



1217 route Enco de botte
13190 ALLAUCH
tel 04.91.08.32.74
i2c@i2c-etudes.fr
www.i2c-etudes.fr

OPÉRATION :

**Restauration des charpentes, couvertures, planchers et façades de l'église
Saint Cannat, 13001 Marseille**

RAPPORT SUR L'ÉTAT DES STRUCTURES

Décembre 2020

Documents complémentaires au présent rapport :

- Document graphique au format A3 « 3647 – PRO – Décembre 2020 - Eglise Saint Cannat Les Prêcheurs Marseille - Plans STR.pdf »

| date | révision | indice | Rédacteur | visa |
|---------------|------------------|--------|-----------|------|
| Décembre 2020 | Édition initiale | 0 | DA | EQ |

| | | | | |
|-----------------|-----|------|---------------|------|
| Affaire n° 3647 | PRO | ind0 | Décembre 2020 | 1/43 |
|-----------------|-----|------|---------------|------|

| | |
|---|----------|
| A) PARTIE 1 – CHARPENTE..... | 4 |
| 1 OBJET..... | 4 |
| 2 HYPOTHÈSES..... | 4 |
| 2.1 Bois..... | 4 |
| 2.2 Déformation limite admissible..... | 4 |
| 2.3 Charges..... | 5 |
| 2.3.1 Charges permanentes EDL :..... | 5 |
| 2.3.2 Charges permanentes toitures refaites :..... | 5 |
| 2.3.3 Charges d'exploitation :..... | 5 |
| 2.3.4 Charges climatiques :..... | 5 |
| 2.3.4.1 Charges de neige :..... | 5 |
| 2.3.4.2 Charges de vent :..... | 5 |
| 2.3.4.3 Charges sismiques :..... | 5 |
| 3 CALCULS ET RÉSULTATS..... | 6 |
| 3.1 Logiciel :..... | 6 |
| 3.2 Charpente NEF :..... | 6 |
| 3.2.1 Localisation..... | 6 |
| 3.2.2 Reportage photo..... | 6 |
| 3.2.3 Observations..... | 7 |
| 3.2.4 NEF – Travée 5..... | 8 |
| 3.2.5 NEF – Travée 4..... | 9 |
| 3.2.6 NEF – Travée 3..... | 10 |
| 3.2.7 NEF – Travée 2..... | 11 |
| 3.2.8 NEF – Travée 1..... | 12 |
| 3.2.9 Conclusion générale sur la charpente de la NEF :..... | 12 |
| 3.3 Charpente Choeur :..... | 13 |
| 3.3.1 Localisation..... | 13 |
| 3.3.2 Reportage photos..... | 13 |
| 3.3.3 Observations..... | 14 |
| 3.3.4 Modélisation :..... | 14 |
| 3.3.5 Résultats :..... | 15 |
| 3.3.6 Conclusion :..... | 15 |
| 3.4 Charpentes Niveau 1 – Combles Chapelles Nord :..... | 16 |
| 3.4.1 Comble 1..... | 16 |
| 3.4.2 Comble 2..... | 17 |
| 3.4.3 Comble 3..... | 20 |
| 3.4.4 Comble 4a..... | 22 |
| 3.4.5 Comble 4b..... | 24 |
| 3.4.6 Comble 5.1..... | 26 |
| 3.5 Plancher de combles Niveau 2 – Comble 5.2..... | 27 |
| 3.6 Charpentes Niveau 2 – Comble 5.2..... | 29 |
| 3.7 Charpentes Niveau 1 – Comble 6 (Presbytère)..... | 31 |

| | |
|--|-----------|
| B) PARTIE 2 - MAÇONNERIES..... | 32 |
| 4 MAÎTRE AUTEL - ANALYSE DE LA STABILITÉ DU MAÎTRE AUTEL - COMPOSANTE GÉOTECHNIQUE..... | 32 |
| 4.1 Objet..... | 32 |
| 4.2 Observations..... | 32 |
| 4.2.1 Description rapide de l'ensemble..... | 32 |
| 4.2.2 Le chapiteau est réalisé en bois. Désordres apparents..... | 33 |
| 4.3 Volumétrie de l'ensemble..... | 33 |
| 4.4 Descente de charges..... | 33 |
| 4.5 Contrainte au sol..... | 33 |
| 4.6 Analyse des résultats géotechniques..... | 33 |
| 4.7 Conclusion..... | 34 |
| 5 ESCALIER D'ACCÈS AU CLOCHER..... | 35 |
| 5.1 Reportage photos..... | 35 |
| 5.2 Constatations..... | 37 |
| 5.3 Interprétations..... | 37 |
| 5.4 Actions sur la zone..... | 38 |
| 5.4.1 Dépose des cerclages métalliques..... | 38 |
| 5.4.2 Décision à propos du confortement de l'escalier..... | 40 |
| 5.4.3 Confortement des marches de l'escalier..... | 41 |
| 6 FISSURE NEF..... | 42 |
| 6.1 Reportage photos..... | 42 |
| 6.2 Constatations..... | 43 |
| 6.3 Interprétations..... | 43 |
| 6.4 Conclusion..... | 43 |
| 7 FISSURE DANS COMBLE 5.2..... | 43 |
| 7.1 Photo..... | 43 |

A) PARTIE 1 – CHARPENTE

1 OBJET

Cette note a pour objet de vérifier le dimensionnement des poutres qui composent la charpente de l'Eglise Saint Cannat à Marseille.

2 HYPOTHÈSES

2.1 Bois

Pour la vérification par le calcul des éléments de charpente, nous considérerons une classe de bois C22.

| Résineux C22 | | |
|--|-------|-------------------|
| Contrainte de Compression Axiale ($f_{c,0,k}$) : | 20 | N/mm ² |
| Contrainte de Traction Axiale ($f_{t,0,k}$) : | 13 | N/mm ² |
| Contrainte de Flexion ($f_{m,k}$) : | 22 | N/mm ² |
| Contrainte de Cisaillement ($f_{v,k}$) : | 3.8 | N/mm ² |
| Cte de Compression Transversale ($f_{c,90,k}$) : | 2.4 | N/mm ² |
| Contrainte de Traction Transversale ($f_{t,90,k}$) : | 0.4 | N/mm ² |
| Module moyen d'Elasticité Axial ($E_{0,mean}$) : | 10000 | N/mm ² |
| Module d'Elasticité au fractile 5% ($E_{0,05}$) : | 6700 | N/mm ² |
| Module moy. d'Elasticité Transversal ($E_{90,mean}$) : | 330 | N/mm ² |
| Module moyen de Cisaillement (G_{mean}) : | 630 | N/mm ² |
| Densité Matière (Masse moyenne) : | 410 | kg/m ³ |

Pour les bois de charpente, on retiendra une classe de service 2.

2.2 Déformation limite admissible

Les bois de charpente observés présentent pour certains une flèche déjà marquée.

Pour les calculs de vérification, on limitera théoriquement la déformation limite admissible à :

| Type d'ouvrage | $w_{inst}(Q)$ | $w_{net,fin}$ | w_{fin} |
|------------------------|---------------|---------------|-----------|
| Chevrans : | - | L/150 | L/150 |
| Éléments structuraux : | L/300 | L/200 | L/125 |

2.3 Charges

2.3.1 Charges permanentes EDL :

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| - Tuiles dessus-dessous : | 0,60 kN/m ² |
| - Mallons de couvert : | 0,40 kN/m ² |
| - Mortier sur mallons de couvert : | 0,80 kN/m ² |
| - Chevronnage : | 0,20 kN/m ² |

- **TOTAL CP :** **2,00 kN/m² ou 1,80 kN/m² hors chevronnage**

2.3.2 Charges permanentes toitures refaites :

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| - Tuiles dessus-dessous : | 0,60 kN/m ² |
| - Mallons de couvert : | 0,30 kN/m ² |
| - Mortier sur mallons de couvert : | 0,60 kN/m ² |
| - Chevronnage : | 0,20 kN/m ² |

- **TOTAL CP :** **1,70 kN/m² ou 1,50 kN/m² hors chevronnage**

2.3.3 Charges d'exploitation :

Toiture non accessible sauf pour entretien, pente > 15%.

Charge à considérer : ponctuelle de 1,50 kN.

2.3.4 Charges climatiques :

2.3.4.1 Charges de neige :

Région A2

Altitude

Pente toiture : environ 18° (32,5%)

Charges sur toiture : 0,36 kN/m²

Charges de neige exceptionnelle : 0,80 kN/m²

2.3.4.2 Charges de vent :

Zone 3

Catégorie de rugosité : IV (ville)

Pression au vent sur le pan de toiture étudié : 0,40 kN/m²

Surpression sur le pan de toiture étudié : 0,51 kN/m² (charge ascendante). **Non dimensionnante.**

2.3.4.3 Charges sismiques :

Pas de vérification à prévoir.

3 CALCULS ET RÉSULTATS

3.1 Logiciel :

Les vérifications ont été réalisées avec les logiciels MDBAT et ADVANCE Design selon les zones traitées.

3.2 Charpente NEF :

3.2.1 Localisation



3.2.2 Reportage photo





3.2.3 Observations

Les photos ci-dessus montrent qu'une partie des poutres semblent avoir subi des cycles d'humidification et de séchage, ce qui a conduit à une baisse de la qualité des bois.

On observe par ailleurs que certaines poutres semblent avoir rompu par endroit et ont déjà fait l'objet de renforcements (qui sont à considérer comme provisoires et devront être améliorés dans le cadre des travaux de réhabilitation).

Nous notons la présence d'une façade attique dans la travée 1 au Sud, supportée par une poutre de diamètre 200mm.

3.2.4 NEF – Travée 5

Sections et géométrie :

Les données sont synthétisées dans le tableau ci-après :

NOTA 1 : Les éléments en gras correspondent aux éléments les plus défavorables qui ont été recalculés. Les autres éléments seront évalués par extrapolation de ces résultats.

NOTA 2 : La colonne « Longueur totale » correspond à la longueur des pannes entre refend. Pour le calcul, la portée libre est toutefois réduite grâce à la présence des jambes de force, situées approximativement à 2m des refends, ce qui correspond finalement à une portée libre réduite de 4,00m par rapport à la longueur totale.



| Travée 5 | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Numéro panne | Section | Longueur Totale | Entraxe poutre Nord | Entraxe poutre Sud | Largeur bande de chargement |
| 1 | 20x30 | 7,67 | 1,86 | 1,48 | 1,67 |
| 2 | 30x33 | | 1,48 | 2,24 | 1,86 |
| 3 | 22x21 | | 2,24 | 1,83 | 2,04 |
| faitière | phi33 | | 1,83 | 1,85 | 1,84 |
| 4 | 21x26 | 7,77 | 1,85 | 1,63 | 1,74 |
| 5 | 27x33 | | 1,63 | 2,07 | 1,85 |
| 6 | 21x26 | | 2,07 | 1,72 | 1,90 |

Résultats :

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après :

| Travée 5 | | | | | |
|--------------|---------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Numéro panne | Section | Taux de contrainte flexion | Taux de contrainte cisaillement | Flèche Wnet,fin | Flèche Winst,Q |
| 1 | 20x30 | / | / | / | / |
| 2 | 30x33 | / | / | / | / |
| 3 | 22x21 | 45% | 32% | 31% | 6% |
| faitière | phi33 | 18% | 8% | 10% | 2% |
| 4 | 21x26 | / | / | / | / |
| 5 | 27x33 | / | / | / | / |
| 6 | 21x26 | 29% | 25% | 18% | 3% |

Conclusions :

Compte-tenu des hypothèses retenus, l'ensemble des bois de cette charpente sont suffisamment dimensionnés.

Toutefois, ces résultats sont basés uniquement sur le calcul théorique des sections de bois en fonction des données géométriques relevées et excluent tout aspect de détérioration phytosanitaire. Un relevé visuel de l'état des bois a été réalisé et les indications correspondantes sont indiquées sur les plans. Par ailleurs, l'état des ancrages des poutres et des maçonneries supports seront systématiquement vérifiés et pourront nécessiter, le cas échéant, des reprises de type régénération de maçonnerie par remaçonage et/ou réfection des sommiers d'appui.

3.2.5 NEF – Travée 4

Sections et géométrie :

Les données sont synthétisées dans le tableau ci-après :

NOTA 1 : Les éléments en gras correspondent aux éléments les plus défavorables qui ont été recalculés. Les autres éléments seront évalués par extrapolation de ces résultats.

NOTA 2 : La colonne « Longueur totale » correspond à la longueur des pannes entre refend. Pour le calcul, la portée libre est toutefois réduite grâce à la présence des jambes de force, situées approximativement à 2m des refends, ce qui correspond finalement à une portée libre réduite de 4,00m par rapport à la longueur totale.

| Travée 4 | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Numéro panne | Section | Longueur Totale | Entraxe poutre Nord | Entraxe poutre Sud | Largeur bande de chargement |
| 1 | 19x24 | 7,75 | 1,88 | 1,48 | 1,68 |
| 2 | 27x34 | | 1,48 | 2,2 | 1,84 |
| 3 | 20x21 | | 2,20 | 1,85 | 2,03 |
| faitière | 28x28 | | 1,85 | 1,89 | 1,87 |
| 4 | 20x21 | | 1,89 | 2,1 | 2,00 |
| 5 | 26x33 | | 2,10 | 1,55 | 1,83 |
| 6 | 20x24 | | 1,55 | 1,74 | 1,65 |

Résultats :

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après :

| Travée 4 | | | | | |
|--------------|---------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Numéro panne | Section | Taux de contrainte flexion | Taux de contrainte cisaillement | Flèche Wnet,fin | Flèche Winst,Q |
| 1 | 19x24 | 34% | 27% | 21% | 4% |
| 2 | 27x34 | / | / | / | / |
| 3 | 20x21 | 51% | 35% | 34% | 6% |
| faitière | 28x28 | 18% | 18% | 12% | 2% |
| 4 | 20x21 | / | / | / | / |
| 5 | 26x33 | / | / | / | / |
| 6 | 20x24 | / | / | / | / |

Conclusions :

Compte-tenu des hypothèses retenus, l'ensemble des bois de cette charpente sont suffisamment dimensionnés.

Toutefois, ces résultats sont basés uniquement sur le calcul théorique des sections de bois en fonction des données géométriques relevées et excluent tout aspect de détérioration phytosanitaire. Un relevé visuel de l'état des bois a été réalisé et les indications correspondantes sont indiquées sur les plans. Par ailleurs, l'état des ancrages des poutres et des maçonneries supports seront systématiquement vérifiés et pourront nécessiter, le cas échéant, des reprises de type régénération de maçonnerie par remaçonage et/ou réfection des sommiers d'appui.

3.2.6 NEF – Travée 3

Sections et géométrie :

Les données sont synthétisées dans le tableau ci-après :

NOTA 1 : Les éléments en gras correspondent aux éléments les plus défavorables qui ont été recalculés. Les autres éléments seront évalués par extrapolation de ces résultats.

NOTA 2 : La colonne « Longueur totale » correspond à la longueur des pannes entre refend. Pour le calcul, la portée libre est toutefois réduite grâce à la présence des jambes de force, situées approximativement à 2m des refends, ce qui correspond finalement à une portée libre réduite de 4,00m par rapport à la longueur totale.

| Travée 3 | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Numéro panne | Section | Longueur Totale | Entraxe poutre Nord | Entraxe poutre Sud | Largeur bande de chargement |
| 1 | 20x21 | 7,43 | 1,78 | 1,48 | 1,63 |
| 2 | 23x37 | 7,41 | 1,48 | 2,2 | 1,84 |
| 3 | 20x20 | 7,38 | 2,20 | 1,78 | 1,99 |
| faitière | 23x29 | 7,35 | 1,78 | 2,06 | 1,92 |
| 4 | 22x26 | 7,31 | 2,06 | 1,76 | 1,91 |
| 5 | 25x30 | 7,28 | 1,76 | 1,83 | 1,80 |
| 6 | 20x25 | 7,25 | 1,83 | 1,63 | 1,73 |

Résultats :

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après :

| Travée 3 | | | | | |
|--------------|---------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Numéro panne | Section | Taux de contrainte flexion | Taux de contrainte cisaillement | Flèche Wnet,fin | Flèche Winst,Q |
| 1 | 20x21 | 37% | 27% | 25% | 5% |
| 2 | 23x37 | / | / | / | / |
| 3 | 20x20 | 49% | 34% | 33% | 6% |
| faitière | 23x29 | 19% | 20% | 12% | 2% |
| 4 | 22x26 | / | / | / | / |
| 5 | 25x30 | / | / | / | / |
| 6 | 20x25 | / | / | / | / |

Conclusions :

Compte-tenu des hypothèses retenus, l'ensemble des bois de cette charpente sont suffisamment dimensionnés.

Toutefois, ces résultats sont basés uniquement sur le calcul théorique des sections de bois en fonction des données géométriques relevées et excluent tout aspect de détérioration phytosanitaire. Un relevé visuel de l'état des bois a été réalisé et les indications correspondantes sont indiquées sur les plans. Par ailleurs, l'état des ancrages des poutres et des maçonneries supports seront systématiquement vérifiés et pourront nécessiter, le cas échéant, des reprises de type régénération de maçonnerie par remaçonage et/ou réfection des sommiers d'appui.

3.2.7 NEF – Travée 2

Sections et géométrie :

Les données sont synthétisées dans le tableau ci-après :

NOTA 1 : Les éléments en gras correspondent aux éléments les plus défavorables qui ont été recalculés. Les autres éléments seront évalués par extrapolation de ces résultats.

NOTA 2 : La colonne « Longueur totale » correspond à la longueur des pannes entre refend. Pour le calcul, la portée libre est toutefois réduite grâce à la présence des jambes de force, situées approximativement à 2m des refends, ce qui correspond finalement à une portée libre réduite de 4,00m par rapport à la longueur totale.

| Travée 2 | | | | | |
|--------------|---------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Numéro panne | Section | Longueur Totale | Entraxe poutre Nord | Entraxe poutre Sud | Largeur bande de chargement |
| 1 | 20x26 | 7,4 | 1,91 | 1,62 | 1,77 |
| 2 | 30x30 | | 1,62 | 2,05 | 1,84 |
| 3 | 17x20 | | 2,05 | 1,66 | 1,86 |
| faitière | 25x29 | | 1,66 | 2,06 | 1,86 |
| 4 | 19x25 | | 2,06 | 2,01 | 2,04 |
| 5 | 27x27 | | 2,01 | 1,54 | 1,78 |
| 6 | 20x26 | | 1,54 | 1,69 | 1,62 |

Résultats :

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après :

| Travée 2 | | | | | |
|--------------|---------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Numéro panne | Section | Taux de contrainte flexion | Taux de contrainte cisaillement | Flèche Wnet,fin | Flèche Winst,Q |
| 1 | 20x26 | / | / | / | / |
| 2 | 30x30 | / | / | / | / |
| 3 | 17x20 | 55% | 37% | 36% | 7% |
| faitière | 25x29 | 17% | 18% | 11% | 2% |
| 4 | 19x25 | 34% | 30% | 21% | 4% |
| 5 | 27x27 | / | / | / | / |
| 6 | 20x26 | / | / | / | / |

Conclusions :

Compte-tenu des hypothèses retenus, l'ensemble des bois de cette charpente sont suffisamment dimensionnés.

Toutefois, ces résultats sont basés uniquement sur le calcul théorique des sections de bois en fonction des données géométriques relevées et excluent tout aspect de détérioration phytosanitaire. Un relevé visuel de l'état des bois a été réalisé et les indications correspondantes sont indiquées sur les plans. Par ailleurs, l'état des ancrages des poutres et des maçonneries supports seront systématiquement vérifiés et pourront nécessiter, le cas échéant, des reprises de type régénération de maçonnerie par remaçonage et/ou réfection des sommiers d'appui.

3.2.8 NEF – Travée 1

Sections et géométrie :

Les données sont synthétisées dans le tableau ci-après :

NOTA 1 : Les éléments en gras correspondent aux éléments les plus défavorables qui ont été recalculés. Les autres éléments seront évalués par extrapolation de ces résultats.

NOTA 2 : La colonne « Longueur totale » correspond à la longueur des pannes entre refend. Pour le calcul, la portée libre est toutefois réduite grâce à la présence des jambes de force, situées approximativement à 2m des refends, ce qui correspond finalement à une portée libre réduite de 4,00m par rapport à la longueur totale.

| Travée 1 | | | | | |
|--------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Numéro panne | Section | Longueur Totale | Entraxe poutre Nord | Entraxe poutre Sud | Largeur bande de chargement |
| 1 | 20x26 | 7,45 | 0,00 | 1,92 | 0,96 |
| 2 | 26x35 | | 1,92 | 1,82 | 1,87 |
| 3 | 21x20 | | 1,82 | 1,69 | 1,76 |
| faitière | 30x35 | | 1,69 | 2,09 | 1,89 |
| 4 | 21x26 | | 2,09 | 1,78 | 1,94 |
| 5 | 28x38 | | 1,78 | 1,76 | 1,77 |
| 6 | 20x27 | | 1,76 | 0,00 | 0,88 |

Résultats :

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après :

| Travée 1 | | | | | |
|--------------|---------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Numéro panne | Section | Taux de contrainte flexion | Taux de contrainte cisaillement | Flèche Wnet,fin | Flèche Winst,Q |
| 1 | 20x26 | / | / | / | / |
| 2 | 26x35 | / | / | / | / |
| 3 | 21x20 | 32% | 26% | 20% | 4% |
| faitière | 30x35 | 11% | 13% | 7% | 1% |
| 4 | 21x26 | 27% | 25% | 17% | 3% |
| 5 | 28x38 | / | / | / | / |
| 6 | 20x27 | / | / | / | / |

Conclusions :

Compte-tenu des hypothèses retenus, l'ensemble des bois de cette charpente sont suffisamment dimensionnés.

Toutefois, ces résultats sont basés uniquement sur le calcul théorique des sections de bois en fonction des données géométriques relevées et excluent tout aspect de détérioration phytosanitaire. Un relevé visuel de l'état des bois a été réalisé et les indications correspondantes sont indiquées sur les plans. Par ailleurs, l'état des ancrages des poutres et des maçonneries supports seront systématiquement vérifiés et pourront nécessiter, le cas échéant, des reprises de type régénération de maçonnerie par remaçonage et/ou réfection des sommiers d'appui.

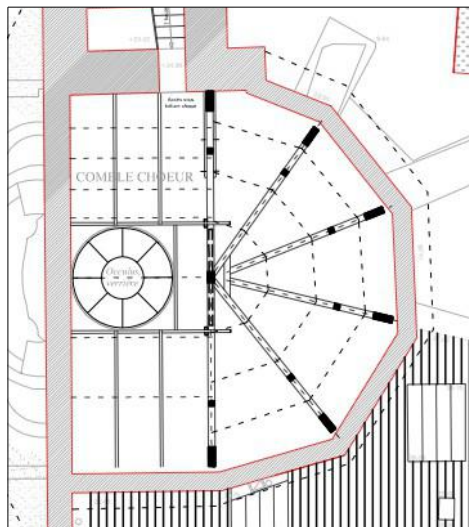
3.2.9 Conclusion générale sur la charpente de la NEF :

Avec les hypothèses retenues, les pannes apparaissent suffisamment dimensionnées en contrainte comme en flèche.

Toutefois, il convient de prendre en compte les désordres observés au cas par cas (cassure de poutres, pourrissement du bois, etc.). Les désordres qui nécessitent un traitement sont repérés sur les plans.

3.3 Charpente Choeur :

3.3.1 Localisation



3.3.2 Reportage photos





3.3.3 Observations

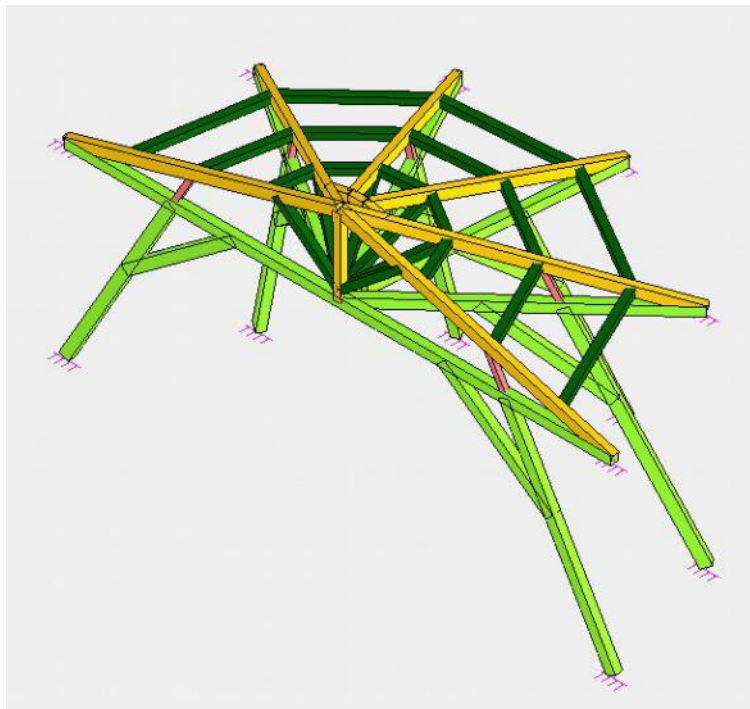
La charpente au droit du puits de lumière apparaît récente.

Le puits de lumière ainsi que la voûte du chœur apparaissent suspendus à la charpente.

Un moisage métallique au niveau d'un des deux appuis de la ferme principale a pu être observé, le bois à cet endroit montrant d'anciennes traces d'humidité.

Globalement, la structure de la charpente apparaît saine.

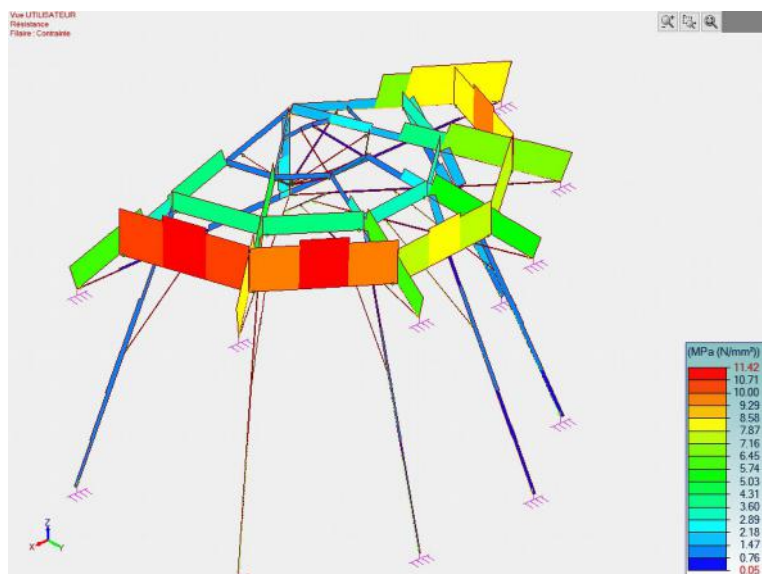
3.3.4 Modélisation :



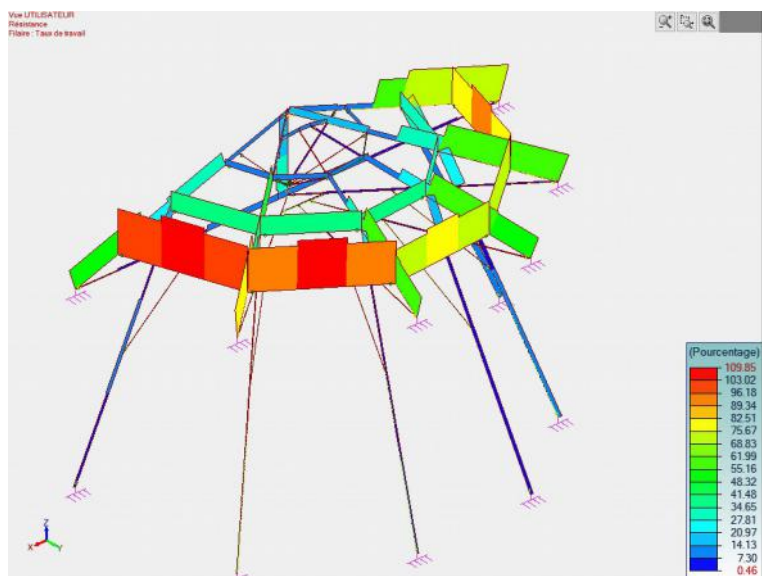
NOTA : le poids de la voûte et du puits de lumière ont été pris en compte en tant que charges ponctuelles s'appliquant sur l'entrait de la ferme principale.

3.3.5 Résultats :

- Contrainte :



- Taux de travail :



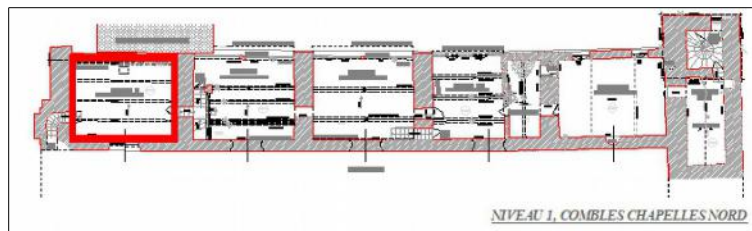
3.3.6 Conclusion :

La structure dans son ensemble apparaît bien dimensionnée.

3.4 Charpentes Niveau 1 – Combles Chapelles Nord :

3.4.1 Comble 1

Localisation :



Reportage photos :

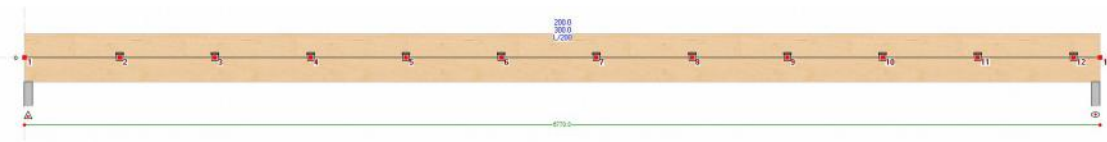


Remarques :

La toiture actuelle de ces combles est constituée par des tuiles mécaniques sur litelage et contre-litelage.

Elle sera entièrement déposée et refaite à neuf avec un complexe similaire au complexe d'origine de type mailons de couvert sur chevronnage et tuiles dessus-dessous bâties au mortier.

Modélisation :



Résultats :

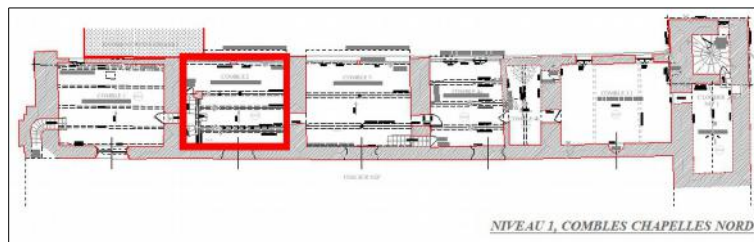
| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <p>Poutre sur 2 appuis : Section [mm] : 200.0 / 300.0 - Longueur : 6770.0 mm</p> <p>Type de montage : Pose à Dévers</p> <p>Pente Toiture : 20.00 ° (36.4 %)</p> <p>Entraxe/Bande de chargement : 1383.4 mm</p> <p>Taux/Critère dimensionnant : 95 % (Flèche résultante)</p> | |
| Vérification des contraintes de FLEXION | 62% ✓ |
| Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 24% ✓ |
| Vérification des FLÈCHES Combinée | 95% ✓ |

Conclusion :

La panne apparaît suffisamment dimensionnée pour reprendre les charges PROJET.

3.4.2 Comble 2

Localisation :



Reportage photos :



Remarques :

Des renforcements des pannes anciennes ont déjà été effectués par la mise en place de poteaux électriques bois diamètre 18cm environ.

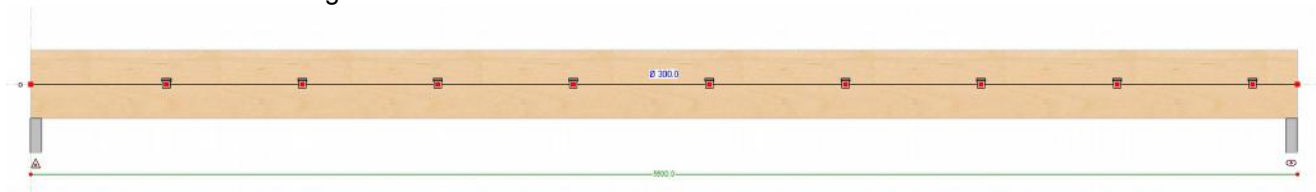
Les bois apparaissent globalement pourris (pannes et chevrons).

La sablière sur la façade non porteuse apparaît ponctuellement lessivée par l'eau côté Ouest et nécessitera a minima un renforcement sur 1m environ.

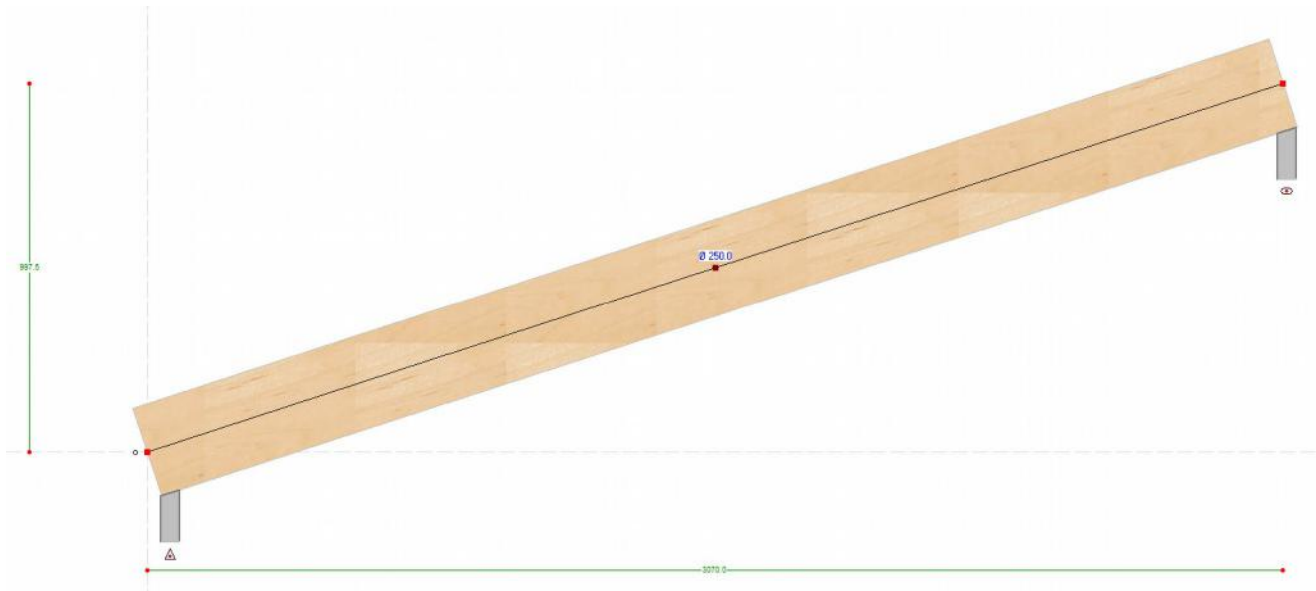
Concernant la poutre de chevêtre longeant l'escalier, elle supporte une cloison briques. Elle sera donc conservée et doublée par une poutre neuve.

Modélisation :

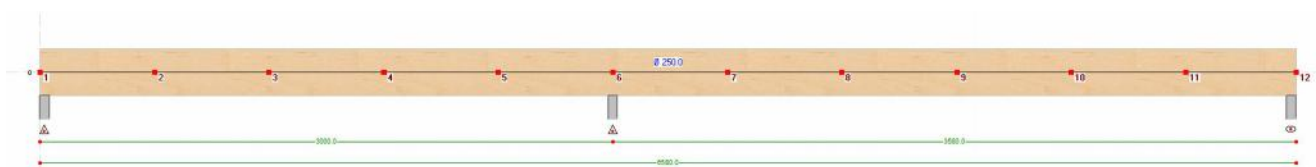
- Pannes courantes à changer:



- Poutre de chevêtre à doubler :



- Panne sablière à changer à l'identique :

**Résultats :**

- Pannes courantes à changer:

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <div> <div> Poutre sur 2 appuis : Diamètre : 300.0 mm - Longueur : 5600.0 mm </div> <div> Type de montage : Pose à l'Aplomb </div> <div> Pente Toiture : 20.00 ° (36.4 %) </div> <div> Entraxe/Bande de chargement : 1825.1 mm </div> <div> Taux/Critère dimensionnant : 87 % (Flèche résultante) </div> </div> | |
| Vérification des contraintes de FLEXION | 71% ✓ |
| Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 23% ✓ |
| Vérification des FLÈCHES Combinée | 87% ✓ |

- Poutre de chevêtre à doubler :

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <div> <div> <div> <div></div> </div> <div> Poutre sur 2 appuis : Diamètre : 250.0 mm - Longueur : 3228.0 mm Pente Toiture : 18.00 ° (32.5 %) Taux/Critère dimensionnant : 67 % (Flexion + Compression/Traction) </div> <div> </div> </div> </div> | |
| <div> <div></div> </div> Vérification des contraintes de FLEXION + COMPRESSION/TRACTION | 67% ✓ |
| <div> <div></div> </div> Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 15% ✓ |
| <div> <div></div> </div> Vérification des FLÈCHES | 46% ✓ |

- Panne sablière à changer à l'identique :

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <div> <div> <div> <div></div> </div> <div> Poutre sur 3 appuis : Diamètre : 250.0 mm - Longueur : 6580.0 mm Type de montage : Pose à l'Aplomb Pente Toiture : 20.00 ° (36.4 %) Entraxe/Bande de chargement : 1005.6 mm Taux/Critère dimensionnant : 24 % (Flexion + Compression/Traction) </div> <div> </div> </div> </div> | |
| <div> <div></div> </div> Vérification des contraintes de FLEXION | 24% ✓ |
| <div> <div></div> </div> Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 14% ✓ |
| <div> <div></div> </div> Vérification des FLÈCHES Combinée | 14% ✓ |

Conclusion :

Les poutres existantes courantes, soit du fait de leur état de dégradation, soit parce qu'elles apparaissent sous-dimensionnées seront toutes changées dans ce comble.

La sablière devra être renforcée sur son appui Ouest sur une longueur d'1m environ.

Cette sablière prend appui sur un potelet intermédiaire qui nécessitera éventuellement un renforcement, à apprécier lors des travaux.

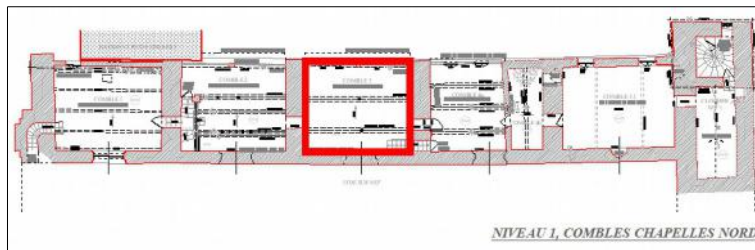
La poutre de chevêtre longeant l'escalier sera maintenue en place afin de ne pas impacter le mur en briques qu'elle supporte mais elle sera doublée par une nouvelle poutre afin de la soulager des charges de toiture.

Les ancrages de poutres existants seront vérifier et pourront nécessiter, le cas échéant, une régénération et réfection des sommiers d'appui.

Les ancrages de poutres à créer seront réaliser par empochement dans la maçonnerie, puis réalisation d'un sommier d'appui.

3.4.3 Comble 3

Localisation :



Reportage photos :



Remarques :

Les bois (pannes et chandelles) montrent des marques d'attaques par des insectes xylophages. Un sondage au couteau a montré que ces attaques restent toutefois superficielles.

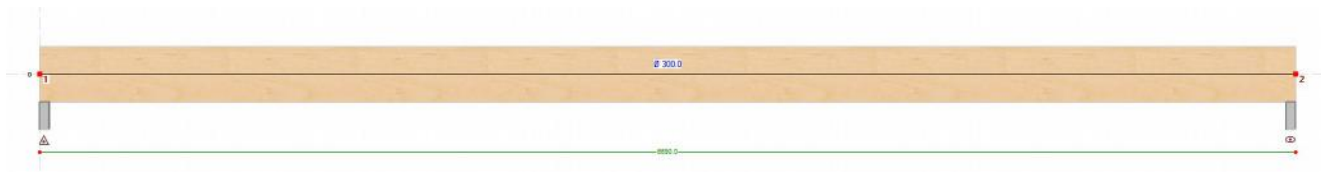
Les pannes en place ont été soulagées par la mise en œuvre de chandelles bois à mi-travée.

Dans le cadre de la réhabilitation, nous proposons de supprimer ces chandelles en renforçant ou remplaçant les pannes en place.

La panne sablière au-dessus de la façade non porteuse a été lessivée par l'eau et devra être changée. Afin de simplifier le travaux, nous pouvons proposer de maintenir cette poutre en place en la traitant à la résine et en la doublant côté intérieur par une nouvelle poutre sablière qui reprendra la totalité des charges de toiture.

Modélisation :

- Panne EDL sans appui intermédiaire :

**Résultats :**

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|--|--------|
| Poutre sur 2 appuis : Diamètre : 300.0 mm - Longueur : 6690.0 mm Type de montage : Pose à l'Aplomb Pente Toiture : 20.00 ° (36.4 %) Entraxe/Bande de chargement : 2128.4 mm Taux/Critère dimensionnant : 187 % (Flèche résultante) | |
| Vérification des contraintes de FLEXION | 128% ✗ |
| Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 33% ✓ |
| Vérification des FLÈCHES Combinée | 187% ✗ |

- Panne changée en diamètre 300 sans appui intermédiaire :

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|--|--------|
| Poutre sur 2 appuis : Diamètre : 350.0 mm - Longueur : 6690.0 mm Type de montage : Pose à l'Aplomb Pente Toiture : 20.00 ° (36.4 %) Entraxe/Bande de chargement : 2128.4 mm Taux/Critère dimensionnant : 104 % (Flèche résultante) | |
| Vérification des contraintes de FLEXION | 82% ✓ |
| Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 25% ✓ |
| Vérification des FLÈCHES Combinée | 104% ✗ |

Conclusion :

En supprimant l'appui intermédiaire, les pannes en l'état apparaissent sous-dimensionnées.

Nous proposons de garder le même nombre de pannes en remplaçant les pannes existantes par des pannes de diamètre 350mm. Avec cette section, la flèche apparaît légèrement dépassée, mais reste dans les limites acceptables dans ce type de projet.

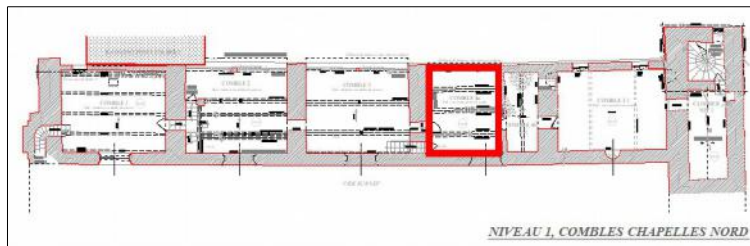
La panne sablière sera soit remplacée, soit laissée en place et doublée par une panne neuve de diamètre 300mm. Dans ce second cas, la sablière existante devra recevoir un traitement résine.

Les ancrages de poutres existants seront vérifier et pourront nécessiter, le cas échéant, une régénération et réfection des sommiers d'appui.

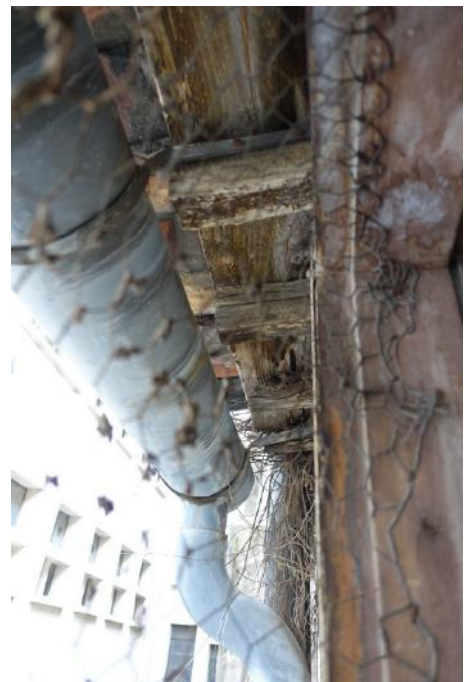
Les ancrages de poutres à créer seront réaliser par empochement dans la maçonnerie, puis réalisation d'un sommier d'appui.

3.4.4 Comble 4a

Localisation :



Reportage photos :



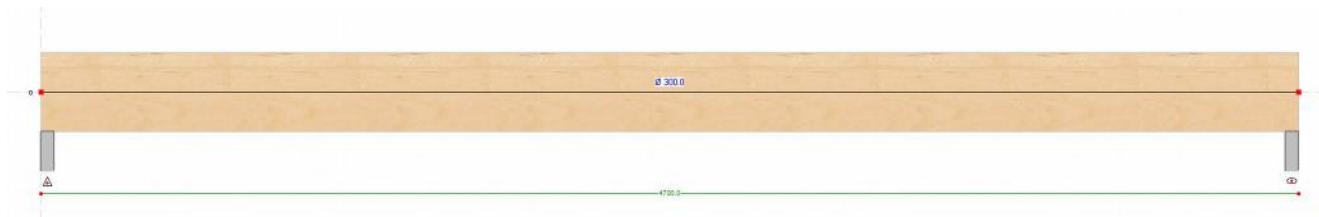
Remarques :

La panne Sud apparaît cassée et étayée.

La panne centrale apparaît dans un état moyen.

Les abouts des pannes présentent une suspicion de pourrissements des insertions, notamment dans l'angle Nord Est où une pénétration d'eau a été remarquée.

Concernant le débord de toiture : les chevrons et planches sont très largement pourris et seront donc à changer.

Modélisation :**Résultats :**

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <p> <input type="checkbox"/> Poutre sur 2 appuis : Diamètre : 300.0 mm - Longueur : 4700.0 mm Type de montage : Pose à l'Aplomb Pente Toiture : 20.00 ° (36.4 %) Entraxe/Bande de chargement : 1553.7 mm Taux/Critère dimensionnant : 49 % (Flèche résultante) </p> | |
| <input type="checkbox"/> Vérification des contraintes de FLEXION | 47% ✓ |
| <input type="checkbox"/> Vérification de la contrainte de CISAILEMENT | 17% ✓ |
| <input type="checkbox"/> Vérification des FLÈCHES Combinée | 49% ✓ |

Conclusion :

Le dimensionnement des poutres en diamètre 300 apparaît bon.

Toutefois, deux des trois pannes existantes seront changées avec une section similaire à l'existant compte-tenu de leur mauvais état de conservation.

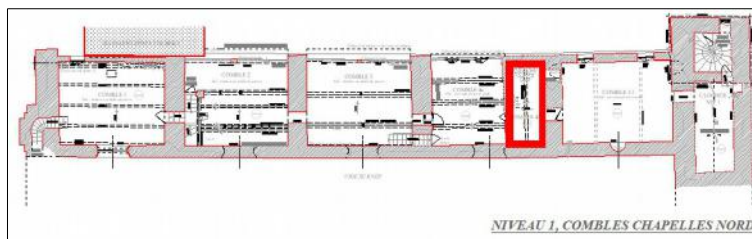
La troisième panne (panne Sud) sera conservée en l'état avec renforcement résine au niveau de ses insertions.

Les ancrages de poutres existants seront vérifier et pourront nécessiter, le cas échéant, une régénération et réfection des sommiers d'appui.

Les ancrages de poutres à créer seront réaliser par empochement dans la maçonnerie, puis réalisation d'un sommier d'appui.

3.4.5 Comble 4b

Localisation :



Reportage photos :



Remarques :

La panne en place est de section 180x180 et apparaît dans un mauvais état de conservation. Elle sera donc changée par une panne neuve.

Modélisation :



Résultats :

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <div> <div> <div> <div></div> </div> <div> <div>Poutre sur 2 appuis :</div> <div>Pente Toiture : 18.00 ° (32.5 %)</div> <div>Entraxe/Bande de chargement : 1100.0 mm</div> <div>Taux/Critère dimensionnant : 78 % (Flèche résultante)</div> </div> <div> <div>Section (mm) :</div> <div>140.0 / 280.0</div> </div> <div> <div>Longueur :</div> <div>5415.0 mm</div> </div> </div> <div> </div> </div> | |
| <div> <div></div> <div>Vérification des contraintes de FLEXION</div> </div> | 60% ✓ |
| <div> <div></div> <div>Vérification de la contrainte de CISAILEMENT</div> </div> | 27% ✓ |
| <div> <div></div> <div>Vérification des FLÈCHES</div> </div> | 78% ✓ |

Conclusion :

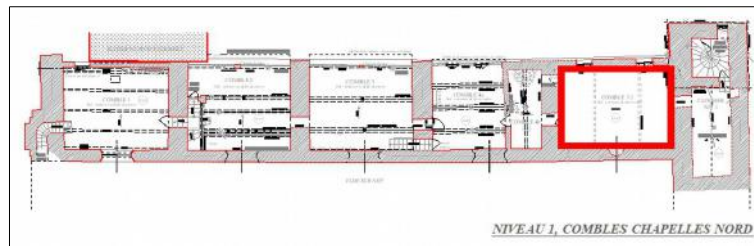
La nouvelle panne bois sera de section 140x280.

Les ancrages de poutres existants seront vérifier et pourront nécessiter, le cas échéant, une régénération et réfection des sommiers d'appui.

Les ancrages de poutres à créer seront réaliser par empochement dans la maçonnerie, puis réalisation d'un sommier d'appui.

3.4.6 Comble 5.1

Localisation :



Reportage photos :



Remarques :

Le plancher haut de cette travée est composée des deux poutres 120x220 orientées Nord-Sud et visibles sur la première photo ci-dessus. Ces deux poutres ne reprennent que le faux-plafond.

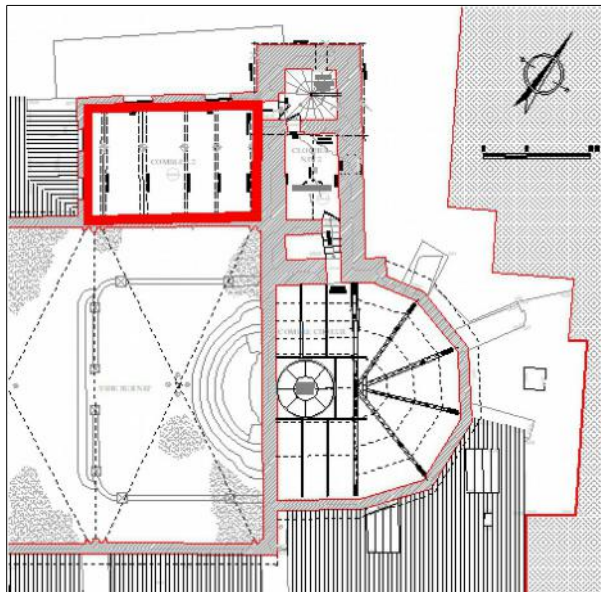
Toutefois, dans la pièce supérieure (comble 5.2), nous avons observé un sur-plancher constitué de deux poutres 190x200h, d'entraxe 1,30m et orientées Est-Ouest. Ces poutres reprennent un platelage supportant un revêtement de sol de type carrelage. Ce plancher est apparu très souple. Il est traité au chapitre 3.5 ci-après.

Conclusion :

Le faux-plafond de cette pièce étant inchangé dans le cadre du projet, pas d'intervention à prévoir sur les deux poutres 120x220 en place.

3.5 Plancher de combles Niveau 2 – Comble 5.2

Localisation :



Reportage photos :



Observations :

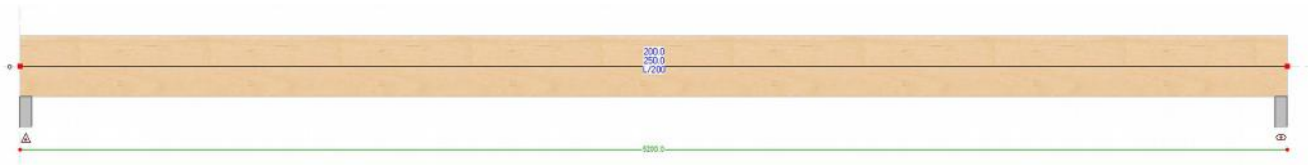
D'après les sondages réalisés, nous avons observé un sur-plancher constitué de deux poutres 190x200h, d'entraxe 1,30m et orientées Est-Ouest. Ces poutres reprennent un platelage supportant un revêtement de sol de type carrelage. Ce plancher est apparu très souple. Compte-tenu de la souplesse constatée de ce plancher, et sans même procéder au recalcul des poutres, nous pouvons d'ores et déjà prévoir que, dans le cadre du projet, ce plancher devra être condamné. Ainsi, soit l'accès à cette pièce sera condamné si aucun travaux n'y est prévu, soit son exploitation sera possible par la création d'un sur-plancher en surplomb de l'existant.

Modélisation :

Dans le cas d'un maintien de l'usage de cette pièce, la création d'un sur-plancher est nécessaire.

Nous proposons le dimensionnement suivant pour le sur plancher :

- Charges permanentes : platelage bois + carreaux de terre cuite sur ragréage : 0,60 kN/m²
- Charges d'exploitation : 1,50 kN/m²
- Mise en œuvre de poutres orientées Nord-Sud, portée 5,20m, entraxe 1,60m.

**Résultats :**

RÉSULTATS : RÉSUMÉ

Poutre sur 2 appuis :

Section (mm) :

200.0 / 250.0

- Longueur : 5200.0 mm

Entraxe/Bande de chargement :

1600.0 mm

1

2

Taux/Critère dimensionnant :

98 % (Flèche de 2nd oeuvre)

Vérification des contraintes de FLEXION

57% ✓

Vérification de la contrainte de CISAILEMENT

24% ✓

Vérification des FLÈCHES

98% ✓

Flèche résultante finale (mm)

Flèche instantanée (mm)

Flèche 2nd oeuvre (mm)

Travée

Wnet,fin

/long

/Lim

Winst,Q

/long

/Lim

W2

/long

/Lim

Cas + Déf

1/2

-16.2

L/321

62% ✓

-8.3

L/630

48% ✓

-12.2

L/726+5mm

98% ✓

ELS 8

Conclusion :

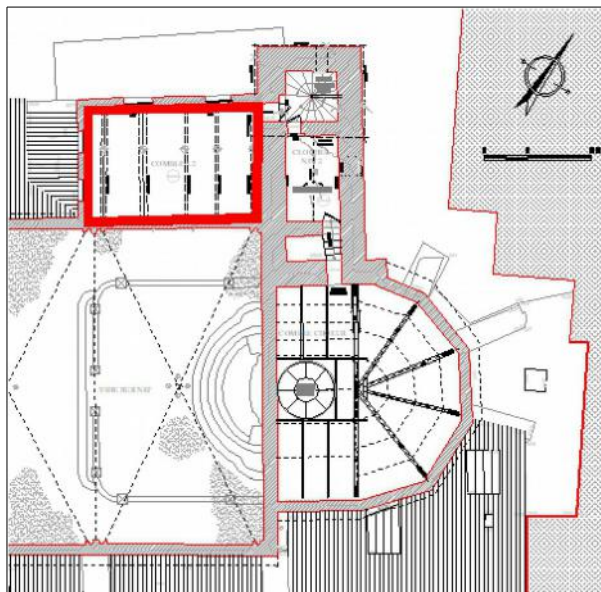
Le sur-plancher crée sera composé de 4 poutres intermédiaires et 2 poutres de rive de section 200x250h, reprenant un platelage bois et un revêtement de type carreaux de terre cuite sur ragréage.

Un espace vide d'au moins 20mm sera laissé entre l'arase inférieure des poutres neuves et le plancher existant condamné afin de permettre la prise de flèche sans interaction entre les deux planchers.

Les nouvelles poutres seront ancrées dans la maçonnerie après réalisation d'empochements et de sommiers d'appui en béton armé.

3.6 Charpentes Niveau 2 – Comble 5.2

Localisation :



Reportage photos :



Remarques :

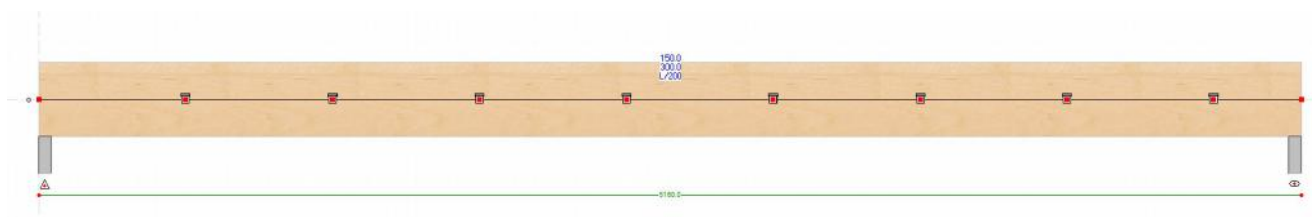
Cette toiture est composée de tuiles mécaniques qui seront déposées pour être remplacées par le complexe de couverture PROJET en tuiles dessus-dessous bâties au mortier sur mallons de couvert.

Les deux pannes Est sont de section 120x220, et les deux pannes Ouest en diamètre 250mm.


On note par ailleurs la présence d'étais en sous face de la panne la plus à l'Ouest.

Les pannes de cette zone apparaissent toutes en mauvais état et seront toutes déposées et remplacées en lieu et place par des pannes neuves.

Modélisation :



Résultats :

| RÉSULTATS : RÉSUMÉ | |
|---|-------|
| <div> <div> <div></div> <div> Poutre sur 2 appuis : Type de montage : Pente Toiture : Entraxe/Bande de chargement : Taux/Critère dimensionnant : </div> <div> Section (mm) : 150.0 / 300.0 - Longueur : 5160.0 mm Pose à Dévers 21.00 ° (38.4 %) 2035.2 mm 80 % (Flèche résultante) </div> </div>  </div> | |
| <div> <div></div> Vérification des contraintes de FLEXION </div> | 67% ✓ |
| <div> <div></div> Vérification de la contrainte de CISAILEMENT </div> | 34% ✓ |
| <div> <div></div> Vérification des FLÈCHES Combinée </div> | 80% ✓ |

Conclusion :

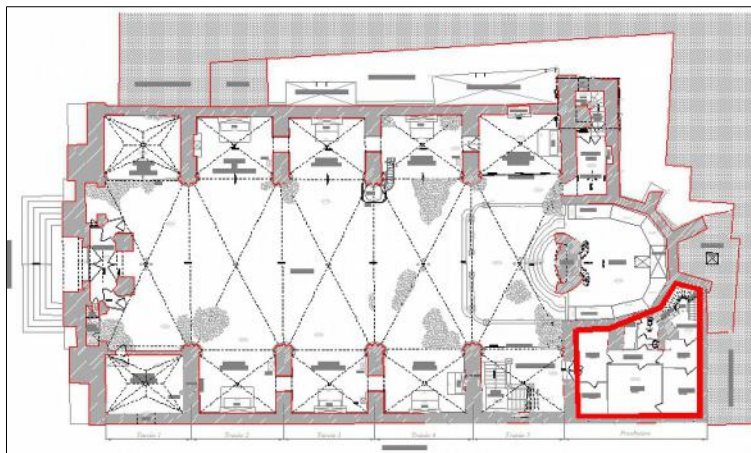
La charpente neuve sera constituée de 4 pannes neuves 150x300h et d'une panne de rive 120x240h. Chacune des nouvelles pannes sera mise en œuvre en lieu et place des pannes déposées.

Les ancrages de poutres existants seront vérifier et pourront nécessiter, le cas échéant, une régénération et réfection des sommiers d'appui.

Les ancrages de poutres à créer seront réaliser par empochement dans la maçonnerie, puis réalisation d'un sommier d'appui.

3.7 Charpentes Niveau 1 – Comble 6 (Presbytère)

Localisation :



Reportage photos :



Remarques :

L'état des bois et la conception générale de la charpente n'appellent pas de remarque particulières.

B) PARTIE 2 - MAÇONNERIES

4 MAÎTRE AUTEL - ANALYSE DE LA STABILITÉ DU MAÎTRE AUTEL - COMPOSANTE GÉOTECHNIQUE

4.1 Objet

Dans le cadre du diagnostic conduit sur l'édifice, et compte tenu de la présence de déformations et de désordres sur l'ensemble monumental du maître autel, il est apparu nécessaire d'opérer des vérifications autour de l'assise de cette partie de l'ouvrage.

Une inspection géotechnique a été diligentée par la maîtrise d'ouvrage. Le bureau d'études Géotec a été missionné pour effectuer une mission G5 à toute proximité du maître autel.

Le rapport de Géotec 20/00755/MARSE du 20/02/2020 présente les résultats et conclusions géotechniques.

Le présent document s'appuie sur les résultats de Géotec et sur l'approche de descente de charges établie par nos soins pour proposer une interprétation des observations.

Le document présente l'analyse des observations et l'interprétation des données collectées.

4.2 Observations

4.2.1 Description rapide de l'ensemble

La description du maître autel est à reprendre dans la partie architecturale du dossier.

Le maître autel constitue un ensemble monumental de grande échelle.

Nous retenons les éléments suivants

- La partie basse est constituée d'un bâti maçonné (pas de renseignement sur la partie interne).
- Le bâti porte l'ornementation en marbre.
- Des colonnes en marbre supportent le chapiteau ornementé.



Figure 2: vue générale de l'ouvrage



Figure 1: décollement relatif entablement embase



Figure 3: déflexion carreaux au pied de l'embase

4.2.2 Le chapiteau est réalisé en bois. Désordres apparents

Plusieurs désordres sont apparents. Nous retenons les principaux :

- Désaffleurements entre plaques de marbre.
- Défaut apparent d'appui des colonnes supportant le chapiteau.
- Petites fractures des marbres.
- Déformation du revêtement de sol, notamment sur le coté Ouest de l'appui du socle sur l'estrade. La déformation paraît indiquer un enfoncement
- Nota : les mesures d'aplomb effectuées de façon rapide ne révèlent pas de basculement significatif de l'ensemble.

4.3 Volumétrie de l'ensemble

Les plans de relevés ont été établis par l'agence Fabrica Traceorum.

On retient :

- Volume de l'embase maçonnée : 12 m³ environ
- Emprise au sol 9,2 m²
- Hauteur des colonnes : 4,5 m
- Volumes d'une colonne : 0,9 m³
- Volume de l'architrave : 4 m³
- Volume estimé du chapiteau : 1,5 m³

4.4 Descente de charges

On retient un schéma de répartition des charges quasi homogène sur la totalité de l'aire d'assise de l'embase maçonnée.

Il vient :

- Poids propre du chapiteau : $1,5 \times 450 = 4\,050$ daN
- Poids propre de l'architrave : $4 \times 2\,000 = 8\,000$ daN
- Poids propre des colonnes : $4 \times 0,9 \times 2\,700 = 9\,720$ daN
- Poids propre de l'embase : $12 \times 2\,000 = 24\,000$ daN

Poids total de l'ouvrage : 45 770 daN

4.5 Contrainte au sol

On retient une répartition des charges sur l'ensemble de l'aire de sustentation de l'ouvrage, soit :

Contrainte au sol els : $45\,770 / 9,2 \text{ E4} = 0,498 \text{ daN/cm}^2$ (0,0498 MPa).

4.6 Analyse des résultats géotechniques

La reconnaissance géotechnique G5 effectuée par Géotec avait deux objectifs :

- Donner un ordre de grandeur de la résistance du proche sous-sol.
- Qualifier le niveau d'hétérogénéité du sol autour du maître autel, et, notamment, identifier une éventuelle faiblesse localisée.

Les sondages ont été répartis autour de l'ouvrage (P1 à P6), avec ajout d'un sondage de référence hors zone (P7).

On note :

- Les sondages P1 à P6 offrent globalement le même profil de remblais hétérogènes. Des refus prématurés sont enregistrés sur des blocs (sauf pour P4). La couche de surface recèle des irrégularités et surmonte des terrains plutôt meubles avec un passage très faible vers la cote +9 ngf.
- Le sondage P7 ne présente pas la même couche de remblais irréguliers en tête et révèle un terrain très meuble jusqu'à la cote + 9ngf. Au-delà de cette cote, la résistance du terrain s'accroît.

On peut donc raisonnablement penser que le podium qui supporte le maître autel a été constitué en remblais sur le terrain « naturel » avec des matériaux hétérogènes formant une façon de couche de forme.

L'ensemble de l'ouvrage repose sur ce matelas de remblais qui diffuse les charges dans le terrain en place très meuble.

La valeur de contrainte effective calculée ci-avant ($\sim 0,05$ MPa) compatible avec les valeurs de résistance obtenues par les sondages pénétrométriques dans les remblais supérieurs. La comparaison avec les valeurs obtenues sur le sondage de référence P7 entre la surface et la cote +9 ngf, ainsi que, dans une moindre mesure, sur le P4 entre + 10,50 et + 9 ngf, montre que la portance du terrain en place est du même ordre de grandeur que la contrainte apportée par l'ouvrage.

4.7 Conclusion

Compte tenu des éléments rappelés ci-dessus, nous retenons les conclusions suivantes :

- Les déformations et désordres constatés sur l'ouvrage semblent limités à des variations différentielles locales (raccord entre plaques de marbre, contact au sol et déformation des premier rang de carreaux).
- Les vérifications géométriques en place entre mars 2017 et avril 2019 ne révèlent aucun mouvement significatif. Le risque principal étant un basculement de l'ensemble, l'absence de variations mesurées dans les 3 directions (x, y, z) permet d'écarter l'existence d'un mouvement de basculement.
- Le sol d'assise est constitué d'un matelas de remblais reposant sur un sol meuble jusqu'à la cote +9 ngf environ. Le matelas de remblais est hétérogène.
- Les valeurs de descente de charges calculées induisent des contraintes effectives du même ordre de grandeur que la capacité de portance du sol.
- Nous sommes donc en présence d'un état d'équilibre acquis par mise en charge du complexe de sol, avec, très vraisemblablement, un coefficient de sécurité faible (proche de 1).
- L'absence de mouvement d'ensemble semble valider le fait que l'ensemble ouvrage/sol support a trouvé un point d'équilibre (la réaction mobilisée équilibre les actions apportées), et ce, sans doute grâce aux quelques mouvements (révélés par les petits désordres en pied de l'embase), fort heureusement uniquement suivant l'axe vertical (sans basculement).

Sur les interventions à prévoir :

- Court terme : Aucune intervention n'est nécessaire à court terme.
- Moyen et long terme : Compte tenu des conclusions de l'étude géotechnique et des éléments de comparaison descente de charges / capacité du sol, il est judicieux de prévoir, dans le cadre d'une campagne de travaux sur l'édifice, une intervention d'homogénéisation du sol par injection de résine.
 - Ces injections seront à pratiquer dans les remblais de surface formant le podium et seront à visée unique d'homogénéisation du matériau.
 - Des injections pourront également être pratiquées dans la frange supérieure de sol entre les cotes + 9 ngf et +11 ngf afin de réduire la compressibilité de cette partie de sol.
 - Ces travaux devront être menés avec la plus grande circonspection. Des contrôles géométriques extrêmement précis devront être mis en place pour surveiller l'apparition d'éventuels soulèvements qui sont à bannir absolument.
 - La campagne de traitement par injection devra faire l'objet d'une étude spécifique par un bureau d'études spécialisé.

5 ESCALIER D'ACCÈS AU CLOCHER

5.1 Reportage photos



Figure 5: série de témoins montrant que les mouvements sont stoppés en 1935



Figure 4: témoins en partie supérieure de la cage - date 1935 - témoins intacts



Figure 7: vue du dispositif de ceinturage métallique



Figure 6: variation d'épaisseur du mur de la cage d'escalier - sondages en attente



Figure 8: renforcement de quelques marches par IPN



Figure 9: témoins sous paillasse 1935 - intacts



Figure 10: fût rechapé en béton armé



Figure 11: attentes pour liaison avec un renforcement de la paillasse

5.2 Constatations

La cage d'escalier du clocher est un ouvrage déporté par rapport au clocher lui-même. La constitution des parois interroge, notamment au regard des irrégularités géométriques visibles sur le flanc Nord (variations d'épaisseurs apparentes entre les niveaux 23,5 et 26).

La nature constructive de ces variations d'épaisseur apparentes n'est pas connue. Les murs ont une épaisseur en partie basse de 1,1 m. Dans les élévations, cette épaisseur varie (épaisseur minimum 1m environ). La hauteur totale de l'ouvrage est de 20 m.

La cage d'escalier est renforcée par des ceinturages à quatre niveaux (14,12 – 17,25 – 20,91 – 25,95). Les appareillages de cerclage sont constitué d'UPN de 200 sur les faces Nord et Sud et de larges plats (120x20) sur les faces Est et Ouest. Ces cerclages ont très vraisemblablement été mis en œuvre dans le cadre du renforcement de la construction après apparition des fissures évoqués ci-après.

Des fissures sub-verticales affectent les parois Est et Ouest de la cage de l'escalier du clocher. L'importance des fissures est croissante du bas vers le haut. En partie inférieure, l'ouverture est millimétrique. En partie sommitale de la cage, l'ouverture constatée est centimétrique. Il n'a pas été repéré de jeu latéral sur les fissures observées.

Ces fissures ont été équipées de témoins de façon échelonnées entre 1923 et 1935.

De façon synthétique, les témoins de 1935 sont toujours intacts sur l'ensemble de la construction. Les témoins plus anciens sont fissurés (notamment les témoins de 1925 et 1929 qui ont tous rejoué). Cet échelonnement permet de situer l'arrêt des mouvements entre 1932 et 1935. Il apparaît que la construction n'a plus enregistré de mouvement significatif depuis cette période.

Il est donc très probable que les mouvements ayant affecté la cage d'escalier sont liés à la modification urbaine consécutive à la construction de la poste Colbert.

L'escalier est en pierres sur les 4 premiers niveaux. Il est en maçonnerie sur la partie supérieure (desserte du niveau de combles). Il présente une géométrie classique d'escalier sur fût central avec marches monobloc empilées (pour la partie en pierre) et marches sur pailleasse maçonnée (pour la partie supérieure).

L'escalier présente des désordres non négligeables. Une partie des marches présente une fracturation classiquement observée dans ce type de construction (fracture au tiers de la marche coté fût). Des profils métalliques en sous-face ont été placés pour remédier à la fragilité de certaines marches. La face supérieure des marches ne présente pas de désordre autre qu'une usure d'usage.

Le fût a été rechapé en béton armé en partie inférieure. Il n'apparaît aucun désordre sur cette partie rechapée. Au-dessus, le fût d'origine apparaît et ne présente pas d'amaigrissement important.

Des attentes ont été placées lors du coulage du fût, manifestement en prévision d'un travail de confortement par dessous de la pailleasse.

5.3 Interprétations

Sur les fissurations des murs :

La lecture des témoins indique que les mouvements ont cessé avant 1935. L'absence de jeu latéral sur les fissures indique qu'il n'y a pas de tassement différentiel entre les deux parties de la construction (Sud et Nord).

Ces éléments permettent de conclure à un état actuel de stabilité.

L'élancement des murs est de l'ordre de 18. Cette valeur n'appelle pas de précautions particulière.

Les fissures constatées indiquent une rupture dans la structure maçonnée. Cette rupture a certainement justifié l'adjonction des attelles métalliques.

Compte-tenu des concordances calendaires, il est probable que les travaux urbains réalisés à proximité aient eu une part importante dans la survenance des désordres.

En l'absence de cause extérieure, il n'apparaît pas de défaut de construction remettant en cause la stabilité de la construction. Dans ce cadre, et moyennant une régénération soigneuse de la maçonnerie, il est possible de déposer les attelles métalliques.

Les fissures seront systématiquement remaillées et coulinées. L'ensemble des maçonneries sera inspecté et couliné en recherche afin de redonner une homogénéité complète.

Sur les désordres affectant les marches :

Les désordres affectant les marches présentent un caractère classique.

Les marches en pierres affectées par les fractures seront brochées, soit depuis le fut en forage horizontal, soit en engravure.

Les marches maçonnées seront reconstituées en recherche.

5.4 Actions sur la zone

5.4.1 Dépose des cerclages métalliques

1. Observations préalables

La mise en œuvre des renforts par cerclages métalliques du clocher a été rattachée à l'apparition de désordres lors des travaux de réalisation de la poste Colbert.

Des témoins avaient été mis en place entre 1920 et 1930. Les derniers témoins (à partir de 1929) sont demeurés intacts.

Il semble donc que l'édifice est stabilisé depuis une centaine d'années.

2. Motivations

Les ouvrages métalliques mis en œuvre pour palier les défauts apparus lors des travaux voisins sont particulièrement invasifs et présentent, outre leur aspect inesthétique, un risque de corrosion à terme qui pourra devenir néfaste pour la conservation de l'édifice. Ils sont constitués de deux UPN 200 sur les faces Nord et Sud du clocher et de deux plats de 120x20 en acier de type E24.

3. Intervention

3.1 Retrait des éléments de renfort

Il est prévu de déposer les quatre ceintures métalliques présentes aux niveaux 14,32, 17,44, 21,08 et 26.10.

La dépose sera effectuée en respectant le protocole suivant :

- Mise en œuvre de témoins neufs sur les fissures principales aux niveaux des trois cerclage.
- Dépose en commençant par le haut (niveau 21,08). Ordre 3 → 2 → 1.
- Réduction de la tension dans les plats par desserrement progressif des écrous de façon coordonnée sur les deux faces portant les assemblages (Nord et Sud).
- Dépose des pièces métalliques partiellement engagées par refouillement maîtrisé.
- Reconstitution des maçonneries après retrait des éléments métalliques.

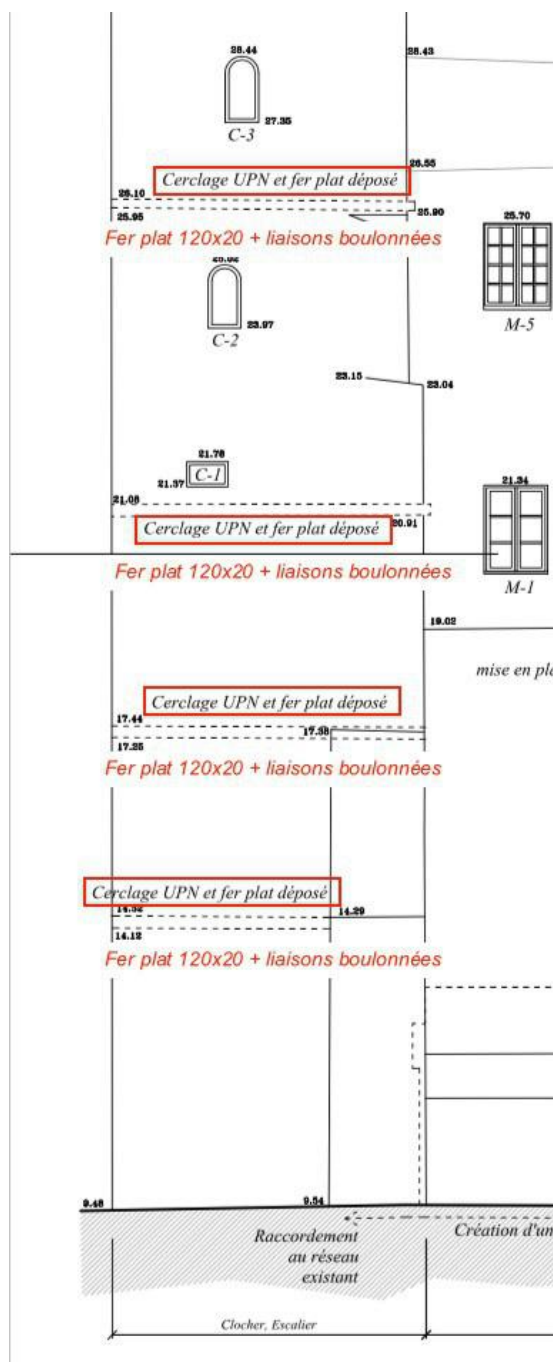


Figure 12: repérage des ceintures à déposer



Figure 13: vue du dispositif de ceinturage métallique

5.4.2 Décision à propos du confortement de l'escalier

1. Observations préalables

Le fut de l'escalier à vis du clocher a été chemisé en béton armé, très certainement concomitamment à la mise en œuvre des ceinturages métalliques.

2. Intervention

Le chemisage béton armé est maintenant solidaire de façon intime avec le fut de l'escalier. Sa dépose nécessiterait l'usage de matériels percussifs dont les effets sur les ouvrages histroniques seraient néfastes.

Dans ce cadre, nous prévoyons le maintien en place du chemisage béton armé.



*Figure 14: Chemisage BA -
Liaison intime avec le fut -
Maintien en place*

5.4.3 Confortement des marches de l'escalier

1. Observations préalables

Certaines marches de l'escalier présentent des fissures significatives. Une partie des ces marches a été confortée par des profils métalliques posés en sous-face.

2. Intervention

Deux cas sont à prévoir :

- Marches fissurées sans détérioration importante de la pierre au-delà de la fissure : Cas 1.
- Marches présentant des détériorations importantes au-delà de la zone fissurée : Cas 2

2.1 Cas 1

Dans le cas où les marches concernées sont affectées par une fissure franche sans détérioration de la pierre sur le reste de l'élément, il sera procédé à des brochages en écharde pour solidariser les deux parties de la marche.

- Broches inox.
- Diamètre 6mm.
- Longueur à adapter à la géométrie de la marche.
- Scellement toute longueur à la résine compatible avec la pierre.
- Complément de solidarisation par coulinage de la fissure à la seringue.



Figure 15: fissure à brocher

2.2 Cas 2

Dans le cas où les marches concernées sont affectées par fissure maligne et/ou par une détérioration de la pierre sur le reste de l'élément, il sera procédé au changement de la marche :

- Découpe de la marche coté fut.
- Refouillement pour dégagement de la marche coté mur.
- Scellement de broches dans le fut.
- Fourniture et pose d'une marche neuve avec scellement sur les broches préalablement installées dans le fut.
- Complément de solidarisation par coulinage du contact marche/fut.

6 FISSURE NEF

6.1 Reportage photos



Figure 17: fissure sur tympan de bas côté - figure d'extension Ouest - Est



6.2 Constatations

La nef est affectée par une fissuration à dominante verticale essentiellement présente sur la travée 1 coté Nord. Il s'agit d'une figure en arc de décharge dissymétrique, plus marqué en rive Ouest. Cette travée correspond à la zone de contact avec le clocher.

Parallèlement, on relève également une fissuration faible sur le gouttereau Nord de la chapelle Saint Cannat et de la chapelle Saint Anne. Une fissure est également visible sur le passage entre ces deux chapelles.

Sans qu'il soit possible d'établir un lien évident entre les désordres affectant la cage d'escalier du clocher et les fissures visibles en travée 1 de la nef, la répartition des fissures pourrait indiquer un mouvement de la partie Nord Est de l'ensemble cage d'escalier – clocher – bas coté Nord.

6.3 Interprétations

Sans qu'il soit possible d'établir un lien évident entre les désordres affectant la cage d'escalier du clocher et les fissures visibles en travée 1 de la nef, la répartition des fissures pourrait indiquer un mouvement de la partie Nord Est de l'ensemble cage d'escalier – clocher – bas coté Nord. L'extension est clairement établie dans le sens Ouest - Est. Elle est moins marquée dans le sens Sud Nord.

Dans ce cas, on retrouve une suspicion de relation entre les travaux voisins et l'ouverture de ces fissurations dont l'ancienneté est établie.

6.4 Conclusion

Compte-tenu des éléments relevés ci-avant, il convient de prévoir une réparation des zones fissurées par remaillage des fissures et coulinage des zones endommagées.

Le tympan de la première travée Nord de la Nef étant composé de pierres de taille, on prévoit une couture de la fissure principale par micro-goujonnage pierre à pierre sur toute la hauteur des fissures.

7 FISSURE DANS COMBLE 5.2

7.1 Photo



7.2

Conclusion La fissure entre le bas côté et la nef sera à traiter par remaillage et coulinage côté escaliers et côté combles.

----- FIN DE LA NOTE -----