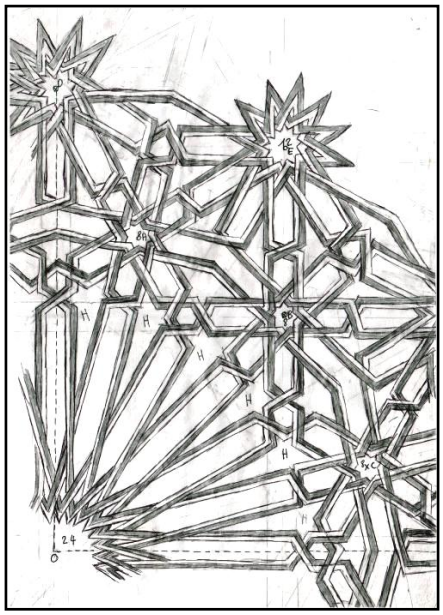


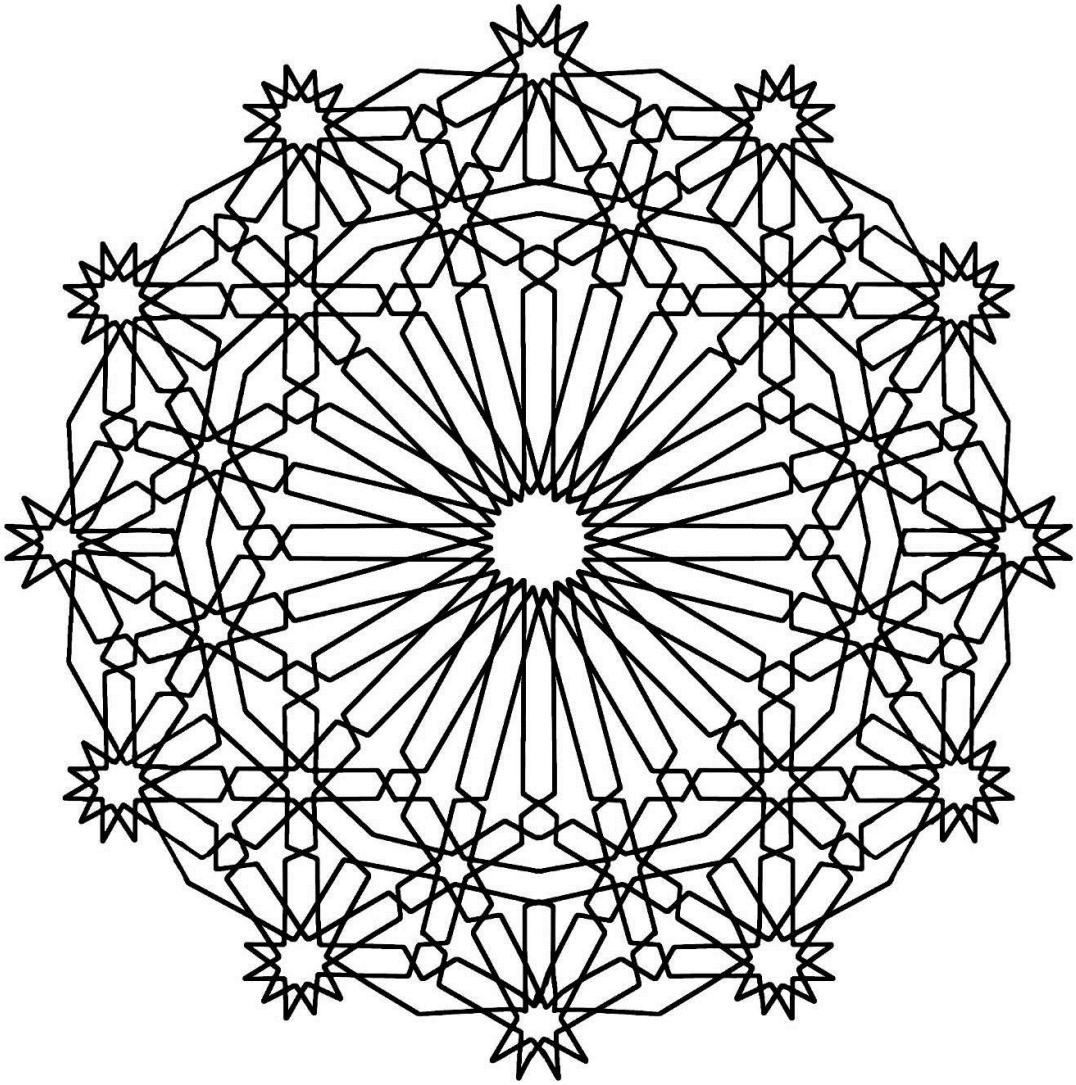


EXEMPLE : *étoile à 24 avec satellites 8 et 12.*

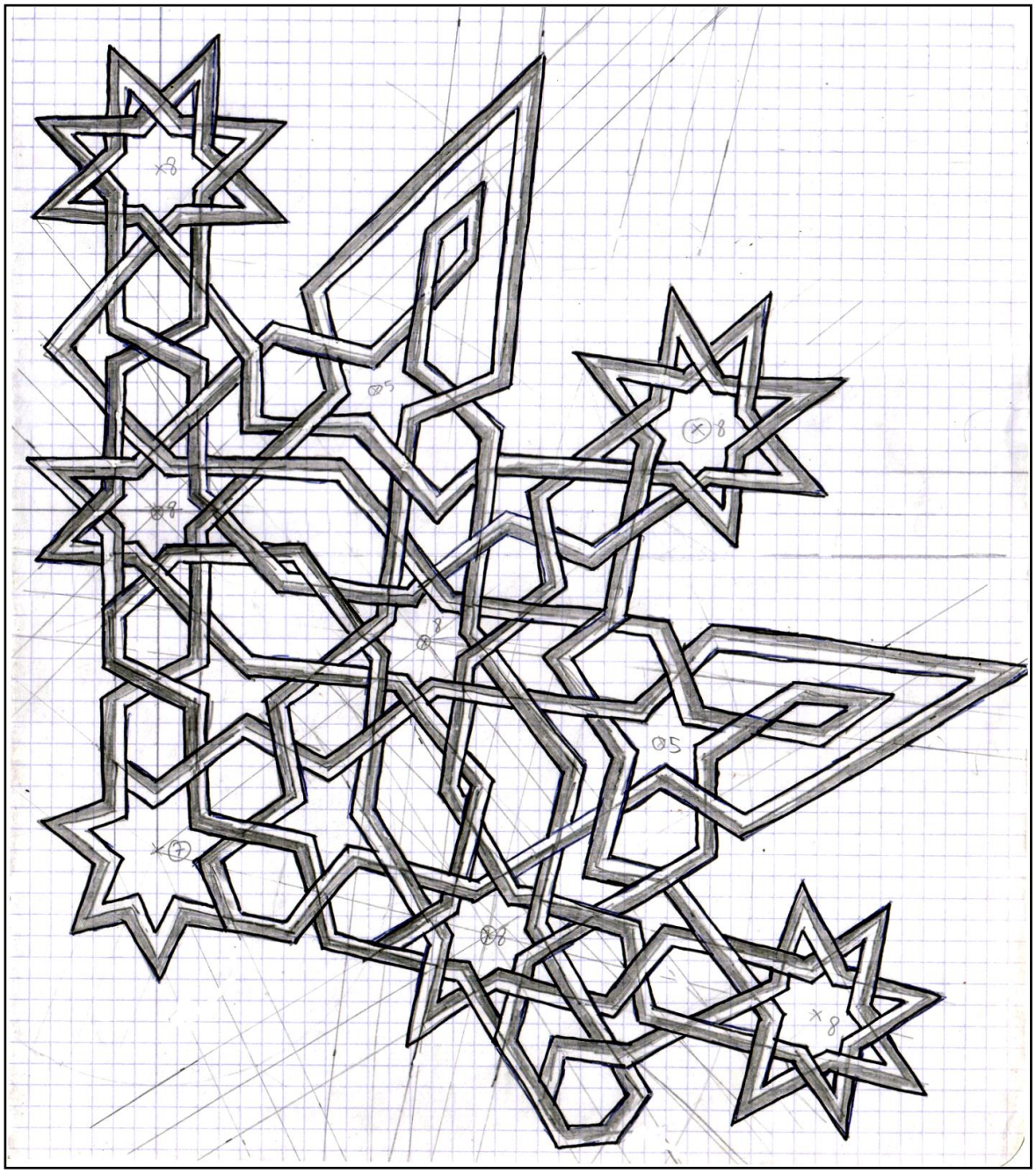


- Construction du centre O de l'étoile à 24
- Construction des axes de symétrie de cette même étoile.
- Choisir l'emplacement du centre des étoiles à 8 tel que OA = OB = OC. Ils sont positionnés un axe sur deux.
- Construction des axes de symétrie des étoiles à 8 convergentes sur O.
- L'intersection de certains axes de symétrie donne les positions des centres des étoiles à 12 : points D, E et F. Vérifier que OD = OE = OF.
- Construction des axes de symétrie de l'étoile à 12.
- Détermination de la largeur de bande de façon à ce que les surfaces des pièces soient équilibrées (se baser sur l'étoile à huit).
- La suite se construit de la manière habituelle.

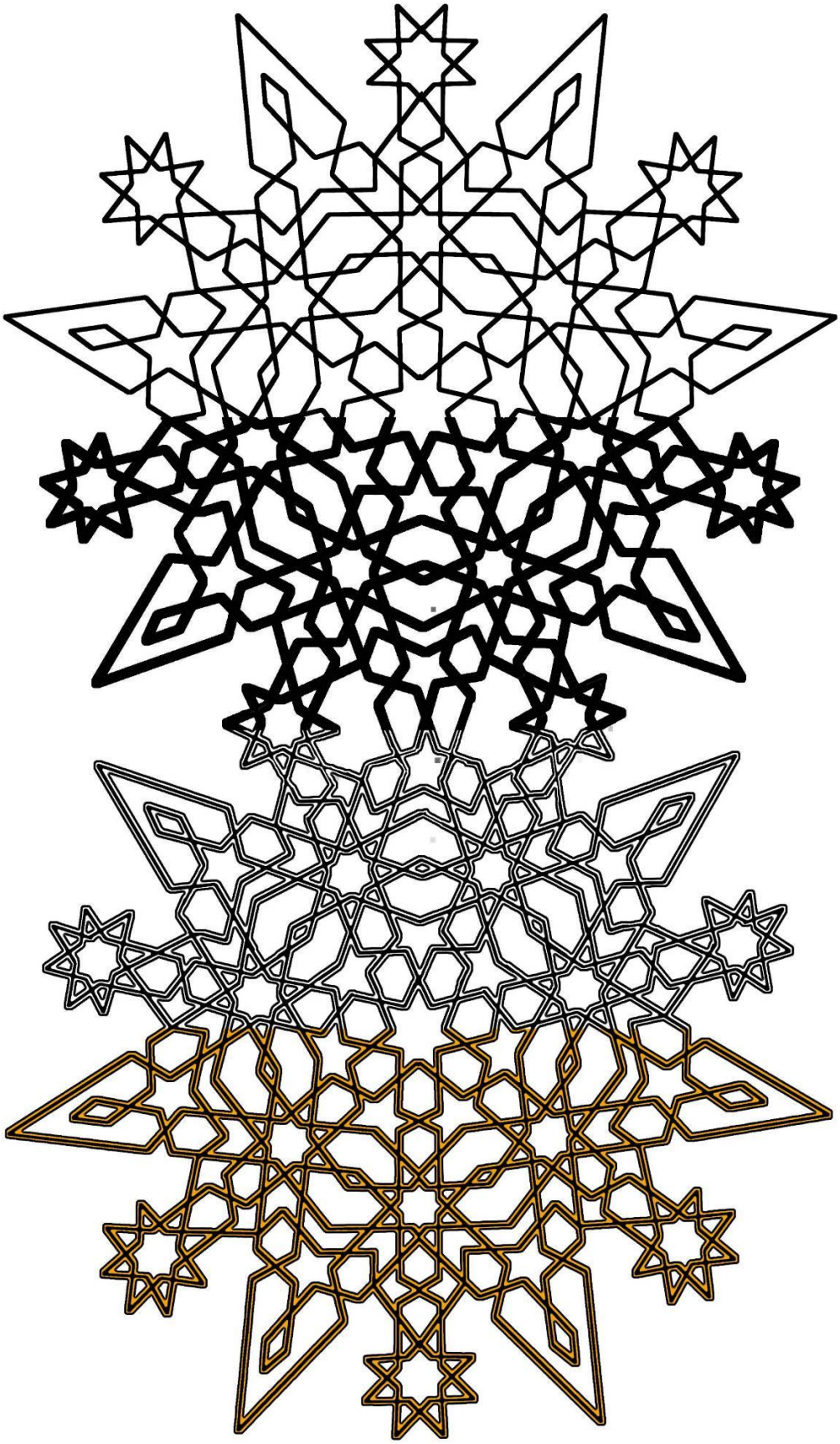


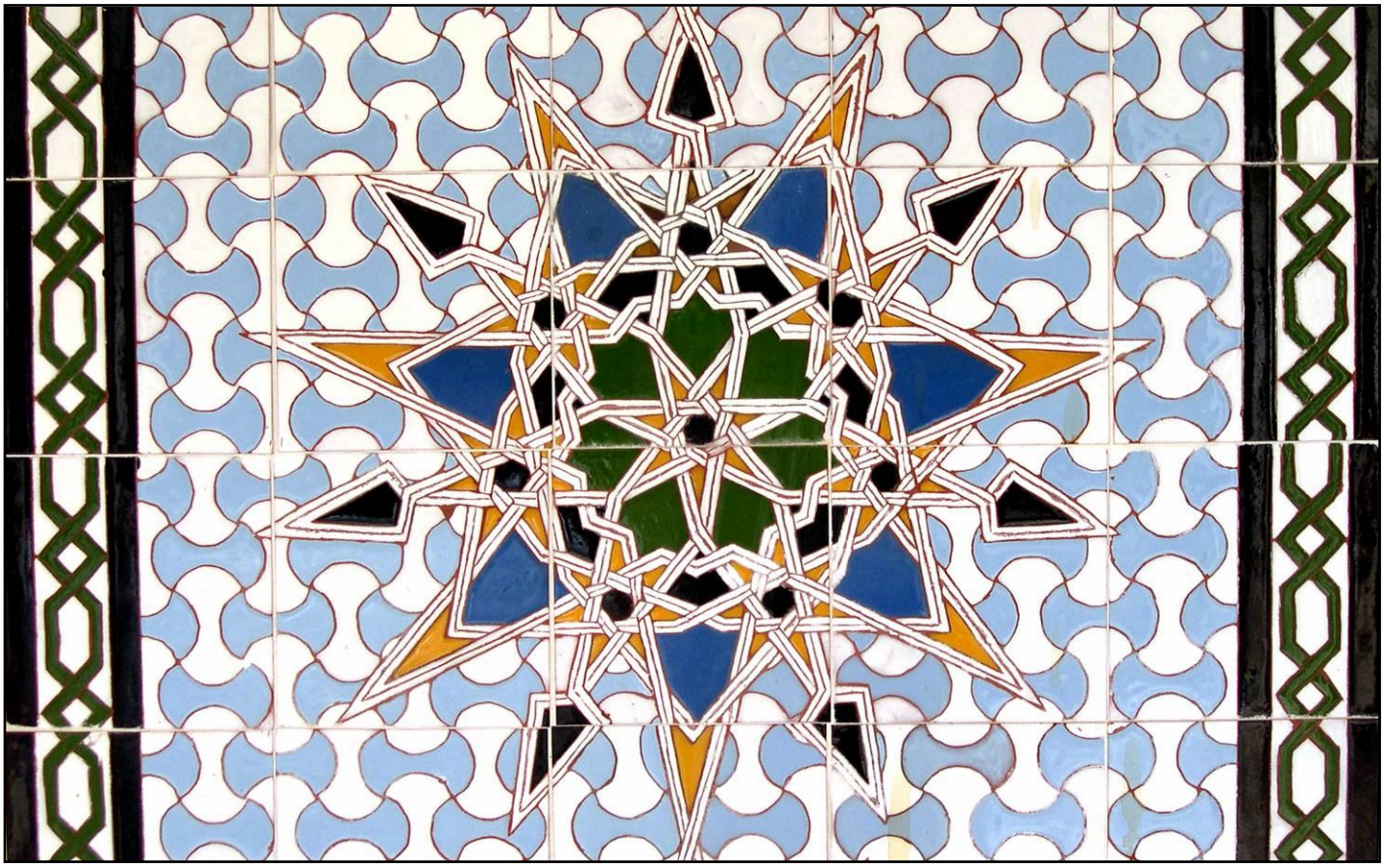


EXEMPLE 4 : *étoile à 7 avec des étoiles à 8, 5 et 8.*

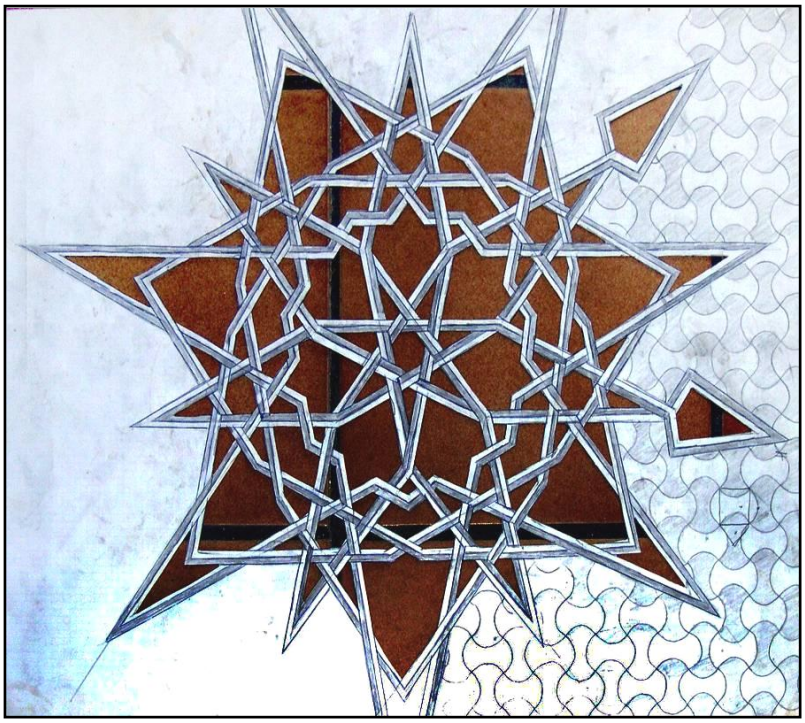


- Les deux étoiles à huit sont positionnées à distance égale sur chaque axe de symétrie de l'étoile à 7.
- La largeur de la bande est telle que la surface des étoiles à huit et de leurs rayons soit équilibrée.





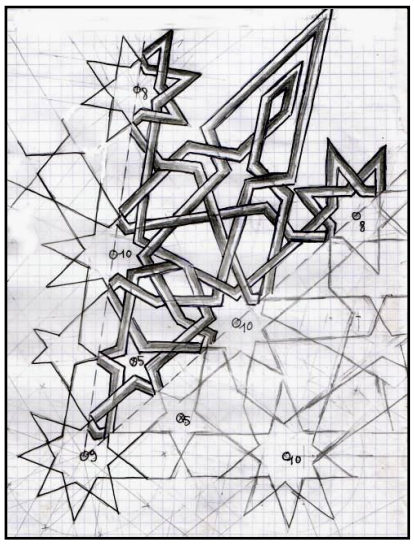
Fontaine. Riad Loulou.



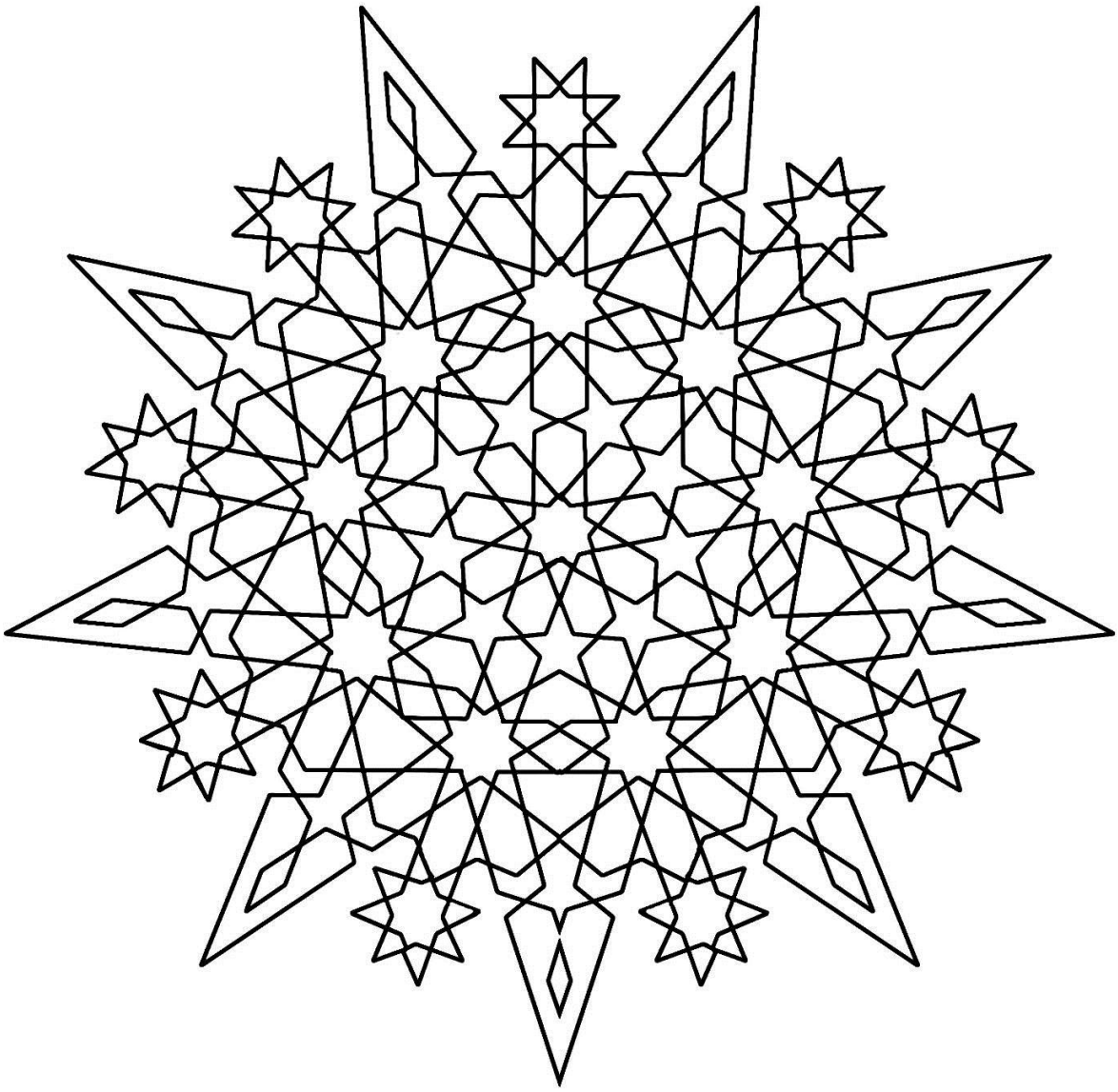
Sur cette composition de symétrie d'ordre sept, visible au riad Loulou, les bandes n'ont pas été tracées.

C'est seulement le cheminement fermé du trait qui crée les surfaces : un exemple de corde sèche sur biscuit 20 X 20 avec pour fond un motif classique censé symboliser les vagues de la mer.

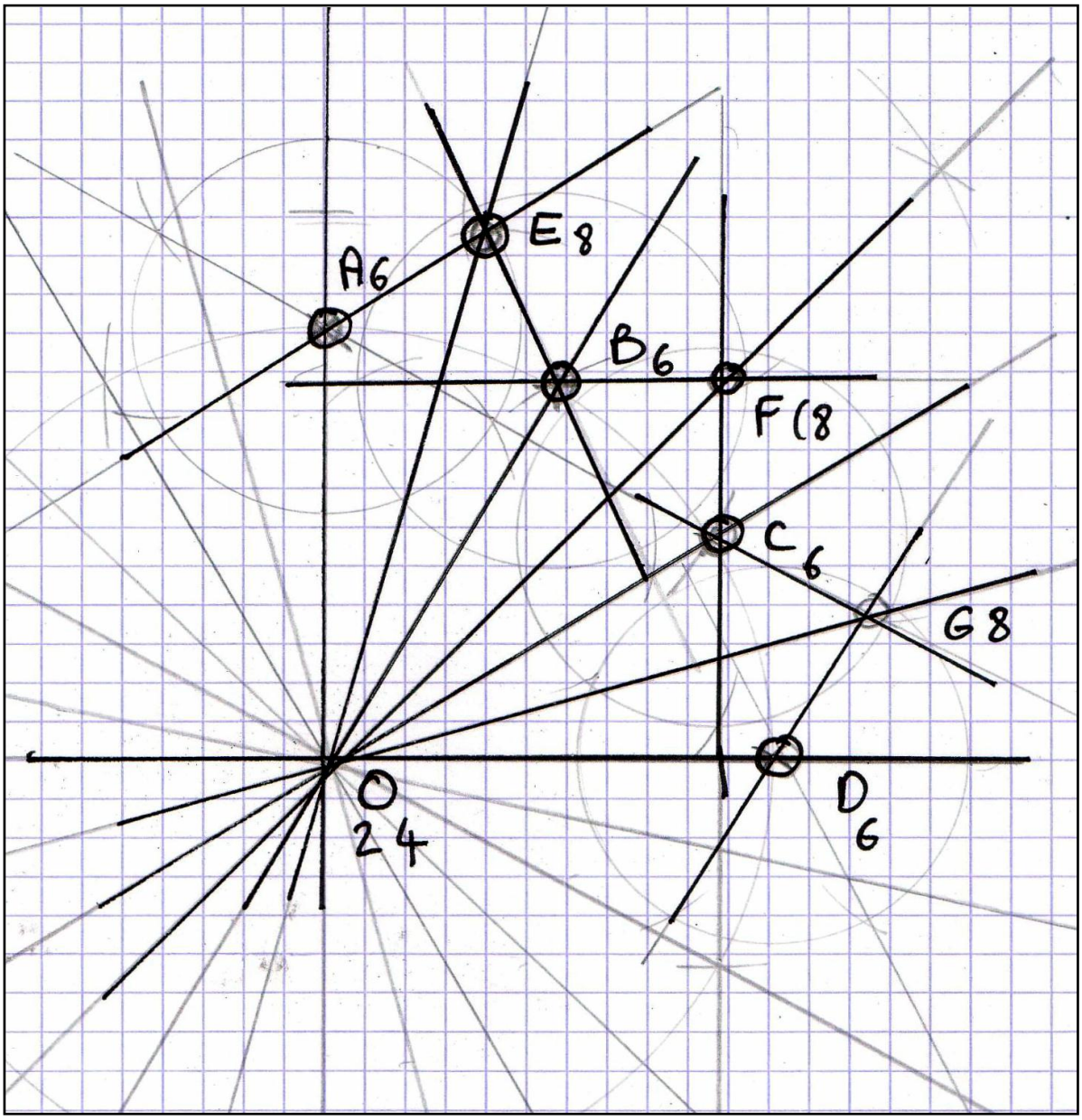
EXEMPLE : *étoile à 9 avec pour satellites des étoiles 10 et 8.*



- On construit 1 / 9 du motif et le reste par retournements successifs.
- L'intersection des axes de symétrie des étoiles à dix donne la position du centre des étoiles extérieures.
- L'étoile à huit peut être remplacée par n'importe quelle autre étoile.
- la largeur de bande est choisie de telle manière que les pentagones de l'étoile à 9 soient réguliers.



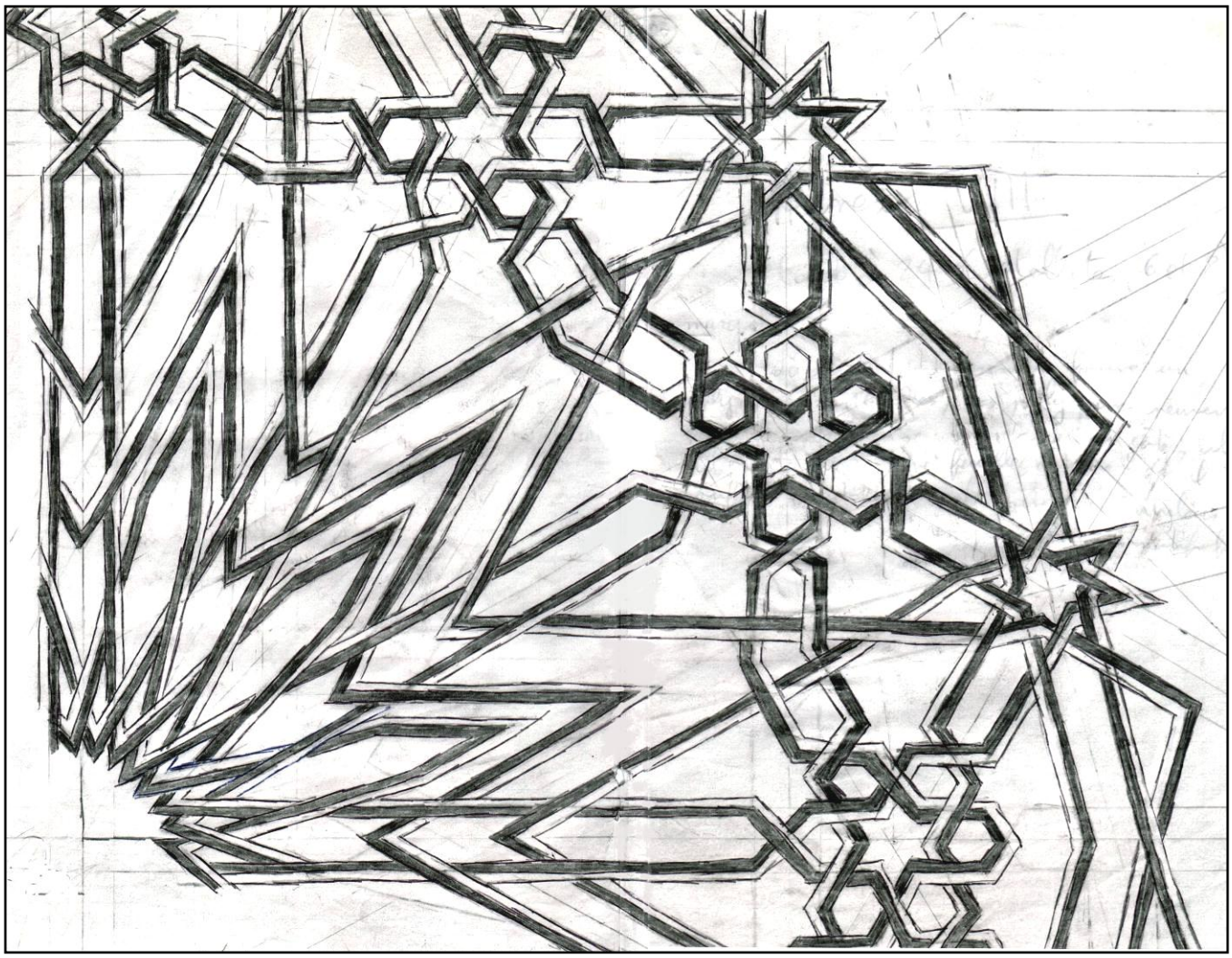
EXEMPLE : *étoile à 24 avec satellites à 6 et 8.*



L'ensemble forme un polygone à 12 cotés ; ces polygones peuvent paver tout le plan en se tenant par un côté ; ils libèreront ainsi une feuille de nacre qu'il suffit de greffer avec des entrelacs.

Pour dessiner ce motif :

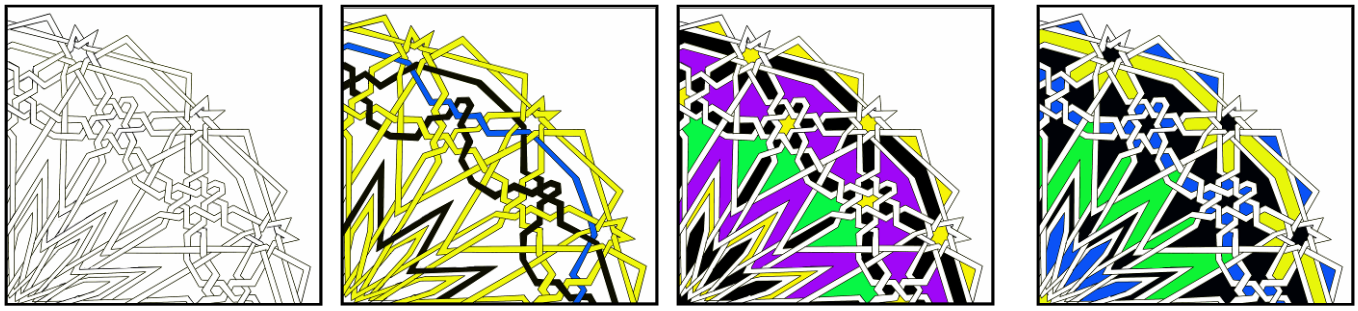
- Construction des axes de symétrie de l'étoile à 24.
- Le centre des étoiles à 6 est placé alternativement une branche sur deux tel que OA = OB = OC = OD
- C'est aux intersections remarquables des axes de symétrie de ces étoiles à 6 que se placent les points E, F et G, chacun centre d'une étoile à 8.



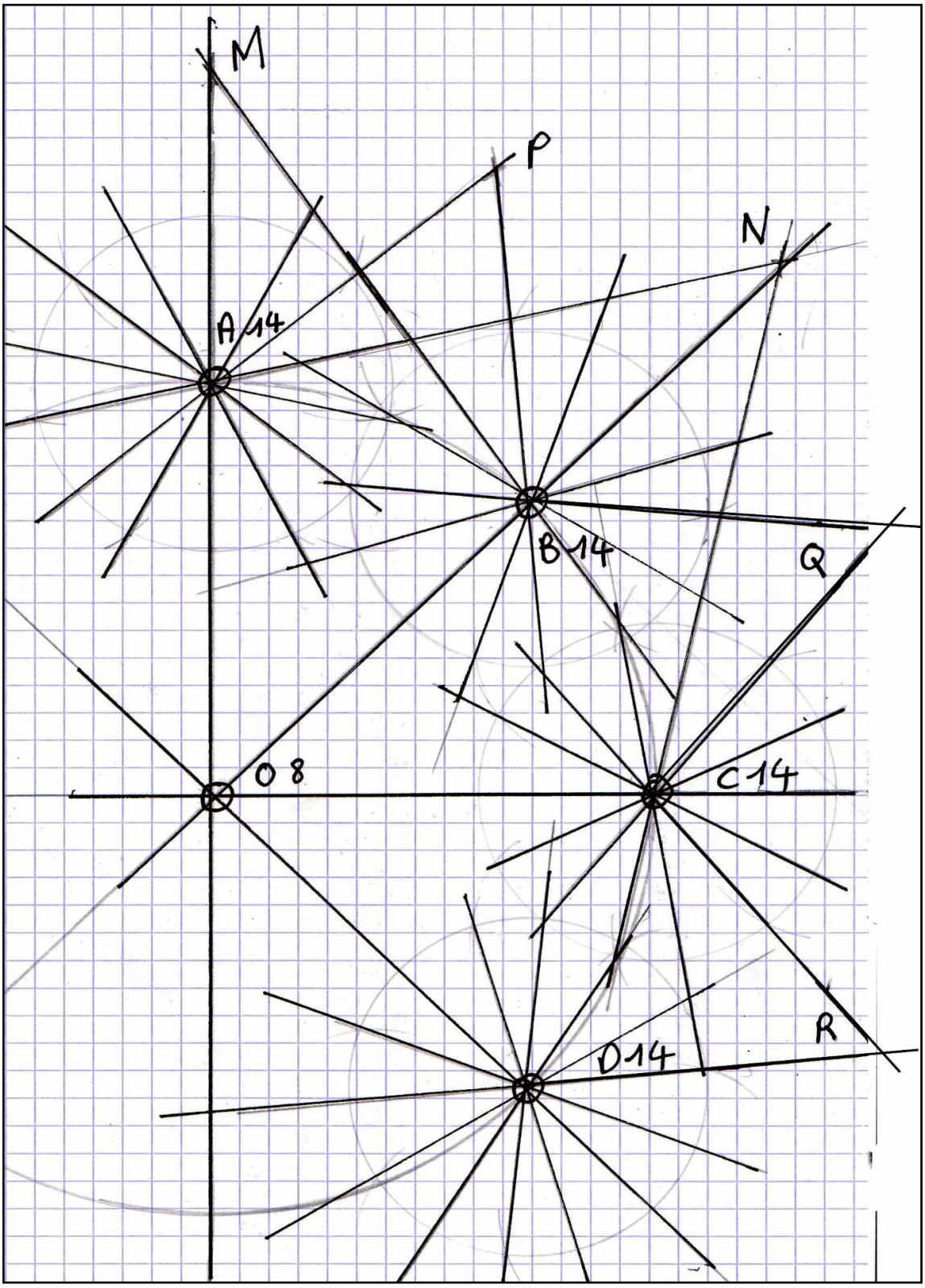
Le dessin ci-dessus, tracé à la main; a été doublé par rotation pour obtenir 1 / 4 du motif.

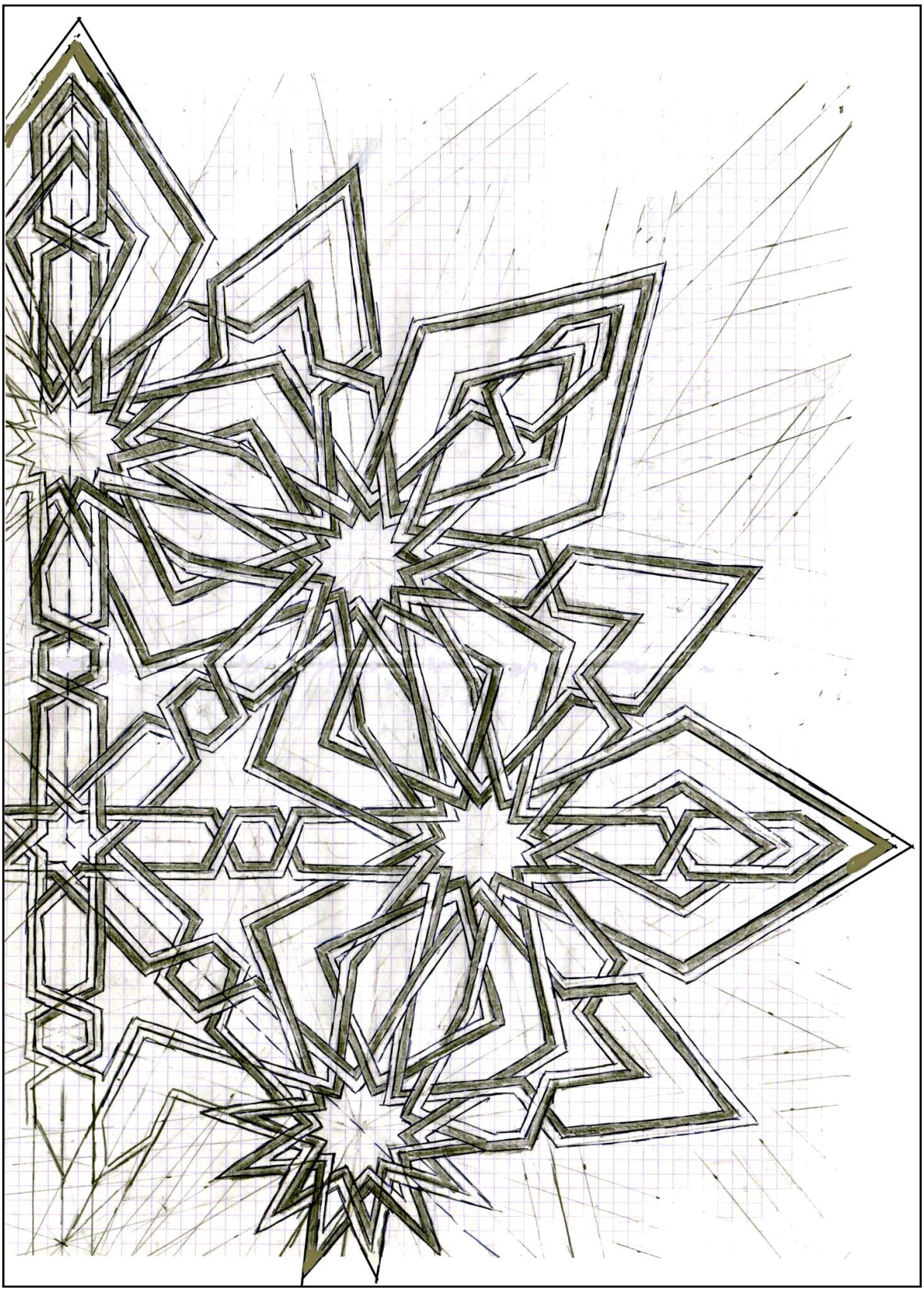
Dans les exemples ci-dessous :

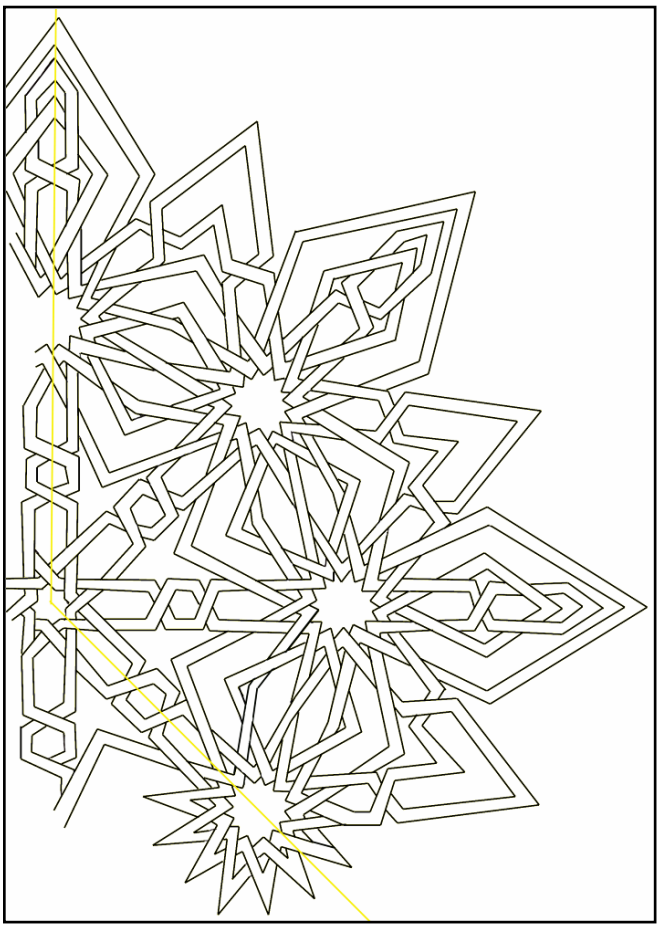
- Le premier est construit à l'ordinateur à partir du dessin en liant les points remarquables. Cela permet d'avoir un dessin propre prêt à accepter des couleurs.
- Dans le deuxième, les entrelacs ont été colorés.
- Dans le troisième et le quatrième ce sont les zones situées entre les entrelacs.

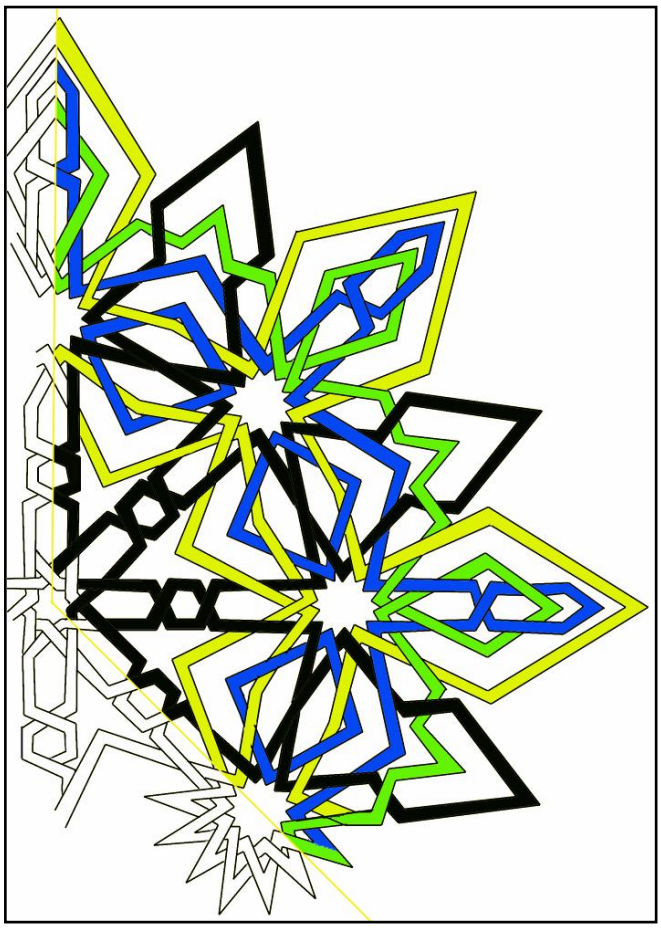


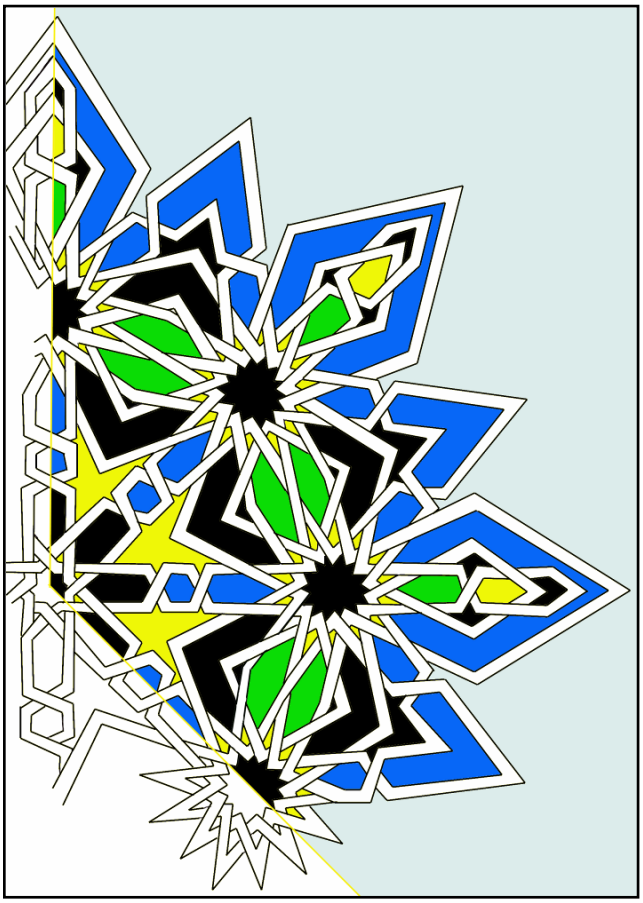
EXEMPLE : *étoile à 8 avec satellites à 14*

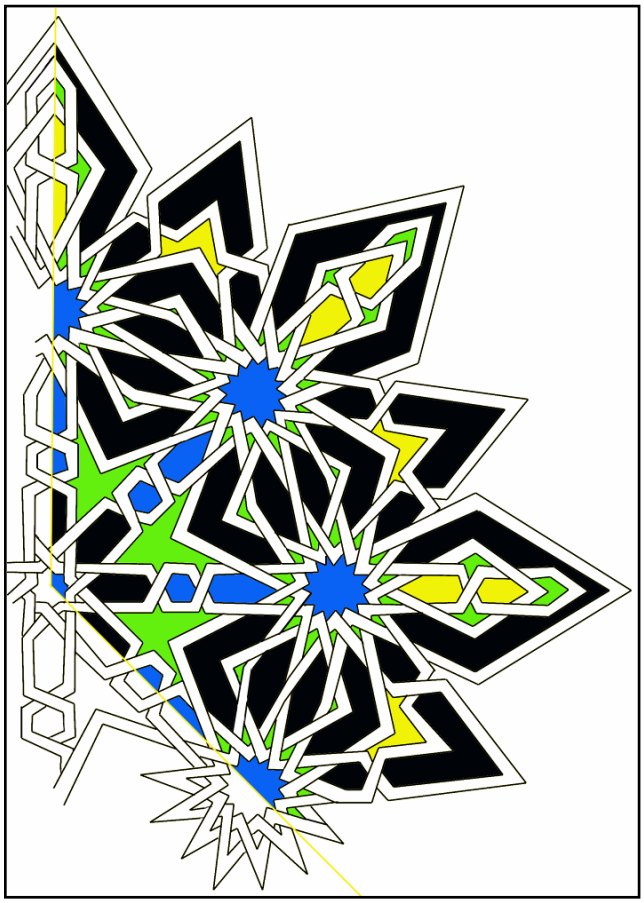


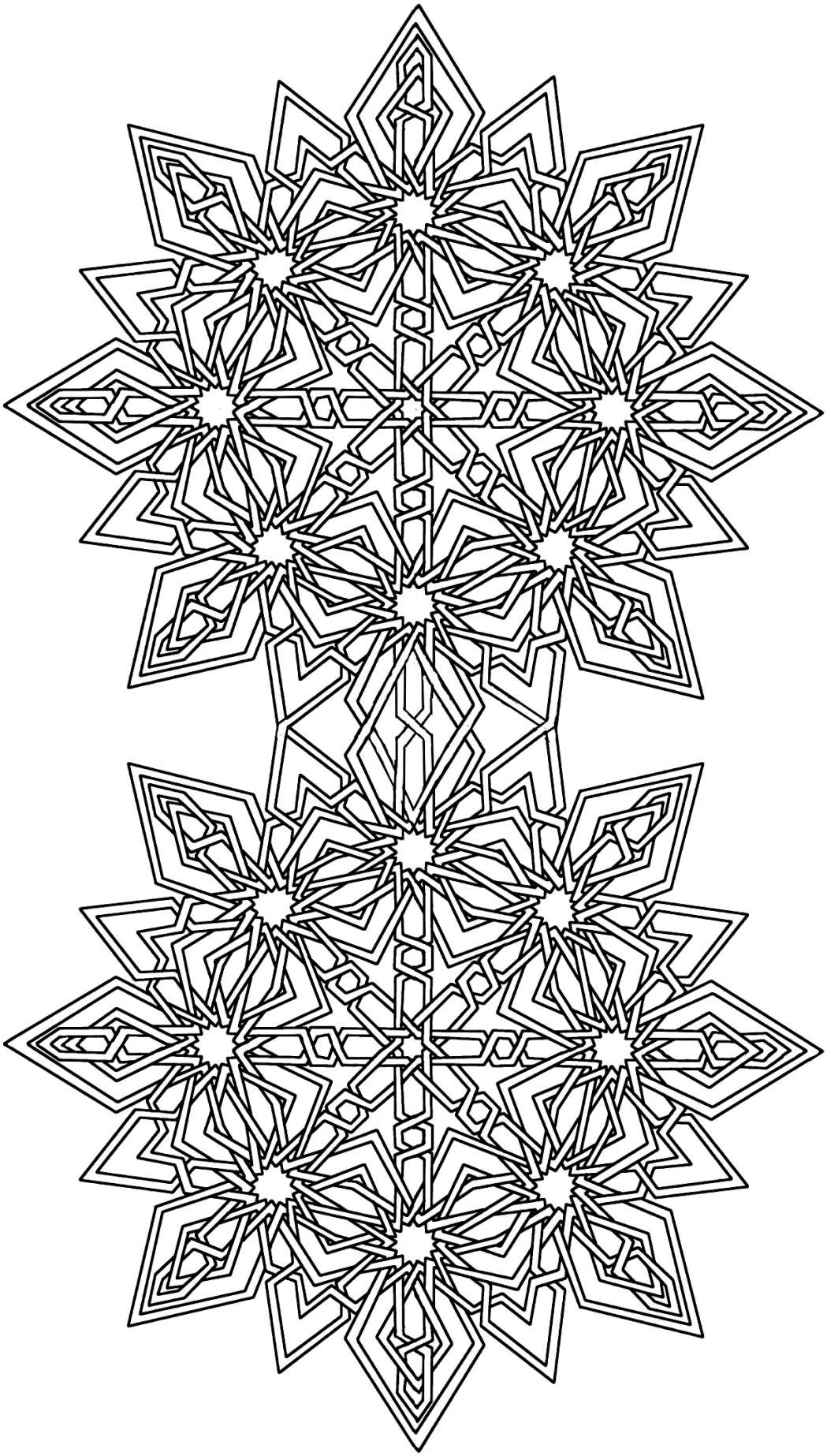




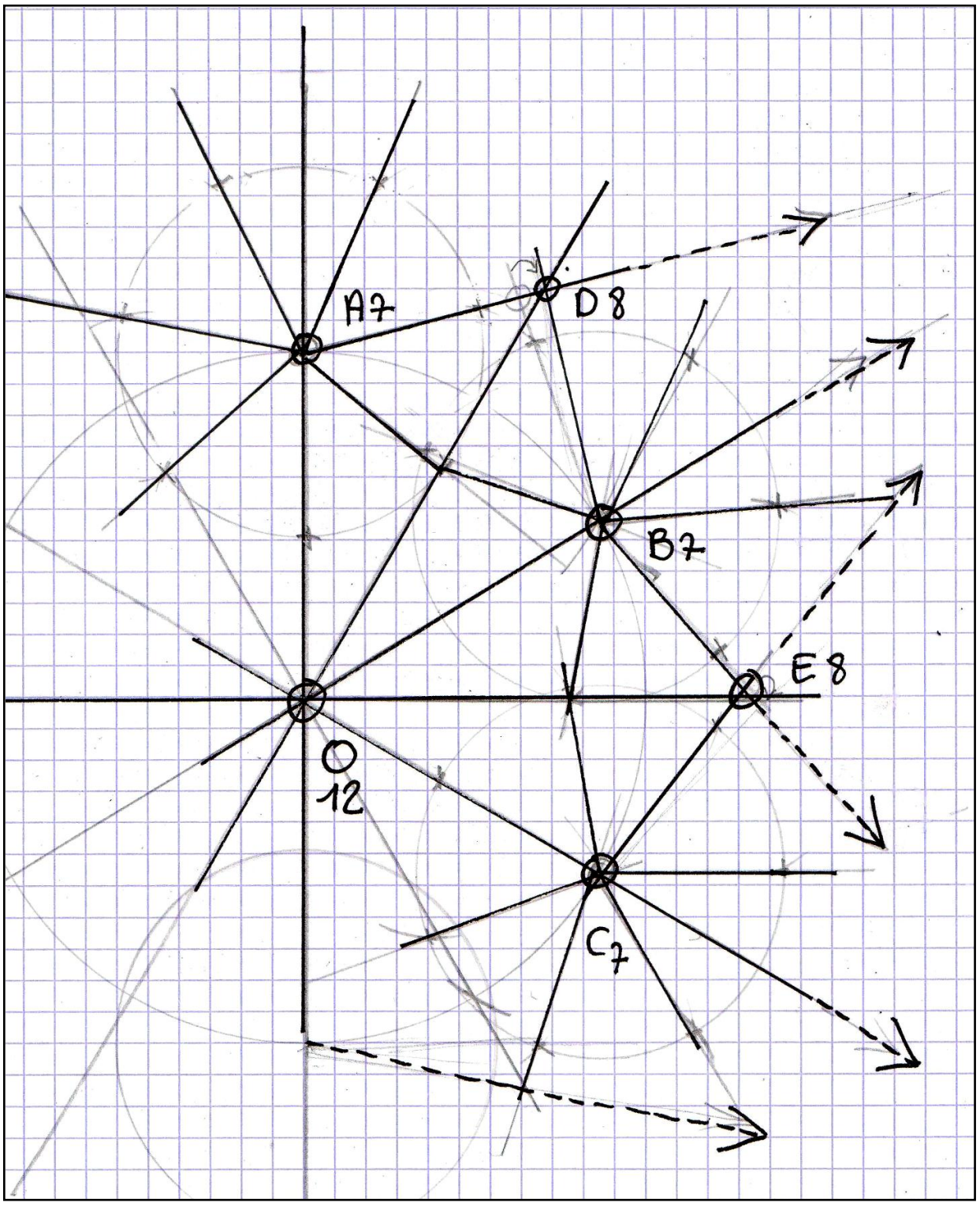


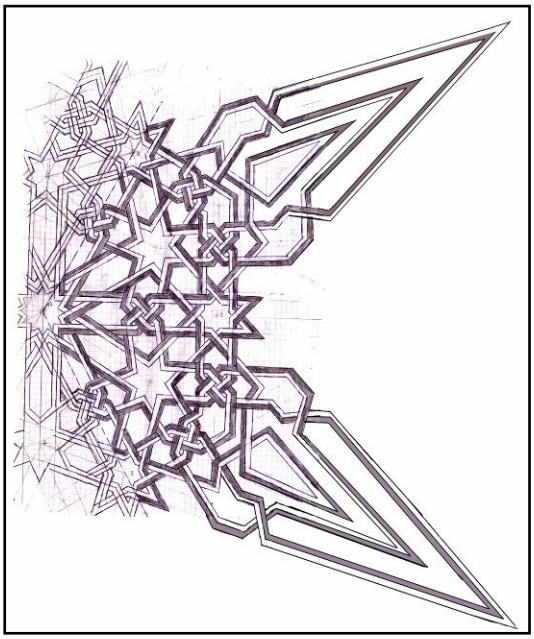


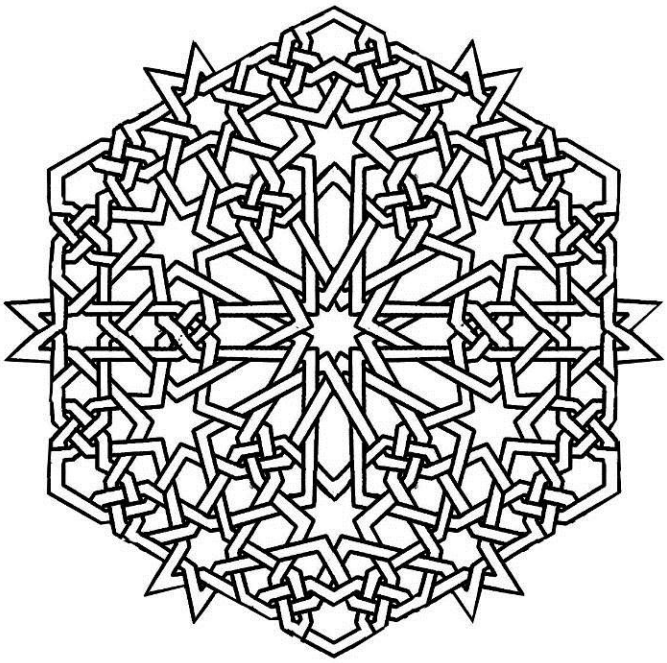


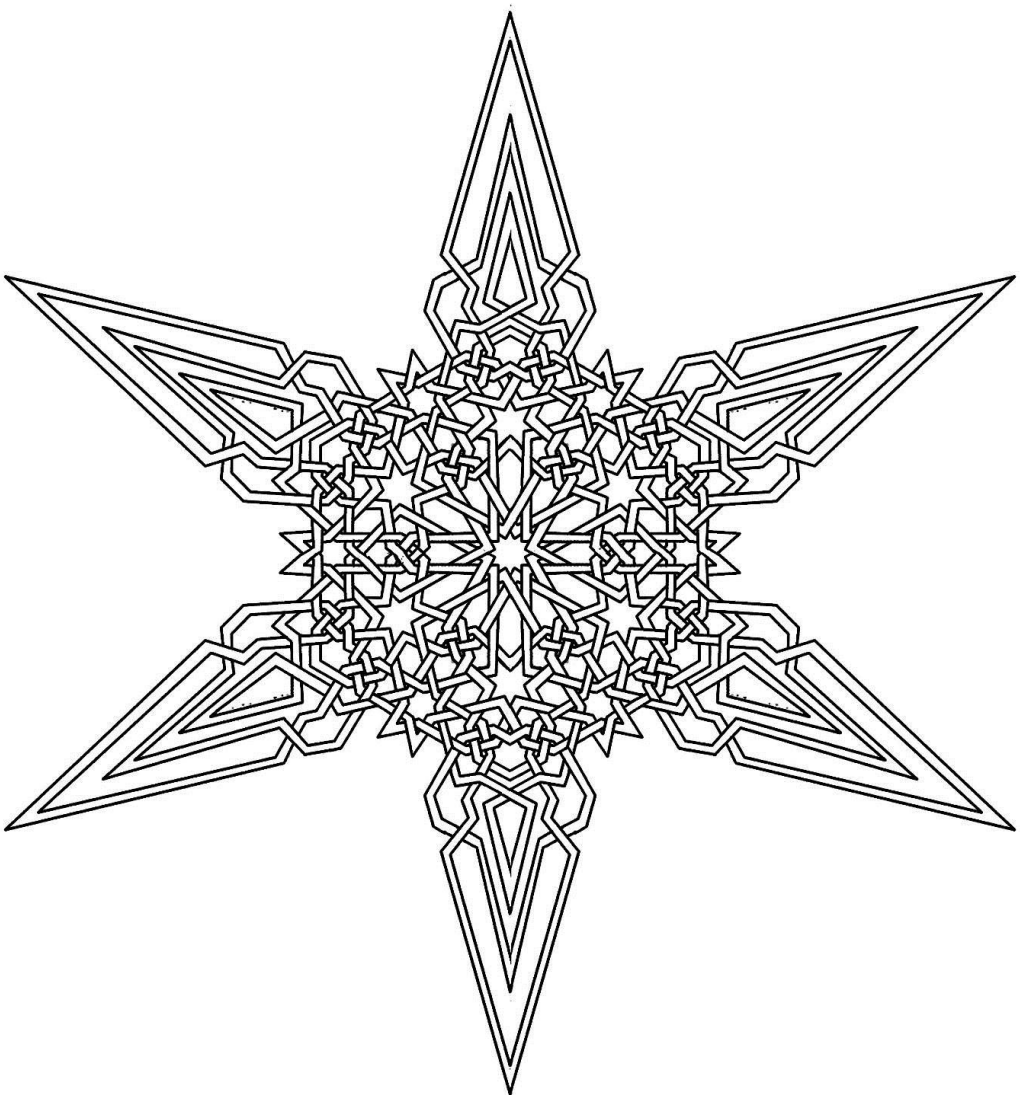


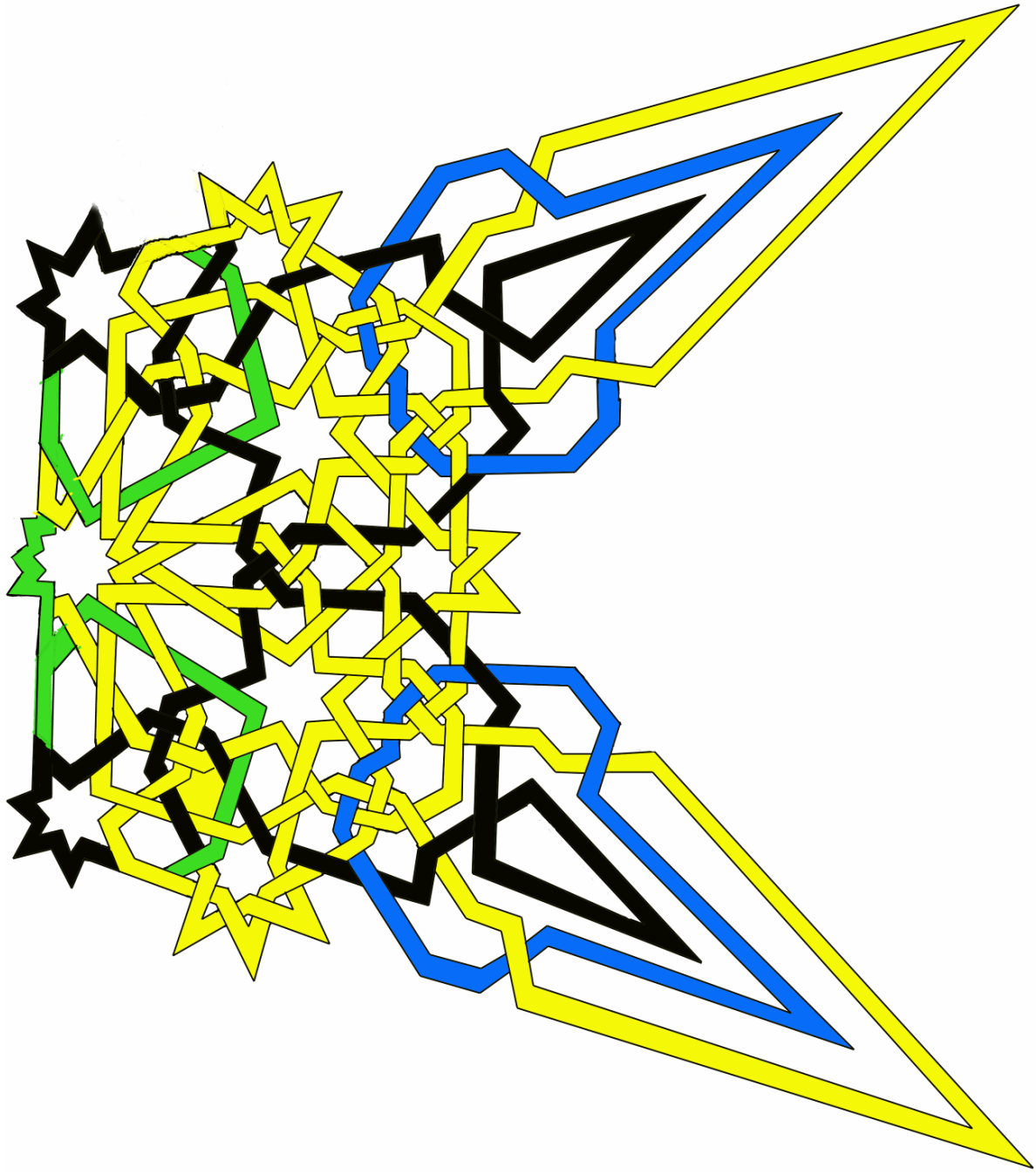
EXEMPLE : *étoile à 12 avec satellites 7 et 8.*

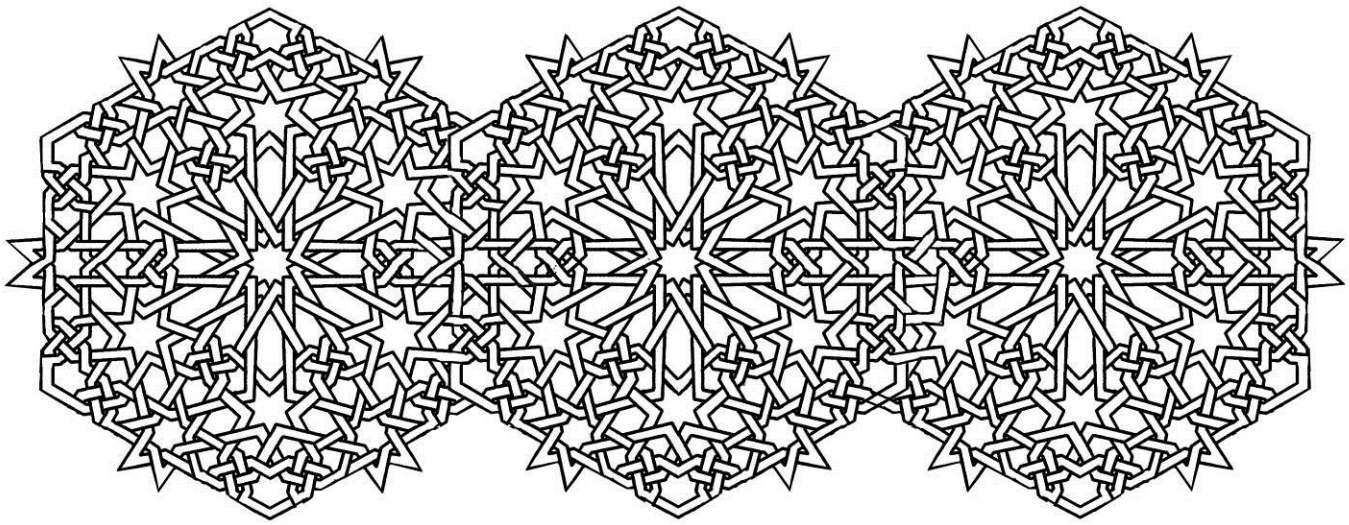




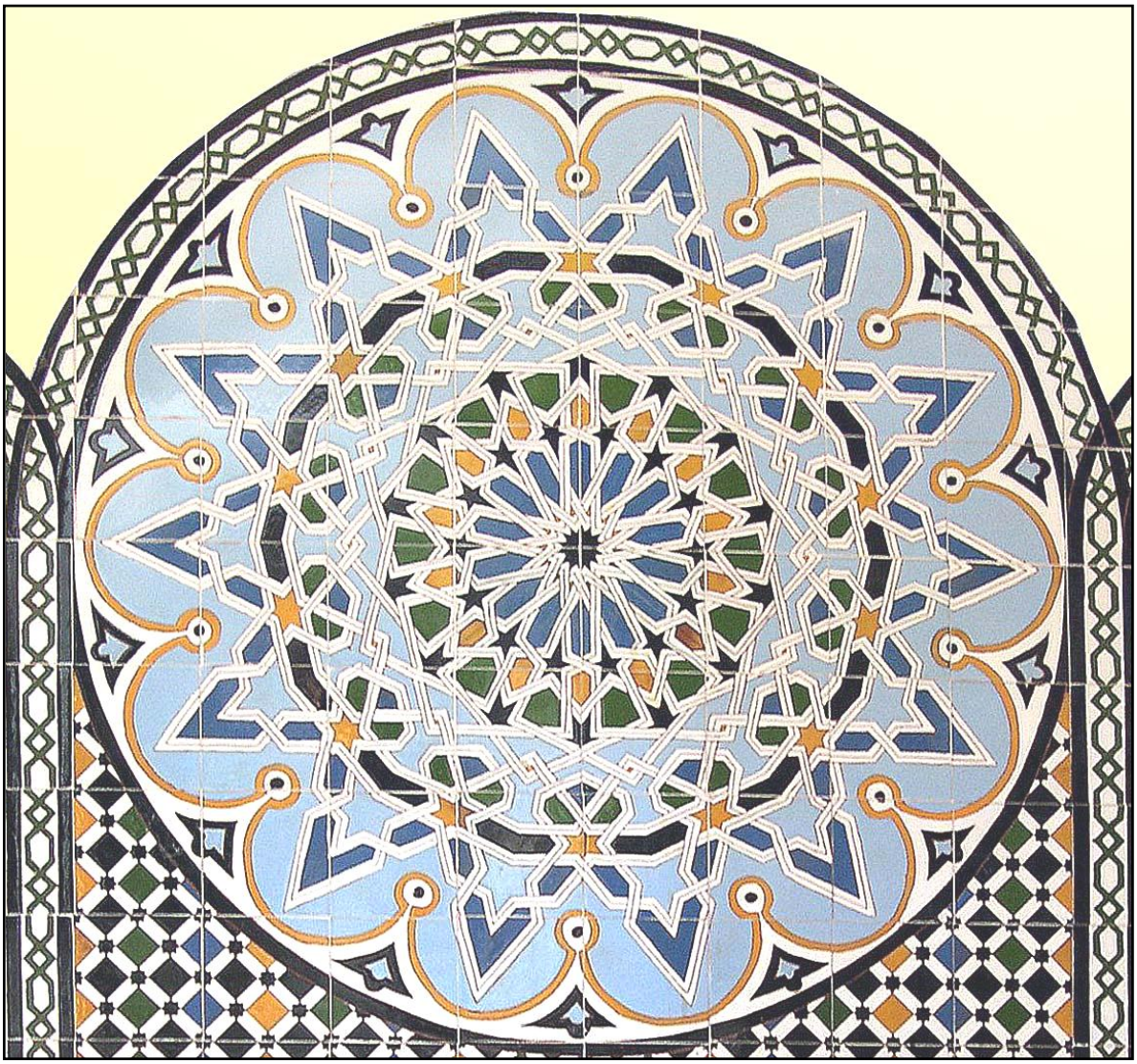


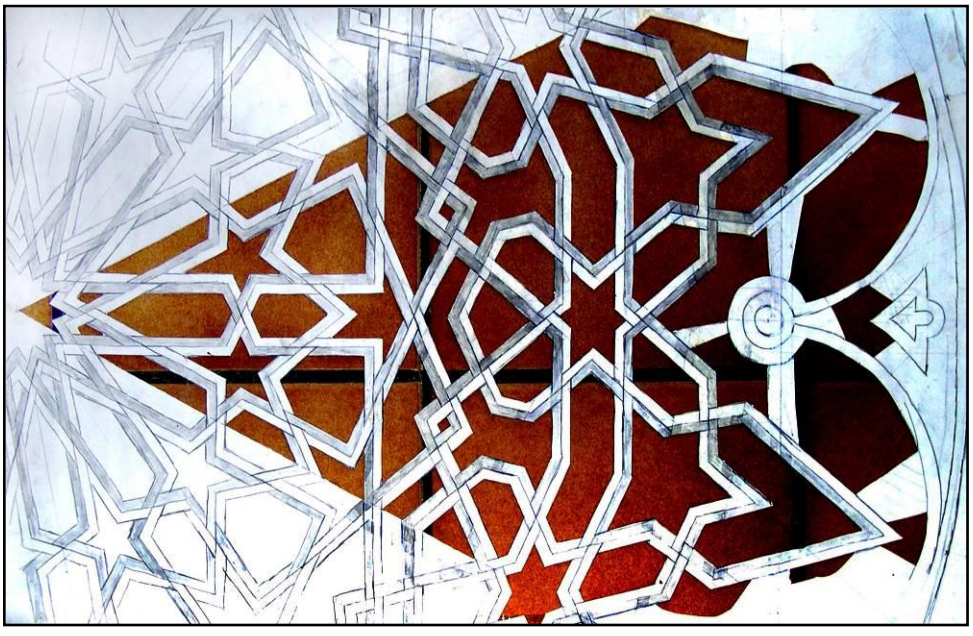




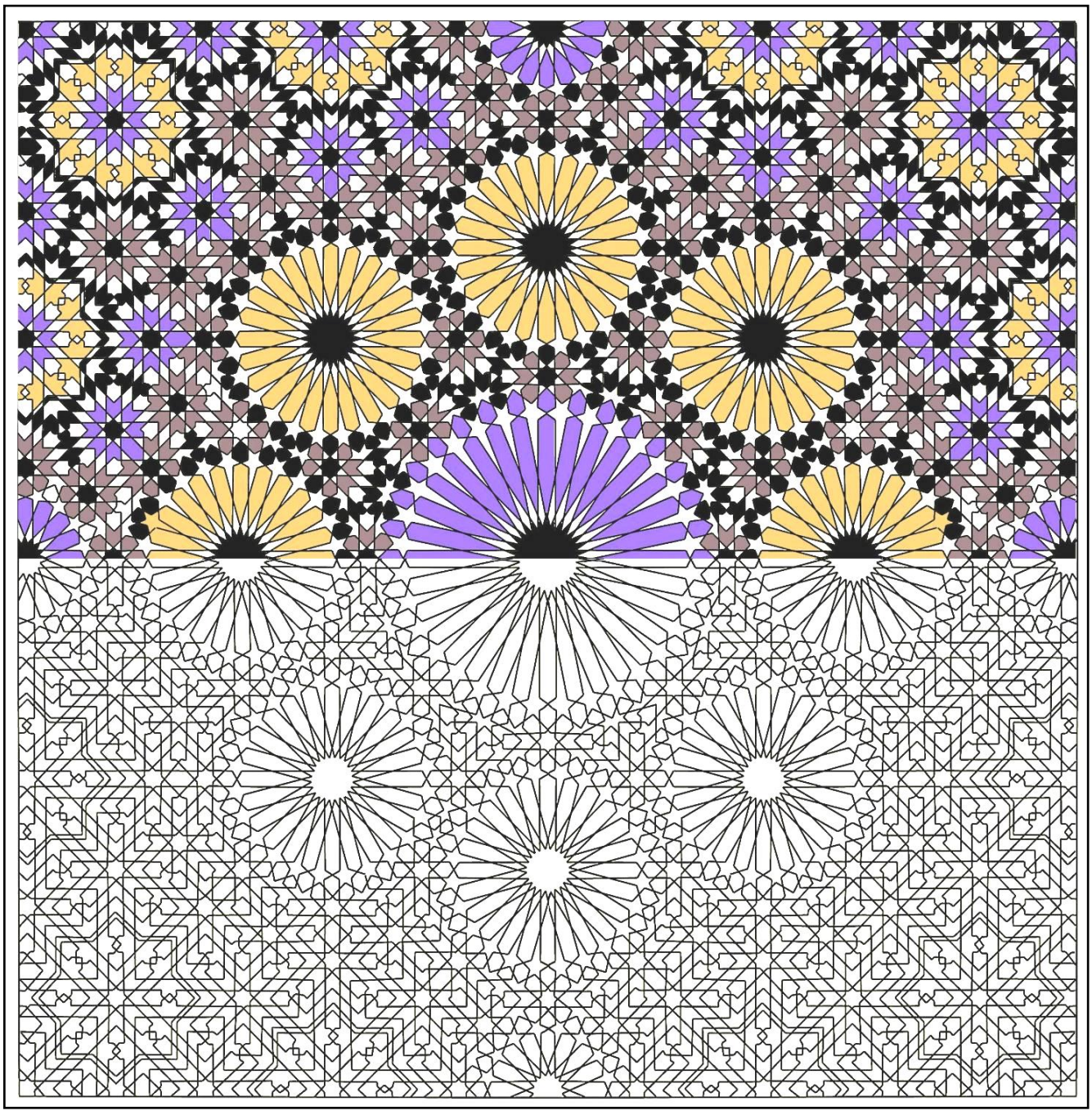


EXEMPLE : fontaine.

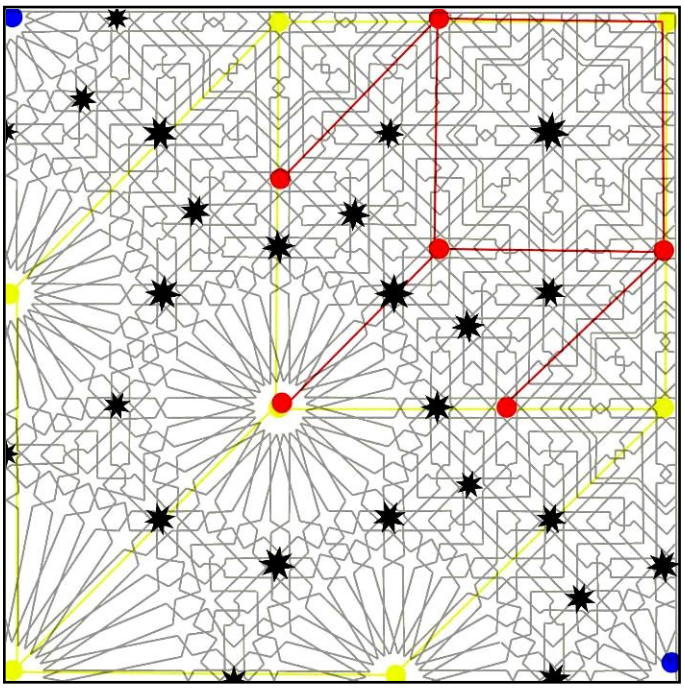


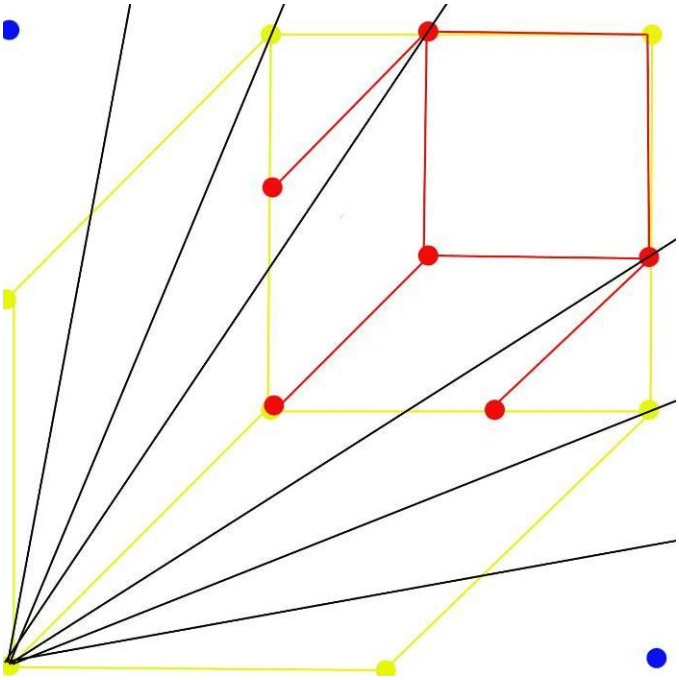


Exemple : étoile à 32. Construction d'un système modulaire convergent connaissant le modèle.



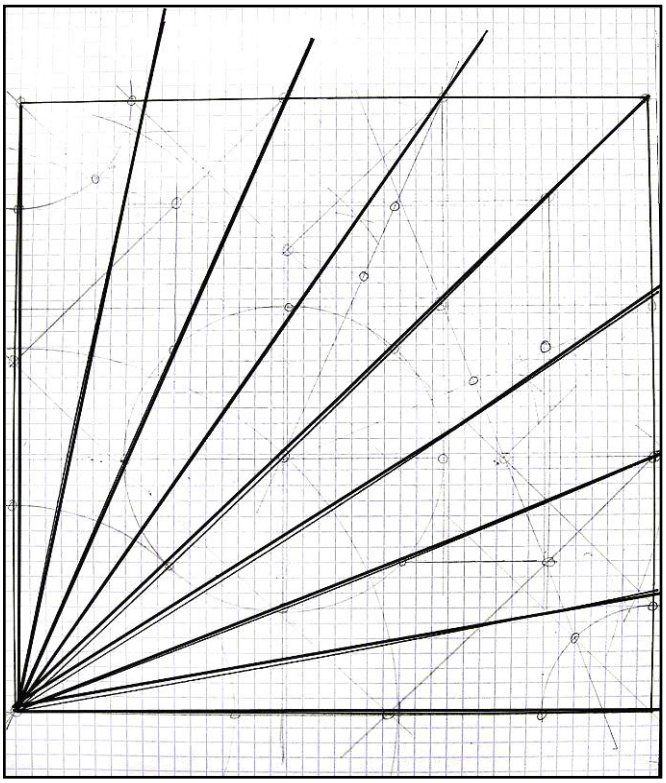
Cette étoile à 32 est entourée d'une série de satellites à 24 et de tout un ensemble d'étoiles à 8 et à 16. Pour construire cette structure modulaire convergente, il faut placer le centre de toutes les étoiles satellites. L'existence de quelques mailles sceau-saft permet de mesurer la valeur de **m** et de **e.**

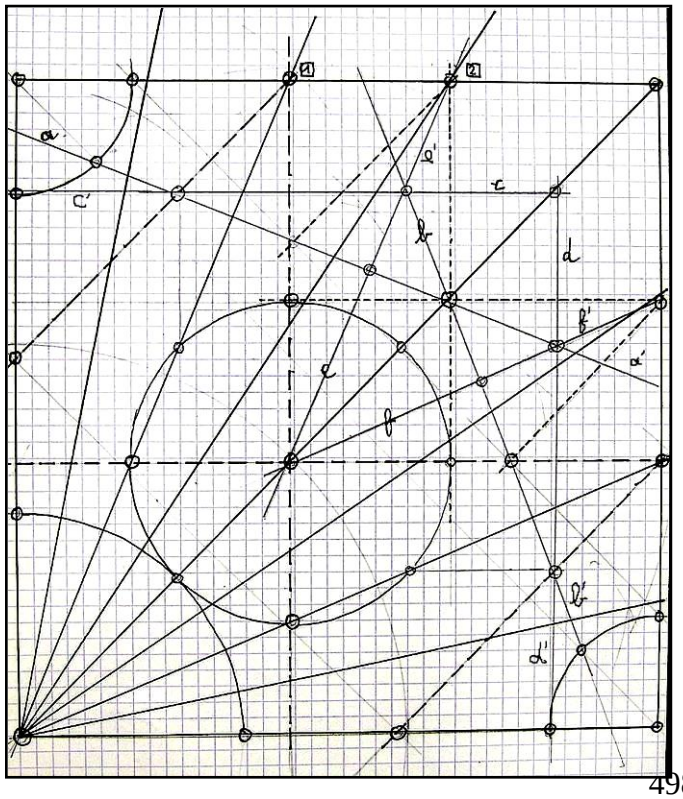




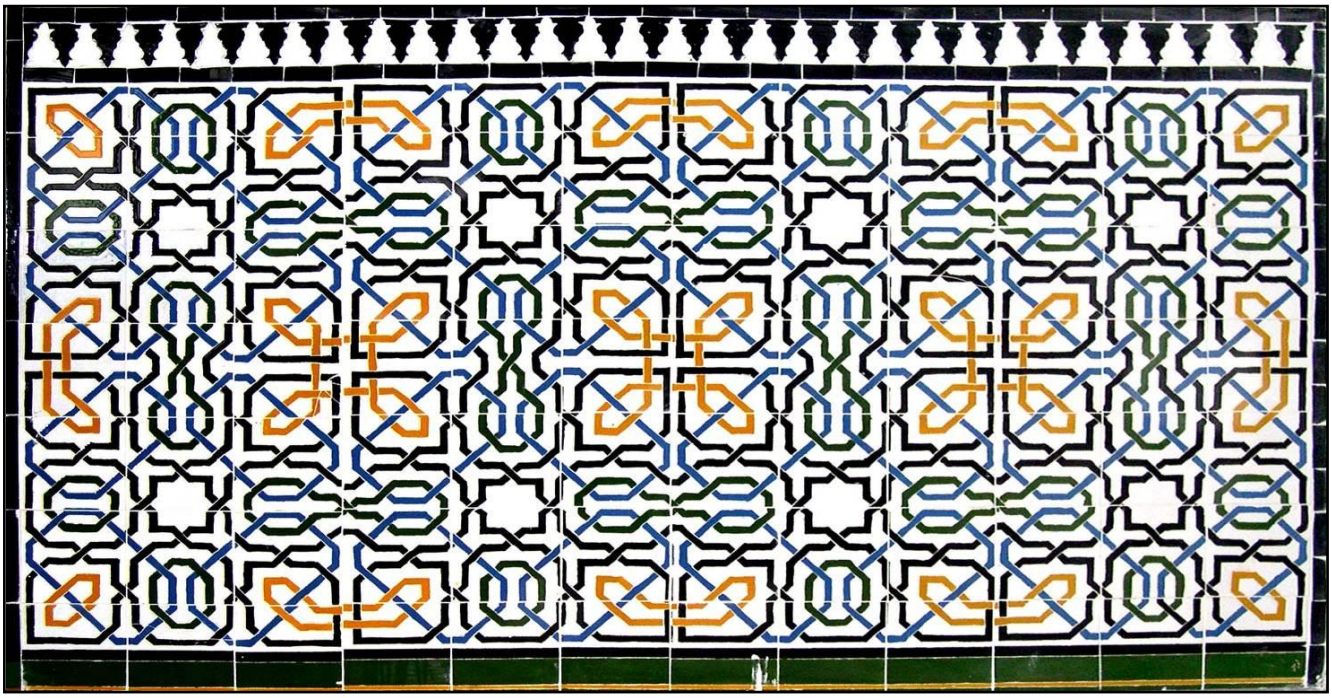
Mise en évidence du pavage carré-losange qui permet de construire le centre de toutes ces étoiles :

- Construire le centre de l'étoile à 32 et ses axes de symétrie.
- Tracer un premier carré contenant un quart de l'étoile à 32 ; pour construire les deux carrés et les deux losanges attenants à chaque carré (points remarquables **1** et **2**).
- Les différents alignements remarquables **aa', bb', cc', dd', ee'** et **ff'** permettent de construire le centre de toutes les étoiles.





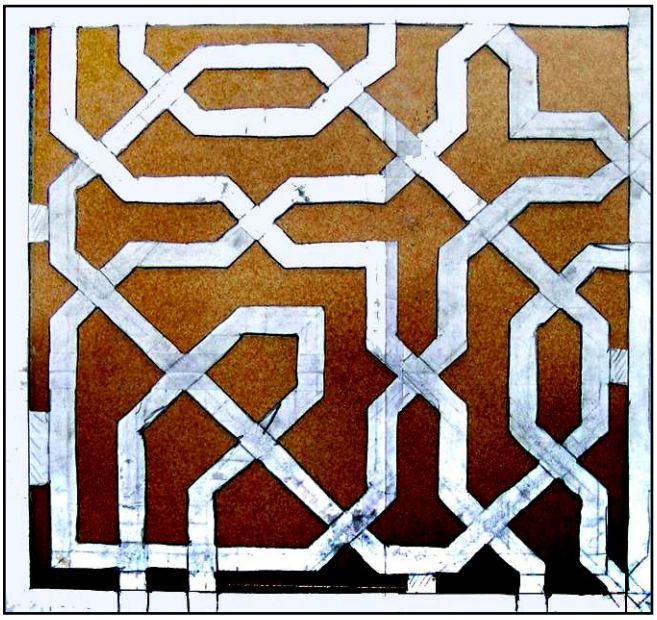
EXEMPLES : *entrelacs classiques colorés.*



Panneau au riad Loulou.

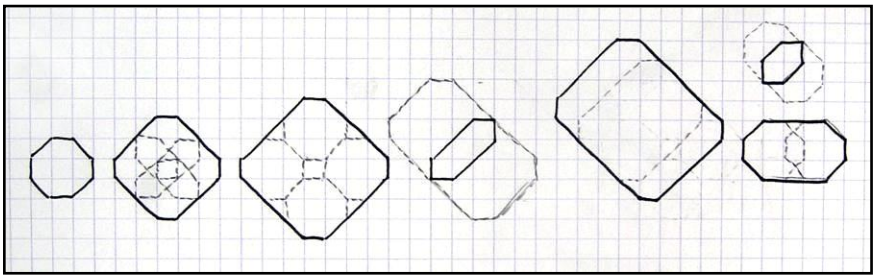
Le motif principal est construit par retournements successifs, à partir du module ci-dessous.



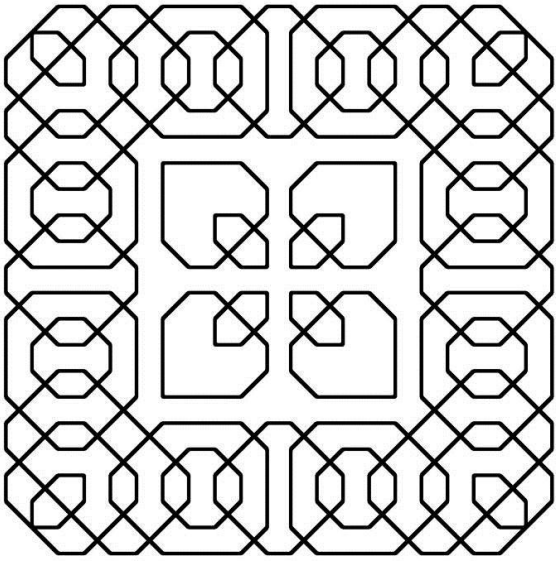




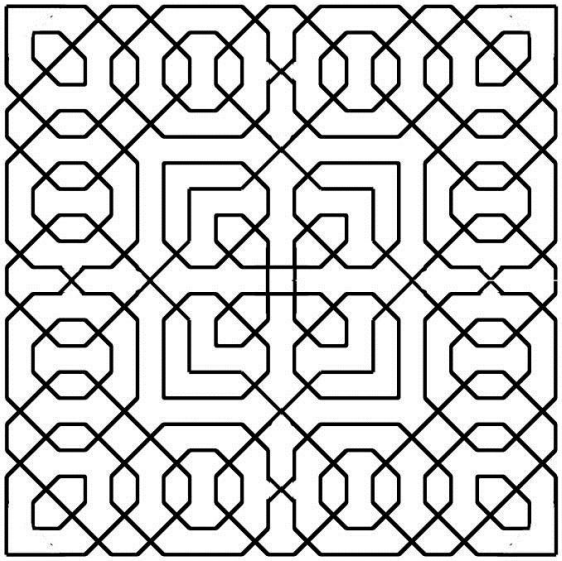
EXEMPLE : entrelacs colorés ; construction d'un motif.



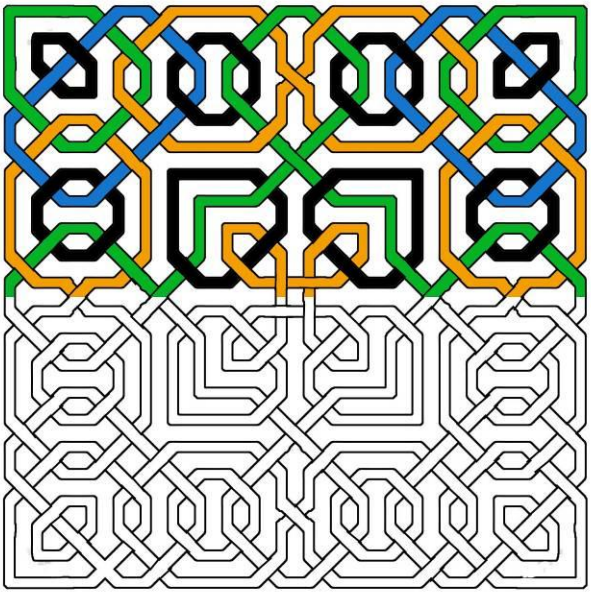
Choix de modules



Positionnement des modules.



Laçage des modules.



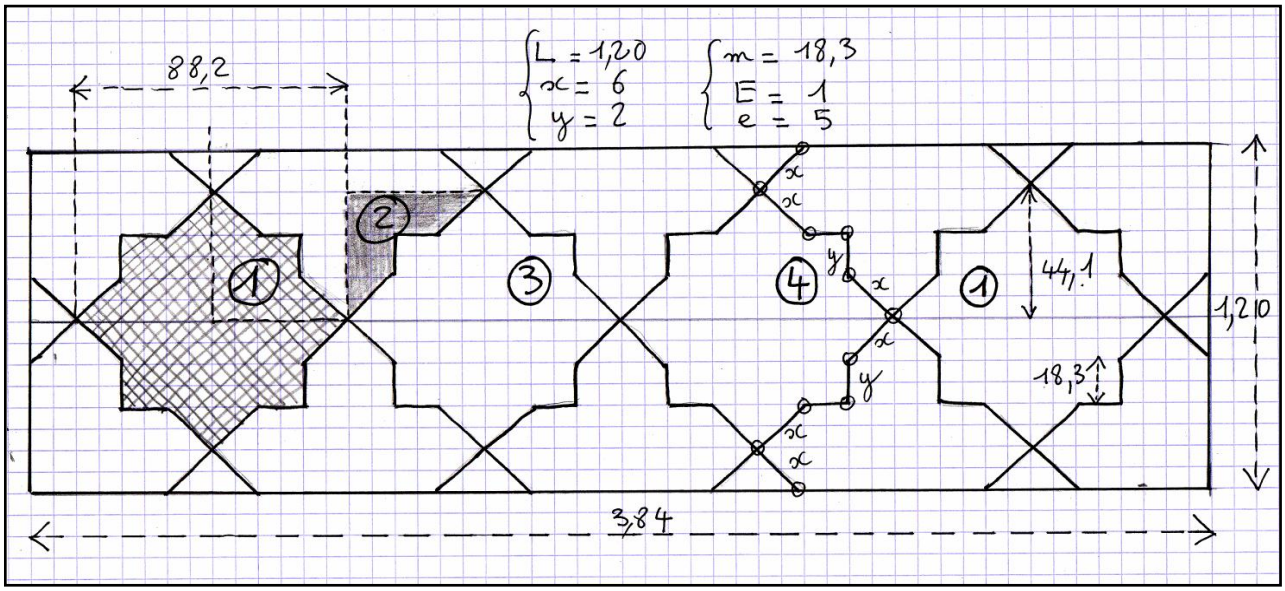
Tracé des entrelacs et choix des couleurs.



Motif terminé.

EXEMPLE : *panneau mural type Alhambra.*



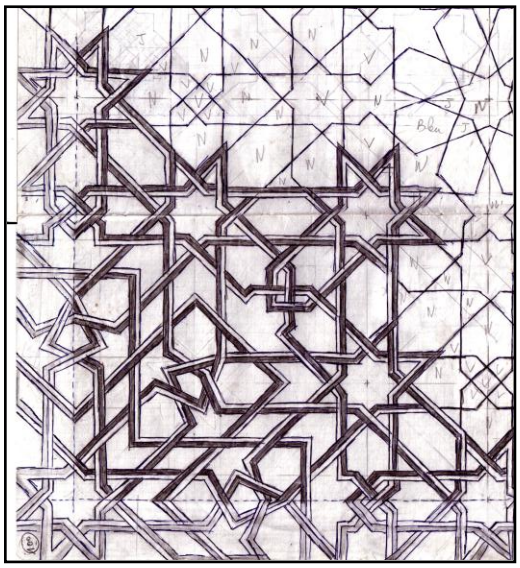


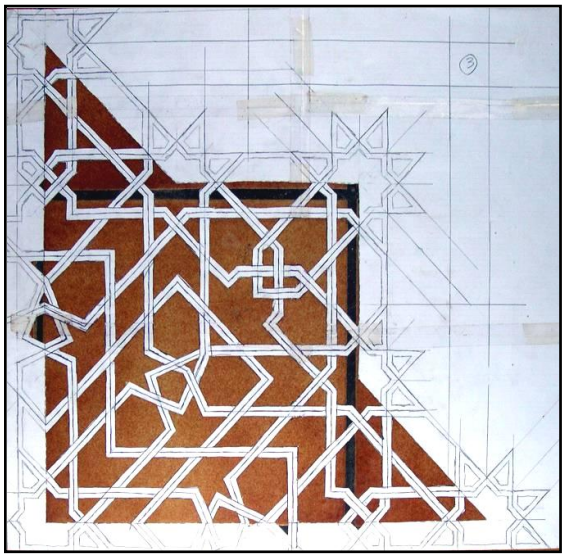
Ce panneau, placé dans un salon du riad Loulou, est une copie de plusieurs motifs de la salle des Ambassadeurs à l'Alhambra, il est fabriqué à la corde sèche sur carreau biscuits.

Les pages suivantes expliquent les différentes phases de sa construction. Chaque élément peut être présenté séparément.

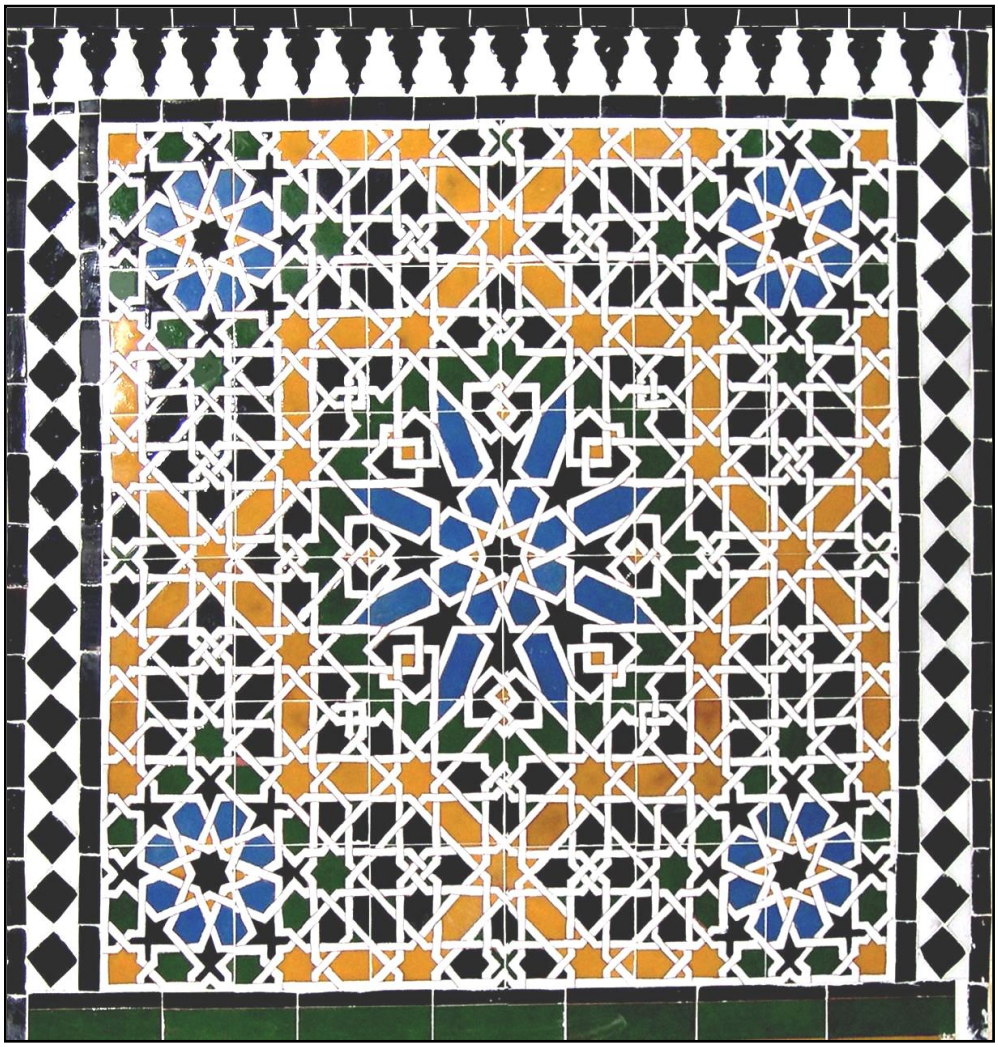


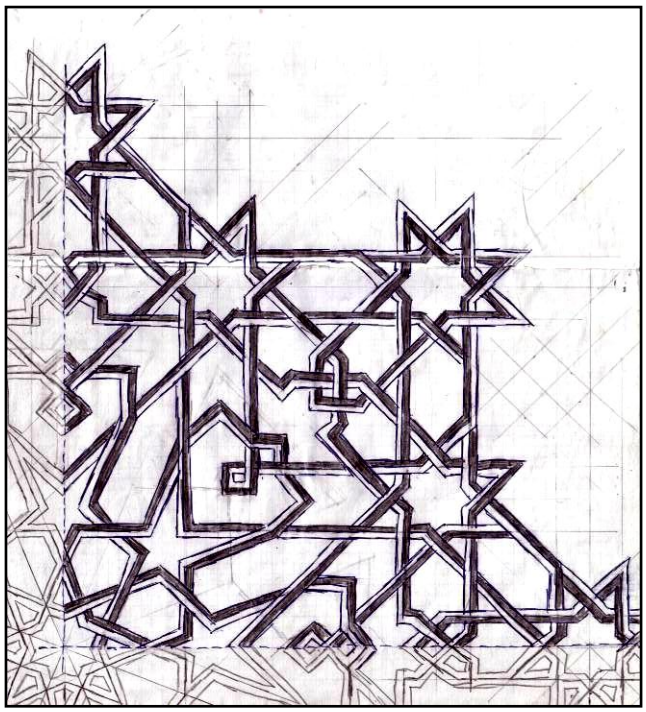
Dessin d’étude, construction du gabarit et motif isolé.

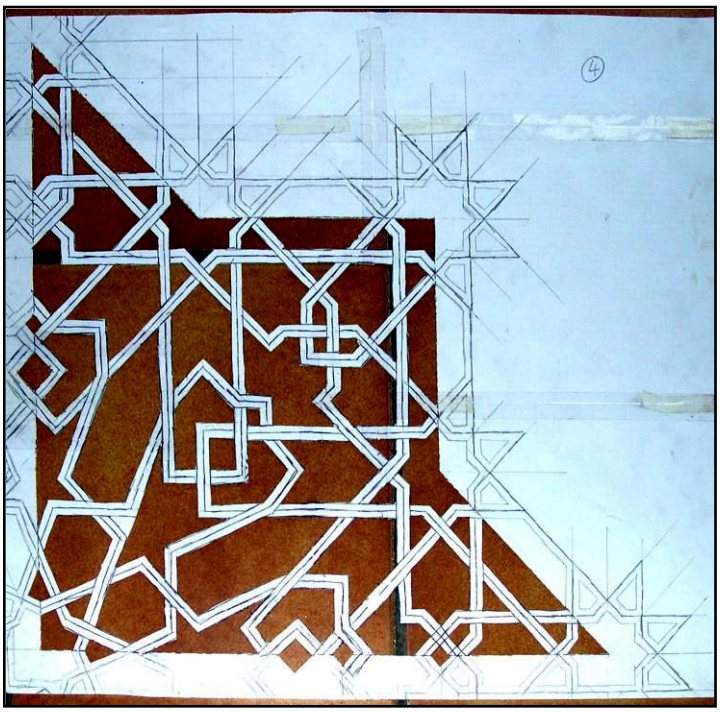




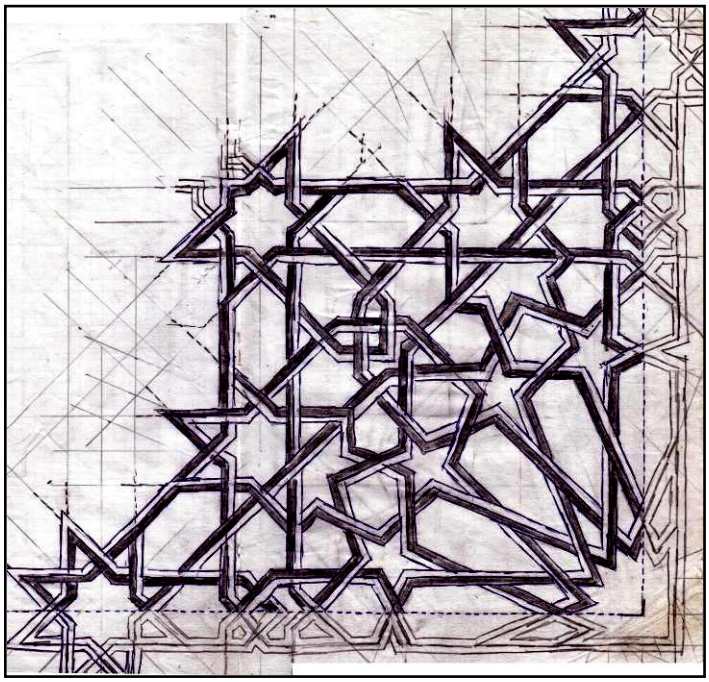
Dessin sur cartoline et découpage au cutter des différentes zones pour l’obtention du gabarit.

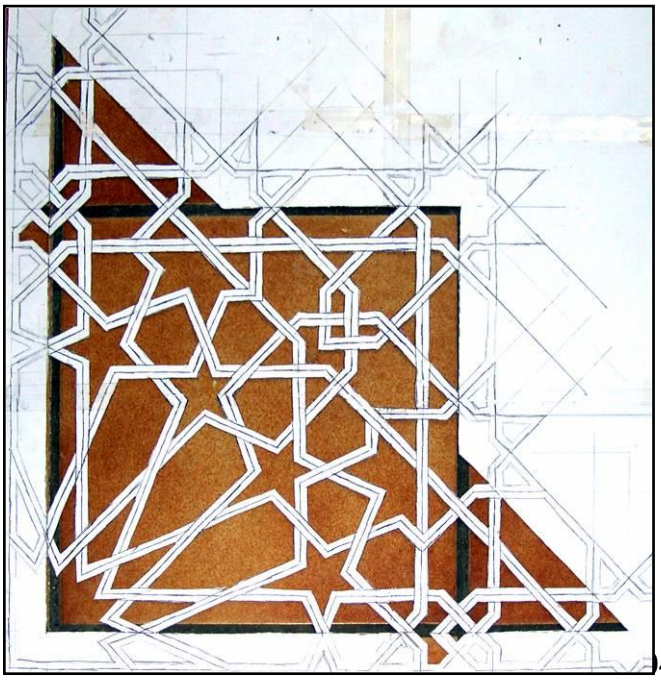


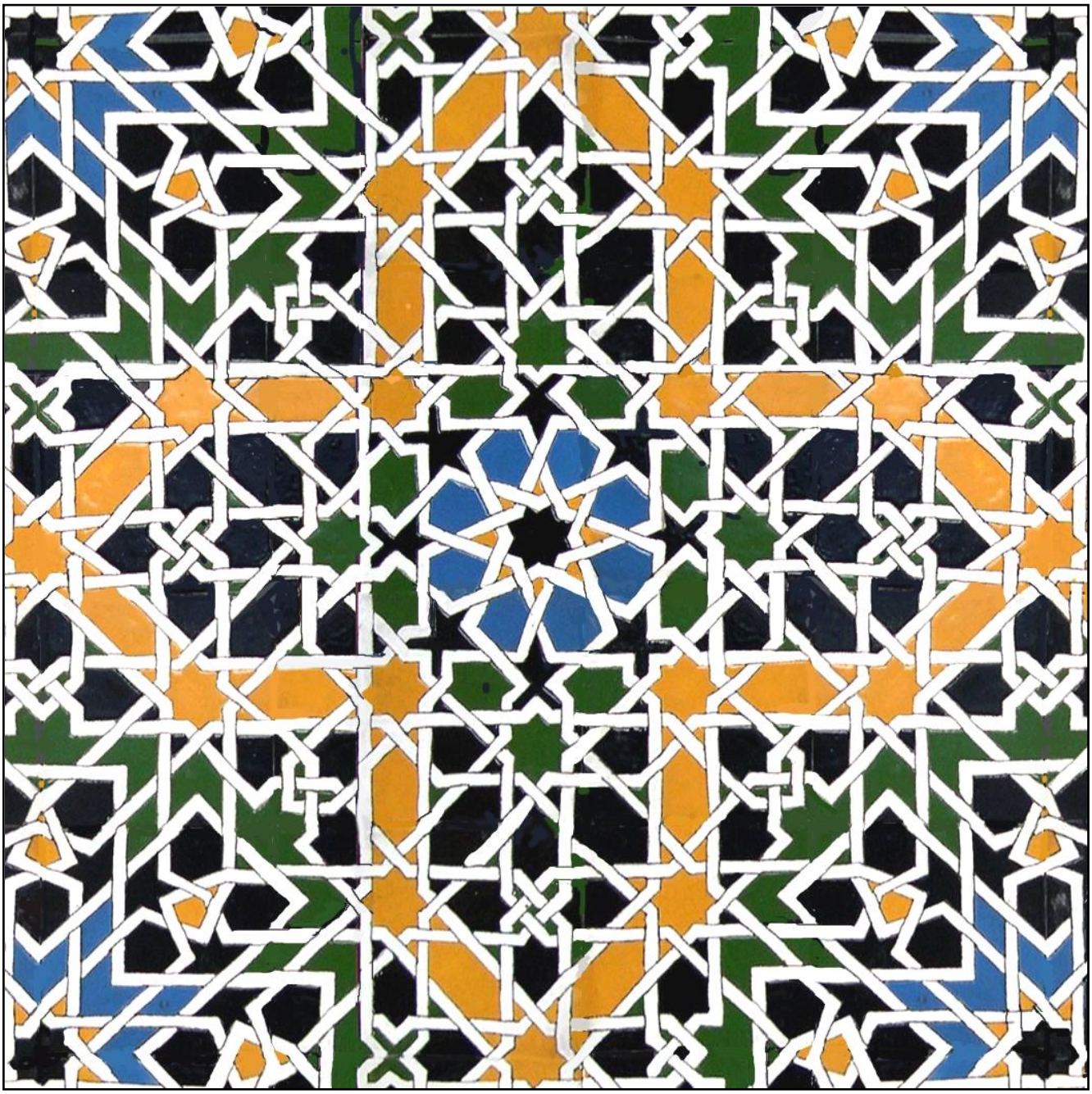




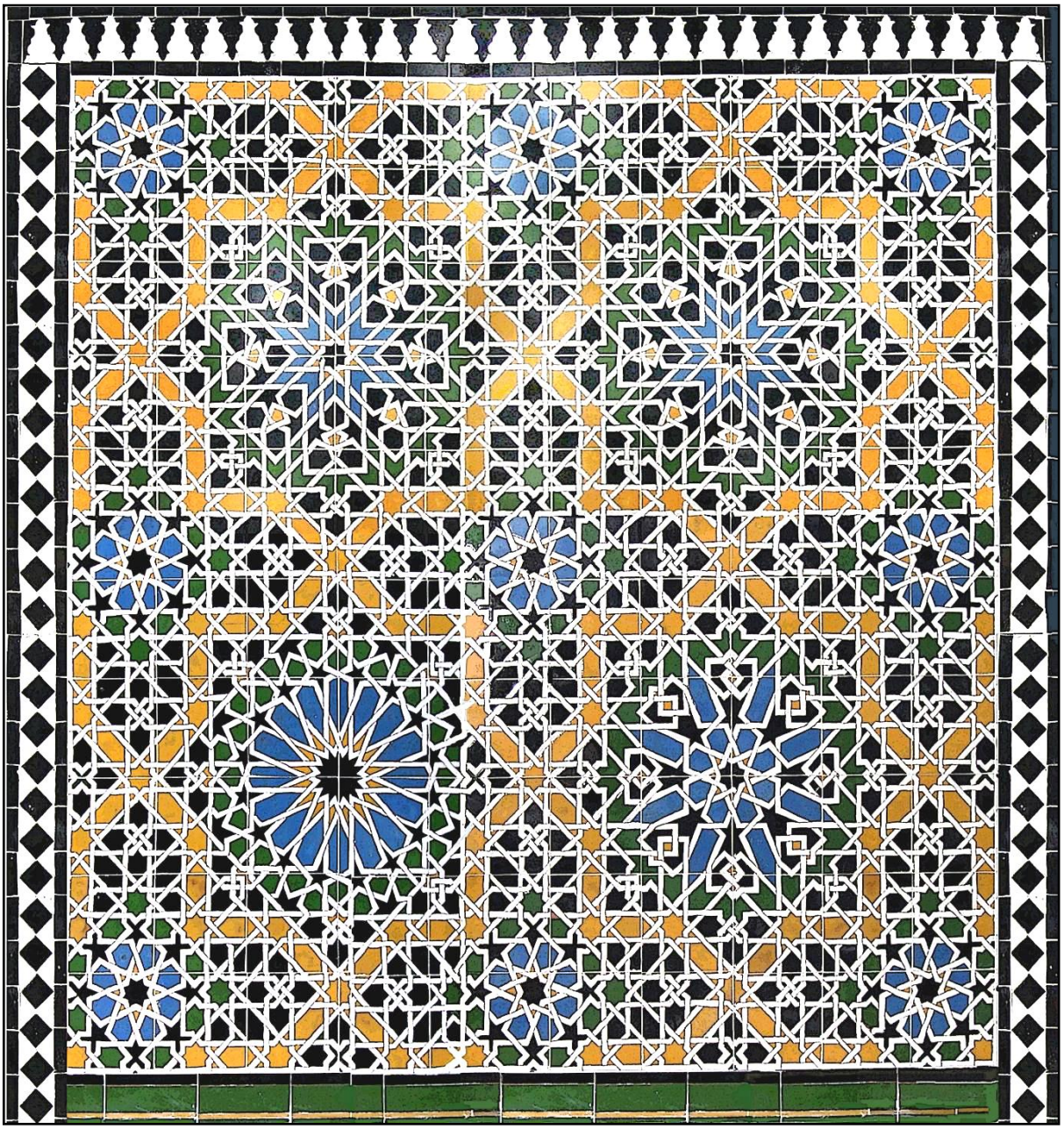








Motif de liaison de l’ensemble des panneaux.



Différentes compositions des systèmes précédents.



Consultez le site de l'auteur pour avoir accès à plus de 2000 photos haute résolution, près de 200 diaporamas ou vidéos et près de 200 constructions guidées, le tout agrémenté d'une musique orientale originale.

www.arabesquesgeometriques.fr/

CONTACTS

Dans le site précédent (arabesques géométriques), dans le bandeau du haut, cliquez sur « **C** » (votre avis) pour donner votre avis sur ce livre ou entrer en contact avec l'auteur.

RETOUR