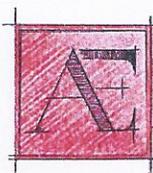
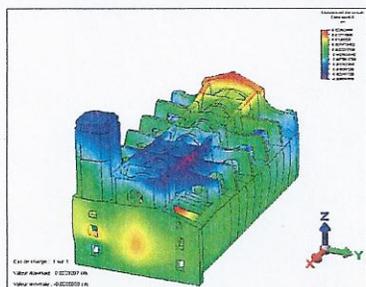


COLLÉGIALE SAINT-MARTIN

à Lorgues

dans le Var

DIAGNOSTIC ET AVANT-PROJET ARCHITECTURAL ET TECHNIQUE CLOS ET COUVERT



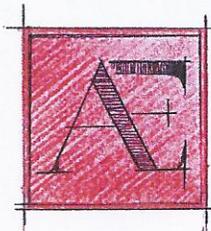
S. BERHAULT,
ARCHITECTE DU PATRIMOINE
Juin 2012

COLLÉGIALE SAINT-MARTIN

à Lorgues

dans le Var

**DIAGNOSTIC ET AVANT-PROJET
ARCHITECTURAL ET TECHNIQUE
CLOS ET COUVERT**



AEDIFICIO
Architectes du patrimoine
11, rue du général Pierre
91 540 Mennecy
Tél. : 01.60.77.16.60.
Fax : 01.60.75.09.72.
E-mail : contact@aedificio.com
Site web : www.aedificio.com

Juin 2012

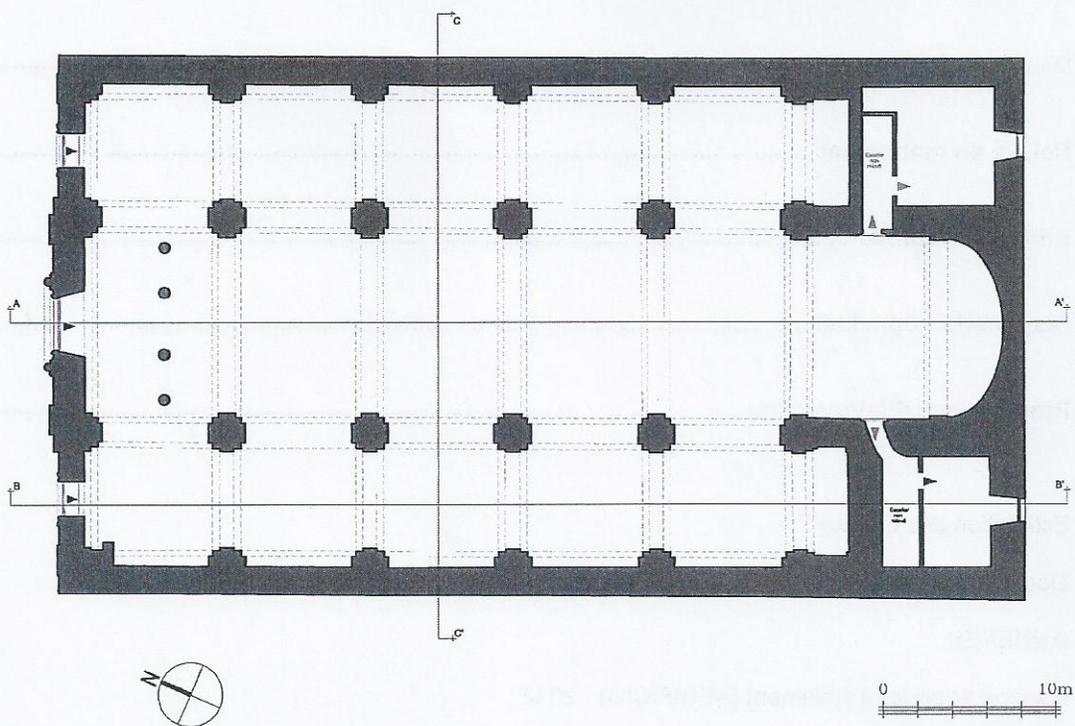
Préambule

L'agence AEDIFICIO a été désignée à l'issue d'une consultation de maîtrise d'œuvre comme maître d'œuvre de l'opération de restauration de la collégiale Saint-Martin de Lorgues en 2011.

Après notification du marché, il a été demandé à l'architecte de préciser l'objet des travaux qui avaient été dans un premier temps défini par V. Brunelle, architecte en chef des monuments historiques, dans une étude datée de 2010.

En novembre 2011, la chute d'un voussoir d'une des baies principales du monument confirma l'urgence d'un diagnostic précis définissant les urgences, proposant des solutions argumentées à l'appui d'un estimatif fiable.

C'est l'objet du présent dossier de diagnostic et d'avant-projet architectural et technique limité au clos et au couvert du monument.



Avertissement

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que la collégiale n'est pas orientée (cf. plan ci-dessus). Nous avons respecté la double exposition de chaque façade lors de la rédaction ce qui peut alourdir le texte mais évite toute confusion.

Sommaire

I.	Rappels historiques et liste des travaux connus	5
II.	Examen des charpentes	8
III.	Examen des couvertures	18
IV.	Examen des élévations extérieures	22
V.	Etude géotechnique	33
VI.	Descente de charges	34
VII.	Relevé du monument	35
VIII.	Etude structurelle	36
IX.	Diagnostic - Conclusions	39
X.	Propositions d'intervention	43

Estimation des travaux

Documents graphiques

ANNEXES

Rapport et projet d'étalement (AEDIFICIO) - 2012 ;

Rapport d'étude géotechniques (GEOTERRIA) - 2012 ;

Lexique ;

Charte de Venise.

I. Rappels historiques et liste des travaux connus

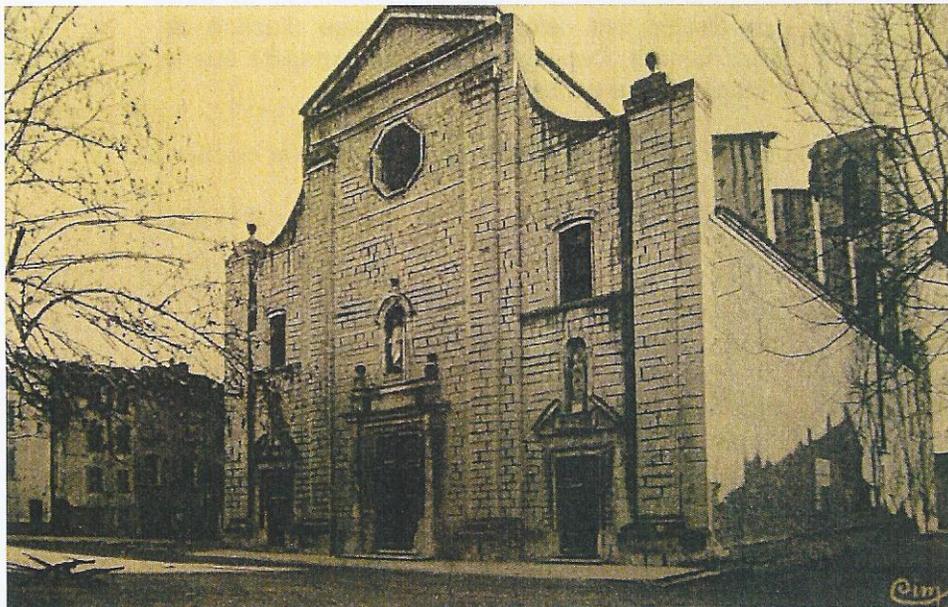
Rappels historiques*

L'évêque de Fréjus, Egidius, érigea en église collégiale le prieuré de Lorgues, le 26 août 1421. A l'époque de son institution, le chapitre fut installé dans l'église paroissiale, située dans la principale rue de la vieille ville et dédiée à Saint-Martin.

L'église paroissiale, dont l'édification remontait probablement à l'époque de l'expulsion des sarrasins, était tellement exiguë et délabrée que les chanoines ne tardèrent pas à l'abandonner et vinrent chanter leurs offices et exercer le culte dans une très grande chapelle située au sud de la ville et dédiée à Notre-Dame de Beauvoir. Mais la chapelle n'avait point de clocher, et les cloches de Saint-Martin sonnaient les offices et fêtes qui se célébraient à Notre-Dame.

En 1703, des oratoriens étant venus prêcher une mission, cette seconde église se révéla également trop petite. Monseigneur de Fleury, le futur cardinal et ministre de Louis XIV, alors évêque de Fréjus, était venu présider les cérémonies de clôture.

Beaucoup de fidèles durent rester sur le parvis et de vigoureuses bagarres s'en suivirent. L'évêque prouva aux Lorguais la nécessité de construire un plus vaste édifice. Un conseil populaire se tint à la mairie et décida la construction d'une nouvelle collégiale. Le 6 mai 1703, une seconde délibération, désigna une délégation qui partit à Fréjus soumettre les projets à l'Evêque. En novembre, celui-ci revint à Lorgues, accompagné de M. Verrier, architecte d'Aix-en-Provence. L'emplacement fut choisi et les habitants se mirent immédiatement et bénévolement au travail. Ils démolirent la cure ainsi que d'autres petits immeubles et le 15 avril 1704, Monseigneur de Fleury posa la première pierre. Une plaque de marbre gravée témoigne encore de cette cérémonie.



Cliché du début du XX^{ème} siècle.

Les travaux continuèrent pendant assez longtemps, avec des périodes d'enthousiasme et de ralentissement. Les guerres, famines ou épidémies les interrompirent souvent et pendant de longues périodes. Sur les plans de l'architecte Verrier, les fondations commencèrent effectivement en mai 1704, sous la direction de l'architecte Pomet de Toulon. Les plans subirent quelques modifications. On proposa en effet une façade plus imposante, un clocher monu-

mental, ce qui en somme, rend l'architecte Pomet le véritable créateur de la collégiale actuelle.

L'invasion de la Provence en 1707 par les Impériaux commandés par le Duc de Savoie et le Prince Eugène, imposera une amende telle que les finances furent ruinées. On reprit les travaux en 1711.

En 1715 (26 mai), Monseigneur de Fleury écrivait « *que l'on avait vu trop grand* », pour refuser ensuite de poursuivre ses subventions.

Une épidémie de peste en 1720 ravagea la région ; les finances furent de nouveau dans une situation tragique. Des impôts furent votés, qui ne donnèrent que peu de résultats.

- 1728 : Pose des grandes portes d'entrée.

Monseigneur de Fleury venait d'être nommé Cardinal et laissait à son successeur, Monseigneur de Castellane, la charge de faire honneur à ses dettes. Mais l'entreprise se révélait difficile à poursuivre. Le Marquis de Villeneuve offrit à la ville une somme importante qui permit de poursuivre les travaux et de voir en 1728 le chapitre s'installer dans la nouvelle église, enfin terminée. En août 1729, l'évêque de Fréjus vint célébrer une messe d'action de grâce et bénir le monument. Cependant, il ne fut consacré que le 15 juin 1788 par Monseigneur de Beausset-Roquefort.

- 1758 : Construction d'un mur de soutènement derrière le clocher.

- 1879 : Réparation de la voûte du chevet par la fabrique et la municipalité.

- 1921 : Réparation des couvertures de la nef.

- 1942 : Remplacement de la charpente du bas-côté nord-est par une charpente métallique.

- 1949 : Réfection de la couverture.

- 1965 : Rapport détaillé de l'histoire de l'édifice par M. Aujard (document non retrouvé à la médiathèque du patrimoine à Paris).

* d'après F. Cordouan, « *Histoire de la commune de Lorgues* », Aubry, Paris, 1864

Liste des travaux connus

Liste des travaux connus

- Projet de travaux de charpente et de couverture, B. Barla, architecte DPLG, décembre 1949. Le programme des travaux prévoit :
- de déposer toutes les couvertures actuelles ;
- de remplacer les deux fermes dont les assemblages trop vermoulus ne permettent pas une réparation rationnelle ;

- de consolider les appuis des autres fermes par des fers ;
 - de renforcer les assemblages des fermes conservées par des équerres et boulons ;
 - de doubler les pannes pour éviter la flexion de la couverture ;
 - de remplacer les chevrons vermoulus ;
 - de refaire la couverture avec réemploi d'une parties des tuiles actuelles comme couvertes ;
- Le montant du devis s'élève à 4 510 000.00 F.

- Relevés de l'église : Paul Colas, ACMH, mai 1973

- Projet de travaux de P. Colas, août 1973. Les travaux prévoyaient notamment : « découverte en tuile creuse, dépose de chevronnage triangulaire au droit des parties à remplacer en charpente (2/3), dépose de grosse charpente à remplacer, pannes, sablières, entrants, descente de bois de charpente, reprise de la charpente et ce partiellement. Bois de sapin fourni façonné et posé compris montage [...]. Toutes sujétions pour charpente neuve mais en raccord avec parties conservées, ce partiellement. Plus-value de sous-œuvre éventuelle et d'une façon générales toutes sujétions découlant de la conservation d'une assez grande partie de la charpente existante. »

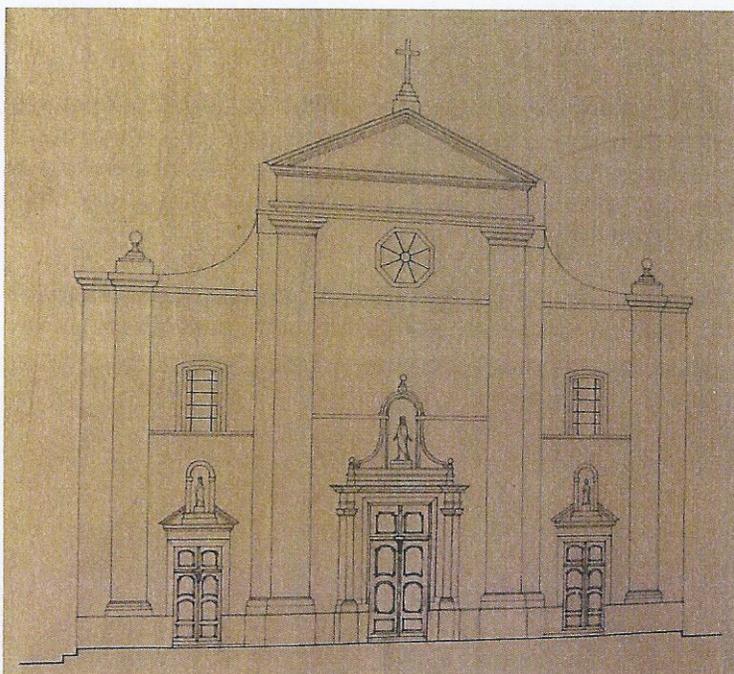
- 24/07/1990 : Courrier du Maire à M. Yarmola, ACMH, concernant l'étude reçue pour la mise hors d'eau de la collégiale. Budget annoncé : 5 700 000.00 F. Demande des détails des tranches de travaux ;

- 01/09/1989 : Courrier de M. Yarmola au Maire. Le budget pour « la mise hors d'eau de l'église » et « à la confortation générale » est de 9 850 000.00 F. « L'intervention la plus urgente porte sur les couvertures et les maçonneries hautes : 5 700 000.00 F. Les autres interventions : 4 150 000.00 F ».

Le devis de M. Yarmola incluait les prestations suivantes :

Couverture de la nef :

- Réfection de la couverture en tuiles comprenant le voligeage, fourniture de tuiles neuves, repris des couverts en tuiles récupérées ou vieille en fourniture. Enlèvement des gravois et nettoyage des combles ;
- En arrière du fronton, établissement d'une banquette en plomb ;
- Réfection des chéneaux au pourtour de la couverture compris évacuations ;
- Reprise de la besace au droit du clocher ;



Dessin de la façade principale, Paul Colas, ACMH, 1973.

II. Examen des charpentes

La collégiale de Lorgues est pourvue de charpentes. La couverture ne pose pas directement comme c'est parfois le cas pour certains édifices méridionaux sur l'extrados des voûtes.

La visite de l'ensemble des combles est possible. Celle-ci permet les constats suivants :

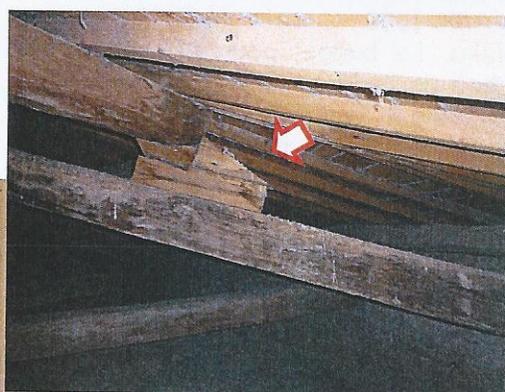
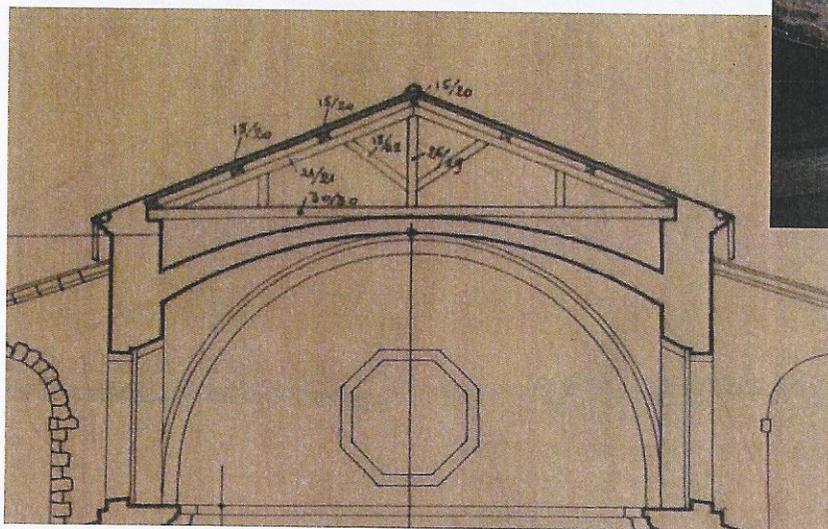
- Charpente de la nef : charpente d'origine constituée de fermes simples reliées par des pannes. La pente des versants a été modifiée si l'on en juge au nombreux calages sous les pannes ;
- Charpente du bas-côté nord-est : la charpente d'origine a été entièrement supprimée au profit d'une structure en acier constitué de profilés métalliques IPN sur socles en béton armé ;
- Charpente du bas-côté sud-ouest : la charpente d'origine constituée d'arbalétriers et de panne a été partiellement conservée. Les modifications intervenues ont été réalisées en bois dans des dispositions assez courantes.

II.1. La charpente de la nef

D'après les relevés de P. Colas, ACMH, celle-ci se compose de 12 fermes distantes d'environ 4.45 m. Chaque ferme est composée d'un entrain (30 x 30 cm), de deux arbalétriers (21 x 21 cm), d'un poinçon (26 x 29 cm) et de contrefiches et potelets (18 x 22 cm). La longueur des entrains est d'environ 11.80 m.

Contrairement au dessin ci-dessous, la visite permet de constater que des calages importants sont intervenus sous les pannes. La pente du chevronnage n'est pas parallèle à celle des arbalétriers (angle arbalétrier = 22°, angle chevronnage = 19°).

L'état sanitaire n'a pu être reconnu de manière systématique mais on notera un état globalement satisfaisant au ni-



Ci-dessus, clichés pris dans les combles de la nef, côté sud-est (chevet).

Ci-contre, dessin de la charpente de la nef, Paul Colas, ACMH, 1973

veau de l'ossature et des assemblages. Les bois utilisés sont tous des résineux (sapin ou pin ?). Leurs parements présentent les traces de multiples passage d'eau (dépôts salins blanchâtres) trahissant des problèmes (récurrents ?) d'infiltration à travers la couverture.

Si l'on admet que le dessin de Paul Colas est celui des fermes originelles avec ses spécificités (pose des pannes à plat), le calcul de vérification ci-dessous indique une insuffisance des sections des pannes conduisant à un dépassement de la contrainte admissible de **+80.6%**. Même en prenant les pannes dans le sens de la plus grande inertie (pose verticale) on conserve un dépassement de la valeur admissible de **+35.4%**.

A titre de comparaison, une panne posée sur chant de 25 cm de hauteur par 20 cm de largeur aurait suffi (contrainte inférieure à la limite de -32%, sous réserve de vérification des fermes).

Force est de constater qu'avec des sections aussi faibles pour les pannes, qui sont et restent dans une charpente à pannes les points faibles, il ne fait nul doute que la toiture ait subi depuis l'origine des flexions trop importantes conduisant inévitablement à des fuites récurrentes.

83 - Lorgues - Collégiale Saint-Martin

CALCUL DE VERIFICATION DES BOIS DE CHARPENTE

NEF : Espacement des fermes = 4.45 m

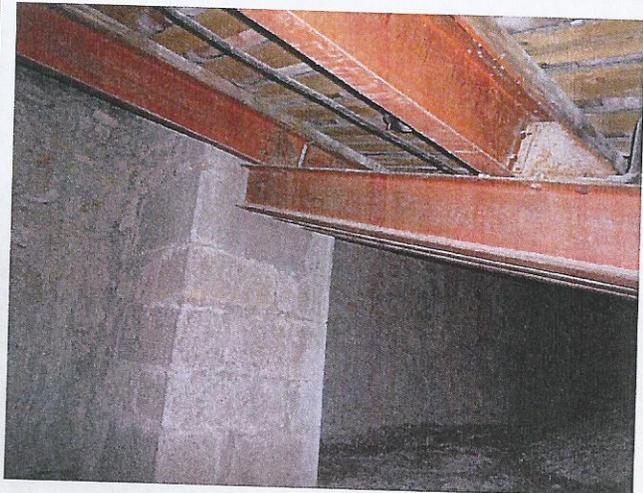
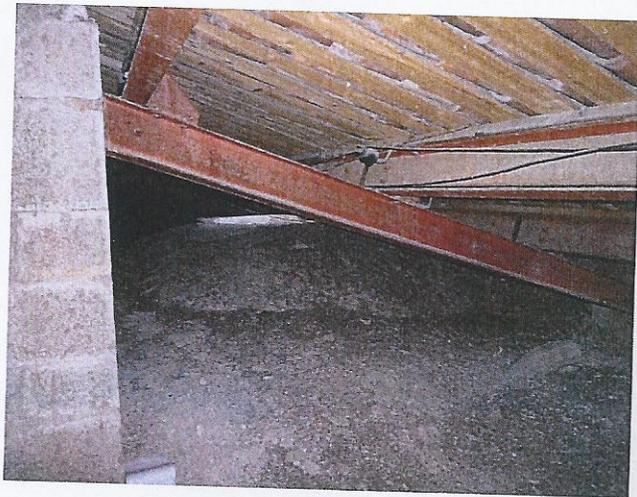
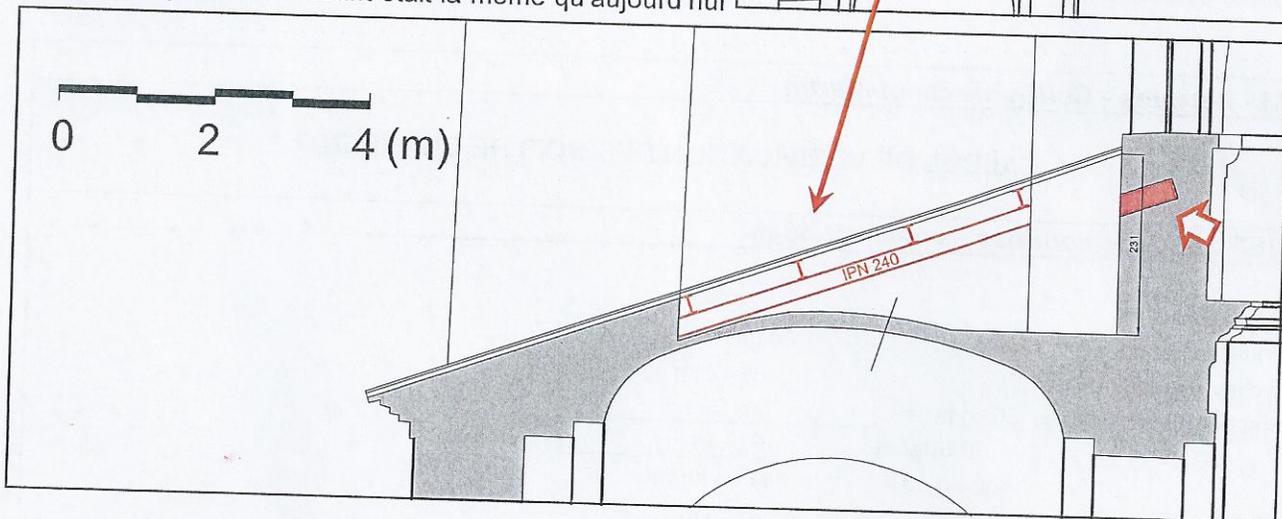
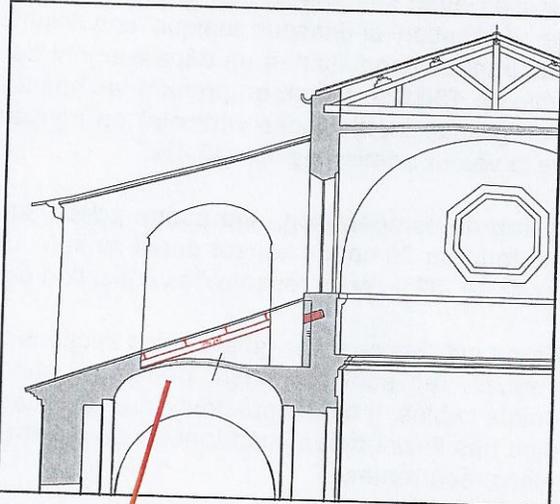
S couverture =	9.26 m ²		
P tuiles (120 kg/m ²)=	1110.72 kg		
P chevonnage (7.5 kg/m ²)	69.42 kg		
Surcharges climatiques (55 kg/m ²)=	509.08 kg		
P total =	1698.48 kg		
soit au ml =	381.68 kg/ml		
Largeur de la panne =	0.20 m		
Hauteur de la panne =	0.15 m		
		Total =	410.48 kg/ml
Poids propre de la panne	28.80 kg/ml		
Portée de la panne =	4.45 m		
Moment fléchissant =	1 016.07 kg/m	soit	101 606.63 kg/cm
Contraintes (<= à 75kg/cm ²) =	135.48 kg/cm²	Section insuffisante	80.63%

II.2. La charpente du bas-côté nord-est

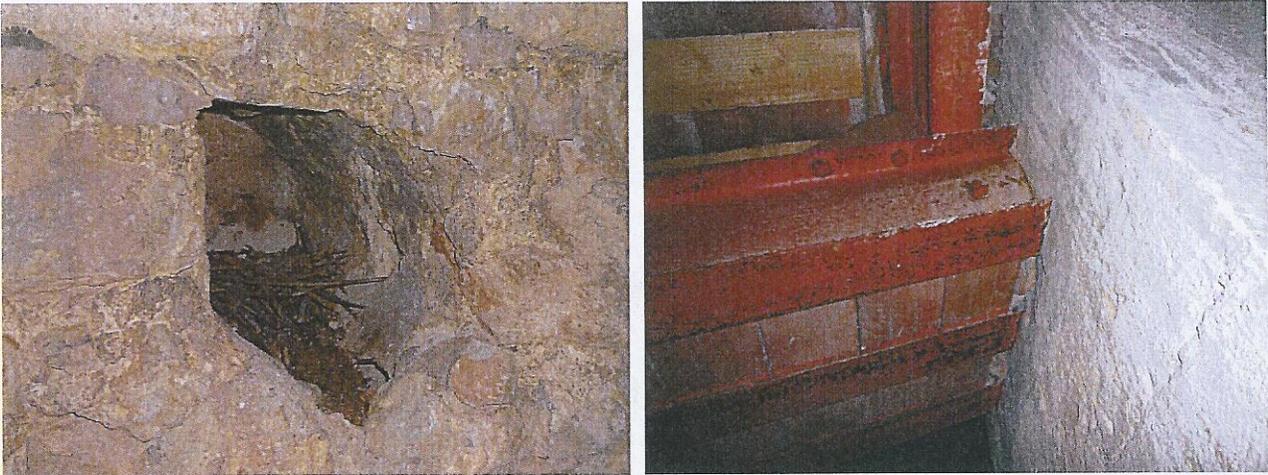
La charpente ancienne a entièrement été supprimée en 1942 (hormis au droit de la sacristie) au profit d'une charpente métallique constituée de profilés du commerce (IPN) assemblés par boulonnage. L'ossature ainsi réalisée reprend dans les grandes lignes la conception des charpentes anciennes : simples arbalétriers (poutres obliques) encastrés dans les supports reprenant plusieurs cours de pannes.

La comparaison s'arrête là. En fait, toute l'ancienne logique constructive a été perdue au profit d'une attitude nouvelle et profondément destructrice pour les ouvrages pré-existants. En effet, les arbalétriers métalliques prennent place au droit des arcs-boutants, pris côté intérieur en encastrement dans le parement en pierre de taille des contreforts et, côté extérieur, dans les culées et les reins des voûtes au moyen de massifs en béton armé (cf. dessin ci-dessous).

Or, l'ancienne charpente était d'une autre conception. La coupe transversale indique la position (en rose, flèche) des anciens empochements recevant, jadis les arbalétriers. Si la pente du versant était la même qu'aujourd'hui



A gauche, vue du comble du bas-côté nord-est depuis l'extrémité côté chevet. A droite, détail de la structure.



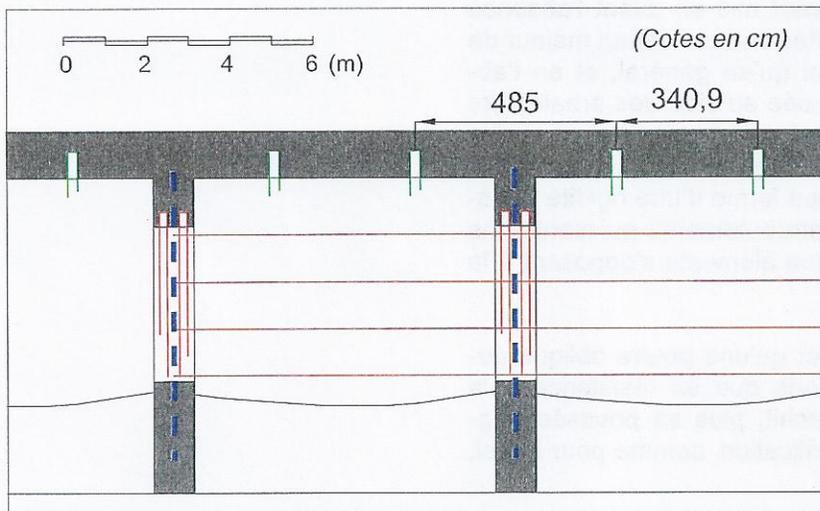
A gauche, vue d'un empochement d'arbalétrier. A droite, sous-face des arbalétriers métalliques moisés.

(19°), la hauteur du couvert était 22 cm plus basse qu'aujourd'hui. En plan, les arbalétriers étaient présents à raison de deux par travées, distants l'un de l'autre d'environ 3.40 m. L'espacement entre les arbalétriers était plus grand au passage des files de contrebutement et les pannes devaient alors franchir environ 4.85 m.

Certes, la conception n'était pas celle d'une véritable charpente triangulée mais la structure s'affranchissait de risques de poussées au vide en raison de :

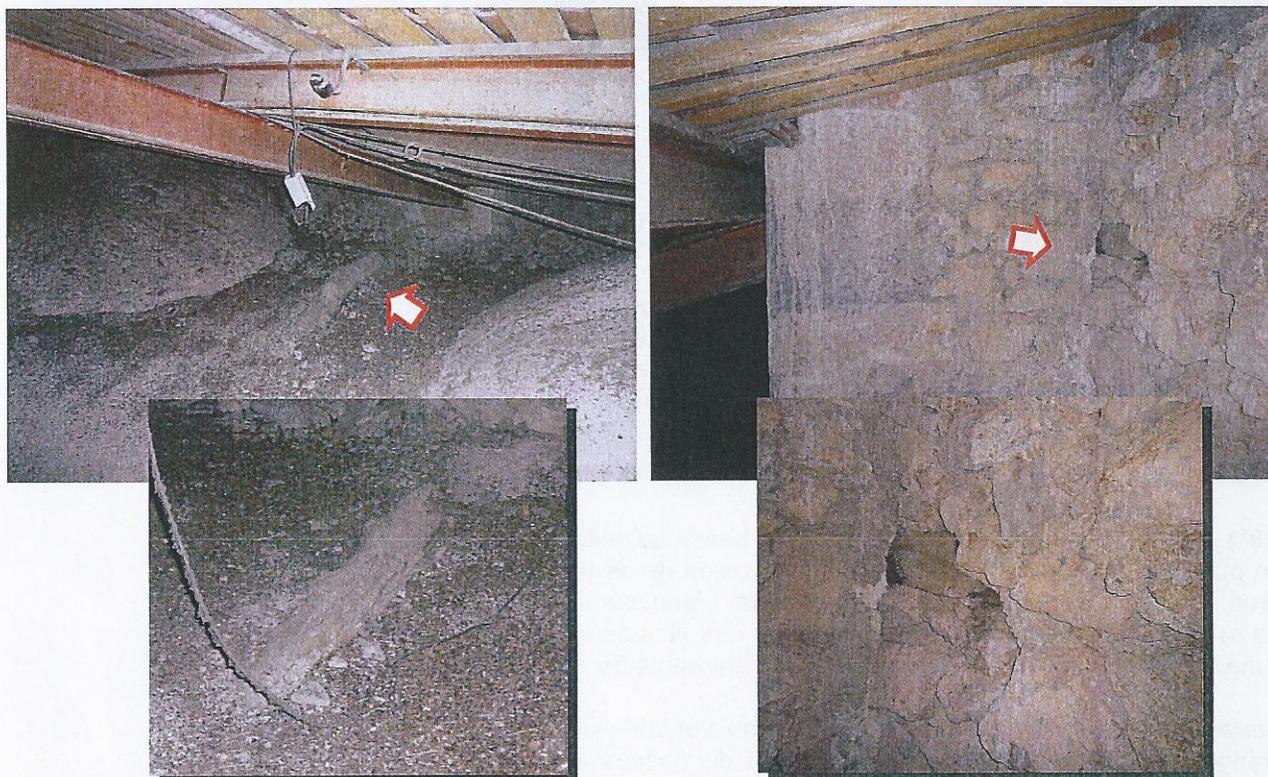
- les sections des arbalétriers qui étaient assez conséquentes, 27 cm de hauteur ;
- les abouts supérieurs qui rentraient en moyenne sur 69 cm à l'intérieur du mur et étaient maçonnés après pose (traces encore visibles laissées par les bois dans le mortier).

En outre, il faut bien reconnaître que la conception peu audacieuse des superstructures de la collégiale ne se prêtait guère aux mouvements latéraux. M. Ranjard, ACMH, avait observé que les murs extérieurs des bas-côtés ne présentaient pas de déversement mais au contraire un léger fruit ; ce que les relevés sophistiqués réalisés cette année ont confirmé (17 cm au nord-est, 18.9 cm au sud-ouest).



Plan partiel du comble du bas-côté nord-est. En rouge, représentation schématique de la structure de la charpente métallique actuelle. En vert, empochements indiquant la position, jadis, des arbalétriers. En bleu, trait pointillé, position des tirants en bois.

A gauche, vue d'un des tirants transversaux en bois. A droite, vue d'un fragment de chaînage en bois.



Il est également important de souligner la présence d'anciens tirants transversaux en bois dans les combles des bas-côtés. Ceux-là prennent place à l'aplomb des arcs-boutants et avaient pour effet de lier la culée au support intérieur et freiner d'éventuels mouvements liés à des poussées mal contrebutées. Ils ont été côté nord-est coupés pour réaliser les massifs en béton armé d'ancrage des pieds des profilés obliques.

De même, on note la présence d'éléments en bois dans les murs gouttereaux : s'agissaient-ils de chaînages longitudinaux ? Leur position en altitude les fait coïncider avec les appuis des arbalétriers anciens. Servaient-ils donc aussi de semelle de répartition afin d'éviter un poinçonnement par les charges ponctuelles transmises par les abouts des arbalétriers ?

Mes confrères restaurateurs ont souvent mis en avant l'absence de fermes triangulées dans les bas-côtés comme défaut majeur de cette conception originelle ; il est vrai qu'en général, et en l'absence d'un entrain, on redoute la poussée au vide des arbalétriers en tête des murs gouttereaux. On peut s'interroger à propos des constructeurs de la collégiale sur leur conscience de ces phénomènes et leur possible acceptation sous forme d'une rigidité transversale voulue et acquise par les contrebutements puissants, les murs épais et les tirants en bois comme éléments s'opposant à la poussée des dits arbalétriers.

Quoi qu'il en soit, il ne faut pas oublier qu'une poutre oblique génère une poussée d'autant plus grande que sa résistance à la flexion est faible (plus une poutre fléchit, plus sa poussée augmente). Nous en venons donc à la vérification, comme pour la nef, des sections employées.

En tenant compte de la conception de la charpente d'origine, les calculs de vérification donnent les résultats suivants :

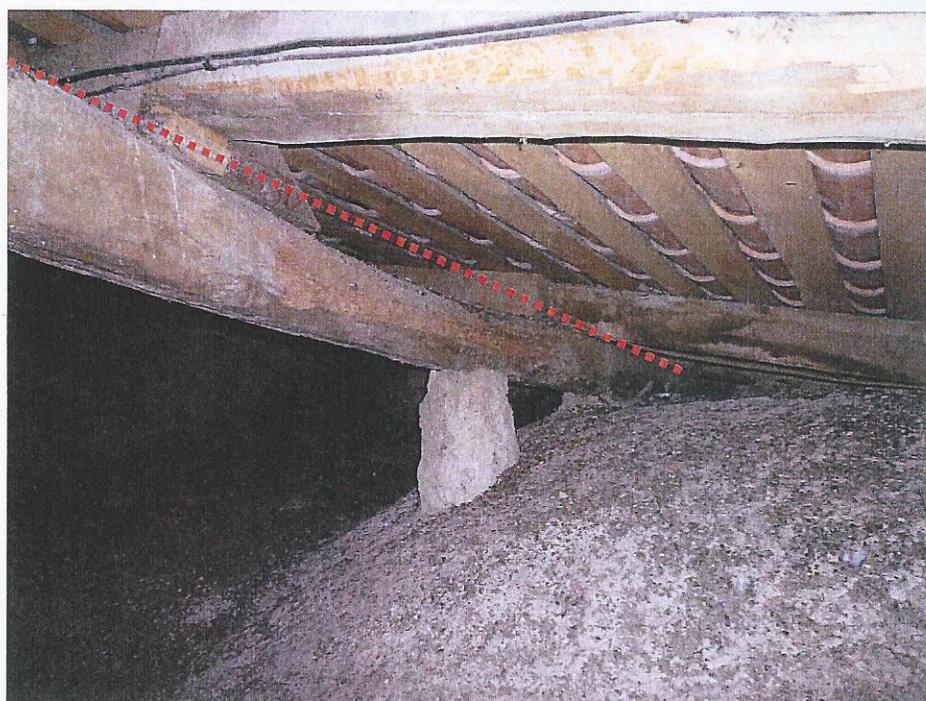
- en tenant compte d'un espacement courant (3.41 m), les pannes sont bien dimensionnées (contrainte inférieure de près de 20% à la norme) ;
- sur un espacement augmenté, franchissement de l'épaisseur du support de l'arc-boutant, les contraintes calculées dépassent de plus de 62% la limite admissible, preuve d'une insuf-

83 - Lorgues - Collégiale Saint-Martin			
CALCUL DE VERIFICATION DES BOIS DE CHARPENTE			
BAS-COTE NORD-EST : PANNE (Espacement des arbalétriers = 3.41 m)			
S couverture =	6.00 m ²		
P tuiles (120 kg/m ²)=	720.19 kg		
P chevronnage (7.5 kg/m ²)	45.01 kg		
Surcharges climatiques (55 kg/m ²)=	330.09 kg		
P total =	1101.29 kg		
soit au ml =	322.96 kg/ml		
Largeur de la panne =	0.14 m		
Hauteur de la panne =	0.19 m		
		Total =	348.50 kg/ml
Poids propre de la panne	25.54 kg/ml		
Portée de la panne =	3.41 m		
Moment fléchissant =	506.54 kg/m	soit	50 654.33 kg/cm
Contraintes (<= à 75kg/cm ²) =	60.14 kg/cm²	Section suffisante	-19.82%
BAS-COTE NORD-EST : PANNE (Espacement des arbalétriers = 4.85 m)			
S couverture =	8.54 m ²		
P tuiles (120 kg/m ²)=	1024.32 kg		
P chevronnage (7.5 kg/m ²)	64.02 kg		
Surcharges climatiques (55 kg/m ²)=	469.48 kg		
P total =	1566.36 kg		
soit au ml =	322.96 kg/ml		
Largeur de la panne =	0.14 m		
Hauteur de la panne =	0.19 m		
		Total =	348.50 kg/ml
Poids propre de la panne	25.54 kg/ml		
Portée de la panne =	4.85 m		
Moment fléchissant =	1 024.69 kg/m	soit	102 468.71 kg/cm
Contraintes (<= à 75kg/cm ²) =	121.65 kg/cm²	Sèction insuffisante	62.20%

- fissance de section et donc de résistance à la flexion ;
 les arbalétriers sont les plus problématiques puisque les calculs démontrent qu'ils travaillent à près de 4 fois la valeur admissible (+197.44%).

Ce dernier résultat n'est pas surprenant quand on observe les flèches de certains des arbalétriers côté sud-ouest (cf. cliché ci-dessous).

83 - Lorgues - Collégiale Saint-Martin			
CALCUL DE VERIFICATION DES BOIS DE CHARPENTE			
BAS-COTE NORD-EST : ARBALETRIER			
S couverture =	29.93 m ²		
P tuiles (120 kg/m ²)=	3591.86 kg		
P chevonnage (7.5 kg/m ²)	224.49 kg		
P pannes =	748.80 kg		
Surcharges climatiques (55 kg/m ²)=	1646.27 kg		
P total =	6241.36 kg		
soit au ml =	863.26 kg/ml		
Largeur de l'arbalétrier =	0.24 m		
Hauteur de l'arbalétrier =	0.26 m		
		Total =	923.16 kg/ml
Poids propre de l'arbalétrier	59.90 kg/ml		
Portée de l'arbalétrier =	7.23 m		
Moment fléchissant =	6 032.05 kg/m	soit	603 204.74 kg/cm
Contraintes (<= à 75kg/cm ²) =	223.08 kg/cm²	Section insuffisante	197.44%



Très importante flexion des arbalétriers anciens conservés dans les combles du bas-côté sud-ouest de la collégiale.

II.3. Le bas-côté nord-est : l'extrémité au droit de la sacristie

La dernière travée orientale du bas-côté nord-est est située à l'aplomb de la sacristie. Dans cette partie du monument, la charpente en bois d'origine a été conservée contrairement au reste du bas-côté. Un sinistre important est intervenu dernièrement et a nécessité la pose d'un étaielement.

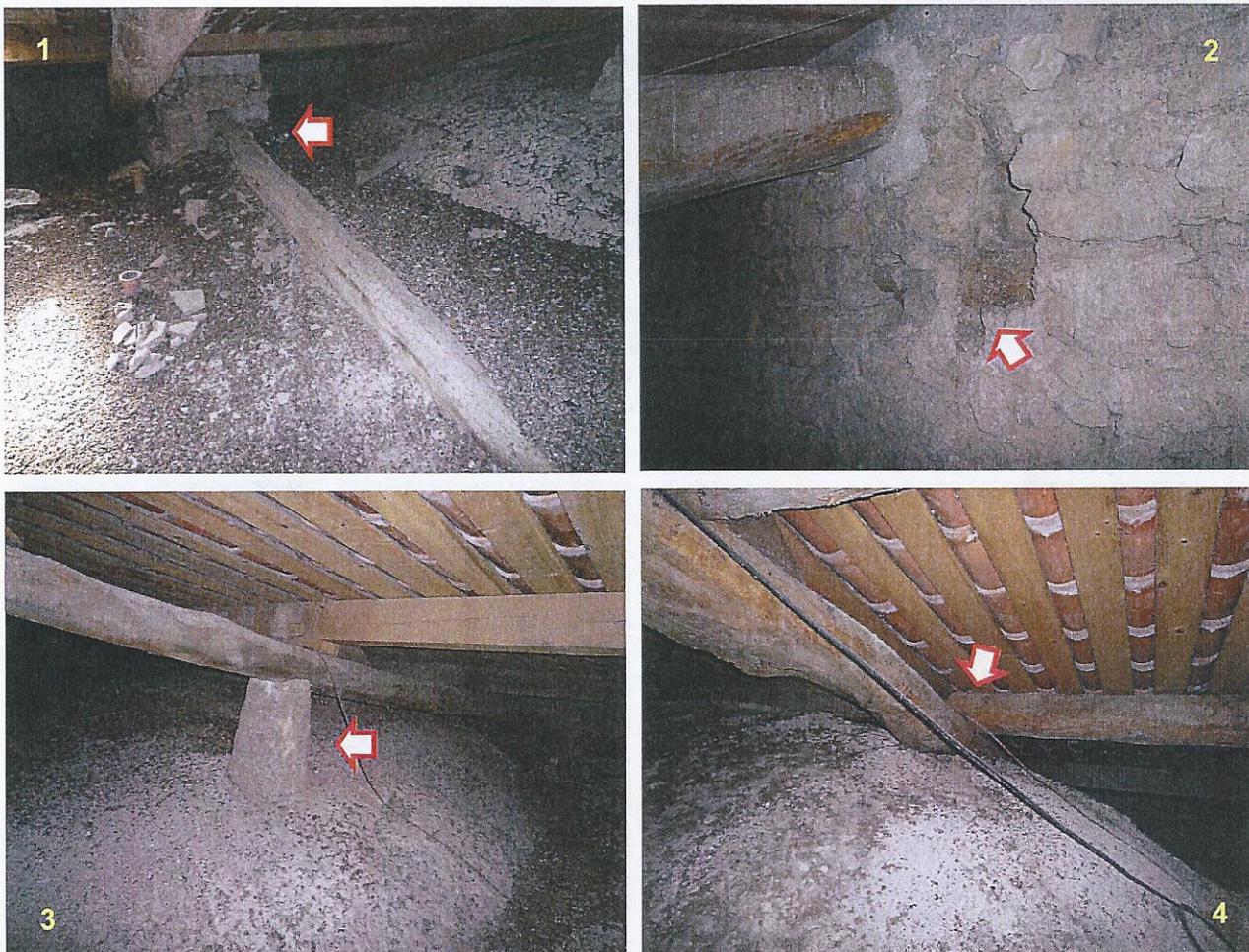
L'about supérieur de l'arbalétrier a en effet rompu et a glissé de son appui. Ce dernier avait déjà été repris par le passé au moyen d'une console en béton armé. Ces travaux qui remontent selon toutes vraisemblances aux travaux de réfection des couvertures dans les années 1990 avait également vus la pose d'une jambe de force, en appui sur une console en pierre, censée soulager l'extrémité de l'arbalétrier sorti de son empochement d'origine.

Malheureusement, ces travaux ont agi sur les effets et non sur les causes : la poussée au vide de l'arbalétrier aurait dû être combattue plutôt qu'essayer d'augmenter le porte à faux d'un point d'appui qui de toute évidence ne cesserait d'être insuffisant à mesure du déplacement de la pièce de bois.



II.4. La charpente du bas-côté sud-ouest

La charpente de ce bas-côté a été partiellement conservée. On peut y lire une partie des dispositions devinables sur l'autre bas-côté.



1/ Vue sur même cliché d'un arbalétrier libre s'appuyant à gauche du massif de la culée et présence du tirant transversal en bois pénétrant dans la culée. 2/ Comme dans l'autre bas-côté, la position des arbalétriers a été modifiée avec un ancrage surélevé d'une quarantaine de centimètres laissant orphelins les anciens empochements. Dans l'empochement resté libre, on perçoit la présence du chaînage-semelle. 3/ Vue d'un des arbalétriers. A noter : grande finesse et flexion importante calée par un dès en maçonnerie. 4/ Rare vestige de pannes d'origine avec exemple d'assemblage à mi-bois sur l'arbalétrier. A noter : l'aspect nouveau de ce dernier montrant l'emploi de bois irréguliers seulement non sciés, non équarris mais seulement écorcés.

La vue des clichés ci-dessus permet de mieux appréhender les spécificités constructives de la charpente ; les défauts en étant facilement visibles. On notera :

- utilisation de bois en guise d'arbalétriers ni sciés ni équarris mais seulement écorcés. Ces grumes sont de surcroît de section très irrégulière (cliché n°4) ;
- la pose à mi-bois des pannes sur les arbalétriers est rendue difficile par l'irrégularité même des sections et l'appui réel n'est que de 3 à 5 cm ;
- la flexion trop importante des arbalétriers a conduit nos prédécesseurs à mettre en œuvre des dès en maçonnerie s'appuyant sur l'extrados de la voûte. Cette disposition vicieuse est à proscrire. A noter, le changement de position d'origine

des arbalétriers conduit au même résultat avec des appuis directs sur la voûtes (cliché n°4) ;

- les bois vieux sont sains dans l'ensemble mais les traces d'eau de ruissellement dont ils portent les traces ont fragilisé leur parement et des insectes xylophages, apparemment de la grosse vrillette, en ont profité pour en attaquer la surface.



Conclusion partielle

Les charpentes du monument posent des problèmes importants en terme de dimensionnement des éléments en bois.

Les pannes de la charpente de la nef sont concernées ainsi que les arbalétriers et pannes anciens de la toiture du bas-côté sud-ouest. Ce problème intrinsèque existe depuis l'origine et est à l'origine des défauts inévitables d'étanchéité des couvertures : sur un support faible, sensible aux fléchissements importants et aux déformations plastiques (irréversibles), aucune couverture ne peut faire convenablement son office, qu'elle soit ou non dépourvue de défauts ponctuels et mineurs.

Ceci explique pourquoi, au moins au cours du XX^{ème} siècle, il est tant relaté les problèmes de fuite ou de désordres sur les couvertures. C'est aussi pour cette raison que nos prédécesseurs ont cru bon supprimer l'ancienne charpente du bas-côté nord-est et lui substituer une charpente métallique.

III. Examen des couvertures

III.1. La couverture de la nef

La nef reçoit une couverture en tuile canal. Les pentes des deux versants sont sensiblement égales (19° soit 34%).

Comme il a été précisé dans le chapitre traitant de la charpente, la pente des versant diffère de celle des arbalétriers et des calages ont été réalisés sur ces derniers pour ce faire. Un voligeage prend place sur un chevonnage (environ 50 cm d'entraxe) et reçoit une tuile de longueur moyenne de 51 cm. Il s'agit d'une tuile contemporaine remontant vraisemblablement aux travaux des années 1990 (Jean-Claude Yarmola, ACMH).

Si la couverture est dans un bon état de conservation global, il est à noter la présence d'un grand nombre de tuiles cassées ou déplacées.

Les chéneaux périmétriques sont traités en tables de plomb d'environ 3 mm d'épaisseur. Les raccords entre les tables sont à joints



1/ Vue du chéneau côté sud-ouest et des premiers rangs de tuiles depuis le clocher. 2/ Traitement du chevet avec arêtiers. 3/ Vue générale du versant sud-ouest depuis le clocher. 4/ Vue de la sous-face de la couverture du vaisseau central.

pliés dits « couchés ». Il n'y a pas de joints de dilatation de même que la pose fait abstraction des obligatoires ressauts de distance en distance qui permettent généralement les mouvements dilatoires.

III.2. Les couvertures des bas-côtés

Les bas-côtés reçoivent une couverture en tuile canal posé sur cabrons, sorte de chevrons de section trapézoïdale (grand côté = 16 cm, épaisseur = 6 cm).

Les tuiles sont posées à sec, sans mortier. Les tuiles de couvert sont crochetées aux tuiles de courant au moyen d'un crochet plat galvanisé. L'étanchéité contre mur est assurée au moyen d'une bande en plomb battu, elle-même scellée au mur au moyen d'un mortier.

L'état sanitaire est mauvais et l'on note un peu partout les signes de glissement de tuiles. Un grand nombre est cassé. L'étanchéité contre mur est défectueuse en plusieurs endroits notamment au revers des murs pignons.

Les traces d'infiltrations en sous-face des tuiles sont nombreuses



Bas-côté nord-est : 1/ Vue des tuiles en verre au droit des oculi ménagés dans les voûtes. 2/ Vue en sous-face de la pose des tuiles sur cabrons. 3/ Vue du châssis de toit à l'extrémité côté chevet. 4/ Vue des tuiles et des crochets plats galvanisés.

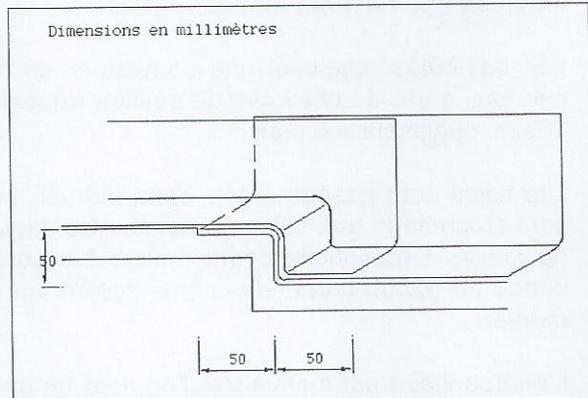
(dépôt blanchâtre de sels laissés après évaporation des eaux pluviales).

Examen réglementaire

1/ Le texte réglementaire s'appliquant aux ouvrages en plomb est le DTU 40.46 (NF P34-216-1) de septembre 1994.

En matière de chéneau en plomb, le DTU fixe les règles suivantes :

« Le support doit être prévu pour permettre l'encastrement de la partie amont du relief de tête (figure ci-contre). La longueur minimale de cet encastrement est de 50 mm ».



Les chéneaux de la collégiale ne respectent pas la norme en matière de ressauts et donc de dilatation des tables de plomb et utilisent des joints couchés non autorisés car susceptibles de provoquer des fuites par capillarité entre les éléments de plombs.

Epaisseur (mm)	Support			
	Bois		Pierre	
	Largeur développée (m)	Longueur entre ressauts (m linéaires)	Largeur développée (m)	Longueur entre ressauts (m linéaire)
3	0.70	3	0.70	3.5
3.5	0.75	3.5	0.75	4
4	0.80	4	0.85	4.5
5	0.85	5	0.90	5

2/ Le texte réglementaire s'appliquant aux ouvrages en tuile canal est le DTU 40.22 (NF P31-201-1) de mai 1993.

Lorgues se situe en zone géographique II (altitude # 200 m).

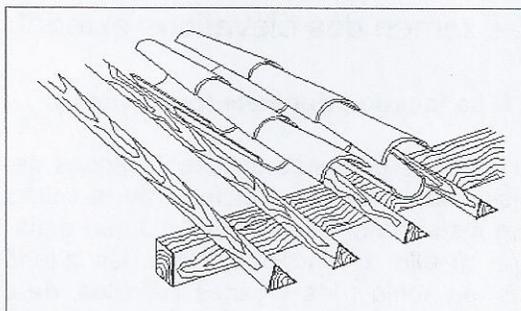
Nous avons pu vérifier que le recouvrement des tuiles respectait bien la norme : un recouvrement de 17 cm a été mesuré.

Situation	Zones d'application					
	Zone 1		Zone 2		Zone 3	
	Pente (m/m)	Recouvrement (cm)	Pente (m/m)	Recouvrement (cm)	Pente (m/m)	Recouvrement (cm)
Protégée	0,24	14	0,27	15	0,30	15
Normale	0,27	15	0,30	16	0,33	16
Exposée	0,30	16	0,33	17	0,35	17

La pose sur support discontinu disposé parallèlement à la ligne de plus grande pente n'est pas pris en compte dans le DTU 40.22.

La pose sur cabrons n'est pas prise en compte par le DTU 40.22, les travaux dérogent donc au DTU.

Les crochets en S permettent de relier chaque tuile à celle qui la précède et à celle qui la suit. Ils sont destinés à la solidarisation des rangs de tuiles de courant et à celle des rangs de tuiles de couvert.



Croquis extrait du DTU 40.22.

Les crochets métallique plats ne son pas autorisés. Seuls les crochets de section circulaire (fil) permettent d'éviter les remontées d'eau par capillarité.

Conclusion partielle

L'état des couvertures n'est pas brillant. Alors que certaines parties ne datent que d'à peine 22 ans, force est de constater qu'un certain nombre de défauts les affectent ainsi que les couvertures plus anciennes :

- défaut de conception des chéneaux en plomb de la nef et non respect des Documents Techniques Unifiés et de la norme associée ;
- usage maladroit et inapproprié d'une pose des tuiles sur chevrons recoupés (cabrons) dont la pose déroge aux normes constructives en vigueur ;
- usage prohibé de crochets plats galvanisés liant la couverte à la courante.

Mais il faut bien l'admettre, le problème principal du manque d'étanchéité récurrente des couvertures est à mettre sur le compte d'une mauvaise conception des charpentes et d'une erreur manifeste de dimensionnement des bois dès l'époque de construction principalement en ce qui concerne les charpentes des bas-côtés.

IV. Examen des élévations extérieures

IV.1. La façade principale (nord-ouest)

A l'instar de certaines églises italiennes de la Renaissance, la façade principale de la collégiale de Lorgues en constitue le point d'orgue dans la mesure où elle a concentré toutes les attentions et tous les soins ; les façades latérales, de surcroît aveugles, pourraient se satisfaire d'une imbrication urbaine plus dense, le monument n'en souffrirait pas.

L'impression qui prédomine quand on découvre la façade est celle d'une élévation en bon état de conservation, plutôt encrassée : l'élégance l'emporte sur un état de conservation au final assez médiocre. Et c'est bien là ce qui peut nuire à ce monument : en parcourant les archives conservées à la médiathèque du Patrimoine à Paris, nous avons été particulièrement frappé de l'absence de commentaires de nos prédécesseurs concernant des pathologies ou des soins à lui apporter. Seul Jean-Claude Yarmola, ACMH, évoque en 1989 la nécessité de mettre un entablement en plomb sur le fronton.



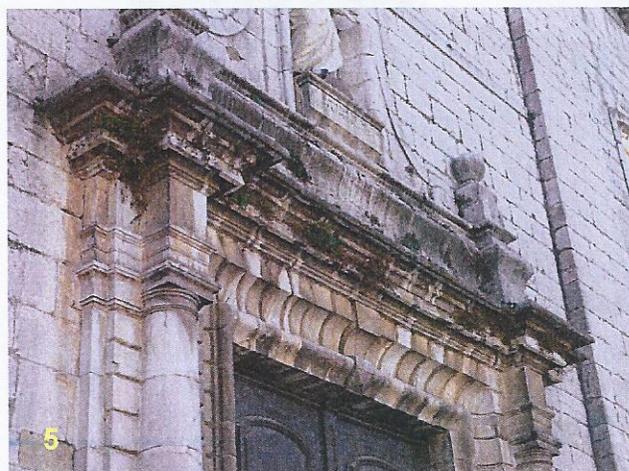
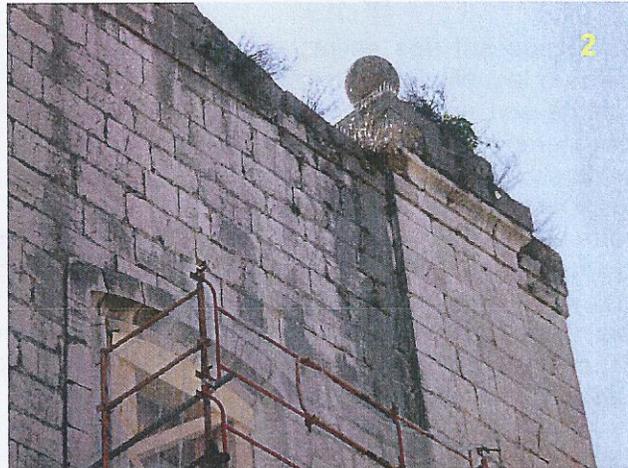
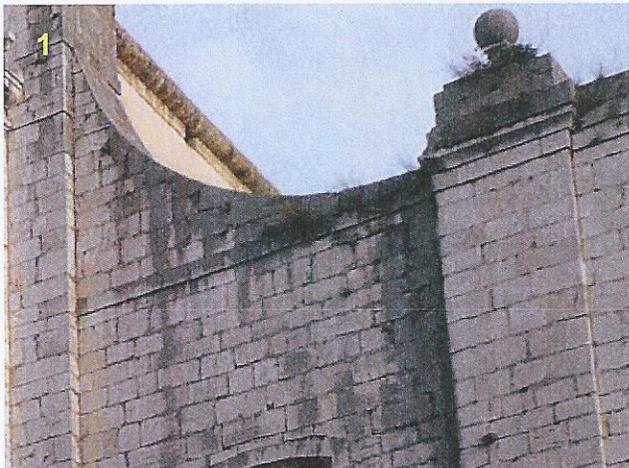
Relevé de la façade au moyen d'un scanner en 3 dimensions. Konan le Joncour, Géomètre-expert - 83 510 LORGUES



Vue de la façade principale exposée nord-ouest.

La façade est construite en pierre calcaire froide, d'une très grande résistance. Nous n'en avons pas reconnu pour le moment le faciès géologique ni la carrière d'extraction.

Comme pour toute pierre froide, on perçoit une ciselure en périphérie de chaque face, l'ensemble recevant un traitement à la coucharde afin d'uniformiser la taille. Il s'agit manifestement de la



1/ Dégoulinure grises. 2/ Colonisation des parties sommitales par de la végétation parasite. 3/ Forte érosion des joints et garnissage. Traces d'anciennes reprises au ciment blond. 4/ Désagrégation de certains blocs de pierre et glissement de voussoirs de la platebande de la porte. 5/ Importantes traces de ruissellement sur le portail. 6/ Profonde altération des joints. Traces visibles de bouchardage.

technique d'origine et non du résultat d'une campagne de travaux de restauration.

Les joints étaient beurrés à fleur avec un mortier fin assez hydraulique et donc dur. Des reprises diverses au ciment blond sont repérables en différents endroits de la façade sans qu'ils ne révèlent un traitement systématique.

La façade est très encrassée et la dureté de la pierre à laquelle est associée une faible porosité a retardé son encrassement en favorisant un lessivage grandement uniforme. Cependant, dans les parties protégées, les dépôts gris se sont accumulés. Dans un contexte urbain, la façade serait noireâtre aujourd'hui. Mais, davantage que son aspect sale, ce qui est particulièrement préoccupant c'est l'érosion quasi-systématique des joints et leur dégarnissage en profondeur : il nous a été possible d'introduire en de très nombreux endroits une lame sur plus de 10 cm de profondeur. Le cliché n°6 de la page précédente illustre assez bien ce constat.



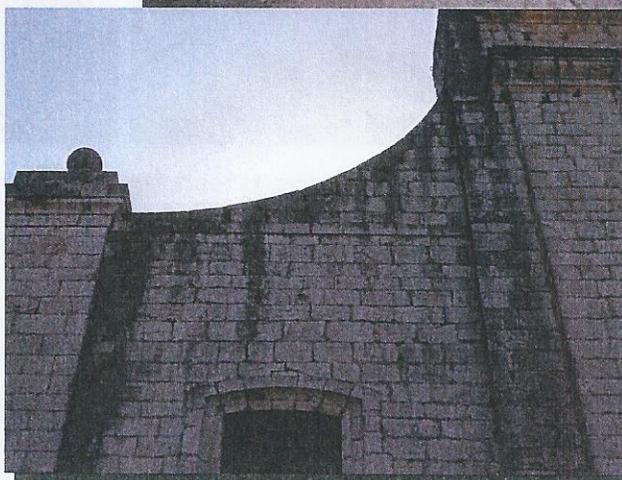
Dès lors, la municipalité ainsi que la paroisse ont indiqué un grand nombre d'incidents mineurs liés à des infiltrations d'eau dans le monument ou ses combles. Ci-contre, le cliché présente le mur à l'extrémité du bas-côté nord est, revers de la façade principale. On constate de nombreuses traces de mortier dissolu ainsi qu'une corrosion importantes des profilés métalliques encastrés. Si pendant un temps nous avons cru à la vétusté d'un solin pour expliquer cela, l'examen attentif a montré que cela provenait de l'altération importante des joints des ailerons en façade occidentale (cf. cliché ci-contre).

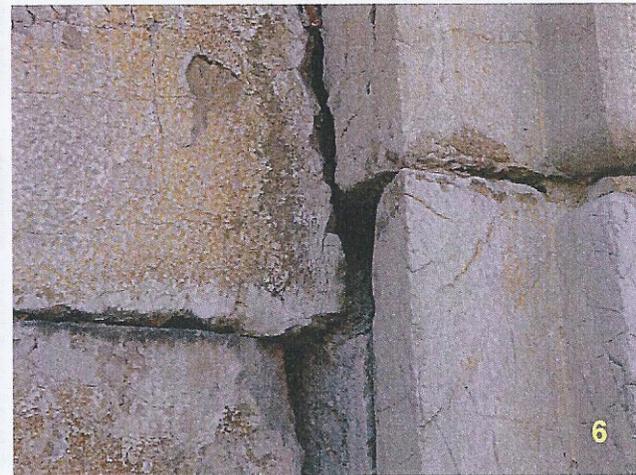


Conclusion partielle

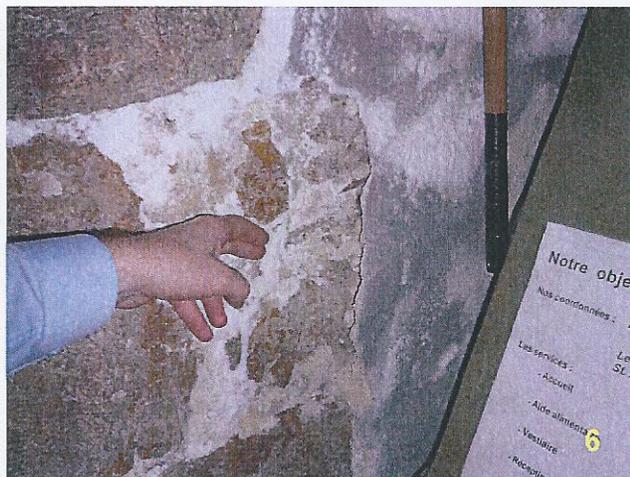
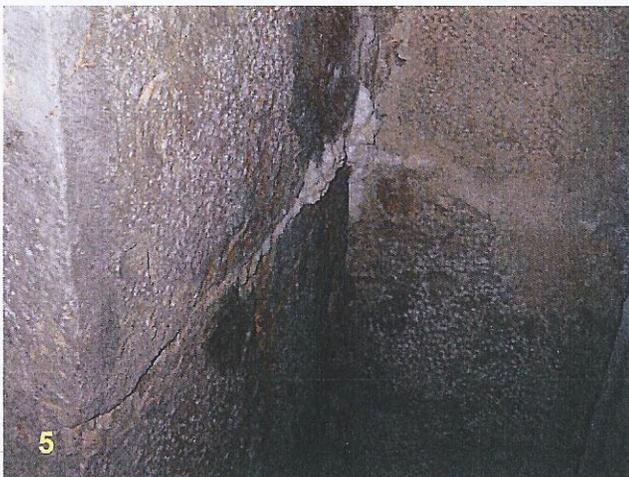
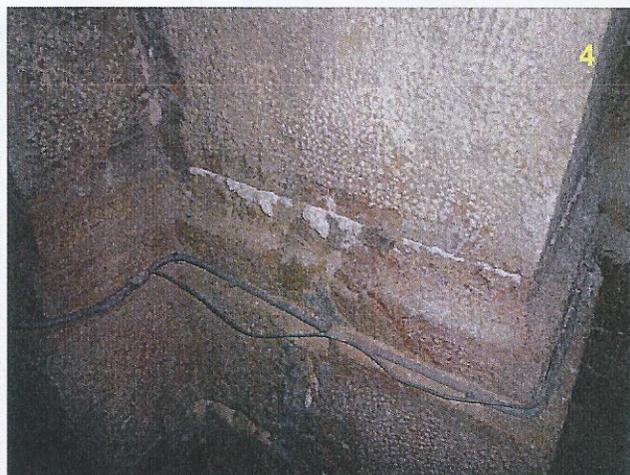
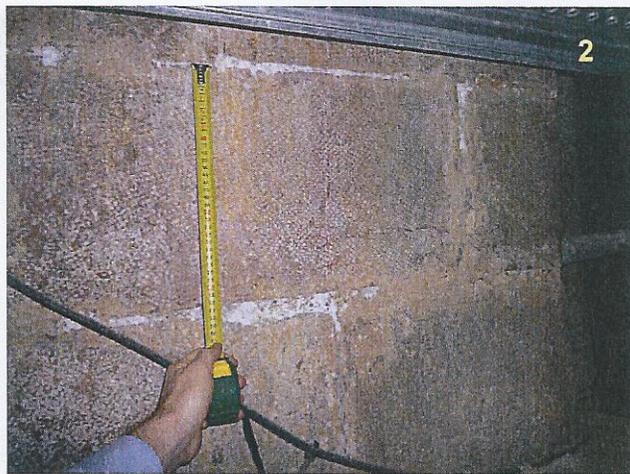
La façade principale est arrivée à un point d'altération préoccupant qui se manifeste par la disparition générale de l'ensemble de ses joints mais aussi par le lessivage d'une partie de ses mortiers de pose.

Véritable buvard, la façade est imbibée d'eau, phénomène surprenant qui se manifeste par l'apparition d'efflorescence et de cristallisation de sels abondants à l'intérieur du monument (cf. clichés suivants). Ces effets provoquent inévitablement la ruine des enduits intérieurs comme au revers de la façade principale.





1/ Encrasement et traces de ruissellement sur la plate-bande avec vidage des joints. 2/ Signes de décompression l'arc déprimé de la baie nord-est en raison de la disparition des joints. 3/ Colonisation par de la végétation parasite des joints vidés et épaufrures des angles saillants en pierre. 4/ Vidage des joints. A noter : la stabilité demeure grâce à la présence de coins de calage en pierre. 5/ Déjection de volatiles stagnant sur les appuis et développement de végétation. 6/ En raison de la disparition des joints et mortiers d'assises, les éléments plaqués ou en carreau tels les pilastres présentent un décollement et une stabilité précaire.



1/ Revers de la façade principale côté sud-ouest. A noter : désagrégation des enduits et pulvérulence. 2/ Même endroit, les assises de 32.5 cm de hauteur sont toutes bouchardées avec ciselure périmétrique. 3/ Même endroit, tâches d'eau et efflorescences de sels. 4/ idem. 5/ Les sels cristallisent avec un développement volumique important leur donnant un aspect de mousse blanchâtre qui fuit entre les joints. 6/ Les enduits sont entièrement décollés par ce phénomène d'évaporation et de cristallisation.

IV.2. La façade du chevet

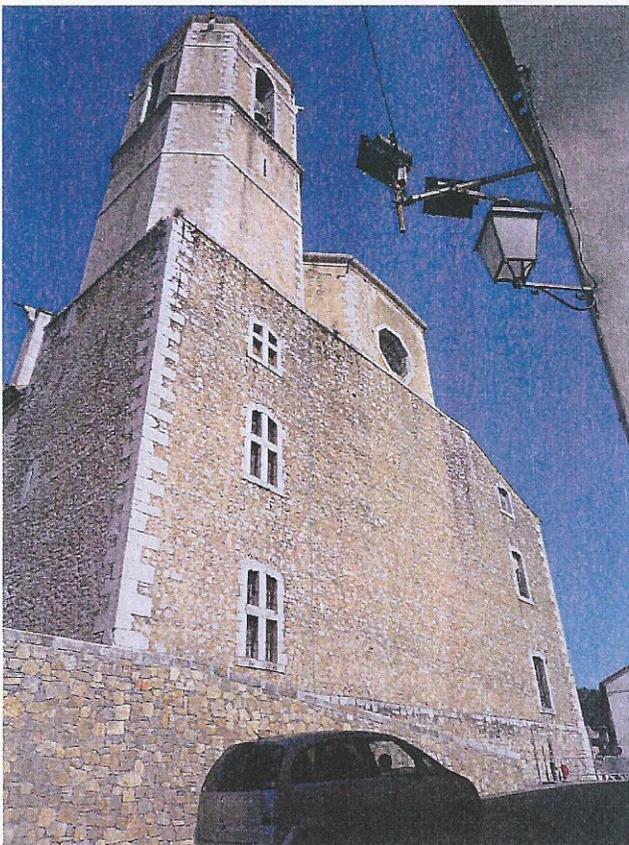
Cette façade possède une importante élévation en raison du relief particulier du terrain, la rue se situant au sud-est du monument se trouvant plus basse de plus de deux mètres (2.14 m) que le seuil d'entrée en façade principal.

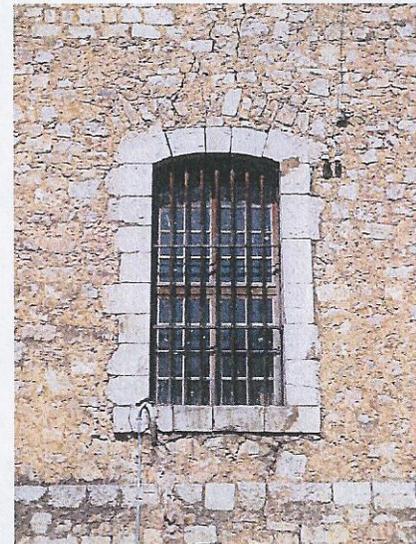
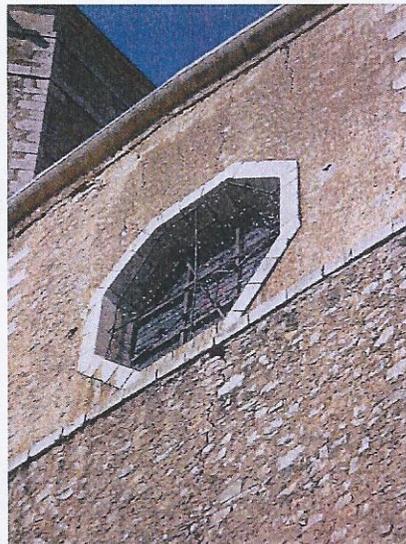
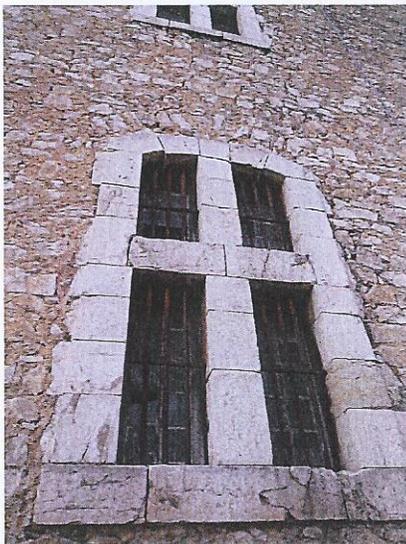
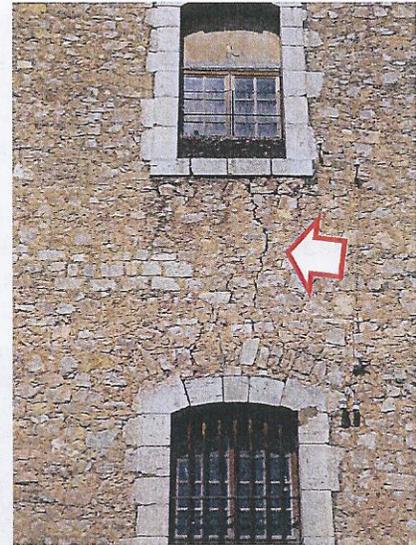
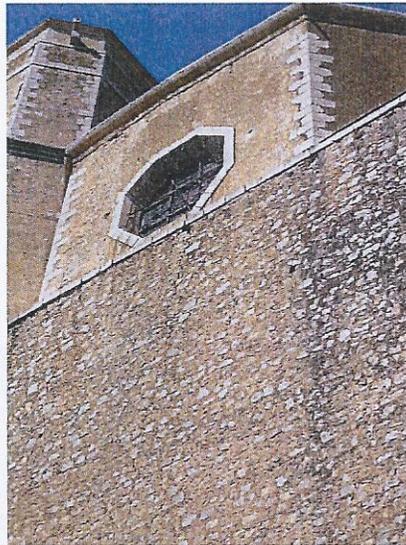
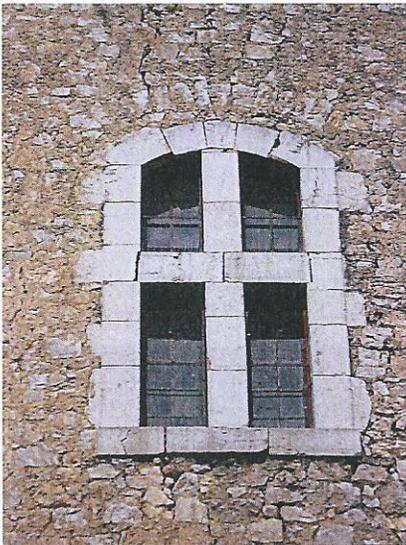
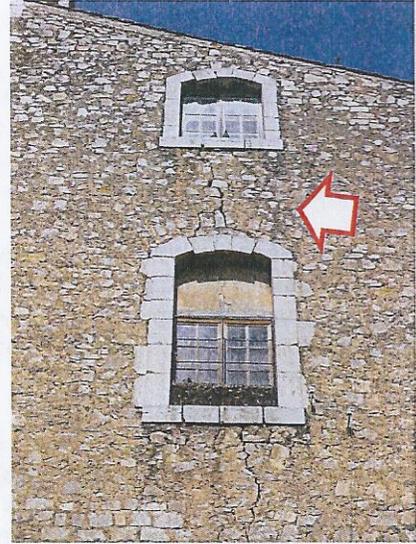
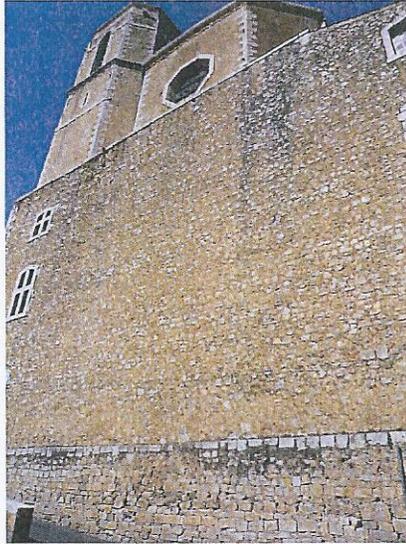
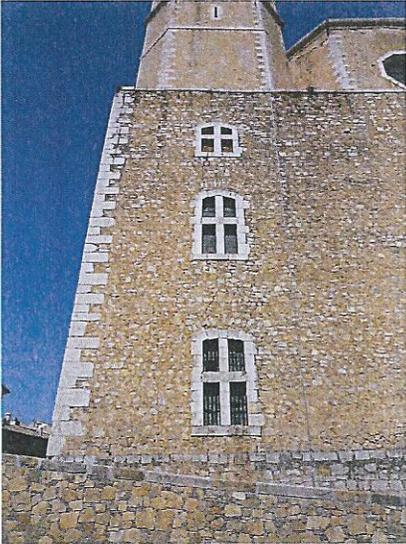
La façade présente un buffet inférieur représentant plus des 2/3 de la hauteur totale duquel émergent la souche du clocher côté sud-ouest et le volume supérieur du chœur dans la partie médiane reconnaissable à son oculus octogone.

La construction s'organise autour de points principaux traités en pierre de taille (chaînes d'angle, ébrasements et voussures des baies, corniches ou bandeaux, etc) créant un compartimentage à l'intérieur duquel une maçonnerie de moellons ou de blocs de pierre de petit module à peine équarris prennent place. Un jointoiement à fleur procure à la façade cette coloration générale rosée qui tranche avec la blancheur des éléments en pierre de taille.

Outre quelques salissures au droit de la corniche d'arase du buffet, on note la présence d'un très grand nombre de fissures verticales qui parsèment la façade notamment au droit des points naturels de fragilité que sont les percements mais aussi à l'axe de l'abside (cf. planche photographique de la page suivante).

Au droit du clocher, la succession des baies présentes sur le buffet possèdent la caractéristique d'être dotées de curieux meneaux et traverses. Curieux par l'époque de la construction comme singuliers dans le découpage qu'ils occasionnent des différentes



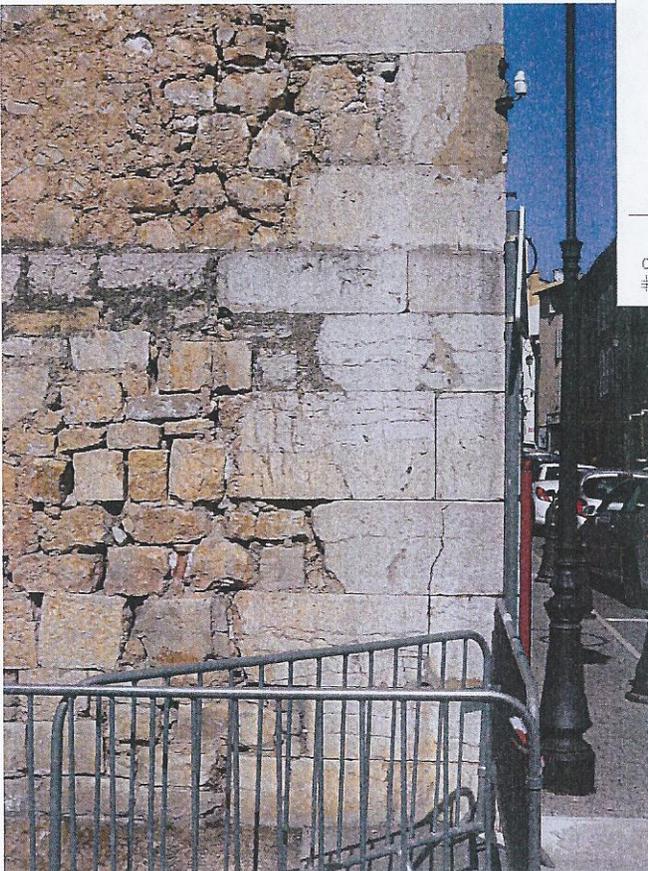
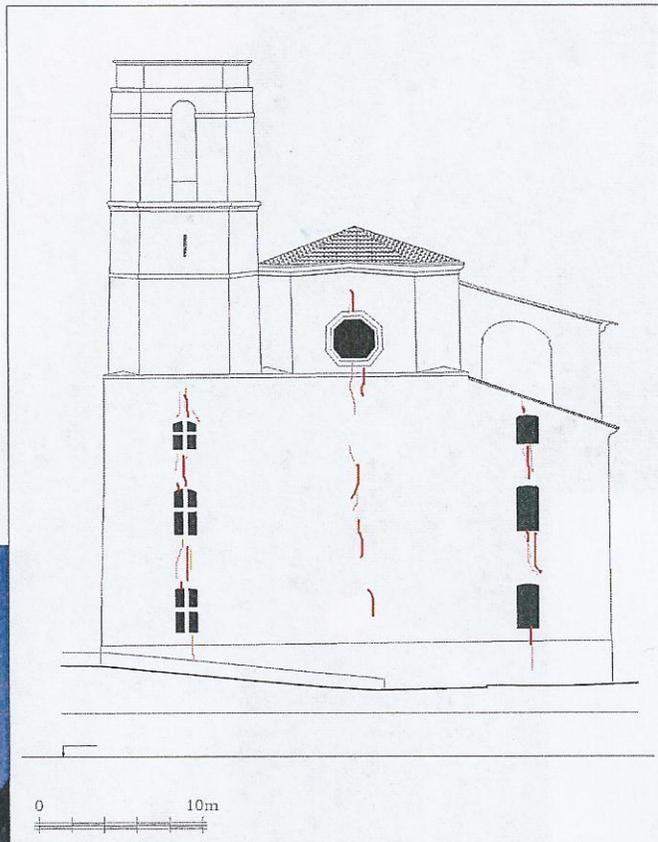


baies mais aussi en terme de stéréotomie des blocs qui prennent place, bon gré, mal gré, parmi l'appareillage des tableaux, voussures et appuis. A bien y regarder, on constate qu'il s'agit de toute évidence de renforts rapportés par la suite et feignant une disposition voulue de montant et traverse telle qu'on la connaissait au XV^{ème} et au XVI^{ème} siècles.

Le côté nord-est présente les mêmes fissures, montant de fond en comble, et davantage accentuées. On notera cependant que les baies n'ont pas fait l'objet de « l'étalement » en pierre que l'on a commenté pour les parties situées à l'aplomb du clocher.

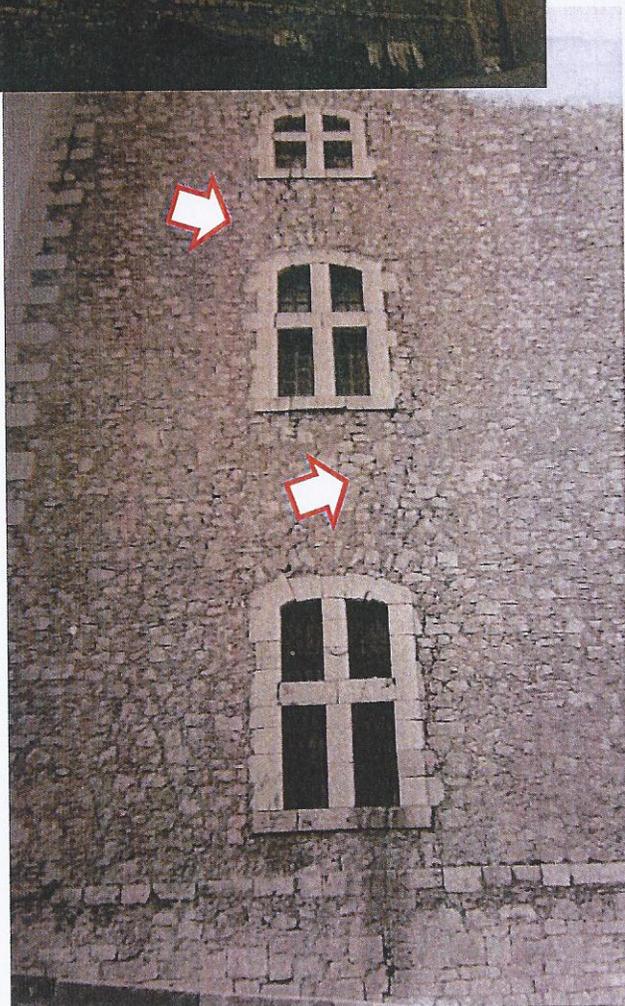
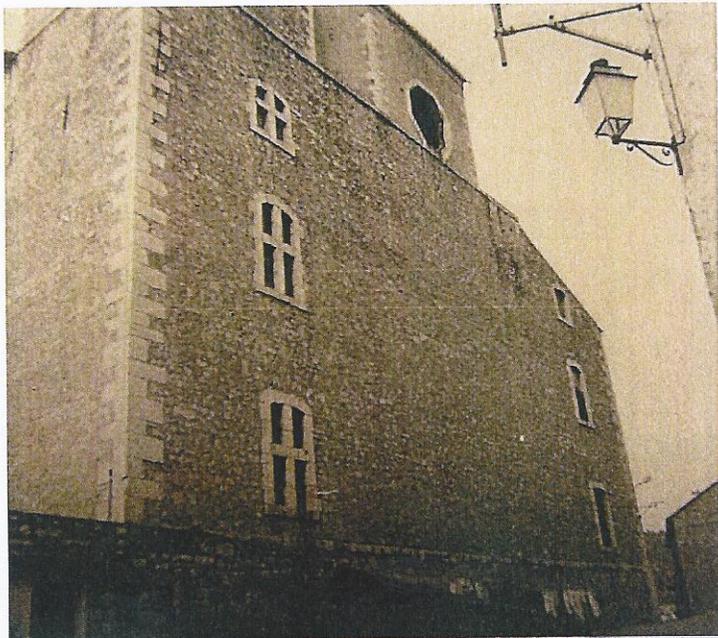
Au niveau de la conservation des parements et outre l'encrassement déjà signalé, on note une érosion importante des joints qui semblent offrir ensuite un passage privilégié pour les eaux pluviales à l'intérieur de la bâtisse, lessivant l'ensemble des mortiers. Dans certaines zones, comme l'angle inférieur nord-est de la façade du chevet, on note une érosion telle que les parements s'apparentent ponctuellement davantage à des maçonneries de pierre sèche qu'à des maçonneries de moellons hourdées à la chaux.

Nous avons cherché à savoir de quand pouvait dater ces désordres et les réponses obtenues des acteurs locaux n'ont pas permis d'avoir des indications précises. Il nous a été rapporté la réalisation de travaux de voirie important dans



ce secteur de la commune il y a 25 ans environ et il semblait aux agents municipaux que les fissures s'étaient accentuées depuis 2004.

Nos recherches à la médiathèque du patrimoine à Paris a permis de retrouver des clichés de 1973 pris par l'agence de Paul Colas, ACMH.



Clichés agence Paul Colas, ACMH, 1973

Ces clichés sont importants car ils permettent de confirmer la présence déjà à cette date des désordres affectant aujourd'hui le monument dans ces parties sud-orientales.

Il ne s'agit donc pas de phénomènes nouveaux comme en attestait déjà la mise en œuvre des étais en pierre dans les baies sous le clocher. En revanche, leur accélération est possible et nous ne pouvons l'apprécier.

Conclusion partielle

La façade du chevet, restaurée dans ses parties hautes en même temps que le clocher et les murs gouttereaux du vaisseau principal, n'a pas fait l'objet de travaux de restauration ni d'entretien depuis des décennies : la disparition des joints provoque la dislocation des maçonneries de moellons et l'absorption par les murs de quantités d'eau qu'ils ne tardent à « évacuer » côté intérieur du monument avec toutes les craintes que l'on imagine sur les lambris du chœur et les décors de la sacristie (pourrissement, apparition de mэрule, etc).

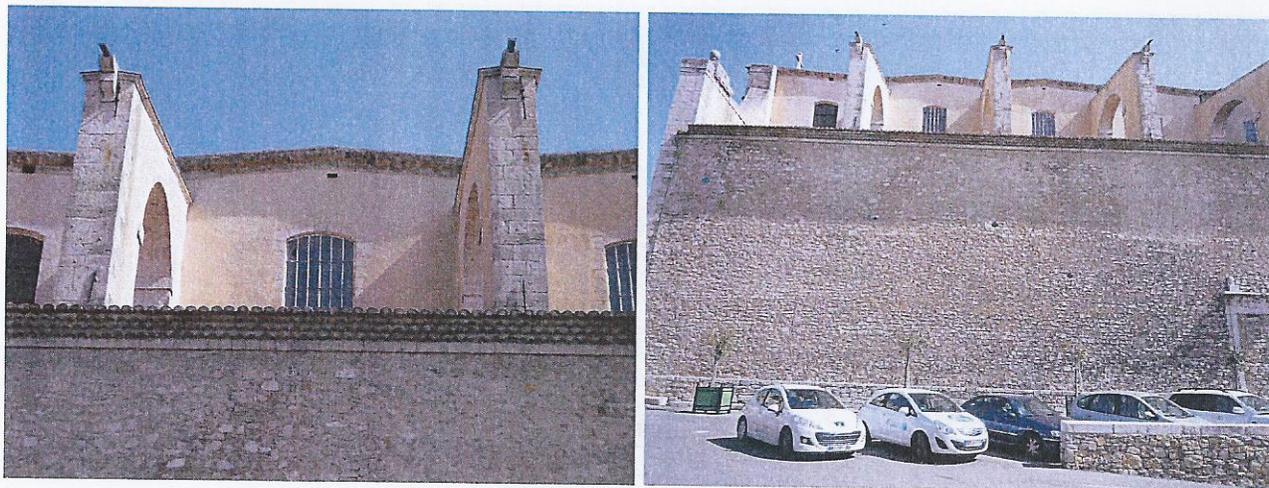
A ces phénomènes d'usure et de vétusté s'ajoute des problèmes structurels non résolus qui seront étudiés plus loin dans la présente étude.

IV.3. Les autres façades

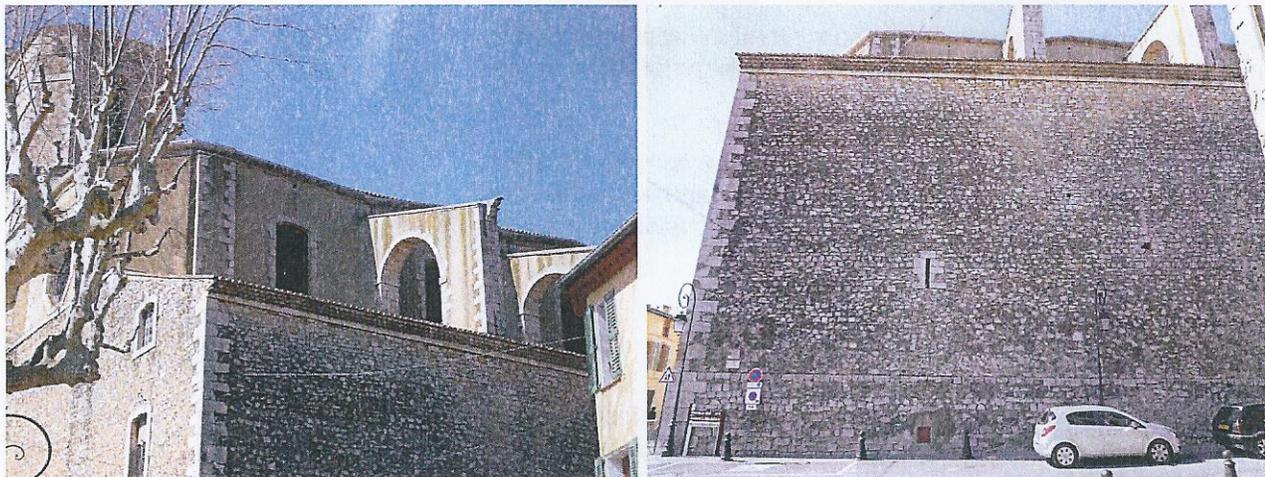
Leur construction est identique aux principes exposés concernant le chevet. Les murs gouttereaux de la nef ont fait l'objet de travaux de restauration vraisemblablement en même temps que les travaux de couverture réalisés dans les années 1990.

En revanche les parties inférieures sont restées dans l'état qu'on leur connaissait dans les années 1970 : encrassement et érosion légère des joints. Hormis dans l'angle est du chevet où des problèmes de couvertures ont accéléré l'érosion des joints, l'état sanitaire n'est pas préoccupant.

La souche du clocher a fait l'objet de travaux de restauration à



Clichés de la façade sud-ouest

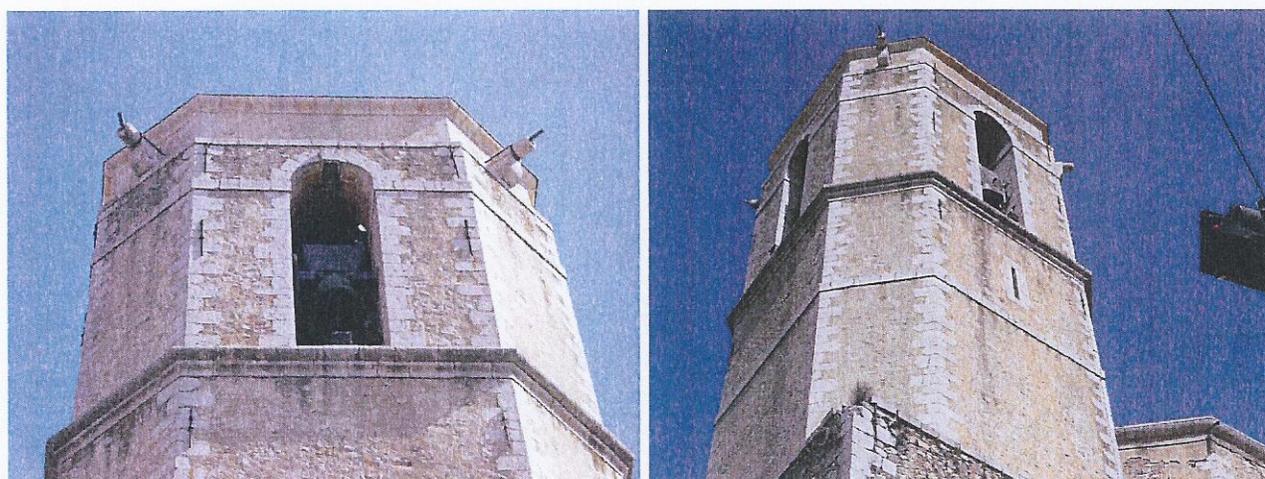


Clichés de la façade nord-est

cette même période. Un léger encrassement des parements est visible mais l'état général est satisfaisant.

Conclusion partielle

Les façades des bas-côtés de la collégiale n'ont pas fait l'objet de travaux de restauration ni d'entretien depuis des décennies : les joints disparus ou érodés provoquent la dislocation des maçonneries de moellons et l'absorption par les murs de quantités d'eau qu'ils ne tardent à « évacuer » côté intérieur du monument et c'est un fait que l'on note sur les éléments appliqués contre les élévations intérieures les effets néfastes de cet état de fait (cf. intérieur des niches des chapelles).



A gauche, face sud-ouest du clocher. A droite sa face sud-est.

V. Etude géotechnique

Sur notre recommandation, la commune a fait réaliser une étude géotechnique avec étude des causes de sinistre (mission G5) dont l'objectif était la détermination des caractéristiques du sol au droit du chevet et ses éventuelles conséquences sur les pathologies constatées sur les élévations.

A l'étude des horizons souterrains nous avons demandé en sus la reconnaissance ponctuelle du massif de fondation du chevet par une fouille à la pelle.

Ces travaux ont été réalisés les 28 et 29 mars 2012 en notre présence. Il a été réalisé également la reconnaissance visuelle des réseaux souterrains passant aux abords du chevet et les services techniques ont pu réunir et synthétiser des informations reportées sur un plan des réseaux et corriger au passage un certain nombre d'informations erronées reçues lors des DICT (Déclaration d'Intention de Commencer des Travaux) auprès des différents concessionnaires.

Sondage de fondation

Le mur de l'église en cette partie reçoit trois assises en pierre de taille enterrées soit une hauteur d'environ 70 cm puis un important massif en maçonnerie de moellons bien dressée et très solide portant l'ensemble de la fondation à une profondeur de 240 cm par rapport au niveau supérieur de la chaussée.

Etude géotechnique

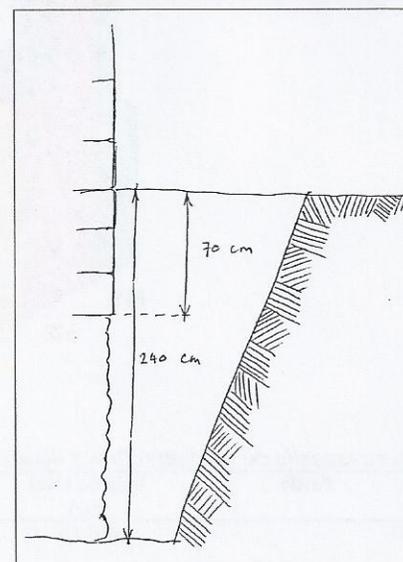
Nous incluons en annexe du présent rapport, l'intégralité du dossier de l'ingénieur géotechnicien. Conformément à notre cahier des charges, deux carottages ont été réalisés à -15 m, un à chaque angle du chevet, avec la réalisation d'essais pressiométriques (pour détermination des résistances des sols traversés).

Le carottage dans l'angle est (SP2) a montré :

- 2.30 m de remblais ;
 - 1.50 m de dolomie sableuse ;
 - 0.50 m d'un horizon de dissolution de gypse ;
 - 1.20 m de dolomie sableuse ;
 - 0.70 m d'un horizon de dissolution de gypse ;
- puis une alternance de dolomie sableuse et de sable jusqu'à 14.20 m de profondeur à partir de laquelle commence les marnes.

Avis de l'ingénieur géotechnicien

« La cause des désordres est à rechercher dans un tassement de la partie sud-est de la collégiale Saint-Martin en relation avec la dissolution progressive des gypses au sein des dolomies par les circulations d'eaux souterraines ».



VI. Descente de charges

Afin d'étudier et mettre en relation les essais réalisés sur le sol support et les masses du monument, un calcul de descente de charges a été réalisé.

Au niveau du chevet, celui-ci a donné lieu à l'étude de quatre parties numérotées M1 à M4 ci-dessous.

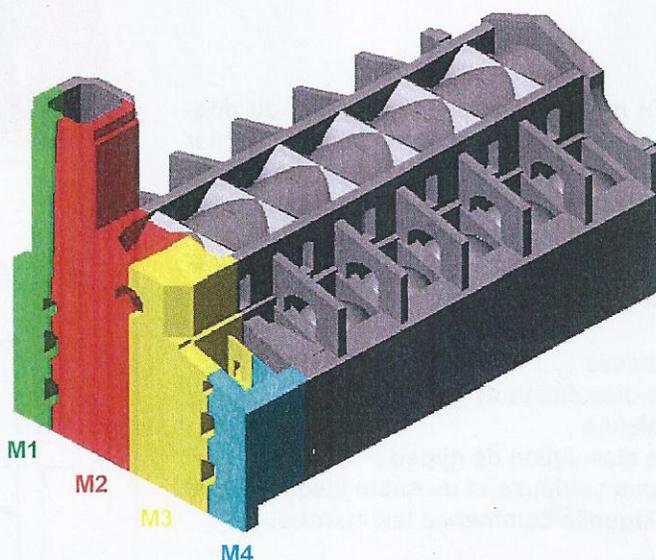
En tenant compte de la profondeur des fondations déterminée par les sondages, on constate que l'angle nord-est reçoit une charge 45% inférieure à celle de l'angle opposé sud-ouest et une contrainte normale deux fois inférieure (3.5 bars soit 0.35 MPa contre 6.9 bars soit 0.69 MPa).

83 - Lorgues - Collégiale Saint-Martin CALCUL DE DESCENTE DE CHARGES

Sans massifs de fondation

Partie	Volume total (m3)	Poids (kg)			Section (cm2)	Contrainte normale (kg/cm ² # bar)
M1	459.56	919 111.63			143 212.32	6.42
M2	976.96	1 953 923.77			313 537.44	6.23
M3	688.88	1 377 761.29			320 896.89	4.29
M4	291.62	583 235.31			195 827.68	2.98

Masse volumique : 2 000 kg/m³



Avec massifs de fondation (h = 2.40 m)

Partie	Volume total (m3)	Poids (kg)	Poids suppl. (kg)	Poids total (kg)	Section (cm2)	Contrainte normale (kg/cm ² # bar)
M1	459.56	919 111.63	68 741.91	987 853.55	143 212.32	6.90
M2	976.96	1 953 923.77	150 497.97	2 104 421.74	313 537.44	6.71
M3	688.88	1 377 761.29	154 030.51	1 531 791.80	320 896.89	4.77
M4	291.62	583 235.31	93 997.29	677 232.60	195 827.68	3.46

VII. Relevé du monument

Malgré l'existence des relevés réalisés en 1973 par l'agence P. Colas, ACMH, il nous a paru déterminant étant donné ces problèmes de structure de demander au maître d'ouvrage la réalisation de relevés précis du monument, permettant d'en arrêter les dispositions architecturales mais surtout d'en obtenir les vrais dimensions (hauteurs et épaisseurs) ainsi que les déformations.

La solution retenue a été l'emploi d'un scanner en trois dimensions (scanner 3D) permettant la saisie extérieure et intérieure de l'ensemble du monument. Le tout a été relié avec une mise en plan et son raccordement au système NGF.

Cette prestation a été confiée au cabinet de géomètre-expert Konan le Joncour, basé à Lorgues.

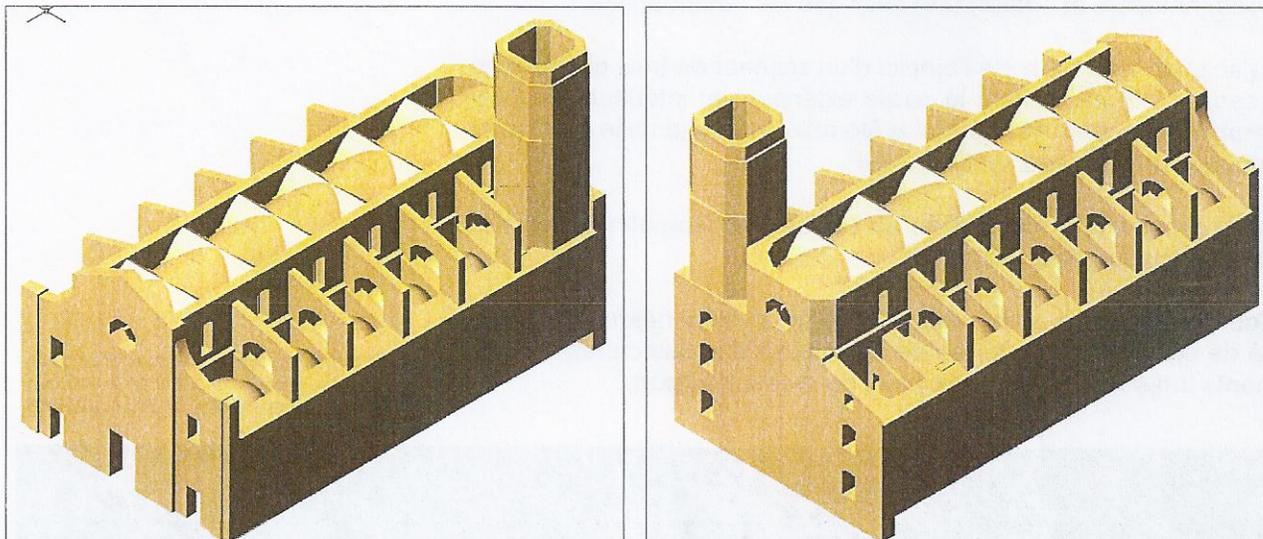
Notre cabinet, non missionné pour ce point, s'est néanmoins chargé de présenter sous forme de documents d'architectures les éléments bruts fournis (cf. en annexe du présent rapport).

Relevé de la façade au moyen d'un scanner en 3 dimensions. Konan le Joncour, Géomètre-expert - 83 510 LORGUES



VIII. Etude structurelle

Une étude structurelle complète du monument a été réalisée au moyen d'un modèle tridimensionnel respectant la volumétrie de l'édifice. Un calcul aux éléments finis utilisant des éléments volumiques a ensuite été mené en considérant une loi de comportement linéaire en milieu continu. Une seule caractéristique de maté-



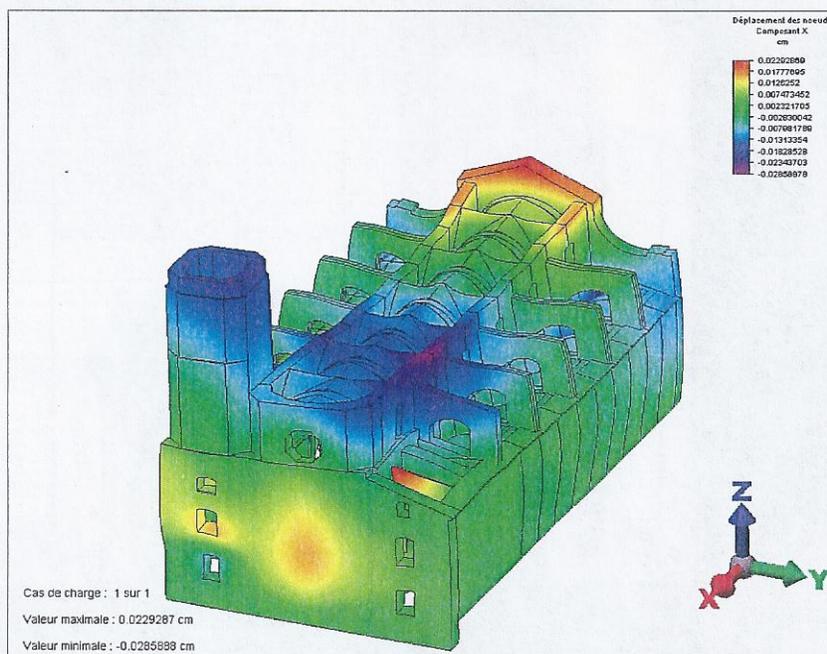
riau a été utilisé à ce stade dont l'objectif a été d'appréhender le comportement structurel intrinsèque de cette construction en faisant apparaître ses faiblesses, des sources de déséquilibre ou des singularités en terme de report des charges et cheminement des contraintes. Les valeurs numériques précises n'ont pas été recherchées car seule à ce premier stade l'appréciation du comportement général en terme de déformation et de déplacement des éléments a été privilégiée.

Observation des résultats

Le modèle a recoupé le mode de déformation de l'ouvrage tel que relevé au moyen du scanner 3D précédemment présenté.

On note que la structure transversalement ne pose pas de problème en terme de stabilité et on note au contraire, que le poids des arcs-boutants, qui s'apparentent davantage à des murs-boutants évidés tend à provoquer un déversement intérieur des murs gouttereaux du bas-côté mais aussi de ceux du vaisseau central.

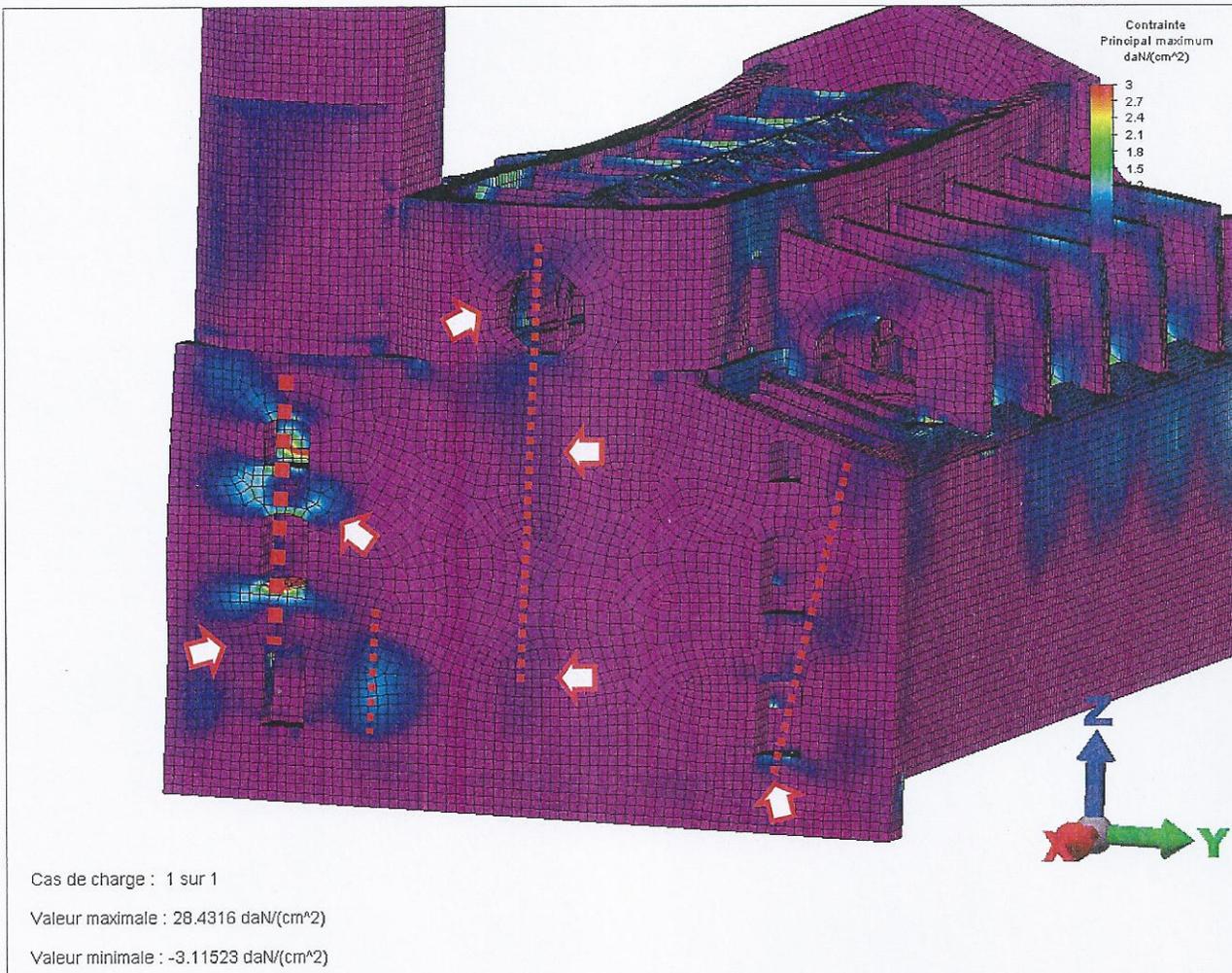
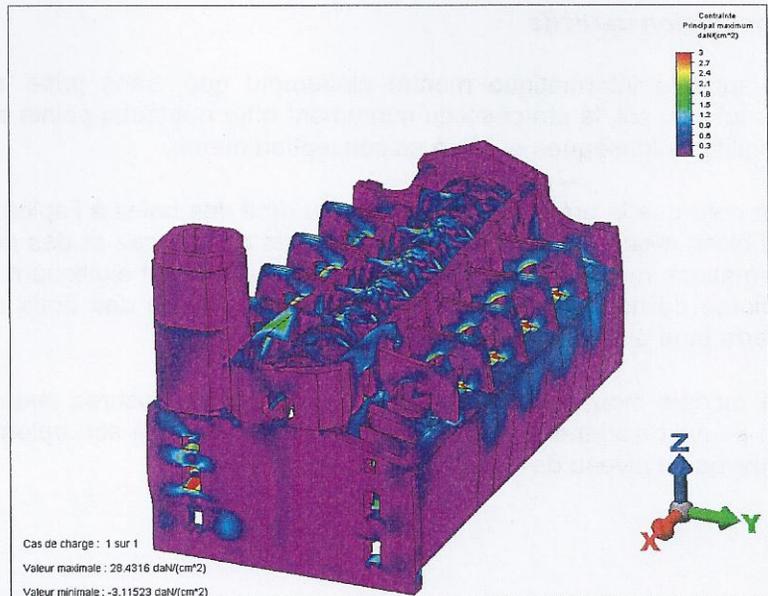
Le mur du chevet présente en raison du poids du clocher et de



son élancement important (1.33 m d'épaisseur pour 25.60 m de hauteur soit un rapport d'élancement 1/19.2) un effet de bouclage en pied s'apparentant à un flambement. Par ailleurs, le report des charges importantes du clocher contribue aussi à une déformation longitudinale du monument à son aplomb et au droit des baies.

Ces déformations ont pour effet d'engendrer l'apparition de fissures concentrées sur le modèle au droit du clocher, laissant apparaître des tractions égales ou supérieures à 3 kg/cm² pouvant expliquer l'ouverture des fissures dans cette zone (cf. image ci-dessous).

On constate également que les baies axiales (oculus) et du côté nord-est portent des signes de tensions planaires marquées.



Conclusion partielle

Le modèle informatique montre clairement que, sans prise en compte du sol, la structure du monument offre quelques points de fragilités intrinsèques et liés à sa conception même.

On note que la présence de fissures au droit des baies à l'aplomb du clocher sont expliquées par des reports de charges et des déformations recoupant les observations faites *in situ* et expliquant la volonté de nos prédécesseurs de mettre en œuvre des étais en pierre pour éviter la fissuration de la travée sud-est.

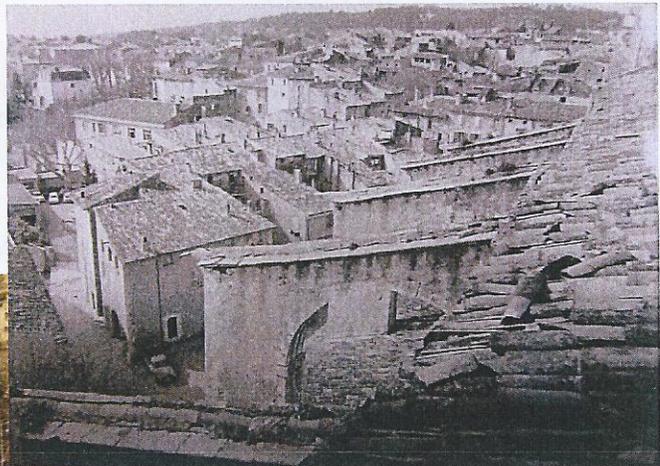
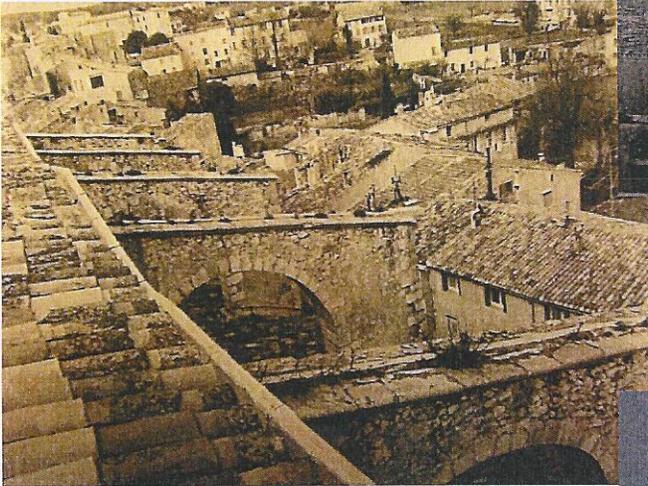
Le modèle montre aussi le passage privilégié de fissures auquel on pouvait s'attendre au droit de l'oculus central et à son aplomb ainsi qu'au niveau de la travée de baies nord-est.



IX. Diagnostic - Conclusions

IX. 1. Les charpentes et les couvertures

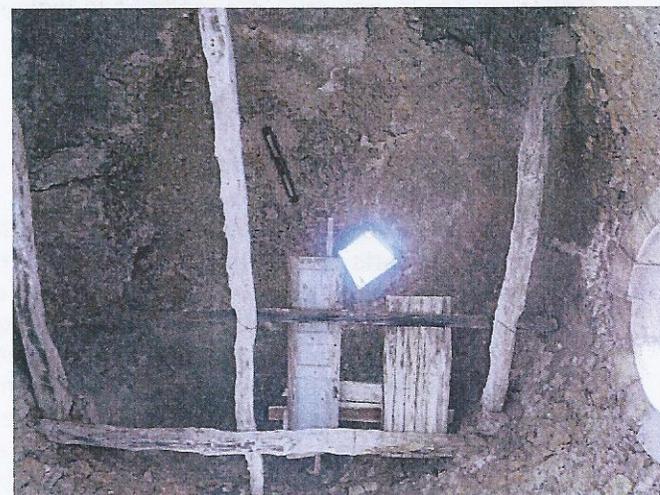
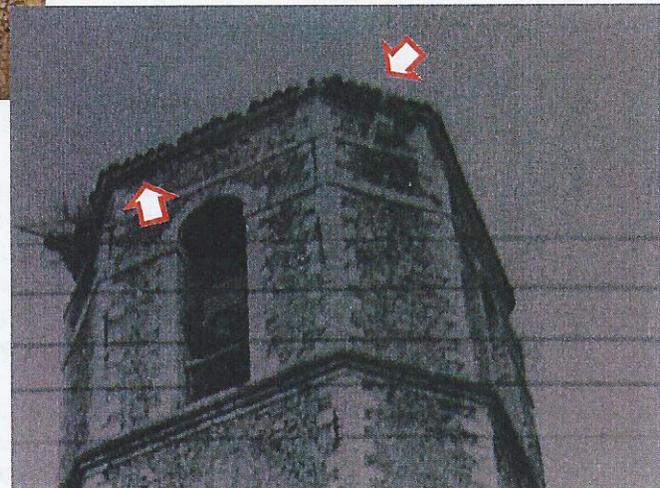
- les couvertures du monument posent des problèmes d'étanchéité récurrents car elles reposent sur des charpentes qui n'offrent pas la rigidité voulue : les éléments de bois pas assez résistants, plient et provoquent des affaissements qui à leur tour entraînent des glissements des tuiles. Du-



Clichés de 1973 présentant l'état vétuste des couvertures (agence P. Colas, ACMH).

rant des décennies on s'est évertué à reprendre et refaire la couverture alors que son problème principal était lié à son support ;

- le problème d'arbalétrier rompu au-dessus de la sacristie s'explique par les mêmes causes ayant produit les désordres sur les charpentes des autres parties du monument et qui ont conduit une partie d'entre elles à être remplacées par des structures métalliques ;
- les couvertures actuelles posent des problèmes de mise en œuvre et de respect des normes actuelles : certains trouveront des solutions faciles (réfection de la couverture sur voligeage avec crochets normalisés mais d'autres seront difficiles à traiter différemment : à ce titre, l'habillage des chéneaux en plomb à joints plats ne respecte pas la réglementation mais offre une solution élégante d'habillage des chéneaux en pierre saillants. Une réfection en cuivre pourrait être envisagée et permettrait de respecter les normes, l'habillage du chéneau et l'absence possible de ressauts tel que le plomb les requiert ;
- à l'issue de ce diagnostic partiel se pose le problème de la couverture du clocher : les clichés de 1973 montrent des tuiles



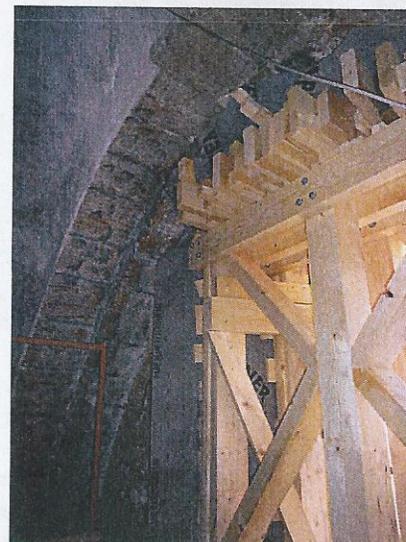
Vue actuelle de l'intrados de la voûte sommitale du clocher.

saillantes laissant deviner une couverture en tuile canal. Aujourd'hui, ces tuiles ont disparu et l'accès impossible nous laisse peu d'espoir de compréhension des ouvrages sommitaux d'autant que les archives sont restées muettes à ce sujet.

- le clocher est ouvert à tous les vents et notamment aux intempéries : dès lors, ses parements intérieurs sont très détériorés, joints vidés avec de profondes fissures (notamment la vis d'escalier), et entrées d'eau multiples dans la souche.

IX. 2. Les élévations extérieures : la façade principale

- la façade occidentale a atteint un niveau de vétusté de ses parements et notamment de ses jointoiments tel que les mortiers de hourdage et de pose ont aujourd'hui quasiment disparus : la façade comme une éponge est imbibée d'eau les jours de pluie qui entre par ces multiples voies privilégiées que sont les joints ouverts. La cause de la chute d'un voussoir de l'arrière voussure de la baie de la façade principale côté sud-ouest trouve là son origine : lavage des joints, dissolution des mortiers, perte de compression des éléments notamment clavés, glissement et chute ;
- la disparition des joints est également causée par l'absence de protections des parties saillantes (fronton, corniche, ailerons latéraux, etc). Les joints disparus offrent là aussi des entrées d'eau facile et sont source de développement de végétation parasite. Les fuites constatées dans les combles et sous les voûtes ne s'expliquent pas que par l'absence d'étanchéité des couvertures ;
- cette présence d'eau en façade occasionne l'apparition de sels cristallisés côté intérieur délabrant et venant à bout des enduits intérieurs notamment au revers de la façade ; les efflorescences de sels sont telles qu'elles prennent un développement considérable et détruisent mécaniquement les joints et les mortiers : seule la pierre froide parvient à résister à ces effets destructifs puissants ;
- la présence à l'intérieur du monument de ces mêmes efflorescences laissent craindre un phénomène conjugué de présence d'eau sous le bâtiment : les importants travaux de réfection du parvis ont peut-être modifiés la logique hydrologique du site.



IX. 3. Les élévations extérieures : le chevet

Les fissurations affectant aujourd'hui le chevet ont été parfaitement identifiées et expliquées par le présent rapport :

- intrinsèquement, le monument possède par sa forme et ses masses des reports de charges et un cheminement particulier des contraintes. L'étude structurelle a mis en évidence une facilité à subir 3 zones de fracturations verticales : la première et la plus importante se trouve au droit du clocher, la deuxième et la moins importante à l'axe du chevet, la troisième au droit de la travée accueillant notamment la sacristie (côté est du chevet). Cela signifie que même en l'absence de problèmes de sol le monument possède cette capacité à se dégrader dans ces zones. En revanche, ce que l'on cons-

tate, c'est qu'être atteint d'une faiblesse ne signifie pas forcément en développer le mal ; en revanche, lors l'apparition d'un facteur aggravant peut tout modifier : le sol est ce facteur ou plutôt la « dissolution progressive des gypses au sein des dolomies par les circulations d'eaux souterraines » qu'a révélé l'étude géotechnique. Cet affaiblissement des caractéristiques mécaniques du sol aggrave et amplifie les défauts intrinsèques de la structure. Sans cela, la structure n'aurait que les marques de ses seules faiblesses puisque l'étude géotechnique a montré que le sol était tout à fait apte, sans ces problèmes de dissolution, à supporter les masses de la collégiale.

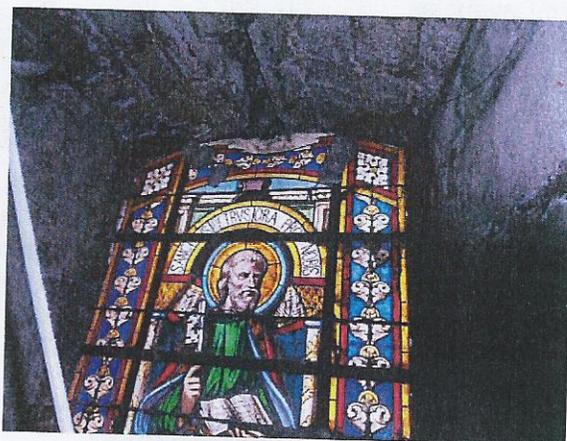
- Ce phénomène n'est pas récent comme l'étude des clichés de 1973 l'a montré ; mais il n'est pas réversible au niveau du sol. On peut admettre que les élévations fissurées puissent retrouver de nouvelles conditions d'équilibre - si ce n'est déjà fait - mais il est impératif que les conditions de sol ne puissent évoluer davantage.

IX. 4. Les vitraux

Bien que non intégrés dans le cadre de la présente étude, il nous semble important de souligner le mauvais état de certaines verrières notamment présentes au niveau des murs gouttereaux du vaisseau central.

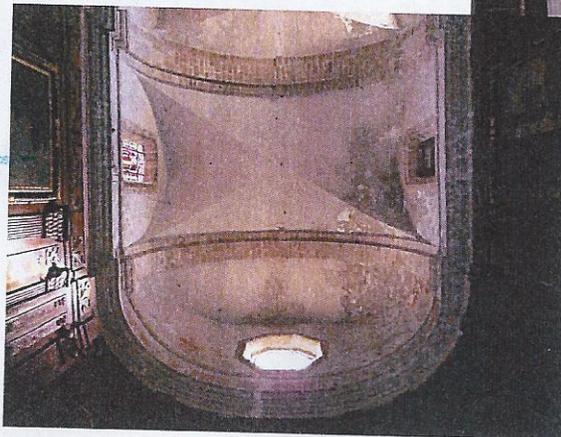
Nous avons recommandé au maître d'ouvrage - propriétaire de recevoir l'avis de l'Inspecteur des Monuments Historiques, M. Cranga, sur les conditions de réalisation d'un diagnostic et d'éventuelles interventions.

Cette réunion se tiendra le 04 juillet 2012 en présence de M. Visseaux de la DRAC, ainsi que S. Berhault, architecte du patrimoine, maître d'œuvre du chantier de restauration de la collégiale.



IX. 5. Les couvertements

De la même façon, bien que non intégrés à ce diagnostic « clos et couvert », il nous semble important d'alerter sur l'état de très grande vétusté des enduits présent à l'intrados des couvertements. En certaines parties, des plaques entières sont prêtes à tomber avec les conséquences que l'on imagine.



Ces problèmes



Cliché ci-dessus, intrados de la voûte de la première travée nord-ouest du bas-côté sud-ouest.

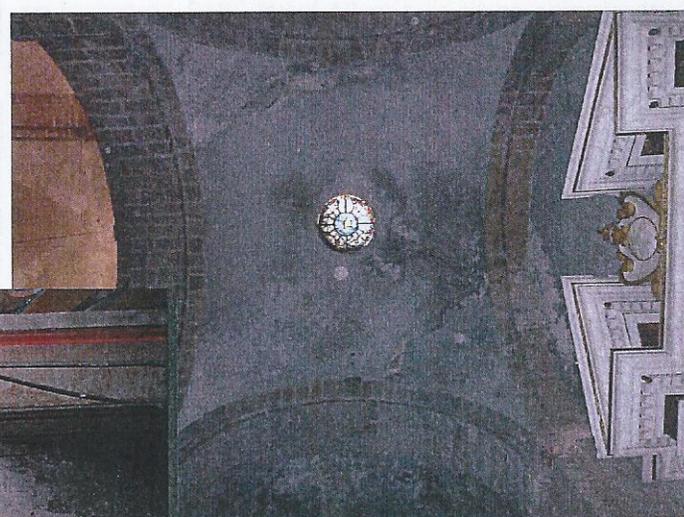
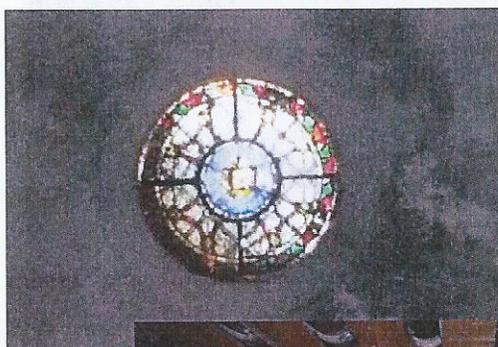
Ci contre, cliché de l'intrados de la voûte du chœur.

ne datent pas d'hier mais n'ont jamais été traités à notre connaissance sauf ponctuellement. La perdurance des problèmes de fuites d'eau en couverture et en façade ne permettent pas d'envisager la restauration pérenne de ces ouvrages. Mais une mise en sécurité s'impose à notre sens au moins par une purge des enduits malsains. Cependant, nous avons reconnus en plusieurs endroits du monument la présence de décors peints sous-jacents, notamment dans le chœur.

Nous ne pouvons que recommander l'exécution d'une campagne de reconnaissance avant toute intervention sur les voûtes et les murs.

Enfin, il nous semble important d'insister sur la réflexion à mener concernant les oculi présents dans certaines des voûtes des bas-côtés : les murs gouttereaux étant aveugles, des jours ont été ménagés dans les voûtes, donnant, grâce à des tuiles en verre, un second jour dans les bas-côtés.

Nous ne pouvons attester qu'il s'agit d'une disposition d'origine et nous penchons au contraire pour une modification du XIX^{ème} siècle. Nous pensons qu'il serait opportun de s'en assurer et le cas échéant proposer le comblement de ces oculi qui ne sauraient être conservés en cas de réfection des couvertures en tuile canal sur volige.



X. Propositions d'intervention

X. 1. TRAVAUX D'URGENCE ET DE MISE EN SÉCURITÉ

1. Étalement d'urgence des baies du chevet

Il y a urgence à assurer le confortement des baies du chevet côté nord-est afin d'éviter le tassement et l'effondrement ponctuel de tout ou parti des linteaux. Cet étalement pour être réalisé à l'instar de celui que nous avons préconisé et conçu à l'automne 2011 pour la baie de la façade principale.

Une mise sous surveillance électronique des fissures est proposée afin de mesurer l'évolution des désordres. Cette surveillance permettra aussi de vérifier, mais plus tard, l'efficacité des travaux de consolidation des sols supports.

2. Mise en sécurité des vitraux de la nef

Dépose et mise en caisse avec stockage soigné et protégé. Mise en place de panneaux translucides type Altuglass avec vergettes et calfeutrement au plâtre.

3. Mise en sécurité des voûtes

Après une reconnaissance des décors peints, purge à l'outil manuel en recherche des enduits défailants. Façon de mortier provisoires et solins.

Une fois ces travaux réalisés, la réouverture du monument au public sera possible.

X. 2. TRAVAUX DE RESTAURATION

1. Consolidation du sol support du chevet

Comme l'a proposé le géotechnicien, renforcement de l'assiette du chevet par injections de régénération afin de contrer les effets de la dissolution d'une partie du sous-sol.

2. Renforcement de la charpente du vaisseau central et révision des couvertures et des chéneaux

Il est impératif d'obtenir un couvert étanche au niveau du vaisseau. Après vérification et confirmation, il est proposé d'intervenir en sous-œuvre et dans l'embaras de la charpente actuelle afin d'éviter une totale réfection de la couverture seulement près de 20 ans après la dernière.

Nous proposons de renforcer en sous-œuvre les pannes du vaisseau central par moilage boulonnés de bastaings d'environ 8 x 24 cm et faire une complète révision de la charpente avec, si besoin, des renforcements ponctuels par méthodes traditionnelles.

Il nous semble prioritaire d'assurer une bonne étanchéité des chéneaux : pour ce faire, nous proposons une révision générale et méticuleuse des ouvrages en plomb, des descentes et des raccords, étant entendu que ce n'est pas ce qui mettra « aux normes » ces ouvrages qui y dérogent déjà comme rappelé dans la présente étude.

En outre, une révision générale de la couverture devra être réalisée.

3. Réfection des charpentes des bas-côtés et réfection des couvertures

Nous ne pouvons plus longtemps faire tenir les ouvrages de couverture existants, lesquels possèdent leurs propres défauts, sur une charpente partiellement vétuste et surtout inappropriée depuis l'origine et inapte à jouer correctement son rôle.

Cette attitude est également celle que nous proposons pour la charpente métallique du bas-côté nord-est : certes, elle est plus costarde et moins sensible à la flexion de ses éléments, mais elle possède le même défaut principal que la charpente d'origine : poussée au vide des poutres-arbalétriers. Par ailleurs, il convient de rappeler que pour son exécution, celle-ci a provoqué la mutilation des tirants transversaux en bois ce qui a pu conduire à fragiliser les superstructures. Enfin, nous avons constaté la corrosion des fers et redoutons à terme sa conséquence (éclatement des pierres) surtout pour des fers laminés très sensibles à l'oxydation.

Nous proposons donc le remplacement complet des charpentes des bas-côtés par des charpentes neuves en bois, dotées de fermes triangulées ne provoquant aucune poussée en pied, bien contreventées et supportant un chevronnage puis un voligeage sans risque de flexion ou de déformation de l'ensemble.

Les tirants bois seront restitués ou reconstitués.

Une couverture neuve sera rétablie en tuile canal.

4. Réfection de la couverture du clocher

Bien que nous n'ayons pu la reconnaître, il nous semble important de prévoir la réfection d'une couverture en partie sommitale du clocher. Une couverture en tuile canal sur charpente en pavillon à faible pente est proposée au stade actuel.

5. Restauration de la chambre des cloches et de sa voûte

En continuité des travaux prévus en partie sommitale, il nous paraît cohérent et logique en terme de chantier de prévoir la restauration de la voûte sommitale du clocher ainsi que des élévations de la chambre des cloches.

On en profitera pour mettre en œuvre un accès sécurisé au toit du

clocher, type échelle à crinoline, fixée à l'intérieur de la souche et trappe d'accès.

L'étanchéité de la terrasse supérieure sera également vérifiée.

6. Restauration de la façade principale

La façade principale doit faire l'objet d'une restauration voyant son nettoyage, la suppression des anciens jointoiments en ciment ou vétustes, la régénération des blocages internes au moyen de coulis de chaux, la réfection des jointoiments, la protection des parties sommitales et planes ou saillantes par la mise en place de tables de plomb. La restauration du revers des parties sommitales sera de même réalisé.

Cette opération verra la restauration de la baie dont l'arrière vous-sure s'est partiellement écroulée en novembre 2011.

La restauration des verrières et la mise en place de protections grillagées sera réalisée.

Enfin, nous préconisons la restauration des portes, leur remise en jeu et leur mise en peinture.

Un drainage en pied de façade pourra être envisagé afin d'éviter des écoulements superficiels que nous suspectons aujourd'hui d'imbiber les supports du monument (non chiffré).

7. Restauration de la façade du chevet

Si la surveillance confirme l'efficacité de l'opération de consolidation des sols supports, on pourra envisager la restauration de la façade sud-est.

Il sera alors prévu :

- la suppression des joints anciens, la régénération des maçonneries au coulis de chaux puis la réfection d'un enduit à la chaux sur le modèle des parties sommitales restaurées il y a vingt ans ;
- la réalisation de contre-linteaux côté intérieur du clocher au droit des baies fissurées : cet intervention qui est à réaliser en partie médiane du mur n'aura aucune incidence visuelle extérieurement ou intérieurement mais permettra un passage des contraintes sans risquer d'écraser ni fissurer les ouvrages comme depuis toujours. Ceci pourra être réalisé au moyen de poutres-linteaux en béton armé placées en cœur de mur ;
- la restauration des arcs de décharges à l'aplomb des baies ;
- la dépose des étalements et la restauration des baies ainsi que la dépose des étais en pierre.

8. Intervention sur les baies hautes des murs gouttereaux du vaisseau central (côté sud-ouest)

Restauration des verrières, remise en place et mise en œuvre de protections grillagées.

9. Restauration des façades des bas-côtés

Celle-ci verra la suppression des joints anciens, la régénération des maçonneries au coulis de chaux puis la réfection d'un enduit à la chaux dito parties sommitales restaurées il y a vingt ans.

Enfin, il nous paraît important de vérifier dès à présent l'état des beaux lambris du XVIII^{ème} siècle du chœur en procédant au démontage de quelques panneaux afin de vérifier si les infiltrations d'eau par les joints n'ont pas causées ce que l'on redoute tant : le pourrissement des faces arrières et pire encore l'apparition de parasite comme le mэрule qui trouverait là, des conditions propices à son apparition et à sa prolifération (humidité et obscurité).

Ces travaux réalisés, il sera alors possible d'envisager la restauration intérieure du monument.

S. Berhault, juin 2012