



L'opérateur du patrimoine
et des projets immobiliers de
la Culture

MONTAUBAN - 82

CATHEDRALE NOTRE - DAME DE L'ASSOMPTION

PRO / DCE

**Confortement de la structure de la cathédrale et
reprise des ouvrages endommagés**



RAPPORT DE PRESENTATION

Mars 2026

Agence Pierre-Yves CAILLAULT

Architecte en Chef des Monuments Historiques

1, rue Bénard, 75014 Paris

Tél. 01 53 90 20 40 / acmh@agencecaillault.com

BMI Patrimoine

Bureau d'études structure

30, rue Charles de Gaulle, 94140 Alfortville

Tél. 01 42 77 17 18 / contact@brizot-masse.fr

GEOLIA

Bureau d'études géotechniques

119-131, avenue René Morin, 91420 Morangis

Tél. 01 69 34 73 04 / contact@geolia-conseil.com

Cabinet COEFFICIENT

Economiste de la construction

26, rue Bénard, 75014 Paris

Tél. 01 42 66 56 21 / coefficient@coefficient.fr

SOMMAIRE

PRESENTATION DE L'OPERATION.....	2
RAPPEL HISTORIQUE SYNTHETIQUE	4
SYNTHESE DE LA LOCALISATION ET L'EVOLUTION DES DESORDRES	9
PARTI DE RESTAURATION.....	11
PROGRAMME DES TRAVAUX	26
ORGANISATION DE CHANTIER	28

PRESENTATION DE L'OPERATION

La présente opération porte sur les **travaux de confortement et de restauration des ouvrages endommagés** de la cathédrale Notre-Dame de l'Assomption de Montauban suite à l'évènement traumatique qu'a été la construction du parking sous son parvis.

La construction de la cathédrale Notre-Dame de l'Assomption est le résultat de la volonté de Louis XIV de marquer le triomphe de la « vraie foi » sur la religion réformée des protestants. Après la révocation de l'édit de Nantes en 1685, le roi ordonne l'édification de la cathédrale à la demande de l'évêque Jean-Baptiste Michel de Colbert. Son successeur, l'évêque Henri de Nesmond pose la première pierre en 1692. Les plans sont confiés à François d'Orbay, architecte du roi, avant que le projet ne soit plus tard dirigé à partir de 1697 par Jules-Hardouin Mansart, puis par Robert de Cotte à partir de 1708.

Caractéristique des édifices construits pendant la Réforme catholique sur le modèle italien de l'église du Gesù, la cathédrale de Montauban présente une élévation tripartite d'une grande délicatesse, avec de clochers de part et d'autre d'un imposant fronton. Ce dernier est magnifié d'une sculpture allégorique représentant sur les rampants la Foi et la Religion.

Selon la tradition locale, l'édifice est construit en briques, mais donne toutes les apparences d'une construction en pierre de taille selon les canons de l'architecture « à la française » inspirée de l'antique, qui symbolise la marque du Roi de France.

Ainsi, la façade principale présente sur le parvis une architecture habillée de pierre, alors que le cœur de l'édifice est partiellement en brique.

Les façades latérales ainsi que la structure intérieure de la nef, des bas-côtés, du chœur et du déambulatoire sont construites en briques avec les modénatures en pierre : pilastres, entablements, grandes arcades, arcs doubleaux, entourages de fenêtres, etc. A l'intérieur, toutes les surfaces de brique sont recouvertes d'enduit afin de donner une apparence unitaire à la construction Royale.

La cathédrale est classée au titre des Monuments historiques en 1906.



Vue générale de la cathédrale. Cliché ©Agence Caillaault, 2024

Les façades et toitures ont fait l'objet d'importantes campagnes de restauration, entre 1965 et 2001, et les enduits et badigeons intérieurs de la nef du transept et du chœur ont été entièrement renouvelés au cours des dix dernières années.

En octobre 2020, d'importantes fissures ont été relevées dans la première travée de la nef.

Positionnées dans plusieurs organes des élévations – tables surmontant les grandes arcades, fenêtres hautes, voûtes des bas-côtés, façades latérales, etc. – elles marquent une séparation physique entre le massif de façade et le reste du monument.

Ces désordres, dus à un mouvement du massif occidental, ont été tout de suite mis en lien avec les travaux de réalisation du nouveau parking sous le parvis de la cathédrale.

La surveillance mise depuis en place montre l'évolution irréversible des fissures, phénomène qui n'est pas prévisible sur le moyen / long terme.



*La cathédrale et son parvis durant le chantier de construction du parking.
Cliché ©La Dépêche*

Les travaux de confortement de la structure de la cathédrale et les reprises des ouvrages endommagés seront réalisés en une **tranche ferme** et **trois tranches optionnelles**, organisées comme suit :

- **Tranche ferme (TF) :**
 - Phase I : Mesures de confortement ;
 - Phase II : Reprise des ouvrages endommagés. Mesures d'urgence. Repose d'éléments d'architecture et objets mobiliers de la nef et des chapelles de la nef.
- **Tranche optionnelle 1 (TO1) :** Restauration des enduits et des décors peints des chapelles de la nef ;
- **Tranche optionnelle 2 (TO2) :** Reprise des fissures et des décors peints des bras nord et sud du transept et des 2 chapelles sud du chœur ;
- **Tranche optionnelle 3 (TO3) :** Restauration d'éléments d'architecture et objets mobiliers des chapelles de la nef.

La réouverture partielle de l'édifice au public est prévue à la fin de phase I de travaux.

Les travaux seront allotés de manière suivante :

- Lot n°00 : Installations de chantier ;
- Lot n°1A : Maçonnerie / Pierre De Taille – Fondations Spéciales ;
- Lot n°1B : Maçonnerie / Pierre De Taille – Sculpture – Marbrerie ;
- Lot n°02 : Charpente – Couverture ;
- Lot n°03 : Ferronnerie – Polychromie ;
- Lot n°04 : Menuiserie – Ebénisterie – Polychromie ;
- Lot n°05 : Décors peints ;
- Lot n°06 : Electricité – Eclairage.

RAPPEL HISTORIQUE SYNTHETIQUE

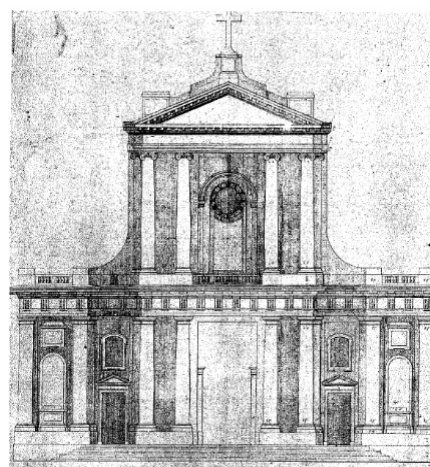
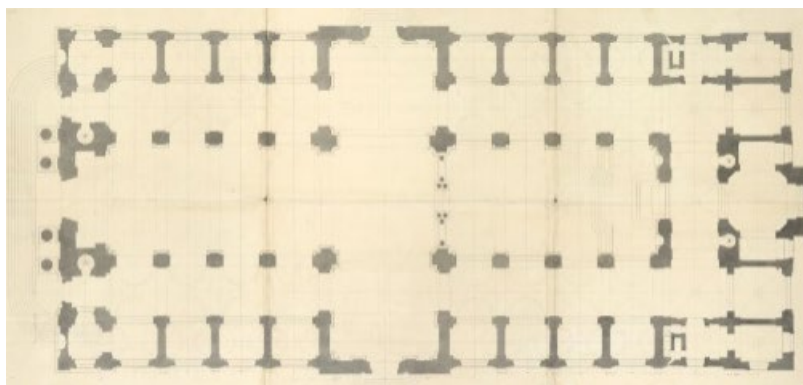
La cathédrale Notre-Dame de l'Assomption de Montauban, une des rares cathédrales datant de l'époque classique, est emblématique de la reconquête catholique de la ville par le pouvoir royal.

Pendant les Guerres de Religion, Montauban fait partie des places de sûreté reconnues aux protestants par l'édit de Nantes.

Après la reprise de la ville de Montauban par Louis XIII, l'évêque et son chapitre investissent l'église Saint-Jacques jusqu'en 1685, date à laquelle ils réclament la construction de la nouvelle cathédrale.

De 1692 à 1831

La première pierre de la cathédrale actuelle fut ainsi posée en 1692, à un point culminant de la cité, symbolisant ainsi la reconquête catholique de la ville.



François d'Orbay, Plan de la cathédrale, après 1691 (?) et façade occidentale, vers 1691, National Museum Stockholm, inv. NMH THC 1728 et THC 8123

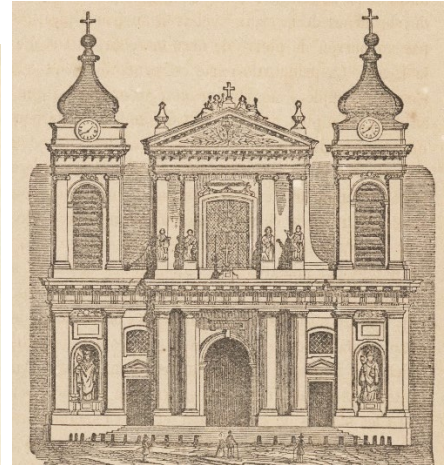
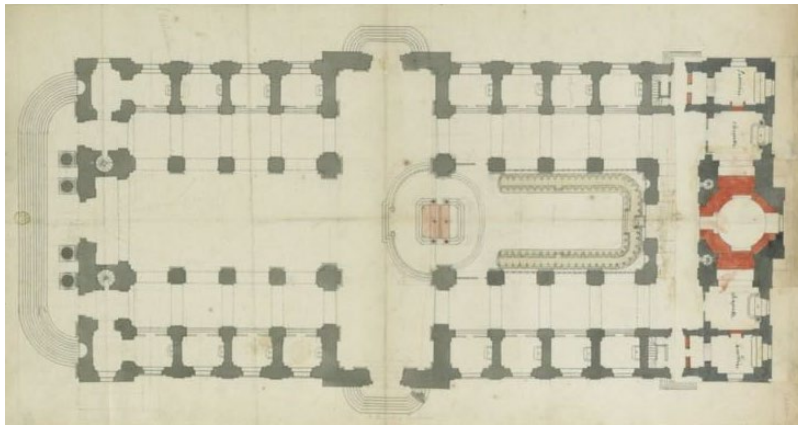
Le chantier de son édification dure quarante-sept ans et se déroule d'est en ouest, du chevet jusqu'au portail occidental, suivant ces grandes phases de construction :

- 1692-1707 : construction du chœur, du transept et d'une partie de la nef ;
- 1707 : reconstruction des piliers du vaisseau central de la nef et du chœur en pierre par l'architecte Robert de Cotte après la chute des voûtes. Portail occidental achevé.
- 1717 : la réalisation des plans de charpente par l'architecte Robert de Cotte induit probablement la fin de la construction de la maçonnerie de gros-œuvre de la cathédrale.
- 1722 : Robert de Cotte change de parti en abandonnant le clocher de la croisée du transept pour édifier les deux tours de part et d'autre du portail occidental.
- 1732-1739 : il reste en 1732 à mettre en places les chéneaux et les descentes d'eau en plomb¹ et à achever les intérieurs de la cathédrale (autel, stalles, vitraux, orgue...). La visite d'inspection des travaux finis eut lieu le 16 septembre 1738.

La cathédrale est inaugurée en 1739.

Trois architectes se sont succédé. Les plans avaient été dressés par François d'Orbay, mais dès 1697, le projet est dirigé par Jules Hardouin-Mansart auquel Robert de Cotte succèdera en 1708. Il est secondé du directeur de travaux Simon, jusqu'en 1722, puis par Larroque jusqu'à la réception de l'ouvrage. Ces changements d'architectes ont entraîné, comme nous l'avons vu, des modifications du projet initial.

¹ *Etat des sommes nécessaires pour achever la construction de l'église cathédrale de Montauban suivant les ordres de Monsieur de Cotte Premier architecte Directeur général des Bâtimens du Roy*, envoyé le 13 mars 1732 par Dormesson et signé par Larroque, Archives départementales du Tarn-et-Garonne, cote C67.



Robert de Cotte - Plan de la cathédrale, 1727, BNF, département Estampes et photographie, HA-18 (42)-FOL.
Façade ouest avant la démolition des campaniles en 1831. AD 82

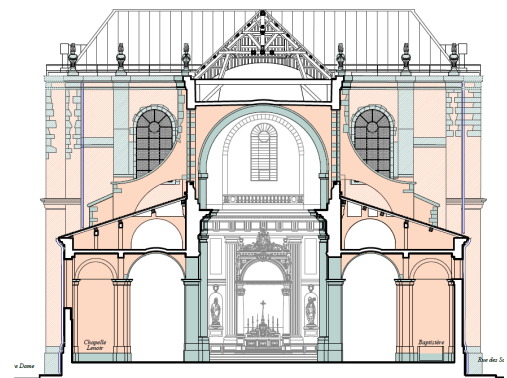
Matériaux de construction

Les piliers sont construits entièrement en pierre « jusqu'à la hauteur des impostes ». ²

Les arcs doubleaux de la nef sont eux-aussi construits en pierre tandis que la brique est employée pour le remplissage des voûtes.



Détail d'une métope badigeonnée, Cliché
©Agence Caillaault, 2020
Intérieur de la nef, 1956, négatif, E. Louis-
Mas ©MAP, AP56P02491



Analyse des matériaux de construction de la cathédrale : en bleu la pierre, en rose la brique.
Façade sud et coupe transversale. Dessins ©Agence Caillaault

² Rapport de Simon à son arrivée à Montauban en 1708, Madeleine Huillet d'Istria, *op. cit.*, p. 57.

A l'intérieur de la nef, l'utilisation de la pierre est réservée à l'architrave au-dessus des chapiteaux, aux métopes et triglyphes de la frise d'entablement et à la corniche.

La brique est dévolue au remplissage des tables des grandes arcades et des murs gouttereaux des fenêtres hautes. L'appareil de briques maçonné est enduit dans le but de donner l'illusion de la pierre.

D'autre part, les fouilles réalisées dans le cadre de la présente mission, ont relevé des massifs de fondation en brique, ainsi que l'existence de longrines longitudinales en briques reliant les fondations entre elles.



A gauche, les fondations en brique du massif ouest. A droite, vue d'une longrine en briques reliant les massifs de fondation des piles de la nef. Clichés @BMI et Géolia

Campagnes de travaux du XIX^e au XX^e siècles

Une succession de travaux, d'importance très variable, s'enchaînent tout au long de cette période. Les documents d'archives³ concernent essentiellement des travaux de restauration réalisés pour garantir l'étanchéité de l'édifice et de la reprise des enduits des murs extérieurs et intérieurs de la cathédrale de

Après le changement des couvertures des clochers du massif occidental entre 1830 et 1832, l'architecte Brécy remplace la toiture en ardoises du comble de la nef, en très mauvais état, par une couverture en tôle galvanisée. Une chape de mortier hydraulique est mise en œuvre sur l'extrados des voûtes de la cathédrale.⁴ En 1844, un devis conservé aux Archives diocésaines mentionne la présence de grandes fissures liées à des infiltrations d'eau causant la détérioration d'une grande partie des crépis intérieurs. Localisés sur les voûtes des bas-côtés et des bras du transept ainsi que sur les murs de la nef jusqu'à la naissance des voûtes, ces désordres ont pour conséquence des travaux de reprise des enduits, le rejointoiement des maçonneries mises à découvert et l'application d'un badigeon à la colle sur toute la surface intérieure des murs.

Le 9 août 1906, la cathédrale est classée au titre des Monuments Historiques.

En 1906, Sauvegeot, IGMH, fait part d'un assez mauvais état général de l'édifice. Il évoque les parties hautes, corniches supérieures et couronnements des contreforts menaçant ruine et constituant un danger pour la sécurité publique. Entre 1907 - 1909, des travaux sont réalisés sur les façades latérales et arrière.

En 1936 une grande campagne de restauration des maçonneries et couvertures des bas-côtés et de la nef est engagée.

Plusieurs campagnes de travaux, menés entre la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle, concernent la restauration des enduits (purge des anciens enduits, réfection des joints et reprise des enduits en mortier de chaux hydraulique)

³ Les documents d'archive manquent entre 1920 et 1980.

⁴ Copie d'une lettre écrite à M. le Préfet du Tarn-et-Garonne, par M. le Ministre de la Justice et des cultes, en date du 27 mai 1842, archives diocésaines.



Vue aérienne de la cathédrale par Roger Henrard, vers 1949-1953, Cliché MAP, 82HN0047



Vue du parement des collatéraux de la nef, ©Agence Caillault, 2014

Parmi les travaux réalisés au XX^e siècle, citons :

- la restauration des façades de la nef et du chœur, entre 1965 et 1975, accompagnée de la réfection des couvertures des chapelles et du déambulatoire ;
- la restauration des élévations des bas-côtés menée en 1979-80 par Bernard Voinchet. Il applique un enduit sur certaines parties, laissant la brique apparente sur d'autres, maintenant ainsi l'état hybride de la cathédrale ;
- la restauration des toitures en cuivre de la nef, du chœur et du transept en 1989-90 ;
- la restauration des enduits réalisée en 1993. Bernard Voinchet prend alors le parti d'enduire les murs gouttereaux des chapelles et de conserver en brique l'encadrement des baies et les tables saillantes. L'enduit des murs gouttereaux de la nef et du chœur n'a pas été restitué, excepté sur les façades des bras du transept.

Plusieurs campagnes sont axées sur la restauration des intérieurs : chapelles latérales (sud par Bernard Voinchet, ACMH, nord par Jean-Louis Rebière, ACMH), enduits de la nef et de la croisée du transept. visant à rétablir la bichromie des élévations, les lignes de l'architecture se détachant en ocre pâle sur les fonds unis traités en gris-bleu (nef par Régis Martin, ACMH, chœur et croisée par Jean-Louis Rebière, ACMH).

Dans son étude d'évaluation générale de la cathédrale de 2013, Jean-Louis Rebière ACMH ne relève aucune pathologie liée à la structure de l'édifice.



Vues de la cathédrale en novembre 2020. Clichés ©UDAP Tarn-et-Garonne

Les dernières campagnes de restauration, menées par Pierre-Yves Caillault, ACMH, ont eu comme objet :

- 2013-2015 : la restauration des intérieurs des bras du transept et de la chapelle Saint-Joseph ;
- 2015-2016 : la restauration des pots-à-feu ;
- 2018 : la restauration des intérieurs de la chapelle Saint-François d'Assise.

En conclusion, en 2020, avant l'apparition des fissures, la cathédrale est dans un bon état général, les dernières campagnes engagées concernant notamment des travaux de restauration et de mise en valeur des intérieurs.

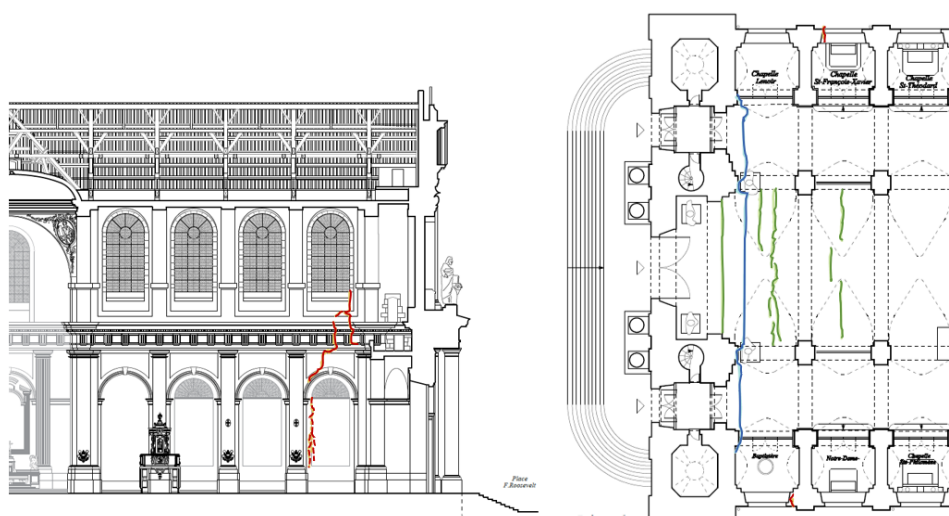
Apparition et évolution des désordres structurels

Lors d'une visite de contrôle du 30 octobre 2020, les agents de l'UDAP du Tarn-et-Garonne ont relevé l'apparition d'importantes fissures dans la 1^{ère} travée de la nef, qui ont été corrélées avec le chantier de réalisation du nouveau parking sous le parvis de la cathédrale.

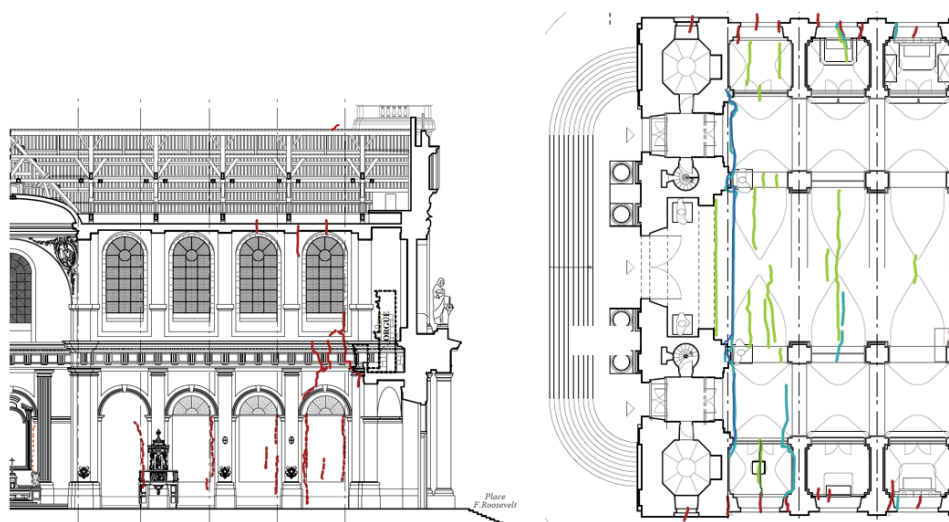
Positionnées dans plusieurs organes des élévations – tables surmontant les grandes arcades, fenêtres hautes, voûtes des bas-côtés, façades latérales – elles marquent une séparation physique entre le massif de façade et le reste du monument.

Dans le but de surveiller l'évolution de ces désordres, une instrumentation électronique adaptée a été mise en place dès décembre 2020 pour informer en temps réel sur leur évolution.

Depuis, de nouvelles fissures sont apparues. Elles montrent une extension des mouvements sur les autres travées de la nef et au cœur du massif de façade, ainsi que vers l'est.



Etat 2020 :
apparition des premières fissures



Etat 2024 :
évolution des fissures

*Coupes longitudinales vers le sud.
Plans. ©Agence Caillault*

SYNTHESE DE LA LOCALISATION ET L'EVOLUTION DES DESORDRES

Dans la cathédrale de Montauban, les désordres identifiés à partir d'octobre 2020 sont des fissures traversantes.

En premier lieu, des fissures traversant la première travée ouest : de la table des arcades principales, les voûtes de la nef et du bas-côté sud ainsi que les fenêtres hautes et les façades nord et sud.

Ces fissures ont été instrumentées dès le début afin de connaître leur évolution de manière précise. Un suivi du massif occidental par des inclinomètres a été également mis place.

De nouvelles fissures, de plus faibles dimensions sont apparues au cours du temps, en parallèle avec l'agrandissement de ces premières fissures. Ces désordres sont localisés sur les travées suivantes en allant vers l'est.

Les études menées depuis 2022 ont permis de démontrer que ces désordres sont dus à une réorganisation structurale des travées de la nef liée au seul tassement du massif occidental, lui-même induit par la mise en œuvre du parking sous le parvis de la cathédrale.

Les 3 premières travées de la nef accusent donc des désordres importants car elles accompagnent le mouvement du massif occidental (cause principale).

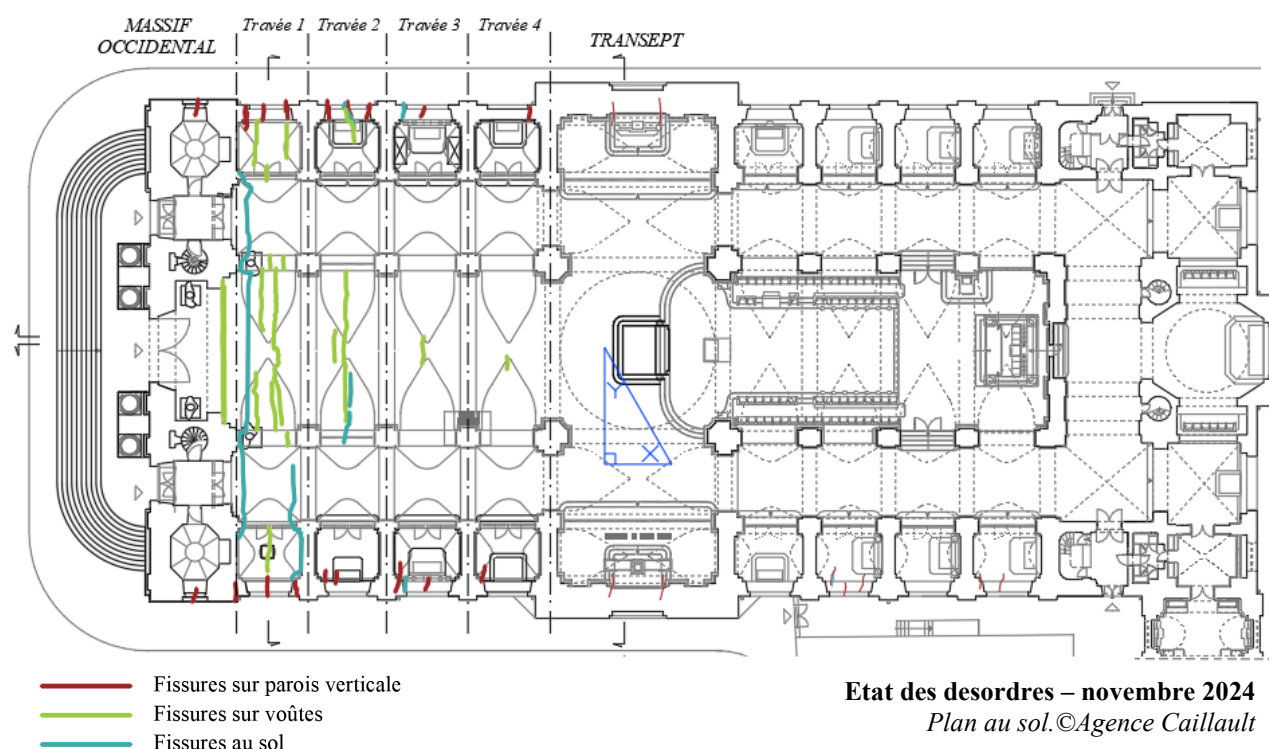
Le massif occidental étant bien plus lourd que le reste de l'édifice - alors que la descente de charge sur une pile de la nef est bien moins importante - son rôle structurel est d'épauler le reste de l'édifice et reprendre les poussées des voûtes.

Son déplacement engendre donc l'augmentation de la portée des voûtes et arcs, la modification des lignes de pression dans les voûtes adjacentes et donc leur fissuration aux points de fragilités.

La première travée se retrouvant modifiée, l'équilibre des poussées est modifié avec la deuxième travée qui va à son tour se réorganiser, d'où la progression des désordres dans l'édifice, vers l'est.

La plupart des désordres sont de ce fait concentrées sur les trois premières travées de la nef, avec des graduations :

- désordres fortement prononcés en première travée, notamment à l'interface avec le massif occidental (zone active) ;
- désordres globalement moins importants en deuxième travée ;
- désordres d'importance plus faible en troisième travée.

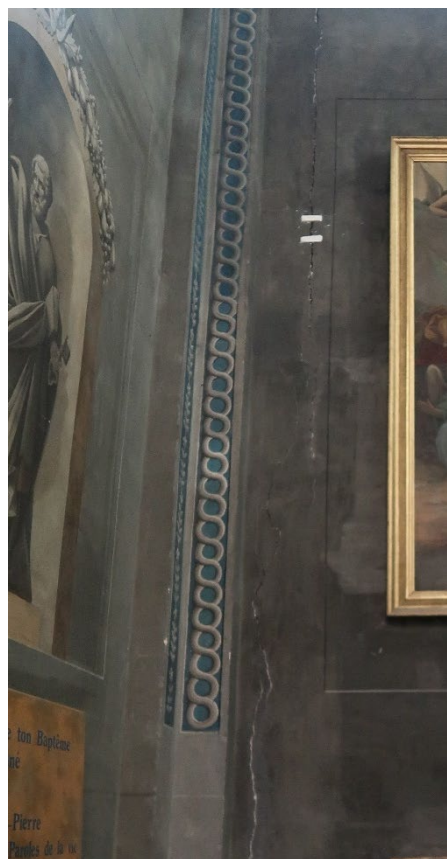


Les désordres les plus importants et les plus concentrés sont donc situés à proximité de la zone active du massif occidental (1^{ère} travée), là où le sol s'est tassé suite aux travaux de création du parking.

L'importance et la concentration des désordres diminuent ensuite dans les travées de la nef vers le transept (travées 2 à 4).

En continuant encore vers l'est, dans le transept et le chœur, les désordres relevés sont marginaux (microfissures).

Soulignons que ces désordres continuent d'évoluer, avec des mouvements pseudo-cycliques liés aux saisons et aux températures, mais avec une tendance d'ouverture des fissures irréversible.



EVOLUTION DES DESORDRES :

Chapelle du Baptistère - état mars 2022

Chapelle du Baptistère - état février 2025

Sur la voûte, une nouvelle fissure transversale a été relevée en novembre 2024

Sur le mur sud, l'on constate un agrandissement des fissures.

PARTI DE RESTAURATION

La solution de **confortement** proposée est circonscrite à **la partie occidentale de la cathédrale uniquement**, à savoir au massif occidental ainsi qu'aux trois travées attenantes. Les **travaux de restauration** des ouvrages endommagés concerneront outre le massif ouest et les 3 premières travées de la nef, les bras du transept et les 2 premières chapelles sud du chœur.

Cette solution a pour objectif d'assurer une stabilisation définitive du massif occidental en l'asseyant sur des fondations à même d'assurer un transfert convenable des efforts au sol porteur.

Les charges du **massif ouest seront reprises intégralement** au moyen de **micropieux équipés d'un système de vérinage** pour imposer la mise en charge lors des travaux et limiter au maximum les tassements différés.

Pour les **trois travées de la nef**, l'intervention consiste en un **renforcement des fondations existantes par des micropieux passifs**, dépourvus de vérinage, mais de forte raideur pour pouvoir être immédiatement mobilisés en cas de tassements ou de surcharges. L'effet recherché est la **constitution d'une zone de transition dégressive** avec le reste de la cathédrale non repris, afin d'éviter la création d'un « point dur ».

L'ensemble des micropieux sera relié aux fondations existantes par des ouvrages béton armé empochés par passes alternées dans les fondations.

Nous préconisons également la mise en œuvre des **armatures forcées** ayant pour rôle la solidarisation du massif occidental et de la première travée de la nef afin d'assurer à la fois le maintien du contact entre les voûtes et les arcades de la nef avec le massif ouest qui les épaula ainsi que le « couturage » des fissures d'interface entre le massif et la nef.

Les armatures forcées assureront également un complément de chaînage horizontal au sein du massif occidental, divisé sur toute sa hauteur par le vide des cages d'escalier.

Notons qu'avant la mise en œuvre des armatures, les maçonneries devront être consolidées.

Les interventions de reprise en sous-œuvre devront impérativement avoir été réalisées préalablement à toute intervention de reprise de la superstructure.

Les interventions en superstructure se feront après la reprise en sous-œuvre et avec un retour d'expérience favorable de la surveillance par instrumentation : pas de mouvements significatifs enregistrés durant cette période. Les restaurations de second-œuvre, seront réalisées environ un an après la fin des interventions de reprise en sous-œuvre, avec la même démarche vis-à-vis des résultats de la surveillance par instrumentation.

ETAIEMENTS PROVISOIRES

L'opération de confortement sera précédée par la mise en œuvre des étalements dans l'ensemble des zones concernées par la reprise en sous-œuvre.

Notons que **les étalements** - sauf ceux de l'avant-corps ouest et des retables des chapelles Saint-Théodard et Sainte-Philomène - auront pour **rôle uniquement d'assurer un contreventement**, une forme de continuité de la structure de l'édifice afin de ne pas engendrer des désordres supplémentaires durant les travaux de reprise des fondations.

Les étalements resteront en place jusqu'à la fin des opérations de vérinage des micropieux.

• Le massif ouest :

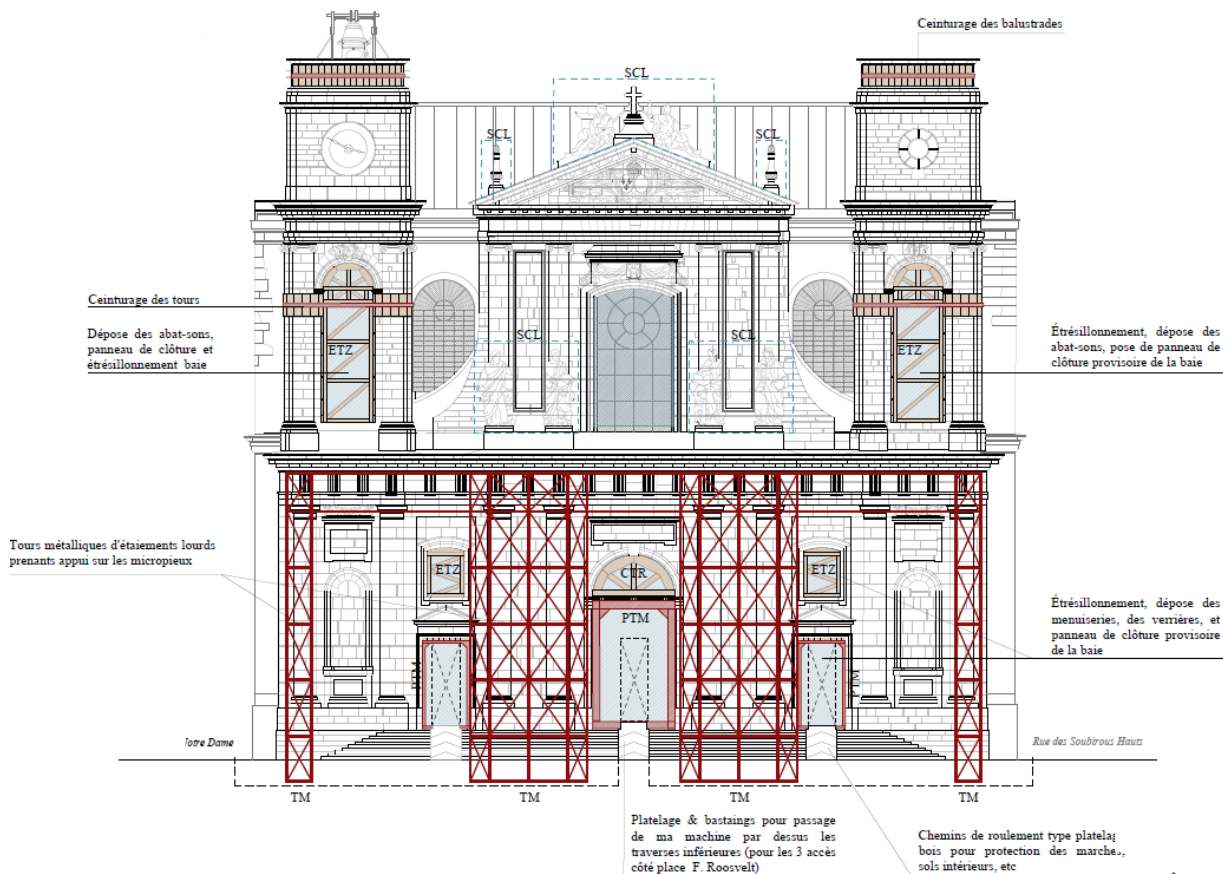
L'avant-corps de la façade ouest sera mis sous étais, de même que la corniche en pierre, très saillante.

Ces étalements seront les seuls ouvrages à reprendre des charges structurales, nécessaires lors de la démolition des maçonneries des fondations des colonnes pour la RSO du massif ouest.

Les tours nord et sud seront ceinturées au niveau des pilastres et des balustrades de couronnement.

L'ensemble des baies du massif ouest sera étré sillonné, afin que les maçonneries de celui-ci se comportent de manière unitaire lors des reprises en sous-œuvre.

Des sanglages sont prévus pour les 4 grandes statues des apôtres de l'avant-corps central de la façade ainsi que pour le groupe sculpté couronnant le fronton.

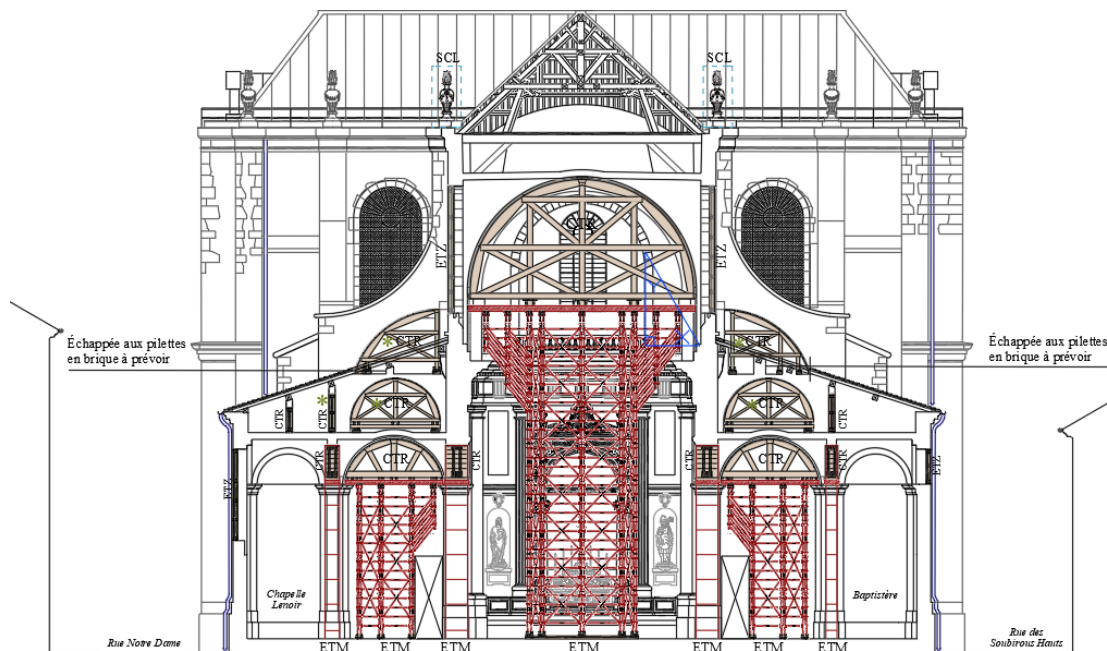


Principe d'etaiements. Elévation ouest ©Agence Caillaault

• La nef :

Les 3 premières travées la nef avec les bas-côtés et les chapelles, y compris dans les combles des bas-côtés, seront également étagées. Nous prévoyons la mise en œuvre de cintres en bois sur des tabourets formés de tours métalliques, permettant de libérer le plus d'espace au sol pour la reprise en sous-cœuvre. La configuration des tabourets métalliques évoluera par phase pour libérer de l'espace au sol pour les travaux. La configuration du cintre du premier arc doubleau sera adaptée en fonction de la présence de l'orgue. Les baies de ces 3 travées seront étrésoillonnées.

Des sanglages sont prévus pour l'ensemble des pots-à-feu de la nef.



Principe d'etaiement. Coupe transversale sur nef ©Agence Caillaault

• Les chapelles – les retables :

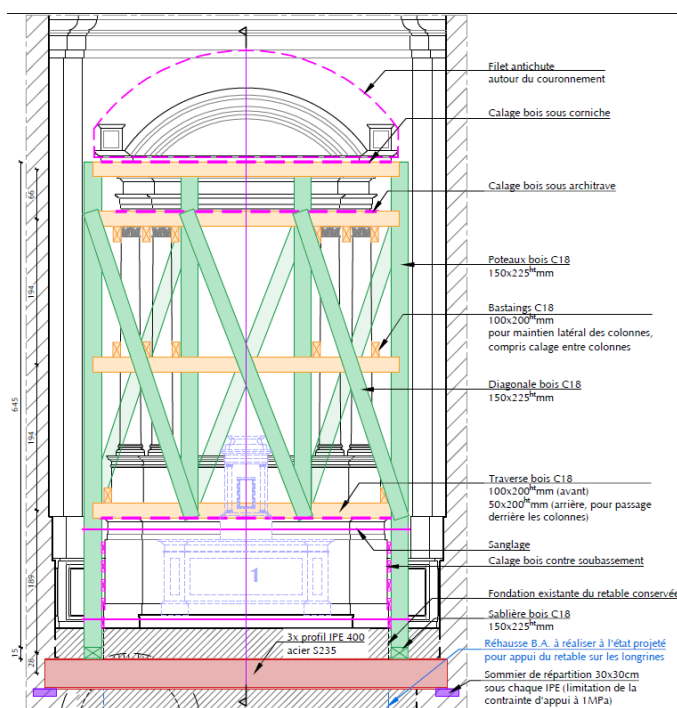
Les sondages complémentaires, réalisés pendant les phases d'étude, ont permis de préciser le système de fondation des retables présents dans les chapelles Saint-Théodard et Sainte-Philomène.

L'arase inférieure de fondation du retable de la chapelle Saint-Théodard a été reconnue à environ 45 cm sous le dallage.



Localisation et détail de la fouille montrant la fondation du retable de la chapelle Saint-Théodard (descendue à env. 45 cm sous le niveau fini du dallage)

Une fois les autels déposés, la stabilité de ces ouvrages, conservés *in situ*, sera assurée en totalité par des étaitements provisoires, appuyés sur des chevêtres métalliques empochés dans les murs de refend des chapelles et dans les murs gouttereaux.



Méthodologie d'intervention en sous-œuvre des retables. ©BMI

• Les fouilles :

Les fouilles de terrassement nécessaires aux reprises en sous-œuvre descendant à plus de 1,30 m seront blindées. Il s'agit notamment des fouilles sous le massif ouest (cf. carnet de plans BMI). Les fouilles dans la nef, peu profondes seront seulement ponctuellement blindées à l'aplomb des tabourets des étaitements. Les fouilles seront réalisées par passes alternées pour éviter tout risque de déstabilisation des superstructures existantes lors de la reprise en sous-œuvre.

DEPOSES ET PROTECTIONS (se référer à la « Liste complète des éléments déposés » jointe au dossier)

L'intervention de reprise en sous-œuvre implique la dépose, le déplacement et la protection de nombreux éléments présents dans les 3 premières travées de la nef, bas-côtés et chapelles compris : mobilier liturgique, mais aussi des éléments d'architecture (ouvrages de ferronnerie, menuiserie, statuaire).

La totalité du **mobilier liturgique** encore présent dans la nef et les bas-côtés, y compris chapelles sera protégé et / ou déplacé : autels, tabernacles, retables, grilles de communion, statues, bénitiers, tronc d'offrandes, ex-votos, stations du chemin de croix, chaire à prêcher, etc.

Des constats d'état, effectués par un restaurateur spécialisé, seront à réaliser en amont pour l'ensemble de ces éléments.

Notons que la CRMH a déjà fait déplacer et mis à l'abri une partie du mobilier présent dans cette partie de l'édifice (tableaux, chandeliers, armoires, diverses statues, éléments lapidaires, etc.) en 2021.



Exemples de mobilier à déposer : chaire à prêcher dans la nef, lutrin dans la chapelle de la Croix, autel de la chapelle Sainte-Philomène, grille de communion de la chapelle Lenoir, tronc, fonts baptismaux dans la chapelle du Baptistère

L'**orgue** situé dans la nef sera mis à l'abri par la pose d'un caisson étanche en surpression. Cette protection sera maintenue durant toute l'opération.

Les toiles – hors présente opération

L'ensemble des toiles présentes dans l'emprise du futur chantier sera pris en charge en dehors de cette intervention.

Seront concernés :

- l'huile sur toile intégrée au retable de la chapelle Saint-Martin : déposée avec soin, selon les prescriptions d'un spécialiste en conservation préventive. L'œuvre sera posée dans un caisson adapté pour stockage dans la cathédrale et des constats d'état seront effectués régulièrement.

- la grande **toile** *L'Apparition du Sacré-Cœur à Sainte Marguerite-Marie* d'Armand Cambon, présente dans le bras sud du transept, sera conservée *in situ*, avec une protection adaptée durant les travaux ;
- les 4 toiles du bras nord du transept : dépose avec un stockage *in situ* ;
- le Chemin de Croix dans la nef : dépose avec stockage *in situ*.

Notons que *Le Vœu de Louis XIII* d'Ingres dans le bras nord du transept a été entre temps déposé par la CRMH et se trouve actuellement au Musée Ingres.



Vues de la toile de la chapelle Saint-Martin, de « *L'Apparition du Sacré-Cœur* » dans le transept sud et du « *Vœu de Louis XIII* » dans le bras nord du transept (déjà déposé)

Les **décor peint** des murs des chapelles nord et sud de la nef devront également être protégés durant les travaux de reprise des fondations.

Etant donné que la dépose de certaines œuvres a dévoilé la présence de décors peints sous-jacents, comme dans la chapelle Saint-François-Xavier ou la chapelle du Baptistère, des sondages seront prévus dans ce sens.

Les **ouvrages en pierre** - les 4 statues des évangélistes dans la nef, la tête voilée dans la chapelle Lenoir ainsi que fragments de divers ouvrages conservés dans la tour nord-ouest - seront déplacées vers le chœur de la cathédrale.



Statues d'évangélistes et bénitier à déplacer

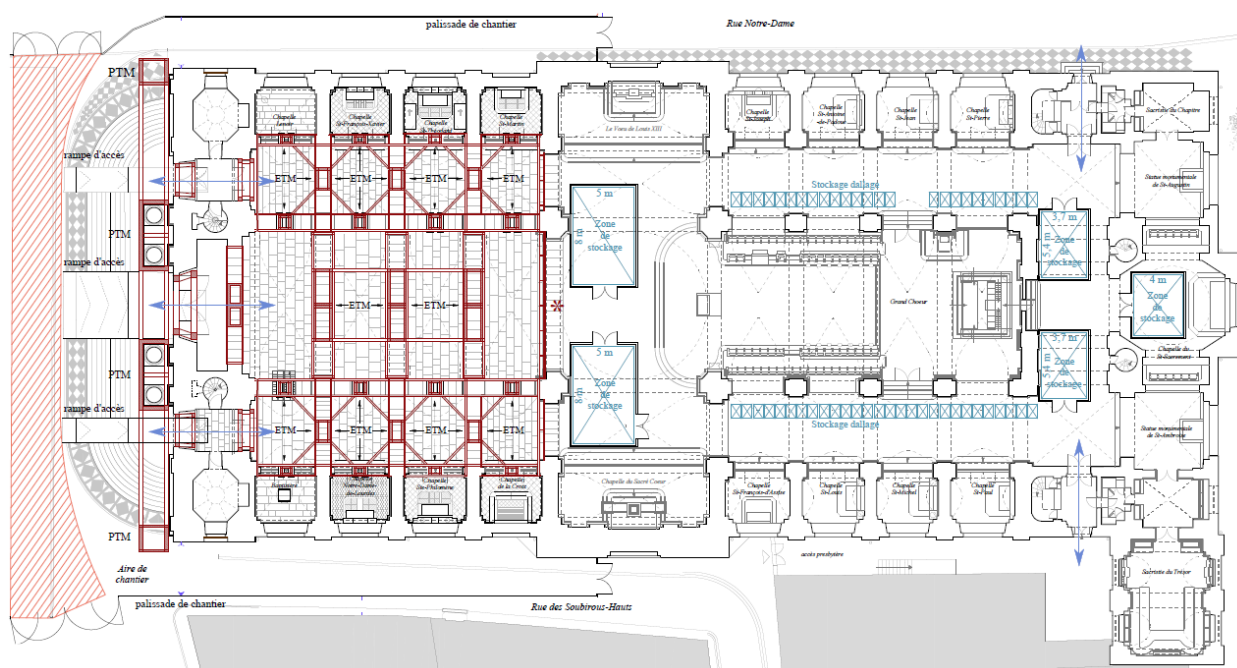


Divers fragments en pierre dans la tour nord-ouest

Plusieurs **zones de stockage** servant de réserves pour les divers éléments déposés seront mises en œuvre au sein de la cathédrale dont les deux principales localisées à la croisée du transept (cf. *pièces graphiques*).

La surface de ces réserves proposée est d'environ 160 m² au sol. Les structures se développeront également sur plusieurs niveaux et seront sécurisées avec des palissades en bois et portails fermés.

Après la première phase de travaux, lors de la réouverture de la cathédrale au public, au moins une des zones de stockage située à la croisée du transept devra être désaffectée.

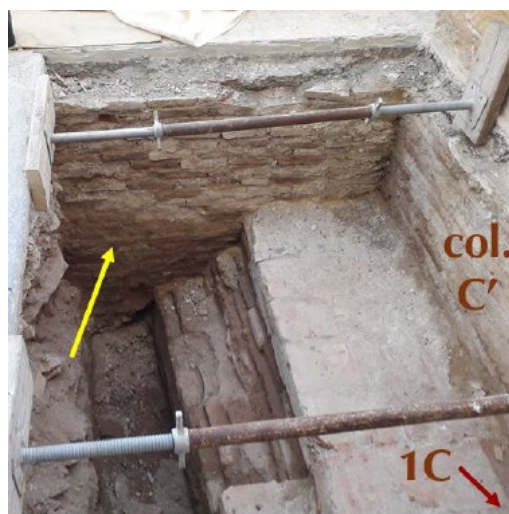


En bleu - emplacements envisagés pour la création des réserves à la croisée du transept et dans le chœur

Plusieurs **ouvrages d'architecture** seront déposés en conservation : menuiseries des portails d'entrée, lambris au pourtour des chapelles de la nef, abat-sons des tours. Ces éléments seront stockés dans les ateliers des entreprises, pour des reprises ponctuelles.

Les marches des tourelles d'escalier, les tuiles des zones de couverture déposées sur des bas-côtés, les revêtements de sol de la nef, des collatéraux et des chapelles seront conservés sur place. Une zone de stockage dédiée au dallage est envisagée le long du déambulatoire (*en bleu sur le plan ci-dessus*).

Le système de sonorisation et d'éclairage compris câbles divers sera déposé et conservé in situ.



La reprise en sous-œuvre de la façade occidentale nécessitera la dépose partielle du perron de la cathédrale.

La zone déposée sera limitée à l'emprise des fouilles blindées uniquement.

A noter la présence d'infrastructures en brique reconnues lors des fouilles, qui ne semblent pas directement appartenir au système de fondations de la façade et de son avant-corps, et seront à déposer avec le perron.

La fouille RF5 au pied de l'avant-corps de la façade, avec repérage d'infrastructures en brique ne semblant pas appartenir au système de fondations de l'avant-corps (flèche jaune) ©Géolia.

MESURES DE CONFORTEMENT

• Reprises en sous-œuvre :

Les ouvrages de confortation des fondations reprennent la totalité des charges descendues par les deux files du massif occidental qui est la zone la plus impactée par le sinistre de 2019.

En arrière du massif, le confortement est étendu aux trois premières travées de la nef pour une reprise dégressive des charges, afin de ménager une zone de transition avec le reste de l'édifice et d'éviter les points durs.

Les reprises en sous-œuvre se feront avec des micropieux tubés, ce qui permettra la conservation de l'intégralité des couches archéologiques, tout en maîtrisant les injections, étant donné la présence de cavités.

Les **micropieux mis en œuvre seront de type III**, d'un diamètre allant de 20 à 25cm.

Sous le massif ouest (files 1 et 2), les **140 micropieux seront vérinés**.

La mise en charge des micropieux par **vérinage** assurera le transfert des efforts des fondations existantes vers les ouvrages de reprise et limitera au maximum les tassements résiduels après intervention.

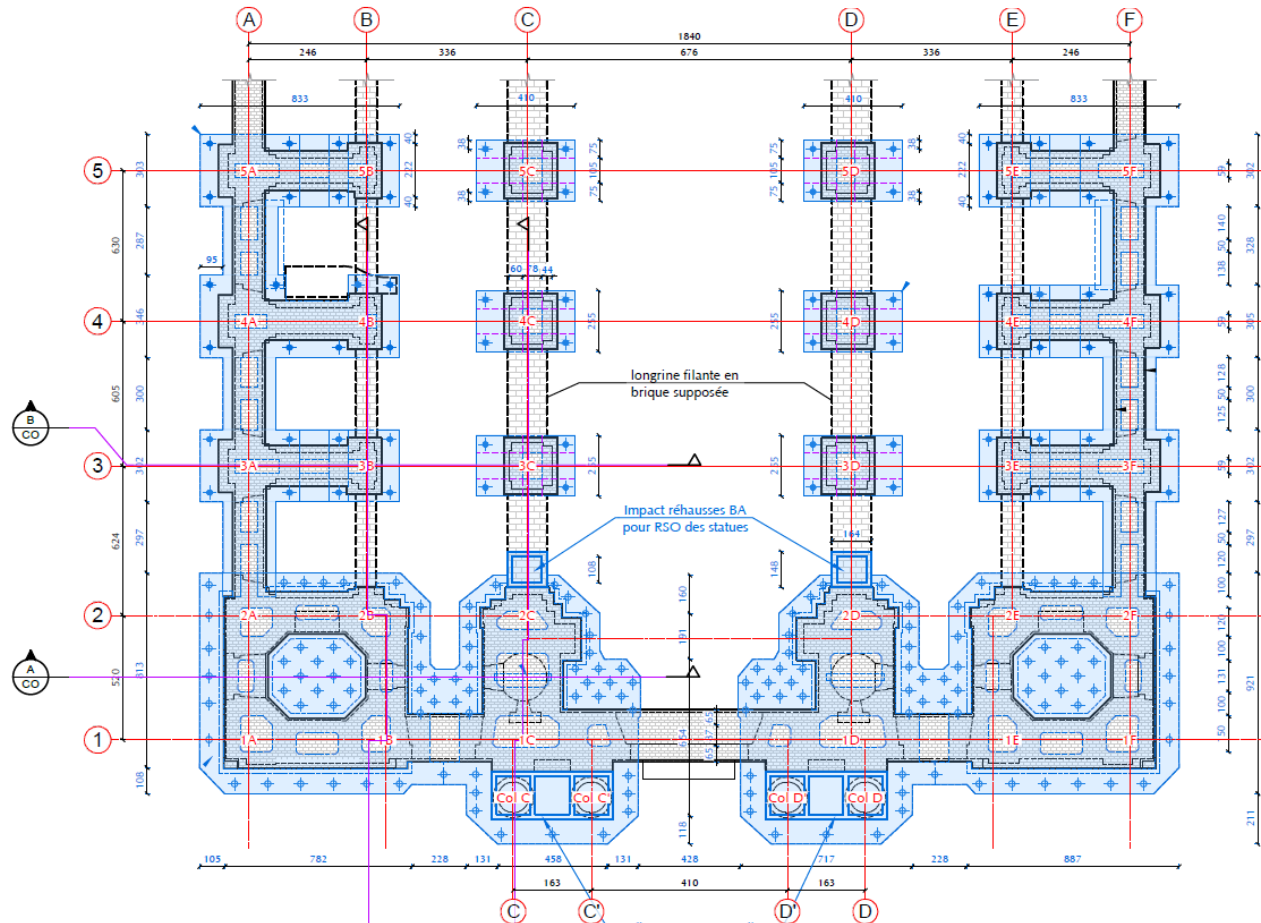
La reprise en sous-œuvre est étendue également aux trois premières travées de la nef. Dans le cas de la nef, il s'agit d'un renforcement des fondations existantes par des **micropieux passifs**, dépourvus de vérinage, mais de forte raideur afin de pouvoir être immédiatement mobilisés en cas de tassements ou de surcharges. L'effet recherché est la constitution d'une zone de transition dégressive avec le reste de la cathédrale non repris.

Le ratio de reprise des charges existantes sera de :

- 100% sous les files 1 et 2 du massif de façade ;
- 50% sous les appuis de la file 3 (nef) ;
- 40% sous les appuis de la file 4 (nef) ;
- 30% sous les appuis de la file 5 (nef).

⊕ Micropieu type III, Ø250 mm + système de vérinage en tête
tot. 140 unités,

⊕ Micropieu type III, Ø200 mm, non vériné
tot. 72 unités



Reprise en sous-œuvre par micropieux et longrines. Plan ©BMI

Les micropieux, localisés sur les plans BMI, seront réalisés après dépose en conservation des dallages existants. L'absence de réseaux sous trottoirs devra être vérifiée. Si nécessaire, la position des micropieux devra être adaptée.

Un réseau de **longrines en béton armé** permettra de transférer les charges de la superstructure aux nouvelles fondations. Ces ouvrages seront engravés dans les maçonneries.

Pour des questions de méthodologie d'exécution, et afin de limiter autant que possible les affouillements à travers les massifs de fondation lors de la réalisation des longrines et radiers en béton armé, il a été laissé des « **trémies** » dans ces ouvrages, **au droit desquelles les massifs en briques ne sont pas directement en appui sur les ouvrages en béton armé.**

Pour chaque trémie, le « pontage » entre les ouvrages béton se fait via la formation d'un arc de décharge au sein de la maçonnerie du massif de fondation. **Les poussées de ces arcs sont reprises par le ferrailage des ouvrages béton armé (longrines, radier)** qui constituent un ensemble continu sous les fondations de la façade. La transmission des efforts se fait via des « **talonnettes** » en béton armé encadrant la base des fondations.

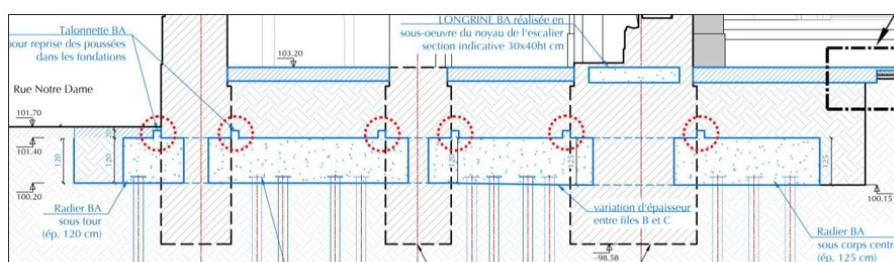
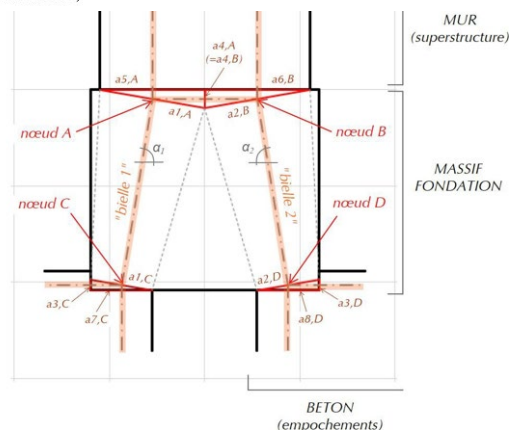
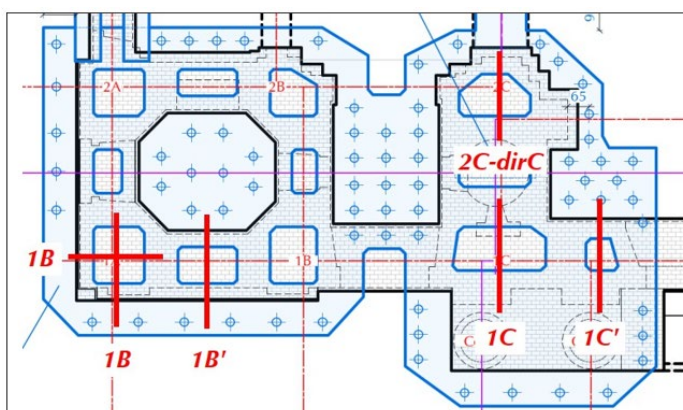


Figure 10 : illustration du principe de "talonnettes" sur extrait de la coupe AA (cf. CARNET DE PLANS 04)

Illustration du principe de talonnettes ©BMI



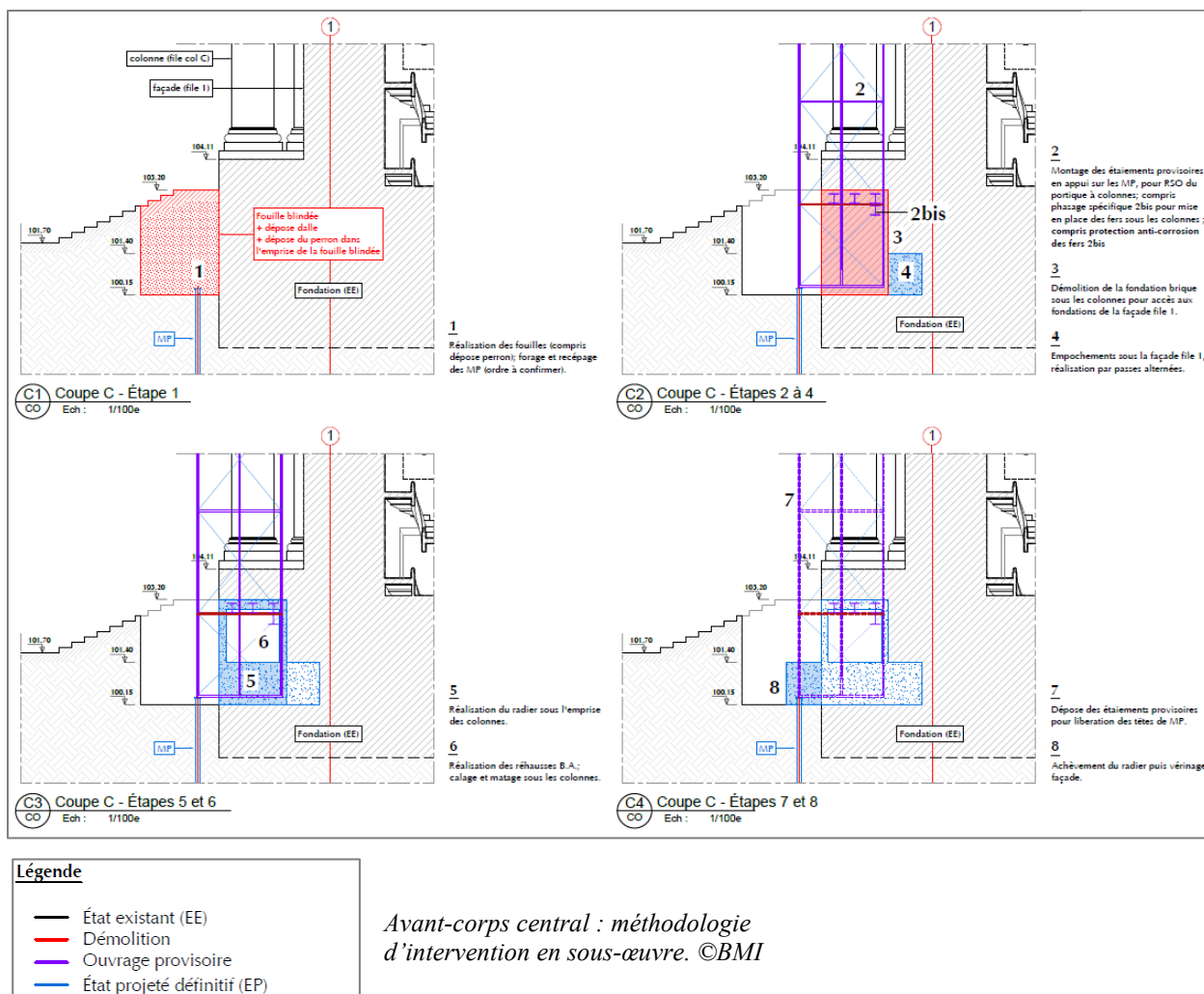
• Cas spécifique de l'avant-corps central :

La présence de l'avant-corps central appelle une adaptation des interventions.

Étant donné les charges élevées redescendues par la façade, il est nécessaire de réaliser des empochements sous cette dernière (ie. sous les repères 1C et 1D). L'accès à ces ouvrages est toutefois interdit par la présence des fondations de l'avant-corps (repères col. C, C', D et D' ; voir également l'illustration ci-contre).

Par conséquent, il est nécessaire de déposer provisoirement les fondations de l'avant-corps pour reprendre en sous-œuvre la façade.

Pendant cette phase provisoire, la reprise de l'avant-corps est assurée en totalité par son étaieement provisoire.



• Le vérinage des micropieux

Sous le massif ouest, il est prévu la mise en charge de la totalité des 140 micropieux par **vérinage**.

Le vérinage a pour but la mise en charge la structure de la manière la plus progressive et la plus homogène possible, afin de minimiser le risque d'apparition de désordres en superstructure.

Les vérins sont disposés sur les têtes des micropieux et noyés dans les ouvrages béton armé.

Le vérinage devra être réalisé en plusieurs groupes. Nous proposons une division du massif ouest en 4 groupes de 35 micropieux chacun, correspondant à des ouvrages monolithiques en superstructure (tours nord et sud, demi-corps centraux). Ce découpage indicatif sera à adapter en phase EXE.

Il sera prévu le **suivi des déplacements de l'ouvrage dans le cadre de la mise en charge par vérinage**. Le suivi sera à prévoir par appareillage électronique pour surveillance en temps réel des mouvements.

• Mise en œuvre d'armatures forcées en superstructure pour reconstitution de chainages :

Des armatures forcées dans les maçonneries du massif ouest et de la première travée de la nef, formant tirants passifs, seront mises en œuvre.

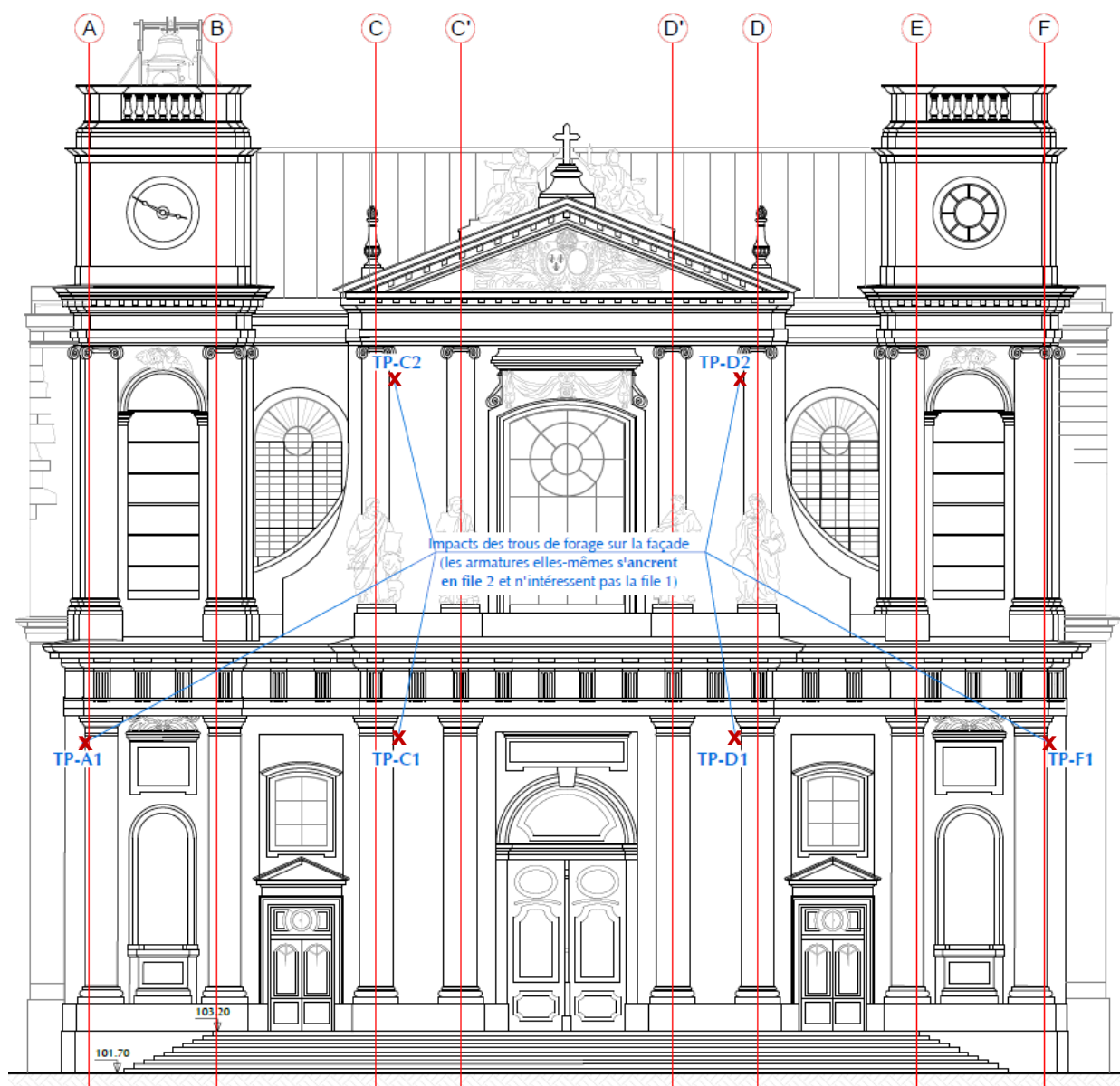
Le rôle des armatures sera de :

- solidariser le massif occidental et la première travée de la nef afin d'assurer le maintien en contact des voûtes et arcades de la nef avec le massif qui les épaula, ainsi que le « couturage » des fissures d'interface entre le massif et la nef ;
- assurer un complément de chaînage horizontal au sein du massif occidental, divisé sur toute sa hauteur par le vide des cages d'escalier.

Ces armatures forcées seront en acier inoxydable scellés chimiquement dans les maçonneries.

Au total, 6 armatures seront mises en œuvre (*voir pièces graphiques BMI pour la localisation précise*) :

- 2 dans murs gouttereaux de la nef, au-dessus des grandes baies ;
- 2 au-dessus des arcs formerets principaux de la nef ;
- 2 au niveau des murs de façade des chapelles nord et sud.



Armatures forcées en superstructure. Façade ouest. Dessin ©BMI

Le forage des armatures sera réalisé depuis la façade extérieure ou dans les ébrasements de baies. Un échafaudage dédié sera mis en œuvre sur la façade ouest.

Pour ce faire, certaines pierres devront être déposées en conservation et reposées à la fin de l'opération de forage (pierres de parement, marches d'escaliers en vis, etc.). Des étalements provisoires sont prévus dans ces cas.

Le type de foreuse à utiliser sera adapté aux conditions du chantier : intervention en hauteur ; dans l'encombrement des étalements provisoires, des baies, etc.

La bonne exécution du forage devra être contrôlée à l'aide d'un radar ou d'un pachomètre.

La présence présumée d'armatures en fer dans la plate-bande pouvant interagir avec les forages a pu être écartée.

Rappelons que préalablement à la mise en place des armatures forées, les maçonneries concernées par cette intervention feront l'objet d'une restauration.

RESTAURATIONS DES OUVRAGES ENDOMMAGES

Une fois la stabilité structurelle de la cathédrale assurée, il sera possible de procéder à la restauration de tous les ouvrages affectés par les désordres structurels.

Premièrement, la restauration des murs, arcs, voûtes, affectés par les fissures :

- relancis pour la reprise des maçonneries en briques foraines fissurées ;
- reprise des maçonneries en pierre de taille : remaillage des fissures, déposes / reposes de pierres en conservation, remplacement des pierres dégradées, brochage des éléments instables ;
- confortement des maçonneries de toutes natures par injections de coulis de chaux ;
- rejointoiements et refichages.

La plupart des maçonneries en brique étant recouvertes d'un enduit, voire en plus d'un décor peint dans les chapelles, le piochement des enduits sans décor avant la reprise des fissures, précédant leur réfection, est nécessaire.

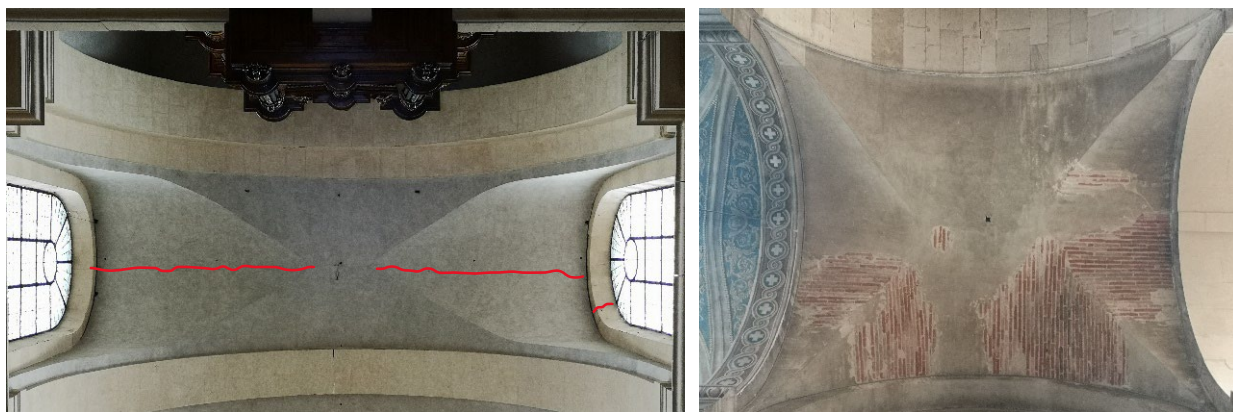
Les enduits décorés seront dépoussiérés soigneusement, consolidés et repris après le confortement des maçonneries.

Les travaux de restauration du décor endommagé seront réalisés en phase suivante.

Comme principe général, pour le respect des règles de l'Art, la réfection de l'enduit d'un élément d'architecture entier est envisagée : l'élévation d'une travée, un quartier de voûte, un entablement, etc.



Dans les exemples présentés ci-contre : réfection de l'enduit de l'ensemble de la travée du bas-côté, et de l'entablement au-dessus de l'arc de la nef.



A gauche, voûte de la première travée de la nef. A droite, voûte du collatéral sud devant la chapelle du Baptistère

Depuis le sol, nous n’observons pas de fissures sur les voûtes en brique des collatéraux de la nef. Cependant, les nombreuses chutes d’enduit de joints constatés à ces endroits, nous font deviner leur présence. Les maçonneries en briques de ces voûtes devront donc également être reprises : relancis en recherche, injections de coulis, rejointoiement, réfection des enduits.

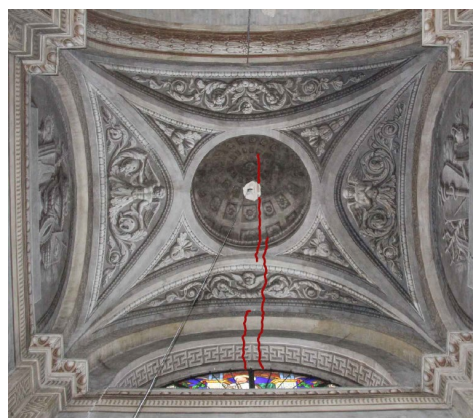
Dans le cas de la présence de décors peints, le piochement, réalisé avec un soin particulier, sera limité au stricte nécessaire pour la reprise des fissures.

Ensuite, la restauration du décor sera étudiée au cas par cas, l’étendue de l’intervention suivant la logique de chaque composition et sera programmée en accord avec la CRMH. Un protocole de restauration spécifique à chaque chapelle, à chaque décor sera établi.



Exemples de décor peint endommagé par des fissures.

Murs de fond des chapelles Saint François-Xavier et Saint-Martin et voûte de la chapelle Saint François-Xavier



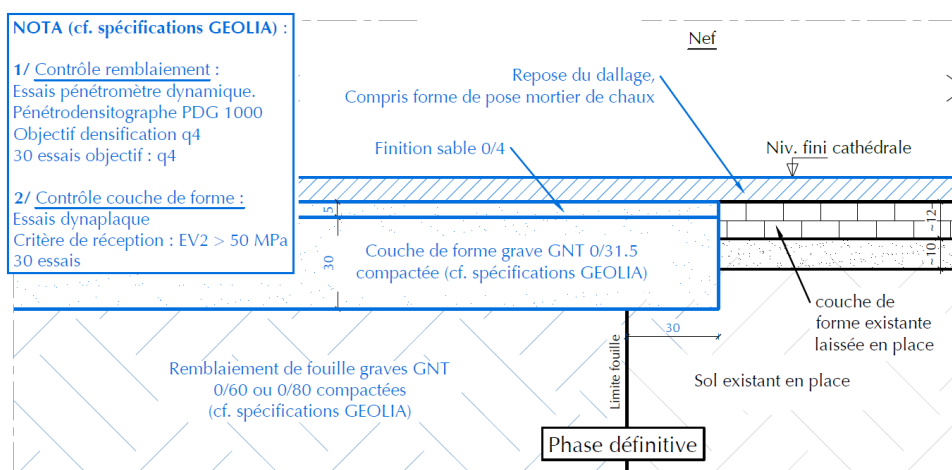
Les ouvrages d’architecture en pierre de taille comportant des fissures – corniche, arcs, soubassements, etc. – seront restaurés de manière classique, tel que précisé ci-avant.

Plusieurs types de revêtement de sol intérieur sont présents dans cette partie de la cathédrale : dalles en pierre pour les travées de la nef, des collatéraux et des chapelles Lenoir et du Baptistère, en carreaux de ciment pour la chapelle Notre-Dame de Lourdes, et en carreaux de pierre noire et blanche pour le reste des chapelles.



Divers types de revêtement de sol. De gauche à droite : nef et collatéraux, chapelle Notre-Dame de Lourdes et chapelle Saint François-Xavier

Les dalles et les carreaux fissurés seront déposés et remplacés à l'identique. Les joints fissurés seront repris. Des déposes/ reposes en recherche seront nécessaires pour l'ensemble des fouilles liées aux reprises en sous-œuvre. Dans ces zones, le sol sera refait dans le respect des dispositions actuelles : déposes en conservation, reposes compris compléments de dalles et carreaux, rejointoiement, etc. La réfection de la forme support est également prévue. L'ensemble du sol sera nettoyé pour harmonisation.



Principe de rebouchage des fouilles et réfection du sol. ©BMI

Les pierres tombales dans la chapelle Saint Théodard

La chapelle Saint-Théodard abrite 2 pierres tombales.

Les investigations menées en phase études nous ont confirmé la présence d'un caveau le long de la paroi ouest de cette chapelle.



Caveau et pierres tombales présentes dans la chapelle Saint-Théodard. Clichés ©UDAP et Agence Caillaault

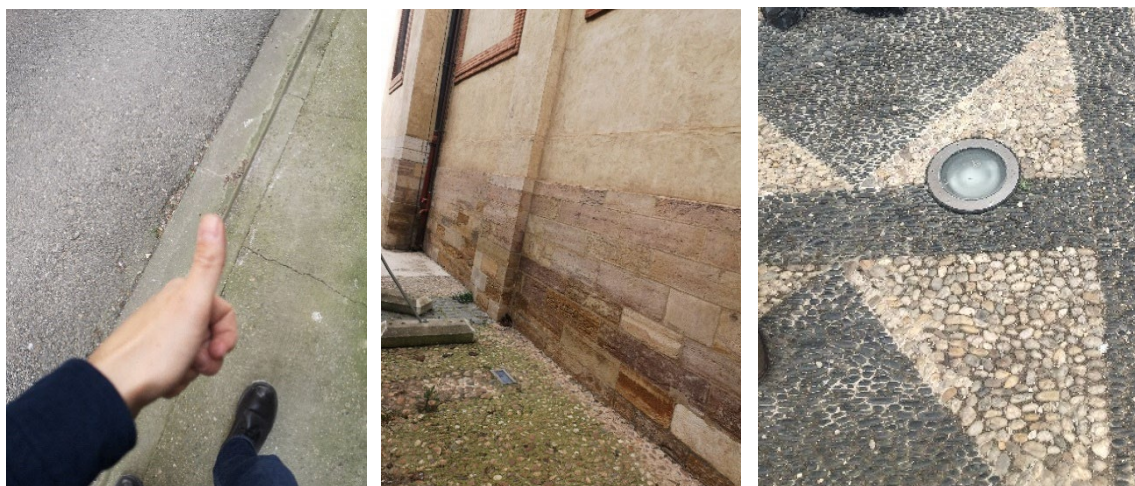
Afin de ne pas déstabiliser la voûte du caveau, les travaux de reprise des fondations ne devront pas impacter son volume principal.

L'implantation des micropieux et des longrines sera adaptée à la présence de ces ouvrages.

Un pontage des pierres tombales par platelage de circulation renforcé par poutrelles métalliques sera fait pour permettre la circulation de la foreuse dans la chapelle.

Une attention particulière sera portée au blindage des fouilles adjacentes aux caveaux pour éviter toute accident pendant les travaux. Un frettage complémentaire des parois du caveau (type sangles et couchis) sera également à prévoir.

Les abords de la cathédrale seront également traités une fois les travaux terminés : reprise et remise en état des trottoirs et autres aménagements.



Divers types de revêtements de sol présents aux abords de la cathédrale : pavés en pierre, enrobé, calade

PROGRAMME DES TRAVAUX

L'opération de confortement de la structure de la cathédrale et de reprise des ouvrages endommagés sera **organisée en une tranche ferme et trois tranches optionnelles** :

- Tranche ferme (TF) :
 - Phase I : Mesures de confortement.
 - Phase II : Reprise des ouvrages endommagés. Mesures d'urgence. Repose des éléments d'architecture et des objets mobiliers de la nef et des chapelles de la nef.
- Tranche optionnelle 1 (TO1) : Restauration des enduits et décors peints des chapelles de la nef.
- Tranche optionnelle 2 (TO2) : Reprise des fissures et décors peints des bras du transept et des 2 chapelles du chœur.
- Tranche optionnelle 3 (TO3) : Restauration des éléments d'architecture et des objets mobiliers des chapelles de la nef.

La réouverture de l'édifice au public se fera en 2027, à la fin de la première phase d'intervention.

Les travaux seront allotés de manière suivante :

- Lot n°00 : Installations de chantier ;
- Lot n°1A : Maçonnerie / Pierre De Taille – Fondations Spéciales ;
- Lot n°1B : Maçonnerie / Pierre De Taille – Sculpture – Marbrerie ;
- Lot n°02 : Charpente – Couverture ;
- Lot n°03 : Ferronnerie – Polychromie ;
- Lot n°04 : Menuiserie – Ebénisterie – Polychromie ;
- Lot n°05 : Décors peints ;
- Lot n°06 : Electricité – Eclairage.

Les tranches de travaux se décomposeront de la manière suivante :

TRANCHE FERME

• **Phase I : Mesures de confortement du massif ouest et des 3 premières travées de la nef, compris chapelles :**

- Installations de chantier ;
- Déposes et protections du mobilier et des ouvrages divers ;
- Mise en œuvre de l'ensemble des étalements ;
- Fouilles / Tranchées. Forage de micropieux. Ouvrages en béton. Vérinage des micropieux du massif ouest ;
- Mise en œuvre des armatures forées en superstructure ;
- Dépose des étalements intérieurs et extérieurs ;
- Reprise des sols (intérieur, perron et abords nord et sud) ;
- Remise en place partielle du mobilier (autels des chapelles nord de la nef) ;
- Echafaudages et protections intérieures (nef et bas-côtés) et extérieurs (élévations nord / sud nef) pour restauration des maçonneries endommagées ;
- Démarrage de la restauration des maçonneries extérieures et intérieures ;
- Eclairage complémentaire provisoire pour la réouverture de la cathédrale ;
- Dépose partielle des installations de chantier et des zones de stockage ;
- *Commission de sécurité. Réouverture de la cathédrale.*

• **Phase II : Reprise des ouvrages endommagés. Mesures d'urgence. Repose des éléments d'architecture et des objets mobiliers de la nef et des chapelles de la nef.**

- Poursuite de la restauration des maçonneries intérieures (nef / bas-côtés) ;
- Poursuite de la restauration des maçonneries extérieures (nef nord/sud) ;

- Réfection des enduits et des badigeons ;
- Dépose des échafaudages extérieurs (nef nord / sud) ;
- Reprise des sols (finalisation abords nord et sud) ;
- Remise en place de l'éclairage et de la sonorisation ;
- Dépose des échafaudages intérieurs (nef et bas-côtés) ;
- Pose échafaudage et protections (chapelles de la nef) ;
- Consolidation des décors peints des chapelles de la nef ;
- Remise en place du mobilier immeuble par destination ;
- Dépose partielle des installations de chantier et des zones de stockage.

TRANCHE OPTIONNELLE 1 (TO1)

Restauration des enduits et décors peints des chapelles de la nef :

- Echafaudages et protections (chapelles nord et sud de la nef) ;
- Restauration des enduits et des badigeons des chapelles de la nef ;
- Restauration des décors peints des chapelles de la nef ;
- Dépose partielle des installations de chantier.

TRANCHE OPTIONNELLE 2 (TO2)

Reprise des fissures et décors peints des bras du transept et des 2 chapelles du chœur :

- Echafaudages et protections bras nord et sud du transept et chapelles du chœur (Saint-Louis et Saint-Paul) ;
- Traitement des fissures ;
- Reprise des décors peints ;
- Reprise des objets mobiliers déposés.

TRANCHE OPTIONNELLE 3 (TO3)

Restauration des éléments d'architecture et des objets mobiliers des chapelles de la nef :

Sera exécutée en simultané avec la phase II de la Tranche ferme.

- Echafaudages et protections (chapelles et nef) ;
- Restauration de mobilier in situ / en atelier ;
- Réparations et remise en état des luminaires et des installations électriques identifiées défectueuses ;
- Dépose partielle des installations de chantier.

ORGANISATION DE CHANTIER

La présente opération fera l'objet d'une tranche ferme et 3 tranches optionnelles, avec des organisations différentes, illustrées dans les plans d'installations de chantier figurant dans les pièces graphiques.

En Tranche ferme, Phase I, durant les travaux de confortement, la cathédrale sera **complètement fermée au public**.

A la fin de cette première phase, l'intégralité des étaitements, intérieurs et extérieurs, seront déposés.

La totalité des revêtements de sols déposés, intérieurs et extérieurs, auront été remis en place.

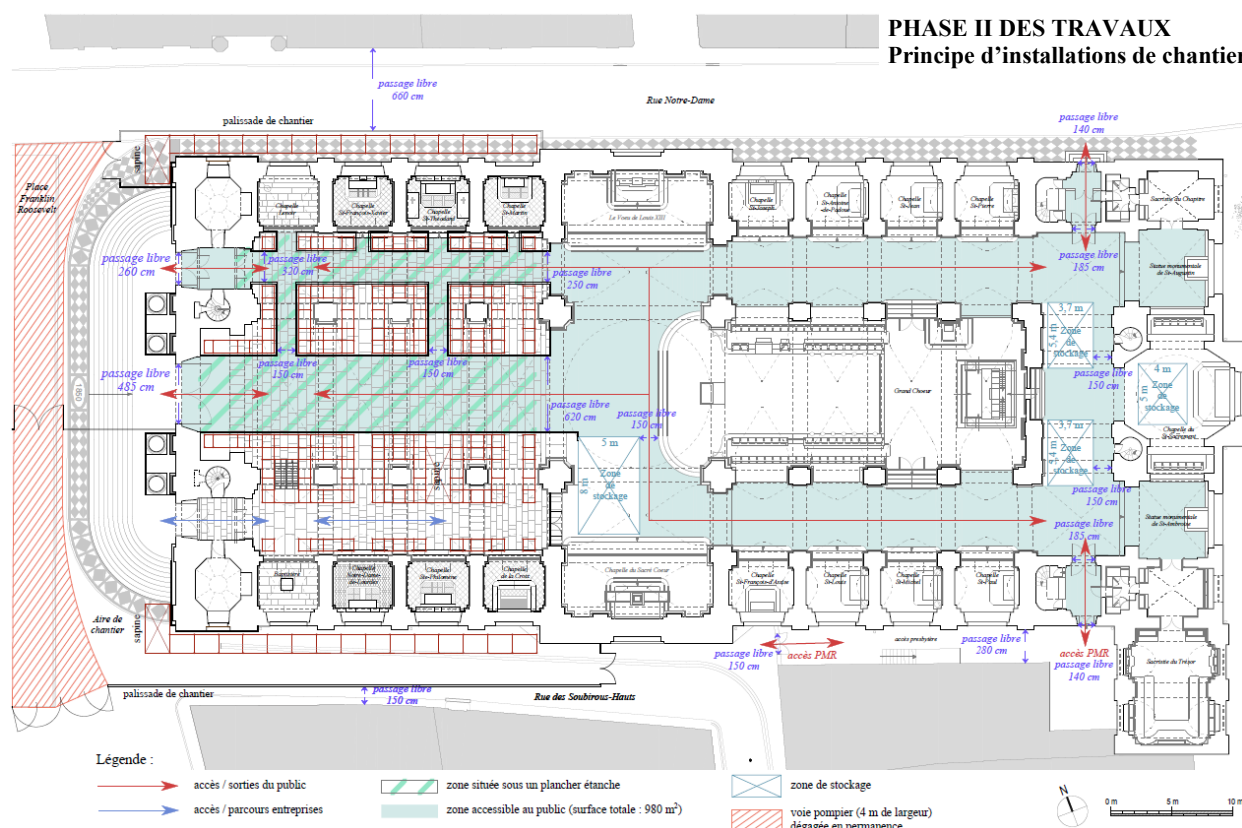
Les autels auront été posés dans les chapelles nord de la nef.

En Phase II, lors de la réouverture de la cathédrale :

- des échafaudages seront présents dans la nef pour la restauration des voûtes ;
- un des bas-côtés de la nef sera condamné ;
- à l'extérieur, des échafaudages seront en place sur les élévations nord et sud de la nef et de son bas-côté pour la restauration de maçonneries.

Les zones en travaux seront sécurisées, avec des palissades de chantier en bardage de bois de 4m ht et des filets de protections.

Des planchers de travail et des clôtures verticales étanches complèteront ces dispositions.



Lors de la **Tranche optionnelle 1**, uniquement les chapelles nord et sud de la nef seront inaccessibles au public. Les zones de travail seront sécurisées avec les mêmes dispositifs qu'en phase II.

En **Tranche optionnelle 2**, l'intervention concernera les bras du transept et les 2 chapelles sud du chœur, Saint-Louis et Saint-Paul.

La **Tranche optionnelle 3** se superposera sur la Phase II de la Tranche ferme.

D'une manière générale, une zone ouverte au public ne sera pas renfermée par la suite.

Clichés et dessins ©Agence Caillaud, sauf mention contraire.

Collaborateurs pour cette étude :

Agence Pierre-Yves CAILLAULT, ACMH :

Anca CABA, architecte du patrimoine
Pierre-Yoann GICQUIAUD, assistant architecte
Hlima MERCURIALI, architecte
Alexia LE CALVEZ, architecte
Clément GOUSSU, historien

BMI Patrimoine :

Julien BOURGEOIS, ingénieur structures
Amaury LEFEVERE, ingénieur civil - architecte
Pierre RENAULT, ingénieur
Marina NAKAHARA, dessinatrice

Géolia :

Thierry MAZET, ingénieur géotechnicien
Julio RAKOTO, ingénieur géotechnicien

Cabinet Coefficient :

Alexandre DINGUIDAR, économiste de la construction
Jacques BRUNEAU, économiste de la construction