

LES PROPORTIONS DANS L'ARCHITECTURE MUSULMANE

Reçu le 06/10/2007 – Accepté le 20/04/2008

Résumé

L'objectif de cet article est de mettre en évidence le choix d'utilisation de certains aspects architecturaux qui caractérisent l'architecture musulmane, tels que ; l'arc, la voûte, et la coupole.

La conception, la construction et l'utilisation de ces éléments semblent être générée par des impératifs qui sont liés d'une part à la structure et à la stabilité du bâtiment, et d'autre part à la qualité du confort thermique du bâtiment.

Ces aspects sont caractérisés par l'impact des techniques exécutions employées (pour franchir de grandes portées et produire des espaces libres) et aussi par les l'utilisation des proportions et formes qui sont adoptées au niveau des toitures (voûte, coupole et parabole).

En outre, cet article présente une étude comparative qui consiste à confronter les techniques de constructions anciennes aux méthodes de conceptions contemporaines. Par conséquent, cette analyse a permis de déterminer que le choix de la forme et des proportions de ces éléments obéit aux règles élémentaires de stabilité structurelle du bâtiment.

Aussi, il semble que l'aspect formel définit par les formes de toitures en coupole et en voûte engendre une amélioration de la qualité du confort des bâtiments dans les arides et semi-arides.

Mots clés: Architecture musulmane, proportion, forme, parabolic, technologie, climat

Abstract

In this paper, evidences are forwarded upon the choice and the use of some Islamic architectural elements such as the arch; the key stone and dome which are not hazardous. The volumetric and shapes are technically and practically imposed, in order to ensure the stability of structures.

However, the climate effect on the geometry proportion is also, as important, because the intensity of the radiation affects directly the thermal behavior of the elements, as far as the temperature and the light are concerned.

A comparative study is hereafter presented in this paper, with the techniques of the old-construction's systems are compared to the modern design methods, in order to show that, the choice of the shape and proportions of the architectural elements, follows some elementary rules of physical and structural stability.

Keywords: Islamic Architecture, proportions, shapes, parabola, technology, climate.

S. MANSOURI*
T. SAHNOUNE**

* Centre Universitaire de Tébessa
**Département d'Architecture
Faculté des Sc. De la Terre
Université Mentouri Constantine

ملخص

في هذا البحث ارتأيت أن أنوه على أن استعمال بعض عناصر الهندسة المعمارية الإسلامية أخص بالذكر منها القوس، القبة و القبو ليس استعمالا تلقائيا من أجل جمال شكلها أو بهاء منظرها، بل هي حتمية و ضرورية من أجل الحصول على فضاء شاسع لأغراض وظيفية. لأن طبيعة هذه الأشكال و قياساتها تساعد على ثبات هيكلها. كذلك تأثير المناخ على الشكل الخارجي لهذه الأجسام المخروطية يمثل أهمية في البحث عن رفاهية الفرد داخل مبنى ذو قياسات معينة. هذا البحث يتناول دراسة مقارنة بين التقنيات القديمة للبناء مع أساليب التقنيات والبيات التكنولوجية الحديثة، من أجل إثبات أن اختيار هذه الأشكال بات حتميا في غياب بديل للحصول على فضاءات واسعة. لأن الشكل ذو القطاع المخروطي له قياسات و خصائص تساعد على ثبات هيكله دون اللجوء إلى تكنولوجيا متطورة. من الناحية المناخية الدراسة على أشكال و قياسات القبوة و القبة بات حتميا مقارنة مع الأشكال المسطحة. إن أهمية خصائص القطاع المخروطي الذي يمثل الشكل الثابت حيث جميع القوى الداخلية فيه تمر على مسار الشكل نفسه، سواء كان هذا الشكل قوس، قبوة أو قبة، كل هذه الأشكال لديها قياسات متناسبة (طول، عرض، ارتفاع أو سمك) و تكون وحدة متينة مثل شكل الكرة الأرضية الأهلجية الشكل أو شكل البيضة أو شكل قوقعة البحر ذات الشكل المتين. إن هذه الأشكال طبيعية و موافقة للقوانين العلمية فكل قياساتها متناسبة لا يصح تغيير قياس دون تغيير القياسات الأخرى وإلا فالشكل ينهار. و من الناحية المناخية هذه الأشكال المخروطية و المقعرة تستقبل إشعاعات قليلة من حرارة الشمس، مما يؤدي إلى نقصان درجة الحرارة على السطح الخارجي الذي بدوره تنخفض درجة التسرب الحراري إلى داخل هذه الأشكال، الشيء الذي يلفظ الجو داخل البناء دون استعمال المكيفات الاصطناعية.

INTRODUCTION

Depuis la nuit du temps, l'homme a toujours octroyé beaucoup d'importance à la forme et à ses proportions, nul ne peut se soustraire à l'attrait envoûtant d'une belle forme nantie de jolies proportions. Les traces de ces civilisations sont pérennes de sorte que les mêmes principes de construction sont transmis d'une civilisation à une autre, à chaque fois, des techniques nouvelles plus performantes, jusqu'à la création des matériaux artificiels modernes hautement qualifiés à la construction.

2 - Choix du thème

Le sud Algérien, loin de toutes influences étrangères, notamment celle du cohabitant français durant la période coloniale, a su conserver sa propre culture, ses us coutumes ainsi que ses techniques de construction. Tout ce patrimoine culturel et architectural offre aujourd'hui un terrain particulièrement riche et miraculeusement intact pour l'étude de l'architecture musulmane. Dans cette étude, l'objet de recherche est surtout porté sur l'étude des principaux facteurs aussi bien technique que climatique qui influent sur les proportions de certains éléments de l'architecture musulmane.

3 - Objectifs et intentions

La technologie demeure l'un des facteurs primordial pour le développement de tous les domaines y compris celui de la construction. Les anciens bâtisseurs de l'architecture musulmane ont utilisé des techniques primaires pour construire tout un patrimoine culturel et architectural qui demeure la haute culture de cette dynastie.

- Une architecture qui a existé depuis toujours, des formes et des constructions témoignent jusqu'à nos jours ; la prise de conscience des bâtisseurs anciens, de l'importance d'un développement durable qui a vécu des millénaires sous des conditions climatiques et techniques bien déterminées.

Au lieu d'adopter des modèles d'architecture venant d'ailleurs et totalement inadaptables dans tous les domaines, que ce soit techniques, climatiques, social ou urbain ; il est temps de : dénoncer les inconvénients d'une architecture déracinée de son identité, et de ce pencher vers l'intégration au site avec son environnement.

Penser à une architecture durable, en utilisant les matériaux locaux, les techniques de constructions traditionnelles développées au système des nouvelles technologies.

L'utilisation d'énergie renouvelable telle que l'énergie solaire.

« On a besoin d'une architecture en harmonie avec les valeurs culturelles traditionnelles, et une technologie appropriée, une architecture de synthèse. ». [1]

On ne doit pas marginaliser la richesse architecturale du patrimoine.

« Plus que d'autre, l'espace algérien est marqué de façon incisive par la nature.

Les contraintes d'un milieu arides ou semis aride sont grandes sur la vie humaine. Les sociétés d'autre fois ont su souvent très finement s'y d'adopter ». [2]

Les proportions sont des dimensions déterminantes dans la forme de n'importe qu'el élément de l'architecture traditionnelle. Généralement la toiture est un élément fondamental dans la forme générale de la construction. Sous l'influence des conditions climatiques et techniques, plusieurs formes de constructions ont apparu, d'où l'apparition des types différents de toitures tel que :

Toitures en voûtes et coupole dans les régions sèches.

Toitures inclinés dans les régions tempérées.

Toitures plates dans les régions chaudes.

La relation entre le climat et la forme avec ses proportions semble significative.

4 - Les proportions, principe et définitions

4-1- Définition des proportions

En architecture, Les proportions d'une bâtisse ou d'une forme architectonique, c'est le rapport de grandeur, entre les différentes parties : (Longueur, largeur, hauteur ou épaisseur).

On peut dire aussi équilibré, approprié ou convenable entre deux ou plusieurs dimensions.

C'est un module d'or, ou les proportions d'une forme quelconque sont harmonieuses, les dimensions entre la longueur, la largeur et la hauteur sont proportionnelles, donc on peut dire que c'est une unité de mesure, de référence qui permet de régler les proportions en architecture.

4-2- Le rectangle d'or

C'est un module d'or, où les proportions d'une forme rectangulaire sont harmonieuses. Dans une expérience

de choix des enveloppes en formes rectangulaires, des formes précises sont choisies, et lors de l'analyse de ses formes rectangulaires, certains nous semblent plus beaux que d'autres. Ils ont dans la majorité des cas, la même proportion. Ces rectangles s'appellent des rectangles d'or et le rapport de leur longueur par leur largeur s'appelle le nombre d'or. [3] Parmi tous les rectangles, certains nous semblent plus beaux que d'autres. Ils ont dans la majorité des cas la même proportion. On note en général le nombre d'or par la lettre grecque ϕ (phi). Cette notation est apparue en 1914 en hommage à Phidias, un sculpteur qui a décoré le Parthénon à Athènes. Dans un rectangle d'or, on a donc :

$$\phi = \frac{\text{longueur}}{\text{largeur}}$$

Le nombre d'or apparaît aussi dans d'autres figures géométriques comme le pentagone régulier, qui est une figure géométrique à cinq côtés inscrit dans un cercle et dont tous les côtés et tous les angles ont les mêmes mesures. Dans cette figure, le rapport d'une diagonale par un côté donne le nombre d'or qui a pour valeur exact $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ ϕ vaut à peu près 1,618



Figure. (1). Les proportions « dorées » du Parthénon d'Athènes

Source: Will and Deny McIntyre/Photo Researchers, Inc. (2007)

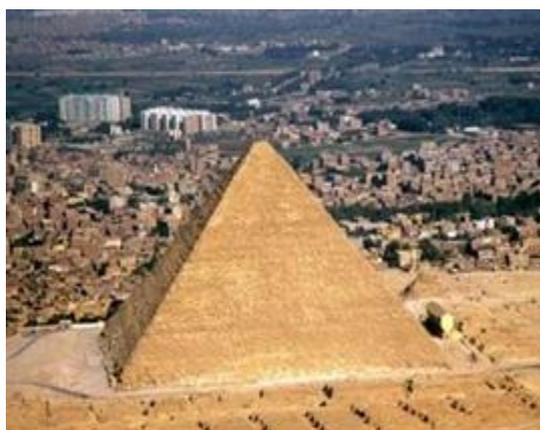


Figure : (2). Les proportions « dorées » de la pyramide de Kheops

Source: Will and Deny McIntyre/Photo Researchers, Inc. (2007)

Figure: (1). Situé sur l'Acropole d'Athènes en Grèce, le Parthénon a été construit entre 447 et 432 avant J.-C. par les architectes Ictinos et Callicratès et le sculpteur Phidias. C'est ce dernier qui a eu l'idée d'utiliser le nombre d'or pour donner des proportions esthétiques à ce temple consacré à la gloire d'Athéna.

Figure : (2). La pyramide de Kheops, construite vers 2550 avant J.-C. près de Gizeh en Égypte, était considérée par les Grecs et les Romains comme l'une des Sept Merveilles du monde. En effet, ses dimensions mettent en évidence l'importance que portait son architecte au nombre d'or. L'apport des proportions dans une conception architecturale est devenu indispensable pour un résultat

meilleur, une forme harmonieuse ou d'un module d'or où les proportions de ses dimensions sont proportionnelles.

5 - Les principaux éléments de l'architecture musulmane.

Pour avoir une meilleure idée sur les éléments de l'architecture musulmane, il faut se pencher sur l'architecture religieuse, cette dernière a été l'objet d'attention particulière lors du temps, et sa préservation durant des siècles témoigne de l'importance du rite religieux chez les musulmans. Tous les moyens techniques, les matériaux de construction ainsi que le savoir-faire des bâtisseurs ont été mis à contribution pour l'épanouissement de ces édifices destinés à la pratique du culte et représentent la culture du peuple et sa civilisation.

On distingue les salles de prière bâties uniquement sur piliers, d'autres sont construites exclusivement sur des colonnes, et d'autres sont construites sur des piliers et des colonnes. [4]

5-1- Éléments de structure de l'architecture musulmane.

5-1-1- Piliers et colonnes

La mosquée du Prophète Mohamed (صلى الله عليه وسلم) à Médine dispose d'une salle de prière dans laquelle le plafond repose directement sur les troncs de palmiers représentatifs des colonnes (fig. 3).

L'Algérie se distingue des autres pays du monde musulman par l'extrême variété des piliers et colonnes qui ornent ses salles de prière (fig. 4) et les galeries qui entourent les cours de ses mosquées. C'est ainsi qu'en ce qui concerne les salles de prière, on distingue celles bâties uniquement sur piliers, d'autre construites exclusivement sur colonnes et enfin celles comportant à la fois des piliers et des colonnes. [5]

4.1.2 - Arcs

Les premiers arcs musulmans apparaissent à la Coupole du Rocher à EL-Qods.

Ce sont des arcs de plein cintre légèrement brisés à la clef figure (5).

Les mosquées d'Algérie apportent à l'architecture arabo-islamique des arcs très variés: arcs de plein cintre, surbaissés, sur haussée, de plein cintre outrepassés, brisés, persans, lobés, recto-curvilignes, à lambrequin, festonnée et en anse de panier figure (5). [6]

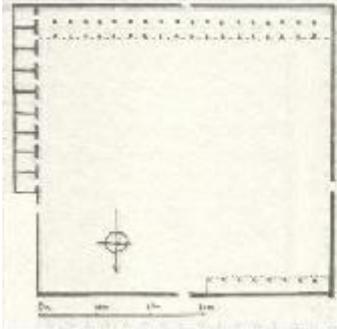


Fig. (3). Plan de la mosquée de Médine. (D'après Creswell.)

Rachid Bourouiba, Alger 1986, Apports de l'architecture religieuse arabo-islamique, p.13, fig. 1.

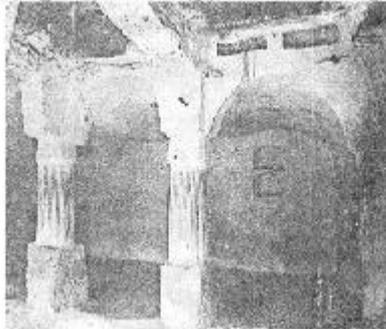


Fig. (4). Salle de prière de la grande mosquée de Ghardaïa.

Source : Atelier des études et de restauration de La vallée de m'Zab (Ghardaïa), (1985).

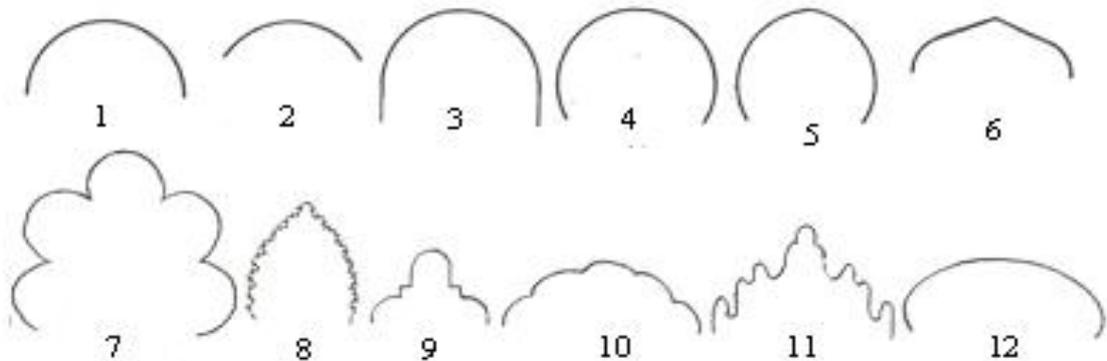


Fig. (5). La Coupole du Rocher à El-Qods.

Source : Titus B. (1985), L'Art de l'islam « Langage et signification », Paris, p.35 fig. 1.

<p>a- Arc de plein centre (fig. 6.1). b- Arc surbaissé (fig. 6.2). c- Arc surhaussé (fig. 6.3). d- Arc de plein cintre outrepassé (fig. 6.4). e- Arc brisé (fig. 6.5). f- Arc Iranien (fig. 6.6).</p>	<p>g- Arc lobé (fig. 6.7). h- Arc à lobes tréflés (fig. 6.8). i- Arc recto curviligne (fig. 6.9). j- Arc festonné (fig. 6.10). k- Arc à lambrequin (fig. 6.11). l- Arc en anse de panier (fig. 6.11).</p>
--	--

Figure (6). Arcs utilisés dans les Mosquées d'Algérie.



Source : Rachid B. (1986), Apport de l'Architecture religieuse Arabo-Musulmane, 129 fig 109.

Concernant le lieu d'apparition des voûtes, Gus Van Beek (1987) a écrit :

« On enseigne aux étudiants architectes que les romains furent les premiers à construire des arcs et des voûtes. Ce sont bien eux qui ont développé à l'extrême ces techniques de construction, notamment dans les ouvrages monumentaux, ponts, aqueducs, arcs de triomphe et amphithéâtres, qui subsistent dans toute l'Europe du sud, cependant les romains n'ont pas inventé l'arc in le principe d'en combiner un certain nombre pour bâtir une voûte.

Arcs et voûtes existaient déjà au Proche-Orient, trois millénaires avant la construction du colisée. » Il ajoute que « Selon les rares archéologies qui ont étudié la question, la

technique des arcs des voûtes a été élaborée dans les zones de marais de basse Egypte ou de Mésopotamie ». [7]

a - Coupole.

La mosquée du Prophète Mohammad (صلى الله عليه وسلم) à Médine n'avait pas de coupole et cet élément architectural n'apparaît pour la première fois dans l'art musulman qu'à la coupole du rocher à El-Qods figure (4). Nous le retrouvons ensuite à la grande mosquée de Damas et à celle de Kairouan.

b - Voûtes.

Les voûtes d'arêtes sont formées par l'intersection de deux berceaux perpendiculaires. Nous les rencontrons aux oratoires de Sayyidi Abi Marwan, à la Mosquée de

Sayyidi Ibrahim. A celle de Ali Khodja, à Djami'çafar, à la Mosquée du Pacha à Oran, à la grande mosquée de Touggourt, aux Mosquées de Sûq al-Ghazal et de Sayyidi M'hammed.

Les voûtes en berceaux sont des voûtes semi-cylindriques. Elles n'apparaissent, à notre connaissance, qu'à la mosquée de Sayyidi Ibrahim ou elles couvrent les galeries qui bordent la cour, et à Djami'Djadid (figure. 6). [8]



Fig. (7) Coupoles, voûtes en berceau et minaret de Djâmi' el- Djdid.

5- Contexte technique.

5 - 1- techniques des constructions traditionnelles.

Il existe au Sahara d'abondants matériaux locaux qui peuvent être utilisés pour la construction des murs extérieurs (argile, gypse, pierre calcaire). Le problème du choix du type de couverture se pose de façon beaucoup plus délicate du fait de l'inexistence au Sahara de matériau résistant à la traction. En dehors des troncs de palmier, il n'y a en effet, ni forêts, ni aciérie, ni cimenterie. Ce qui a obligé les constructeurs d'utiliser les éléments suivants :

L'arc, La voûte et la coupole.

- On utilisant les profils de voûte économique, il est donc possible de constituer des couvertures lourdes et épaisses à partir des matériaux sans résistance à la traction qui sont alors disponibles au Sahara.

- En utilisant le principe de la voûte, il est possible de réaliser soit des toitures-terrasses constituées de voûtes, ou voûtements avec une ouverture et flèche limitée.

- D'une seule coupole, les toitures-terrasses offrent l'avantage d'être accessibles et de pouvoir être utilisés comme lieux de sommeil frais pendant la saison chaude.

- Les toitures en voûte ou en coupole peuvent comporter des ouvertures en point haut, afin d'éliminer l'air chaud et de rafraîchir l'ambiance.

5-2- techniques des constructions nouvelles.

De nos jours la technologie a inventé d'autres matériaux, combinés et transformés, ces matériaux sont développés pour avoir des caractéristiques plus performantes que les matériaux naturels. Citons comme exemple : le béton,

le béton armé, le béton précontraint, fausse-pierres, faux-marbres, bois lamellée collées, différents profilés métalliques, d'autres matériaux tels que l'aluminium, plastiques, etc...

Donc la technologie est l'un des facteurs principaux qui améliorent sur la construction, d'où son influence sur les formes et ses proportions. Les formules fondamentales de la construction nous montrent que les dimensions, par exemple du poteau (longueur, largeur et hauteur), sont proportionnelles, la modification de l'une de ses dimensions influe sur l'élément en général.

Les formules illustrées par les schémas suivants sont autant d'arguments supplémentaires pour confirmer toute la théorie antécédente:

Les proportions d'un poteau soumis à une charge Q , selon les matériaux de constructions sont :

$$S \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{Q \text{ (charge totale) (kg)}}{\sigma \text{ béton (kg/cm}^2\text{)}}$$

$$\sigma \text{ béton (kg/cm}^2\text{)}$$

$$S \text{ (section du Poteau)} = b \times h, \text{ Section Rectangulaire.}$$

$$S \text{ (section du Poteau)} = 2R \times H, \text{ Section Circulaire.}$$

La section transversale des poteaux se calcule d'après la formule suivante : D'après les règles parasismiques et suivant la figure () on a :

- Pour les poteaux rectangulaire ou carré, on a :

- $\text{Min} (b, h) \geq 25\text{cm}$ en zone 1 et 2.
- $\text{Min} (b, h) \geq 30\text{cm}$ en zone 3 .
- $\text{Min} (b, h) \geq H/20$ (H : Hauteur du poteau).
- $1/3 \leq b/h \leq 3$.

-Pour les poteaux circulaires, on a :

- $D \geq 25\text{cm}$ en zone 1.
- $D \geq 30\text{cm}$ en zone 2.
- $D \geq 35\text{cm}$ en zone 3.
- $D \geq H/15$.

σ : Contrainte admissible du matériau, en (Kg/cm²).

Q : Charge totale, en (Kg).

S : Surface de la section du poteau. en (cm²).

b : Longueur de la section. en (cm).

h : Largeur de la section. en (cm).

D : Diamètre de section. en (cm).

H : Hauteur du poteau. en (cm).

Après avoir calculé la section transversale S du poteau, on détermine les dimensions de cette section tout en respectant les conditions de flambement suivantes :

$$\lambda \text{ (L'élancement)} = \frac{l_f}{i} < 50 \text{ où } i = \sqrt{\frac{I}{S}}$$

Où ;

i : Le rayon d'inertie ou de giration,

I : Le moment d'inertie,

S : La section transversale du poteau,

l_f : Longueur de flambement. Elle est évaluée en fonction de la hauteur H du poteau (entre planchers).

Le principe général de la structure nous dicte : les proportions d'une poutre par rapport à deux appuis tel que poteaux, selon les matériaux de constructions elle est comprise :

- h : hauteur de la section. en (m).
- b : Largeur de la section. en (m).
- L : Longueur de la portée. en (m).

Les proportions de ses dimensions diffèrent par rapport aux différents matériaux.

béton	métal	bois
$h = 1/12 \text{ à } 1/15 \text{ de } L$	$h = 1/20 \text{ à } 1/25 \text{ de } L$	$h = 1/20 \text{ de } L$
$b = 1/5 \text{ à } 1/2 \text{ de } h$	$b = \text{suivant profilés}$	$b = 1/60 L$

6- Contexte climatique :

6-1- Introduction :

L'architecture traditionnelle a conçu l'enveloppe du bâtiment comme un filtre régulateur d'un climat extrêmement variable, souvent inconfortable. Les formes et les dimensions des constructions, jouent un rôle important dans le confort thermique.

6-2- L'effet de la forme et les dimensions sur le confort thermique :

6-2-1- Introduction :

Le Sahara est soumise à un climat contrasté. De grandes variations de températures sont enregistrées entre le jour et la nuit, ainsi qu'entre les saisons, figures (9, 10) [10] Amos Rapport préfère : « la maison est un fait humain et même au milieu des contraintes physiques les plus sévères et avec des techniques limitées l'homme a construit selon des modes si divers qu'on ne peut les attribuer qu'au choix, ce qui implique des valeurs culturelles » [11]

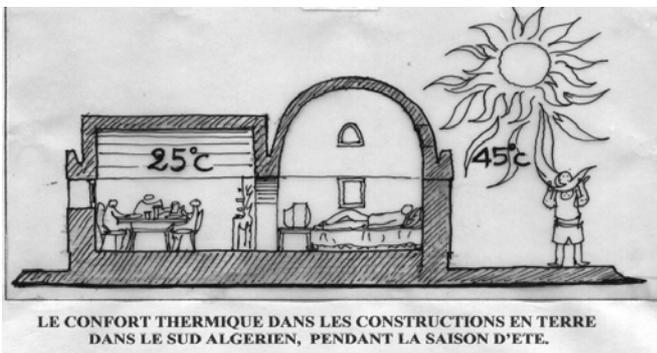


Figure (8). Confort thermique en été.

(La température ambiante à l'intérieur de construction varie de 22 - 26° C. Tandis qu'à l'extérieur de la construction, il fait très chaud, la température dans la plupart du temps varie entre 40 -45 à l'ombre).

Source : L 'auteur : (2007).

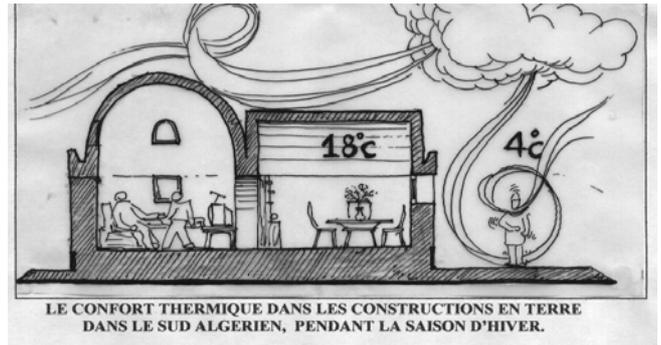


Figure (9). Confort thermique en hiver.

(La température à l'intérieur de construction et toujours ambiante, elle varie de 18 - 22° C. Tandis qu'à l'extérieur de la construction, il fait très froid, la température varie entre 2 - 6° C et dans la plupart du temps les vents de sables soufflent de partout).

Source : L 'auteur : (2007).

6-2-2- Les murs :

Les habitations jouissent d'un certain confort thermique, malgré les grandes variations de température à l'extérieur de la construction, que ce soit le jour ou la nuit. L'épaisseur des murs assure une forte inertie thermique, il isole l'intérieur et maintient une température très régulière dans les pièces.

6-2-3- Les toitures :

Une des particularités des proportions des éléments de l'architecture traditionnelle cas des maisons dans les climats chauds, est que chaque espace a ses propres proportions (les dimensions de la longueur, la largeur et surtout la hauteur du plafond), pour créer des conditions froides, et pour assurer une température ambiante à l'intérieur de la construction. Divers critères sont à prendre en considération :

- Les plafonds hauts transmettent moins de radiations aux occupants que les toits bas, pour la même surface couverte. (Figure 11).
- Le transfert de la chaleur par convection est moins important avec le toit haut, puisque l'air chaud forme une couche au dessous du plafond par conséquent les têtes des occupants seront éloignées de l'air chaud. (Figure 12)

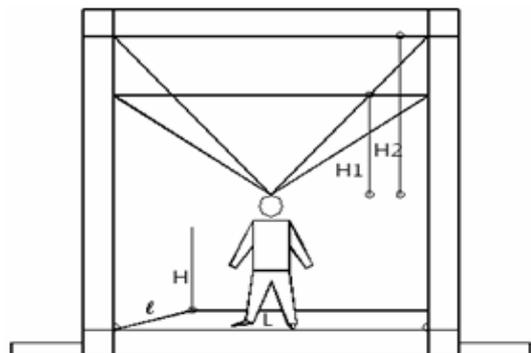


Figure (10). Effet de la hauteur de plafond sur la radiation du toit reçu par l'occupant.

Source: Even M. (1980), housing, climate and comfort, The architecture press, London.

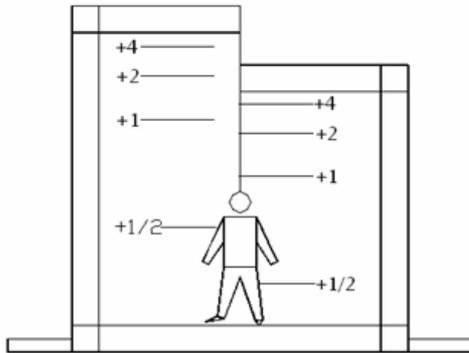


Figure (11). Effet de la hauteur de plafond sur la graduation de la température de l'air intérieur ; une différence de $1/2.C^{\circ}$ perçu par l'homme.

Source: Even M. (1980), housing, climate and comfort, the architecture press, London.

6-2-4- Les ouvertures :

- La possibilité d'avoir une grande différence, en hauteur, entre deux ouvertures, donne des meilleures possibilités de dégager l'air chaud par l'effet de cheminée (Figure. 13).
- Le haut plafond augmente le volume de l'air dans la construction, ce qui permet au grand volume d'air de garder, longtemps, sa pureté. Un tel espace n'exige pas un taux de ventilation élevé, ce qui est primordial pour ces régions durant la journée.

Les avantages des hauts plafonds, dans les climats chauds et secs, ont été étudiés dans plusieurs pays. La conclusion établie par ces études est que la hauteur des plafonds, dans les habitations, ne les rend pas plus confortables que les habitations avec des plafonds bas de 2,7 ou même 2,5m. La différence peut être significative entre les plafonds supérieurs à 3,5 et ceux inférieurs à 2,5. [12]

C'est bien plus économique d'utiliser une couche d'isolant au niveau du toit que d'élever le plafond. [13]

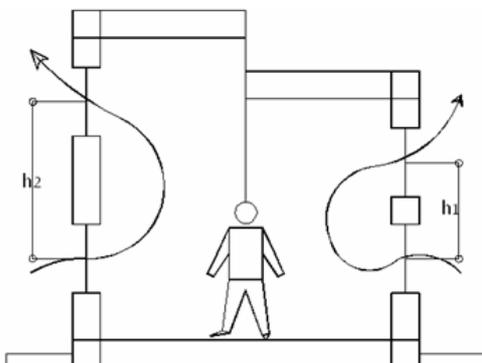


Figure (12). Effet de la hauteur de plafond sur le mouvement d'air intérieur.

Source: Even M. (1980), housing, climate and comfort, the architecture press, London.

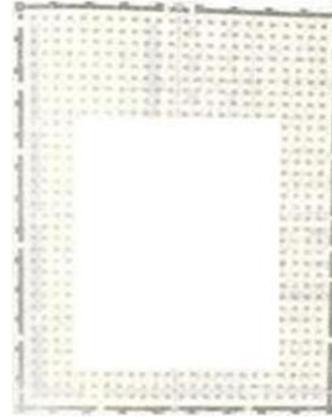


Fig. (13). Mosquée d'al-Mutawakkil à Samârrâ (D'après Creswel.)

Source : Rachid B. (1986), Apport de l'Architecture religieuse Arabo-Musulmane.

Le contrôle de l'influence des radiations sur les ambiances intérieures des constructions est très important pour le refroidissement dans les conditions d'un climat chaud et sec. Les recherches ont montré que 50% de gain thermique d'une construction d'une seule rangée est fourni par le toit tant qu'il reçoit la plus grande quantité des radiations solaires.

Des approches conventionnelles pour réduire cette grande fluctuation thermique, consistent à ombrager le toit, à utiliser des isolants thermiques ou des faux plafonds ainsi que des surfaces réfléchives. [14]

6-3-1- Ombrage du toit :

Un dispositif efficace pour l'ombrage des toits est une couverture démontable de toile. Celle-ci peut être montée, près du toit pendant la journée et elle peut être démontée pour permettre le refroidissement radiatif, la nuit. L'extrados de la toile devrait être peint en blanc pour réduire au minimum la quantité de rayonnement absorbé par la toile et, par conséquent, le gain de la chaleur à travers le toit. [15]

6-3-2- L'isolation thermique :

L'isolation thermique, par une couche de matériau isolant ou par l'air immobile stocké au dessus du toit, réduit les fluctuations de chaleur à travers le toit. Une méthode traditionnelle des pots de terre inversés semble bien efficace pour la protection du toit contre les rayons solaire incidents ainsi que l'isolation thermique par l'air stocker à l'intérieur. Bien que le système des pots de terre soit thermiquement efficace, la méthode souffre des difficultés pratiques parce que le toit est rendu inutilisable et son entretien est difficile. [16]

6-3-3- Surface réfléchive :

Les surfaces externes du bâtiment doivent être teintées avec une couleur qui réfléchit le rayonnement solaire, afin d'avoir le minimum d'absorption, avec une émission élevée des rayons de grande longueur d'onde, pour que le flux de

la chaleur transmis dans le bâtiment soit réduit considérablement. [17]

Un toit blanchi est fréquemment utilisé pour réduire le gain thermique à travers le toit. Une surface blanche récente a un facteur de réflectivité de 0.7 à 0.9, mais cette valeur diminue graduellement à cause du sable cumulé sur le toit, ce qui limite l'efficacité de cette technique. [18]

7 – Formes auto-stables.

7-1- Introduction.

En analysant le pourquoi de l'utilisation de l'arc, la voûte, et la coupole dans les constructions traditionnelles de l'architecture musulmane, on peut connaître les secrets de la forme et les proportions qui sont liés à des lois canoniques naturelles.

Notre dieu a créé l'homme sur cette terre, et a mes des lois de la nature, (lois de la pesanteur et les lois physique en général). Ses lois sont perceptibles automatiquement sur tous les domaines y compris celui de la construction. Chaque matériau a des caractéristiques physiques et chimiques propres à lui, donc il peut supporter une charge bien définie à ne pas dépasser, sinon il y a rupture.

Une forme quelconque est soumise aux lois de la pesanteur, chaque élément de cette forme obéit à plusieurs forces intérieures et extérieures :

- Les forces intérieures sont principalement les efforts des poids propres des éléments.
- Les forces extérieures sont efforts du vent, séisme et les surcharges extérieures.

En dehors de toutes interventions extérieures : technique, physico-chimiques ou autres. Les formes obéissent à des proportions de stabilités naturelles. Dans l'absence d'une technologie développée, les bâtisseurs du millénaire sont obligés d'utiliser les principes de base de la construction. La modification de ses proportions engendre un déséquilibre de la forme, d'où la déformation totale de cette forme de construction.

La technologie demeure l'un des facteurs principal qui influe sur la construction, d'où son impact sur la composition des formes et ses proportions. La plupart des constructions anciennes comme on le voit clairement dans la figure (14) qui représentent une forêt des poteaux dont les travées sont très limitées, à cause de l'absence des matériaux qui peuvent résister pour franchir une portée considérable.

Dans les sites sahariens on utilise la terre crue ou la terre stabilisée avec des ajouts de pailles, cendre ou autres. La portée est fonction de la longueur du Tronc du palmier ou de l'arbre utilisé. Ses caractéristiques physico-chimiques caractérisent la portée bien déterminée à franchir. Si les matériaux utilisés sont constitués exclusivement de la pierre, qui ne travaille pas à la traction les portées entre les poteaux se trouvent alors limitées (figure.1). Depuis toujours les bâtisseurs cherchent l'espace libre dans leurs constructions, afin de se sentir beaucoup plus à l'aise.

Pour atteindre ce but et ce malgré l'absence des matériaux adéquats, les bâtisseurs ont eu recours alors à la forme.

« Quelle est la forme qui peut franchir une distance considérable ? »

D'après les exemples qu'on a étudié, la plupart des civilisations anciennes ont utilisé l'arc comme la forme idéale pour pouvoir atteindre un espace beaucoup plus libre et spacieux. Plusieurs formes d'arcs ont été utilisées d'une civilisation à une autre. Parmi toutes ses formes, il existe celle dont le trajet des efforts suit la forme elle-même : C'est la forme parabolique, forme auto stable dont les sommes de toutes les forces sont éliminées par les contre efforts de la terre.

7-2- La forme parabolique.

7-2-1- Définition.

Parabole : en géométrie : courbe dont chacun des points est équidistant d'un point fixe et d'une droite fixe. La parabole a une propriété importante : la tangente en un point de la courbe est bissectrice de l'angle formé par la droite joignant le point au foyer et par la droite passant par ce point et parallèle à l'axe, figures (15, 18, 19, 20).

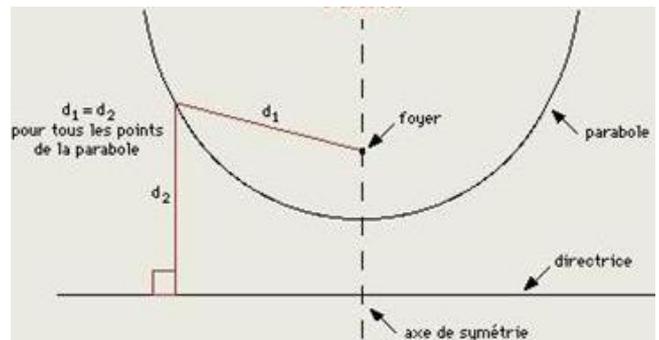


Fig. (14). Éléments d'une parabole.
Source: Will and Deny McIntyre/Photo Researchers, Inc. (2007).

Conclusion.

D'après l'étude technique des éléments de l'architecture musulmane tels que : L'Arc, la Voûte et la Coupole. Ses éléments sont des mêmes familles des formes auto-stables car une coupe verticale sur la forme de l'un d'eux donne un tracé parabolique de mêmes proportions et de mêmes caractéristiques (figure 18).

L'importante propriété de la parabole, formes auto stable, dont le trajet des efforts d'un élément que ce soit arc, voûte ou coupole suit la forme elle-même figure (19).

Ses formes ont des proportions et des dimensions (longueur, largeur, hauteur et épaisseur) de stabilités naturelles. D'après les lois fondamentales de la dynamique tout est proportionnelle, le changement d'une dimension engendre le changement de toutes les autres dimensions Figure (20).

$$\frac{\text{Hauteur}}{\text{Largeur}} = \frac{H}{L} = \frac{H1}{L1} = \frac{H2}{L2} \quad \text{Une valeur fixe}$$

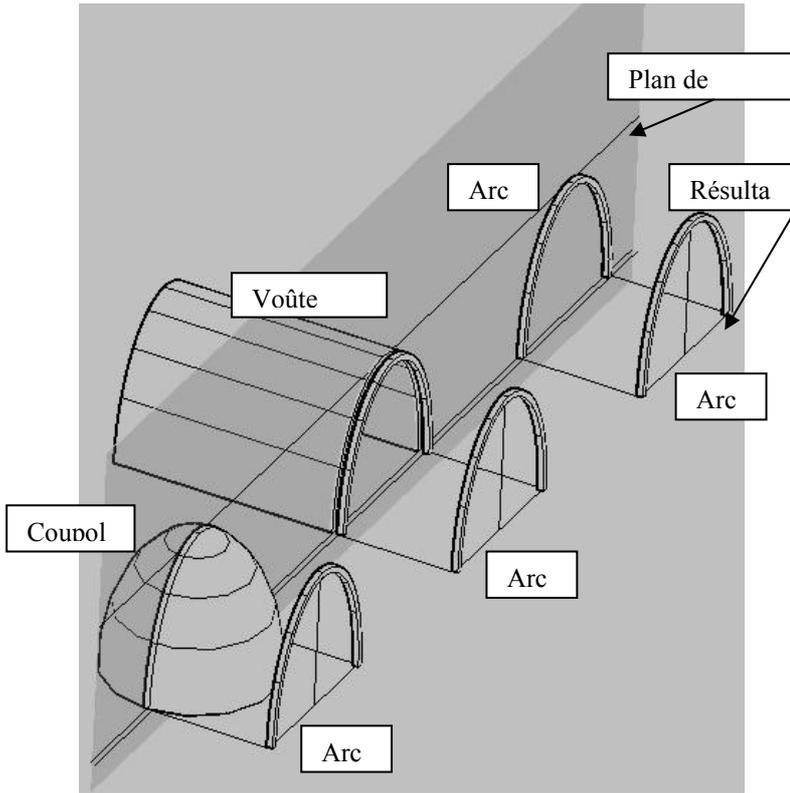


Figure (15). Famille de la forme auto-stable.

Source : L 'auteur : (2007).

Donc la forme parabolique, et les autres formes des arcs ont essayées de satisfaire d'énormes besoins et ont résolus aussi une multitude de problèmes de portées cela est visible dans plusieurs mosquées qui ont utilisées des arcs, des voûtes et des coupoles pour libérer un peu les salles de prières figures (21, 22, 23).

Enfin, je peux confirmer techniquement que l'utilisation de l'arc, la voûte et la coupole n'est pas un choix pour une belle forme ou pour une harmonieuse volumétrie mais c'est une obligation et une nécessité technique à cause du besoin de leurs proportions pour pouvoir franchir une portée considérable et pour la recherche d'un espace libre.

Au niveau climatique, Ses formes (voûte et coupole), l'étude de la performance thermique des locaux avec des toits voûtés et en coupole par rapport à ceux avec des toits plats a été approchée par une simulation numérique.

Les résultats de la recherche climatique peuvent être résumés comme suit :

- Les plafonds hauts transmettent moins de radiations aux occupants que les toits bas, pour la même surface couverte.

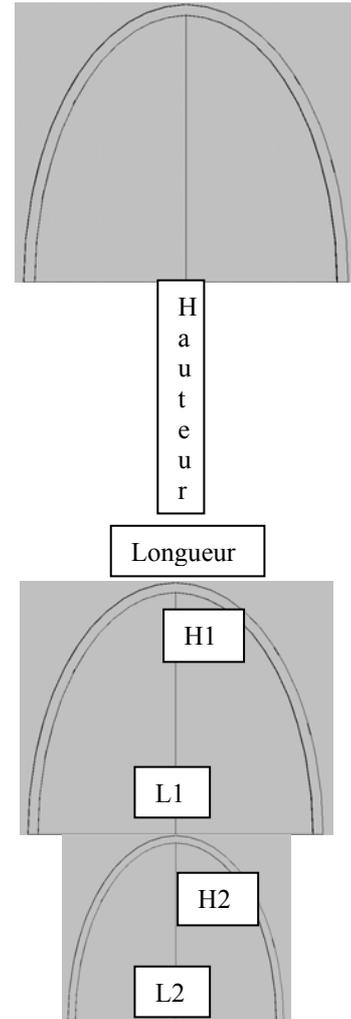


Figure (16). Différentes proportions d'une parabole

Source : L 'auteur : (2007).

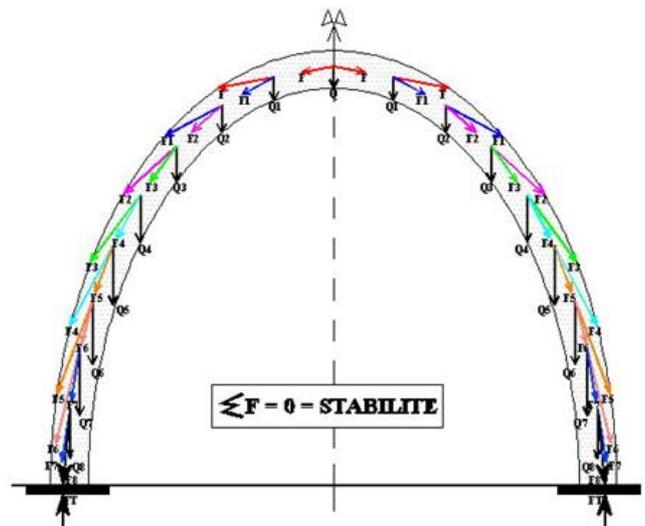


Fig. (19). Arc parabolique, forme auto stable.

Source : L 'auteur : (2007).

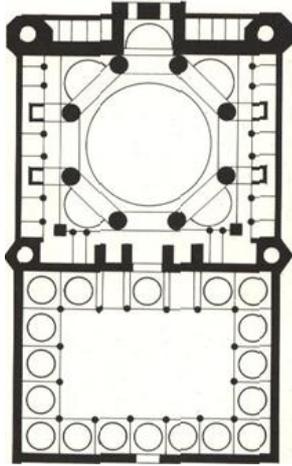


Fig. (20). Plan de la Mosquée du Sultane Selim.

Source : Titus B. (1985), L'Art de l'islam « Langage et signification », Paris, p.219, fig. 3.



Fig. (21). Vue extérieure de la Mosquée du Sultane Selim.

Source : Titus B. (1985), L'Art de l'islam « Langage et signification », Paris, p.216-217.

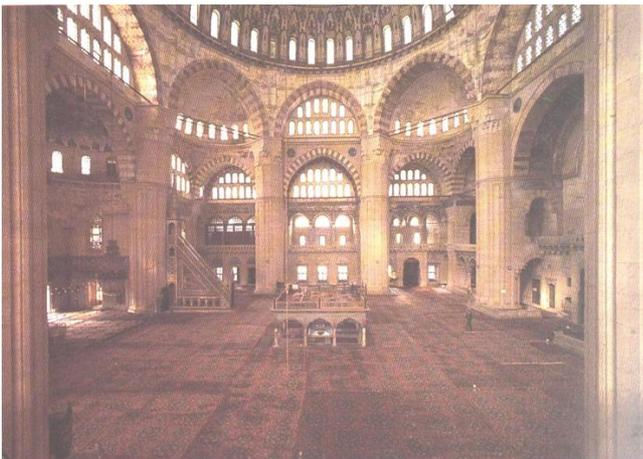


Fig. (22). Vues intérieure de la Mosquée du Sultane Selim.

Source : Titus B. (1985), L'Art de l'islam « Langage et signification », Paris, p.218, fig. 1.

- Le transfert de la chaleur par convection est moins important avec le toit haut.
- La possibilité d'avoir une grande différence, en hauteur, entre deux ouvertures, donne des meilleures possibilités de dégager l'air chaud.
- Le haut plafond augmente le volume de l'air dans la construction, ce qui permet au grand volume d'air de garder, longtemps, sa pureté.
- Les voûtes de 50° et de 70° et la coupole de 90° sont les plus performantes que les toits plats,
- Les voûtes de 50° et de 70° et la coupole de 90° diminuent la température intérieure.
- L'orientation de la voûte n'a aucun effet sur l'amélioration de sa performance
- Les toits voûtés ne perdent pas plus de chaleur par rayonnement et convection que les toits plats.

REFERENCES :

- [1]- **Fardeheb.F.**, (1987), "Examination and classification of Pas. Sol. Cool. Strategies in Middle Eastern Vernacular Architecture". In *Passive Solar Journal*, Vol. 4p. 377.
- [2]- **Cote Marc.** (1983), « L'espace algérien : les prémisses d'un aménagement », OPU Alger.
- [3]- **Encarta.** 2007.
- [4]- **Bourouiba, R.** (1981) « L'art religieux musulman en Algérie », SNED, Alger, p.69
- [5]- **Ibid** (1986) « Apports de l'Algérie à l'architecture religieuse arabo-islamique ». OPU p.80.
- [6]- **Ibid.** p.127.
- [7]- **Beeck-Gus, V.** (1987). « Arcs et Voûtes dans le Proche Orient ancien », In *pour la Science*, N. 119, p 80
- [8]- **Bourouiba, R.** (1986) *op-cit.*, p.127.
- [9]- **Lavinge P.**, (1994) « Architecture climatique », tome 1, Édition Sud.
- [10]- **Centre George Pompidou** (1982), (Centre de création industrielle), l'architecture de terre. ou l'avenir d'une tradition millénaire, Paris.
- [11]- **Rapport. A.** (1972) « Pour une anthropologie de la maison », Ed. Bordas, Paris, p. 67.
- [12]- **Evans, M.** (1980) "Housing, climate and comfort",
- [13]- **Watson D. et Camous R.** (1983), « L'habitat bioclimatique : de la conception à la construction », Ed. L'Étincelle, Montréal.
- [14]- **Rushing T. et Ethicon, Y.** (2004) « On thermal performance of an improved roof pond for cooling buildings. », *Building and Environment*, N. 39, p. 201.
- [15]- **Anupama Sharma, et al** (2003) « Climatic Responsive Energy Efficient Passive Techniques in Buildings ». p. 17-18.
- [16]- **Ibid.**, p. 17-19.
- [17]- **Ibid.**, p. 19-20.
- [18]- **Nahar.N. et al** (2003) « Performance of different passive techniques for cooling of building in arid region », *Building and Environment*, p.109.