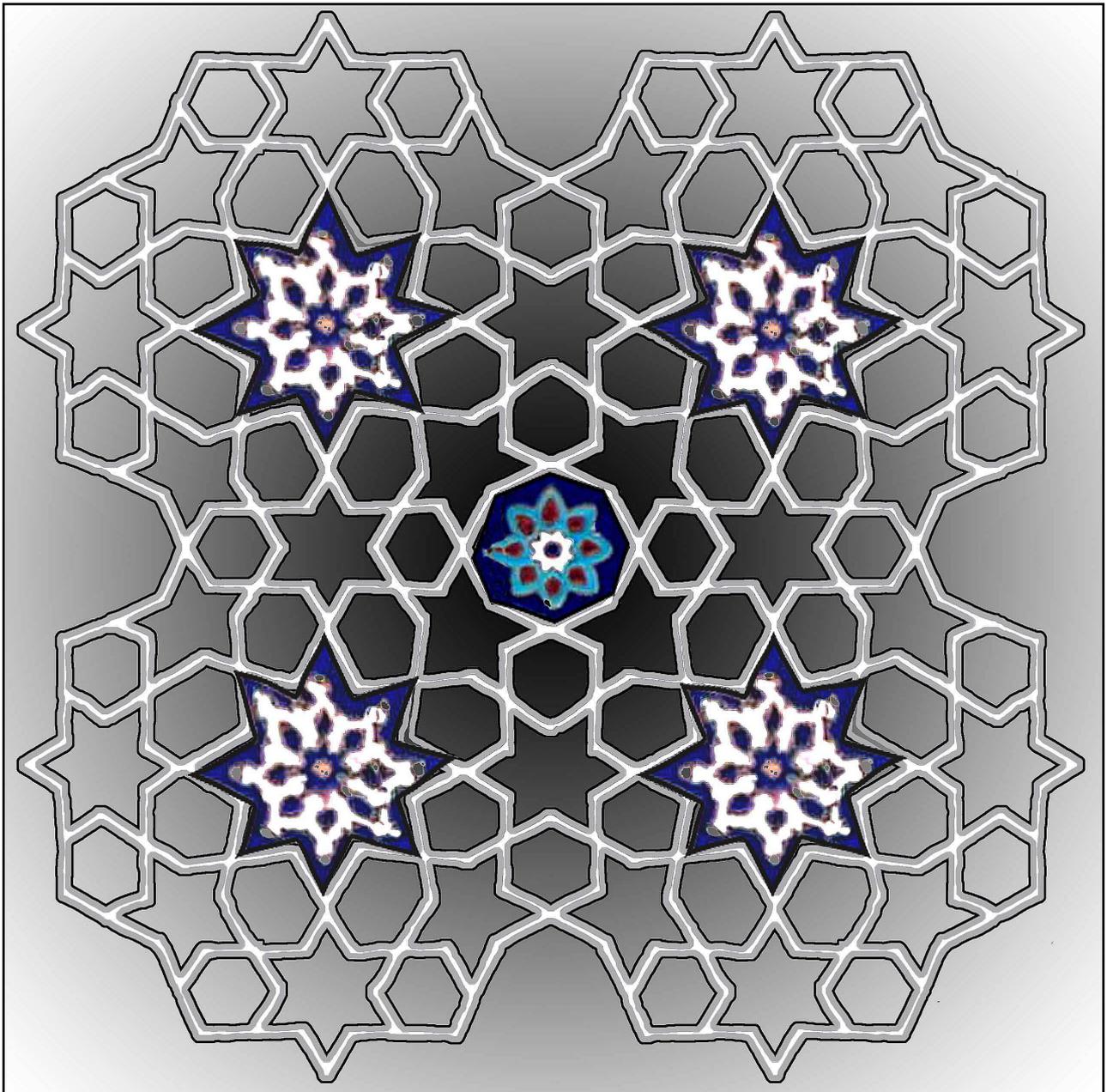


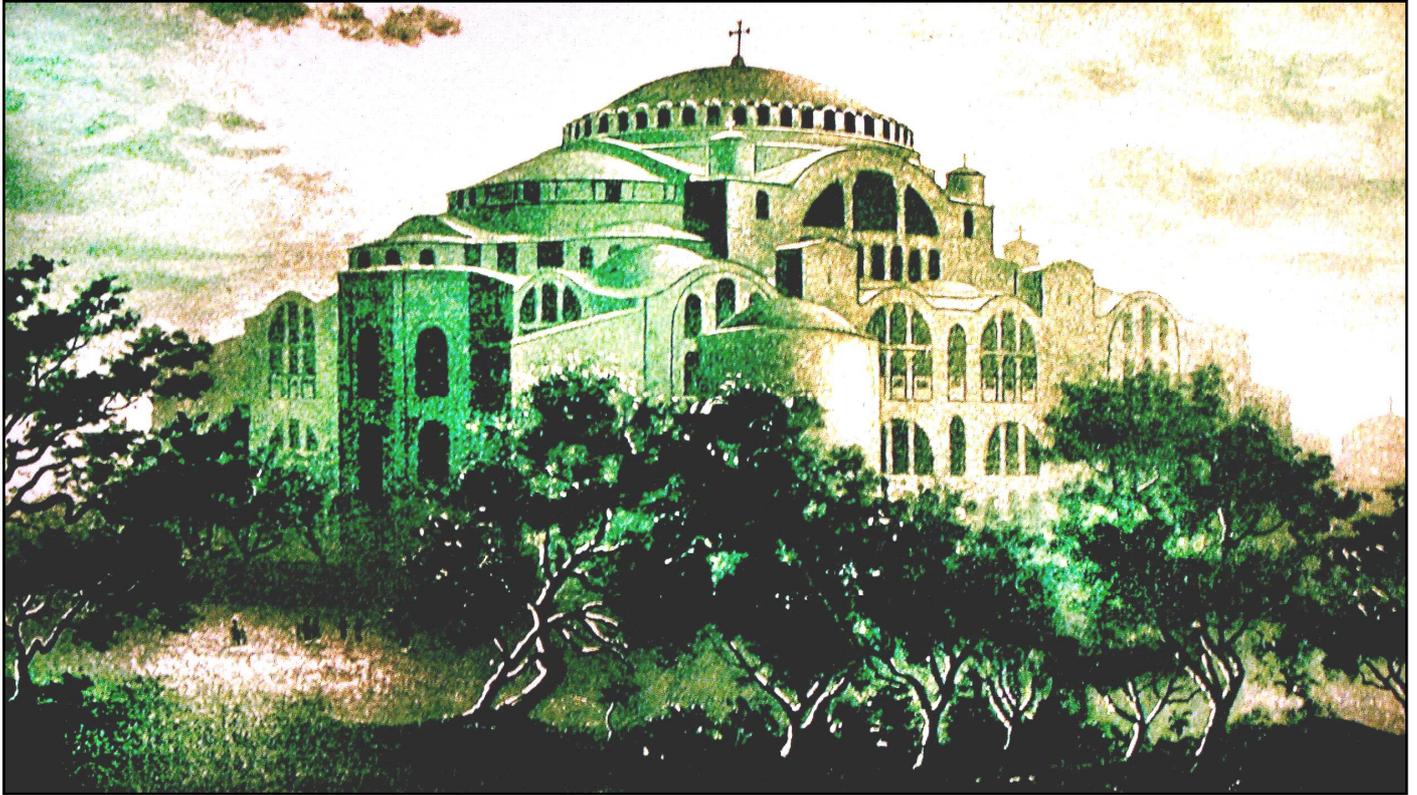
# La route des Arabesques



## III. Héritages Byzantin et Perse.

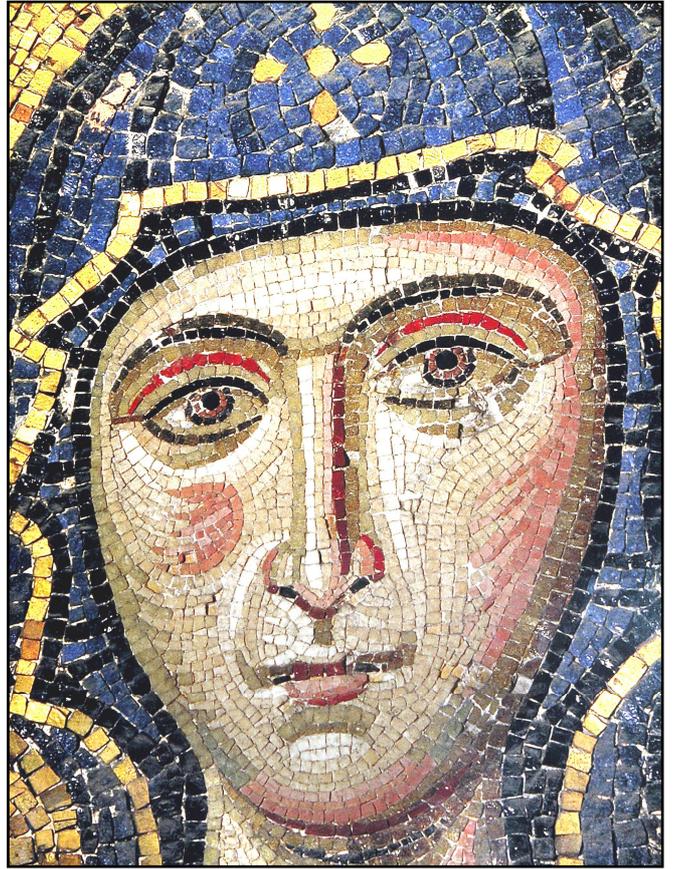
# Architecture ottomane

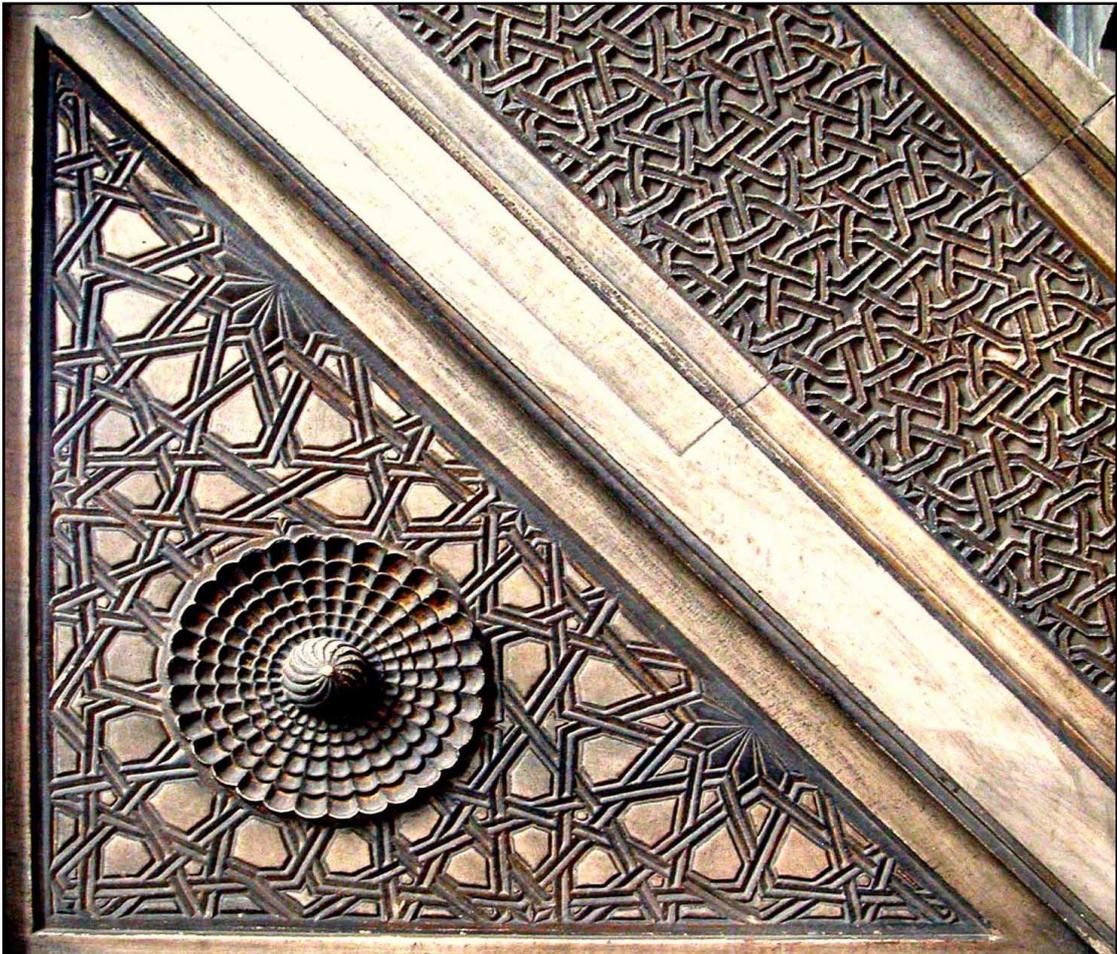
*(Héritage Byzantin et Perse)*



*Deux exemples de dômes ayant fait école dans leur zone d'influence : celui de Sainte Sophie à Istanbul et celui de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.*









- *Le modèle : Sainte Sophie.*



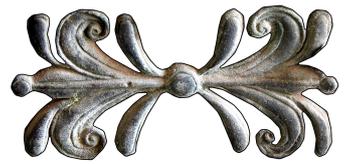
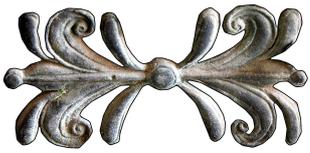
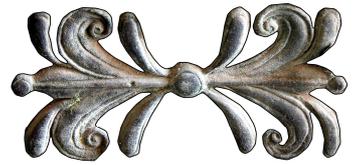
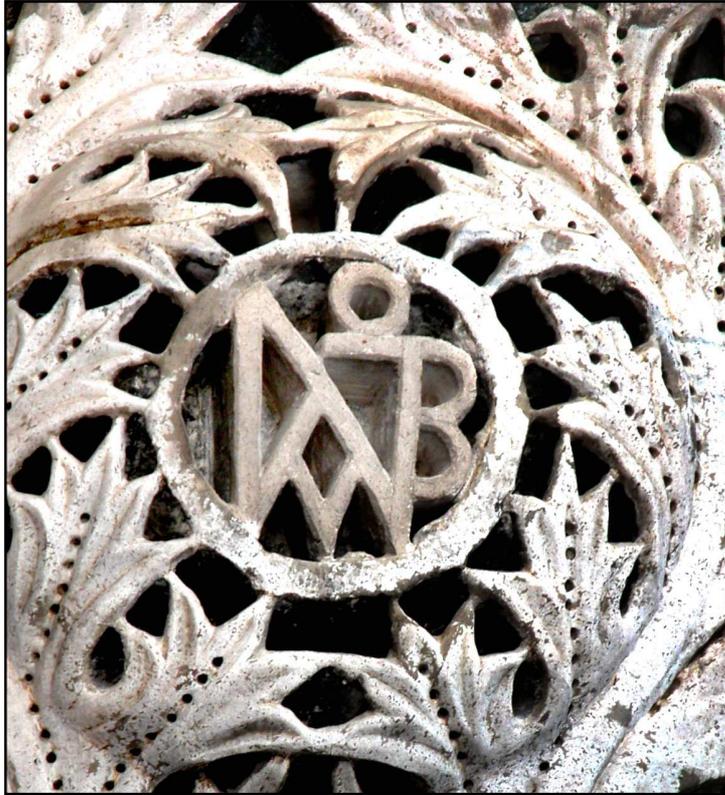
*Sainte Sophie et la fontaine du Sultan Ahmet III. A droite, l'entrée du palais de Topkapi.*

Sainte Sophie, édifée par l'empereur byzantin Justinien en 532, a été pendant un millénaire le plus grand édifice de la chrétienté. Les architectes grecs, Anthémios de Tralles et Isidore de Milet, construisirent en cinq ans ce chef-d'œuvre qui fut toujours imité mais jamais égalé.

La nef de 80 m sur 70 m est couverte d'une coupole de 32 m de diamètre située à 56 m de hauteur. Elle s'appuie sur quatre piliers massifs, ce sont les demi-coupoles latérales en culs-de-lampe qui répartissent les charges.

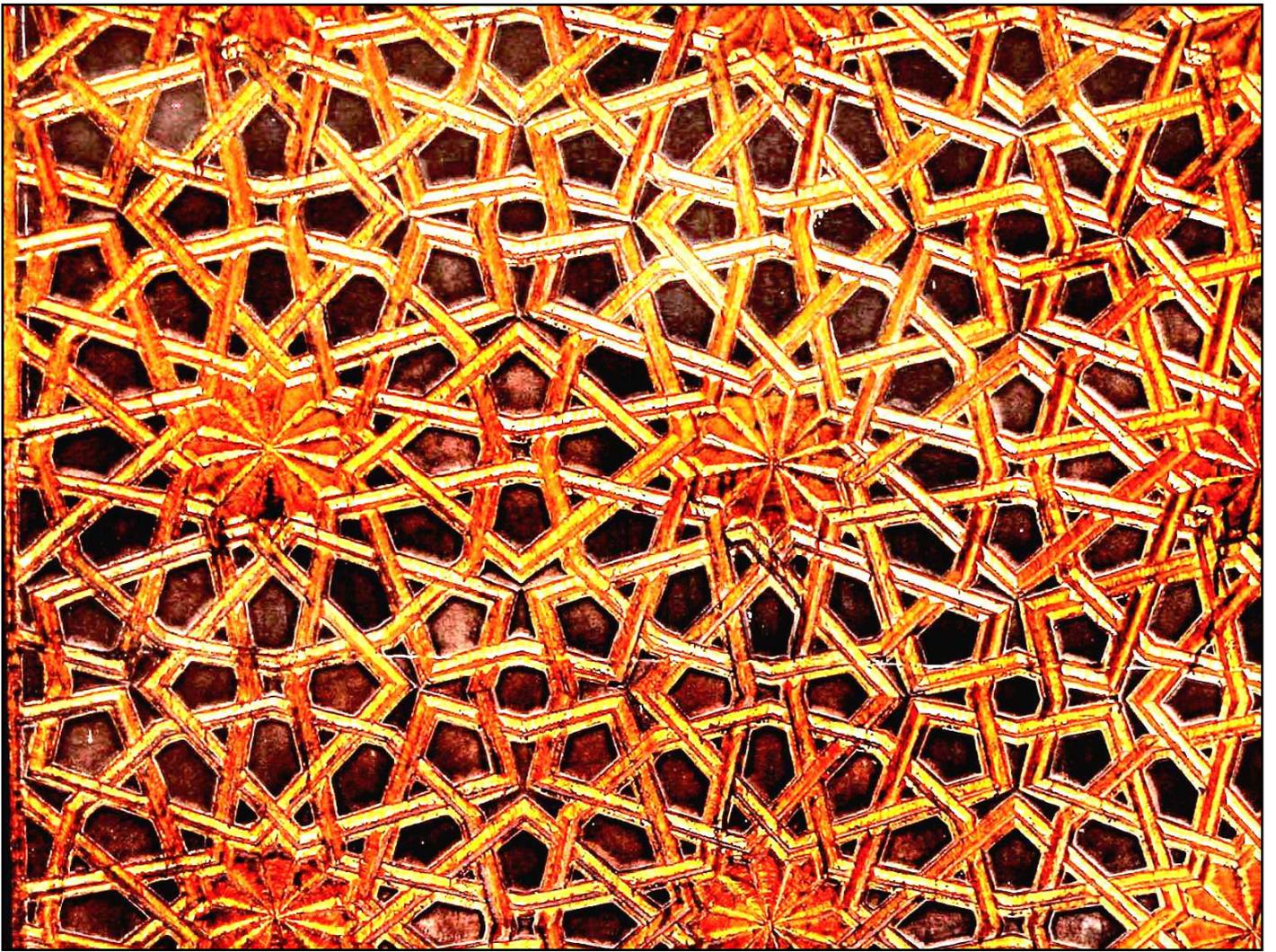
Un millénaire plus tard l'édifice a servi de modèle au célèbre architecte turc Sinan pour construire la mosquée d'Edirne ainsi que les nombreuses créations qui suivirent. Epargnée par Mehmet II « Le Conquérant », elle subit quelques transformations : les mosaïques byzantines à tesselles représentant des scènes religieuses furent badigeonnées, quatre panneaux de bois calligraphiés au nom des quatre premiers Califes furent accrochés aux angles de la nef et une estrade pour le Sultan fut construite à gauche de l'abside avec à droite un mihrab excentré.

Les romains utilisaient des tesselles pour confectionner leurs mosaïques et représentaient des scènes de la vie courante ; en revanche, les mosaïques à tesselles byzantines représentaient des scènes religieuses et étaient bâties avec des tesselles dorées ; quelques-unes ont survécu à Sainte Sophie et dans les églises Byzantines d'Istanbul.

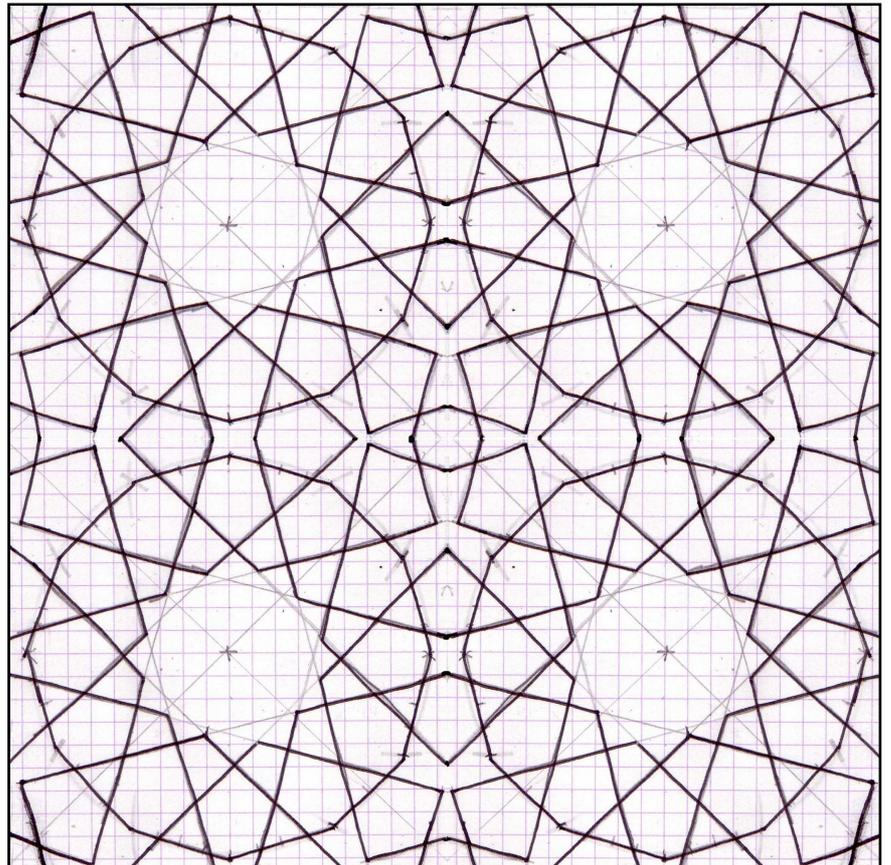
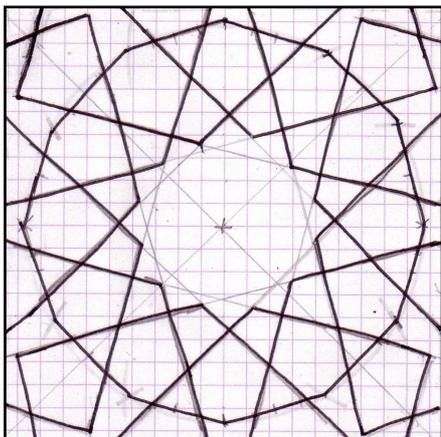


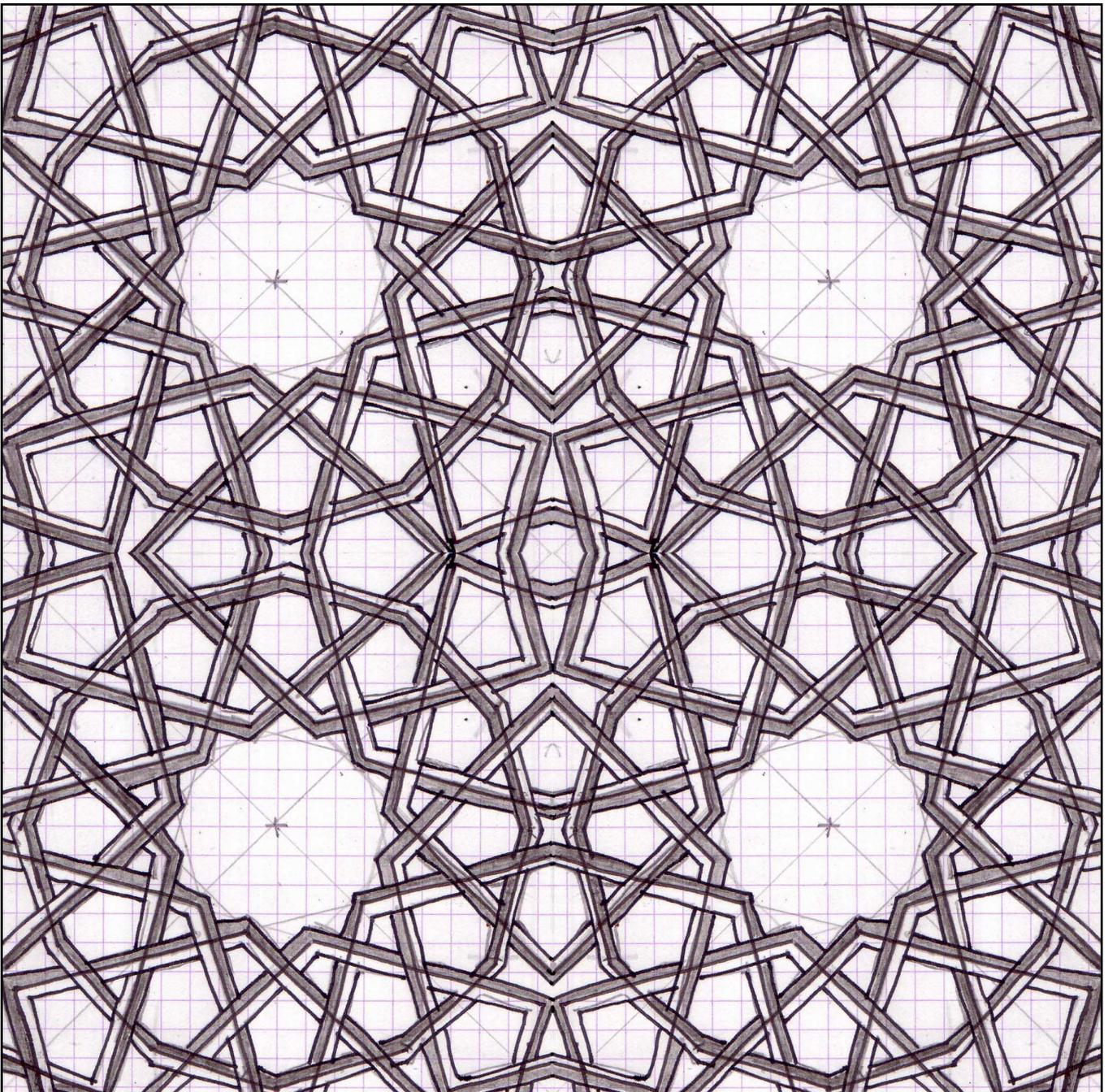
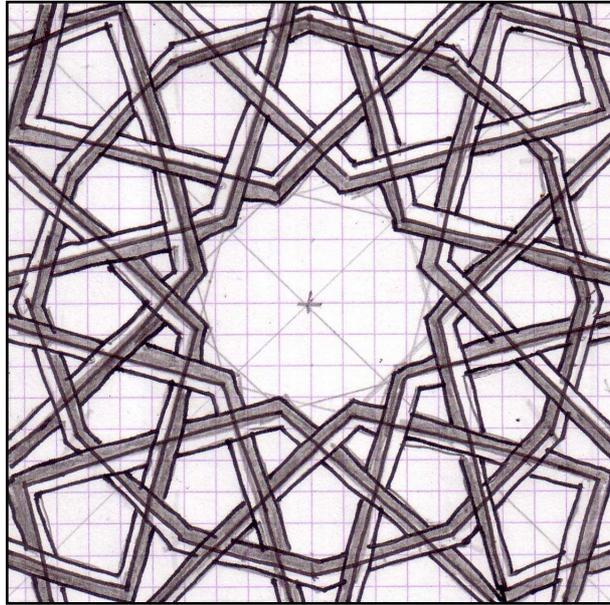
*Sigle de Justinien visible sur le chapiteau des colonnes.*





*Partie centrale de la décoration du minbar.*



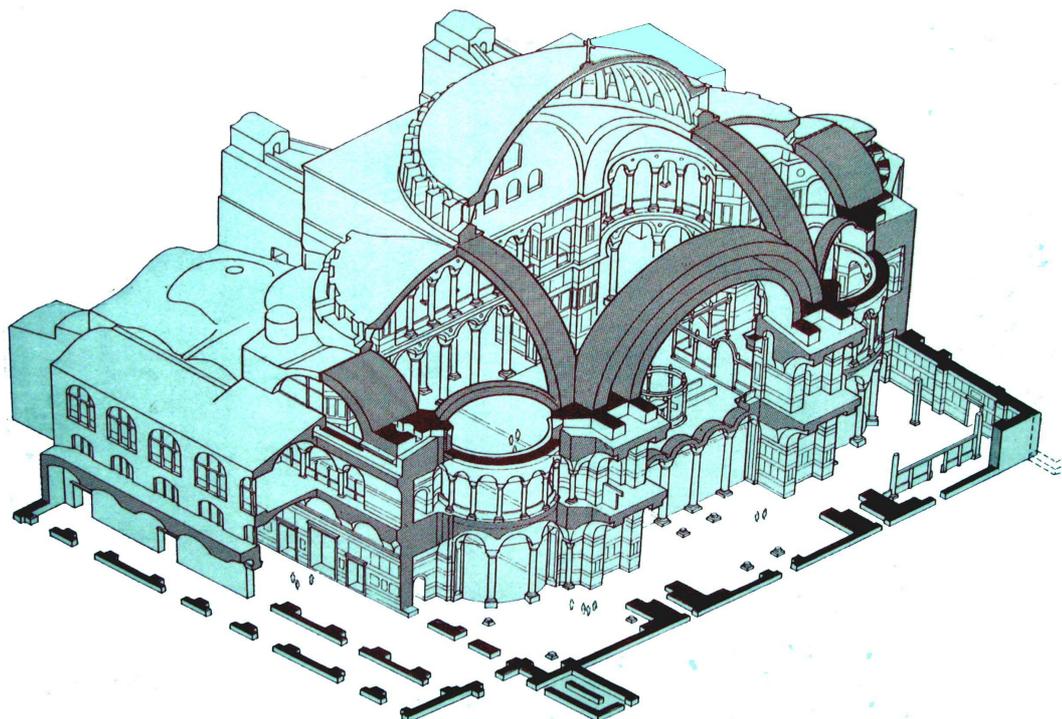


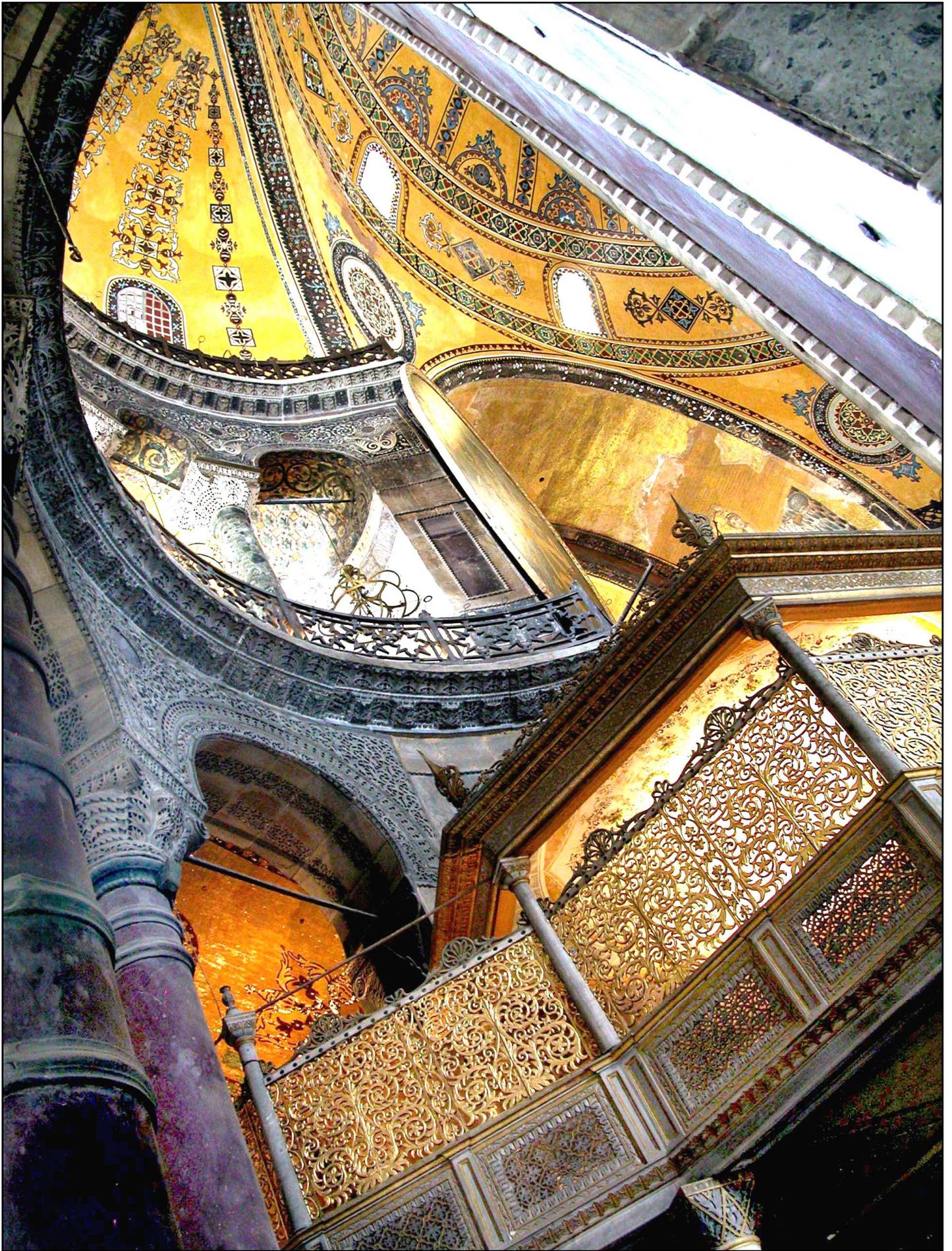
- La voûte en plein cintre :

Héritée directement des romains, la voûte en plein cintre nécessite de sérieux calculs destinés à éliminer les forces d'écartement qui tendent à faire effondrer l'ensemble.

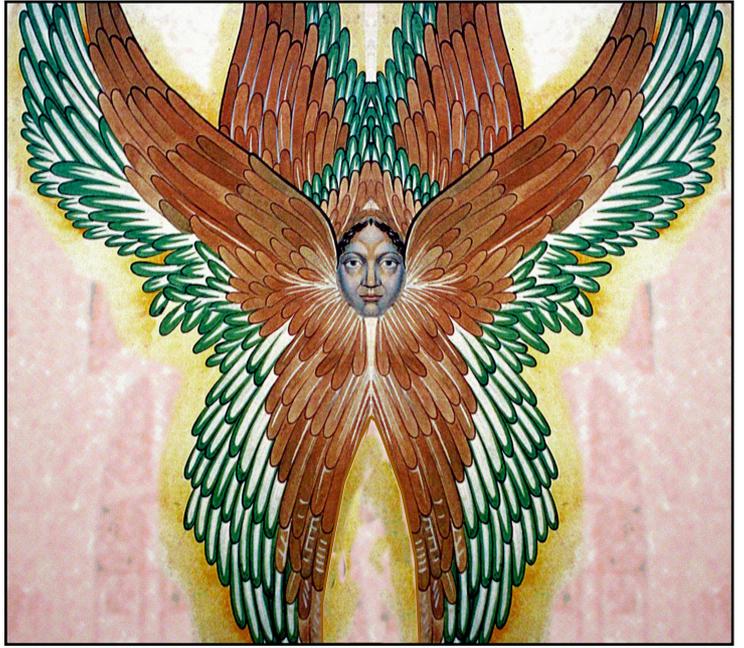


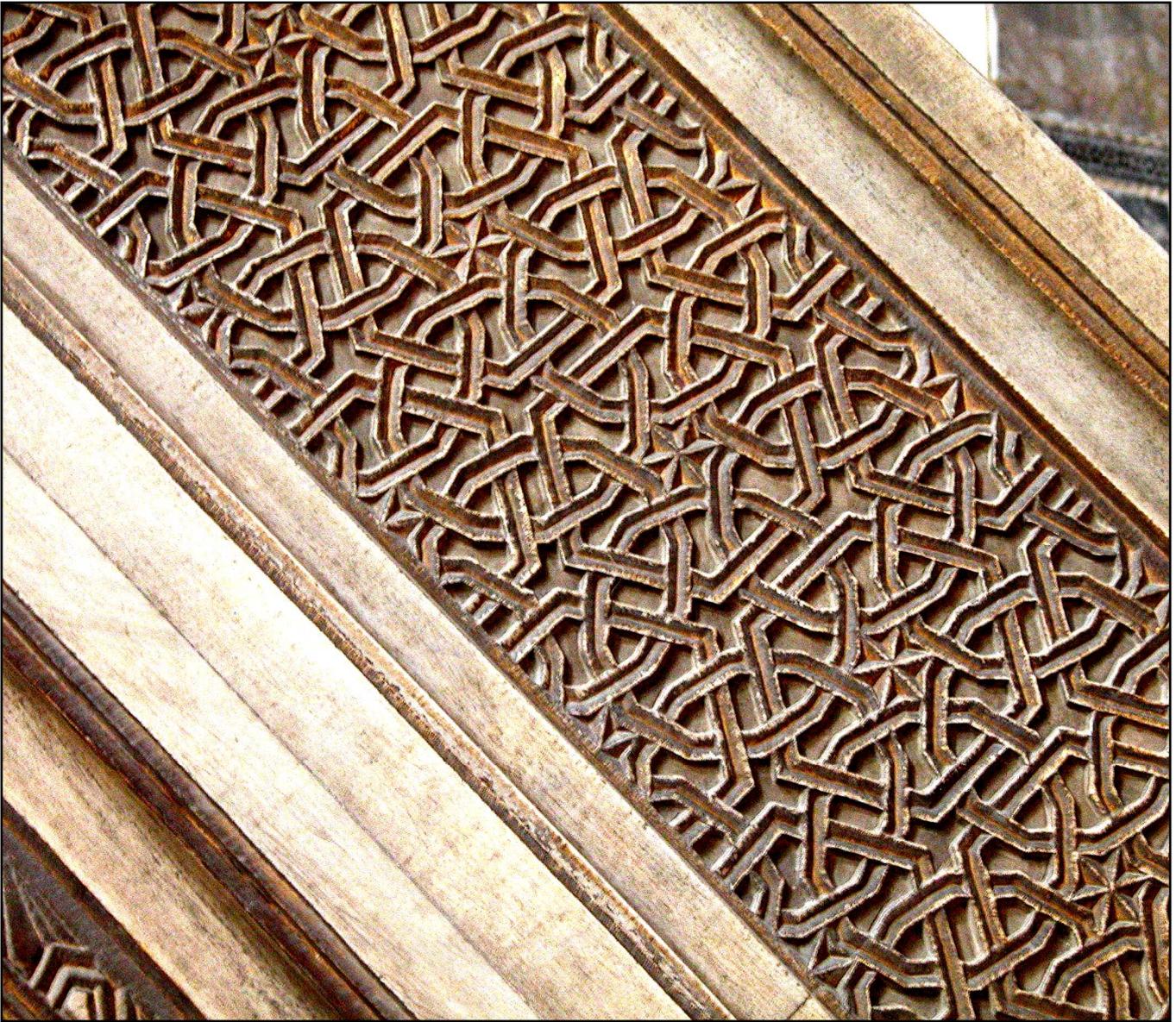
*Voûtes en plein cintre de Sainte Sophie.*



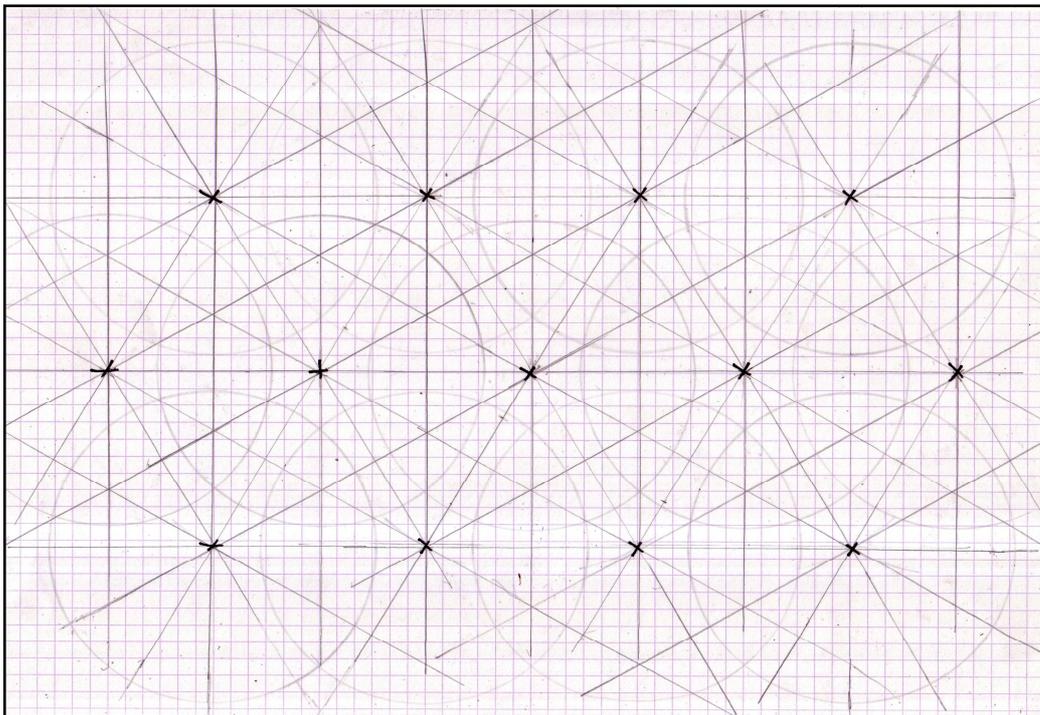


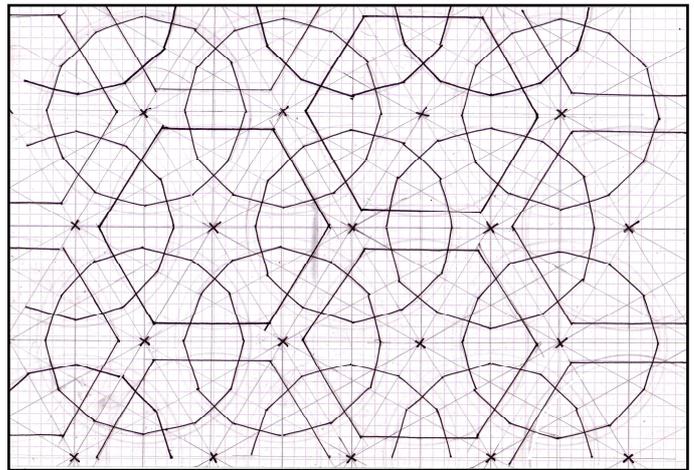
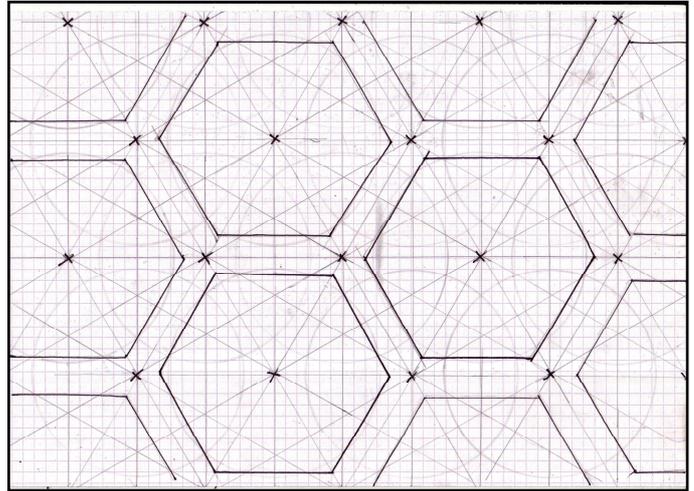
*Nef de Sainte Sophie ; au premier plan la loge du Sultan.*



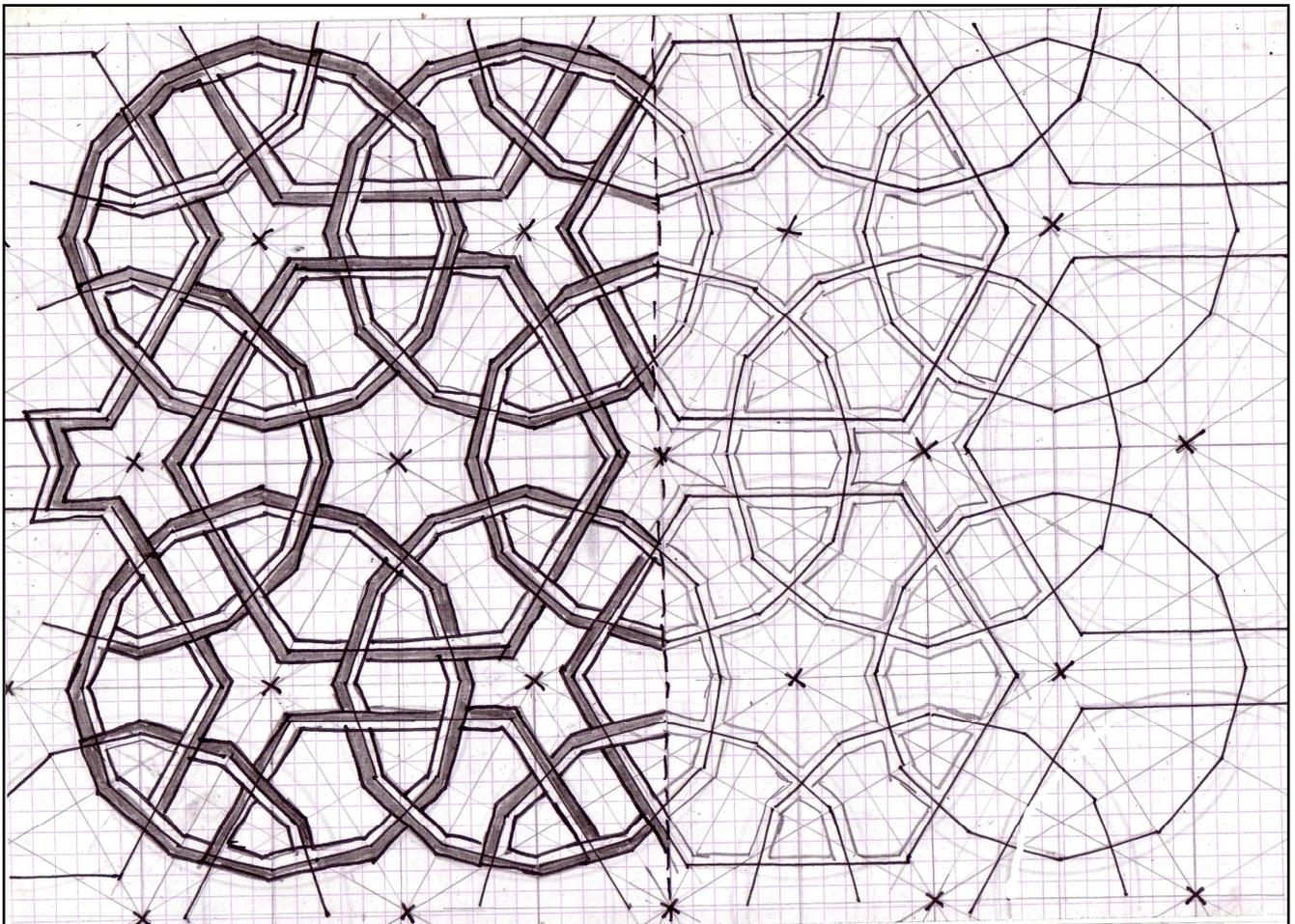


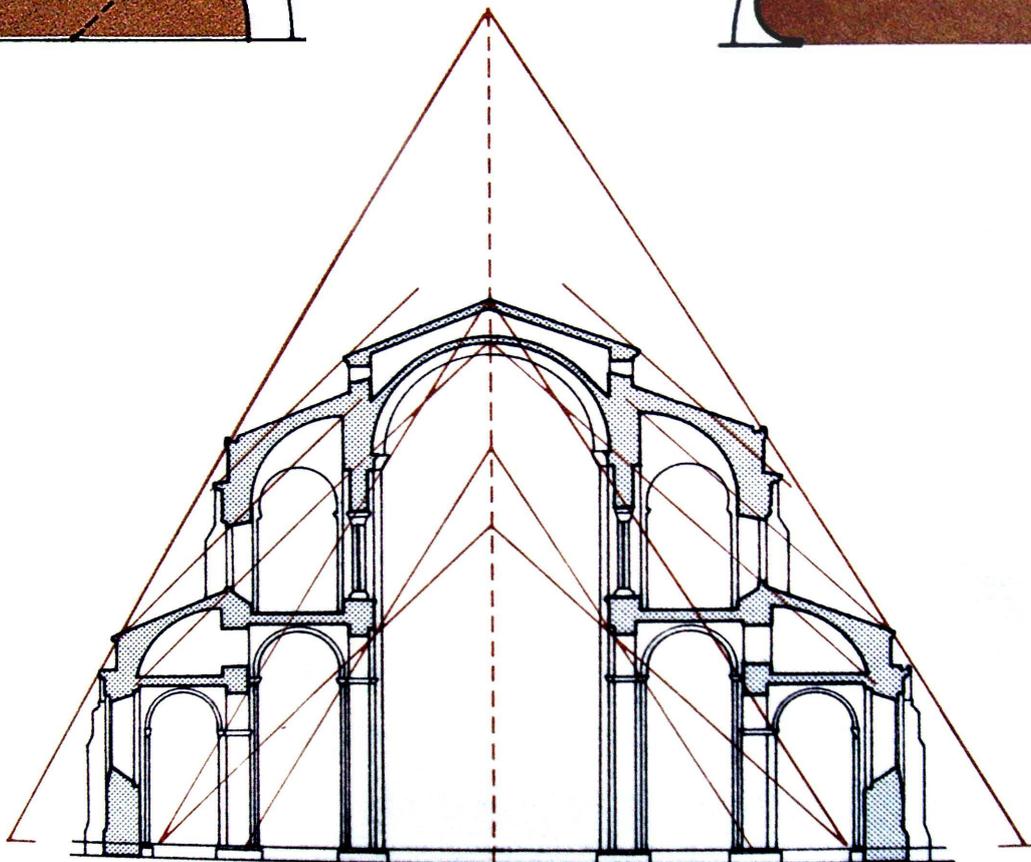
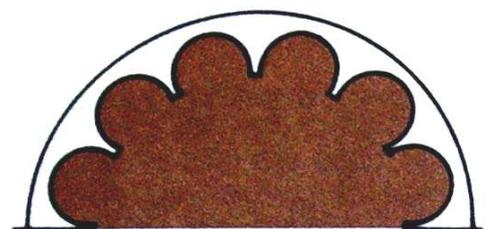
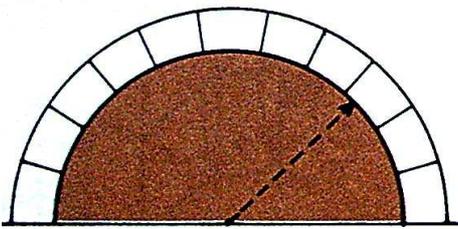
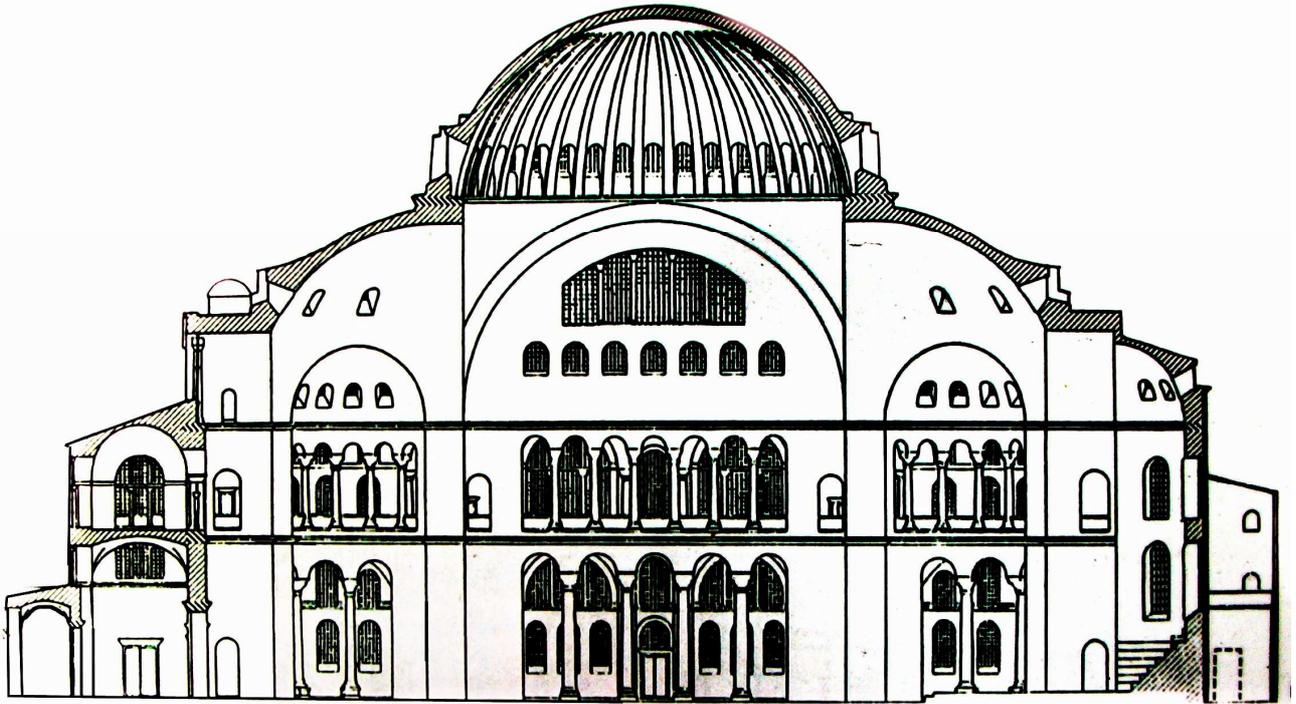
*Panneaux de bois du minbar de Sainte Sophie.*





*Le même motif en zelliges de pierre sur le minaret de la mosquée de Beyazit construite par Sinan à Istanbul.*



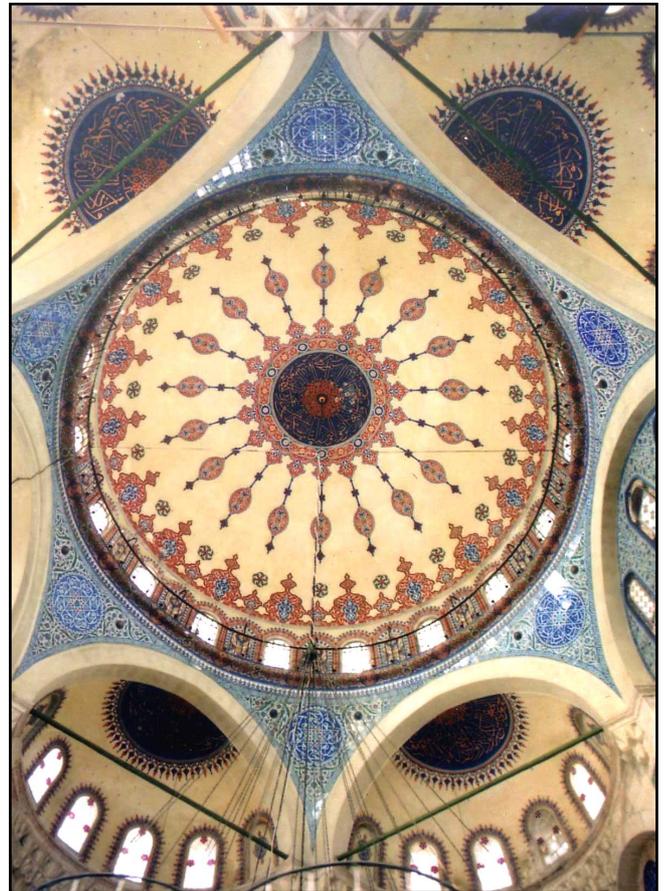


Types de constructions utilisant des arcs en plein cintre :

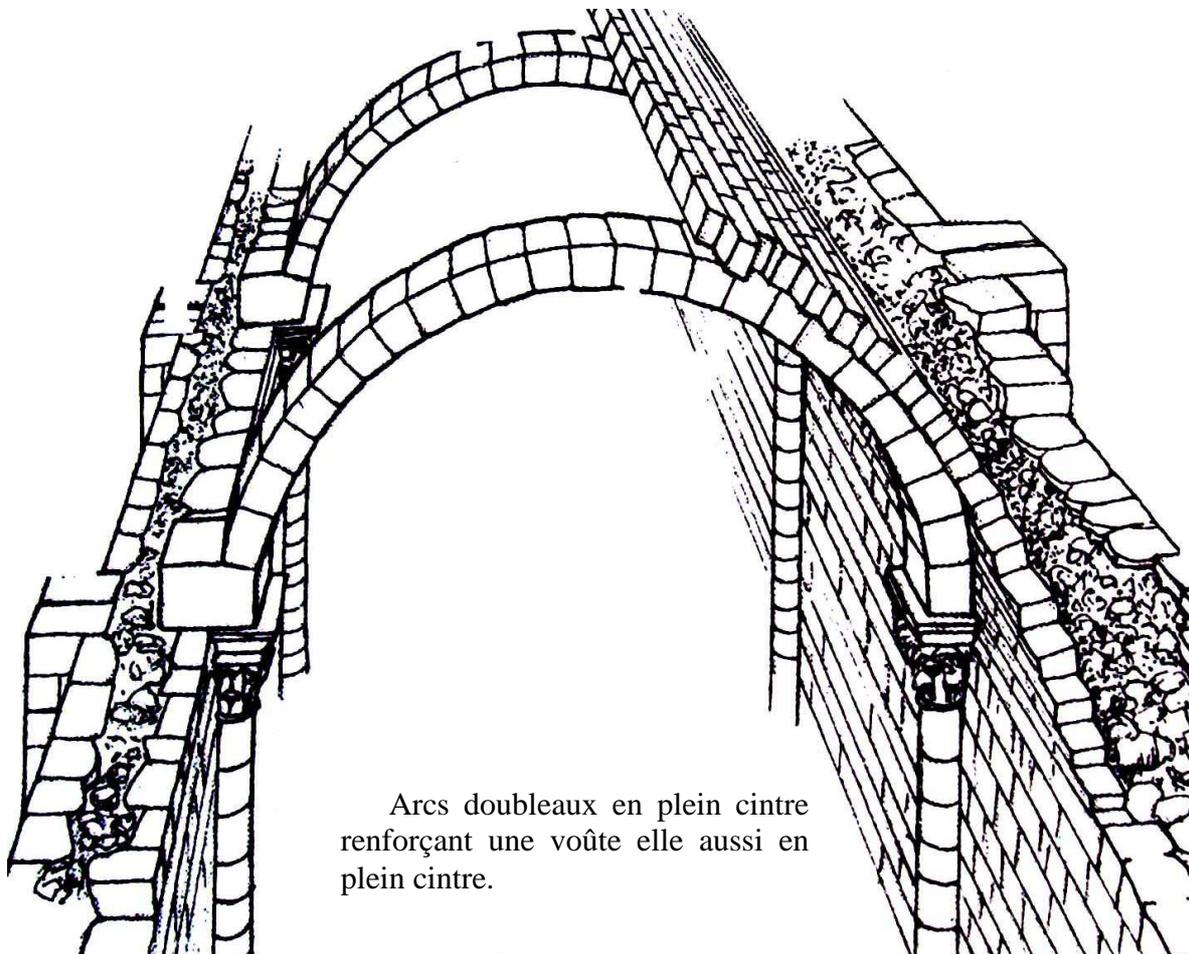
- En haut : Sainte Sophie.
- En bas : plan de construction « ad triangulum » de Cluny au XIème.



*Arc du IXème d'une des églises d'Ani, ancienne capitale arménienne. L'architecture et les motifs de décoration arméniens ont d'abord influencé les Seldjoukides, puis leurs héritiers, les Ottomans.*

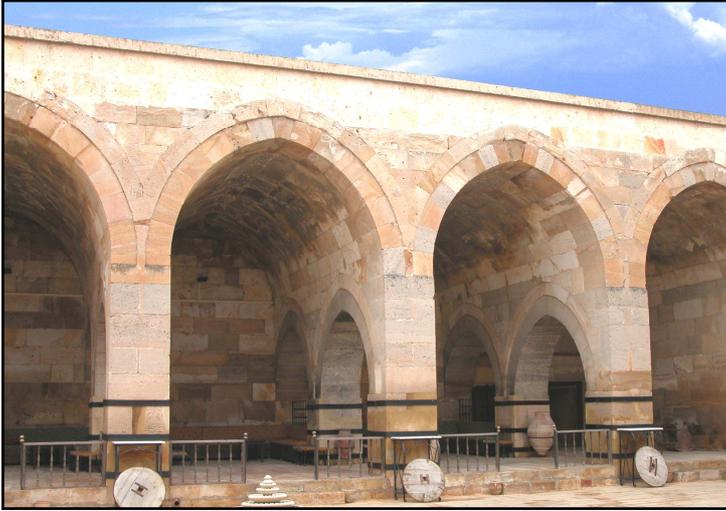


*Mosquée Sokollu Mehmet Pacha construite par Sinan en 1571 : la coupole est soutenue par six arcs en plein cintre.*



*Arcs doubleaux en plein cintre renforçant une voûte elle aussi en plein cintre.*

- Une révolution : l'arc brisé.

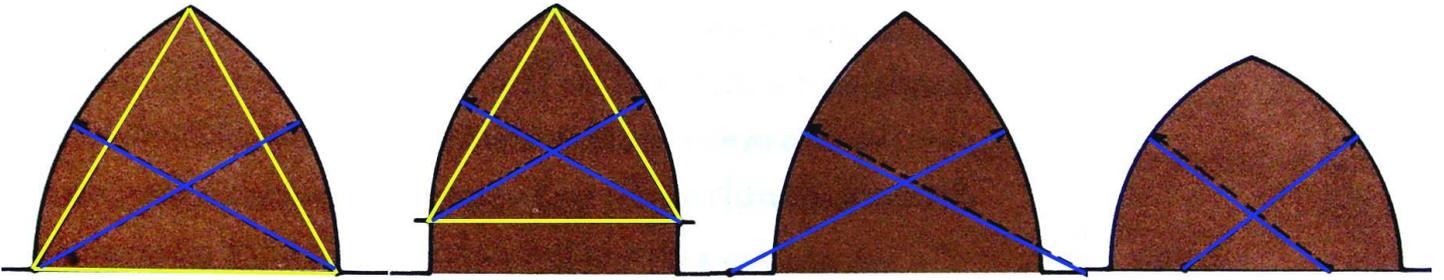


*Arcs brisés de la cour intérieure du caravansérail ottoman de Sarihan.*

*Coupoles de la Yeni Cami construite en 1597, soutenue par quatre arcs brisés.*



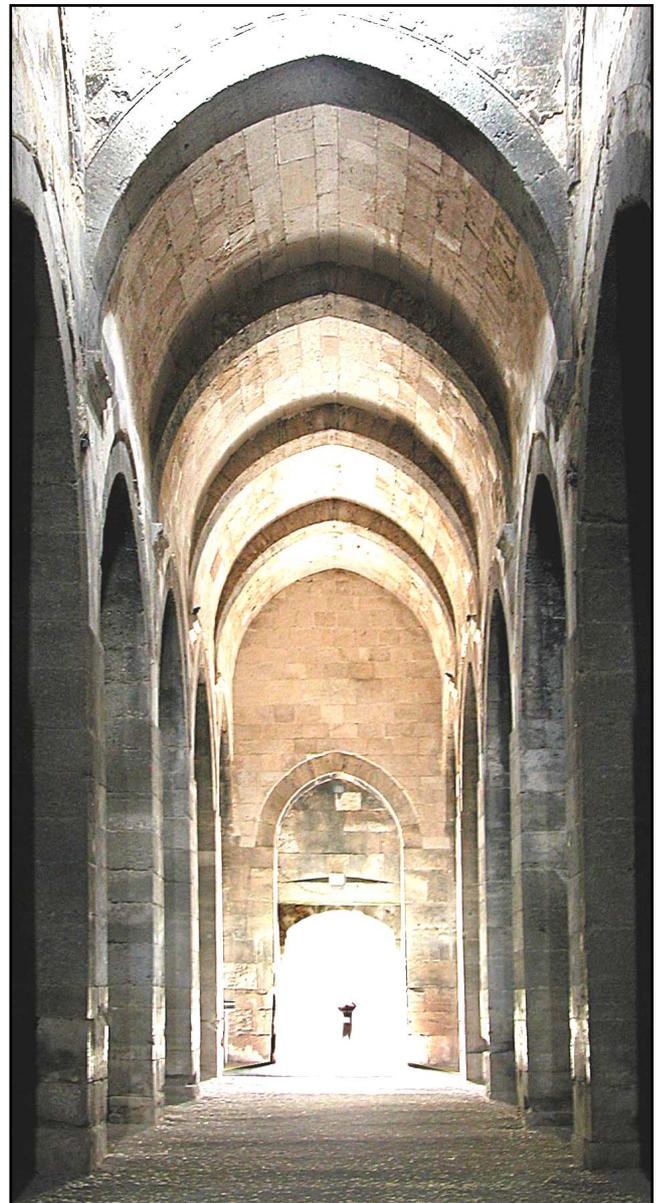
*Voûtes du caravansérail de Sahiran en Cappadoce.*



C'est la partie horizontale de l'arc qui crée la force d'effondrement ; en diminuant cette partie horizontale, cette force diminue. L'utilisation de l'arc brisé et de l'arc persan permet donc de diminuer l'importance de cette force et donc de simplifier le système destiné à l'équilibrer.

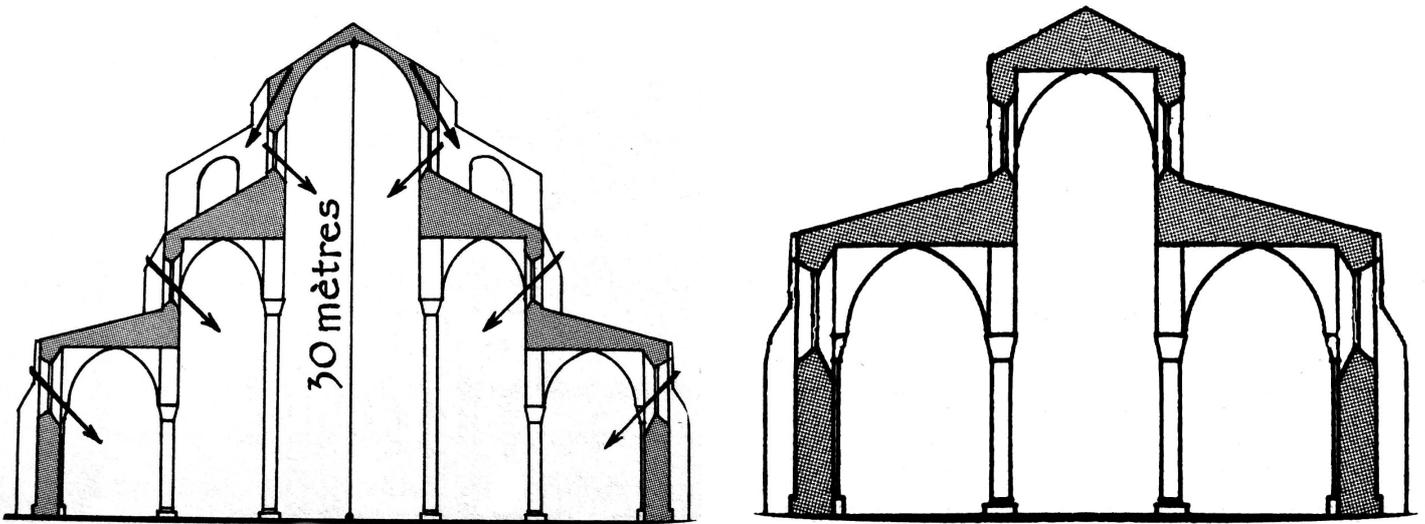


*Cathédrale d'Ani.*

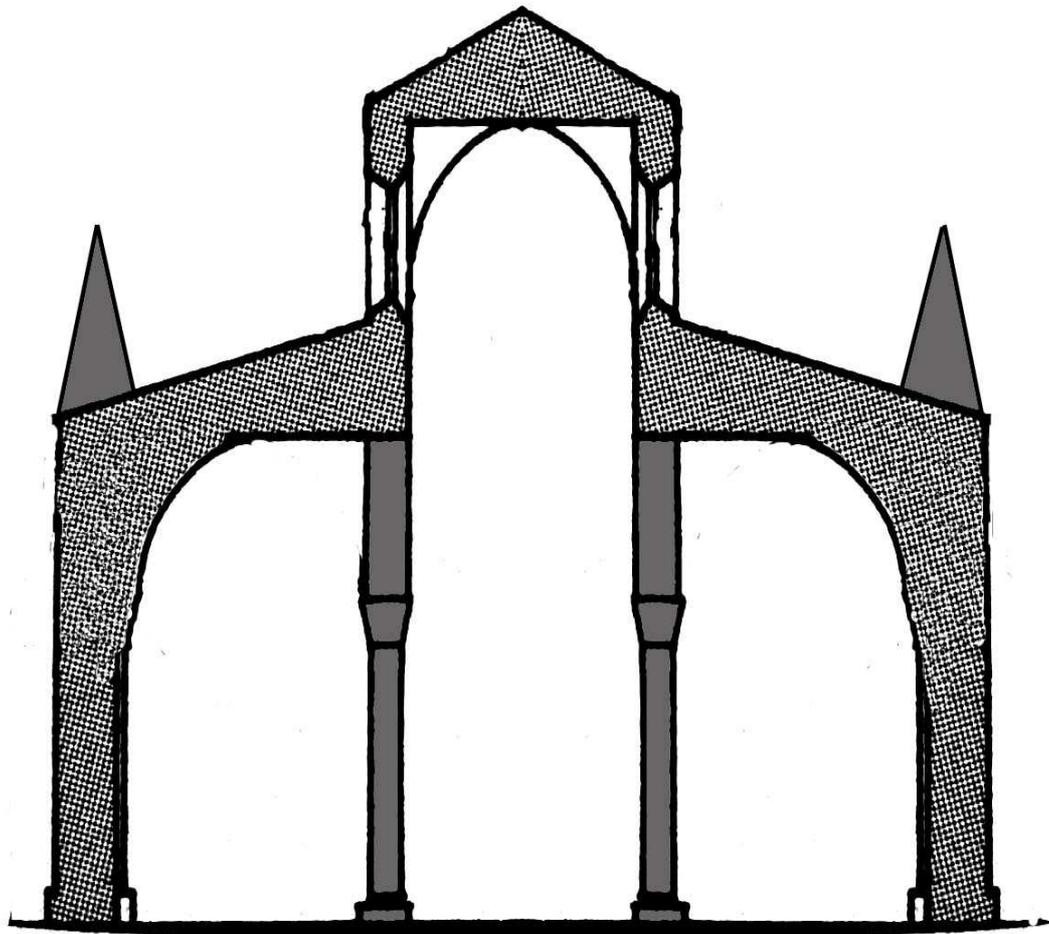


*Caravansérail de Sultanhanı.*

- La solution romane et gothique :



L'ajout de travées latérales permet d'augmenter la surface de sustentation et donc d'élever l'édifice sans rajouter des contreforts trop importants.



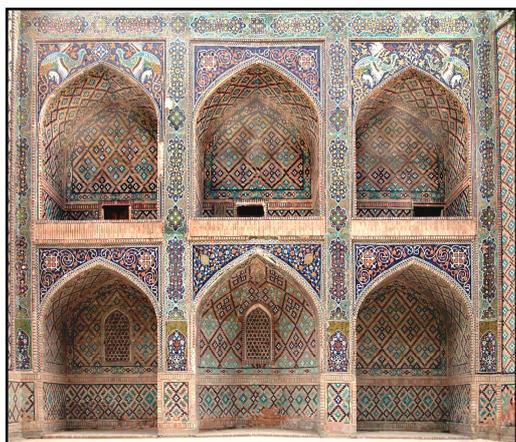
Pour la même hauteur de nef, les travées ont été remplacées par des **arcs-boutants** extérieurs qui augmentent notablement cette surface de sustentation.

- Une autre solution : l'arc persan.

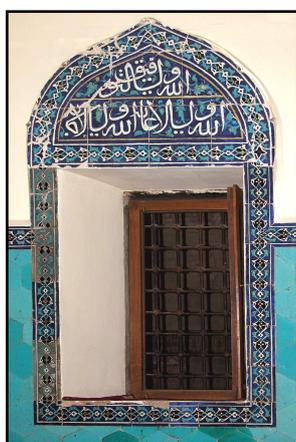
C'est un arc à double foyer qui permet de supprimer la partie horizontale de l'arc en plein cintre qui génère le plus de force horizontale d'écartement.



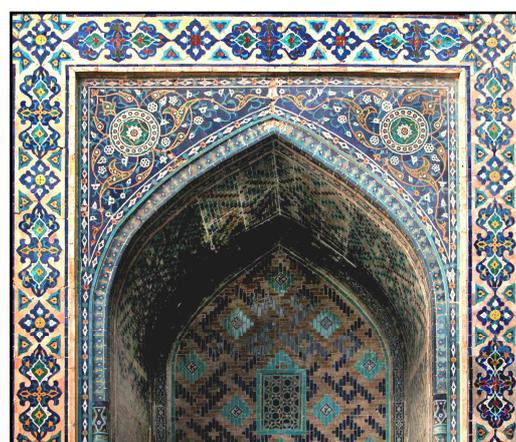
*Pistach d'entrée de la médessa Mir-I-Arab vue de la mosquée Kalon à Boukhara.*



*Façade de la médessa Nadir Divanbegh à Boukhara.*

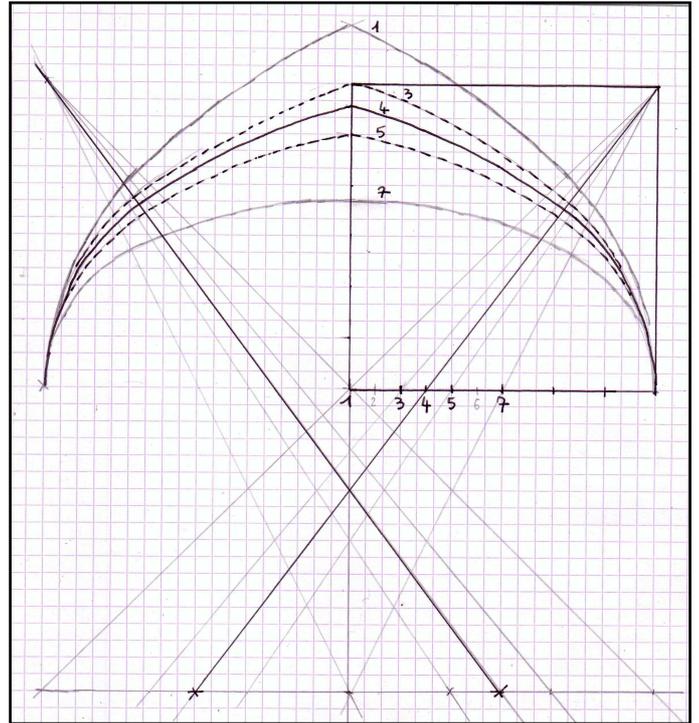
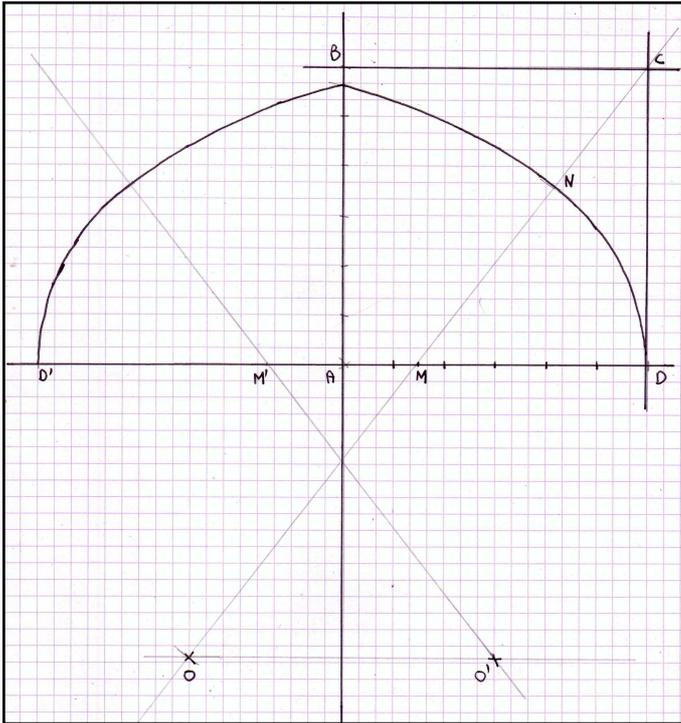


*Bursa : faux arc de la Mosquée Verte.*



*Cellule de la médessa Olough Begh au Registan de Samarcande.*

## Construction de l'arc persan :



Le point M est choisi sur la droite DD' divisée en six segments égaux. O est construit tel que  $CM = MO$ , les deux foyers sont alignés sur la même droite. La variation de la position du point M sur la droite DD' (en 1, 3, 4, 5, 7,) donne les différentes courbures d'arcs.



*Arc des pistaches des monuments du Registan de Samarcande : à gauche la médersa Oulough Begh, au centre la mosquée Tilla Kari et à droite la médersa Chir Dor.*

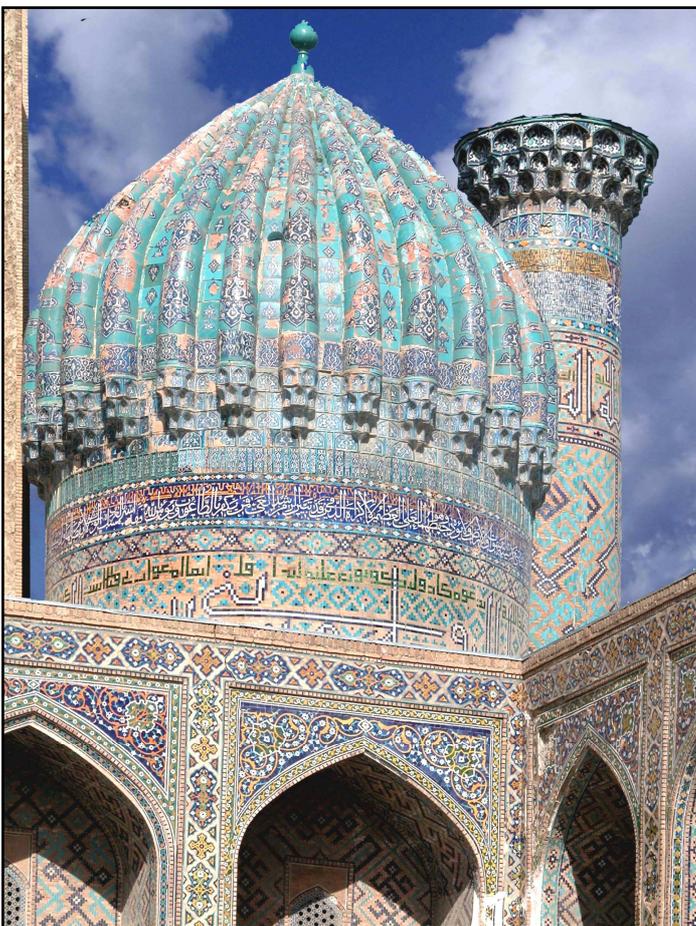
- Le dôme sur tambour : époque timouride.



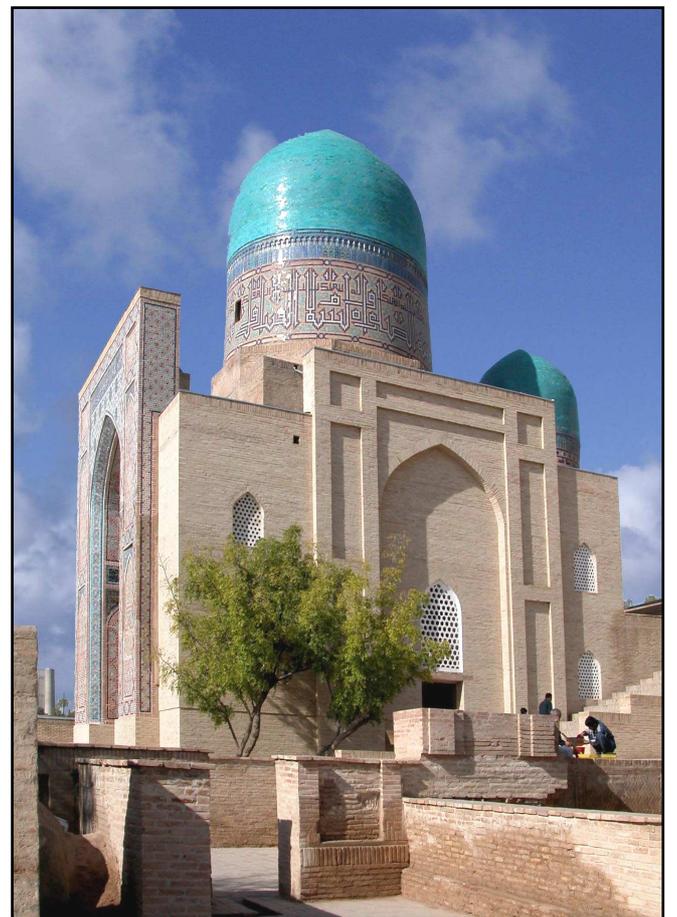
*Dôme de la mosquée Tilla Kari du Registan de Samarcande.*



*Pistach d'entrée de la nécropole de Shah-I-Zinda à Samarcande.*



*Dôme et minaret de la médessa Chir Dor à Samarcande.*



*Mausolée de Kazy Zade Rumi à Shah-I-Zinda.*



*Vue générale de la nécropole de Shah-I-Zinda avec sa forêt de dômes.*

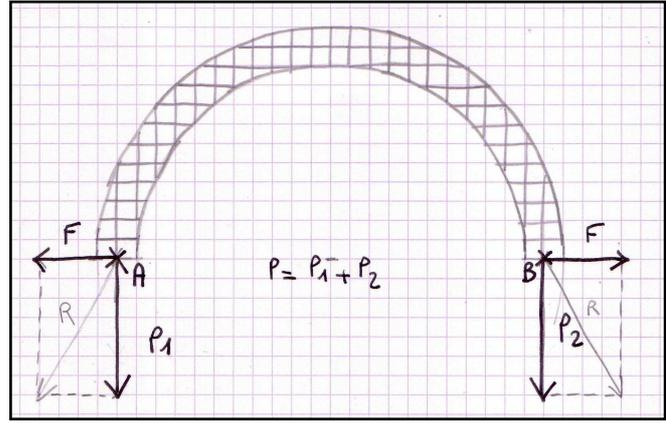
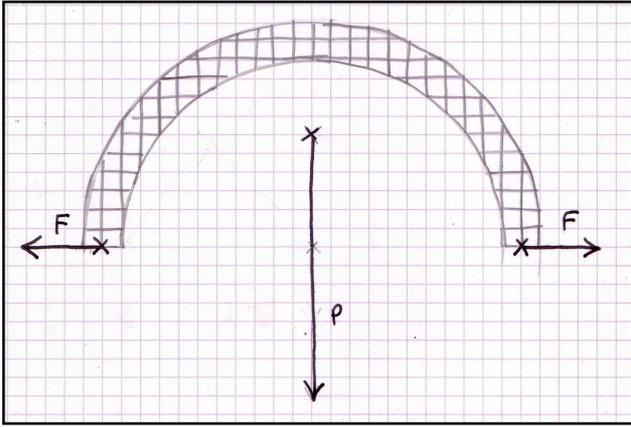


*Mosquée Kalon de Boukhara avec au deuxième plan la médersa Mir-I-Arab et le minaret Kalon.*



Le mausolée d’Ismail Sâmâni construit au début du X<sup>ème</sup> siècle est le plus ancien mausolée de l’époque musulmane. Sa technique de construction, à partir d’un appareil de briques assemblées de différentes manières par groupes de quatre ou cinq marquera les siècles suivants. Son dôme, soutenu par quatre trompes d’angle, est une innovation.

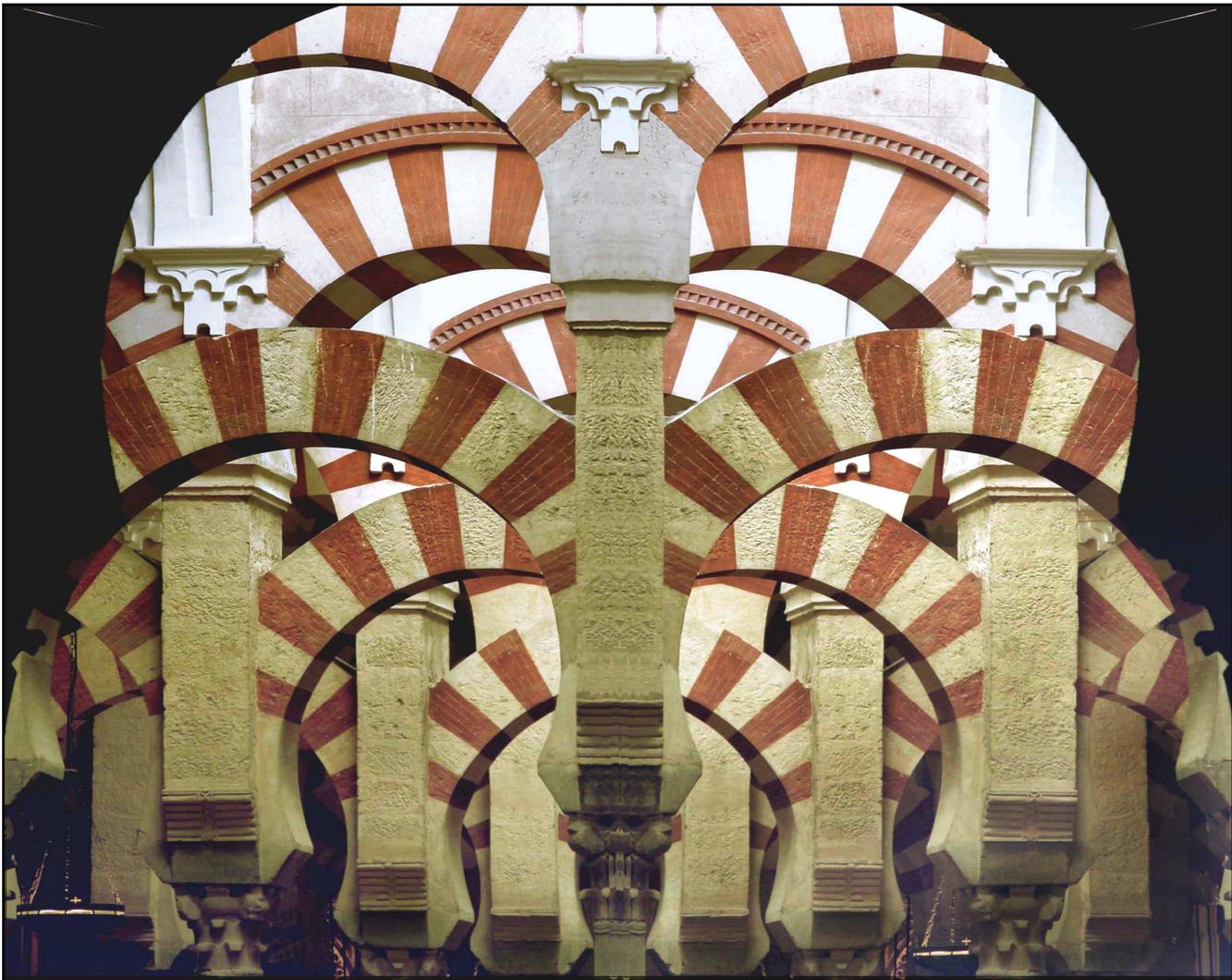
- *La voûte :*



P est le poids total de la voûte s'appliquant en son centre de gravité ; ce poids se décompose en deux forces P1 et P2 aux points A et B, points de jonction de la voûte aux piliers.

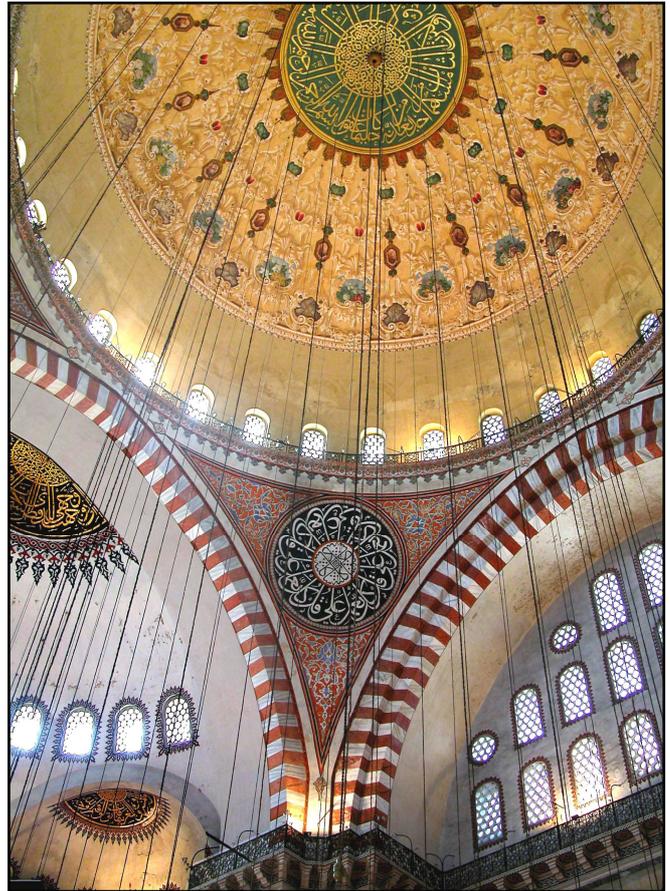
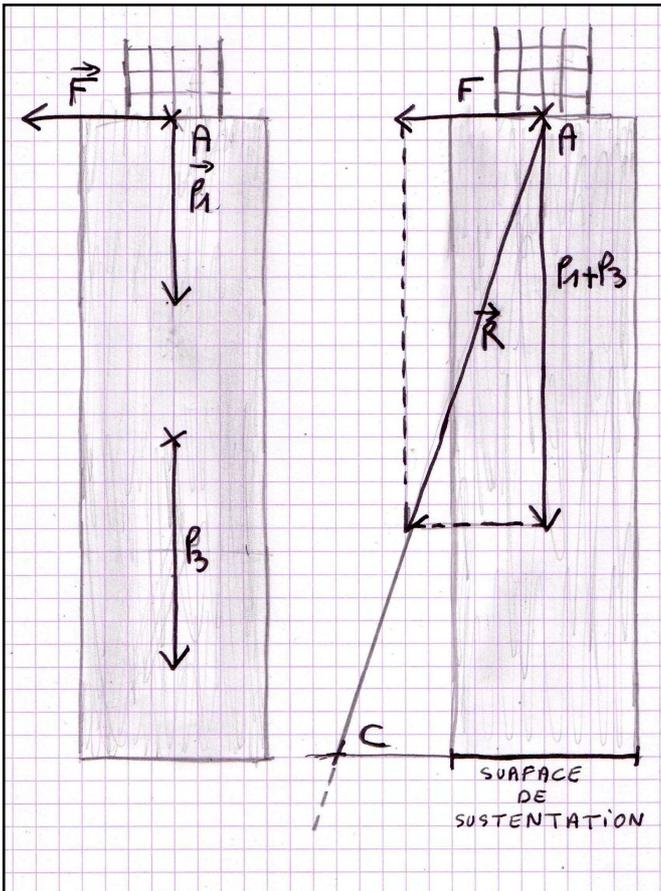
$$P_1 = P_2 = P / 2$$

F est la résultante des forces qu'il faut compenser pour éviter l'effondrement de l'arc ; c'est une force horizontale qui tend à faire basculer le pilier et qu'il faut équilibrer.



*Forêt de voûtes plein cintre outrepassées s'équilibrant les unes par rapport aux autres à la Mosquée de Cordoue.*

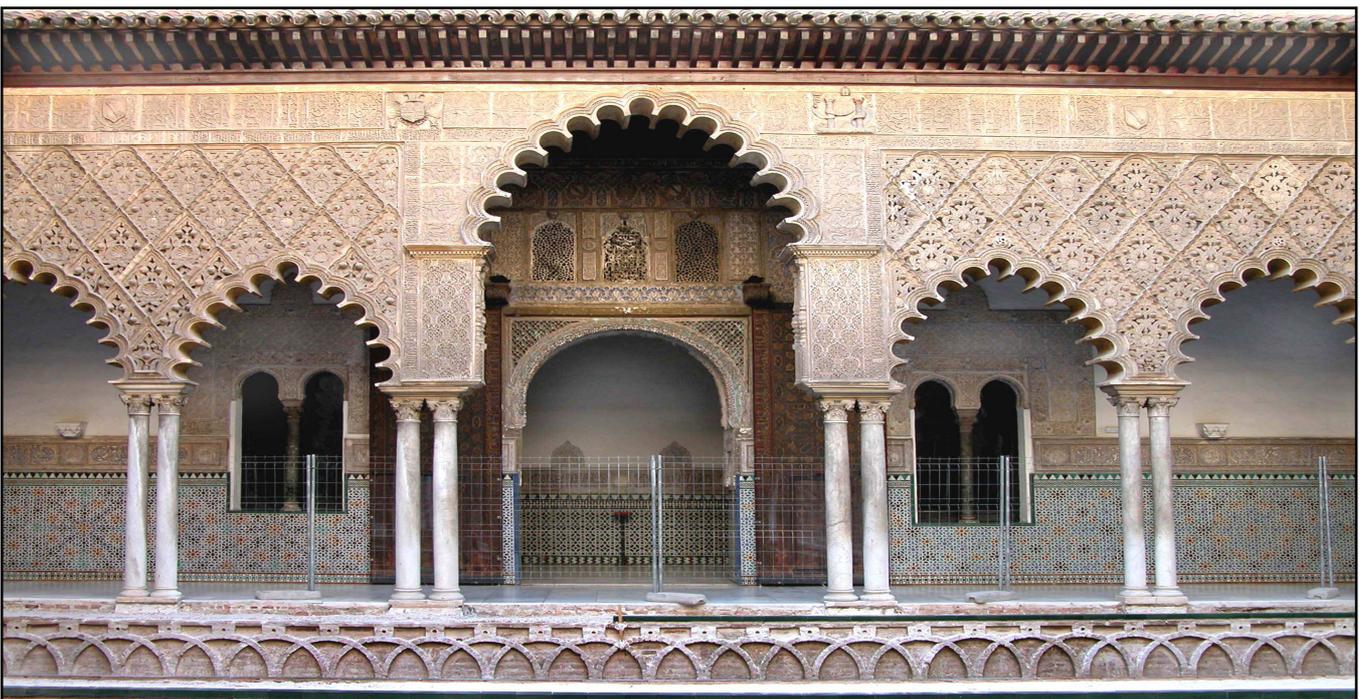
• Les piliers :



Trois forces sont appliquées au pilier :

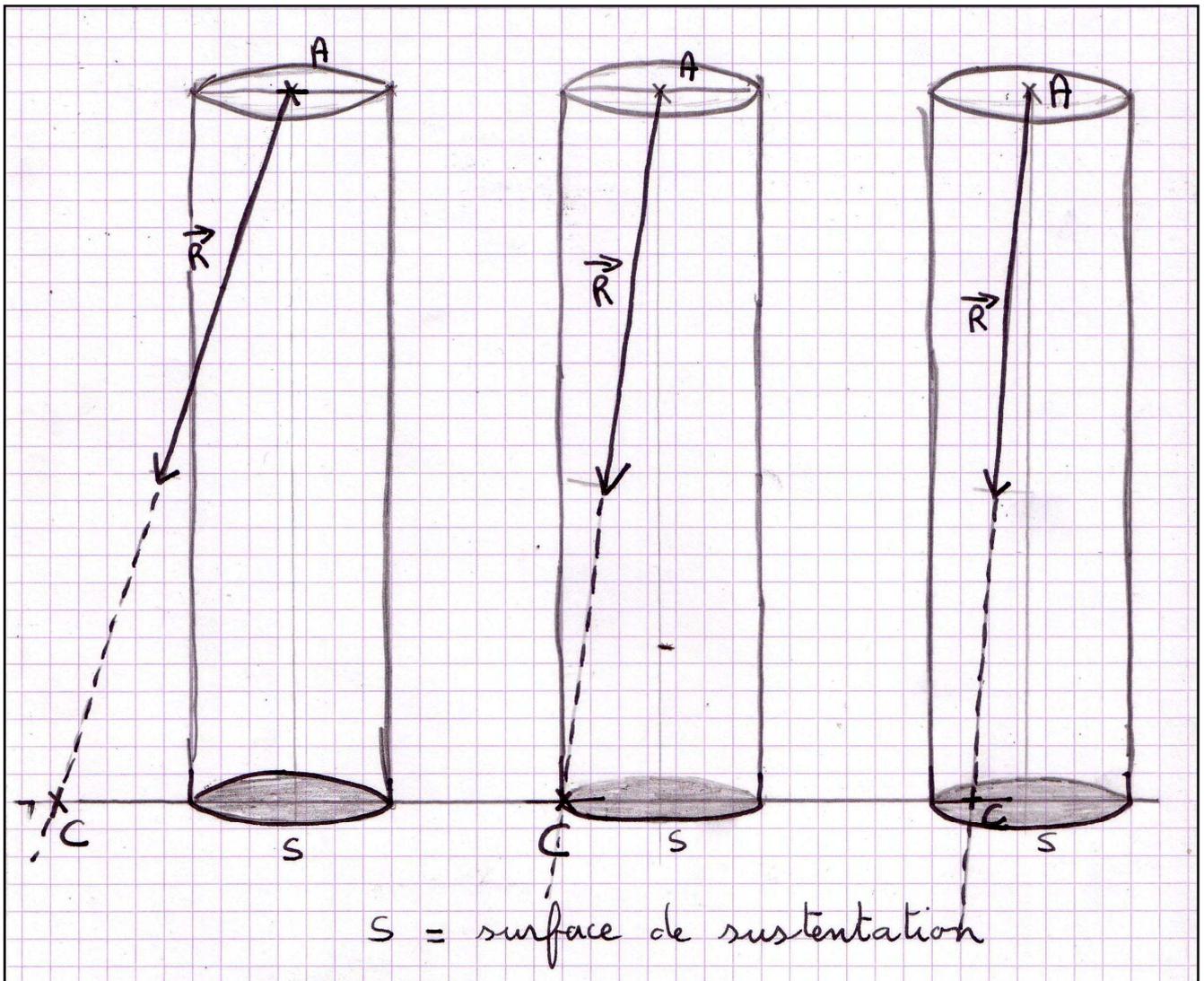
- F force horizontale au point A, à équilibrer.
- Demi-poids de la voûte appliqué en A.
- P3 poids du pilier lui-même : force appliquée en son centre de gravité situé sur la verticale du point A.

La résultante de ces trois forces, appliquée en A, donne une force R. C'est la direction de cette résultante R qui déterminera l'équilibre de l'ensemble voûte et piliers.



Les forces horizontales s'équilibrent entre elles. Patio de las Doncellas de l'Alcazar de Séville.

• La théorie :



R est la force résultante appliquée en haut du pilier, au point A.

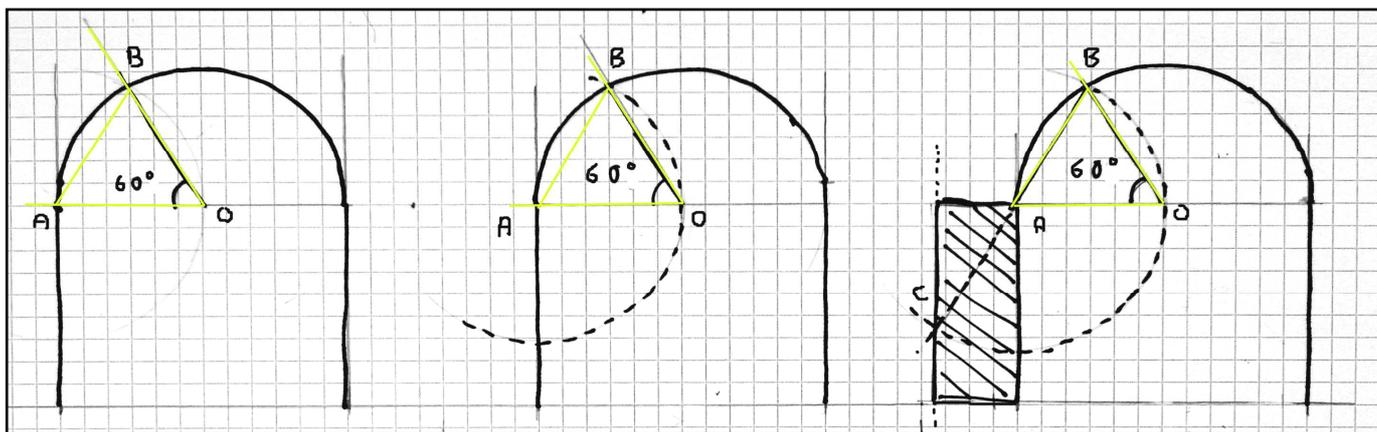
- Si le point C, intersection de la direction de la résultante R et du plan de base du pilier, est hors de la surface S de la base du pilier (surface de sustentation), il y aura basculement et **effondrement** de l'ensemble.
- Si le point C est sur la limite de la surface de sustentation, l'équilibre sera **instable**.
- Si le point C est à l'intérieur de cette même surface, l'équilibre sera **stable**.

Conclusion :

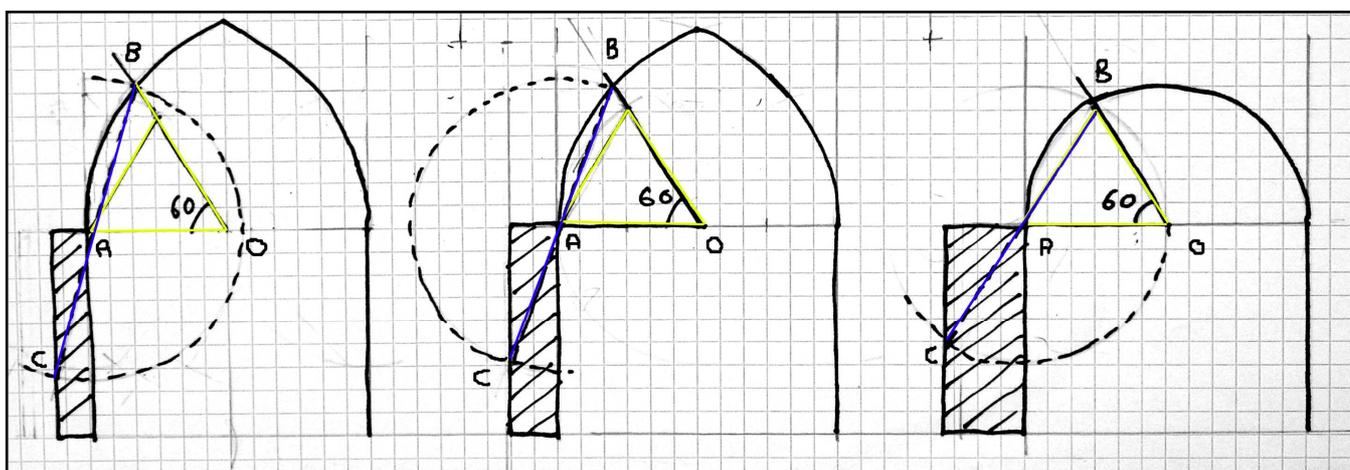
L'équilibre d'une voûte donnée dépend de la situation du point C par rapport à la base du pilier dite **surface de sustentation**. Plus la résultante R est proche de la verticale et plus l'équilibre sera respecté ; cet équilibre dépendra donc des facteurs suivants :

- Du diamètre du pilier : plus il sera monumental, plus sa surface de sustentation S et son poids **P3** seront élevées.
- De la densité des matériaux employés.
- De la hauteur. C'est en effet la hauteur qui tend à éloigner le point C de la surface de sustentation S.
- Le rajout d'un arc-boutant augmente cette surface de sustentation.

- Détermination de la surface de sustentation :



Méthode utilisée par les compagnons au Moyen Âge afin de déterminer la surface de sustentation permettant d'équilibrer la poussée latérale ; pour une hauteur de trois unités et une largeur de voûte de quatre unités : construction d'un angle de  $60^\circ$  de centre O ; son côté OB coupe l'arc en B ; construction du cercle de centre A et de rayon AB ; la droite BA coupe ce cercle en C, ce qui détermine la surface de sustentation nécessaire.

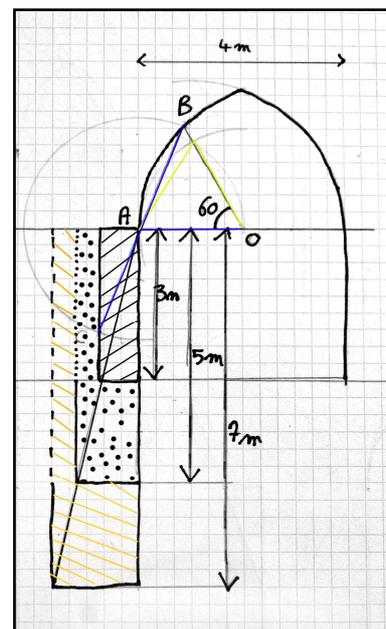
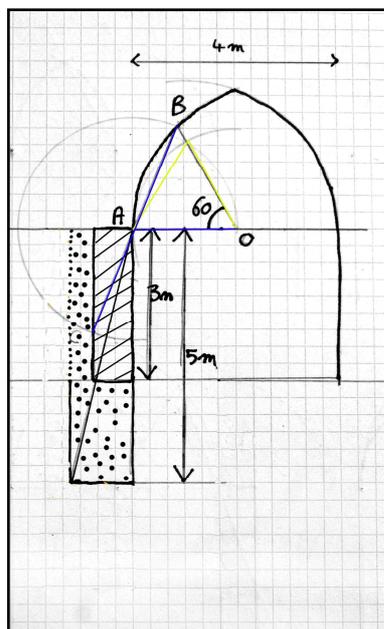
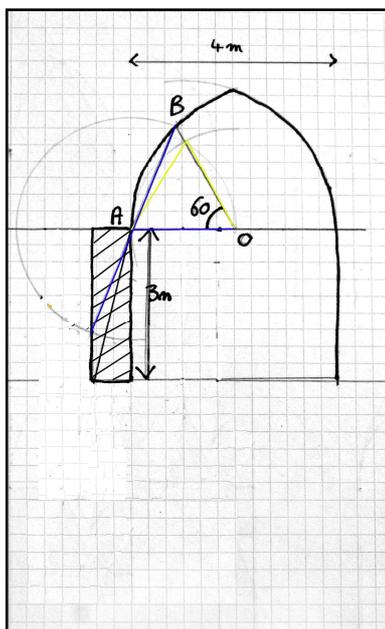


*Arc persan.*

*Arc brisé.*

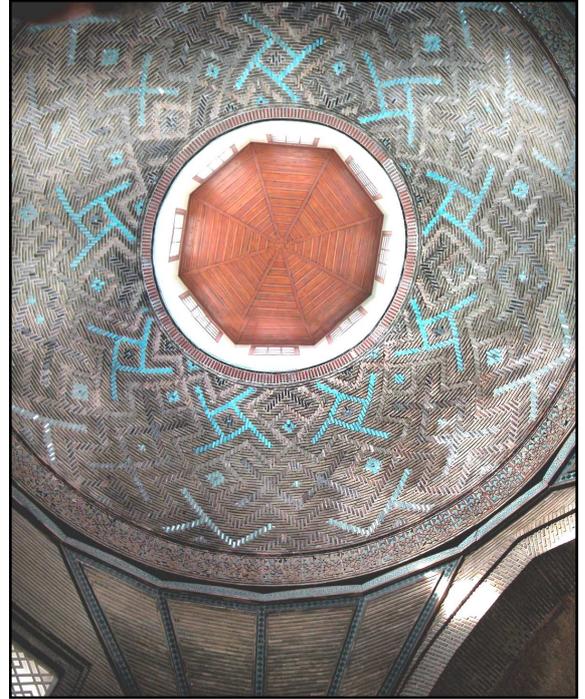
*Arc plein cintre*

Mise en évidence de l'influence de la forme de l'arc sur cette surface.



Pour des hauteurs différentes, c'est la diagonale qui détermine cette surface.

- Une solution très ancienne : l'oculus.



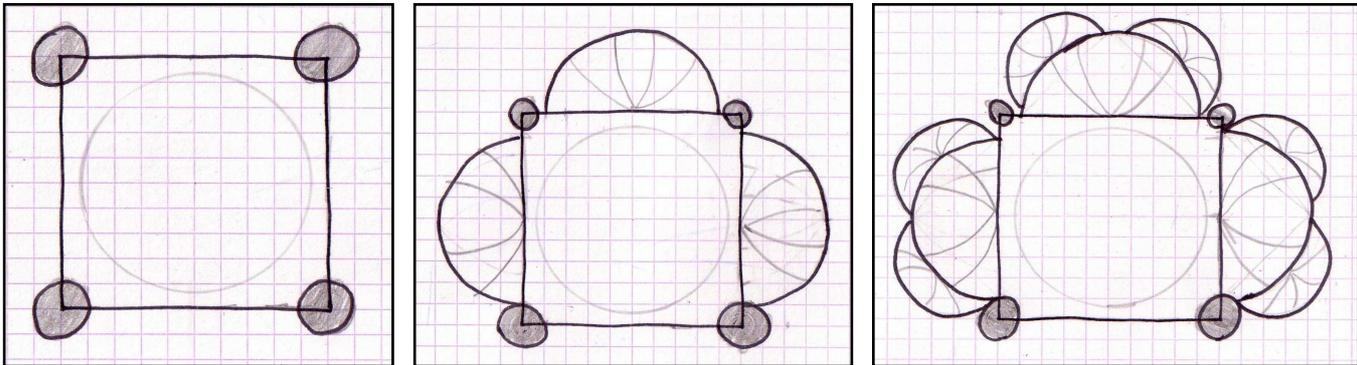
Le dôme peut être considéré comme une voûte à trois dimensions : c'est la partie haute du dôme proche de l'horizontale qui crée toute la force latérale. Les romains, dès l'antiquité, avaient solutionné ce problème (Panthéon de Rome) en supprimant cette partie horizontale, la remplaçant par un vide: l'oculus, qui, de surcroît, permettait d'éclairer l'espace intérieur.



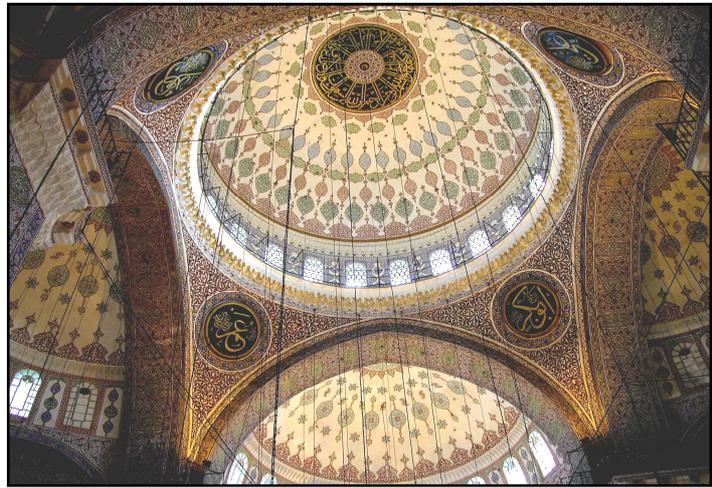
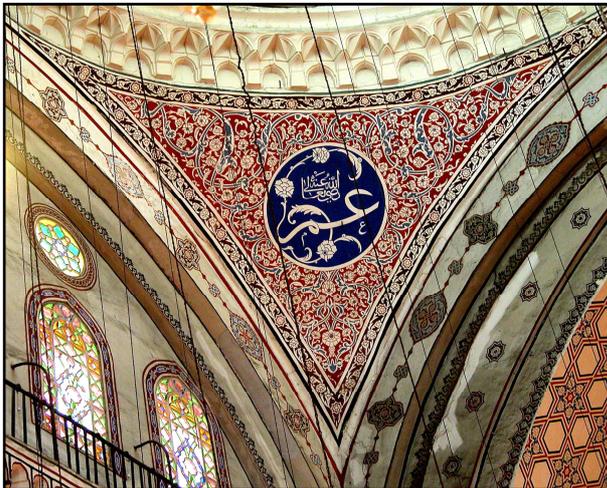
*Les Turcs ont utilisé ce procédé : Ince Minare à Konya.*

- La solution Byzantine puis Ottomane :

C'est la masse des quatre piliers de Sainte Sophie et leur diamètre de 7 m de diamètre qui soutiennent le dôme de 32m de diamètre situé à 56m de haut et couronnant une nef de 80 m sur 70 m. Trois grandes demi-coupoles renforcent le rôle des piliers sur trois côtés ainsi que six petites demi-coupoles d'angle.



Pour absorber et canaliser cette résultante  $R$  dans la surface de sustentation, plusieurs étages de contreforts en forme de demi-coupoles ont été rajoutés. La diminution de cette composante horizontale permet soit d'affiner les piliers soit d'augmenter la hauteur de la salle sous la coupole.

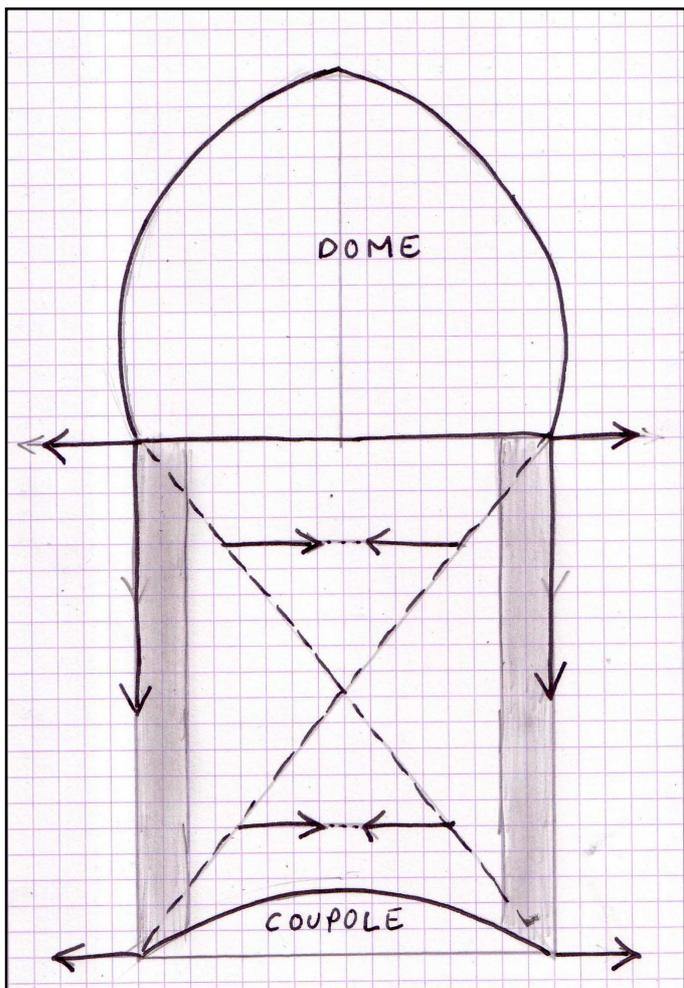


Le **triangle Turc** est l'espace compris entre le bas de la coupole et les deux arcs latéraux la soutenant ; il remplace les trompes d'angles.



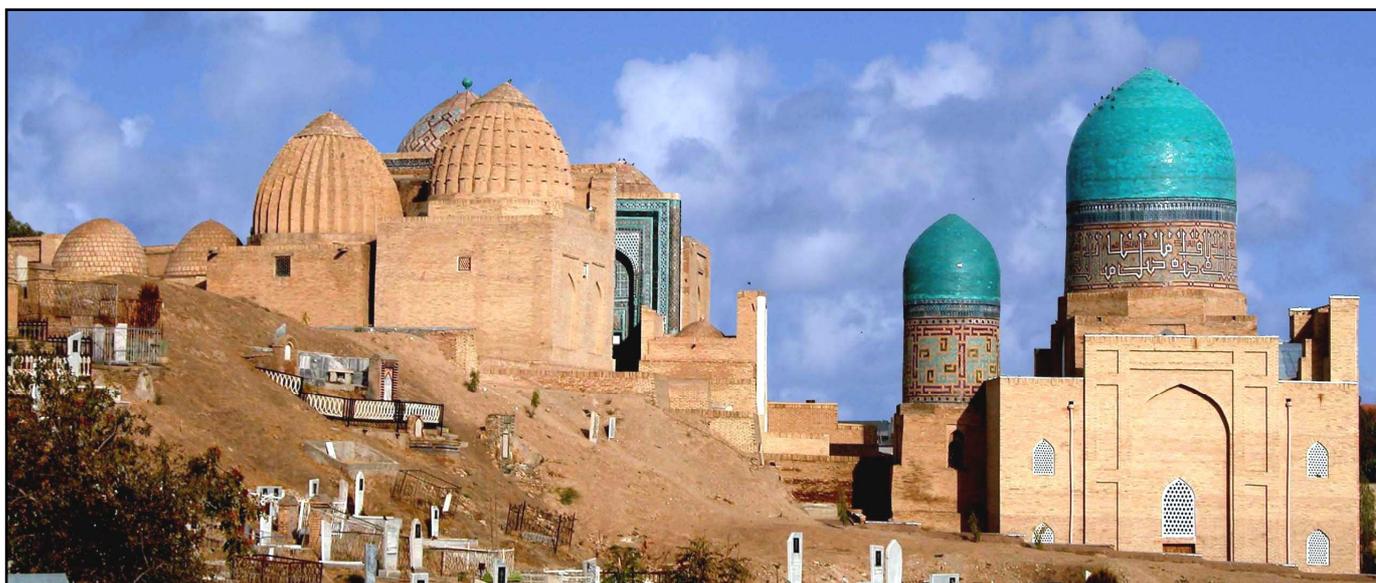
*Dôme et demi-coupoles de contreforts de la Süleymaniye construite par Sinan en 1550.*

- *La solution Perse :*



*Tambour et dôme de la médessa Mir-I-Arab à Boukhara.*

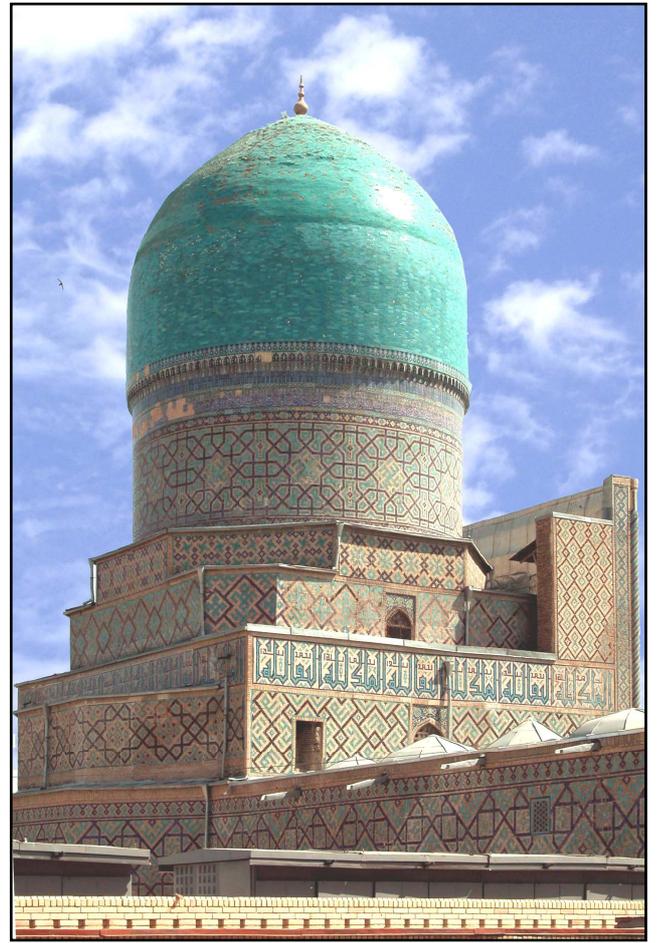
Le dôme couronne un tambour en forme de cylindre. Ce tambour absorbe la poussée verticale pour la transmettre à la base. Les poussées horizontales du dôme et celles de la base de la coupole sont équilibrées par un appareillage de poutres cachées dans le tambour. La présence de la coupole au bas du tambour empêche de voir tout cet enchevêtrement de poutrelles.



*Vue générale de la forêt de tambours et de dômes de la nécropole de Shah-I-Zinda à Samarcande.*



*Dôme renforcé par des côtes de la médessa Chir Dor de Samarcande.*



*Dôme à tambour de la mosquée Bibi Kanun à Samarcande.*

