

Les architectes de l'Arménie médiévale usaient-ils de dispositifs parasismiques ?

Patrick Donabédian

▶ **To cite this version:**

Patrick Donabédian. Les architectes de l'Arménie médiévale usaient-ils de dispositifs parasismiques ?. Revue des études Arméniennes, 2012, 34, pp.169-242. halshs-00906180

HAL Id: halshs-00906180
https://shs.hal.science/halshs-00906180

Submitted on 19 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LES ARCHITECTES DE L'ARMÉNIE MÉDIÉVALE USAIENT-ILS DE DISPOSITIFS PARASISMIQUES?

par

PATRICK DONABÉDIAN

Laboratoire d'Archéologie Médiévale et Moderne en Méditerranée, LA3M, UMR 7298, CNRS / Université d'Aix-Marseille

INTRODUCTION: MÉMOIRE DU RISQUE SISMIQUE[1]

Située à la jonction des plaques lithosphériques eurasienne et arabique, l'Arménie est une région de haute sismicité. Les dégâts que les fréquentes secousses de l'écorce terrestre peuvent causer aux édifices sont bien connus ici. Plusieurs villes et capitales ont été détruites par des séismes: ainsi Duin, après avoir été frappée en 839 et 862, fut rasée en 894; Ani, après avoir été secouée en 1132, fut gravement endommagée en 1319. A l'extrémité occidentale du pays, Erznka, actuelle Erzincan, plus de vingt fois détruite entre 1011 et 1784, a été à nouveau frappée en 1939 et en 1992[2]. Les victimes sans nombre et les terribles destructions causées dans tout le nord-ouest de l'actuelle république d'Arménie par le séisme du 7 décembre 1988 sont encore dans nos mémoires.

Ces secousses sont souvent mentionnées dans les sources historiques et parfois dans les inscriptions gravées sur les façades des bâtiments. Un exemple en est fourni par l'inscription de l'église d'Arp'a/Areni, de 1321: au bas du texte dédicatoire, après le nom de l'architecte et sculpteur

[1] Cet article est la version développée d'une communication à un colloque organisé en décembre 2008 par le Groupe APS — Archéologie-Pathologies-Sismologie. L'auteur remercie la présidente de ce groupe, Georgia Poursoulis, dont l'invitation a servi de point de départ à cette étude. Il tient à exprimer sa gratitude à Milan Zacek, professeur à l'ENSA de Marseille, pour sa relecture de ce texte et ses précieux commentaires et explications, y compris pour son rejet de l'hypothèse d'un usage conscient par les architectes anciens de dispositifs parasismiques.

[2] Step'anyan 1964; *Encyclopédie* 1977; Guidoboni 1994; Thierry 2005, p. 74; Karakhanian et Abgaryan 2004; *Histoire du peuple arménien*, 2007, p. 38-39.

Momik et la date, le lapicide a estimé important d'ajouter la mention: շարժ եղեւ = «un tremblement a eu lieu»[3] (fig. 1).

Ainsi, transmis par la mémoire collective, le souvenir des séismes était régulièrement avivé. On peut estimer que, en moyenne, au moins un tremblement destructeur se produisait au cours d'une vie[4]. Il n'y a donc pas de doute que les bâtisseurs du Moyen Age avaient connaissance de ce risque. Aussi il est permis de penser qu'ils en tenaient compte dans la conception de leurs édifices et dans l'exécution de leurs chantiers[5]. Il ne nous paraît pas déraisonnable d'avancer l'hypothèse de l'existence d'un arsenal traditionnel de dispositifs parasismiques qui se transmettait de génération en génération et pouvait se perfectionner, mais nous verrons que tel n'est pas l'avis de Milan Zacek, spécialiste d'architecture parasismique. S'y ajoutait bien sûr le soin apporté à l'entretien régulier du patrimoine bâti et à sa restauration après dommages, une attitude qui a été constante chez les Arméniens, surtout pour leurs édifices cultuels, tout au long de leur histoire.

Plusieurs des caractéristiques de l'architecture arménienne nous semblent relever de ce supposé arsenal de mesures parasismiques ou tout au moins contribuer à améliorer la résistance des constructions aux secousses. Précisons d'emblée qu'il n'est pas facile d'identifier, à côté des mesures destinées à la solidité statique ordinaire (ou parmi elles), celles qui pouvaient viser spécifiquement (ou favoriser objectivement) la résistance des édifices en mode dynamique, c'est-à-dire en cas de secousse. A la recherche des possibles dispositifs parasismiques, nous proposons ci-après une série d'observations sur: (I) le rapport de l'ouvrage d'architecture au site naturel et son implantation sur le sol, (II) la conception des compositions planimétriques et spatiovolumétriques, (III) la technique de construction, (IV) certaines des solutions adoptées dans telle ou telle partie de l'édifice.

Les supposés dispositifs parasismiques dans l'architecture arménienne ancienne, pris dans leur ensemble, n'ont fait l'objet, à notre connaissance, d'aucune étude approfondie. Nous n'avons connaissance que d'un article[6], un bref rapport[7], une courte monographie[8] et un mémoire de master[9].

[3] Barxudaryan *CIA* 1967, p. 29, n° 61.

[4] Xalpaxčjan 1953, p. 37 et note 1, p. 78, a estimé, en s'appuyant sur une étude des sources faite par K. Kostaneanc' en 1902, qu'un tremblement de terre se produit en Arménie tous les cinq ou dix ans environ.

[5] Mušełyan 2005, p. 5-6, 22, 35, 47, 57, 69.

[6] Sargsyan et T'amanyan 1970.

[7] Casnati 2000.

[8] Mušełyan 2005 [version réactualisée d'un article paru en 1949].

[9] Pardon 2010.

Certains aspects sont brièvement évoqués dans les ouvrages généraux sur cette architecture. Des observations ponctuelles peuvent être trouvées dans quelques articles[10].

I. Choix du site et fondations

1. Choix du site

S'agissant du comportement des bâtiments face aux secousses sismiques, une grande importance s'attache à leur implantation dans leur environnement naturel et sur le sol qui les porte. De nos jours, lors de la construction d'édifices importants, le choix du site fait toujours l'objet d'études approfondies sous l'angle parasismique[11]. Mais dans le cas de l'Arménie ancienne, la question est difficile à appréhender en raison de la grande diversité des situations et de l'absence d'études sur le sujet. Contentons-nous de quelques remarques.

A la période paléochrétienne et pré-arabe et jusqu'au IX^{e}-X^{e} s., beaucoup de monuments étaient intégrés dans des milieux villageois et urbains, aussi toute réflexion sur les questions liées au choix du site, aux soubassements, etc., devrait porter également sur cet environnement, ce qui situe immédiatement la difficulté de l'exercice. A partir du IX^{e}-X^{e} s. se multiplient les complexes monastiques, isolés des agglomérations habitées. On note, en général, pour ces ensembles isolés, une certaine humilité dans le lien entre l'architecture et son environnement. Les bâtisseurs arméniens semblaient préférer une modeste intégration de l'architecture dans la nature, plutôt que la position dominante qui caractérise souvent les fières églises de Géorgie. Précisons tout de suite que l'on ne peut tirer, concernant le sujet qui nous occupe, aucune conclusion de cette différence, puisque la Géorgie n'est pas beaucoup plus épargnée par les tremblements de terre que sa voisine du sud. On sait aujourd'hui que les constructions placées sur des sommets subissent généralement des mouvements sismiques considérablement amplifiés[12]. Il n'est cependant pas certain que ce facteur ait été connu et pris en compte au Moyen Age; il faut en outre préciser que plusieurs églises géorgiennes situées sur des hauteurs sont

[10] Notamment dans: Xalpaxčjan 1953, p. 65-69; Kasangian 1981; Kasangian 1984; Sasano 2009.

[11] Zacek 1996, p. 93.

[12] Zacek 1996, p. 94; Zacek 2002, p. 16.

bien conservées… C'est sans doute ailleurs que doit être cherchée la raison de la différence entre le choix des architectes arméniens et celui de leurs confrères géorgiens. (Il n'est pas possible de développer ici ce point, en commentant notamment l'intérêt que l'on a manifesté en Géorgie pour les lieux élevés, peut-être en liaison avec le culte des stylites[13].)

Revenons à la situation des monastères arméniens intégrée dans la nature: elle n'excluait pas les emplacements pittoresques, souvent à proximité d'un ravin. Dans certains cas, ce choix pouvait, semble-t-il, s'avérer risqué. Citons l'exemple du monastère de Tat'ew, fondé à la fin du IX^{e} s., endommagé par les séismes de 1136 et 1931 et aujourd'hui restauré: ces séismes ont chaque fois frappé d'amont en aval, jetant la coupole de l'église principale sur la chapelle mitoyenne au sud, donc en direction du ravin. En se fondant notamment sur cet exemple, on a estimé que l'emplacement d'édifices au bord d'un précipice aggravait leur vulnérabilité[14]. Ce jugement est confirmé par les observations de Milan Zacek[15]. A Tat'ew on aurait donc fait un mauvais choix. On pourrait en dire autant du temple antique de Gaṙni, dont une partie des maçonneries a été jetée dans le ravin lors du séisme de 1679 (puis remontée avant sa reconstruction en 1969-75 par Alek'sandr Sahinyan). Mais que dire des nombreux ensembles médiévaux qui, ayant une situation analogue, n'ont pas subi de destructions du même genre, avec projection en direction de la vallée (monastères de Hałbat, Haṙič, Sałmosavank'…)? En réalité, aucune généralisation ne paraît permise; évaluer la dangerosité de tel ou tel site en cas de séisme exige sans doute la prise en compte de nombreux facteurs, dont la nature du terrain et des couches souterraines…

2. Fondations

Nul doute que la préparation du sol qui allait accueillir l'architecture était importante pour sa solidité en général, et pour son comportement en cas de secousse, en particulier. Il est aujourd'hui établi que dans un pays à forte activité sismique, il faut avoir des fondations d'une assez grande profondeur, bien liées avec la superstructure[16]. Mais pour ce qui est de l'architecture ancienne de l'Arménie, notre réflexion est entravée par le fait que la question des fondations reste un terrain quasi vierge. D'après le

[13] Lafontaine-Dosogne 1971.
[14] Sargsyan et T'amanyan 1970, p. 211-212.
[15] Zacek 1996, p. 94; Zacek 2002, p. 16.
[16] Zacek 1996, p. 150.

peu que nous en savons, rares sont les bâtiments munis de soubassements un tant soit peu profonds (1-2 m. de profondeur) comportant des couches d'argile, de sable ou de gravier, voire une assise de pierre de taille[17]. La plupart des édifices reposant en Arménie sur des sols rocheux, il faut supposer que les bâtisseurs ne ressentaient pas le besoin de fondations profondes. Nous laisserons de côté ici le cas spécifique des édifices ou édicules à fonction mémoriale, qui sont surhaussés par rapport au niveau du sol du fait de la présence sous eux d'une plateforme qui peut être assez élevée (un stéréobate, un podium, une forme de *krepis*) et dont les bords sont découpés en degrés.

A la basilique paléochrétienne de K'asał, les fondations se limitent à deux (par endroits trois) assises de pierre, apparemment sous les murs seulement et non sous l'ensemble de la construction[18]. Lors des fouilles menées en 1955-56 et 1959 sous la cathédrale Surb Ējmiacin, Alek'sandr Sahinyan a noté que, comme à K'asał et au VII^e^ s. à Zuart'noc', «on a creusé […] une esplanade sur laquelle on a élevé comme un mur ordinaire toutes les rangées de la fondation en pierre de taille […] avec moins de soins»[19]. Cet auteur ajoute: «Autrement dit, il n'y a pas eu de fondations dans le sens moderne du mot».

De même, d'après les observations d'Alek'sandra Eremyan, les édifices anciens d'Arménie, du moins les églises à coupole du VI^e^-VII^e^ s., ne présentaient pas de fondations au sens moderne du terme[20]. La première assise visible des murs [nous reviendrons plus loin sur l'élargissement extérieur des premières assises des murs] est généralement précédée, sous le sol en principe dallé, d'une assise de 35-40 cm de hauteur, elle-même posée sur des blocs d'une épaisseur de 40-45 cm. A la cathédrale de T'alin (VII^e^ s.), la surface qui porte l'édifice a été égalisée sur une profondeur de 40 cm et recouverte d'une fine couche de mortier[21]. Sous les constructions du X^e^-XI^e^ s. de Sanahin, Ovanes Xalpaxčjan a relevé la présence, à des endroits où le sol rocheux s'abaissait, de quelques couches régulières de moellons liés au mortier de chaux, à peine plus larges de 3-5 cm que le bas des murs[22].

[17] Sargsyan et T'amanyan 1970, p. 213, 217; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 220, 237-238.
[18] Sahinyan 1955, p. 68.
[19] Sahinyan 1966, p. 52.
[20] Eremyan 1981, p. 123.
[21] Eremyan 1974, p. 77; Eremyan 1981, p. 127, note 8.
[22] Xalpaxčjan 1953, p. 44.

Les observations faites à Ereruyk‘ par la Mission du Laboratoire d’Archéologie Médiévale et Moderne en Méditerranée[23], lors de la campagne de septembre 2011, semblent confirmer ces indications, même si, les travaux n’ayant pas spécialement porté sur les fondations, elles ne permettent pas des conclusions définitives. Rappelons d’abord que la basilique paléochrétienne d’Ereruyk‘ (probablement fin V^e^-VI^e^ s.), *martyrium* des saints Jean-Baptiste et Etienne, appartient à la catégorie des édifices à fonction mémoriale signalée un peu plus haut et que, à ce titre, elle est munie d’une haute *krepis* à cinq, par endroits six degrés, qui fait, au moins en partie, office de plateforme-fondation (fig. 2) (même si le niveau du sol de la nef est en-dessous de celui du haut de la *krepis*). Cette précision donnée, passons à nos deux observations:

a) Le mur nord de la basilique laisse apparaître, au pied de sa face intérieure, une première assise qui correspond à l’assise de fondation. La présence de cette assise est aujourd’hui anormalement visible à l’intérieur de la basilique[24], surtout depuis le nettoyage de son intérieur par la mission de 2011[25] (fig. 3). Or cette assise de fondation est constituée de pierres de basalte de taille moyenne, voire petite, à peine dégrossies, posées apparemment à même le sol (les soubassements de cette première assise n’ont pas fait l’objet d’un sondage).
b) Le sondage réalisé sur le flanc sud de la basilique, où un niveau de colluvionnement couvre encore le plateau rocheux, a montré, sous la *krepis*, une absence de fondations, avec tout au plus une simple préparation du sol, et des blocs laissés ici et là pour servir de calage à la première assise du podium (fig. 4). Mais dans le cas d’une plateforme servant elle-même apparemment de fondation, cette absence est normale.

De cette très succincte évocation des sites et des fondations il ressort qu’aucune conclusion ne semble pouvoir être tirée de la diversité des situations, de surcroît mal connues. Tout au plus peut-on relever le facteur positif que constitue la nature rocheuse de la grande majorité des sols en

[23] Depuis 2009, le LA3M (ex-LAMM) (UMR 7298, CNRS / Université d’Aix-Marseille) conduit une prospection archéologique sur le site d’Ereruyk‘, sous la direction de l’auteur de ces lignes.

[24] Elle n’apparaît pas sur le relevé de la coupe longitudinale, côté nord, de la basilique, publié dans *DAA* 9 1977, p. 53, «section c-c».

[25] Cette assise est visible parce qu’elle n’est plus cachée par le gradin — sorte de banc — qui longeait probablement à l’origine le mur nord sur sa face intérieure, dans le prolongement de la plateforme encore visible dans l’angle nord-ouest (fig. 3), gradin qui a disparu.

Arménie. En cas de séisme, en effet, les sols rocheux s'avèrent plus favorables que les sols meubles et humides[26]; les constructions qui y sont assises résistent en général mieux, car les amplitudes d'oscillation des sols rocheux sont beaucoup plus faibles que celles des sols meubles[27]. On peut également relever les conséquences néfastes des infiltrations d'eau dans les sols, par suite de changements dans l'environnement ou de déficiences de drainage: ces infiltrations peuvent dégrader les roches et affaiblir les fondations, même ancrées dans le rocher, et par là augmenter la vulnérabilité des bâtiments aux mouvements sismiques[28].

II. Conception planimétrique et spatiovolumétrique

1. Limites de la validité des observations

Comme indiqué plus haut, il est difficile d'établir dans quelle mesure les choix conceptuels qui semblent garantir la solidité des édifices, dans leur état ordinaire, statique, permettent aussi un bon comportement en régime dynamique, en cas de secousse sismique. C'est une question à laquelle des experts en évaluation de la vulnérabilité des ouvrages aux séismes seraient plus à même de répondre. Selon Milan Zacek, si diverses solutions peuvent être favorables, «le plus souvent il s'agit d'une coïncidence heureuse, les constructeurs [du passé] ne possédant pas de connaissances en matière de comportement dynamique»[29]. Selon cette approche, qui peut paraître excessivement réservée, très rares sont les cas où l'on peut affirmer une intention parasismique. Pour l'architecte Gevorg Mušełyan, au contraire, dans les principaux partis architecturaux arméniens le souci parasismique ne fait pas de doute. Ce point de vue est entièrement partagé par l'historien de l'architecture Ovanes Xalpaxčjan, qui écrit: «Connaissant l'effet destructeur des séismes sur les édifices, les bâtisseurs accordaient une attention toute particulière aux questions de résistance parasismique»[30]. De même l'architecte du patrimoine Gaianè Casnati estime «établi que l'évolution des formes de l'architecture arménienne allait dans le sens d'une réduction de la vulnérabilité sismique des

[26] Mušełyan 2005, p. 7-8.
[27] Zacek 1996, p. 147, 150; Zacek 2002, p. 15.
[28] Mušełyan 2005, p. 75-76.
[29] Zacek, courriel du 8 mars 2009.
[30] Xalpaxčjan 1953, p. 65.

monuments»[31]. Sans prendre position sur la finalité parasismique des solutions élaborées par les bâtisseurs, l'historien de l'architecture Adriano Alpago Novello se contente d'observer: «Une plus grande résistance aux secousses telluriques est le propre des constructions à plan central, symétriques, avec des murs périmétriques robustes sans pour autant être massifs, si possible avec un certain degré d'élasticité»[32].

Nous reprendrons brièvement ci-après ces divers points pour tenter de nous faire une première opinion sur la difficile question des intentions parasismiques. Mais auparavant, une remarque préliminaire doit être faite quant à la qualité de conception des édifices. La rigueur et la sophistication graphique des plans, et les rapports de proportion laissent supposer un haut degré de compétence théorique et pratique de la part des concepteurs et responsables de chantiers. En particulier, plusieurs analyses de la composition des édifices anciens d'Arménie, d'époques paléochrétienne (IV-VI^{e} s.), préarabe (VII^{e} s.) puis médiévale (IX^{e}-XIV^{e} s.), ont révélé l'attention portée aux proportions[33]. Un système de règles, analogues à celles que l'on nomme «nombre d'or» ou «section dorée» dans les traditions méditerranéennes antiques, régissait selon toute probabilité les rapports de proportion entre les parties et l'ensemble de l'édifice, à partir d'un module. On estime que celui-ci pouvait être, dans les basiliques, la longueur de la section du pilier ou, dans les églises à coupole, le côté du carré central (= le diamètre de la coupole) ou une de ses portions (le rayon du cercle de base), ou encore la largeur de la section du pilier sous la coupole. Il ne serait donc pas étonnant que des bâtisseurs si attentifs à ces questions, comme à beaucoup d'autres, aient eu également le souci de donner à leurs ouvrages une certaine capacité de résistance aux séismes.

2. Des constructions à voûtes et à coupole en pierre

a) *Structures basilicales sans coupole*

Après l'adoption du christianisme comme religion officielle au début du IV^{e} s., l'architecture cultuelle des premiers siècles (période paléochrétienne -

[31] Casnati 2000.

[32] Alpago Novello 1986, p. 45.

[33] Sahinyan 1955, p. 141-186; Marut'yan 1963, p. 109-116; Sahinyan 1966, p. 53-59; Eremyan 1974; Xalpaxčjan 1974; Marut'yan 1976, p. 37-41; Avetisyan 1977; Kalayan 1978; Sahinyan 1978; Gevorkyan 1981; Šaxkyan 1983, p. 18-20; Gevorkyan 1984; Harut'yunyan 1992, p. 102-104; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 250-254; Kazaryan 2007, p. 36-37.

IV^e^-VI^e^ s.) comporte en Arménie des édicules funéraires souvent hypogés, et surtout des compositions de type basilical, à une ou à trois nefs, sans coupole (fig. 6-8). On compte à cette période une cinquantaine de chapelles à nef unique et huit ou neuf basiliques à trois nefs. Quelques-unes de ces églises ont été initialement munies de charpentes en bois, puis ont été bientôt remaniées pour porter un couvrement en pierre. Mais dans la majorité de ces édifices oblongs, les voûtes et toutes les superstructures, de même que l'ensemble de la construction, sont d'emblée en pierre.

Plusieurs auteurs considèrent que les structures basilicales, oblongues et voûtées, n'étant pas aussi équilibrées que les constructions à plan centré, ne sont pas favorables sous l'angle parasismique[34]. Nous verrons en effet que les compositions proches du cube, à symétrie sur deux axes, sont réputées plus résistantes aux séismes. De fait, à partir de la fin du VI^e^ s., les architectes ont préféré aux basiliques, les compositions cruciformes et centrées à coupole. Mais il est probable que les raisons idéologiques et l'amélioration des savoir-faire ont joué un rôle primordial dans ce choix. Notons que plusieurs des chapelles mononefs et deux des basiliques trinefs paléochrétiennes n'ont pas trop mal résisté aux siècles et ont récemment été restaurées: K'asał (fig. 7) et Ciceṙnavank'. Enfin rappelons que les architectes de la période moderne n'ont pas hésité à reprendre cette typologie, relativement facile à réaliser: les basiliques à trois nefs sans coupole ont de nouveau connu une assez grande faveur au XVII^e^-XIX^e^ s.[35]

En tout état de cause, ces basiliques exigeaient qu'une attention particulière soit portée au renforcement de leurs superstructures en pierre et à la solidité de leur assise. D'où la relative épaisseur de leurs murs (peut-être aussi, dans les chapelles à nef unique, la rareté des ouvertures) et l'importance du réseau d'arcs doubleaux et formerets présents dans beaucoup de cas, soigneusement appareillés, qui facilite l'édification des voûtes lors de la construction, puis renforce leur solidité en dotant l'édifice d'une «carcasse de rigidité»[36] (fig. 8).

[34] Xalpaxčjan 1953, p. 65; Mušełyan 2005, p. 20-21, 69. Mnac'akanyan 1952, p. 35, quant à lui, souligne le rejet progressif par les architectes arméniens des structures oblongues en raison de leur vulnérabilité aux séismes, et leur préférence pour les plans proches du carré.

[35] Cuneo 1988, planche p. 716-717. La coupole y est souvent remplacée par un tout petit lanternon dressé au faîte de la bâtière de ces basiliques tardives. Cette mini-rotonde sert en même temps de clocher.

[36] *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 226.

A la période paléochrétienne, les arcs, notamment les doubleaux sous les voûtes sont de deux types: en plein cintre et outrepassés. Fréquente jusqu'au VI^e^ s., la forme outrepassée a été ensuite abandonnée, sauf quelques survivances; on estime que c'est parce qu'elle était plus vulnérable aux séismes que le plein cintre[37]. Quoi qu'il en soit, la voûte en berceau domine, même si l'on trouve aussi, ici ou là, d'autres formes: des voûtes d'arêtes notamment sur des pièces angulaires à plan carré ou rectangulaire au VII^e^ s., des arcs et des voûtes brisés surtout au X^e^-XI^e^ s., des voûtes sur croisées d'arcs et des plafonds à caissons sur les narthex du XIII^e^ s. Mais la voûte en berceau elle-même révèle une mauvaise capacité de résistance aux secousses sismiques[38]. C'est dire toute l'importance du soin apporté non seulement au renforcement des voûtes par des arcs, comme on vient de le noter, mais aussi et surtout à la technique de construction et à l'appareillage des voûtes (voir *infra*). Selon Ovanes Xalpaxčjan c'est la vulnérabilité de l'arc en plein cintre qui aurait conduit à la création de l'arc brisé, dont le comportement serait meilleur en cas de séisme[39].

b) *Premières constructions à coupole*

Chargée d'une forte symbolique céleste et divine, la coupole apparaît également dès la période paléochrétienne, mais jusqu'au VI^e^ s., elle ne s'applique qu'à quelques édifices. Les deux principaux datent probablement de la fin du V^e^ s. Ce sont Tekor et Surb Ējmiacin. A l'église de Tekor (détruite), la coupole reposait sur quatre piliers, à la jonction des quatre berceaux constitués par la nef et le transept, au centre d'une croix inscrite dans un parallélépipède (fig. 9-10). A la cathédrale Surb Ējmiacin, très remaniée plus tard, la coupole était posée, suppose-t-on, sur quatre piliers au centre d'un cube dont chaque côté était échancré d'une conque saillante[40]; on ignore quelle était, à la fin du V^e^ s., la couverture des compartiments périphériques du cube (fig. 13). La coupole commence sans doute à s'implanter aussi sur quelques chapelles cruciformes paléochrétiennes (Saint-Grégoire du mont Sepuh, Ołǰaberd), néanmoins, durant cette période, elle reste encore rare.

[37] Xalpaxčjan 1953, p. 69; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 229.
[38] Xalpaxčjan 1953, p. 69; Zacek 1996, p. 120.
[39] Xalpaxčjan 1953, p. 69.
[40] L'hypothèse d'une structure à coupole dans la cathédrale reconstruite à la fin du V^e^ s., émise par A. Sahinyan, n'est pas la seule. Il n'est pas possible d'évoquer ici les autres points de vue, notamment les nouvelles propositions avancées par Kazaryan 2007 et Garibian 2009.

La coupole s'impose véritablement, et désormais sans partage, à partir de la fin du VI^e^ siècle. La cathédrale d'Awan, dans les années 590, présente pour la première fois un type à coupole très innovant (un édifice analogue est entrepris simultanément dans l'Ibérie voisine, à la Sainte-Croix de J̌vari): la coupole repose sur la jonction de quatre conques axiales et de quatre niches diagonales plus petites, aux trois-quarts cylindriques, qui donnent accès à quatre chambres angulaires rondes, le tout inscrit dans un périmètre quadrangulaire (fig. 14-15). Cette typologie sera reprise, légèrement modifiée, sur une série d'églises, notamment au VII^e^ s. (voir *infra* — fig. 16-17).

A partir de ce tournant décisif, les architectes arméniens concentrent leur attention sur le thème désormais fondamental de la coupole. Celle-ci dicte dès lors l'assemblement de l'espace autour de l'axe vertical dont elle est le couronnement. On considère que la coupole, à la différence de la voûte en berceau, a un comportement en général satisfaisant en zone sismique[41]. On a observé aussi la bonne tenue de la demi-coupole ou quart de sphère correspondant au cul-de-four, dans les absides et absidioles, ou dans les conques[42].

On ne peut toutefois déduire de ce choix aucune intention parasismique, puisque des coupoles sont bâties partout dans le monde. En tout état de cause, on observe l'omniprésence de la coupole en Arménie (nous verrons plus loin que sa capacité de résistance est renforcée par la technique de construction). Or elle aussi est dès le début en pierre. Et dès le début, à son propre poids s'ajoute celui du tambour, toujours en pierre, qui précède la coupole. Désormais indissociable d'elle dans l'architecture ecclésiastique arménienne, le tambour permet de surélever cet hémisphère central et de percer sous lui des fenêtres qui éclairent l'intérieur d'une lumière quasi zénithale et renforcent ainsi la charge symbolique de la coupole.

3. Equilibre et symétrie des compositions

On mesure donc l'acuité des problèmes de sustentation des superstructures et d'équilibre des masses auxquels les bâtisseurs de l'Arménie chrétienne sont d'emblée confrontés. Et pourtant, autour de l'axe que marque la coupole, une multitude de formules d'organisation de l'espace s'élabore très tôt (VI^e^-VII^e^ s.), sur des plans en croix libre, en croix inscrite, des

[41] Xalpaxčjan 1953, p. 69; Zacek 1996, p. 120.
[42] Bessac 2011, p. 381.

plans centrés en carré tétraconque, dégagés ou inscrits, ou encore des plans rayonnants. Dans tous les cas, les volumes se groupent autour de la coupole de manière à constituer un microcosme uni, compact. Il est probable que ce parti favorisant l'unité de l'espace coiffé par la coupole soit lié à la position christologique de l'Eglise arménienne («L'unique nature du Verbe incarné»). En même temps ce parti, fondé sur l'équilibre et la symétrie, s'avère, dans la plupart des types énumérés, favorable du point de vue parasismique. En effet, dans cet agencement *grosso modo* pyramidal, les masses s'équilibrent pour épauler la partie centrale porteuse de la coupole. Dans leur agencement vertical progressif à partir d'un volume en croix, en cube, en parallélépipède ou en polygone, ces masses, à travers les conques (culs-de-four) ou les berceaux qui convergent sur le carré central, viennent contrebuter les arcs porteurs du tambour et de la coupole. Cette gradation des volumes se traduit aussi par la disposition des arcs périphériques et formerets des espaces secondaires, à un niveau inférieur à celui des arcs centraux sur lesquels pèsent les fortes charges du tambour et de la coupole, ce qui assure une répartition équilibrée des poussées et permet d'épauler les appuis centraux. Ovanes Xalpaxčjan souligne l'utilité parasismique de cet équilibre des masses et de cette gradation des volumes[43]. A cela s'ajoute, comme nous le verrons plus loin, la contribution notable que la technique de construction apporte à la solidité d'ensemble de ces bâtiments. Du moins en régime statique…

Cet équilibre des masses est aisé à appréhender, car immédiatement perceptible, dans les petits édifices cruciformes, notamment les chapelles tétraconques (fig. 20-22), dans les compositions rayonnantes comme les hexaconques (fig. 23-25) et octoconques, ainsi que dans les carrés tétraconques du type Mastara (voir *infra*) (fig. 26-28). Ces compositions centrées à coupole constituent, pour Gevorg Mušełyan, «la solution parasismique idéale»[44]. Dans les églises en carré tétraconque tétraniche inscrit du type Awan / Hṙip'simē, l'organisation rayonnante intérieure est enveloppée dans un périmètre quadrangulaire, aussi cet ordonnancement, clairement compréhensible à l'intérieur, est-il simplifié à l'extérieur où l'essence cruciforme de la structure se manifeste en élévation (fig. 14-19).

Le souci d'équilibre des masses sous la coupole est présent aussi dans les structures en croix inscrite à tendance longitudinale. C'est le cas dans

[43] Xalpaxčjan 1953, p. 66.
[44] Mušełyan 2005, p. 58. Xalpaxčjan 1953, p. 65, exprime la même opinion.

la composition en croix inscrite à coupole sur quatre appuis libres[45]. Elle est illustrée dès la fin du V^e^ s., selon toute probabilité, par Saint-Serge de Tekor (fig. 9-10), puis fréquemment reprise au VII^e^ s. (fig. 29-32) et encore adoptée à la fin du X^e^ s. à la cathédrale d'Ani (fig. 33-35). Elle a l'avantage de permettre d'agrandir l'espace intérieur dont les dimensions ne dépendent pas du diamètre de la coupole, puisque ses quatre supports sont libres, indépendants des murs périphériques. On y trouve l'un des éléments importants de cet équilibre: la conjonction nef / transept.

Selon Step'an Mnac'akanyan, en même temps que la volonté idéologique d'installer la croix et la coupole dans un espace basilical, la préoccupation de solidité a dicté le choix du transept lorsqu'il s'est agi, à la fin du V^e^ s., de transformer la basilique paléochrétienne à trois nefs en une église en croix inscrite capable de porter une coupole en pierre[46]. Selon cet auteur, en s'inspirant probablement des compositions cruciformes où les quatre bras de la croix joignent leurs conques ou leurs berceaux pour contrebuter la base de la coupole, l'architecte de Tekor a interrompu la nef principale d'une basilique et ses deux nefs latérales, à orientation ouest-est, par l'insertion, sur l'axe nord-sud, du transept avec les deux portions de berceau qui le couvrent: le bâtisseur pouvait ainsi disposer en croix quatre berceaux et les appuyer contre la base carrée créée sous la coupole par les quatre appuis centraux (fig. 9-10).

Quant à la portée parasismique de la conjonction nef / transept, également invoquée par Step'an Mnac'akanyan pour justifier le recours au transept, elle est infirmée par Milan Zacek qui estime que, en régime dynamique (en cas de secousse), une telle configuration doit être considérée comme défavorable[47]. De même, pour Gevorg Mušełyan, la composition en croix inscrite à quatre appuis libres, rompant avec la «géniale perfection» de la coupole sur volume centré cruciforme, oubliant la règle d'or de l'unité de tout l'organisme autour de la coupole, constitue un mauvais choix du point de vue parasismique[48]. Ce choix erroné serait, selon lui, la raison de la destruction de la majorité des coupoles couvrant ce type d'églises. On notera toutefois combien ce dernier argument est contestable puisque bon nombre de compositions centrées ont également perdu leur coupole.

[45] Donabédian 2008, p. 54-57, 101-118.

[46] Mnac'akanyan 1985; Mnac'akanyan 1989, p. 84, 140-142; *Histoire architecture*, 2, p. 20, 219-220, 223, 252; Donabédian 2008, p. 101-103.

[47] Zacek, courriel du 28 janvier 2008.

[48] Mušełyan 2005, p. 58-59.

Dans les "salles à coupole" ou "croix inscrites cloisonnées", type extrêmement répandu à partir du début du VII^e s. et tout au long du Moyen Age arménien, le principe posé à Tekor est aussi appliqué, mais sous une formule réduite, rendue sensiblement plus compacte du fait du rétrécissement latéral de ces édifices[49]. En effet, dans ces églises à la fois oblongues et très compactes, les appuis de la coupole sont attachés aux murs latéraux et les deux berceaux nord et sud du transept sont très courts (fig. 36-45). Néanmoins présentes, ces deux voûtes nord-sud jouent leur rôle de contreforts transversaux. Elles sont d'ailleurs rendues parfaitement lisibles de l'extérieur par les (courtes) bâtières qui les couvrent. Orientées nord-sud, ces deux bâtières viennent compléter les bâtières ouest-est qui surmontent les deux bras de la nef pour dessiner clairement, au niveau des toits, la croix au centre de laquelle se dresse la coupole, tandis que plus bas, les quatre compartiments angulaires sont recouverts de petits toits en appentis. Nous verrons plus loin que la formule adoptée ici, où les appuis de la coupole sont attachés aux murs périphériques, peut être jugée, selon les critères "exigeants" de M. Zacek, très positive du point de vue parasismique. On notera cependant que, malgré la qualité de ces constructions, pas une des salles à coupole du VII^e s., nettement oblongues, n'a conservé sa coupole (sauf Ddmašēn, reconstruite tardivement), alors qu'une bonne part des croix inscrites cloisonnées du Moyen Age, aux proportions plus resserrées sur l'axe ouest-est, l'a gardée.

Les édifices considérés sont tous rigoureusement symétriques selon un ou deux axes, ou plus, la plupart selon deux axes, ce qui est un avantage reconnu en cas de séisme: «la symétrie du plan selon deux axes ou plus tend à réduire notablement la torsion d'axe vertical des constructions»[50].

En revanche, dans les nombreuses compositions en croix libre, la présence des "ailes" (bras de la croix) saillantes est apparemment néfaste: «à la jonction des ailes, des concentrations de contraintes sont inévitables, étant donné la différence des rigidités transversales et longitudinales; […] les ailes du bâtiment n'oscilleront pas à la même fréquence, soumettant le noyau commun à des efforts considérables, plus particulièrement autour des angles rentrants»[51]. Pourtant, il ne semble pas que les églises arméniennes cruciformes, ni toutes celles à plan découpé, aient

[49] Cuneo 1988, II, p. 726-729; Donabédian 2008, p. 67-68, 122-129.

[50] Zacek 1996, p. 100; voir aussi Casnati 2000.

[51] Zacek 1996, p. 100; même idée dans Zacek 2002, p. 7. Pour Xalpaxčjan 1953, p. 65, au contraire, les "ailes" saillantes confèrent aux compositions cruciformes à coupole rigidité et résistance.

été spécialement atteintes par les séismes à la jonction des "ailes". Ce sont sans doute là encore le soin apporté à la maçonnerie des parties sensibles, peut-être la compacité et la petitesse de ces édifices, ainsi que la nature des sols, et enfin le souci de restaurer les bâtiments après chaque épreuve naturelle ou humaine, qui ont permis à beaucoup d'entre eux de traverser les siècles, du moins dans les régions où le patrimoine arménien n'a pas été systématiquement détruit.

4. Un type emblématique, l'église à coupole sur cube tétraconque

L'un des types emblématiques de l'âge d'or architectural du VII^e^ s., l'église à coupole sur cube tétraconque, représenté notamment par Saint-Jean de Mastara (milieu du VII^e^ s. — fig. 26-28), offre un exemple achevé de l'équilibre des masses dans l'architecture arménienne[52]. Dans ce volume cubique aux côtés échancrés par quatre conques, l'alternance des quatre dièdres des angles du cube et des quatre saillies des conques qui dessinent la croix organise un harmonieux rayonnement sous la calotte de la coupole. En même temps, illustrant la "polysémie" des formes de cette architecture, les quatre conques jouent un rôle architectonique important: elles servent de niches-contreforts qui viennent contrebuter l'assise de la coupole au bas du tambour. Enfin, grâce à ce rayonnement, huit solides points d'appui se constituent à la jonction des conques et du cube, ce qui permet de poser pratiquement sur la carcasse murale le tambour d'une coupole qui, à Mastara, est la plus large de celles conservées en Arménie, avec 11,2 m de diamètre. A noter que cette coupole est probablement conservée depuis le VII^e^ s. dans son état originel, sans restauration notable.

Un autre type caractéristique de l'âge d'or de l'architecture arménienne, relativement proche de celui de Mastara et propre seulement à l'Arménie et à la Géorgie, est celui du cube tétraconque tétraniche inscrit, déjà évoqué à propos d'Awan[53]. Ce type, dont le spécimen le plus fameux est l'église Surb Hṙip'simē (début du VII^e^ s.), montre un rayonnement alterné de conques petites et grandes qui constituent ensemble, comme s'épaulant mutuellement, la base de la large coupole (fig. 16-18). Ce type nous donne encore plusieurs exemples de polyvalence ou multifonctionnalité des formes. C'est le cas notamment, dans la corolle déployée sous

[52] Donabédian 2008, p. 153-162.
[53] Donabédian 2008, p. 79-87, 163-184.

la coupole, des niches diagonales aux trois-quarts cylindriques: elles permettent simultanément d'accéder aux quatre chambres angulaires, d'élargir, en l'embellissant et le diversifiant, l'espace sous la coupole, et surtout de multiplier ses points d'appui en contribuant à la solidité de son assise, ce qui améliore probablement le comportement de l'ouvrage en cas de tremblement de terre[54]. On reparlera plus bas de cette composition à propos d'un autre élément caractéristique, les paires de niches extérieures, remarquables également pour leur richesse et complémentarité fonctionnelle, incluant selon certains auteurs un rôle parasismique à travers la sorte d'"élasticité" (déformabilité) qu'elles confèrent au massif mural.

Comme on l'a vu plus haut, le principe de rattacher les appuis de la coupole aux murs de l'édifice se retrouve dans des compositions oblongues: les "salles à coupole" du VII^{e} s., et dans la majorité des églises monastiques du Moyen Age (X^{e}-XIV^{e} s.) qui présentent diverses variantes de la "salle à coupole" dite aussi "croix inscrite cloisonnée" (fig. 36-45). Ce principe se retrouve également dans certains des narthex les plus sophistiqués, ceux à paires d'arcs croisées, qui traversent ces larges espaces en une seule enjambée et retombent sur des appuis faisant corps avec l'enveloppe murale des édifices (fig. 53-56). Nous reviendrons plus loin sur la question des appuis engagés et de leur probable justification parasismique.

5. Modestie des dimensions

Dans ces constructions compactes, plutôt ramassées mais non massives, qui peuvent même, au XIII^{e}-XIV^{e} s., être assez élancées, la portée des arcs et des voûtes, et la hauteur des volumes restent modestes. En effet jamais les dimensions des édifices ne dépassent les 40 mètres de hauteur, de largeur et de longueur, même dans le cas de cathédrales patriarcales ou épiscopales ou encore de fondations royales ou princières. Très rares sont les bâtiments qui font exception, outrepassant quelque peu ces limites. La cathédrale primatiale de Duin, rasée par le tremblement de terre de 894, mesurait 52,5 m. de long avant sa première destruction par les Perses en 572: cette basilique était probablement couverte, comme quelques autres édifices paléochrétiens dans leur état primitif, d'une charpente en bois; lors de sa reconstruction en basilique à coupole au début du VII^{e} s., sa

[54] Kasangian 1984, p. 343, 356.

longueur a été réduite à 42 mètres[55]. Autre exception, la cathédrale Saint-Jean de Bagawan, bâtie de 631 à 639 et détruite au milieu du XX^e^ s., avec ses 46 m de long sur 27 de large, était la plus grande église de l'Arménie du VII^e^ s. (fig. 32).

Condamnés à ignorer les intentions des bâtisseurs et de leurs commanditaires, nous ne pouvons savoir si la relative petitesse de leurs œuvres, qui est de règle en Arménie, avait été voulue par eux comme une précaution parasismique. Pouvons-nous au moins la considérer comme un avantage parasismique objectif? L'observateur profane aurait tendance à le penser, mais le spécialiste est plus réservé: «il est inexact de dire que les arcs et les voûtes de portées modestes sont (toujours) plus favorables en zone sismique. Le choix des portées devrait dépendre de la nature du sol, car il est souhaitable d'éviter la résonance, qui est un phénomène très destructeur»[56]. Dans le même esprit: «Il est possible que la taille réduite et la compacité des édifices cruciformes arméniens aient contribué à leur bonne tenue, mais d'autres raisons, plus plausibles, peuvent exister ou coexister. Les bâtiments vibrent lors des séismes car ils sont mécaniquement couplés au sol. Le rapport de leur période propre et de celle du sol est décisif en ce qui concerne le niveau de sollicitation d'un ouvrage. […] Dans l'évaluation exacte de la vulnérabilité d'un édifice, la prise en compte de la nature du sol est donc indispensable»[57]. Ce même auteur écrit: «En général, les critères parasismiques n'interviennent pas dans le choix de la hauteur de la construction. En revanche, pour un bâtiment donné, on devrait rechercher la position la plus basse possible du centre de gravité»[58]. Nous mentionnerons plus loin les mesures qui permettent d'abaisser le centre de gravité, notamment en allégeant les superstructures.

Pour ce qui est de la petitesse des édifices, une justification parasismique ne paraissant pas certaine, hormis l'argument d'abaissement du centre de gravité, il nous reste à chercher d'autres raisons. Le nombre très élevé de constructions anciennes, entièrement ou partiellement conservées, particulièrement en Arménie orientale, souvent implantées jusqu'au X^e^ s. dans des sites villageois ou urbains, semble indiquer que ce ne sont pas des limites en moyens financiers ou humains, ni la faiblesse numérique des paroisses qui pourraient être responsables de la modestie des

[55] Donabédian 2008, p. 43, 66.
[56] Zacek, courriel du 28 janvier 2009.
[57] Zacek, courriel du 8 mars 2009.
[58] Zacek 1996, p. 107.

dimensions. Il s'agit donc plutôt d'un choix délibéré, idéologique ou/et technique. Nous sommes ainsi conduits à tenter d'expliquer cette petitesse par les causes suivantes, probablement conjointes: a) des choix idéologiques: la volonté de créer un microcosme à l'échelle de l'homme, microcosme dont la compacité et l'unité sont en accord avec la christologie arménienne; b) les limites des possibilités techniques et les contraintes de stabilité de lourds ouvrages en pierre, tenant compte notamment de la difficulté de bâtir des coupoles d'un diamètre supérieur à environ 11 m. Il est intéressant d'observer que dans la même région, avec les mêmes matériaux et les mêmes risques sismiques, les Géorgiens et les musulmans (notamment les Seldjoukides) construisent des volumes plus grands que ceux des Arméniens, sans toutefois que l'on y trouve des coupoles plus larges qu'en Arménie. On a déjà indiqué plus haut le goût que l'on avait en Géorgie pour les sites élevés; il faut y ajouter une propension marquée aux volumes plus larges et plus élancés qu'en Arménie. Les tambours géorgiens sont particulièrement élevés à partir du XIII^{e} s. Notons que, tout architecte qu'il était, Mixail Čxikvadze semblait ignorer l'argumentation développée par Milan Zacek, puisqu'il estimait (il y a, il est vrai, plus de 70 ans) que c'était précisément la sismicité plus élevée de l'Arménie qui expliquait les proportions ramassées des églises arméniennes par rapport à celles, plus élancées, de Géorgie[59].

III. Technique de construction

1. Le matériau

Dans la capacité de résistance statique de ces édifices, le matériau et la technique de construction jouent un rôle majeur. Sous l'angle parasismique, le matériau est sans doute moins important que les caractéristiques de l'ouvrage, du mortier et de l'appareil; il est néanmoins indispensable d'en dire quelques mots ici. Dans le centre et l'est du pays le matériau consiste presque exclusivement en pierres volcaniques, principalement de tuf et, à un moindre degré, de basalte[60]; dans la région méridionale du Vaspurakan, on utilisait plutôt le schiste, le gneiss et le calcaire. L'emploi du bois, de la brique et de la terre est beaucoup plus rare, du moins dans la construction monumentale; les provinces du sud-ouest, Vaspurakan et

[59] Čxikvadze 1940, p. 22; Mušełyan 2005, p. 26.
[60] Sur ces matériaux, basalte et tuf, voir notamment Bessac 2011, p. 382-386.

Tarōn (Sasun), font encore une fois exception, car la brique y est assez souvent employée dans l'architecture des églises et couvents.

Parmi les pierres volcaniques, le tuf qui prédomine dans la construction a des particularités physicomécaniques propices à l'élaboration de structures très résistantes, du moins en régime statique, et de formes architecturales pures et esthétiquement vives. Les blocs de tuf sont relativement légers et faciles à tailler; assez tendres après l'extraction, ils durcissent ensuite à l'air. Ils ont une grande diversité chromatique. Leur porosité (capillarité) leur permet de bien s'unir au mortier qui sert de liant au noyau du mur, même si elle a aussi des effets négatifs, puisqu'elle rend la pierre vulnérable à l'action combinée de facteurs tels que l'eau, les sels véhiculés par elle et les écarts de température[61]. Pour neutraliser ces effets négatifs de la porosité du tuf, dans certains cas, on enduisait d'huile chaude la face extérieure des pierres, surtout celle des dalles couvrant les toits[62]. Ouvrons ici une parenthèse pour signaler que, moyennant un tel traitement, les plaques de toiture en tuf s'avéraient beaucoup plus résistantes que les tuiles de terre cuite[63]: c'est probablement la raison pour laquelle ces dernières furent remplacées après le VII[e] s. par des tuiles en tuf. Dès la renaissance postarabe, celles-ci donnèrent aux coupoles arméniennes leur forme rectiligne-aiguë (pyramidale, conique ou en ombrelle) si caractéristique, à la place des coiffes arrondies en tuiles céramiques de couleur souvent ocre ou rougeâtre qui avaient prévalu jusque-là.

On trouve également en Arménie des gisements de calcaire[64] qui permettaient la fabrication de la chaux; quant au sable que l'on mélangeait à celle-ci pour la fabrication du mortier, on privilégiait celui des rivières en raison de sa pureté[65].

2. L'*opus caementicum*

Malgré son importance pour l'histoire de l'architecture arménienne, la technique de construction n'a pas fait l'objet d'études monographiques,

[61] Paris 1984, p. 472-473; Bessac 2011, p. 385.

[62] T'oramanyan 1942, p. 142; Xalpaxčjan 1953, p. 64-65 (témoignage d'E. Lalayean selon qui en 1900-1901 les toits du Saint-Sauveur de Sanahin furent enduits d'huile d'olive après leur réfection); Mušełyan 2005, p. 73.

[63] Xalpaxčjan 1953, p. 65; Mušełyan 2005, p. 70-73.

[64] En particulier, dans l'actuelle république d'Arménie, dans les *marz* de Širak et d'Ararat. Voir à ce sujet: *Nature* 2006, s.v. «Krakʿar» (= Calcaire), p. 83-84.

[65] T'oramanyan 1942, p. 134-135, 140-141; Xalpaxčjan 1953, p. 39; Xalpaxčjan 1967, p. 209; Melkʿumyan 1985, p. 28-29; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 218.

hormis deux articles[66]. Des passages plus ou moins longs de plusieurs publications lui sont consacrés[67], ainsi qu'un rapport[68].

La technique utilisée ici, parfois appelée «*midis*» par les architectes d'Arménie[69], est celle du béton entre deux parements, généralisée à partir de la période d'occupation romaine. Elle a peut-être été empruntée à Rome, mais certaines données archéologiques plaident en faveur d'une origine locale plus ancienne. En effet, l'usage de la technique à béton et parements semble attesté en Arménie dès les périodes pré-ourartienne, ourartienne et hellénistique (Ier mill. av. J.-C.), avec toutefois de l'argile pour liant, à la place de la chaux utilisée à partir des débuts du christianisme[70]. Constitué d'un mortier fait de chaux et de sable dans lequel sont introduits du gravier, des éclats de pierre (des débris de tuf de construction choisis pour leur porosité[71]) et des moellons, le béton est coulé entre deux parements de pierres (fig. 46). Ce fourrage de béton est le principal élément porteur.

Les blocs des parements sont soigneusement taillés sur leur face extérieure et sur la partie antérieure de leurs quatre côtés. La taille plane, rectiligne des quatre bords latéraux permet que, sur leur partie antérieure, les blocs soient posés régulièrement les uns sur les autres et les uns contre les autres, à joints vifs, avant que le mortier ne soit coulé à l'intérieur du mur. Il en est autrement de la partie postérieure des blocs qui, laissée grossièrement équarrie, est réduite en largeur, de manière à pénétrer en coin dans le mortier et à s'unir solidement à lui. Sur les monuments des V^e^-VII^e^ s. les blocs présentent souvent, sur leurs bords extérieurs (en façade), des chanfreins. Ceux-ci étaient sans doute destinés à réduire la fragilité

[66] Xalpaxčjan 1953; Bessac 2011.

[67] T'oramanyan 1942, p. 134-142; Sahinyan et Mnac'akanyan 1964, p. 76-77, 131-134; *Architettura medievale* 1968, p. 14-16; Khatchatrian 1971, p. 15-27; Alpago Novello 1986, p. 132-133; Thierry et Donabédian 1987, p. 39; Harut'yunyan 1992, p. 105; Kouymjian 1992, p. 19-21; *Histoire architecture*, 2, 2002, p. 16-18; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 215-230, 237-238 et *passim*; Mušełyan 2005, p. 35-37, 50, 52, 54, 70 et *passim*; Donabédian 2008, p. 20-21.

[68] Bessac 2005 — inédit. Cet auteur annonce la parution prochaine d'un article sur la technique de construction de la basilique d'Ereruyk', dans le tome 89 (2012) de la revue *Syria*.

[69] Selon le dictionnaire arménien d'Ē. Ałayan (Erevan 1976), le terme architectural «*midis*» désigne un type d'appareil dans lequel, tous les trois blocs longitudinaux, un bloc perpendiculaire est placé, qui pénètre à l'intérieur du mur (procédé que nous mentionnerons *infra*). Certains historiens d'architecture arméniens (cf. par ex.: *Histoire architecture*, 2, p. 16-18 ; Mušełyan 2005, p. 36, 53-54), utilisent ce terme pour désigner la technique traditionnelle à fourrage de béton entre deux parements, décrite ci-après.

[70] T'oramanyan 1942, p. 136; *Histoire architecture*, 2, p. 16; Isabekian 1985.

[71] Xalpaxčjan 1953, p. 38.

des arêtes et à permettre d'enduire les joints d'un fin mortier d'étanchéité: on trouve ici ou là des traces de tels joints de mortier dans les sillons formé par les chanfreins taillés sur les arêtes des pierres[72].

Ce revêtement de pierres polies, le plus souvent en tuf, est principalement destiné à l'aspect esthétique des édifices, non seulement à l'extérieur mais aussi sur la face intérieure des murs, généralement dépourvue de peintures à partir du IX^{e} s. Mais ce revêtement porte aussi une partie des charges (surtout durant les premiers siècles où il est épais) et remplit également une mission de consolidation, puisqu'il sert de coffrage au béton lors de la construction, avant de s'unir à son mortier dont il absorbe le liant par les pores de ses blocs. Précisons d'ailleurs que l'on commençait par verser un mortier assez liquide dans le coffrage pour permettre aux pierres de parement de bien s'en imprégner et aux joints de bien se remplir de l'intérieur, avant d'insérer les éclats de pierre et le gravier dans le béton. On procédait ainsi assise après assise. Par endroits, des blocs transversaux relient entre eux les deux parements, augmentant la solidité du mur[73]. Il est fréquent que les blocs de revêtement des parties basses de l'édifice soient de plus grandes dimensions que les blocs utilisés plus haut; on a voulu y voir un procédé favorisant non seulement la solidité statique mais aussi la résistance parasismique, tout en facilitant l'édification des murs et en renforçant l'effet d'élévation[74]. Au fil des siècles, on observe une diminution progressive des dimensions des pierres de revêtement, donc un affinement de ces parements, et parallèlement une augmentation de l'épaisseur et donc du rôle porteur du remplissage de béton; on relève en même temps une réduction progressive de la largeur des murs[75].

Le résultat de l'application de cette méthode de construction à béton est que, lorsque les proportions sont respectées et que le liant est de bonne qualité, le mur se transforme en un monolithe capable de résister à de fortes pressions. C'est de cette façon que sont construits, non seulement les murs, mais aussi les appuis, les arcs, les voûtes, le tambour et la coupole (fig. 47). Comme l'ont montré les travaux d'Armen Khatchatrian, dans l'ensemble quasi monolithe que constitue ainsi tout l'édifice, une

[72] Bessac 2011, p. 399.

[73] Harut'yunyan 1992, p. 105. C'est le sens donné par le dictionnaire au terme «*midis*» (cf. note 69).

[74] Xalpaxčjan 1953, p. 47.

[75] T'oramanyan 1942, p. 139; Xalpaxčjan 1953, p. 45-46 et fig. 12; Saninyan et Mnac'akanyan 1964, p. 77; Isabekian 1985; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 222, 237; Mušełyan 2005, p. 54.

grande partie des poussées exercées par les superstructures se transmet directement, verticalement, du sommet de la coupole jusqu'au bas des murs; ces poussées, surtout celles de la coupole, sont principalement absorbées par la carcasse murale[76]. Les poussées latérales qui subsistent sont neutralisées grâce notamment au jeu des équilibres de masses évoqué plus haut, grâce au rôle de contrefort joué par plusieurs éléments comme les conques, les berceaux des bras de la croix, les niches diagonales…

Ces particularités de la construction à béton, qui permettent notamment la réalisation de coupoles particulièrement résistantes, expliquent sans doute, à côté bien sûr des raisons idéologiques, la grande faveur dont a joui la coupole en Arménie. Elles expliquent aussi que les édifices d'Arménie ne comportent jamais de tirants métalliques à l'intérieur, ni d'éléments extérieurs destinés à renforcer ou contrebuter[77]. Seule exception partielle, la cathédrale de Bagawan (631-639 - détruite) présentait, en face des piliers massifs de la coupole, à l'extérieur de l'édifice, deux paires de larges saillies verticales, sur les façades latérales (fig. 32). Il s'agissait vraisemblablement d'un cas unique en Arménie de (modestes) contreforts[78]. Destinés probablement à renforcer la stabilité du grand bâtiment, ces pilastres extérieurs abritaient en même temps des escaliers qui donnaient accès à des cachettes ménagées au-dessus des voûtes. Des pilastres apparaissent aussi sur les façades de quelques chapelles et églises paléochrétiennes[79]. Mais, appartenant au revêtement mural et faisant sur lui une faible saillie, ces pilastres ne pouvaient certainement pas remplir de fonction architectonique. Un peu plus forts, les pilastres et colonnes qui animent les façades de Tekor et Ereruyk' (fig. 2 et 10) semblent plus polyvalents, combinant sans doute fonctions esthétique et tectonique.

Revenons à la construction à béton pour nous interroger sur son utilité parasismique. Les avis divergent. Pour Gaianè Casnati, «le béton rend la structure monolithe et plus résistante aux tremblements de terre; la structure est capable de réagir en synergie avec les mouvements sismiques»[80]. Selon Milan Zacek au contraire, «le comportement du mur ainsi constitué n'est pas parasismique pour autant. Lorsque les composants d'un ouvrage n'ont pas la même densité, ce qui est le cas ici, en cas de secousses, il se

[76] Khatchatrian 1971, p. 26-27.
[77] Xalpaxčjan 1953, p. 66; Mušełyan 2005, p. 52.
[78] Donabédian 2008, p. 104.
[79] Donabédian 2008, p. 238.
[80] Casnati 2000.

produit rapidement une désolidarisation et un martèlement entre eux»[81]. Néanmoins, il n'est pas rare de trouver sur les sites paléochrétiens et médiévaux d'Arménie de grosses masses murales jetées au sol par un tremblement de terre, dans lesquelles l'ensemble de la maçonnerie est conservé et parfois même le parement est resté solidaire du noyau mural: les ruines de Ptłni et de Zuart'noc', du VII^e^ s., en donnent des exemples convaincants[82]. On peut y voir la preuve que l'on parvenait ici, dans une certaine mesure, à compenser la différence de densité par la qualité de l'ouvrage, en réalisant des ensembles muraux assez monolithes. Naturellement, des zones de faiblesse se créaient inévitablement ici ou là et une résistance totale aux secousses sismiques violentes était impossible.

3. Les appuis

On a dit que les appuis étaient eux aussi généralement bâtis selon la même technique (sauf naturellement lorsqu'ils prennent la forme de colonnes monolithes). On peut s'interroger sur les raisons qui ont motivé le choix des principales formes de supports dans cette architecture: les appuis engagés et les appuis isolés, et tenter d'évaluer la part prise par le facteur parasismique.

a) *Appuis libres*

Bien qu'il ne soit pas une forme caractéristique de l'architecture arménienne, l'appui isolé n'y est pas rare. On le trouve notamment dans les basiliques paléochrétiennes à trois nefs (fig. 6, 8), à Tekor (fig. 9, 11) et dans toutes les églises en croix inscrite à coupole sur quatre ou deux appuis libres, du VII^e^ s. jusqu'à la période moderne (fig. 29, 31, 32, 33, 35), et dans de nombreux narthex médiévaux (fig. 48-49). Dans l'ensemble, s'agissant de la configuration des appuis libres, les architectes arméniens ont évité la colonne fine et isolée. Comme O. Xalpaxčjan, A. Sahinyan et St. Mnac'akanyan l'ont relevé, lorsqu'ils devaient recourir à des supports isolés dans des compositions voûtées et surtout à coupole, les bâtisseurs de ce pays préféraient à la colonne le pilier à noyau de béton et à contour quadrangulaire, en T ou en croix, ou encore diversement découpé, puis, au X^e^-XI^e^ s., à contour fasciculé; la raison en était

[81] Zacek, courriel du 28 janvier 2009.
[82] Bessac 2011, p. 387.

sans doute qu'ils estimaient ou savaient ces formes plus résistantes[83]. C'est effectivement ce que montrent toutes les basiliques à trois nefs et presque toutes les églises à coupole sur quatre ou (plus rarement) deux appuis libres, préarabes, médiévales et tardives[84].

Dans la majorité des narthex, salles adjointes à la façade ouest des églises, omniprésentes dans les monastères médiévaux, la coupole tronquée qui les couronne et les éclaire est portée par quatre appuis isolés[85]. Ces appuis peuvent prendre la forme de piles polyédriques, mais souvent ce sont des colonnes, monolithes, relativement fortes et peu élevées (fig. 48-49). L'objectif visé est probablement la capacité de résistance, notamment aux séismes. Adaptant la tradition antique des attaches en métal (que l'on retrouve au VII^e^ s. à Zuart'noc' - voir *infra*), ces colonnes sont liées à leur base et à leur chapiteau par des tenons en pierre, peut-être avec une intention parasismique[86]. On peut expliquer le recours à ces appuis libres dans les narthex par le fait que leur coupole (qui est munie en son centre d'une lucarne d'éclairage), étant privée de tambour, exerce une pression nettement moindre que celle des églises. Par ailleurs, dans ces salles à fonction principalement non cultuelle, on avait sans doute moins besoin d'observer les règles dogmatiques qui favorisaient, dans beaucoup d'églises, l'unité de l'espace.

A la période paléochrétienne et préarabe, lorsque les architectes arméniens ont eu recours à la colonne isolée et monolithe, relativement fine, c'était dans de rares structures, probablement inspirées de modèles étrangers. A la basilique paléochrétienne d'Ereruyk', les galeries (portiques) qui longeaient les façades nord, ouest et sud comportaient un rang extérieur de colonnes monolithes. Les fragments conservés montrent qu'elles ont été brisées à plusieurs niveaux de leur hauteur (fig. 50). A la cathédrale de Zuart'noc', imposant édifice du milieu du VII^e^ s., abattu par un tremblement de terre à la fin du X^e^ s., on trouvait également de nombreuses colonnes monolithes assez fines. Une tétraconque constituait le volume central de l'édifice, entourée par un déambulatoire annulaire qui donnait à l'ensemble, de l'extérieur, l'aspect d'une rotonde, en probable

[83] Xalpaxčjan 1953, p. 48-50, 69; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 223, 229, 241, 247-248.

[84] Cuneo 1988, p. 716-717, 730-733.

[85] Cuneo 1988, planches p. 736-738.

[86] Xalpaxčjan 1953, p. 50, 69. Cet auteur attribue aux liens en pierre des différentes parties des colonnes une origine ourartienne. *Ibidem*, page 66, cet auteur souligne la bonne performance parasismique de ce type de narthex, à proportions ramassées, coupole trapue sur colonnes fortes et basses, et masses équilibrées.

référence à la rotonde de l'*Anastasis* de Jérusalem. Or le bas des murs de trois des quatre conques du volume central de Zuart'noc' était constitué d'une colonnade, seule l'abside présentant un mur plein (fig. 51-52). Cette innovation par rapport à la tradition locale correspondait à un principe emprunté à la zone syro-mésopotamienne. Il faut noter cependant que ces colonnes avaient une hauteur relativement modeste: deux fûts entiers sont conservés, d'une hauteur de 2,04 cm. En outre, une colonne surmontée d'un grand chapiteau à aigle était placée derrière chacun des quatre piliers centraux pour servir de support partiel à la voûte annulaire qui couvrait le déambulatoire (la hauteur du fût était de 222 cm). On comprend que des écarts si audacieux par rapport à la tradition constituent dans l'esprit de nombreux auteurs la raison principale de la faiblesse de cette structure, qui s'effondra après avoir pourtant tenu pendant trois siècles. Renouant avec des pratiques antiques, les fûts des colonnes de Zuart'noc', leurs bases et leurs chapiteaux étaient reliés par des crampons en fer noyés dans du plomb. Sans doute peut-on y voir un procédé à effet (et peut-être à but) parasismique. Quoi qu'il en soit, hormis des cas exceptionnels comme Zuart'noc', la fine colonne isolée était étrangère à la tradition arménienne.

b) *Appuis engagés*

Plus encore que les appuis libres en forme de pilier articulé, les appuis engagés jouissent ici d'une grande faveur. Sans doute sont-ils véritablement conformes à l'esprit de cet art et à ses exigences tant idéologiques que statiques et même parasismiques[87]. De fait, c'est la formule que l'on trouve dans une série de constructions à coupole du VII^e^ s. et dans l'écrasante majorité des églises arméniennes médiévales, notamment dans les églises monastiques (fig. 36-45). Comme on l'a vu plus haut, ces églises présentent diverses variantes d'un même principe, celui de la croix inscrite cloisonnée, dans laquelle les appuis de la coupole sont attachés au périmètre mural. Le résultat en est un espace uni, entièrement couvert par la coupole, dont les appuis sont partie prenante de l'ensemble mural rendu monolithe par la technique à béton.

Même si on ignore quelles étaient les motivations des bâtisseurs ou de leurs commanditaires dans le recours à telle ou telle forme, il est légitime de se demander si le choix très fréquent de tels supports solidaires de l'enveloppe murale ne visait pas, entre autres, ne serait-ce qu'intuitivement,

[87] Sahinyan et Mnac'akanyan 1964, p. 133, 134.

une meilleure résistance aux tremblements de terre. De fait, selon Milan Zacek, «la solution des appuis de la coupole rattachés au périmètre mural est excellente»[88]. En même temps, il convient de garder au premier rang des explications la très probable raison idéologique: la volonté de créer, sous la coupole, un espace parfaitement uni, en accord avec la vision unitaire du monde qui découle de la position dogmatique de l'Eglise arménienne quant à la nature du Christ. Une grave question reste néanmoins posée par le fait que, comme noté plus haut, les salles à coupole du VII^e^ s. ont toutes perdu leurs superstructures. Ce constat ne remet cependant pas forcément en cause l'efficacité parasismique des appuis engagés. On note en effet que, une fois les proportions de ces compositions oblongues réduites dans le sens ouest-est, les croix inscrites cloisonnées plus compactes qui en résultent au Moyen Age (à partir *grosso modo* du X^e^ s.), se comportent dans l'ensemble mieux. Une certaine faiblesse provenait peut-être, dans les salles à coupoles, d'un défaut de compacité et d'équilibre des masses.

Pour illustrer la place éminente faite aux appuis engagés, rappelons la série de remarquables narthex du XIII^e^ s. déjà mentionnés plus haut, dans lesquels c'est, semble-t-il, encore une fois, le souci d'éviter les appuis intermédiaires pour mieux unir l'espace, qui conduit les architectes à adopter la formule des paires d'arcs croisés[89]. Ces croisées d'arcs soigneusement appareillées portent la coupole tronquée, en parcourant tout l'espace d'une seule enjambée et en retombant sur des appuis intégrés à l'enveloppe murale (sauf, à Hałbat, du côté ouest, où on a voulu agrandir le narthex) (fig. 53-54). Là encore, la technique de construction, la stéréotomie et l'appareil jouent un rôle majeur: l'on peut voir des voûtes dont les maçonneries sont effondrées, alors que les croisées d'arcs tiennent encore grâce à la solidité de leur noyau bétonné et à la qualité de leur appareil. Un exemple en est fourni par le narthex du monastère d'Arates (fig. 55-56).

c) *Articulation des appuis*

L'articulation de l'appui en autant d'éléments que l'arc qui y retombe a de rouleaux, faisait l'objet d'un soin particulier dès l'époque préarabe. Sous la coupole de beaucoup d'églises de l'âge d'or du VII^e^ s., elle prend la forme d'un quart de parallélépipède (parfois un quart de cylindre)

[88] Zacek, courriel du 28 janvier 2009.
[89] Cuneo 1988, planche p. 739.

saillant au creux du dièdre qui occupe chacun des angles du carré central (fig. 22, 31, 38). Ainsi, à chaque angle du carré central, trois arêtes verticales (ou un boudin entre deux arêtes) correspondent, avec une parfaite clarté, à la retombée des arcs à deux rouleaux portant le tambour. Cette fragmentation a conduit, à partir du X^{e} s., à la configuration fasciculée des piliers, dont les exemples les plus caractéristiques se trouvent à la cathédrale d'Ani (989-1001). Ce sont alors des arcs généralement à trois rouleaux, souvent légèrement brisés et à faible élargissement vers le haut, qui retombent sur un faisceau de tiges verticales, produisant un puissant effet d'élévation (fig. 35). On croit voir, dans ces formes d'une remarquable élégance, l'alliance exemplaire de préoccupations statiques et esthétiques: le souci de répartir les charges en articulant le support, et la volonté d'impulser dans l'espace interne du sanctuaire un fort élan vertical. On ignore quelle pouvait y être la part d'intention parasismique. On note à Marmašēn l'"excès de fragmentation" du support, en davantage d'éléments que l'arc n'a de rouleaux, trahissant peut-être la recherche d'un effet de dynamique visuelle, ou une fantaisie décorative (fig. 41).

IV. Dispositifs architectoniques ponctuels

On relève enfin une série de dispositifs architectoniques plus ponctuels, concernant telle ou telle partie de l'édifice, auxquels on peut aussi, peut-être, attribuer une fonction parasismique.

1. Noyaux et anneaux de rigidité

Notons la présence, dans divers types, de ce que l'on pourrait appeler des "cages de rigidité" et des séries d'alvéoles cloisonnées, sortes de ceintures architectoniques de renforcement; les premières prennent la forme de chambres angulaires et les secondes, d'arcatures sur piliers engagés délimitant des niches plates le long des murs. Un exemple caractéristique peut être vu dans la province de Tayk'/Tao, aux confins arméno-géorgiens, à l'église en ruines de Banak (IX^{e}-X^{e} s. — période où la région est ibérisée). Dans cette église dont le plan (fig. 57) est sans doute inspiré de celui de Zuart'noc' (fig. 51), les quatre chambres logées derrière les appuis centraux et qui font corps avec eux paraissent servir de caissons de renforcement, tandis que la série de niches plates séparées par des piliers engagés très saillants sur la face interne du mur périphérique semble jouer un rôle tectonique en contribuant à consolider le déambulatoire

annulaire[90]. Dans un certain nombre d'églises à nef unique, notamment médiévales (dont plusieurs sous influence géorgienne, par ex. à K'obayr, début du XIII^e s.), les deux murs latéraux sont semblablement animés, rythmés, allégés et simultanément renforcés, sur leur face intérieure, par une série d'arcs formerets sur piliers adossés assez saillants[91] (fig. 58-59).

S'agissant des chambres angulaires, elles furent initialement (IV^e-VI^e s.) confinées à la partie orientale, aux deux côtés du chevet des églises paléochrétiennes (fig. 9, 13); puis elles s'appliquèrent aussi, à partir de la fin du VI^e s., aux angles ouest des églises. L'apparition de ces chambres aux quatre angles s'observe clairement dans le groupe d'églises en carré tétraconque tétraniche inscrit. La cathédrale d'Awan, prototype du groupe, en offre le premier exemple daté, dans les années 590 (fig. 14). Or cette église, qui est la seule à présenter des chambres angulaires de forme cylindrique, est très endommagée, privée depuis une date sans doute reculée de toutes ses superstructures (fig. 15). Dans les autres édifices du même type, ces chambres sont quadrangulaires[92] (fig. 16). A partir de cette constatation, on pourrait supposer une raison parasismique à l'abandon de la forme arrondie de ces chambres. Toutefois, force est de constater que plusieurs églises du groupe, à chambres quadrangulaires, n'ont pas mieux résisté. L'argument n'est donc pas convaincant. Il faut probablement invoquer une autre raison pour expliquer la préférence accordée à la forme quadrangulaire, sans doute une meilleure adéquation à la fonction de ces pièces angulaires. Dès le début du VII^e s. la présence d'une absidiole dans le mur oriental de beaucoup d'entre elles confirme d'ailleurs qu'elles servaient désormais de chapelles dans lesquelles des services secondaires étaient célébrés. En revanche on pourrait peut-être davantage invoquer l'argument parasismique quelques siècles plus tard, lorsque, après la libération de la domination arabe, à partir de la fin du IX^e s., ces chapelles angulaires se multiplient, s'insèrent aux quatre angles et sont à deux étages. Ainsi, dans de nombreuses églises médiévales en croix inscrite et surtout en "croix inscrite cloisonnée fermée", ces chapelles angulaires sont au nombre de huit, deux superposées à chaque angle[93]. On peut alors leur attribuer, dans une certaine mesure, un rôle de "cage de rigidité" aux quatre angles de l'édifice (fig. 42, 44).

[90] Donabédian 2008, p. 199-200.
[91] Cuneo 1988, planches p. 711-715.
[92] Cuneo 1988, planche p. 722.
[93] Cuneo 1988, planches p. 721, 728.

2. Niches extérieures

Parmi les dispositifs ponctuels à supposée fonction parasismique, citons un élément relevant de l'économie volumétrique des massifs muraux: les niches dièdres qui sont insérées par paires dans les façades (fig. 16-17, 33-34, 36-37, 39-40, 42, 44) ou avivent les arêtes des polyèdres (fig. 23-24). Elles font leur première apparition datée au début du VII[e] s. à l'église Surb Hṙip'simē (où elles sont trapézoïdales, c'est-à-dire à fond plat). Ces niches offrent un nouvel exemple de multifonctionnalité[94]. Elles accomplissent simultanément une série de missions: a) taillées sur chaque façade à la jonction de la conque et des chambres latérales, elles rendent lisible l'articulation des volumes internes; b) par leur profonde double césure verticale, elles animent puissamment la silhouette; c) dans plusieurs cas, notamment sur la façade orientale au VII[e] s., elles permettent de percer deux fenêtres latérales dans l'abside; d) dernière fonction plus hypothétique: elles serviraient à alléger le massif mural à un endroit où, autrement, il serait trop épais, trop pesant[95]. Cette dernière fonction, incertaine, pourrait inclure une portée parasismique, en conférant à l'ouvrage une certaine "déformabilité".

3. Ceintures de maillage et côtes de renforcement

Quelques gradins sont disposés au bas des murs d'un grand nombre d'églises arméniennes, sur leur face extérieure. Ils sont au nombre d'un, deux ou trois à la période préarabe, parfois davantage aux périodes suivantes (fig. 6-7, 9, 14-15, 26-27, 32-34 …). Contrairement aux apparences et à ce qu'écrivent certains auteurs, ces marches n'appartiennent pas à un stéréobate (un podium, une plateforme) sur lequel serait posé l'édifice. Elles ne sont qu'un élargissement du parement mural à son pied, même s'il est probable qu'elles constituent une réminiscence des gradins qui bordaient la *krepis* des temples antiques, plateforme que l'on retrouve dans l'Arménie chrétienne, au pied des stèles, colonnes et édifices de la sphère mémoriale (fig. 2, 4, 23)[96]. Peut-être est-il excessif de parler de ceinture de rigidité à fonction parasismique, mais on peut légitimement estimer que ces gradins au pied des murs ne servent pas seulement à animer sobrement le bas de l'édifice en faisant ressortir la

[94] Zarian 1981, p. 132-133; Alpago Novello 1986, p. 132.
[95] Kasangian 1984, p. 355-357; Harut'yunyan 1992, p. 108.
[96] Donabédian 2008, p. 49, 56, 76, 133, 186, 192, 203, 277.

verticalité des lignes de ses façades, mais contribuent aussi à la solidité de son assise (fig. 34)[97].

A. Eremyan estime que les chambranles qui interrompent ces gradins horizontaux pour contourner les portes, peuvent être vus en réalité comme leur continuation, constituant avec eux une sorte de chaînage au bas des bâtiments (fig. 15, 27). Nuançons cette affirmation en rappelant que ces encadrements, comme les autres éléments saillants ou champlevés sur les façades: les boudins verticaux aux coins des bâtiments (fig. 15, 37), les arcatures aveugles (fig. 34, 40), les corniches sous les toits…, font partie du traitement, en un relief plus ou moins marqué, des pierres de revêtement, et ne peuvent probablement pas jouer de rôle architectonique ou parasismique important.

Il en va peut-être autrement des "plis" des "coiffes en ombrelle" et de la corolle de vigoureux pignons (le plus souvent sur faisceaux de colonnettes) qui les portent, sur les tambours et coupoles caractéristiques des premières décennies du XI^{e} s. (fig. 40, 43). Ici encore on observe une forme multifonctionnelle, qui allie un puissant effet esthétique à une probable action de consolidation-rigidification. Le cas des petites "ombrelles" des deux lanternons orientaux de l'église des Sept Plaies de la Vierge (1837) d'Alexandrapol / Gyumri, que le séisme de 1988 a jetées à terre pratiquement sans les endommager (et que les autorités ont conservées symboliquement au sol, alors que de nouveaux lanternons ont été refaits à leur place), prouve que de telles formes peuvent se révéler fort résistantes.

On peut également noter le rôle d'allègement que jouent peut-être, dans une modeste mesure, certaines arcatures-colonnades aveugles du X^{e}-XI^{e} s.: dans plusieurs cas, elles semblent "porter" la partie supérieure de la façade, légèrement saillante par rapport à la partie inférieure, quelque peu en retrait (fig. 40). Seulement ébauché en Arménie, ce décalage des deux niveaux, au-dessus et en-dessous de l'arcature-colonnade aveugle, est plus marqué au Tao puis en Géorgie. Il paraît cependant peu probable que, en plus de son impact esthétique et de sa possible et partielle utilité statique, un tel dispositif puisse aussi avoir une portée parasismique.

Plusieurs auteurs attribuent une fonction de côtes de renforcement aux rayons qui font saillie sur la calotte, à l'intérieur de plusieurs coupoles du VII^{e} s.[98], complétés par un rang de médaillons au bas de ces calottes

[97] Sahinyan et Mnac'akanyan 1964, p. 132; Eremyan 1981, p. 123; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 220, 238. Xalpaxčjan 1953, p. 45, qualifie ces degrés au pied des murs de «socle» et leur attribue une fonction parasismique.

[98] Notamment Mušełyan 2005, p. 85-86.

(fig. 18-19, 28). Toutefois, là encore, il paraît difficile de reconnaître à de tels éléments qui appartiennent au parement mural et sont en faible saillie, un rôle autre que symbolique (et décoratif), en lien avec la sémantique céleste de la coupole[99].

Signalons enfin la présence d'éléments saillants horizontaux, comme une tablette de pierre à l'intérieur du mur nord de l'église de Bǰni et des corniches à mi-hauteur des façades des églises de plusieurs monastères, dont celui de Hałarcin: on a là encore voulu voir des moyens de renforcement des murs[100]. Mais, pour la même raison qu'aux points précédents, l'hypothèse ne paraît pas convaincante.

4. Consolidation des parties sensibles

La vulnérabilité des angles saillants des édifices lors des secousses telluriques explique probablement les mesures de renforcement que l'on y observe assez souvent sur les monuments d'Arménie. Ces mesures peuvent consister à utiliser des blocs plus grands aux angles que dans le reste de l'appareil, elles peuvent revêtir la forme d'une alternance de blocs courts et longs, ou de liaisonnements endentés ou autres des blocs, notamment ceux formant la jonction du bas des corniches avec les angles saillants du volume principal[101].

Compte tenu de la vulnérabilité reconnue des baies, une attention particulière est portée aux chambranles des fenêtres et des portes, et en premier lieu aux pierres qui couvrent le haut de ces ouvertures. Durant les premiers siècles chrétiens, les portes sont couvertes de linteaux qui sont des blocs parallélépipèdes, monolithes, souvent assez grands. Pour protéger ces blocs, on procède à un transfert latéral des charges verticales qui s'exercent dans cette partie de la façade[102]. A cette fin une fente de décharge, de même largeur que la baie, est taillée sur la face inférieure du bloc qui surmonte le linteau (fig. 5). Parfois ce dispositif est doublé, reproduit une assise plus haut. Cette décharge peut encore se faire, par exemple à la cathédrale d'Awan (fin VI^{e} s.), grâce à un arc qui délimite une lunette ouverte au-dessus du linteau (fig. 15). Ainsi, aucun poids ne vient menacer le linteau en son centre. G. Mušełyan estime que le souhait de résoudre ces problèmes en utilisant une seule pierre dont les deux

[99] Donabédian 2008, p. 269-270.
[100] Sargsyan et T'amanyan 1970, p. 218.
[101] Mušełyan 2005, p. 38-41.
[102] Mušełyan 2005, p. 41-44; Bessac 2011, p. 406-407.

côtés inclinés permettraient le transfert latéral des charges, a conduit à l'élaboration du tympan, bloc à contour supérieur arrondi[103]. De fait celui-ci remplace le linteau à partir du VII^e s. Souvent protégé et allégé par un arc qui le surmonte, le tympan s'appuie sur des piédroits monolithes qui renforcent le portail sur ses deux côtés. Ce même auteur a également tenté d'attribuer une fonction parasismique aux deux replis horizontaux caractéristiques des arcs qui surmontent les fenêtres du VII^e s.[104] Il paraît toutefois excessif d'imaginer que ces courtes pierres horizontales, parties moulurées et modestement saillantes du revêtement, puissent jouer un véritable rôle tectonique.

Citons encore le traitement soigné des éléments sensibles liés à la sustentation de la coupole et le soin avec lequel sont appareillés les éléments de transition, tels que les trompes et trompillons ou encore les pendentifs et les maçonneries qui les entourent. On a déjà souligné plus haut la grande attention portée, dès la fin du V^e s. (fig. 11), mais surtout dès le VII^e s. (fig. 18, 22, 31), à l'articulation des appuis en stricte concordance avec les rouleaux des arcs qu'ils portent. Cette articulation des supports conduit, au X^e-XI^e s., à la constitution des piliers fasciculés qui, on l'a vu, tout en créant l'impression d'un fort mouvement ascendant, permettent probablement de mieux répartir et absorber les charges (fig. 35, 41). On peut citer le cas d'édifices éprouvés par les séismes, dont les superstructures sont préservées, notamment la coupole avec son tambour et ses supports (ex. Išxan et Ōšk, au Tayk'/Tao), alors que les murs ont moins résisté. Il est possible que le soin apporté aux éléments importants des superstructures et à leurs supports soit l'une des explications de leur bonne tenue. Mais il faut aussi tenir compte de la vulnérabilité des parties basses des murs: «Les dommages en partie basse des édifices constituent le cas général, car les efforts internes produits par des charges latérales y sont, et de loin, les plus élevés»[105].

On peut aussi noter sur certaines constructions, par exemple à Zuart'noc', l'emploi de matériaux plus durs — basalte ou espèces de tuf ou d'andésite particulièrement résistantes — pour les fondements et pour les supports, tandis que le tuf ordinaire (ou d'autres pierres de texture analogue) est réservé aux parements[106]. De même à Sanahin, dans les édifices monastiques du XIII^e s., au départ de voûtes en tuf, on trouve

[103] Mušełyan 2005, p. 44-45.
[104] Mušełyan 2005, p. 46-47.
[105] M. Zacek, courriel du 8 mars 2009.
[106] *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 222, 229, 241.

des blocs de basalte[107]. Il est assez fréquent par ailleurs, comme on l'a déjà relevé, que des blocs de grandes dimensions soient utilisés dans les parties inférieures des constructions. Dans les régions où le matériau lapidaire est d'une structure moins propre à une taille régulière (Siwnik', Vaspurakan) et où par conséquent la majeure partie des appareils est souvent grossière, les angles, encadrements, appuis et autres éléments sensibles sont en règle générale en pierre de meilleure qualité, mieux taillée et de plus grandes dimensions. On remarque également que dans certains cas, par exemple à Ōjun, les principaux murs porteurs sont sensiblement plus épais que ceux des parties secondaires comme les chambres angulaires[108].

5. Abaissement du centre de gravité

On peut en outre signaler une série de mesures visant à réduire le poids transmis aux fondations et aux sols, et à améliorer la solidité de l'édifice. Ce sont des procédés de décharge, d'évidement et d'allègement des superstructures, qui contribuent sans doute aux performances parasismiques puisqu'ils permettent d'abaisser le centre de gravité[109]. Il s'agit par exemple du recours à des pierres légères comme la pierre ponce dans les maçonneries des parties hautes. On a même cru déceler, à Zuart'noc', des pierres artificiellement allégées[110]. Certains auteurs ajoutent à cela la diminution progressive de la grandeur des pierres vers le haut; toutefois ce procédé, qui a l'avantage de faciliter les travaux dans les parties hautes, ne semble pas avoir de valeur ajoutée autre qu'esthétique, celle d'un effet d'élévation par une sorte de trompe-l'œil.

Un autre moyen d'alléger les superstructures consiste à aménager des espaces creux au-dessus des voûtes et des conques, ou au bas du tambour, avec superposition d'arcs et de demi-berceaux, qui permettent en même temps l'entreposage sécurisé d'objets dans des cachettes et l'accès aux combles (fig. 19). De même, une valeur parasismique a été attribuée aux larges espaces creux ménagés dans les grands ponts de la région d'Ani; dans le pont de J̌rap'i en particulier, on attribue une telle vertu aux cavités laissées sous le tablier, entre les parois latérales et l'arche, qui visaient simultanément l'économie des matériaux, la commodité d'entreposage et

[107] Xalpaxčjan 1953, p. 57.
[108] Šaxkyan 1983, p. 56.
[109] Xalpaxčjan 1953, p. 67-68; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 228, 241.
[110] Israeljan et Čugurjan 1981.

l'allègement de l'ouvrage[111]. On peut encore citer, dans le même ordre de mesures, l'insertion de vases à l'intérieur des murs des parties hautes, y compris dans la maçonnerie de la coupole, vases qui pouvaient en même temps servir de caisses de résonance, afin d'améliorer l'acoustique des églises[112] (fig. 60).

Dans quelques églises (Aruč, cathédrale de T'alin…), sans doute pour réduire les charges exercées par la coupole et son tambour, le contour intérieur de ce dernier est légèrement en retrait par rapport au cercle de base formé par ses appuis; à Surb Hřip'simē (fig. 31) et à la cathédrale Surb Ējmiacin, ce dispositif prend la forme d'un petit balcon au bas du tambour[113] (fig. 19).

6. Soin apporté à la stéréotomie et aux appareils

On a contesté plus haut que les éléments décoratifs, bandes, moulures, qui font saillie sur les parements puissent jouer un rôle tectonique et parasismique notable. Il semble en revanche que le soin apporté à la stéréotomie, à l'agencement et au chaînage des blocs dans les appareils extérieurs et intérieurs des murs, même si seul le parement paraît concerné, peut participer, dans une certaine mesure, des performances parasismiques du bâtiment. Etant donné que les pierres de revêtement servent de coffrage durant la construction qui s'effectue assise après assise, l'agencement des appareils présente, en général et exception faite des parties remaniées, une grande régularité horizontale des rangées de blocs. Au contraire, verticalement, une disposition décalée des pierres de chaque assise par rapport à celles de l'assise inférieure permet d'assurer la solidité de l'appareil, sans qu'une grande régularité soit nécessaire.

Il arrive que l'on procède à un chaînage des blocs sur une portion d'assise, une assise entière ou un arc que l'on estime vulnérable ou important. C'est le cas, par exemple, à la période paléochrétienne et préarabe (V^e^-VII^e^ s.), sur certains arcs à Tekor, Alaman et T'alin, ou encore au X^e^-XIII^e^ s. sur des portions de façade (façade nord des églises principales de Hałbat et Gošavank'), sur des arcs porteurs de coupole («Žamatun

[111] Harut'yunyan 1992, p. 350.

[112] Alpago Novello 1986, p. 133; Mušełyan 2005, p. 86. Xalpaxčjan 1953, p. 68, considère la fonction parasismique de ces dispositifs d'allègement comme leur unique justification, niant toute recherche d'effet acoustique dans l'insertion des vases, ou toute fonction d'entreposage pour les espaces creux sous les combles.

[113] Donabédian 2008, p. 85-86, 121, 126.

de Hamazasp» à Hałbat), sur certains tambours et sur les clochers de Sanahin et de Hałbat (fig. 61). Toutes ces parties sensibles montrent des liaisonnements de blocs sous forme d'imbrications endentées, crantées, en zigzag et en queue d'aronde[114]. Le même type de chaînage est employé sur l'assise qui surmonte les écoinçons des petites rotondes-lanternons, au sommet des narthex et sur les clochers du XIII^e^ s.[115] L'objectif est à l'évidence d'empêcher la dislocation de l'appareil en cas de secousse sismique.

La qualité de la stéréotomie et des appareils est particulièrement soignée sur les voûtes et les coupoles, ce qu'attestent entre autres leurs clés, parfois pendantes ou sculptées, souvent bien conservées même dans le cas de constructions très éprouvées par des séismes. Une grande attention s'attache également au traitement des arcs des grands narthex du XIII^e^ s., notamment à celui des voussoirs qui constituent les arcs croisés portant leurs lourdes voûtes; un soin spécial est apporté à la taille des pierres complexes, à quatre membres, qui forment le croisement de ces arcs, comme on peut le voir par exemple dans le narthex de Hałbat (fig. 54).

7. Insertion de poutres dans les appareils

On a relevé des cas d'insertion horizontale de poutres en bois dans les murs en pierre de monuments paléochrétiens, comme la cathédrale Surb Ējmiacin, la basilique de Ciceṙnavank', et surtout dans l'appareil intérieur de l'église de Tekor[116]; hélas ce dernier monument est désormais impossible à étudier *in situ*, puisqu'il a été détruit par deux tremblements de terre, en 1911 et 1935, puis par la négligence malveillante de la population, mais l'on sait grâce aux photographies d'archives que les poutres y étaient particulièrement nombreuses (fig. 11-12). Lors d'une mission effectuée au Sasun en 2010, Chantal et Jean-Claude Hotellier ont observé la présence d'une poutre de bois dans l'appareil en briques de la façade est de l'église Saint-Grégoire l'Illuminateur du monastère Surb Ałberik, datable du X^e^ s. (fig. 62). Enfin G. Mušełyan en signale

[114] Xalpaxčjan 1953, p. 47-48, 68-69; Sargsyan et T'amanyan 1970, p. 217-218; Khatchatrian 1971, p. 22; Alpago Novello 1986, p. 45; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 224, 241; Mušełyan 2005, p. 36; Pardon 2010, p. 18-19, 34-37.

[115] Mušełyan 2005, p. 50-51, 56.

[116] Sargsyan et T'amanyan 1970, p. 219; Harut'yunyan 1992, p. 107, 133; Simonyan et Sanamyan 2001, p. 206; *Histoire architecture*, 3, 2004, p. 229; Mušełyan 2005, p. 27-34; Kazaryan 2007, p. 43-46; Paglazova 2009, p. 7-9.

également sur la mosquée Gök (Bleue) d'Erevan, de 1760-68, et rappelle que de telles poutres en bois sont fréquentes dans les maisons d'habitation traditionnelles[117].

Plusieurs auteurs, se fondant notamment sur l'appréciation qu'en donne Vitruve (L.I, ch.5,3), interprètent ce genre de poutres comme des chaînages à destination architectonique et surtout comme des ceintures parasismiques. Une telle interprétation semble convaincante, mais dans l'état actuel de nos connaissances, le phénomène paraît relativement isolé, du moins dans la construction monumentale cultuelle.

Conclusion: pour un approfondissement des études

Les notes réunies dans le présent article résultent d'un examen des monuments anciens d'Arménie et de la consultation des rares études consacrées au sujet, entrepris par un historien d'art qui n'a pas les compétences d'un ingénieur ni celles d'un spécialiste en architecture parasismique. Elles visent modestement à constituer un premier inventaire, forcément provisoire et incomplet, des dispositifs auxquels on peut, semble-t-il, attribuer une fonction parasismique, dans l'espoir d'appeler sur le sujet l'attention d'experts mieux à même d'en juger. En effet, comme l'écrit Milan Zacek, «si on souhaitait établir un état représentatif du patrimoine arménien quant à sa résistance aux séismes, une étude plus poussée serait nécessaire. La méthodologie aujourd'hui pratiquée en Europe pour évaluer la vulnérabilité aux séismes d'une population de constructions pourrait être utilisée. Elle a été mise au point et expérimentée par des équipes internationales, sur un financement européen, dans le cadre du programme RISK-EU. Il s'agirait d'identifier les différents types structuraux des églises arméniennes (donc de faire une typologie[118]), d'analyser la vulnérabilité de chaque type en tant que système, en tenant compte des différents types de sol, d'affiner les résultats au vu du comportement des édifices similaires qui ont déjà été exposés à des séismes et d'en tirer des conclusions en termes probabilistes, c'est-à-dire en pourcentage de risques de ruine partielle ou totale dans un laps de temps donné: 100 ans, 500 ans, 1000 ans, etc. […] Ce diagnostic devrait évidemment être accompagné d'un inventaire des points forts et des

[117] Mušełyan 2005, p. 34.

[118] Tâche déjà commencée dans le cadre de l'approche classique: voir notamment Cuneo 1988.

points faibles des différents ouvrages d'un point de vue parasismique»[119]. Le programme est ébauché, ambitieux; la voie est indiquée…

S'il pouvait ainsi se vérifier qu'un certain nombre de dispositifs ont effectivement une portée parasismique, la question de savoir dans quelle mesure cette portée était connue ou perçue comme telle par les bâtisseurs du passé resterait évidemment posée, mais la probabilité d'un recours conscient, délibéré à ces dispositifs grandirait. L'auteur de ces lignes émet d'ores et déjà l'hypothèse que plusieurs des dispositifs mentionnés *supra* faisaient partie d'une tradition séculaire fondée sur une accumulation d'expériences. N'est-ce pas ce savoir-faire millénaire chaque fois vérifié et complété, auquel s'ajoutait l'entretien régulier des édifices par les descendants des bâtisseurs, qui a permis à l'Arménie, en dépit des innombrables épreuves dues tant à la nature qu'aux hommes, de faire parvenir jusqu'à nos jours une part importante de son patrimoine bâti?

[119] Zacek, courriel du 8 mars 2009.



Fig. 1
Arpʿa / Areni, église Surb Astuacacin / Sainte-Mère de Dieu (1321).
Portail ouest, extrémité inférieure droite de l'inscription dédicatoire.



Fig. 2
Ereruykʿ, basilique (c. fin V^{e}-VI^{e} s.). Vue générale sud-ouest.



Fig. 3
Ereruykʿ, basilique. Intérieur, assise de fondation au bas du mur nord et angle nord-ouest.



Fig. 4
Ereruykʿ, basilique. Sondage sur le bord sud de la *krepis*.



Fig. 5
Ereruykʿ, basilique. Façade ouest, linteau et fente de décharge.

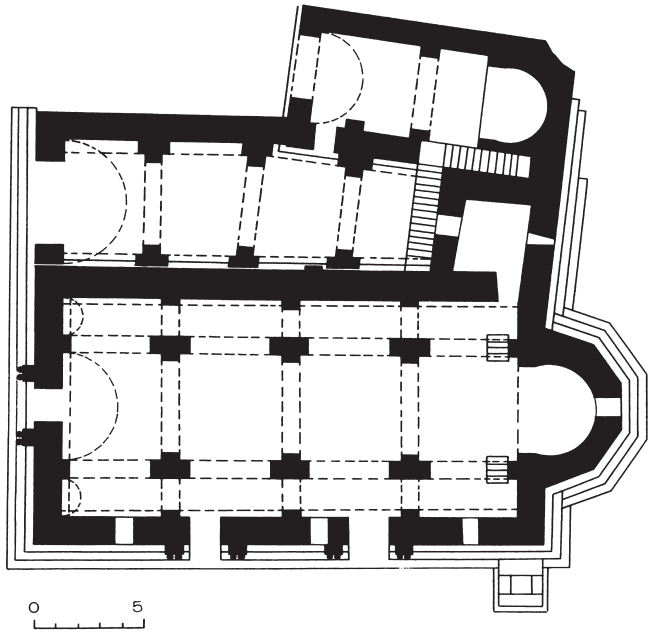


Fig. 6
Kʿasał, basilique (IVe-VIe s.). Plan.



Fig. 7
K'asał, basilique. Vue générale sud-ouest.



Fig. 8
K'asał, basilique. Vue intérieure vers l'abside.

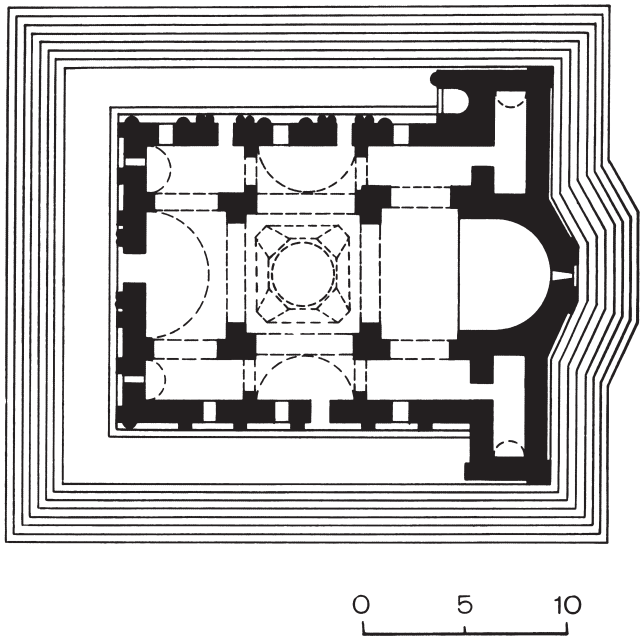


Fig. 9
Tekor, église Surb Sargis / Saint-Serge (fin Vᵉ s.). Plan.



Fig. 10
Tekor, Surb Sargis. Vue générale sud-ouest. Photo N. Marr 1907-1908.



Fig. 11
Tekor. Vue intérieure de l'angle nord-ouest (peu après le séisme de 1911). Archives du Musée d'Histoire d'Arménie.



Fig. 12
Tekor. Vue intérieure de l'angle nord-est de l'abside (peu après le séisme de 1911). Archives du Musée d'Histoire d'Arménie.

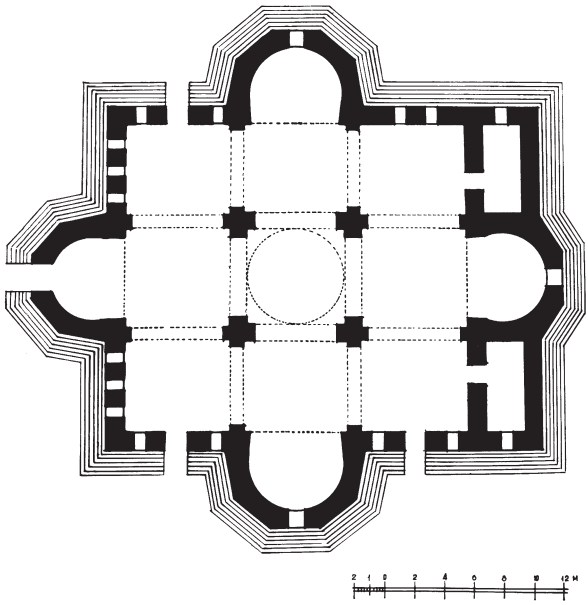


Fig. 13
Vałaršapat, cathédrale Surb Ējmiacin / Sainte-Etchmiadzine.
Hypothèse de reconstitution du plan de la fin du V^e^ s.

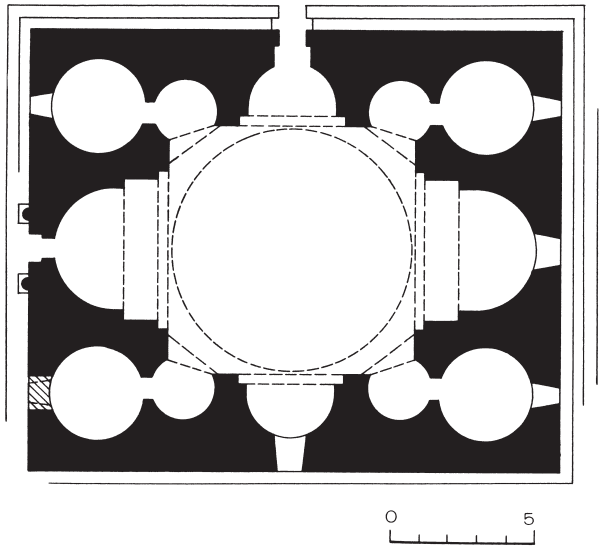


Fig. 14
Awan, cathédrale (années 590). Plan.

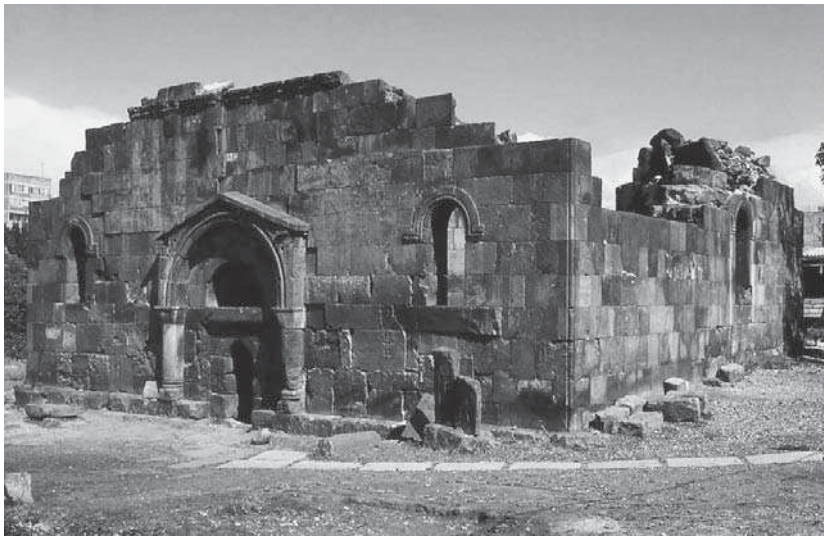


Fig. 15
Awan, cathédrale. Vue générale sud-ouest.

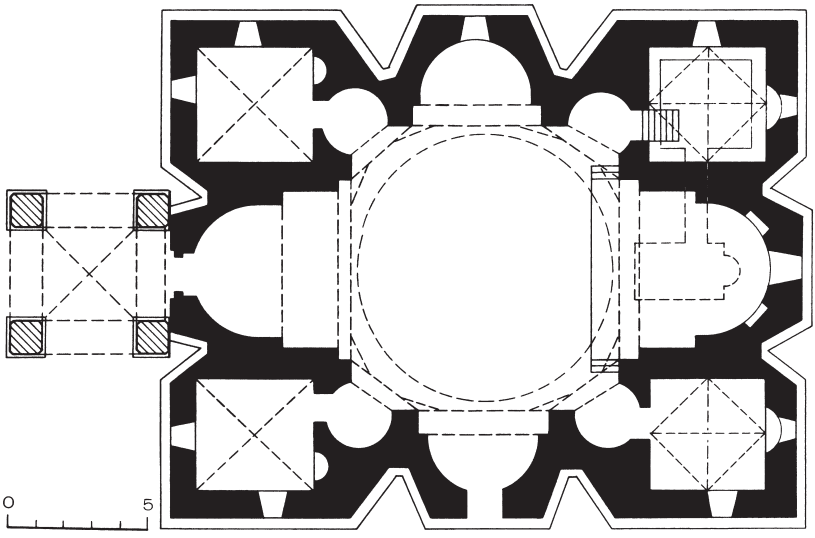


Fig. 16
Vałaršapat, Surb Hṙipʿsimē (617-années 620). Plan



Fig. 17
Vałaršapat, Surb Hřipʿsimē. Vue générale sud-est.

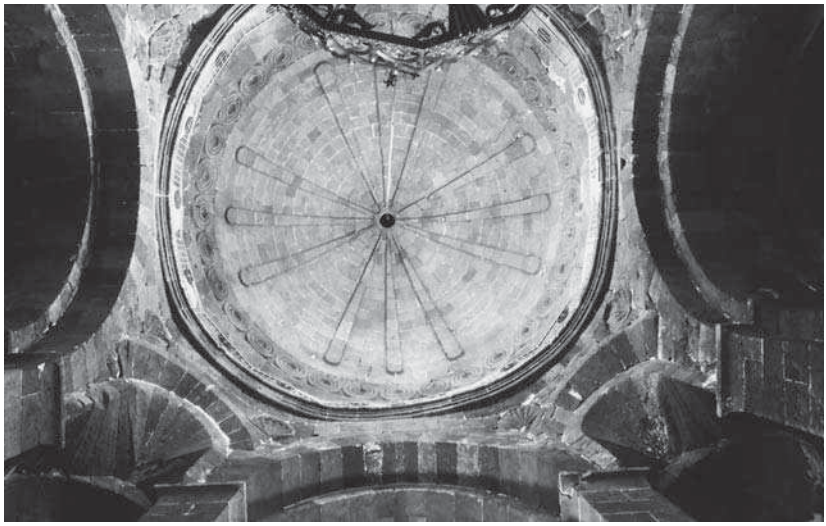


Fig. 18
Vałaršapat, Surb Hřipʿsimē. Intérieur, vue zénithale.

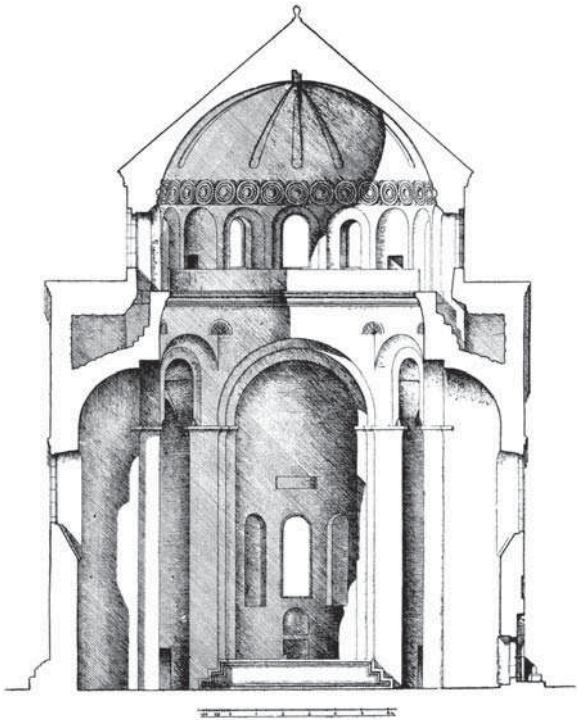


Fig. 19
Vałaršapat, Surb Hřipʿsimē. Coupe transversale, d'après Eremyan 1955, pl. 28.

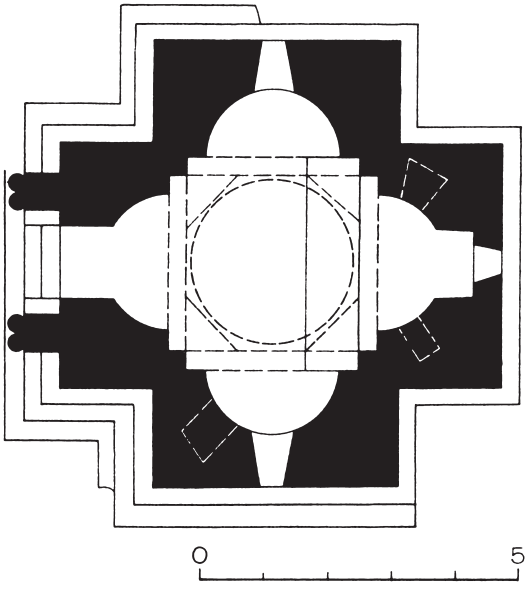


Fig. 20
Ōšakan, chapelle Surb Mankanocʿ / 40 Martyrs ou Surb Sion / Sainte-Sion (VII^{e} s.). Plan.



Fig. 21
Ōšakan, Surb Mankanocʿ. Vue générale sud-est.

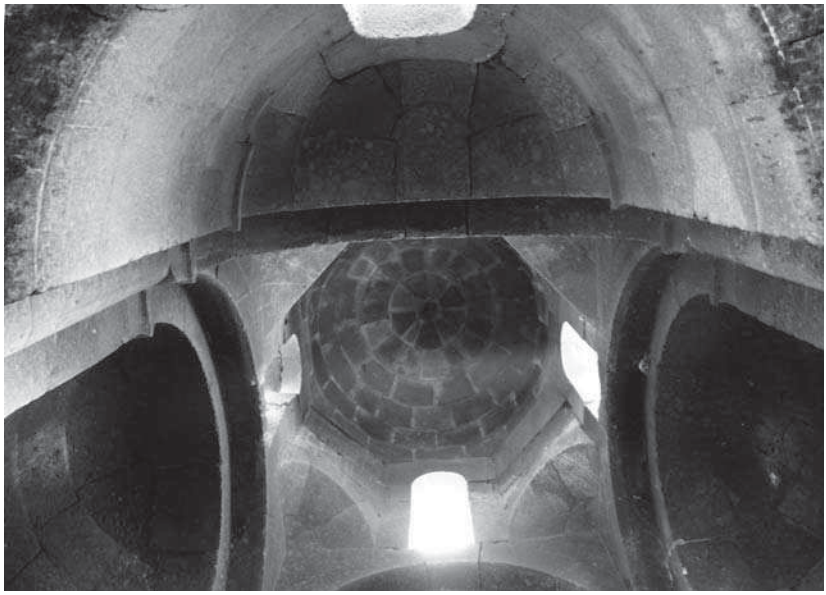


Fig. 22
Ōšakan, Surb Mankanocʿ. Intérieur, vue zénithale.

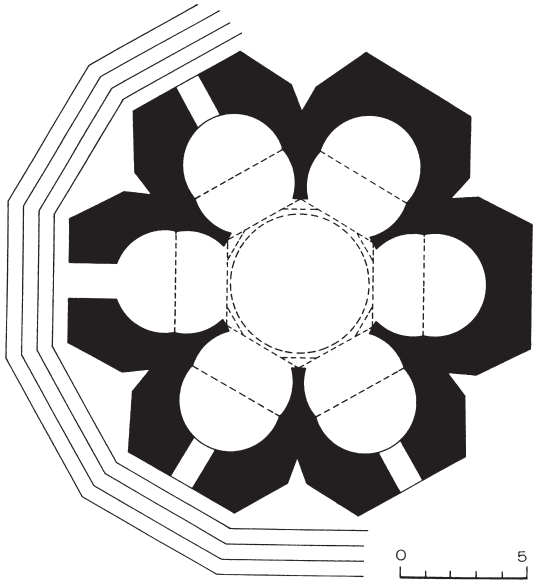


Fig. 23
Aragac, chapelle hexaconque (début VII[e] s.). Plan.



Fig. 24
Aragac, chapelle hexaconque. Vue générale sud.

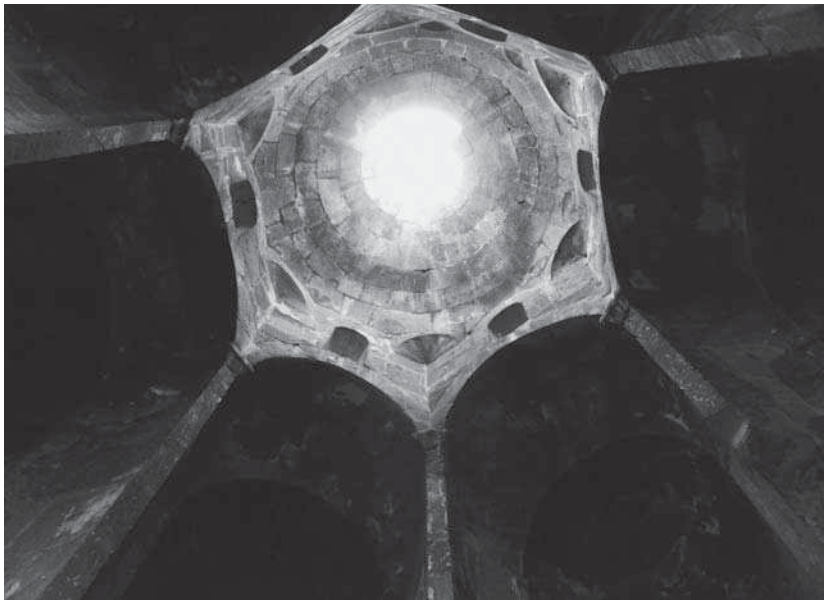


Fig. 25
Aragac, chapelle hexaconque. Intérieur, vue zénithale.

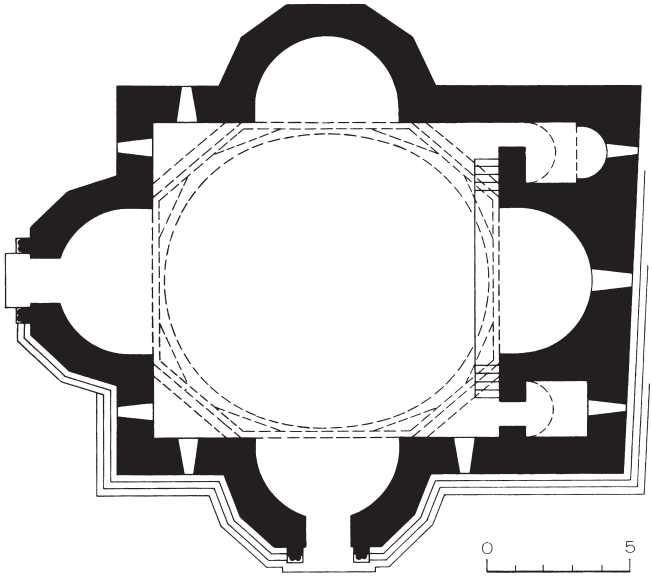


Fig. 26
Mastara, Surb Yovhannēs / Saint-Jean (milieu VII^{e} s.). Plan.



Fig. 27
Mastara, Surb Yovhannēs. Vue générale nord-ouest.

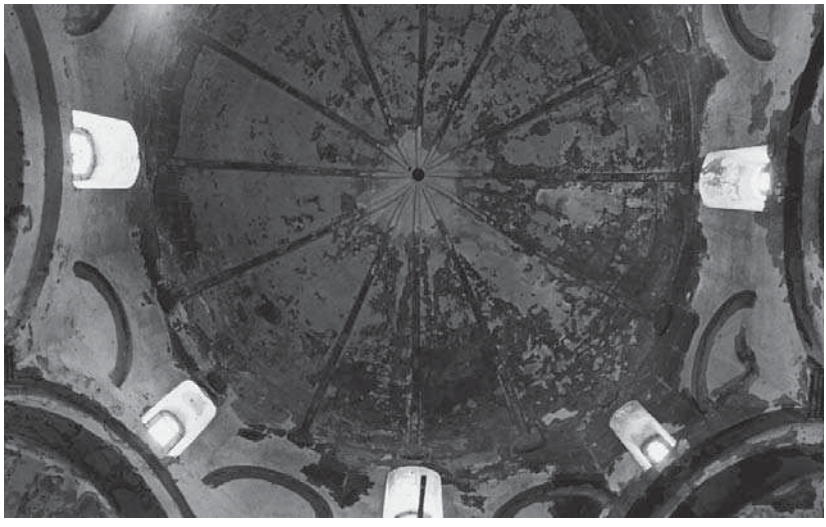


Fig. 28
Mastara, Surb Yovhannēs. Intérieur, vue zénithale.

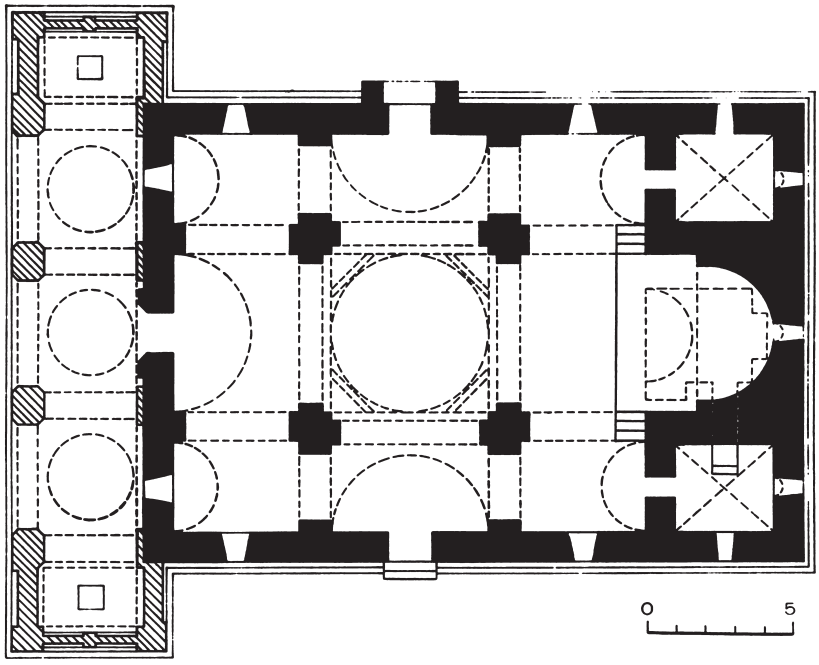


Fig. 29
Vałaršapat, Surb Gayianē (années 630). Plan.



Fig. 30
Vałaršapat, Surb Gayianē. Vue générale sud-ouest.



Fig. 31
Vałaršapat, Surb Gayianē. Intérieur, vue vers la coupole et l'abisde.

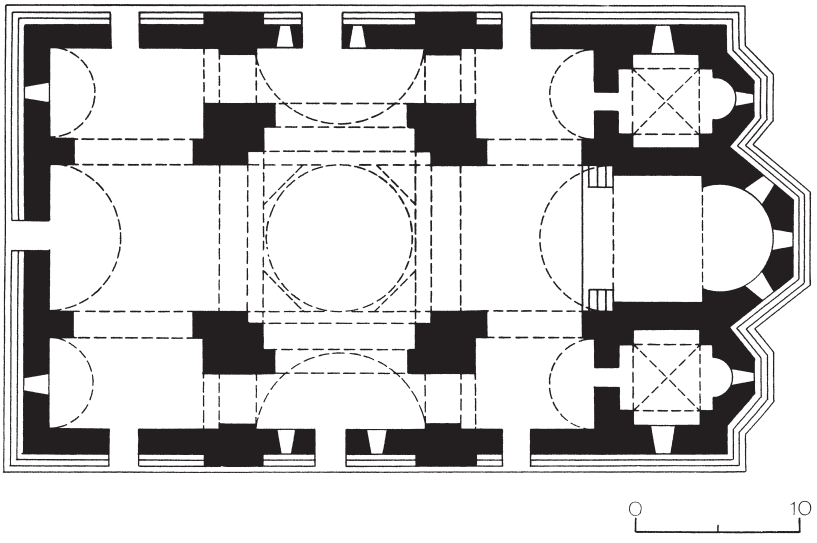


Fig. 32
Bagawan, Surb Yovhannēs / Saint-Jean (631-639). Plan.

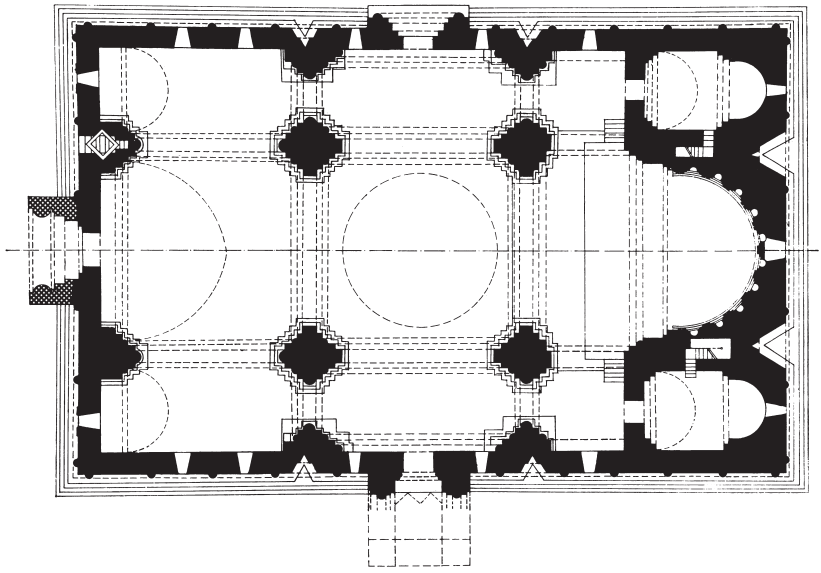


Fig. 33
Ani, cathédrale (989-1001). Plan.



Fig. 34
Ani, cathédrale. Vue générale nord-ouest après le séisme de 1988.
Photo R. et B. Elbrecht (1991).



Fig. 35
Ani, cathédrale. Vue intérieure vers l'abside. Photo Zaven Sargsyan.

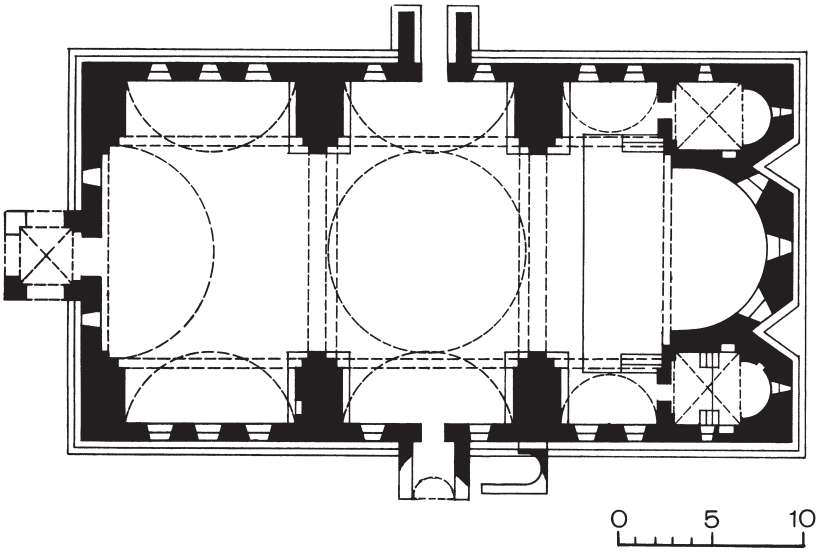


Fig. 36
Aruč, église (662-666). Plan.



Fig. 37
Aruč, église. Vue générale sud-est.



Fig. 38
Aruč, église. Vue intérieure vers l'abside.

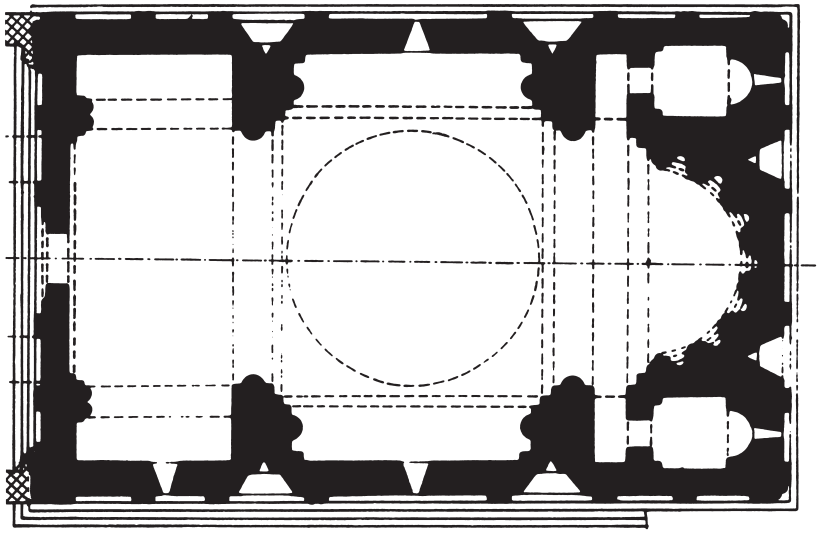


Fig. 39
Marmašēn, monastère, église principale (988-1029). Plan.



Fig. 40
Marmašēn, monastère. Vue générale nord-est. Photo Kasa Gyumri.



Fig. 41
Marmašēn, église principale. Intérieur, vue vers l'abside.

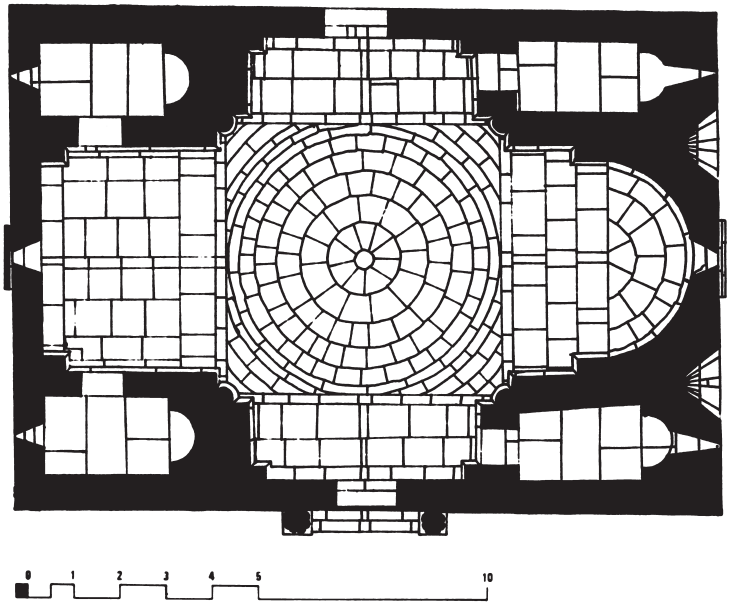


Fig. 42
Amberd, église du fort (1026). Plan.



Fig. 43
Amberd, église du fort (1026). Vue générale Nord-Ouest.

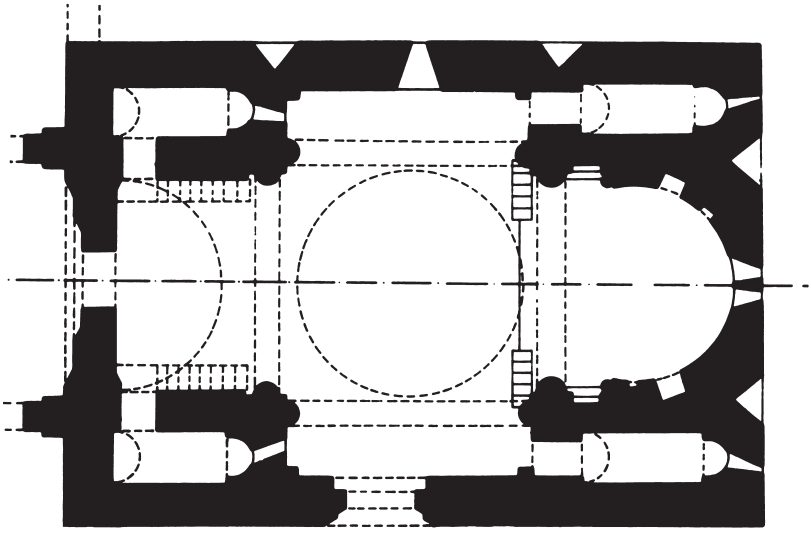


Fig. 44
Nor Varag, monastère, église principale Surb Astuacacin /
Sainte-Mère de Dieu (1224-37). Plan.



Fig. 45
Nor Varag, Surb Astuacacin.
Intérieur, vue vers l'abside.

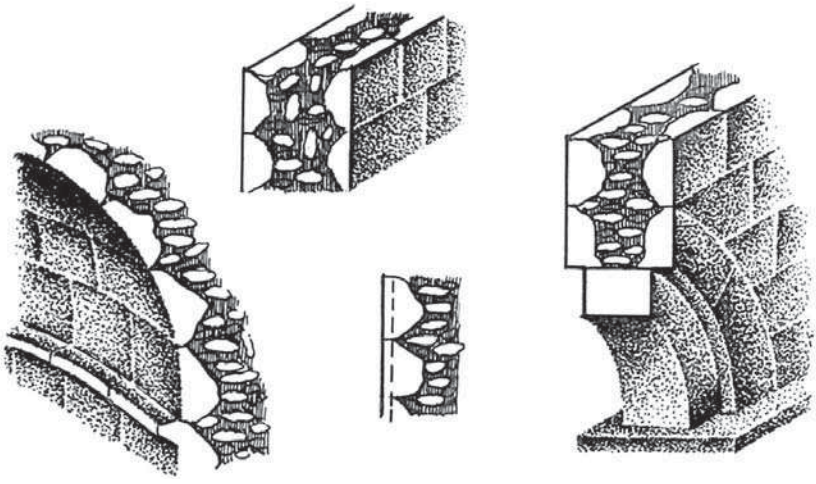


Fig. 46
Maçonneries à béton entre parements. Schémas de V. Harut'yunyan.



Fig. 47
T'alin, cathédrale (fin VII[e] s.).
Portion du bras ouest.

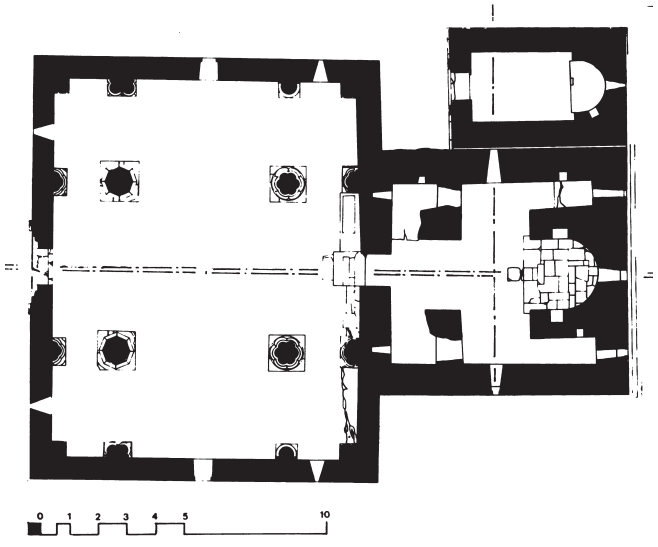


Fig. 48
Hałarcin, monastère, narthex (début XIII[e] s.) devant la chapelle Surb Step'anos /
Saint-Etienne. Plan.



Fig. 49
Hałarcin, narthex (déb. XIII^e s.).
Intérieur, vue vers le sud-est.



Fig. 50
Ereruyk^ʿ, basilique (c. fin V^e-VI^e s.).
Fragments de fûts de colonnes provenant probablement des galeries-portiques.

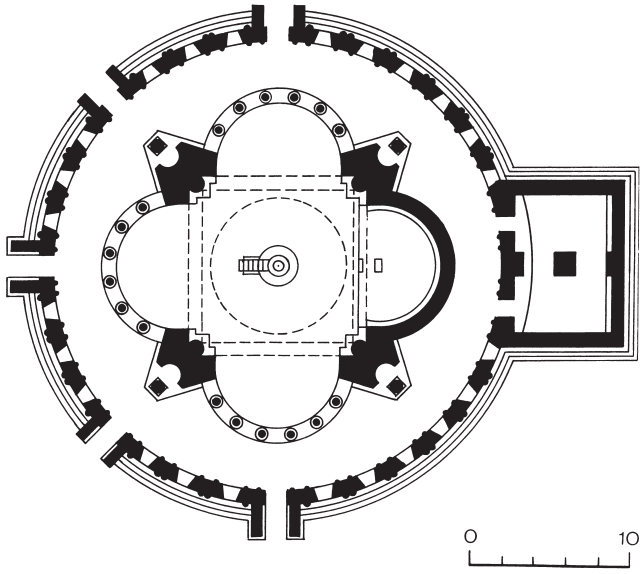


Fig. 51
Zuart'noc', cathédrale (milieu VII[e] s.). Plan.



Fig. 52
Zuart'noc', cathédrale. Colonnade de la conque sud reconstituée.

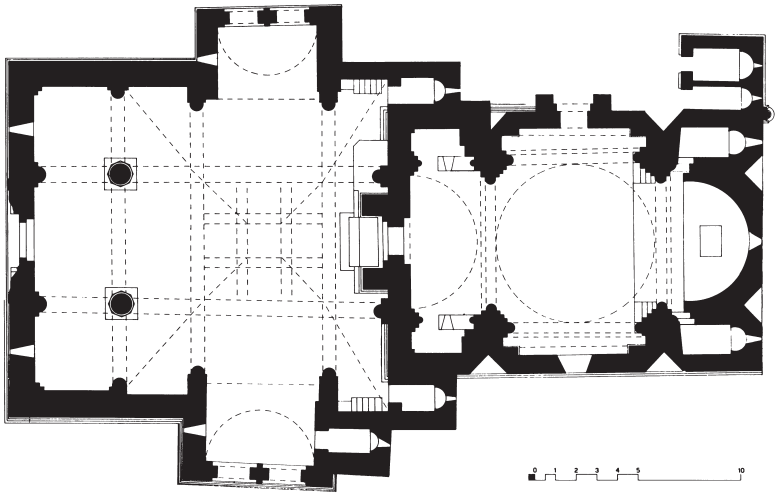


Fig. 53
Hałbat, monastère, narthex (début XIII^e s.) devant l'église Surb Nšan / Saint-Signe.
Plan.



Fig. 54
Hałbat, narthex. Intérieur, vue vers le nord-est. Photo Zaven Sargsyan.

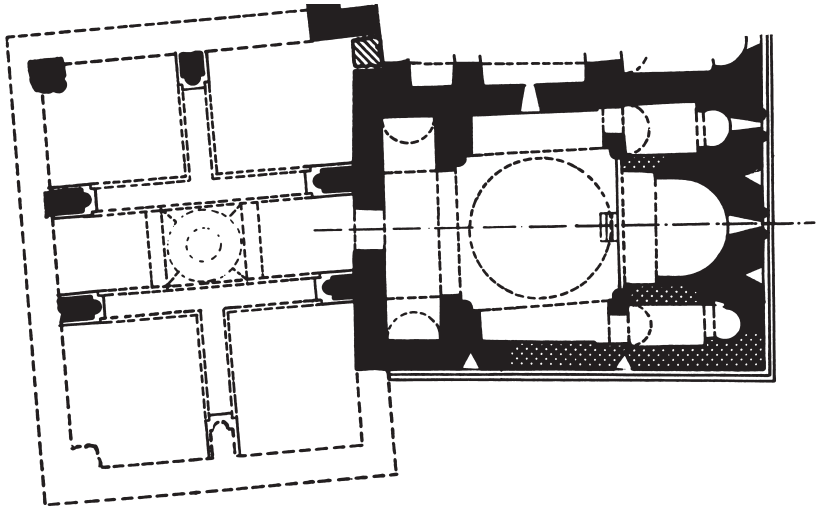


Fig. 55
Arates, monastère, narthex (1270). Plan.



Fig. 56
Arates, narthex. Vue du nord.

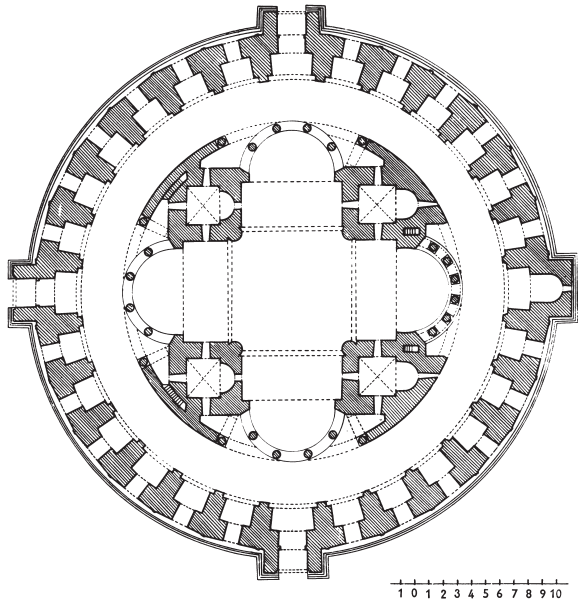


Fig. 57
Banak (province de Tayk‘ / Tao), église (fin IX^e-début X^e s.). Plan.

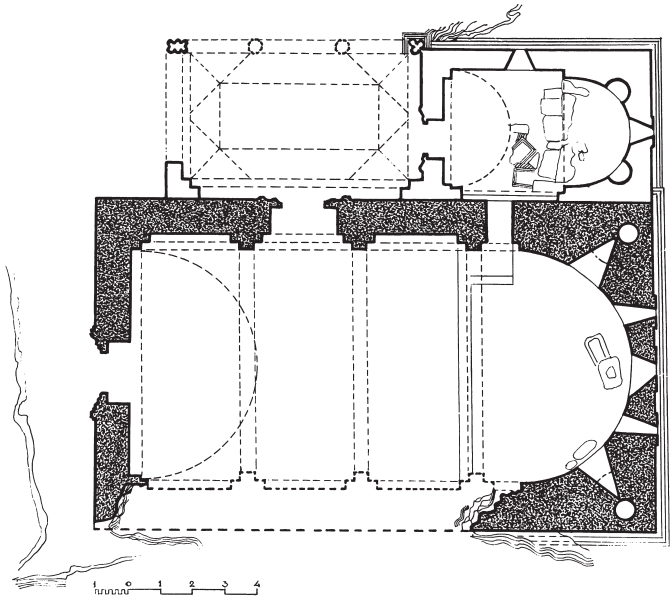


Fig. 58
K‘obayr, monastère, église principale (fin XII^e-début XIII^e s.). Plan.



Fig. 59
K'obayr, église principale.
Intérieur, vue nord-ouest.



Fig. 60
T'anat, monastère, église Surb Step'anos / Saint-Etienne (1273-1279).
Coupole avant restauration (photo 1978).

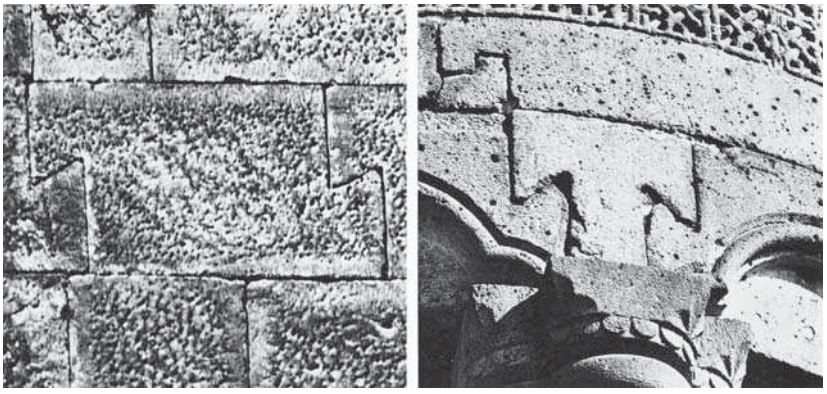


Fig. 61
Hałbat et Sanahin, monastères, clochers (XIII[e] s.). Détails des appareils.
Photo A. Alpago Novello.



Fig. 62
Surb Ałberik (Sasun), monastère, église Surg Grigor/ Saint-Grégoire (prob. X[e] s.),
façade est. Photo Ch. et J.-C. Hotellier (2010).

BIBLIOGRAPHIE

ALPAGO NOVELLO
1986 Adriano Alpago Novello, Giulio Ieni *et al*., *Les Arméniens*, Milan. Voir en particulier, p. 13-47, le chapitre «Le milieu naturel et le milieu construit» et, p. 129-189, le chapitre «L'architecture arménienne entre l'Orient et l'Occident».

Architettura medievale
1968 *Architettura medievale armena*, catalogue d'exposition, par Géza de Francovich, Fernanda de Maffei *et al*., Rome.

AVETISYAN
1977 Karen Avetisyan, «Hayastani miǰnadaryan kaŕuyc'neri hamač'ap'ut'yunnerə» (= Les proportions des édifices médiévaux d'Arménie), in *Lraber*, Erevan, 1977, n° 3, p. 55-63.

BARXUDARYAN
1967 Sedrak Barxudaryan, *Corpus Inscriptionum Armenicarum. Liber III*, Erevan.

BESSAC
2005 Jean-Claude Bessac, *Mission d'étude des techniques de construction de la basilique d'Erérouk en Arménie (3-11 octobre 2005). Rapport préliminaire* [inédit] (CNRS, UMR 5140, Lattes).
2011 Jean-Claude Bessac, «Observations sur la construction monumentale dans le nord-ouest de la république d'Arménie», in *Syria*, tome 88, Beyrouth, p. 379-415.
2012 Jean-Claude Bessac, «Observations sur la construction de la basilique d'Ererouk en République d'Arménie», in *Syria*, tome 89 (à paraître).

CASNATI
2000 Gaianè Casnati, *Armenian Medieval Architecture: Earthquakes and Restoration* [Rapport publié en ligne], Milan.

CUNEO
1988 Paolo Cuneo, *Architettura armena*, Rome.

ČXIKVADZE
1940 Mixail Čxikvadze, *Arxitektura Džvari* (= L'architecture de J̌vari), Moscou.

DAA 9
1977 *Documenti di Architettura Armena* / *Documents of Armenian Architecture, 9, Ererouk*, Milan.

DONABÉDIAN
2008 Patrick Donabédian, *L'âge d'or de l'architecture arménienne. VII^e siècle*, Marseille.

Encyclopédie
1977 *Haykakan sovetakan hanragitaran* (= Encyclopédie arménienne soviétique), tome III, Erevan, article «Erkrašaržer» (= séismes), p. 622-623.

EREMYAN
1974 Alek‘sandra Eremyan, «Hayastani V-VII dd. gmbet‘avor kaŕuyc‘neri naxagcman skzbunk‘neri masin» (= A propos des principes de conception des édifices à coupole d’Arménie des Ve-VIIe ss.), in *Lraber*, Erevan, 1974, n° 10, p. 56-82.
1981 Aleksandra Eremjan, «O vzaimootnošenijax armjanskoĭ i vizantiĭskoĭ arxitektury IV-VII vekov» (= Les corrélations entre les architectures arménienne et byzantine aux IVe-VIIe siècles), in *The Second International Symposium on Armenian Art. Collection of Reports* (1978), Erevan, vol. II, p. 119-127.

GARIBIAN
2009 Nazénie Garibian de Vartavan, *La Jérusalem nouvelle et les premiers sanctuaires chrétiens de l’Arménie*, Erevan.

GEVORKYAN [Guevorguian, Guevorkian…]
1981 Telman Gevorkjan T., «O postroenii planov baziličnyx cerkveĭ Armenii rannego srednevekovija» (= La composition des plans des églises basilicales de l’Arménie du haut Moyen Age), in *The Second International Symposium on Armenian Art. Collection of Reports* (1978), Erevan, vol. II, p. 51-60.
1984 Telman Guevorkyan T., «Le système des mesures de l’Arménie médiévale et la méthode de son utilisation dans la pratique de la restauration moderne», in *Terzo simposio internazionale di arte armena* (1981), Venise, p. 253-256.

GUIDOBONI
1994 Emanuela Guidoboni, *Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century* (avec la collaboration d’Alberto Comastri et de Giusto Traina), Rome.

HARUT‘YUNYAN
1992 Varazdat Harut‘yunyan, *Haykakan čartarapetut‘yan patmut‘yun* (= Histoire de l’architecture arménienne), Erevan. Voir en particulier, p. 104-108, le chapitre «Šinarvest» (= L’art de la construction).

Histoire architecture
2002 *Haykakan čartarapetut‘yan patmut‘yun* (= Histoire de l’architecture arménienne), sous la direction de Babken Aŕak‘elyan *et al*., vol. 2, Erevan.
2004 *Haykakan čartarapetut‘yan patmut‘yun* (= Histoire de l’architecture arménienne), sous la direction de Babken Aŕak‘elyan *et al*., vol. 3, Erevan. Voir en particulier, p. 215-254, le chapitre 7 «Šinararakan texnika ev kaŕuc‘ołakan gorcə vał miĭnadarum» (= La technique de construction et l’activité des bâtisseurs au haut Moyen Age).

Histoire du peuple arménien
2007 *Histoire du peuple arménien*, sous la direction de Gérard Dédéyan, Toulouse.

ISABEKIAN
1985 Hraïr Isabekian, «The Relationship between the Construction of Walls and Expressive Devices in Ancient and Medieval Armenian Architecture», in *The Fourth International Symposium on Armenian Art. Theses of Reports*, Erevan, p. 168-170.

ISRAELJAN ET ČUGURJAN
1981 Vaagn Israeljan, Vagaršak Č'ugurjan, «O primenenii vspučennyx obsidianov v stroitelstve xrama Zvartnoc» (= L'emploi d'obsidiennes expansées dans la construction de l'église de Zuart'noc'), in *The Second International Symposium on Armenian Art. Collection of Reports* (1978), Erevan, vol. II, p. 75-81.

KALAYAN
1979 Haroutune Kalayan, «The Symmetry and Proportion of Armenian Architecture», in *Primo simposio internazionale di arte armena. Atti* (1975), Venise, p. 339-376.

KARAKHANIAN ET ABGARYAN
2004 Arkady Karakhanian and Yelena Abgaryan, «Evidence of historical seismicity and volcanism in the Armenian Highland (from Armenian and other sources)», in *Annals of Geophysics*, vol. 47, n° 2/3, Bologne, April/June 2004, p. 793-810.

KASANGIAN
1981 Haroutiun Kasangian, «Comportement statique de quelques coupoles arméniennes», in *The Second International Symposium on Armenian Art. Collection of Reports* (1978), Erevan, vol. II, p. 32-42.
1984 Haroutiun Kasangian, «Caratteri antisismici delle costruzioni tipo Hripsimé», in *Terzo simposio internazionale di arte armena* (1981), Venise, p. 343-357.

KAZARYAN
2007 Armen Kazaryan, *The Cathedral of Holy Ejmiacin and the Eastern Christian Architecture of the 4th-7th Centuries*, Moscou (en russe, avec résumé en anglais).

KHATCHATRIAN
1971 Armen Khatchatrian, *L'architecture arménienne du IVe au VIe s.*, Paris. Voir en particulier, p. 15-27, le chapitre «Techniques d'architecture».

KOUYMJIAN
1992 Dickran Kouymjian, *The Arts of Armenia (Accompanied by a Collection of 300 Slides in Color)*, Lisbon. Voir en particulier, p. 19-21, le chapitre «Methods of Construction».

LAFONTAINE-DOSOGNE
1971 Jacqueline Lafontaine-Dosogne, «L'influence du culte de saint Syméon Stylite le Jeune sur les monuments et les représentations figurées de Géorgie», in *Byzantion*, XLI, Bruxelles, 1971, p. 183-196.

MARUT'YAN
1963 Tiran Marut'yan, *Zvart'noc' ev zvart'noc'atip tačarner* (= Zuart'noc' et les églises du même type), Erevan. Voir en particulier, p. 109-116, le chapitre «Hamačʿap'ut'yunner Zvart'noc'i hatakagcum» (= Proportions dans le plan de Zuart'noc').
1976 Tiran Marut'yan, *Avani tačarə ev hamanman hušarjanner* (= L'église d'Avan et les monuments semblables), Erevan. Voir en particulier, p. 37-41, le chapitre «Hamačʿap'ut'yunner» (= Proportions).

MELK'UMYAN
1985 Sergey Melk'umyan, *K'arə mer harstut'yunn ē* (= La pierre est notre richesse), Erevan.

MNACʿAKANYAN
1952 Stepan Mnacakanjan, *Arxitektura armjanskix pritvorov* (= L'architecture des narthex arméniens), Erevan.
1958 Step'an Mnac'akanyan, «Mijnadaryan Hayastani šinararakan gorci kazmakerpman mi k'ani harc'er ev k'argorc varpetneri nšannerə» (= Quelques questions sur l'organisation de l'activité de construction dans l'Arménie médiévale et les signes des tailleurs de pierre), in *Patma-Banasirakan Handes*, Erevan, 1958, n° 3, p. 84-105.
1985 Stepan Mnatsakanian, «The Forming of the Four-Pillar Cross-Cupola Systems in Armenia and Byzantium», in *The Fourth International Symposium on Armenian Art, Theses of Reports*, Erevan, p. 265-267.
1989 Stepan Mnacakanjan, *Krestovokupoljnye kompozicii Armenii i Vizantii V-VII vekov* (= Les compositions à coupole sur croix inscrite d'Arménie et de Byzance des V^e^-VII^e^ siècles), Erevan.

MUŠEŁYAN
2005 Gevorg Mušełyan, *Hin haykakan čartarapetut'yan hakaseysmik skzbunk'nerə ev mijoc'aṙumneri kiṙarumə* (= Les principes et la mise en œuvre des dispositifs parasismiques de l'architecture arménienne ancienne), Erevan.

Nature
2006 *Hayastani bnašxarh* (= La nature de l'Arménie), encyclopédie sous la direction de Hovhannes Ayvazyan *et al*., Erevan.

PAGLAZOVA
2009 Nadežda Paglazova, «Tekor — xram knjazej Kamsarakanov» (= Tekor, église des princes Kamsarakan), in *Arxitekturnoe nasledstvo*, 50, Moscou, p. 5-16.

PARDON
2010 Fanélie Pardon, *Lire dans les édifices l'élaboration d'un savoir constructif «parasismique»*. Mémoire de recherche de Master II [inédit], sous la direction de François Fleury, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon, 2010.

PARIS
1984 Marina Paris, «Il restauro delle lacune in pietra porosa con riferimento all'architettura armena della regione di Ani», in

Terzo simposio internazionale di arte armena (1981), Venise, p. 471-481.

SAHINYAN

1955 Alek'sandr Sahinyan, *K'asałi bazilikayi čartarapetut'yunə* (= L'architecture de la basilique de K'asał), Erevan. Voir en particulier, p. 141-188, le chapitre «K'asałi bazilikayi čartarapetakan verlucut'yunə» (= L'analyse architecturale de la basilique de K'asał).

1966 Alexandre Sahinian, «Recherches scientifiques sous les voûtes de la cathédrale d'Etchmiadzine», in *Revue des Etudes Arméniennes*, III, Paris, p. 39-71.

1978 Alek'sandr Sahinyan, «Modulayin hamakargə Ējmiacni Mayr Tačari 5rd dari gmbet'akir kaŕuc'vack'um» (= Le système modulaire dans la structure à coupole du V^e^ siècle de la cathédrale d'Ējmiacin), in *Patma-Banasirakan Handes*, Erevan, 1978, 2, p. 140-158.

SAHINYAN ET MNAC'AKANYAN

1964 Alek'sandr Sahinyan, Step'an Mnac'akanyan *et al*, *Aknark hay čartarapetut'yan patmut'yan* (= Essai d'histoire de l'architecture arménienne), Erevan.

SARGSYAN ET T'AMANYAN

1970 H. Sargsyan, Yuli T'amanyan, «Haykakan patmakan kaŕuyc'neri seysmakayunut'yan zargac'man harc'i šurǰə» (= Autour de la question du développement de la résistance aux séismes des constructions historiques de l'Arménie), in *Patma-Banasirakan Handes*, Erevan, 1970, 1, p. 211-219.

SASANO

2009 Shiro Sasano (dir.), *Historical Architecture of Eastern Anatolia in the Middle Ages*, Yokohama. Voir en particulier plusieurs articles de la Partie II, *Research and Analysis on Historical Architecture in Eastern Anatolia*: p. 281-287, chapitre 2, M. Mirzaoglu, «Historical Earthquakes of the North-Eastern Anatolian Fault Zone»; p. 293-300, chapitre 4, Kentaro Motoki et Kazuoh Seo, «A Study on the Dynamic Characteristics of Historical Monuments in Eastern Anatolia Using Microtremor Measurements»; p. 301-306, chapitre 5, Hiroki Takahashi, «Properties of Stones and Mortar in Medieval Architecture of Eastern Anatolia»; p. 349-363, chapitre 9, Shojiro Motoyui, «Numerical Study on Structural Characteristics of the Church in Ishan».

ŠAXKYAN

1983 Gaŕnik Šaxkyan, *Ōjuni ekełec'in* (= L'église d'Ōjun), Erevan.

SIMONYAN ET SANAMYAN

2001 Hakob Simonyan, Hovhannes Sanamyan, «Ciceŕnavank'», in recueil *Hayoc' srberə ev srbavayrerə* (= Les saints et sanctuaires arméniens), Erevan, p. 200-213.

STEP'ANYAN

1964 V. Step'anyan, *Erkrašaržerə haykakan leŕnašxarhum ev nra merjakayk'um* (= Les tremblements de terre sur le Plateau arménien et dans ses environs), Erevan.

THIERRY
2005 Jean-Michel Thierry de Crussol, *Monuments arméniens de Haute-Arménie*, Paris.

THIERRY ET DONABÉDIAN
1987 Jean-Michel Thierry, Patrick Donabédian, *Les arts arméniens*, Paris.

T'ORAMANYAN
1942 T'oros T'oramanyan, *Nyut'er haykakan čartarapetut'yan patmut'yan* (= Matériaux d'histoire de l'architecture arménienne), 1er vol., Erevan. Voir en particulier, p. 134-146, le chapitre «Šinanyut'erə ev nranc' gorcacut'yan kerpə hin Hayastanum» (= Les matériaux de construction et leur mode d'utilisation dans l'Arménie ancienne).

XALPAXČ'YAN
1953 Ovanes Xalpaxčyan, «Stroiteljnye tradicii narodnyx masterov Armenii» (= Les traditions de construction des artisans populaires de l'Arménie), in *Arxitekturnoe nasledstvo*, 3, Moscou, p. 36-73.
1967 Ovanes Xalpaxčyan, «Organizacia stroiteljnogo dela v srednevekovoï Armenii» (= L'organisation de l'activité de construction dans l'Arménie médiévale), in *Patma-Banasirakan Handes*, Erevan, 1967, n° 2-3, p. 205-220.
1974 Ovanes Xalpaxčyan, «Tvorčeskie metody drevnearmjanskix zodčix na primere pamjatnikov Sanaina» (= Les méthodes de conception des architectes arméniens anciens à partir de l'exemple des monuments de Sanahin), in *Arxitekturnoe nasledstvo*, 22, Moscou, p. 74-96.

ZACEK
1996 Milan Zacek, *Construire parasismique*, Marseille.
2002 Milan Zacek, *Evaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants. Constructions en maçonnerie et béton armé*, Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, Villefontaine.

ZARIAN
1981 Armen Zarian, «La question de la verticalité par rapport à l'architecture arménienne du Moyen Age», in *The Second International Symposium on Armenian Art. Collection of Reports* (1978), Erevan, vol. II, p. 128-138.
1991 Armen Zarian, «L'effetto statico-dinamico in alcuni edifici paleocristiani armeni», in *Quinto simposio internazionale di arte armena* (1988), Venise, p. 727-738.