



HAL
open science

**Région Centre -Val de Loire / Département
d'Eure-et-Loir (28) CHARTRES Cathédrale
Notre-Dame Vaisseau central, travées 3 à 9**

Emilien Bouticourt, Camille Collomb, Maxime L'Héritier, Emmanuelle
Boissard

► **To cite this version:**

Emilien Bouticourt, Camille Collomb, Maxime L'Héritier, Emmanuelle Boissard. Région Centre -Val de Loire / Département d'Eure-et-Loir (28) CHARTRES Cathédrale Notre-Dame Vaisseau central, travées 3 à 9 : Rapport final d'opération d'archéologie du bâti. [Rapport de recherche] Archeodunum. 2017. hal-02283665

HAL Id: hal-02283665

<https://hal.science/hal-02283665>

Submitted on 11 Sep 2019

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

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

Copyright



VOL I/III

Rapport final d'opération d'archéologie du bâti

Textes

Chaponnay - novembre 2017

› Région Centre-Val de Loire / Département d'Eure-et-Loir (28)

CHARTRES

Cathédrale Notre-Dame

Vaisseau central, travées 3 à 9

Sous la direction : Émilien BOUTICOURT

Contributions : Camille COLLOMB, Maxime L'HÉRITIER

Collaboration : Emmanuelle BOISSARD



Avertissement

Les rapports de fouille constituent des documents administratifs communicables au public dès leur remise au Service Régional de l'Archéologie, suivant les prescriptions de la loi n° 78-753 du 17 juillet modifiée relative à l'amélioration des relations entre l'administration et le public. Aux termes de la circulaire du 26 mars 1993, ils pourront être consultés ; les agents des Services régionaux de l'archéologie rappelleront à tout demandeur les droits de propriété littéraires et artistiques possédés par les auteurs et les contraintes qui en résultent pour tout consultant. Les prises de notes et les photocopies sont utilisées pour un usage exclusivement privé et non destiné à une utilisation collective (article L122-5 du code de la propriété intellectuelle). Toute reproduction du texte accompagnée ou non de photographies, cartes ou schémas, n'est possible que dans le cadre du droit de courte utilisation, avec les références exactes et complètes de l'auteur et de l'ouvrage. Par ailleurs, l'exercice du droit à la communication exclut, pour ses bénéficiaires ou pour les tiers, la possibilité de reproduire, de diffuser ou d'utiliser à des fins commerciales les documents communiqués (Loi n°78-753 du 17 juillet, art. 10). Le non respect de ces règles constitue un délit de contrefaçon puni par l'article 425 du code pénal.

DÉPARTEMENT D’EURE-ET-LOIR (28)

CHARTRES, « Cathédrale Notre-Dame » Vaisseau central, travées 3 à 9
Rapport final d’opération d’archéologie du bâti

Illustration principale de la couverture : Pilier séparant les travées 7 et 8 sud, sous le triforium

Sous la direction : Émilien BOUTICOURT

Contributions : Camille COLLOMB, Maxime L’HÉRITIER

Collaboration : Emmanuelle BOISSARD

Mise en page : Sandrine SWAL



SOMMAIRE

Volume 1

■ Données administratives techniques et scientifiques	9
Fiche signalétique du site	10
Générique de l'opération	11
Copie du C.C.T.P. (Cahier des Clauses Techniques Particulières).....	12
Copie du PSTI (Projet Scientifique et Technique d'Intervention)	17
■ Textes	31
1 - Introduction	33
2 - L'objet de l'étude	37
3 - Les objectifs et les méthodes de l'étude archéologique	45
4 - Observations et réflexions sur la construction	49
4.1. Les matériaux lithiques et leurs traces	49
4.1.1. Géologie et répartition des roches employées	50
4.1.2. Les traces d'outil.....	52
4.1.3. Les marques lapidaires	54
4.2. L'échafaudage à partir de ses traces.....	55
4.2.1. Les trous de boulin	55
4.2.2. Les montants et les jambes de force	56
4.2.3. Restitutions des échafaudages	57
4.2.4. La dépose de l'échafaudage d'après l'enduit.....	59
4.3. Les faisceaux de colonnes	60
4.3.1 Dispositif général.....	61
4.3.2. Le montage	62

4.4 La mise en œuvre des voûtes.....	62
4.4.1 Le choix de la pierre	63
4.4.2 Des fissures aux césures.....	63
4.4.3 Les cintres d'après leurs négatifs.....	65
4.5 Les fenêtres et leur mise en œuvre.....	66
4.5.1 Dispositif général.....	66
4.5.2 Le montage des roses	68
4.5.3 Les arcs formerets et la mise en place des fenêtres.....	68
4.6 Les percements des voûtes.....	69
4.6.1 Dispositif général et les reprises du XIX ^e s.....	70
4.6.2 La piste médiévale	70
4.7 Les apôtres d'argent d'après leurs traces - Camille Collomb	72
4.7.1 Les données archéologiques	72
4.7.2 Les sources iconographiques et écrites.....	73
4.7.3. Essai de datation.....	74
5 - Les décors peints – Camille Collomb	75
Glossaire des termes techniques relatifs aux enduits	75
5.1 Les différentes unités enduites identifiées.....	76
5.2 Les campagnes de revêtement	78
5.2.1 Un enduit inachevé (UE5).....	78
5.2.2 Enduire et orner d'un faux-appareil (UE1)	79
5.2.3 Un ornement renouvelé (UE2)	90
5.2.4 Au XIX ^e siècle (UE3).....	94
5.3 Revêtements et réfections ponctuelles	95
5.3.1 Un décor ravivé (UE7)	95
5.3.2 Réfection partielle du voûtement (UE6)	96
5.3.3 Reprise des faux-joints (UE14)	96
5.3.4 Les travaux de Babiloni Voisin, travées 6 à 9 (UE4)	97
5.4 La polychromie des colonnettes du triforium et des clefs de voûte	97
5.4.1 Un premier état (UE9 et 11)	98
5.4.2 Un second décor polychrome sur les clefs de voûte (UE10)	105
5.5 Conclusion.....	110
6 - le fer dans les fenêtres hautes - Maxime L'Héritier	113
6.1 Description archéologique des structures	113
6.1.1 Crochets et tenons autour des baies hautes	113
6.1.2 Fers plats dans les piédroits des baies	114

6.1.3 Cerces de fer dans les oculi	116
6.1.4 Prélèvement et sélection des échantillons	116
6.2 Méthodologies et moyens analytiques	117
6.2.1 Échantillonnage.....	117
6.2.2 Métallographie	117
6.2.3 Microanalyse élémentaire des inclusions	118
6.2.4 Radiocarbone	119
6.3 Résultats des analyses.....	119
6.3.1 Étude métallographique.....	119
6.3.2 Étude des inclusions	121
6.4 Sélection des échantillons pour datation radiocarbone	122
6.5 Conclusion	123
7 - Conclusion générale	125
8 - Bibliographie.....	129
Ouvrages généraux	129
Rapports d'étude	135

Volume 2

■ Figures.....	141
Liste des figures	142
Figures	151

Volume 3

■ Inventaires et annexes	299
Annexe 1 : Inventaire des minutes de chantier	300
Annexe 2 : Inventaire des photographies numériques.....	302
Annexe 2.1 : Inventaire des photographies.....	302
Annexe 2.2 : Inventaire des photographies des enduits peints	321
Annexe 3 : Inventaire des prélèvements.....	352
Annexe 4 : Les enduits peints.....	356
Annexe 4.1 : Inventaire des Unités d'Enduit (UE)	356

Annexe 4.2 : Polychromie des clefs de voûte : description des couches picturales (UE 9 et 10)	364
Annexe 4.3 : Les vestiges polychromes du vaisseau central : compléments d'observation.....	392
Annexe 4.4 : Inventaire des fenêtres d'observation	400
Annexe 5 : Les rapports d'analyse	404
Annexe 5.1 : ERM Secteur Monuments Historiques, Étude stratigraphique de peintures murales, 2015.....	404
Annexe 5.2 : ERM Secteur Monuments Historiques, Étude stratigraphique de décor peint, Clef de voûte de la nef n° 7, 2015	438
Annexe 5.3 : Patrimoni, Analytical study of eight painting samples, 2016	464
Annexe 5.4 : Patrimoni, Analytical study of six samples, 2016.....	504
Annexe 6 : Étude macroscopique des prélèvements de mortier.....	524
Annexe 7 : Les graffitis du triforium	528
Annexe 8 : Étude des percements de la voûte, par Bénédicte Palazzo-Bertholon et Jean-Christophe Valière	534
Annexe 9 : Relevé Laserométrique Archeotech.....	540

1



Données administratives techniques et scientifiques

Fiche signalétique du site

Localisation du site

Région : Centre-Val de Loire

Département : Eure-et-Loir

Commune : Chartres

Édifice : Cathédrale Notre-Dame

Adresse : 16 Cloître Notre Dame

Code INSEE : 28 085

Références cadastrales : Section AB, parcelle n°23

Coordonnées géographiques (Lambert II étendu) : X = 537162 Y = 2383518

Altitude moyenne : 158,10 m NGF (sol du massif occidental)

Statut du terrain : Propriété de l'État

Propriétaire : Service Territorial de l'Architecture et du Patrimoine d'Eure-et-Loir
15 Place de la République
20000 Chartres

Protection juridique : Classement au Titre des Monuments Historiques (1862) ;
Inscription sur la liste du Patrimoine mondial de l'Unesco (1979)

Nature et référence de l'opération

Type d'opération : Étude archéologique du bâti et des parements de la nef

Nature du projet : Restauration

Maître d'ouvrage : DRAC Centre -Val de Loire, Conservation Régionale des Monuments Historiques

Opérateur : Archeodunum SAS
500 rue Juliette Récamier
69970 Chaponnay

Responsable scientifique : Émilien BOUTICOURT

Organisme de rattachement : Archeodunum SAS

Dates d'intervention sur le terrain : octobre 2014 à février 2016

Générique de l'opération

» *Intervenants phase préparatoire et suivi administratif*

DRAC Centre-Val de Loire

6 Rue de la Manufacture

45000 Orléans

Conservation Régionale des Monuments Historiques

Frédéric AUBANTON, Conservateur régional

Irène JOURD'HEUIL, Conservateur du Patrimoine, contrôle scientifique et technique

Daniel ALAZARD, Ingénieur du Patrimoine, contrôle scientifique et technique

Fabienne AUDEBRAND, Recherche, recensement, protection

Service territorial de l'Architecture et du Patrimoine

Marie-Laure PETIT, Architecte des Bâtiments de France, chef de service

Lise SPINNLER, Entretien MH, autorisations en espaces protégés, contrôle

ARCHEODUNUM SAS :

500, rue Juliette Récamier, 69970 Chaponnay

Marie-Caroline KURZAJ, Responsable d'agence

» *Intervenants phase terrain*

» Émilien BOUTICOURT, archéologue, spécialiste du bâti, responsable d'opération

» Camille COLLOMB, archéologue, spécialiste des enduits peints et mortiers

» Emmanuelle BOISSARD, archéologue, spécialiste des enduits peints et mortiers

» *Intervenants post-fouille*

Rédaction et DAO :

» Émilien BOUTICOURT

» Camille COLLOMB

» Maxime L'HÉRITIER

Expertise scientifique pour les enduits peints :

» Emmanuelle BOISSARD

Infographie :

» Sandrine SWAL

Copie du C.C.T.P. (Cahier des Clauses Techniques Particulières)

Edifice : EURE ET LOIR – Chartres – Cathédrale Notre-Dame
Travaux : Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142

EURE ET LOIR

CHARTRES

CATHEDRALE NOTRE-DAME

Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142

C.C.T.P.

(Cahier des Clauses Techniques Particulières)

LOT N° 10 – ETUDE ARCHEOLOGIQUE DU BÂTI ET DES
PAREMENTS DE LA NEF

DECEMBRE 2013

AGENCE DE PONTAUD
Architecte en Chef des Monuments Historiques
59 Rue de l'ancienne Mairie
92100 BOULOGNE BILLANCOURT

Asselin
économistes
30 rue Jubée de la Pérelle
91410 DOURDAN

SOMMAIRE

1. CAHIER DES CHARGES SCIENTIFIQUE.....	3
1.1. PRESENTATION DE L'OPERATION	3
1.2. DONNEES SCIENTIFIQUES	3
1.3. OBJECTIFS ET PRINCIPES METHODOLOGIQUES	5
1.4. RESPONSABLE D'OPERATION.....	6
1.5. DELAI PREVISIONNEL DE REMISE DU RAPPORT D'ETUDE ET CONTENU :	6

1. CAHIER DES CHARGES SCIENTIFIQUE

1.1. PRESENTATION DE L'OPERATION

Cette opération concerne la restauration des peintures médiévales de la nef travées 3,4,5,6,7,8,9 et des baies de vitraux n°129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142. Elle s'inscrit dans le cadre de la campagne de restauration intérieure de la cathédrale Notre-Dame menée depuis 2008 et se décompose en deux tranches de travaux selon le phasage suivant :

Tranche fermée : Restauration des décors intérieurs de la nef travées 7,8,9 et des baies de vitraux n°129,130,131,132,133,134

Tranche conditionnelle : Restauration des décors intérieurs de la nef travées 3,4,5,6 et des baies de vitraux n°135,136,137,138,139,140,141,142.

L'objectif de l'accompagnement archéologique pour ces travaux sera le relevé, l'observation et la maîtrise d'œuvre de l'architecte en chef des monuments historiques (ACMH). Cette opération s'inscrit dans le planning général du chantier et s'effectuera en particulier en partenariat avec le lot n°3 restauration de peintures – Enduits peints et badigeons. Les études réalisées à l'avancement du chantier et les observations effectuées permettront d'étayer les choix de restauration par le maître d'œuvre associé au comité scientifique de la cathédrale.

1.2. DONNEES SCIENTIFIQUES

Édifiée de 1194 à 1230, la cathédrale Notre-Dame de Chartres a été intérioriquement recouverte dès l'origine, sur le bâti en pierre de Berchères, d'une fine couche d'enduit coloré par le seul sable et recouvert d'un réseau à coupe de pierre peint en blanc, ce décor couvrait l'ensemble des voûtes, parois et fûts des grandes piles. Tout le reste de la modénature, colonnettes, chapiteaux, branches d'ogives et arcatures était en principe badigeonné d'un épais lait de chaux blanc sur la pierre. Ce premier décor a été reconnu par des sondages importants effectués en 1994 à l'occasion de l'étude préalable menée par l'architecte en chef des monuments historiques G. Nicot, concluant à son antériorité par rapport à un décor de badigeon ocre jaune, lui aussi en coupe de pierre blanche, attribuée aux XIV^e et XV^e siècles et à un badigeon du XIX^e siècle. L'approbation de l'étude préalable a conclu au dégageant du décor original, conservé à environ 80 % sur l'ensemble du monument.

Le projet de restauration se présente comme suit :

Restauration des peintures murales :

L'opération concerne, en principal, un dépeussierage-nettoyage général dégageant la totalité des polychromies anciennes en place, soit l'enduit initial à coupe de pierre blanche et le badigeon plus tardif ocre jaune (lui aussi à coupe de pierre blanche). Le projet ne prévoit en première phase que l'élimination totale du seul badigeon le plus récent, à joints rouges tirés à la règle et qui a viré de ton en s'obscurcissant. Les vestiges qui subsisteront du badigeon jaune du XV^e siècle, déjà très lacunaires, seront laissés en place là où ils tiendront, à la fois pour en garder trace et pour éviter une trop grande uniformité de la restauration, comme cela a été réalisé dans le haut chœur.

Les interventions concerneront le dépeussierage par aspiration précédée de préconsolidation tant que de besoin, selon examen de l'état à partir de l'échafaudage. Elles se poursuivront par l'enlèvement des suies par compresses avec agents tensio-actifs. Sur la modénature, afin de dégager le badigeon blanc globalement bien conservé, on procédera de même après le dépeussierage.

Le projet prévoit le dégageant de l'enduit peint initial qui est conservé sur environ 70 % de la surface développée des voûtes, avec le replaqué des surfaces soufflées de cet enduit (10 % environ) et la réintégration des lacunes (enduit et coupe de pierre sur 30 % environ).

Les clefs de voûtes polychromes seront de même dégagées et fixées en l'état de leur polychromie, avec réintégration des lacunes comme réalisé au couvrement du grand chœur, celle-ci s'imposant pour une claire lisibilité.

Sur les parois verticales, l'enduit médiéval conservé sera nettoyé comme aux voûtes, et consolidé ; l'enduit médiéval disparu sera systématiquement restitué après nettoyage de la pierre par microgrommage pour une meilleure accroche.

Sur les grandes piles, il est encore en place ainsi que les badigeons blancs sur les colonnettes engagées et chapiteaux.

Sur les deux premières piles Ouest, il a été reconnu un décor au pochoir, à fond rouge au Nord, à fond vert au Sud, sur 4 m de haut.

L'alternance des mêmes couleurs se retrouve aux colonnettes du triforium.

Ces décors, peints par dessus le badigeon d'origine dont la date est indéterminée, seront systématiquement dégagés et refixés. Le choix du traitement définitif de ces polychromies se fera en lien avec le comité scientifique.

Sur les travées de l'orgue, il sera procédé sur les voûtes à l'identique de l'intervention sur la croisée de transept, pour les mêmes raisons, en restitution du décor du couvrement, et en restauration des parois verticales et grandes arcades, non touchées en 1970.

L'installation autour du buffet d'orgue sera complétée par le dépolement de l'échafaudage autour de celui-ci, après dépose de ses superstructures formant campaniles (5 éléments).

Dans cette zone, le nettoyage des parois verticales comprendra aussi le dépeussierage des baies aveugles derrière le buffet et l'application de badigeon de chaux sans faux-joints (l'intervention sur ces parties arrière de la paroi ne sera possible qu'après le démontage des jeux).

En conclusion, du fait de son état de conservation, le chantier de restauration va entraîner la réapparition du décor original d'enduit de sable du Perche à faux joints blancs (coupe de pierre) sur l'essentiel des voûtes, ponctué par la polychromie des clefs de voûtes.

Ceci dans le prolongement de la restauration déjà réalisée dans les deux premières travées occidentales de la nef.

Restauration des pierres de taille :

La restauration de la pierre de taille sera limitée aux meneaux des lancettes et à la structure des roses à redents. Une retaille des feuillures sur l'ensemble des roses, lobes périphériques du médaillon central et quadribbes de la grande circonférence pour adapter les verrières de coublage au nu du parement extérieur des roses.

Vitrail :

La nef est composée de 7 travées où se répartissent 14 baies de vitraux (n°129 à n°142). Elles sont composées chacune de 2 lancettes séparées d'un meneau en pierre de taille et d'une rose pourvue d'un médaillon central bordé de huit lobes et d'une répartition périphérique de quadribbes non homogène d'une baie à l'autre.

Les vitraux seront déposés en totalité pour être restaurés en atelier. Les travaux consisteront au nettoyage des panneaux, à la consolidation par collage des pièces cassées, à la reprise partielle du réseau de plomb.

Serrurerie :

Les travaux concernent deux interventions :

La restauration des armatures anciennes

Le façonnage et la pose d'armatures métalliques destinées à recevoir la verrière de doublage extérieure.

1.3. OBJECTIFS ET PRINCIPES METHODOLOGIQUES

L'étude portera sur toutes les élévations et les voûtes concernées par la restauration intérieure de la nef et couvrira l'emprise totale de l'échafaudage installé, y compris la galerie intérieure du triforium. L'objectif de l'étude archéologique sera le relevé, l'observation et l'analyse de l'ensemble des parements et des témoigns des différentes campagnes de construction sur l'ensemble de la nef avec comme point particulier la travée ouest de la nef adossée aux deux tours pour leur partie romane. Elle prendra la forme d'une observation minutieuse des maçonneries et des armatures anciennes des vitraux permettant d'apporter des éléments nouveaux à la chronologie du monument, à la détermination de ces phases de construction, à la reconnaissance du déroulement du chantier, de son organisation et de son approvisionnement en matériaux. Elle pourra comporter des prélèvements et des sondages ponctuels dans le cadre des travaux de restauration.

Préalablement au démarrage sur le terrain de l'opération d'étude, le responsable scientifique établira un bilan de la documentation existante sur le projet de restauration en relation avec la conservation régionale des monuments historiques.

Pour l'élaboration du projet scientifique d'intervention, l'opérateur prendra connaissance de l'ensemble documentaire (études préalable anciennes et récentes, DDOE) relatif à la restauration de la cathédrale ainsi que de la documentation technique des différentes entreprises en charge de la restauration.

Dans le cadre du projet de restauration de la cathédrale de Chartres l'opération comprendra l'étude archéologique des élévations concernées et des observations de toutes les zones affectées par les travaux. Cette opération sera mise en œuvre selon un protocole et des modalités techniques précisées ci-dessous :

- Accès aux maçonneries suivant le planning des entreprises de restaurations ;
 - Enregistrement stratigraphique détaillé, avec si nécessaire un relevé pierre à pierre. L'équipe archéologique s'attachera particulièrement au suivi du traitement des trous et fissures, notamment des trous de boulin et trous de voûtes qui seront fouillés, photographiés et relevés. Une première lecture des épidermes devra intervenir dès la fin du nettoyage des surfaces, réalisé par l'entreprise de restauration. A partir des lacunes du revêtement de finition, il sera procédé à une observation fine de la maçonnerie des élévations intérieures et des voûtes.
 - L'étude stratigraphique des couches de revêtements successifs sera effectuée en lien avec les sondages effectués par les conservateurs-restaurateurs sur l'ensemble des éléments concernés : parements, voutains, clés de voûtes et baies hautes. Les différents enduits, badigeons et décors polychromes mis au jour seront étudiés, photographiés, décrits et localisés sur un relevé général.
 - En lien avec les opérations de dépose des vitraux et les travaux de serrurerie, une attention particulière sera portée aux éléments métalliques des armatures anciennes des vitraux, qui seront photographiés, relevés graphiquement si nécessaire.
 - Les autres éléments métalliques (agrafes, tirants...) seront également recherchés, inventoriés et documentés.
 - Également prélevement d'éléments (bois, métal, mortier, etc.) dans le cadre de l'analyse scientifique sur toutes les surfaces affectées par les travaux ou par leur mise en œuvre (échafaudage, etc.)
- Cette étude du bâti doit permettre une analyse approfondie de chantier de construction de la cathédrale. Elle devra permettre de proposer une étude détaillée de ces observations et de favoriser la confrontation des résultats avec des observations du même ordre sur d'autres parties de la cathédrale et d'autres édifices de même nature.
- Le calendrier détaillé de cette intervention et ses modalités techniques, seront définis en concertation avec le maître d'ouvrage (DRAC-CRMH) et le maître d'œuvre (cf planning prévisionnel au DCE).
- Le protocole des modalités techniques pourra prendre les formes présentées ci-dessous :
- Lecture des épidermes après nettoyage fin effectué par les restaurateurs ;

- Fouille, photographie et relevé des trous de boulin ;
- Fouille, photographie et relevé des trous présents dans la voûte ;
- Stratigraphie des mortiers, des enduits et des badigeons ;
- Photographie et relevé des éléments métalliques des baies ;
- Etude des marques lapidaires (photographie et relevé) ;
- Analyse du décor peint (photographie et relevé) ;
- Mise en place d'un système topographique rattaché au système national ;
- Enregistrement stratigraphique détaillé, couverture photographique, relevés graphiques à reporter sur les relevés généraux effectués.
- Également étude préventive de toutes les surfaces affectées par les travaux ou leur mise en œuvre (échafaudage) ;

Toutes les structures feront l'objet d'un enregistrement stratigraphique, de relevés graphiques au 1/10ème, 1/20ème, ou 1/50ème (dans le cas éventuel de plans généraux) ainsi que de relevés photographiques à la fois par prises de vues argentiques et numériques. Les relevés graphiques devront être localisés sur un plan et une restitution de leur coté d'apparition ainsi que l'épasseur des stériles décapés devront être figurés. Les prélèvements effectués devront être précisément localisés à une échelle lisible.

1.4. RESPONSABLE D'OPERATION

Ces interventions seront exécutées sous la conduite d'un archéologue compétent dans le domaine de l'archéologie du bâti médiéval.

Il informera de manière hebdomadaire par courrier ou messagerie électronique, le maître d'ouvrage et l'ACMH de l'état d'avancement de l'opération.

Le responsable d'opération participera à l'ensemble des rendez-vous de chantier conduits par le maître d'œuvre, pour les travaux relatifs à la restauration des décors intérieurs.

Il devra informer immédiatement le maître d'ouvrage et l'ACMH de toute découverte archéologique d'intérêt majeur. Il prendra toutes les mesures de conservation qui s'imposent pour le mobilier archéologique mis au jour, qui sera conservé in situ à l'issue de l'opération.

Il fera appel, en tant que de besoin, à la participation de spécialistes compétents pour le traitement et l'étude du mobilier issu de la fouille. Si nécessaire, seront réalisés des prélèvements pour l'étude des matériaux et l'approche de l'étude du bâti (prélèvement de mortier et dendrochronologie).

Le projet de l'opérateur devra notamment préciser :

- La durée prévisionnelle de ses travaux de terrain et d'exploitation des données ;
- Le nombre d'archéologues dédiés à cette opération et leurs compétences respectives ;
- Les modalités de relevé du bâti et le détail de sa mise en œuvre ;
- La méthodologie adoptée pour l'étude du bâti ainsi que le mode d'enregistrement des données ;
- La prise en compte des données architecturales et techniques (méthodologies, moyens et laboratoires associés) ;
- Les modalités de gestion de la documentation et du mobilier archéologique.

1.5. DELAI PREVISIONNEL DE REMISE DU RAPPORT D'ETUDE ET CONTENU :

Le rapport final d'opération devra intégrer les données de l'opération menées sur les travées occidentales. Il devra être remis au maximum quatre mois après la fin de l'opération sur le terrain. Il devra comporter les éléments et la forme décrite ci-dessous notamment une présentation synthétique, avec mise en perspective des résultats de l'opération, par rapport à la connaissance du bâtiment dans ce secteur et par rapport aux problématiques actuelles concernant les chantiers de construction de cette période. Un rapprochement avec les spécialistes de ces recherches est souhaité, en particulier avec ceux du comité scientifique.

Edifice : EURE ET LOIR – Chartres – Cathédrale Notre-Dame
Travaux : Restauration intérieure de la nef traversées 3 à 9 et des baies 129 à 142

ORGANISATION DU RAPPORT D'OPÉRATION (présenté en 3 volumes)

- **VOLUME I - Textes :**

Il comprendra les éléments suivants :

- 1° Un sommaire ;
 - 2° Une fiche signalétique résumant les données administratives et techniques de l'opération :
 - localisation : région, département, commune, lieu dit ou adresse ;
 - code INSEE de la commune ;
 - coordonnées géographiques et altimétriques selon le système national de référence ;
 - références cadastrales actualisées : commune, année, section, parcelle, lieu dit ;
 - statut du terrain au regard des législations sur le patrimoine et l'environnement ;
 - nature et références de l'opération : numéro de l'autorisation de travaux AC ;
 - maître d'ouvrage des travaux ;
 - opérateur chargé de la réalisation de l'opération ;
 - responsable d'opération ;
 - dates d'intervention sur le terrain ;
 - mots-clés des thésauros « chronologie » et « interprétation » de la base de données nationale.
 - 3° Un générique détaillant tous les intervenants techniques, administratifs et financiers de l'opération ainsi que l'organigramme de l'équipe scientifique précisant les contributions respectives.
 - 4° Une notice scientifique résumant les principaux résultats de l'opération, elle comporte éventuellement des plans, relevés et photographies.
 - 5° cahier des charges techniques et scientifiques de l'opération.
 - 6° Etat des connaissances avant l'opération ;
 - 7° Stratégie et méthodes mises en œuvre : le rapport présente la démarche adoptée ainsi que les méthodes et techniques d'investigation : études documentaires et archivistiques ; méthodes de prospection, sondage. Il détaille les protocoles d'enregistrement et de traitement des données. Il précise le volume et l'organisation des moyens humains et techniques mis en œuvre, le calendrier de réalisation, et évoque les éventuelles contraintes. Il signale les études et analyses complémentaires en cours dont les résultats sont attendus, en précisant leurs échéances.
 - 8° Description archéologique : le rapport détaille les acquis de l'opération. Il comporte une analyse raisonnée des données constituées à cette occasion. Il précise la source des autres informations utilisées. Le rapport présente la hiérarchisation progressive des données - faits, phases, périodes - en s'appuyant notamment sur l'analyse de la stratigraphie, des structures et du mobilier, et s'attache à identifier et à caractériser des ensembles archéologiques cohérents sur un plan spatial, fonctionnel et chronologique.
 - 9° Synthèse : la synthèse du rapport récapitule les principaux résultats, présente une analyse du parti architectural, des techniques de construction, fait état de la chronologie des travaux, propose une datation et présente une conclusion.
 - 10° Sources et bibliographie, mentionne toute la documentation utilisée dans le rapport.
- **VOLUME II - Figures :**
- Il comprendra les éléments suivants :
- La liste des figures numérotées ainsi que la description correspondante à chaque élément répertorié, dont notamment :

Edifice : EURE ET LOIR – Chartres – Cathédrale Notre-Dame
Travaux : Restauration intérieure de la nef traversées 3 à 9 et des baies 129 à 142

- documents cartographiques, précisant la localisation de l'opération ;
- extrait du cadastre sur lequel figurent l'emplacement et la géométrie de l'opération ;
- Plans et relevés : le rapport fournit d'une part les plans masses figurant les données générales sur le chantier, d'autre part, des relevés de détail, précisant les observations faites dans chaque zone d'intervention. Ces documents, référencés par un code identifiant, sont légendés, situés géographiquement et fournis à un facteur d'échelle simple parfaitement lisible, complétés systématiquement d'un repère d'orientation et d'une échelle graphique.

Les plans de relevés généraux portent la délimitation de toutes les zones étudiées au cours de l'opération et la référence précise permettant l'identification, en emplacement, de tous les sondages.

Les plans et relevés de détail sont positionnés et référencés par rapport au plan d'ensemble. Ils sont rattachés au nivellement général du chantier et au système national de référence altimétrique. La stratigraphie, les structures et les principaux vestiges mobiliers et immobiliers rencontrés sont précisément figurés.

- Les documents graphiques et photographiques nécessaires à la justification des descriptions, des chronologies et interprétations accompagnent l'exposé.

La table des illustrations récapitule l'ensemble des tableaux, dessins, photographies, plans et relevés, et rappelle la mention de leurs auteurs.

- **VOLUME III - Annexes :**

Il comprendra les éléments suivants :

- 1° Inventaire des unités construites ;
- 2° Inventaire du mobilier ;
- 3° inventaire des documents graphiques (plans, relevés, minutes, dessins), avec mention des auteurs et nature des supports ;
- 4° Inventaire des photographies numériques ;
- 5° inventaire de la documentation écrite ;
- 6° inventaire des mortiers et des enduits ;
- 7° Analyse des mortiers et autres matériaux ;
- 8° Inventaire photographique des éléments sculptés ;
- 9° Inventaire photographique des marques lapidaires ;
- 10° Inventaire des prélèvements ;
- 11° Comptes-rendus préliminaires d'intervention ;
- 12° Inventaire de la documentation numérique.

- **FORME ET TRANSMISSION DU RAPPORT**

Le rapport final sera remis à la DRAC Centre, conservation régionale des monuments historiques, 6 rue de la Manufacture 45043 ORLÉANS Cedex, en 4 exemplaires papier reliés et un exemplaire numérique, suivant les recommandations formulées ci-dessous.

Les formats recommandés :

La version papier est au format A4, paginé en totalité et en continu pour faciliter l'archivage des dossiers. Les documents d'un format supérieur (plans relevés de détail, accompagnés de leur échelle) sont pliés et placés hors texte. Le tirage argentique des photographies sur papier spécifique est recommandé pour la pérennité de la conservation des documents relatifs aux interventions. Les documents dématérialisés seront au format .pdf ou .jpeg et celui requis pour les documents graphiques est .dwg ou Autocad compatible. Les pièces annexes doivent être légendées et accompagnées d'un fichier descriptif indiquant : le numéro de la photographie ou du plan, la localisation dans l'édifice, la date de la prise de vue et sa justification.

Edifice : ELIRE ET LOIR – Chartres – Cathédrale Notre-Dame
Travaux : Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142

La version numérique doit être identique à la version papier et la configuration requise pour la lecture doit être portée sur la plaquette du média. Le respect des standards et normes définis par le cadre commun d'interopérabilité des systèmes d'information publics est requis.

Le présent cahier des charges dressé par la Conservation Régionale des Monuments Historiques de la DRAC Centre.
Lu et accepté

Le

L'entreprise

Fin du présent cahier des charges

Copie du PSTI (Projet Scientifique et Technique d'Intervention)

02/06/2016

Solution de base

N° D 2014_01_20_EB



Projet scientifique et technique d'intervention

Fouille archéologique préventive

N° D 2014_01_20_EB

2 juin 2016

**28 – CHARTRES Cathédrale.
Restauration intérieure de la nef
travées 3 à 9 et des baies 129 à 142.
Lot n°10 – Étude archéologique du bâti
et des parements de la nef.**

Solution de base

Maître d'ouvrage	Opérateur archéologique
DRAC Centre Conservation régionale des Monuments historiques 6, rue de la Manufacture 45043 ORLÉANS cedex	ARCHEODUNUM SAS 500 rue Juliette Récamier 69 970 Chaponnay
	Agrément en qualité d'opérateur d'archéologie préventive délivré le 22/01/2009 (I.O. du 25/02/2009), renouvelé pour 5 ans par arrêté du 10/01/2014.

Dossier suivi par :

Emmanuelle Boissard
Pôle bâti Agence Chaponnay
06 88 09 01 55
e.boissard@archeodunum.fr

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot
n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef.
Archeodunum – Pôle bâti Agence Chaponnay – e.boissard@archeodunum.fr

2

1. Contexte et objectifs

1.1. Contexte général du projet

La cathédrale Notre-Dame de Chartres est classée au titre des Monuments Historiques depuis 1862 et inscrite sur la liste du Patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1979.

La cathédrale de Chartres figure parmi les plus grands monuments de la Chrétienté occidentale de la première moitié du XIII^e siècle en atteignant une longueur d'environ 150 m, à laquelle il faut ajouter la chapelle Saint-Piat, bâtie dans le second quart du XIV^e siècle. Largement conditionné par la vaste crypte généralement attribuée au XI^e siècle, le plan possède une nef de neuf travées. Les deux premières, assez irrégulières, ont été réalisées entre les deux clochers occidentaux du XII^e siècle encadrant la façade. Les sept autres montrent une variation progressive de leur profondeur d'ouest en est mais toutes présentent un plan rectangulaire. Le transept, nettement saillant et à croisée carrée, est bordé par des collatéraux. Le chevet est également très développé : il compte quatre travées bordées par des doubles collatéraux. L'abside est ceinte par un double déambulatoire desservant sept chapelles rayonnantes jointives par leurs contreforts. La profondeur accrue des absidioles nord-est, axiale et sud-est reflète le plan de la crypte et de ses immenses chapelles rayonnantes. L'élévation intérieure montre une volonté d'uniformisation du traitement architectural. Partout organisée en trois registres, elle présente des grandes arcades, un triforium aveugle et un niveau d'éclairage direct à double lancette et rose à huit lobes. Cette homogénéité est affirmée par la généralisation du voûtement d'ogives quadripartite qui accentue l'aspect modulaire des travées. Toutefois, la plastique est soulignée par une alternance des supports du vaisseau central.

Depuis 2008 est menée une campagne de restauration intérieure de la cathédrale Notre-Dame de Chartres, sous la maîtrise d'ouvrage de la Conservation régionale des Monuments historiques de la DRAC Centre et la maîtrise d'œuvre de l'ACMH Patrice Calvel d'abord, auquel a maintenant succédé l'ACMH Marie-Suzanne de Ponthaud.

Cette campagne de restauration a d'ores et déjà donné lieu à deux missions de suivi archéologique.

La première a concerné les parties hautes du chœur, et a été réalisée en 2009 par le Service archéologique de la ville de Chartres.

La deuxième a concerné les deux travées occidentales et la façade ; elle a été réalisée par notre équipe entre le mois de septembre 2010 et le mois de février 2012 et a donné lieu à la remise d'un rapport final d'opération d'archéologie du bâti en janvier 2013. Les résultats ont également fait l'objet d'une présentation à la réunion du Comité scientifique du 24 septembre 2013.

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef.

Archeodunum – Pôle bâti Agence Chapomay – e.boissard@archeodunum.fr 5

Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	5
1.1. Contexte général du projet.....	5
1.2. État des connaissances.....	6
1.3. Objectifs de l'opération.....	11
2. Organisation et planning.....	12
3. Acquisition des données de terrain.....	14
3.1. Réunions de chantier.....	14
3.2. Protocole d'étude archéologique du bâti.....	14
3.2.1. Levé de plan.....	15
3.2.2. Étude archéologique des élévations.....	15
3.3. Moyens humains et matériels – Phase d'acquisition des données.....	17
4. Méthodologie phase post-fouille.....	19
4.1. Traitement des données.....	19
4.2. Moyens archéologiques – Phase de traitement des données.....	20
5. Composition de l'équipe/organigramme.....	21
6. Préparation, coordination de l'opération, gestion de la sécurité.....	21
6.1. Installations de chantier.....	21
6.2. Prévention des risques professionnels.....	21
6.3. Mesure de prévention des risques exportés et importés.....	22
7. Communication et valorisation de la recherche.....	22

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef.

Archeodunum – Pôle bâti Agence Chapomay – e.boissard@archeodunum.fr 3

La troisième opération archéologique, objet de la présente consultation, s'inscrit plus précisément dans le cadre des travaux de restauration des peintures médiévales des travées 3 à 9 de la nef et des baies de vitraux n°129 à 142.

Ces travaux se décomposent en deux tranches selon le phasage suivant :

- Tranche ferme : restauration des décors intérieurs de la nef travées 7, 8 et 9 et des baies de vitraux n°129 à 134 ;
- Tranche conditionnelle : restauration des décors intérieurs de la nef travées 3 à 6 et des baies de vitraux n°135 à 142.

Le programme des travaux de restauration est détaillé à l'article 1.2 du C.C.T.P. du lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef.

1.2. État des connaissances

D'après Martin P. (dir.), *Chartres – Cathédrale Notre-Dame. Travées occidentales et façade*, Rapport final d'opération d'archéologie du bâti, DRAC Centre (CRMH-SRA), Archeodunum, Chaponnay, Janvier 2013.

Les données historiques

Les origines chrétiennes de la ville remontent au plus tard au début du VI^e siècle. Le diocèse de Chartres, le plus vaste de France, fut peut-être créé au IV^e siècle dans la province ecclésiastique de Sens. Le premier évêque connu en est Adventinus, qui figure à deux reprises sur la liste des participants au concile d'Orléans de 511, en première (Adventus) et en quatorzième place (Adventinus), tantôt comme évêque de Chartres, tantôt comme évêque de Châteaudun. On en déduit que le dignitaire a dû résider dans les deux lieux au tournant du V^e et du VI^e siècle. Le roi Sigebert I^{er} voulut détacher le *pagus Dunensis* du diocèse de Chartres en installant un évêque à Châteaudun, Promotus. Celui-ci resta en fonction jusqu'à la mort du souverain en 575. L'unité du diocèse fut alors rétablie mais il n'existe aucune preuve de l'existence d'un groupe épiscopal et aucune mention d'un baptistère. Quant aux fouilles conduites entre 1990 et 1992 sur le parvis de la cathédrale, elles ont montré que la probable curie d'époque augustéenne fut transformée en habitat durant le Bas-Empire et que des constructions subsistèrent au moins jusqu'au V^e siècle. Le site fut ensuite abandonné et resta alors à l'état de terrain vague puis de jardin jusqu'au X^e siècle. On soulignera également qu'au nord du chevet de la cathédrale actuelle se trouvait l'église Saint-Serge-Saint-Bacche, démolie en 1703. Sous la construction médiévale, on a découvert, en 1962, plusieurs murs attribués au Bas-Empire, à l'époque mérovingienne et à l'époque carolingienne. Toutefois, les datations proposées ne reposent pas sur des arguments solides. Deux sarcophages portant des inscriptions y furent également mis au jour.

La première mention écrite de la cathédrale est relativement tardive car elle remonte au IX^e siècle. Elle fait référence à la destruction de la cathédrale dédiée à la Vierge par le duc d'Aquitaine Hunaldus en 745. Ce texte fut composé, dans sa première partie, avant 805 mais il ne fut définitivement établi qu'en 830. L'édifice fut probablement restauré puis à nouveau détruit en 858 lors d'un raid danois. C'est lors de cette attaque que l'évêque Fotbold fut tué et que son corps aurait été précipité dans le Puits des Saint-Forts. Retrouvé dans la crypte au début du XX^e siècle, ce puits serait devenu un lieu de culte dès le IX^e siècle. La cathédrale aurait ensuite été rebâtie par l'évêque Gislebert entre 858 et 885. C'est durant son épiscopat que la tradition locale fixe, en 876, le don du Voile de la Vierge par l'empereur Charles le Chauve. Toutefois, cet illustre cadeau n'est mentionné par aucune source : la première mention de la relique est faite en 911, lorsqu'elle fut brandie comme étendard devant l'armée du duc de Normandie, Rollon, qui assiégeait la cité. Après sa défaite, le duc se convertit et montra sa générosité envers le sanctuaire. Il fut d'ailleurs longtemps suivi par ses successeurs.

À partir de l'an mil, les sources sont plus prolixes et permettent de mieux suivre l'évolution des constructions. L'histoire de la cathédrale de Chartres est essentiellement ponctuée par des mentions d'incendies et de destructions, souvent proches des dates de fêtes mariales. Ainsi, un incendie détruisit l'édifice dans la nuit du 7 au 8 septembre 1020. L'évêque Fulbert (1006-1028) ne fut pas pris au dépourvu, semble-t-il, car, dès 1024, il indiquait dans une lettre adressée au duc d'Aquitaine Guillaume V (994-1030) qu'il allait faire couvrir ses « cryptes » avant les inclémences de l'hiver. Cependant, à la mort de Fulbert, la nouvelle cathédrale n'était pas tout à fait achevée, malgré la représentation – idéale – qu'en a faite André de Micy vers 1028, où l'édifice semble doté d'une tour occidentale. Le 11 septembre 1030, deux ans après l'élection du nouvel évêque, Thierry (1028-1048), un autre incendie affecta Notre-Dame. Toutefois, ce sinistre ne dut guère ralentir le chantier : seule la nef aurait été atteinte par les flammes et le roi Henri I^{er} (1031-1060) participa personnellement à la restauration du plafond. L'édifice fut consacré le 17 octobre 1037. L'édifice fut ensuite l'objet de multiples adjonctions et embellissements, notamment sous l'épiscopat d'Arraid (1069-1075).

L'incendie survenu le 7 septembre 1134 est généralement considéré comme un marqueur essentiel pour la reconstruction de la façade de la cathédrale de Chartres. Il se serait propagé de l'Hôtel-Dieu à l'extrémité ouest de la cathédrale du XI^e siècle mais n'aurait finalement pas entraîné la reconstruction de l'édifice, comme en témoignent les nombreux embellissements poursuivis au cours du XII^e siècle. Un charpentier nommé Jean, fils de Vital, pourvut notamment à la restauration d'une tour avant 1182, voire peut-être dès les environs de 1135. Il pourrait s'agir de la construction d'Abélard antérieure à 1092, touchée par l'incendie de 1134, ce qui signifierait donc que la tour nord actuelle n'était pas encore en construction. Les obits de Gautier de Bonneval († ap. 1132) et de l'archidiacre Ansgar († ap. 1139) mentionnent une seule tour dont la construction devait être en cours en 1145, selon Haimon, abbé de Saint-Pierre-sur-Dives, et Hugues d'Amiens, archevêque de Rouen. Toutefois, Robert de Torigny, qui écrivit en 1184 seulement, indique la construction, en 1145, de plusieurs tours, comme le confirmeraient également les donations *ad opus*

turrium faites par l'archidiacre Rénier et le prévôt Henri avant 1149 ou encore celles faites par le prévôt Eudes († ap. 1161) et le chanoine Simon. Toutefois, les obits du chantrier Hamelin († v. 1150), du chancelier Arnaud († v. 1150) ou de l'évêque Goslin († 1155) ne font mention que d'une seule tour. Le dernier legs daterait d'avant 1163 et émanerait du chantrier Hugues et on ne sait par ailleurs à quelle tour doivent être rapportés les dons des chanoines Mathieu, Nivelon, Albert de Meiz, Adam, Gui, Renaud et Hugues.

Dans la nuit du 9 au 10 juin 1194, un nouvel incendie ravagea la cathédrale. Par chance, les clercs avaient eu le bon sens de mettre à l'abri le reliquaire de la Vierge dans un espace voûté inférieur (la crypte ?) à proximité de l'autel majeur. Le *Livre des miracles de Notre-Dame de Chartres*, rédigé vers 1210, rapporte que le légat du pape, Mélior de Pise, était présent lors du sinistre et qu'à son instigation, l'évêque Renaud de Mousson (1183-1210) et ses chanoines affectèrent pour trois ans la plus grande partie de leurs revenus pour la reconstruction de l'édifice. Le *Cartulaire* précise par ailleurs que, le 3 octobre 1195, le chevalier Manassès Mauvoisin, oncle de Guy Mauvoisin, seigneur de Mantes, fonda une rente de soixante sous *ad opus ipsius ecclesie* et que l'acte fut solennellement passé *super altare gloriosi Virginis*.

Le laps de temps très court entre la mention de l'incendie et celle de l'acte signé sur l'autel majeur de la cathédrale, à nouveau mentionné en 1198 ainsi qu'un autel dédié à Saint-Laurent, permet de présager soit une destruction partielle de l'édifice, soit une restauration très rapide du chevet touché par le feu avant l'ouverture du chantier de reconstruction. Il en va de même de la conservation des parties occidentales de la cathédrale, à savoir les deux tours et les deux registres inférieurs de la façade qu'elles encadrent qui, certes, auraient pu échapper à un incendie un peu plus à l'est (les différentes parties de l'édifice étaient-elles d'ailleurs en connexion ?). Mais comment expliquer, en revanche, la conservation d'éléments datés des années 1180 : un portail sur le flanc sud du chevet et le vitrail de Notre-Dame-de-la-Belle-Verrière, certes remonté au XIII^e siècle, mais dont la localisation originale est inconnue ?

Accidentel, miraculeux ou prémédité, l'incendie ne prit pas au dépourvu, une nouvelle fois, l'évêque et ses chanoines à en juger par la rapidité avec laquelle le financement fut mis en place⁸¹ ou encore avec laquelle la rédaction du *Livre des miracles de Notre-Dame de Chartres* eut lieu. Le patrimoine et le trésor de la cathédrale, déjà colossaux dans le courant du XII^e siècle, atteignirent alors une valeur inestimable qui assura au chapitre une liquidité très confortable. La reconstruction démarra aussitôt. En 1210, le doyen dut se réfugier dans l'église pour échapper à une émeute urbaine qui avait notamment visé au pillage de sa maison, établie devant le portail royal. Vers 1214-1217, des voûtes étaient déjà construites, selon le poète Guillaume Le Breton. Les dernières recherches de Claudine Lautier sur l'iconographie des vitraux de l'édifice montrent, au moins jusqu'en 1215, l'arrivée de nombreuses reliques à l'issue des troisième et quatrième Croisades. Dès janvier 1221, les droits du chantrier sur les stalles du chœur étaient confirmés, ce qui laisse présager de sa mise en service mais la consécration solennelle n'eut lieu que le 17 octobre 1260.

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef. Archeodunum – Pôle bâti Agence Chapomay – e.boissard@archeodunum.fr

Les études antérieures et les données archéologiques récentes

La marche des travaux a largement divisé les spécialistes de l'architecture gothique. Hans Kunze avait suggéré, en 1912, que la construction s'était déroulée d'est en ouest en commençant donc par le sanctuaire. L'érudition française s'est plutôt rattachée, depuis les travaux d'Eugène Lefèvre-Pontalis, à un chantier mené d'ouest en est. Une véritable querelle s'est instaurée entre les défenseurs de ces deux thèses et a culminé dans les années 1950 entre Paul Frankl et Louis Grodecki. Depuis, une expertise dendrochronologique réalisée en mars 1990 a révélé que les bas-côtés de la nef étaient en place dès 1200 alors que ceux du chœur ne furent terminés que vers 1210. Toutefois, on soulignera que les prélèvements effectués n'ont pas pu être retrouvés et que les méthodes de prélèvement et les référentiels de datation ont beaucoup évolué depuis cette analyse. La chronologie très resserrée ainsi proposée doit donc être prise avec toutes les réserves d'usage, d'autant plus qu'aucune analyse de bâti n'a accompagné l'expertise. Si tant est qu'on puisse dater les parties basses de la construction, rien ne permet d'être affirmatif pour les niveaux supérieurs. Tout au plus peut-on en conclure que la croisée du transept, qui devait nécessairement être contrebutée en raison de sa hauteur, a pu être réalisée au tout début du XIII^e siècle. Les dernières recherches archéologiques montrent d'ailleurs que le chantier doit être lu dans le détail et non à l'échelle – vertigineuse – du monument.

L'étude de bâti réalisée par le Service Archéologie de la Ville de Chartres a en effet montré que les voûtes du chœur avaient été construites bien après l'édification des murs gouttereaux, construits avant 1221 puisque les droits du chantrier sur les stalles étaient confirmés à cette date.

L'étude héraldique des clefs de voûte réalisée par Michel Pastoureau indique d'ailleurs que leur mise en œuvre n'a pu être faite qu'entre 1257 et 1261, la cérémonie de consécration de 1260 indiquant alors très probablement la fin des travaux.

L'étude archéologique menée par notre équipe sur les deux travées occidentales et la façade a permis d'apporter de nombreuses informations sur cette partie particulièrement complexe de l'édifice. Il apparaît ainsi que le clocher nord était à l'origine isolé au nord-ouest de la façade de l'édifice du XI^e siècle, et qu'il a pu être bordé, sur sa face sud, par une sorte de galerie voûtée. Peu après, le clocher sud fut édifié selon un parti architectural très proche ; il fut néanmoins conçu pour être relié au clocher nord par une façade, construite dans un troisième temps. On ignore si ces travaux, tous attribuables au milieu du XII^e siècle, furent la conséquence de l'incendie de 1134 et s'ils furent menés à leur terme. On a pu constater que la construction du XII^e siècle avait été bâtie exclusivement en pierre de Berchères pour les parements mais que la répartition des marques lapidaires, totalement absentes sur la façade à l'exception des claveaux du triplet, étaient différentes entre la tour nord et la tour sud. Les échafaudages de la tour nord ont pu être appréhendés de façon très partielle au travers d'un boulin pris dans le blocage de la maçonnerie. Malheureusement, l'analyse dendrochronologique n'a pas permis de déterminer

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef. Archeodunum – Pôle bâti Agence Chapomay – e.boissard@archeodunum.fr

précisément la date d'abattage mais simplement de fournir deux propositions de fourchette, la plus probable, en raison des éléments de contexte historique et stylistique, couvrant le second tiers du XII^e siècle. Le débat reste donc encore largement ouvert.

Au lendemain de l'incendie de 1194, un grand chantier s'ouvrit pour s'achever, vers 1220, par l'extrémité occidentale de la nef. Des piles cantonnées furent tout d'abord accolées à l'est des clochers puis on édifia, à partir du niveau des corniches, des supports engagés dans les tours. Ceux-ci étaient destinés à chemiser les tours au niveau supérieur afin de réaliser un registre de fausses ouvertures sur des encorbellements au-dessus des baies hautes des clochers. On construisit enfin la rose occidentale avant de voûter l'ensemble. Le chantier du XIII^e siècle a révélé l'emploi du métal, au moins pour les supports engagés inachevés montés à partir des corniches des tours, ainsi que le recours à un jointolement au plomb – *a priori* sans coulée – pour la mise en œuvre de la rose.

Compte tenu de l'exceptionnelle conservation de l'enduit réalisé au XIII^e siècle, l'étude archéologique des revêtements a constitué une approche essentielle du phasage de la construction comme de l'organisation du chantier de la cathédrale de Chartres. Elle s'est inscrite dans le déroulement des étapes successives du programme de restauration des décors peints, en adaptant notre méthodologie d'investigation à ces interventions et aux données disponibles. Les observations stratigraphiques que nous avons réalisées sur la totalité des élévations des deux travées occidentales de la nef nous ont conduit à identifier jusqu'à cinq couches d'enduits successifs. Cette étude a par ailleurs permis, au travers de l'analyse des limites et des reprises de l'enduit du XIII^e siècle, la restitution d'un système d'échafaudage partiel et d'un plancher de travail haut, mis en œuvre pour l'édification, entre les deux tours préexistantes, des deux travées occidentales et de la façade. L'analyse stratigraphique des enduits et polychromies appartenant à cette première phase suggère également une interruption brutale du chantier du XIII^e siècle dans cette partie de l'édifice, sans qu'il soit possible actuellement d'en déterminer les causes, économiques, politiques, liturgiques...

Les deux principales campagnes de travaux s'inscrivent ainsi parmi les grandes réalisations de leur époque. Il s'agit, d'une part, de la vogue des grandes flèches de pierre et des premières façades « harmoniques » du milieu du XII^e siècle et, d'autre part, des grandes reconstructions de cathédrales et d'abbatiales de l'*opus francigenum*. Les deux grandes phases de chantiers soulignent l'ambivalence de l'œuvre, témoignant tantôt des caractères de nouveauté, probablement soutenus par l'ambition des commanditaires et le faste des moyens à disposition, tantôt des traits plus traditionnels, illustrant la culture et le savoir-faire des bâtisseurs.

1.3.Objectifs de l'opération

L'étude portera sur toutes les élévations et les voûtes concernées par la restauration intérieure de la nef et couvrira l'emprise totale de l'échafaudage installé, y compris la galerie intérieure du triforium.

L'objectif de l'accompagnement archéologique pour ces travaux sera le relevé, l'observation et l'analyse de l'ensemble des parements et des témoigns des différentes campagnes de construction sur l'ensemble de la nef sous la maîtrise d'œuvre de l'architecte en chef des Monuments historiques (ACMH), avec comme point particulier la travée ouest de la nef adossée aux deux tours pour leur partie romane. Elle prendra la forme d'une observation minutieuse des maçonneries et des armatures anciennes des vitraux permettant d'apporter des éléments nouveaux à la chronologie du monument, à la détermination de ces phases de construction, à la reconnaissance du déroulement du chantier, de son organisation et de son approvisionnement en matériaux. Elle pourra comporter des prélèvements et des sondages ponctuels dans le cadre des travaux de restauration.

Les études réalisées à l'avancement du chantier et les observations effectuées permettront d'étayer les choix de restauration par le maître d'œuvre associé au comité scientifique de la cathédrale.

2. Organisation et planning

Cette opération s'inscrit dans le planning général du chantier : elle comprend donc deux tranches, une tranche ferme et une tranche conditionnelle.

L'intervention se déroulera conjointement aux travaux de restauration ; elle s'effectuera en étroite coordination avec les entreprises titulaires des différents lots 1 à 9, et en particulier en partenariat avec le lot n°3 – Restauration de peintures – Enduits peints et badigeons.

Afin d'assurer un suivi régulier des travaux de restauration, l'intervention archéologique sera conduite à être divisée en plusieurs phases. Le plan d'intervention de l'opérateur archéologique prévoit le phasage suivant :

- 1 semaine minimum de présence par mois en moyenne sur le site, soit, pour la tranche ferme, 9 semaines réparties en particulier sur les 7 mois prévus par le calendrier des travaux de restauration de peintures; et pour la tranche conditionnelle, 11 semaines réparties en particulier sur les 8 mois prévus par le calendrier des travaux de restauration de peintures.

Ce phasage est modulable et adaptable en fonction de l'avancement des travaux ; pour ce faire, l'équipe d'archéologues sera mobilisable en tant que de besoin.

Notre planning prévisionnel repose sur celui fourni dans le DCE pour l'ensemble des lots. Il devra être confirmé en concertation avec les entreprises titulaires des lots 1 à 9, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage.

Le rapport final d'opération devra être remis au maximum quatre mois après la fin de l'opération sur le terrain.

Concernant l'acquisition des données de terrain, la **solution de base** repose sur :

- d'une part, le relevé, l'observation et l'analyse de l'ensemble des parements ;
- d'autre part, la réalisation d'un levé de plan avec raccordement altimétrique sur le nivellement général de la France. Ce levé de plan devra être réalisé de préférence avant la mise en place des échafaudages, afin de faciliter l'accès aux différentes parties des élévations et la prise de points topographiques.

En tranche ferme :

Étude archéologique du bâti et des parements de la nef	Période d'intervention	Durée d'intervention
Bilan documentaire en amont de l'intervention et préparation administrative et technique de l'opération.	Mois 0 à 2	15 jrs
Acquisition des données de terrain : levé de plans.	Mois 0	5 jrs
Acquisition des données de terrain : relevé et analyse des parements des travées 7-8-9 (maçonnerie, enduits, badigeons, décors peints, clés de voûte, étude des matériaux)	Mois 3 à 10	45 jrs
Traitement des données : rédaction d'un rapport intermédiaire détaillé avec mise au net des plans et dessins (topographie, DAO)	Mois 10 à 12	20 jrs

En tranche conditionnelle :

Étude archéologique du bâti et des parements de la nef	Période d'intervention	Durée d'intervention
Acquisition des données de terrain : levé de plans.	Mois 9	6 jrs
Acquisition des données de terrain : relevé et analyse des parements des travées 3-4-5-6 (maçonnerie, enduits, badigeons, décors peints, clés de voûte, étude des matériaux)	Mois 13 à 21	55 jrs
Restitution des données : réalisation d'un rapport final comprenant tous les documents nécessaires à la présentation de l'opération menée sur l'ensemble de la nef et des données collectées.	Mois 22 à 24	40 jrs

L'intervention archéologique pourra débuter dès réception de la notification du marché par le maître d'ouvrage, selon le planning défini en concertation avec le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et les différentes entreprises titulaires des lots 1 à 9.

La société Archeodunum devra avoir libre accès aux échafaudages durant toute la durée de l'opération archéologique.

3. Acquisition des données de terrain

La fouille envisagée devra permettre d'atteindre les objectifs fixés par le C.C.T.P. du lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef.

L'équipe d'archéologues devra constamment optimiser son mode d'intervention et l'adapter à la nature et à la densité des vestiges, en conciliant et en respectant les objectifs fixés par le C.C.T.P., le programme et les délais fixés par le planning des travaux et les mesures de sécurité.

Des collaborations étroites seront établies avec les chercheurs spécialistes des problématiques propres au site, et en particulier avec ceux du comité scientifique.

3.1. Réunions de chantier

Le responsable d'opération participera à l'ensemble des rendez-vous de chantier conduits par le maître d'œuvre, pour les travaux relatifs à la restauration des décors intérieurs. La qualité et le suivi du calendrier de l'opération sont assurés par le responsable administratif d'Archeodunum en charge du dossier.

En préalable au démarrage de la phase d'acquisition des données de terrain, le responsable d'opération établira un bilan de la documentation existante sur le projet de restauration en relation avec la conservation régionale des monuments historiques. Il prendra connaissance du calendrier définitif du projet auprès de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre, et il prendra contact avec les différents acteurs concernés.

Au cours de la phase de terrain, la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage seront régulièrement informés, par courrier ou messagerie électronique, de l'état d'avancement de l'opération de terrain. Le maître d'ouvrage et l'ACMH seront en outre immédiatement avisés de toute découverte archéologique majeure. A l'issue de la phase terrain, un projet de programmation des moyens prévus pour la phase post-fouille leur sera transmis.

3.2. Protocole d'étude archéologique du bâti

L'étude du bâti et des parements des travées 3 à 9 de la nef de la cathédrale Notre-Dame de Chartres se déroulera selon les méthodes de l'archéologie du bâti.

Elle nécessitera donc d'intégrer une réflexion sur le plan comme sur les différents éléments des élévations, ce qui implique l'acquisition d'une documentation graphique la plus complète possible pour l'ensemble des travées concernées par le projet de restauration.

3.2.1. Levé de plan

Dans le cas où la **solution de base** serait retenue, un relevé topographique rattaché au système national du plan sera réalisé.

Afin de garantir l'accessibilité des structures, l'intervention devra être programmée en amont de la pose des échafaudages.

3.2.2. Étude archéologique des élévations

L'étude du bâti sera réalisée après la pose des échafaudages par les entreprises, et conjointement aux travaux de restauration.

L'étude portera sur toutes les élévations et les voûtes concernées par la restauration intérieure de la nef et couvrira l'emprise totale de l'échafaudage installé, y compris la galerie intérieure du triforium.

L'objectif de l'étude archéologique est le relevé, l'observation et l'analyse de l'ensemble des parements et des témoins des différentes campagnes de construction sur l'ensemble de la nef, avec comme point particulier la travée ouest de la nef adossée aux deux tours pour leur partie romane. Elle prendra la forme d'une observation minutieuse des maçonneries et des armatures anciennes des vitraux permettant d'apporter des éléments nouveaux à la chronologie du monument, à la détermination de ses phases de construction, à la reconnaissance du déroulement du chantier, de son organisation et de son approvisionnement en matériaux. Elle pourra comporter des prélèvements et des sondages ponctuels dans le cadre des travaux de restauration. Elle prendra soin également d'intégrer une étude préventive de toutes les surfaces affectées par les travaux ou leur mise en œuvre (échafaudages notamment).

L'opération de terrain se déroulera en lien étroit avec les interventions de restauration, et en particulier en partenariat avec le lot n°3 – Restauration de peintures – Enduits peints et badigeons, selon un protocole adapté aux travaux effectués et aux objectifs de l'étude.

Pour l'ensemble des maçonneries :

Seront vérifiées les liaisons verticales et horizontales entre les différents éléments de chacune des élévations concernées afin d'établir la **chronologie relative des différentes maçonneries**. La qualité des **matériaux de construction** sera notée sur l'ensemble des élévations concernées (nature des pierres, technique d'appareillage, traces de taille, indices de remploi ; nature du mortier ; nature des enduits...).

Il sera également procédé à la fouille, à la photographie et au relevé des trous de boulins et de toute autre structure en creux. Les éléments sculptés, marques lapidaires, graffitis et tout autre élément remarquable seront photographiés et relevés.

- au 1/10^e pour les éléments spécifiques ;

- au 1/1^e pour les profils des moulures, les éléments métalliques ou les éléments sculptés, s'il y a lieu.

Les relevés de détails seront reportés sur les relevés généraux, l'ensemble étant recadré dans un système topographique rattaché au système national (système Lambert 3 et Nivellement Général Français).

Des clichés photographiques systématiques seront réalisés tout au long de l'intervention.

Prélevements et analyses en vue de caractérisation et datation.

Divers prélèvements seront effectués. Des analyses seront mises en œuvre si elles s'avèrent utiles à la compréhension des vestiges et du site dans sa globalité.

- Des prélèvements de mortier seront effectués et feront l'objet d'une analyse macroscopique afin de préciser la chronologie relative de la construction et d'approcher les techniques de fabrication.
- Les éventuels prélèvements de charbon ou de mobilier osseux seront réalisés dans le respect des protocoles adaptés aux analyses ultérieures de mesure d'âge radiocarbone. Celles-ci seront confiées au CDRC de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, composante du laboratoire Archéométrie et Archéologie (UMR 5138 de la MOM).
- Les prélèvements de bois qui pourraient être effectués seront datés par dendrochronologie au laboratoire Chrono-environnement, Université de Franche-Comté (UMR 6249).

- Pour l'étude des éléments métalliques, il sera fait appel aux spécialistes ad hoc en que de besoin pour apporter d'éventuels compléments d'information ou d'analyse.

3.3. Moyens humains et matériels – Phase d'acquisition des données

Une affectation prévisionnelle des moyens humains et techniques peut être envisagée comme suit.

En tranche ferme

- Préparation de l'opération : bilan documentaire en amont de l'intervention et préparation administrative de l'opération ; études effectuées, restaurations antérieures : 1 responsable d'opération (15 jours)
- Acquisition des données de terrain :

- Analyse des parements des travées 7-8-9 (maçonnerie, enduits, badigeons, décors peints, clés de voûte, étude des matériaux) : soit une équipe de 2,5

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef. Archeodunum – Pôle bâti Agence Chaponmay – e.boissard@archeodunum.fr

Pour les éléments métalliques :

En lien avec les opérations de dépose des vitraux et les travaux de serrurerie, une attention particulière sera portée aux **éléments métalliques** des armatures anciennes des vitraux, qui seront photographiés et relevés graphiquement si nécessaire. Les autres éléments métalliques (agrafes, trants...) seront également recherchés, inventoriés et documentés.

Pour les élévations intérieures :

Les élévations intérieures seront principalement concernées par les travaux de restauration des peintures murales.

L'équipe archéologique s'attachera particulièrement au suivi du traitement des trous et fissures, notamment les trous de boulin et trous de voûtes qui seront fouillés, photographiés et relevés.

Une première lecture des épidermes devra intervenir dès la fin du nettoyage fin des surfaces, réalisé par l'entreprise de restauration. On profitera des lacunes du revêtement pour procéder à une observation fine de la maçonnerie des élévations intérieures.

L'**étude stratigraphique des couches de revêtements successifs** sera effectuée en lien avec les sondages effectués par les conservateurs-restaurateurs sur l'ensemble des éléments concernés : parements, voûtains, clés de voûtes, et baies hautes. Les différents enduits peints et badigeons mis au jour seront photographiés, décrits et localisés sur un relevé général. En fonction de la pertinence de l'étude et de l'état de conservation des enduits, les décors peints anciens seront relevés sur calque polyester ou sur film. Leur analyse stratigraphique sera intégrée à la réflexion générale sur l'évolution de l'édifice. Des comparaisons et une mise en relation seront établies avec les données acquises lors de notre intervention sur les deux travées occidentales et la façade.

Un **catalogue des éléments sculptés**, assorti de photographies systématiques, sera réalisé afin de servir de support à une étude comparative en post-fouille.

L'analyse archéologique du bâti nécessitera un enregistrement stratigraphique systématique des éléments significatifs (négatifs, césures, appareil, revêtements...), associé à des relevés manuels pierre à pierre et topographiques.

Les relevés seront présentés à une échelle adaptée à la pertinence de la démonstration, soit :

- au 1/50^e pour les élévations générales ;
- au 1/20^e pour les parements, les parties significatives du point de vue des modes de construction, de la chronologie, etc.... ;

CHARTRES Cathédrale. Restauration intérieure de la nef travées 3 à 9 et des baies 129 à 142. Lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef. Archeodunum – Pôle bâti Agence Chaponmay – e.boissard@archeodunum.fr

personnes (en moyenne) pour la phase terrain d'une durée prévisionnelle de 45 jours ouvrés. Elle sera composée d'un responsable d'opération spécialiste du bâti et d'un archéologue spécialiste du bâti pour toute la durée de l'opération. L'intervention d'un archéologue spécialiste des enduits est prévue pendant une durée de 20 jours.

- Levé de plans et raccordement altimétrique sur le nivellement général de la France : soit une équipe de 2 personnes pour la phase terrain d'une durée prévisionnelle de 5 jours ouvrés. Elle sera composée d'un responsable d'opération spécialiste du bâti et d'un topographe.

En tranche conditionnelle

- Acquisition des données de terrain :
- Analyse des parements des travées 3-4-5-6 (maçonnerie, enduits, badigeons, décors peints, clés de voûte, étude des matériaux) : soit une équipe de 2,5 personnes (en moyenne) pour la phase terrain d'une durée prévisionnelle de 55 jours ouvrés. Elle sera composée d'un responsable d'opération spécialiste du bâti et d'un archéologue spécialiste du bâti pour toute la durée de l'opération. L'intervention d'un archéologue spécialiste des enduits est prévue pendant une durée de 25 jours.
- Levé de plans et raccordement altimétrique sur le nivellement général de la France : soit une équipe de 2 personnes pour la phase terrain d'une durée prévisionnelle de 6 jours ouvrés. Elle sera composée d'un responsable d'opération spécialiste du bâti et d'un topographe.

4. Méthodologie phase post-fouille

4.1. Traitement des données

A l'issue de la tranche ferme sera réalisée la rédaction d'un rapport intermédiaire détaillé accompagné de la mise au net des plans et dessins.

A l'issue de la tranche conditionnelle, la réalisation du rapport final comprenant tous les documents nécessaires à la présentation de l'opération menée sur l'ensemble de la nef rassemblera toutes les données collectées, leur analyse et la synthèse.

En phase post-fouille, aux côtés du responsable d'opération, du topographe, de l'infographe, du gestionnaire du mobilier, seront présents les spécialistes des études de mobiliers pour toutes les catégories nécessaires : mortier, pierre, métal, bois...

Le processus habituel de mise au net et d'exploitation de la documentation, d'étude du mobilier, puis de synthèse, sera mis en œuvre en adaptant notre méthodologie à la spécificité du site.

L'étude post-fouille se déroulera selon le processus suivant:

- Mise au net et transcription informatique de l'enregistrement de terrain (texte et graphique), production des listes d'inventaires.
- Analyse des prélèvements (mortier, charbons de bois, mo bilieux osseux, bois, métal...).
- Mise au net des plans et des relevés (topographie, DAO).
- Phasage des structures et rédaction des parties descriptives.
- Élaboration des plans synthétiques de phasage permettant la compréhension des informations consignées dans le rapport.
- Recherches historiques (synthèse bibliographique, recherches en archives...), travail comparatif.
- Synthèse : mise en contexte de la fouille et mise en perspective des résultats.
- Élaboration du document final de synthèse.

L'ensemble de ces opérations sera mené conformément aux prescriptions énoncées à l'article 1.5 du C.C.T.P. du lot n°10 – Étude archéologique du bâti et des parements de la nef.

5. Composition de l'équipe/organigramme

L'équipe sera composée de quatre archéologues (voir CV joints), un topographe et un cadre administratif en charge du suivi.

Responsable d'opération, archéologue médiéviste spécialiste du bâti :
Pierre Martin, docteur en histoire de l'art et archéologie du Moyen Age.

Archéologues, spécialistes du bâti :

Julien Noblet, docteur en histoire de l'art

Franck Tournadre

Archéologue, spécialiste des enduits peints :

Emmanuelle Boissard

Topographe :

Guilhem Turgis

Coordination :

Isabelle Parron, directrice générale

6. Préparation, coordination de l'opération, gestion de la sécurité

D'un point de vue général, la société Archeodunum s'engage à agir conformément à l'article 8 du C.C.A.P.

6.1. Installations de chantier

Conformément à l'article 1.13 du C.C.T.P. Lot n°00 – Prescriptions communes à tous les lots, les installations communes de chantier seront à la charge et réalisées par l'entreprise du lot n°02 – Maçonnerie Pierre de taille.

6.2. Prévention des risques professionnels

Le personnel est équipé en EPI-chaussures de sécurité, casque et gilet réfléchissant.

Le Décret du 8 janvier 1965 est connu et appliqué.

Toute personne non autorisée est interdite sur le chantier.

Le responsable d'opération dispose d'un téléphone portable pour prévenir en cas de problème.

Le rapport final comprendra une présentation synthétique des résultats de l'opération. Il s'attachera à confronter ces résultats aux éléments antérieurs de connaissance du bâtiment, notamment avec ceux issus de l'opération précédemment menée sur les deux travées occidentales, et à les mettre en perspective avec les problématiques actuelles concernant les chantiers de construction de cette période. L'équipe archéologique veillera notamment à se rapprocher des spécialistes de ces recherches, et en particulier de ceux appartenant au comité scientifique.

Le rapport sera remis en 4 exemplaires papier reliés et un exemplaire numérique au plus tard quatre mois après la fin de l'opération de terrain.

4.2. Moyens archéologiques – Phase de traitement des données

Une affectation prévisionnelle des moyens humains peut être envisagée comme suit.

En tranche ferme

- Rédaction d'un rapport intermédiaire détaillé avec mise au net des plans et dessins (topographie, DAO) : soit une équipe de 2,5 personnes (en moyenne) pour la phase de traitement des données d'une durée prévisionnelle de 20 jours ouvrés. Elle sera composée d'un responsable d'opération spécialiste du bâti, d'un ou deux archéologues spécialistes du bâti et des enduits et d'un technicien infographiste.
- Une provision forfaitaire pour analyse (C14, dendrochronologie, analyse de mortiers, pigments, études des éléments métalliques...) a été prévue. Les analyses seront menées suivant la pertinence des questionnements qui se poseront en cours d'étude et cela dans la limite du budget d'analyse proposé.

En tranche conditionnelle

- Réalisation d'un rapport final comprenant tous les documents nécessaires à la présentation de l'opération menée sur l'ensemble de la nef et des données collectées, remis en 5 exemplaires dont 1 numérique : soit une équipe de 2,5 personnes (en moyenne) pour la phase de traitement des données d'une durée prévisionnelle de 40 jours ouvrés. Elle sera composée d'un responsable d'opération spécialiste du bâti, d'un ou deux archéologues spécialistes du bâti et des enduits et d'un technicien infographiste.
- Une provision forfaitaire pour analyse (C14, dendrochronologie, analyse de mortiers, pigments, études des éléments métalliques...) a été prévue. Les analyses seront menées suivant la pertinence des questionnements qui se poseront en cours d'étude et cela dans la limite du budget d'analyse proposé.

6.3. Mesure de prévention des risques exportés et importés

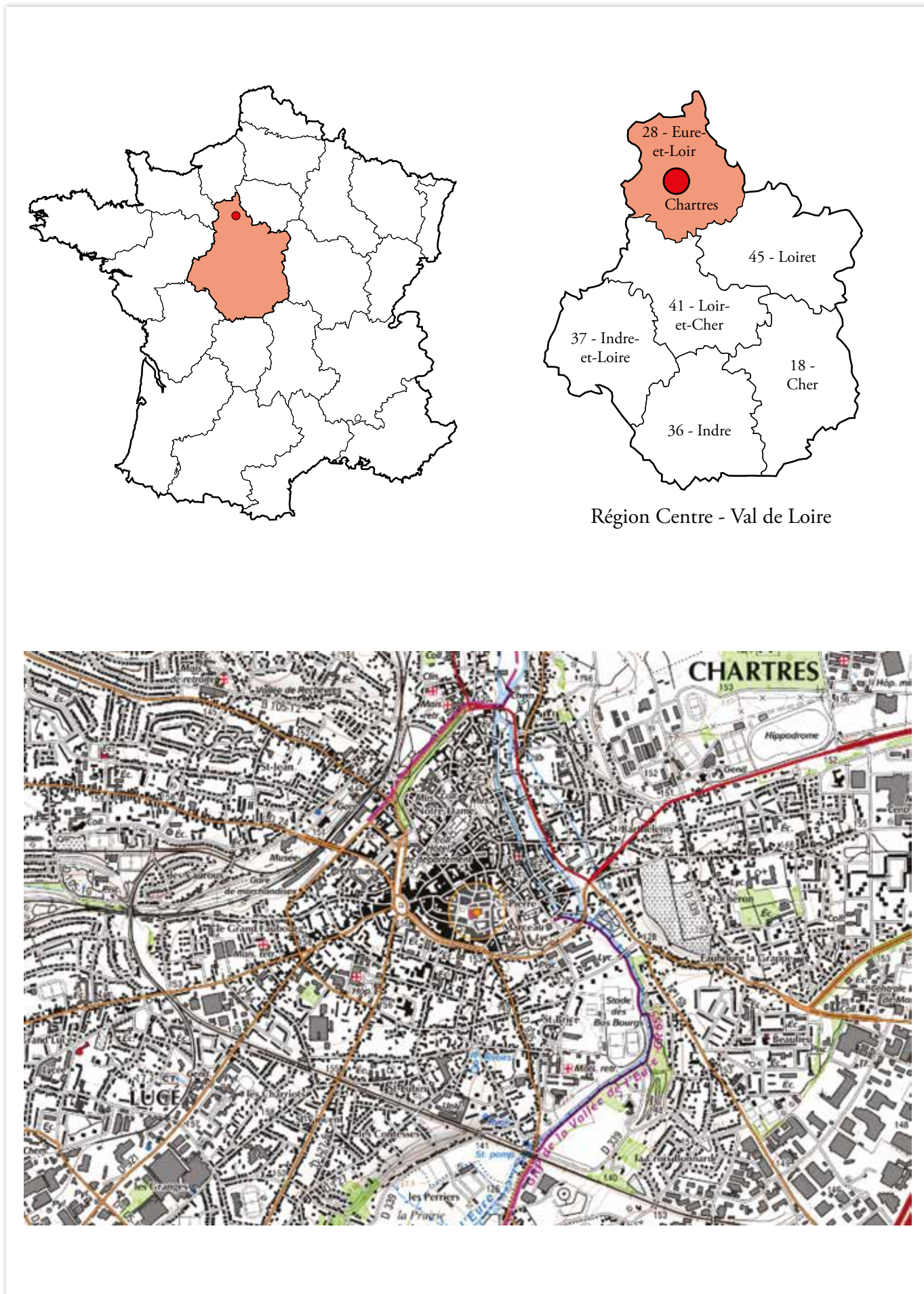
L'équipe archéologique s'engage à faciliter la mission du coordonnateur, des organismes et contrôleurs de sécurité, notamment à l'occasion des visites de chantier ou des enquêtes effectuées à la suite d'accidents. L'équipe archéologique respectera les dispositions réglementaires en matière de sécurité et de protection de la santé, ainsi que le Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé (P.G.C.S.P.S.). Elle se conformera aux directives et circulaires des organismes de prévention (OPPBTP, CRAM, INRS...)

Dans les délais contractuels et avant le commencement des travaux, **un PPSPS sera établi** en collaboration avec le Coordonnateur de Sécurité et de Protection désigné par le maître d'ouvrage afin d'évaluer les risques du chantier et les risques générés par la co-activité. Il sera transmis au maître d'ouvrage, maître d'œuvre, coordonnateur S.P.S., organismes de sécurité... L'équipe archéologique mettra en œuvre les mesures de préventions indiquées dans le PPSPS.

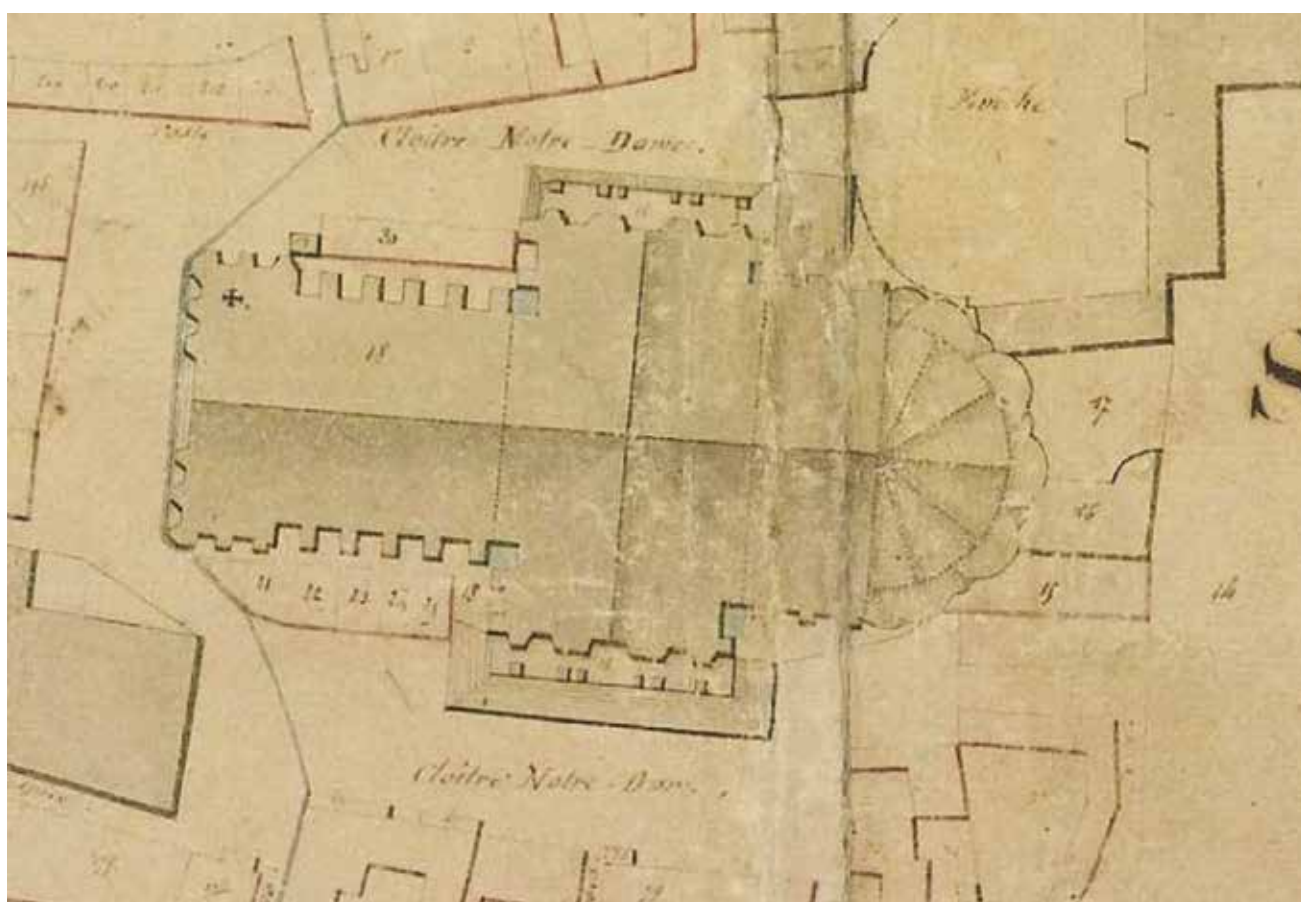
7. Communication et valorisation de la recherche

En concertation avec la Conservation régionale des monuments historiques de la région Centre et le maître d'œuvre, l'équipe archéologique mettra à disposition les données concernant l'avancement des découvertes par le biais du média qui sera réputé le plus approprié. Archeodunum pourra notamment assurer la diffusion sur son site internet (www.archeodunum.com) et via la revue *Archéothéma* (diffusion nationale en kiosque, tirage 15 000 exemplaires) sous la forme d'un article d'actualité (1000 à 1500 signes et 2 à 3 visuels).

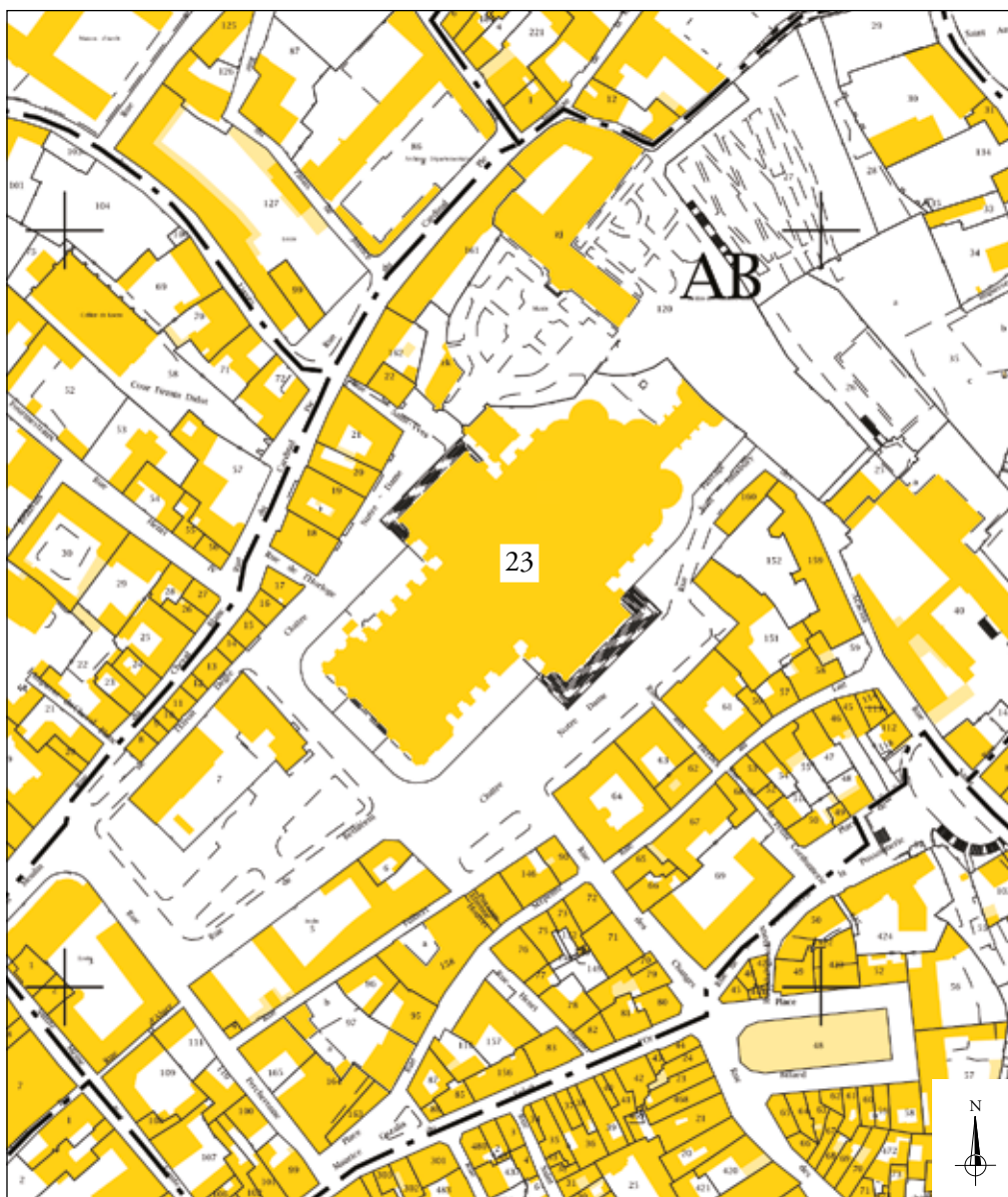
Plan de situation et extrait de la carte IGN (éch. : 1/25000)



Extrait du cadastre napoléonien (1828), section A dite de Notre-Dame (éch. : 1/250)



Extrait du cadastre actuel, section AB (éch. : 1/2500)



éch. 1/12500 : 0 100m

Source : <https://www.cadastre.gouv.fr> ; édité le 18/09/2017.

2



Textes



1 - INTRODUCTION

Les travaux de restauration engagés en 2014 sur le vaisseau central de la nef de Notre-Dame de Chartres ont donné lieu à une étude des élévations intérieures prescrite par l'État sous la responsabilité des Monuments Historiques. Cette opération archéologique confiée à la société Archeodunum s'inscrit plus spécifiquement dans le cadre du dégagement et de la consolidation des enduits peints des travées 3 à 9 du vaisseau central et de la restauration des verrières du clair-étage (n°129 à 142) (**fig. 1**). Elle s'est déroulée en deux tranches sur toute la durée des travaux, environ 18 mois, afin de suivre au plus près la redécouverte des élévations du XIII^e siècle, dissimulées sous la suie et les repeints. La première tranche (TF) a porté sur les élévations des travées 7, 8 et 9 comprenant les verrières (n°129 à 134). La seconde (TC), après le déplacement de l'échafaudage, a consisté à poursuivre l'étude du vaisseau à la hauteur des travées 3 à 6 et des verrières adjacentes (n°135 à 142). Cette seconde tranche fait ainsi la liaison avec le massif occidental, étudié lors d'une précédente campagne de restauration (2010)¹.

Cela fait, en effet, maintenant presque dix années que la cathédrale Notre-Dame de Chartres est en chantier. Les travaux du pignon du transept sud, qui s'ouvraient au début de l'année 2008, peuvent être vus comme le point de départ d'une succession de restaurations ininterrompues jusqu'à ce jour². Le relais a été assuré par le « Plan cathédrale » engagé en juillet 2009 par la région Centre³ pour un programme de travaux autour de ses cinq cathédrales, Blois, Bourges, Orléans Tours et Chartres, dont l'entretien incombe à l'État, mais qui souffrait jusqu'à cette date d'aléas budgétaires. Aujourd'hui, si les six années de travaux prévues initialement sont dépassées, les crédits supplémentaires et la volonté de tous permettent encore de mobiliser les restaurateurs autour des cathédrales de la région. Chartres⁴ en bénéficie tout particulièrement. Ainsi, à Notre-Dame, un ambitieux projet de restauration a été engagé pour redécouvrir, sous la poussière et les repeints, la polychromie du XIII^e siècle qui ornait primitivement tous les parements intérieurs. En même temps que les murs retrouvaient leur aspect d'origine, le programme de restauration visait aussi à rendre au clair-étage l'éclat de ses verrières.

Ces campagnes de restaurations (**tab. 1**), entreprises sur le long terme, ont aussi été l'occasion de mener parallèlement des investigations scientifiques sur les élévations ; les parements intérieurs le plus souvent. De nombreux spécialistes de la construction ont pu ainsi, grâce aux échafaudages dressés contre les murs et sous l'intrados des voûtes, observer la cathédrale au plus près de sa structure. Ils se sont attachés à l'analyse de ses matériaux lithiques, ses enduits, ses verrières, mais aussi ses éléments métalliques (crampons, cochets, barlotière...). Le bois apparaît aussi par les traces qu'il a laissées lors de la construction (boulins, couchis, cales...).

1. Consulter le rapport : MARTIN (P.), *Chartres – cathédrale Notre-Dame, travées occidentales et façade*, Archeodunum, 2013, 3 vol.
2. Le bras nord du transept avait été restauré dix ans plus tôt, entre 1997 et 1999, sous la maîtrise d'œuvre de Guy Nicot, Architecte en chef des Monuments historiques.
3. Dénommée région Centre-Val de Loire après le 17 janvier 2015.
4. Les mécènes de Chartres sanctuaire du monde et des Amis de la cathédrale de Chartres et collectivités locales se sont mobilisés aux côtés de l'État pour la restauration de la cathédrale de Chartres.

Les interventions archéologiques les plus notables ont été supervisées par la Direction Régionale des Affaires Culturelles et encadrées par un comité scientifique. Deux études ont été prescrites par la Conservation régionale de l'archéologie et menées par des équipes de 3 à 5 personnes sur un temps de terrain d'environ 5-6 mois chacune. La première en 2009, confiée au Service Archéologie de la Ville de Chartres, s'est déroulée durant la restauration des parties hautes du chœur. La seconde, en 2010, a été conduite par la société Archeodunum sur les travées occidentales du vaisseau central (T1 et T2), y compris la façade du portail royal (parements intérieur et extérieur). Dans les deux cas, les objectifs scientifiques énoncés par le cahier des charges portaient sur des éléments comparables : *repérer les différentes phases de construction, établir une chronologie relative et saisir l'organisation du chantier*. Une attention particulière devait, par ailleurs, être conduite sur la stratigraphie des enduits peints, sur les techniques d'appareillage, sur les trous de boulins, la mise en œuvre du fer, du plomb, des agrafes... Ces deux études ont donné lieu à des rapports archéologiques remis au SRA⁵.

Parallèlement à ces deux missions, plusieurs chercheurs⁶ ont profité des échafaudages ou de la dépose des verrières pour conduire des observations et contribuer également à renouveler la connaissance de ce bâtiment emblématique. Leurs résultats se sont parfois concrétisés dans des publications⁷. Ces dernières (articles ou actes de colloque) abordent des thèmes variés qui concernent soit les éléments architecturaux en cours de rénovation, avec leur lot d'informations inédites (la pierre, les enduits, le fer, le plomb, le verre) mais également des sujets déconnectés des rénovations telles que la crypte, les moulages, l'ancienne couverture en plomb⁸...

Dans le prolongement de ces travaux, la chapelle Saint-Piat, qui se dresse à la pointe du chevet, fait également peau neuve et là aussi des études sont en cours⁹. Si l'ensemble de la cathédrale se rénove dans sa matérialité, c'est également l'histoire du bâtiment qui se renouvelle depuis une décennie. C'est donc à la suite et dans le cadre de cette dynamique de recherche autour de Notre-Dame que s'inscrit la présente étude du vaisseau central de la nef. Étude qui entend apporter son lot d'observations et de réflexions liées au secteur en question.

5. **2009-2014** : VIRET (J.), Cathédrale de Chartres – Observations et sondages archéologiques dans les parties hautes du chœur, Service Archéologique de Chartres, 2014, 2 vol. ; **2010-2013** : MARTIN (P.) 2013, *Op. cit.*

6. Entre autres : Lise Leroux (LRMH), Arnaud Timbert (Univ. Lille 3), Maxime L'Héritier (Univ. Paris 8).

7. *Bulletin monumental* 2011 ; REILLE-TAILLEFERT (G.) 2012. ; TIMBERT (A.) *et alii* 2014.

8. À titre d'exemple, dans TIMBERT (A.) *et alii* 2014 : HEBER-SUFFRIN (F.) et SAPIN (C.), « Les cryptes de Chartres et leurs matériaux de construction », pp. 191-202 ; MAYER (J.), « Les moulages de la cathédrale Notre-Dame de Chartres », pp. 145-157 ; DAUSSY (S. D.), « De l'apport du *Dictionnaire raisonné* de Viollet-le-Duc à la connaissance de l'ancienne couverture en plomb », pp. 335-359.

9. BOUTICOURT (É.), *Chapelle Saint-Piat : étude de la charpente*, 2017, CSA (en cours).

Maîtrise d'œuvre	Années	Restauration	Étude archéo.	Com- mande
Patrice Calvel	2008-2009	> pignon du transept sud ; > verrières 109, 111, 113 ; > polychromie de la chapelle d'axe et la chapelle des martyrs ;		
	2009	> polychromie du haut chœur ; > des verrières 104, 106, 108, 110, 112, 114 ;	Service archéologique de la ville de Chartres	SRA
	2010-2011	> polychromie des deux travées occidentales ; > verrières et de la rose	Archeodunum	SRA
	2011	> polychromie du déambulatoire ; > du décor du chœur de Victor Louis		
Marie-Suzanne de Ponthaud	2013	> polychromie de la croisée du transept		
	2014-2016	> polychromie des travées 3 à 9 du vaisseau central de la nef ; > verrières 129 à 142. > déambulatoire	Archeodunum	MH
	2017	> polychromie de la chapelle Saint-Piat > charpente et couverture	Veissière (Patrimoine numérique) Bouticourt (CSA)	MH

tab. 1 : Récapitulatif des travaux conduits depuis 2008.



2 - L'OBJET DE L'ÉTUDE

La cathédrale Notre-Dame de Chartres est sans doute l'un des plus emblématiques édifices de l'architecture gothique du XIII^e siècle. Elle a fait l'objet à ce titre de nombreuses publications. C'est principalement à partir des plus récentes que nous nous sommes appuyés pour décrire la cathédrale et bâtir notre problématique. Indiquons la monographie de Brigitte Kurmann-Schwarz et Peter Kurmann parue en 2001¹⁰, le *Bulletin Monumental* coordonné par Claudine Lautier en 2011¹¹ à la suite des travaux du chœur et celle dirigée par Arnaud Timbert en 2014¹² prenant en compte les observations menées pendant les restaurations jusqu'en 2012. L'exposé des données archéologiques et notre réflexion s'appuieront également, autant que de besoin, sur des publications plus anciennes et sur les rapports des deux importantes études conduites entre 2009 et 2011 successivement par le Service archéologique de la Ville de Chartres et par la société Archeodunum.

» La cathédrale : description

La cathédrale de Chartres se dresse sur un promontoire calcaire bordant la vallée de l'Eure, dominant ainsi la ville agglutinée autour et la plaine de la Beauce qui se déploie au loin (**fig. 2**). L'édifice aujourd'hui en élévation appartient pour l'essentiel à des campagnes de travaux des XII^e et XIII^e siècles. Il s'agit d'un édifice qui s'implante sur les vestiges de la cathédrale du XI^e siècle attribuée à l'évêque Fulbert¹³. Cette reconstruction intervient après que cette dernière ait été ravagée par les flammes en 1194. En cette fin du XII^e siècle, le chantier de reconstruction de Notre-Dame de Chartres s'ouvre dans la même décennie que celui de la cathédrale de Bourges. Période des grandes cathédrales du gothique dit « classique » durant laquelle les bâtisseurs cherchèrent à réduire la surface des murs au profit de grandes verrières en reportant, notamment, les charges sur des supports par l'intermédiaire d'arcs. La reconstruction de Notre-Dame de Chartres s'inscrit dans un programme qui s'appuie sur de nouveaux canons architecturaux. Toutefois, cette nouvelle construction ne part pas de rien (**fig. 3a**). Elle est implantée sur les soubassements¹⁴ de la cathédrale de Fulbert (épargnée des flammes) et s'appuie sur le massif occidental et ses deux tours construits entre 1130-1170, soit cinquante ans avant l'incendie. D'après les auteurs, les vestiges de l'ancien édifice ont été maintenus dans le sous-sol et en élévation parce qu'ils disposaient déjà de proportions monumentales et qu'ils évoquaient les cathédrales passées¹⁵. La conservation des élévations existantes représentait à l'évidence aussi une économie réelle pour un nouveau chantier (mains-d'œuvre et matériaux) et un gain de temps extraordinaire pour reconstruire une nouvelle cathédrale, verrières et sculptures comprises, en à peine plus de 30 ans (1195-1230) selon l'avis partagé des spécialistes¹⁶.

10. KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001.

11. BULLETIN MONUMENTAL, 2011.

12. TIMBERT (A.) *et alii* 2014.

13. Les travaux conduits sous l'évêque Fulbert débutent vers 1020, la précédente cathédrale avait été également détruite par un incendie.

14. Elle est formée de deux longs couloirs voûtés d'arêtes, reliée à l'est par un déambulatoire ponctué de trois chapelles rayonnantes.

15. PRACHE 2006, pp. 347-348.

16. LAUTIER 2009, p. 228.

Le plan général de la cathédrale se compose d'une nef à trois vaisseaux, précédée d'un massif occidental (**fig. 3b et 4a, b, c et d**). Celui-ci comprend deux tours de plan carré réunies par deux travées un peu plus longues et étroites que celles du vaisseau central. Malgré ce petit décalage de proportions, les travées s'alignent dans l'axe du vaisseau central tandis que les tours ferment les bas-côtés. Dans son projet, le maître d'œuvre a poursuivi la construction du voûtement du vaisseau central dans l'espace compris entre les deux tours du XII^e siècle dont les faisceaux de colonnes sont restés inachevés (**fig. 5**). De même, des baies aveugles ont été peintes pour imiter et unifier les volumes construits et ceux reconstruits. Au-delà du massif occidental, les trois vaisseaux de la nef se développent sur sept travées dont la dernière est commune avec le transept. Ce dernier particulièrement développé se compose de trois travées bordées de collatéraux (bas-côtés) et ses bras donnent sur un portail monumental surmonté d'une façade tout aussi imposante. Le chœur, très développé, compte cinq vaisseaux. Le sanctuaire est ceinturé par un double déambulatoire ponctué de trois chapelles rayonnantes. Entre la chapelle orientale et celle située côté sud, se développe un escalier donnant accès à la chapelle Saint-Piat (1324-1353) située hors-œuvre. Sans prendre en compte cette dernière, la cathédrale mesure plus de 130 m long, ce qui la situe dans les mêmes proportions que les cathédrales d'Amiens (133,50 m), de Reims (138,70 m) et de Rouen (136,86 m). Son vaisseau central, large de 16,40 m, les surpasse toutes, même Beauvais (16 m).

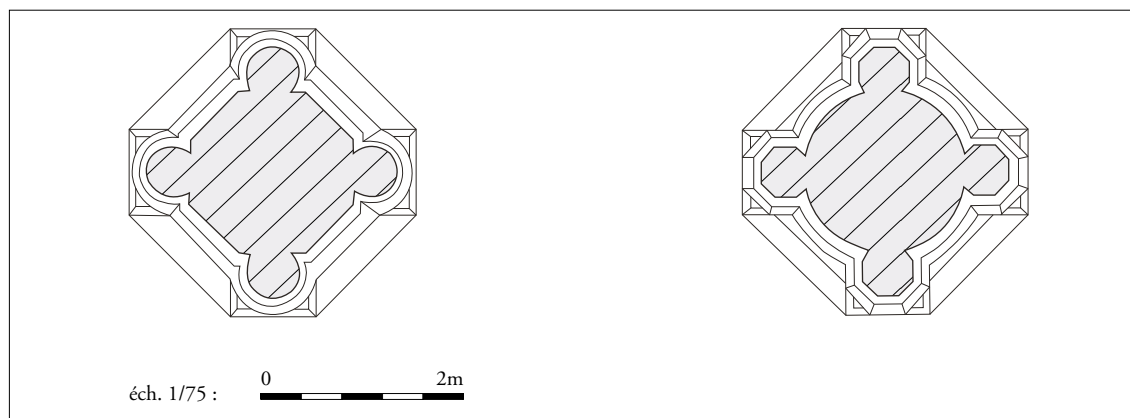
Le vaisseau central mesure dans œuvre, 45,23 m de long par 15,23 m de large¹⁷, pour une hauteur sous voûte de 35 m (**tab. 2**). Avec ses proportions, il surpasse très largement les bas-côtés puisqu'ils sont deux fois et demi moins élevés et deux fois moins larges. L'élévation de la cathédrale s'organise selon un rythme de type A-B-A, c'est-à-dire qu'elle se subdivise en trois niveaux superposés : les grandes arcades (A) et le clair-étage (A) de dimensions pratiquement égales, respectivement 15,40 m et 13,57 m, sont séparés par un niveau intermédiaire, le triforium (B), de dimension plus réduite (4,60 m). Ce principe donne évidemment une prépondérance aux ouvertures : grandes arcades et fenêtres hautes avec leurs verrières. Ce choix architectural s'inscrit donc, comme pour d'autres cathédrales, dans l'écriture du gothique « classique », après Soissons (1190-1191), en même temps que Bourges (1195) et avant Reims et Amiens.

La nef	Hauteur	Largeur	Longueur
Vaisseau central	34,98 m	15,23 m	45,23 m
Bas-côté nord	13,50 m	7,40 m	
Bas-côté sud	13,80 m	7,34 m	

tab. 2 : Dimensions de la nef dans œuvre.

Le couvrement retenu par le maître d'œuvre est un système sur voûtes d'ogives quadripartites implantées sur plan barlong préféré au système sexpartite du premier art gothique que l'on trouve à Bourges par exemple. Les voûtes retombent sur des supports alternés : aux piliers circulaires flanqués de colonnes octogonales s'intercalent des piliers octogonaux flanqués de colonnes rondes (**ill. 1**). Le triforium donne sur le vaisseau central par l'intermédiaire d'arcatures composées de colonnettes posées sur une base et surmontées d'un chapiteau (**fig. 6**). Le nombre d'arcs n'est pas égal en fonction des travées, il change selon la largeur de ces dernières. Dans le chœur et dans le vaisseau central, par exemple, on en compte quatre à l'exception de la première travée située après l'avant-nef, nettement plus étroite, qui n'en contient que trois. Dans le transept, plus développé, les travées possèdent cinq arcades conçues de la même manière.

17. Les dimensions sont données dans œuvre et ont été mesurées au niveau de la première travée après l'avant nef, travée 3.



ill. 1 : Vaisseau central, coupe des deux types du « pilier cantonné » (159,85 m NGF) - Éch. 1/75

La cathédrale a principalement été construite à partir de pierres calcaires dites de Berchères, un matériau local dont les carrières se situent à un peu plus de 10 kilomètres au sud-est de Chartres sur la commune de Berchères-les-Pierres. Une roche calcaire plus fine extraite de carrières au confluent de la Seine et de l'Oise a été utilisée pour la fabrication des statues et l'ornementation des portails. La pierre courante, employée pour le gros-œuvre, est très résistante, mais possède de nombreuses aspérités ; les maçonneries ainsi constituées ont été systématiquement dissimulées par un enduit peint de faux-appareil. L'exceptionnelle conservation de ces revêtements muraux a constitué le fil conducteur des travaux de restauration de ces dernières années, puisque les choix architecturaux ont visé tout particulièrement à redonner à la cathédrale la réalité de son épiderme du XIII^e siècle. Les études récentes suggèrent que ce décor intérieur se poursuivait à l'extérieur, au moins dans les parties supérieures de la cathédrale¹⁸.

» Problématiques

La chronologie de la construction de la cathédrale du XIII^e siècle, au-dessus de la crypte de Fulbert et contre les tours du XII^e siècle, a longtemps fait débat dans la communauté scientifique. Dans sa monographie¹⁹ parue au XIX^e siècle, Marcel-Joseph Bulteau estimait que le chantier avait progressé d'est en ouest, le chœur ayant été érigé en premier. Au début du siècle suivant, Eugène Lefèvre-Pontalis propose le schéma inverse en s'appuyant sur la lecture des arcs-boutants. Il estime que ceux du chœur sont de facture plus récente : (ils) « portent la marque d'un style plus avancé que ceux de la nef²⁰ ». Eugène Lefèvre-Pontalis supposait toutefois la présence d'un chœur provisoire pour célébrer le culte. Ces deux thèses ont coexisté dans la longue littérature sur la cathédrale jusqu'à la fin du XX^e siècle, rien ne permettant de trancher en faveur de l'une ou l'autre hypothèse.

L'analyse dendrochronologique menée en 1990²¹ sur des bois de chêne situés à la naissance des arcs des voûtes des bas-côtés, juste au-dessus des tailloirs des piliers, établit que les bas-côtés et les grandes arcades étaient en place dès 1195-1200. Les analyses conduites sur les bois prélevés dans le chœur offrent une fourchette postérieure, vers 1210-1215. Ces éléments et leur datation²² permettent d'envisager une nef reconstruite ou partiellement reconstruite au tournant du XIII^e siècle et un chevet en cours d'achèvement dans la décennie suivante. Ceci relançait la discussion et donnait raison à l'hy-

18. TIMBERT (A.) *et alii* 2014, pp. 374-378.

19. BULTEAU (M.-J.) 1888-1892.

20. LELÈVRE-PONTALIS (E.), 1904-1905 : voir p. 102 : « Comme les arcs-boutants du chœur portent la marque d'un style plus avancé que ceux de la nef, je suis persuadé qu'on éleva d'abord un chevet provisoire pour y célébrer le culte, pendant que les travaux de la nef et des bas-côtés étaient poussés avec une grande activité. »

21. PRACHE 1997, p. 78. L'analyse dendrochronologique avait été réalisée par Georges Lambert et Catherine Lavier (Besançon).

22. Si un consensus a été trouvé autour de cette datation, cette chronologie peut faire encore parler d'elle. En effet, aucun rapport n'a été fourni, on ne sait pas exactement où ont eu lieu les prélèvements.

pothèse d'Eugène Lefèvre-Pontalis. Les sources textuelles viennent aussi à l'appui de cette hypothèse puisque ce n'est qu'en 1221 que les stalles du chœur étaient affectées aux chanoines²³. Pour autant, les recherches conduites au XXI^e siècle, en 2010, semblent à nouveau relancer le débat : la cathédrale de Chartres porte les nombreux indices d'un édifice toujours en chantier pendant un temps très long. En effet, lors des campagnes de restauration de 2010 sur le chœur, Claudine Lautier envisage, d'après un faisceau d'observations²⁴ et la dédicace de la cathédrale le 17 octobre 1260²⁵, que « les voûtes [du chœur] et par conséquent les arcs-boutants, ont été érigés peu après le milieu du XIII^e siècle, probablement entre 1257 et 1260²⁶ ». Ceci pose question et relance la nécessité de poursuivre l'étude architecturale et archéologique des élévations.

La chronologie des chantiers de la cathédrale ne cesse d'être rediscutée et précisée au fur à mesure que des échafaudages s'élèvent pour de nouvelles restaurations. Ce fut le cas lors de la restauration des élévations intérieures du chœur puis lors des interventions sur les élévations du vaisseau central du massif occidental. Entre 2014 et 2016, c'est depuis l'échafaudage dressé dans le vaisseau central de la nef que nos observations ont été conduites. L'accès aux structures habituellement inaccessibles nous a permis de mener des investigations sur différents éléments de l'architecture.

Le premier concerne l'enduit peint de faux-appareil et la polychromie des clefs. Dès 1989, Jürgen Michler avait attiré l'attention des spécialistes sur ce revêtement dans un article publié dans le *Bulletin Monumental* où il se proposait « de restituer l'ensemble de la polychromie intérieure (...) à l'ensemble du monument²⁷ » (ill. 2). Ce premier décor sur « fond ocre-jaune présentait un léger motif de faux joints peints en blanc, et recouvrait toute la surface des voûtes, des murs, des piliers (...), mais épargnait les colonnes engagées (...) les moulurations (...) peintes en blanc (sans dessin de joints) ». Avec plus de moyens techniques pour atteindre les parties inaccessibles, une étude avait été commandée par Guy Nicot, Architecte en chef des Monuments Historiques en 1994. Les observations notamment conduites dans la nef révèlent, ici aussi, la présence d'un décor « de couleur beige pour tous les parements et les voûtes et d'un simple badigeon de chaux blanc pour l'intégralité du réseau des nervures (colonnes engagées, doubleaux, remplage des baies, chapiteaux, bases)²⁸. Si les principes du décor sont dans l'ensemble parfaitement saisi lors de ces premières recherches et se répètent, comme cela se vérifie au fur et à mesure des nouvelles restaurations, des particularités apparaissent parfois et méritent qu'on s'y arrête. Ainsi, Patrice Calvel (ACMH) a restitué, à juste titre, un badigeon de chaux blanc sur l'appareil des roses du clair étage du sanctuaire²⁹ ce que n'avait pas pu voir Jürgen Michler faute d'échafaudage.

23. PRACHE 1997, p. 79 : Cartulaire, vol. 2, n° CCXXXVII, p. 95-96.

24. PASTOUREAU (M.) dans *Bulletin Monumental* 2011, pp. 35-40.

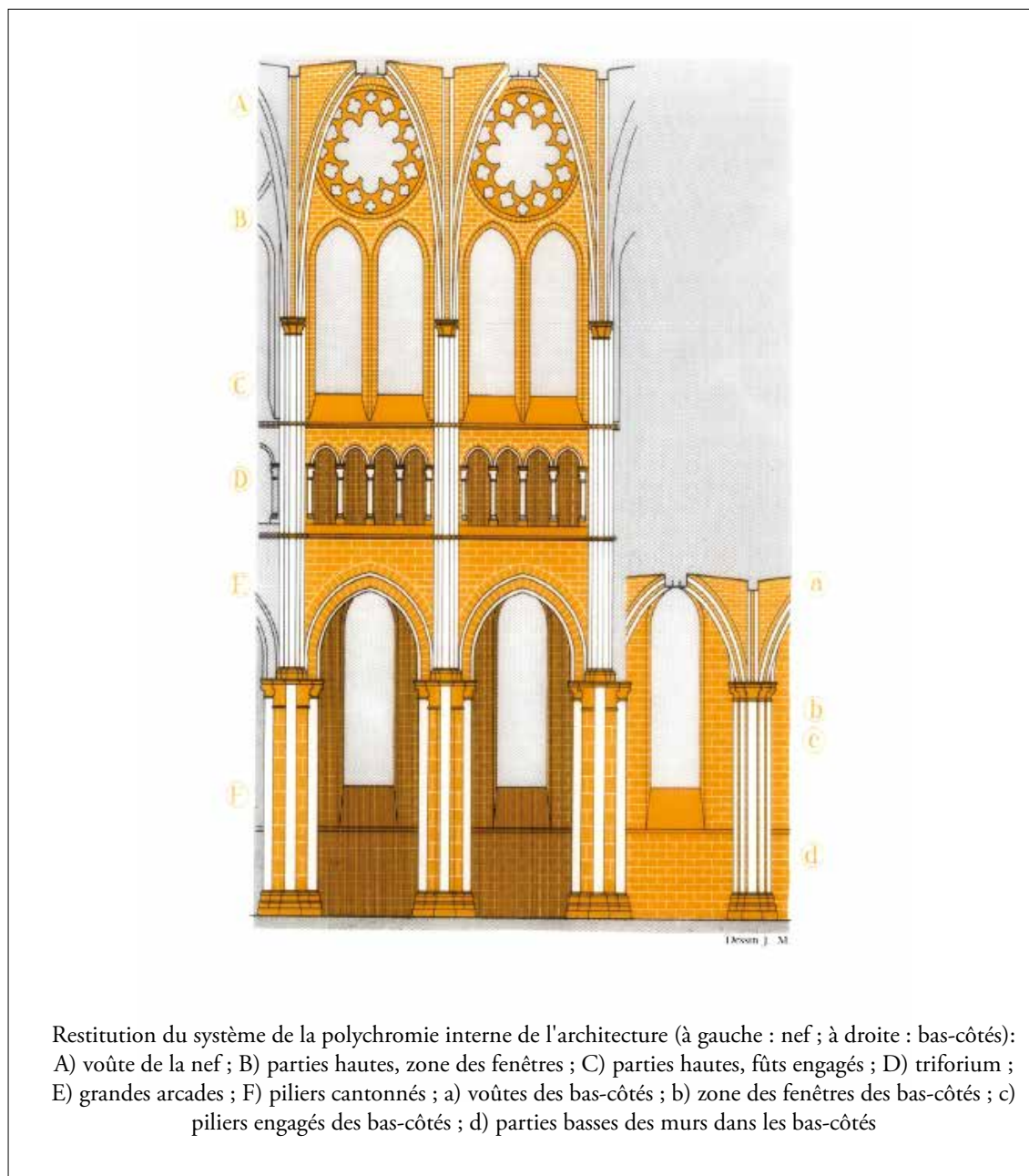
25. La bulle du 17 octobre 1260 a été émise par le pape Alexandre IV à la demande du roi de France à ce sujet consulter : LAUTIER (CL.) dans *Bulletin Monumental* 2011, p. 11, note 36.

26. LAUTIER (CL.) dans *Bulletin Monumental* 2011, pp. 3-11.

27. MICHLER (J.) 1989, p. 120.

28. MOULINIER (B.) 1994, p. 19. BOISSARD (E.) dans MARTIN (P.) 2013, p. 58.

29. CALVEL (P.) dans *Bulletin Monumental* 2011, p. 15 et VIRET (J.) 2014, p. 78.



ill. 2 : Reconstitution du système de la polychromie interne de l'architecture. MICHLER (J.) 1989.

Le projet qui vise aujourd'hui à rendre ce décor peint sur l'ensemble de la cathédrale doit nous interroger, non plus d'un point de vue systémique, mais sur la spécificité de chaque zone découverte sous la suie. Emmanuelle Boissard a démontré, en effet, qu'il y avait eu des traitements particuliers établis en fonction des différentes parties de la cathédrale. Par exemple, dans les deux travées du massif occidental, il arrive que le décor de faux-appareil se poursuive sur les bases et les chapiteaux³⁰ alors que ces éléments architecturaux apparaissaient jusqu'à présent systématiquement recouverts de blanc. Si les grands principes de ce décor sont établis, il est nécessaire de rentrer dans une lecture de chaque surface comme si elle était unique avant de revenir à une vue d'ensemble.

L'enduit n'a évidemment pas pu être appliqué uniformément, en une seule passe. Des limites de revêtement sont à saisir. Comment sa mise en œuvre a-t-elle progressée ? Le lien avec l'échafaudage des élévations joue ici une interface décisive. La cohabitation du décor et de la construction des murs

30. BOISSARD (E.) dans MARTIN (P.) 2013, p. 59.

et des voûtes sont évidemment à interroger. Dans le haut-chœur, Jérémie Viret et son équipe ont mis en évidence que l'enduit du XIII^e siècle recouvrait les trous de boulin. Qu'en est-il dans le vaisseau principal ? Qu'en apprenons-nous sur la gestion du chantier ? Ce premier décor est-il toujours appliqué directement sur la pierre³¹ ? Quelles sont les spécificités de l'enduit du vaisseau par rapport au reste des élévations déjà scrutées ? En même temps, il ne faut pas oublier l'examen des couches supérieures dont la plus ancienne est très mal datée : selon les auteurs, elle est peut-être du Moyen Âge, mais le plus souvent, elle est située entre le XIV^e et le début du XVI^e siècle³². Quelles sont les caractéristiques de cet enduit ? Peut-on préciser sa chronologie ?

Au centre des voûtes décorées d'un faux-appareil, la polychromie des clefs livrera-t-elle autant matière à discuter que celle du chœur ? La découverte faite au cours du chantier de Patrice Calvel et l'étude conduite sur la polychromie et les armoiries n'ont depuis de cesse de faire débat dans la communauté scientifique. Michel Pastoureau³³ propose de placer le décor héraldique dans « une fourchette de dates de quatre ans, 1257-1261 » et de rappeler que dans cette chronologie « se situe la date de la dédicace solennelle de la cathédrale : le 17 octobre 1260. » Nouvelle datation qui remet en question le voûtement du chœur qu'on datait le plus souvent de 1221³⁴. Au regard de ces révélations, on ne peut que s'enthousiasmer de pouvoir travailler sur la polychromie des clefs du vaisseau central. Sont-elles ornées de pigments coûteux et de feuille d'or comme dans le chœur ? Sont-elles décorées d'armoiries ? Nous ne savions rien auparavant de ces clefs où aucune trace de polychromie n'a été observée, faute d'accès³⁵. Les spécialistes avaient aussi, dans le vaisseau central, à examiner les colonnettes du triforium. Étaient-elles enduites de blanc, comme a pu le constater dans le chœur Patrice Calvel lors de sa restauration malgré les nombreuses lacunes³⁶, confirmant ainsi les observations de 1989 de Jürgen Michler ? Mais, ce dernier insistait aussi sur la nécessaire vigilance que tout chercheur se doit de conserver, en rappelant les traitements particuliers qui pouvaient se faire jour selon les parties du bâtiment. Nous conservons en mémoire le fait qu'il notait qu'il « faudrait réexaminer l'enduit imitant le marbre sur les fûts des colonnettes du triforium dans la nef³⁷ ».

Outre les questions du décor peint, l'étude du vaisseau central a été l'occasion d'observer et de s'interroger sur la structure même du bâtiment. Le plan de la cathédrale, par exemple, a suscité bien des interrogations quant à son irrégularité au niveau des travées de chœur et de la nef, secteur qui nous intéresse tout particulièrement, car les plus occidentales sont moins larges que les travées qui se développent en direction de la croisée du transept. Ces irrégularités qui marquent le plan auraient été résolues par Jean Villette en 1994. D'après lui, les explications sont à chercher au niveau de la crypte de Fulbert dont le plan même a déterminé l'emplacement des travées et des contreforts de la cathédrale du XIII^e siècle³⁸. Sans exclure cette hypothèse, Brigitte Kurmann-Schwarz et Peter Kurmann proposent aussi la possibilité d'un « parti pris esthétique, prévu dès l'origine, pour assurer un passage plus harmonieux entre les travées

31. Jusqu'à présent, le décor a toujours été vu directement appliqué sur la maçonnerie : MOULINIER (B.) 1994, p. 19 ; BOISSARD (E.) dans MARTIN (P.) 2013, p. 56.

32. MICHLER (J.) 1989, p. 118-119 ; MOULINIER (B.) 1994, p. 18-19 ; GUINAMARD (C.) 2009, p. 26 ; VIRET (J.) 2014, p. 29.

33. PASTOUREAU (M.) dans *Bulletin Monumental* 2011, pp. 35-40.

34. D'après l'affectation des places des chanoines dans les stalles du chœur autre proposition de construction 1223-1227 voir : JAMES (J.) 1977-1982 vol. 3, p. 499. D'après la sculpture des clés ornées de feuillage, la date de 1230 est avancée pour KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001, pp. 119-122.

35. MICHLER (J.) 1989, p. 8.

36. CALVEL (P.) dans *Bulletin Monumental* 2011, p. 19.

37. MICHLER (J.) 1989, p. 123.

38. VILLETTE (J.) 1994, pp. 4-6.

des tours, assez étroites, et celles de la nouvelle nef, nettement plus profondes³⁹. » L'occasion d'avoir accès à l'ensemble des élévations jusqu'aux clefs a offert la possibilité de poursuivre les investigations.

On se posera donc à notre tour la question : « pourquoi les trois travées à l'ouest du vaisseau central sont-elles plus courtes que celles de l'est ? ». Avec de nombreuses questions subsidiaires : le parti pris esthétique se manifeste-t-il seulement par des travées plus courtes ? Comment le réemploi de la crypte se remarque-t-il dans les parties supérieures ? Est-il à l'origine de désordres ? De choix constructifs ? Peut-être que l'usage des immenses blocs de calcaires de Berchères trouve ici une explication. Arnaud Timbert note que les « autres monuments, à Chartres ou ailleurs, bâtis en calcaire lacustre, sont réalisés en moyen appareil⁴⁰ ». Le relevé des murs et la prise de cotes apporteront des éléments pour mieux saisir l'usage particulier à Notre-Dame de ces grands blocs.

Il est vrai que la nature des matériaux lithiques de la cathédrale a déjà fait l'objet de nombreuses remarques. La pierre de Berchères essentiellement : pour la dimension importante de ses modules, les traces d'outils qu'elle porte, sa provenance à 10 kilomètres au sud-est de Chartres. Mais au final, il existe fort peu de remarques et d'observations précises sur sa mise en œuvre, le façonnage et l'organisation des trous de boulin susceptibles de nous renseigner sur l'échafaudage. À ce titre, l'étude des voûtes orientales de la cathédrale, conduite par Arnaud Ybert, se démarque. Il décrit dans le détail la réalisation des voûtes, la mise en place des cintres jusqu'à l'usage des différents modules de pierre⁴¹. Ce travail amène l'auteur à retracer la technique de montage des voûtes quadripartites du chœur, mais aussi à proposer un ordre de réalisation des voûtes sur l'ensemble de la cathédrale. Celles de la nef auraient été construites avant 1217⁴², sans doute vers 1200-1205 se rangeant à l'avis général des scientifiques qui « sont à peu près unanimes pour fixer l'achèvement de la nef avec son voûtement à 1200 environ⁴³ ».

La restauration du vaisseau central nous a donné un accès immédiat à l'intrados de ses voûtes pour en observer le montage et les matériaux. La compilation de ces données offre ainsi la possibilité de comparer nos résultats avec ceux obtenus dans le chœur et au niveau de l'avant-nef, étudiés en 2010. Ce travail apporte alors une vue sur pratiquement l'ensemble du système de voûtement de l'édifice, à l'exception des bas-côtés et du transept. La construction des voûtes d'une part, mais également les percements dont les ouvertures ponctuent leur extrados sur tout le vaisseau. Sur ce thème, Jérémie Viret a mis en évidence que certains percements sont « antérieurs à la mise en place de l'enduit primitif⁴⁴ » et sont sans doute à mettre en lien avec le mobilier liturgique, l'éclairage et l'entretien de l'édifice.

Ces investigations nous ont aussi permis d'aborder des matériaux souvent négligés par la recherche : le fer et le plomb. Les constructeurs de la cathédrale de Chartres ont, comme dans la plupart des édifices des XII^e et XIII^e siècles, fait usage du plomb, période où la production était particulièrement intense en même temps que l'architecture gothique se renouvelle. La question du plomb dans la cathédrale de Chartres apparaît au travers des couvertures en plomb aujourd'hui perdues et des scellements d'éléments métalliques (tenons, agrafes, goujons, crampons...) rien qui sorte d'un usage courant. Une exception cependant, le montage des roses des fenêtres du chœur et de la rose de la façade occidentale témoigne de modes opératoires différents. Dans le premier cas, le plomb semble avoir été coulé⁴⁵ alors

39. KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001, p. 117.

40. TIMBERT (A.) *et alii* 2014, p. 61.

41. L'étude porte sur le sanctuaire, le déambulatoire et des chapelles du chœur échafaudés à partir de 2008, YBERT (A.) 2014, pp. 215-238.

42. 1217, date à laquelle Guillaume Lebreton décrit la voûte de la cathédrale dans les *Gesta Philippi Augusti*.

43. KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001, p. 117.

44. VIRET (J.) 2014, p. 72.

45. VIRET (J.) 2014, p. 31 ; d'après la photographie jointe au rapport le plomb a été coulé entre les joints des éléments de la rose.

que dans le second les constructeurs ont visiblement utilisé des tables de plomb⁴⁶. Il est utile d'examiner le processus retenu lors du montage des roses du vaisseau central, thème peu abordé jusqu'à présent. Quelles sont les techniques sollicitées ? Est-ce que le procédé se répète sur les 14 roses ? Outre le plomb, des éléments en fer disposés à l'intérieur autour des roses du haut-chœur ont retenu l'attention d'un groupe de chercheurs lors de la restauration de 2009⁴⁷. Il s'agit de tenons et de crochets observés, respectivement dans les travées occidentales du chœur et dans les deux travées orientales. Les vestiges d'éléments en fer seront abordés autour des fenêtres et de leur rose, en collaboration avec Maxime l'Héritier (univ. Paris-8) en lien avec le résultat des observations conduites précédemment.

Dans le cadre de cette étude en lien avec la restauration des enduits, de nombreuses questions ont évidemment trait aux revêtements et à leur décor peint qui recouvre l'intégralité des murs et des voûtes. Mais au cours de cette étude, nous avons également cherché à faire nôtre un ensemble de thèmes liés à l'architecture, aux techniques et à l'histoire de la cathédrale afin d'apporter, si ce n'est des réponses définitives, du moins des données précises susceptibles de contribuer à une étude globale de cet édifice.

46. MARTIN (P.) 2013, p. 180.

47. L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (É.), ARLES (A.), DILLMANN (Ph.), GRATUZE (B.) 2014, pp. 307-320.



3 - LES OBJECTIFS ET LES MÉTHODES DE L'ÉTUDE ARCHÉOLOGIQUE

L'étude archéologique du bâti a concerné l'ensemble des élévations jusqu'aux voûtes d'ogives impactées par le chantier de rénovation du vaisseau central de la nef. Ce dernier comprend sept travées⁴⁸, sans prendre naturellement en compte l'avant-nef, puisqu'à ce niveau, les tours du massif occidental ferment les bas-côtés de deux travées. Dans le cadre de ce rapport et en considérant la formulation retenue dans le projet des Monuments Historiques, nous suivons une numérotation des travées sur toute la longueur du vaisseau central, depuis la façade occidentale jusqu'à la croisée du transept, soit neuf travées. Notre recherche porte donc sur celles situées après l'avant-nef, soit les travées que nous numérotions de 3 à 9⁴⁹ (**fig. 1 et 4**). Elle intègre évidemment les deux galeries du triforium.

L'équipe d'archéologues s'est entourée et a collaboré avec des chercheurs⁵⁰ spécialistes des problématiques propres au site. Tous étaient intervenus lors des précédentes restaurations. De plus, l'étude a été conduite au plus près avec les restaurateurs puisque c'est à l'occasion du dégagement des couches supérieures qui recouvrent le décor du XIII^e siècle qu'il a été possible de saisir la stratigraphie des revêtements des murs et d'observer les maçonneries seulement accessibles lorsque l'enduit était lacunaire. L'objectif de ces observations a été de mettre en évidence les différentes campagnes de construction et de tenter de les interpréter. L'enjeu affiché a été aussi de confronter nos données aux résultats scientifiques obtenus sur d'autres parties de la cathédrale et plus largement sur d'autres édifices médiévaux. À propos des questions de phasage, le raccord entre les tours romanes épargnées par l'incendie de 1194 et le vaisseau gothique est un point singulier de la construction sur lequel il a été essentiel de s'arrêter spécifiquement, tant du point de vue des maçonneries que des enduits.

Pour appréhender la monumentalité du vaisseau central de la nef, nous avons choisi de faire réaliser en amont de la phase de terrain un relevé laserométrique afin de disposer de mesures absolument exactes, en plan et en élévation, point de départ essentiel pour tenter d'apporter des éléments nouveaux sur cet édifice⁵¹. Ce support est un outil précis pour produire un ensemble de plans et de coupes utiles à la compréhension des élévations et à l'analyse archéologique. Il a aussi permis de localiser toutes les observations et tous les relevés pierre à pierre à l'échelle 1/20. Les relevés archéologiques ont ainsi été intégrés aux vues d'ensemble, elles-mêmes replacées dans un système topographique rattaché au système national (Lambert 3 et Nivellement Général Français).

48. KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001, p. 30 ; Dans sa publication de 2014, Arnaud Timbert ne compte pas dans la nef la travée sept qui appartient à la fois à la nef et au transept et considère donc que Notre-Dame a une nef à six travées : TIMBERT (A.) et *alii* 2014, p. 37.

49. Choix qui se justifie si l'on s'en tient au sens général retenu dans les dictionnaires d'architecture, c'est-à-dire que chaque travée est une « partie verticale d'élévation délimitée par les supports verticaux des ouvertures du premier niveau et par leurs prolongements sur les parties hautes de cette élévation. » Disposition que l'on observe bien à Chartres. Consulter : PÉROUSE DE MONTCLOS (J.-M.) 1972, p. 45.

50. L'équipe d'Archeodunum a été rejoint par : Lise Leroux (LRMH), Bénédicte Palazzo-Bertholon, Maxime l'Héritier (Univ. Paris 8) et Arnaud Ybert (univ-Brest).

51. En 2001, B. Kurmann notait qu'« on ne s'est jamais donné la peine de prendre des mesures absolument exactes de l'ensemble du bâtiment, ni en plan ni en élévation » : KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001, p. 117.

Avant d'atteindre le décor du XIII^e siècle, les recherches ont été conduites dès l'élimination de la suie et de la poussière de manière à avoir une lecture des repeints successifs dont certains sont médiévaux. L'objectif ici était évidemment de saisir toute la stratigraphie des couches supérieures et de les enregistrer avant leur dégagement. Ces différentes couches ont été étudiées, décrites et localisées sur l'élévation générale du vaisseau. Sur les enduits, les graffitis retrouvés dans les galeries du triforium ont été replacés dans la stratigraphie générale des revêtements. Ils sont présentés en annexe 7. Tous les secteurs situés dans l'emprise de l'échafaudage ont ainsi été examinés : les grandes arcades, le clair-étage, le triforium, les voûtes et les murs associés. À chaque travée, des prélèvements de mortier et d'enduit ont été réalisés afin de caractériser les différentes couches identifiées. Ils ont fait l'objet d'analyses macroscopiques pour déterminer les techniques de préparation et ainsi caractériser certaines phases d'application de l'enduit (cf. annexe 4.1 et 6). Certains prélèvements plus spécifiques ont été également réalisés sur les couches picturales des clefs de voûte et des colonnes du triforium en vue d'analyses stratigraphiques et physico-chimiques confiées aux laboratoires ERM⁵² et Patrimoni⁵³ (cf. annexe 5). L'analyse des décors peints sur les clefs s'est appuyée sur des relevés à l'échelle 1 afin de restituer les éléments figurés à ces emplacements. Les études réalisées au cours du chantier de restaurations ont permis d'étayer les choix de l'architecte en chef associé au comité scientifique de la cathédrale.

Les zones où l'enduit était lacunaire ont offert la possibilité de mener des investigations sur l'appareil. Elles ne concernent que quelques mètres carrés, aucun enduit du XIII^e siècle n'a évidemment été déposé pour cela. Même l'intrados des voûtes des travées 7 à 9, entièrement enduit après l'incendie de la charpente du comble en 1836, a été conservé en l'état et intégré au décor gothique. Si l'enduit du XIII^e siècle et certaines reprises récentes ont constitué une frontière étanche pour l'étude des maçonneries, cette limite a pu être franchie à plusieurs reprises. Certaines zones de l'élévation ont, en effet, perdu leurs enduits anciens comme la partie du mur située au-dessus du triforium et l'appui des fenêtres hautes (travées 7 à 9 nord). Ces fenêtres de visée sur l'appareil ont donné la possibilité de faire un certain nombre de relevés et d'observations. À cette occasion, l'identification des matériaux lithiques a été pratiquée. Sur ce thème, nous avons été rejoints par Lise Leroux (LRMH) et par Arnaud Ybert (univ-Brest), dont nous avons souligné le travail sur la pierre et sa mise en œuvre dans la construction des voûtes du chœur. Cette observation des pierres nous a menés aussi sur l'examen des traces d'outils et des marques lapidaires. Nous nous sommes également appuyés sur une lecture des craquelures de l'enduit. Ces indices, même ténus, se sont avérés des alliés permettant de mettre en évidence les emplacements des trous de boulin. Ces indices ont pu être vérifiés à chaque fois en les replaçant dans le relevé général des lignes horizontales et verticales des trous de boulin attestés. Les lacunes du revêtement du XIII^e siècle ont aussi permis de comprendre le procédé de montage des faisceaux de colonnettes adossées aux murs dans le prolongement des piliers des grandes arcades. Les reprises des trous et des fissures par les restaurateurs ont aussi été des moyens pour contourner la barrière de l'enduit médiéval même au niveau des voûtes où sont conservés de nombreux percements.

Les opérations de dépose et de repose des vitraux en lien avec les travaux de serrure sur les armatures des verrières ont été l'occasion de mener des observations sur le fer des châssis et sur les crochets retrouvés autour des grandes fenêtres. Nous avons également pu apporter des réponses archéologiques sur les anciens châssis en bois remplacés au début du XV^e siècle d'après les comptes de travaux de 1415-1417 publié par Lucien Merlet⁵⁴. Ce travail a été mené en collaboration avec

52. Études Recherches Matériaux (ERM) 15 027 SR 048 - 1/24 Secteur Monuments Historiques, Poitiers.

53. Patrimoni, Dept. Cristal lografia i Mineralogia Universitat de Barcelona.

54. MERLET (L.), « Compte de l'œuvre de la cathédrale de Chartres en 1415-1416 », *Bulletin archéologique du Comité des Travaux historiques et scientifiques*, 1, 1889, pp. 35-93.

Maxime l'Héritier (Université Paris 8). Au cours de la phase de terrain, plusieurs prélèvements ont été réalisés et confiés à l'analyse au laboratoire CNRS/CEA⁵⁵. Le fer, mais aussi le plomb ont fait l'objet de nombreuses observations notamment dans la mise en œuvre des roses et des fenêtres du clair-étage.

Note au lecteur

Les travées sont numérotées de T3 à T9.

Pour le voûtement, les quartiers de voûtes sont numérotés de Q_1 à Q_28.

Les ogives de chaque travée sont désignées **a**, **b**, **c** et **d**.

La retombée des voûtes est numérotée de R_1 à R_8 ; les piliers, numérotés de P_1 à P_8.

Les colonnettes de chaque travée du triforium sont désignées par une lettre : de **a** à **e**.

Lorsqu'on donne une dimension, la hauteur est toujours indiquée en premier puis la largeur.

55. Responsables scientifiques de l'étude Maxime L'Héritier Université de Paris 8 et à Philippe Dillmann CEA/CNRS.



4 - OBSERVATIONS ET RÉFLEXIONS SUR LA CONSTRUCTION

4.1. Les matériaux lithiques et leurs traces

À propos des roches exploitées pour la construction de la cathédrale du XIII^e siècle, on reconnaît généralement deux types de pierre. La première d'extraction locale est un calcaire lacustre⁵⁶ de la Beauce dont on situe les principales carrières à une dizaine de kilomètres au sud-est de Chartres, sur la commune de Berchères-les-Pierres. Elle constitue l'apport principal dans la construction des maçonneries. La seconde est un calcaire fin importé de Paris et de ses environs, dit calcaire Lutétien⁵⁷. Elle est considérée comme une roche réservée à la sculpture monumentale des différents portails de la cathédrale. Son importation se révèle être un complément indispensable à la pierre de Berchères qui apparaît aux yeux des spécialistes et, sans doute des tailleurs de pierre de l'époque, comme « médiocre pour la sculpture figurée⁵⁸ ». Récemment⁵⁹, l'étude du chœur a mis en évidence l'usage d'un troisième type de roche dans les parements du XIII^e siècle. Il s'agit d'un calcaire crayeux particulièrement tendre et blanc exploité localement⁶⁰. Cette craie a été utilisée dans cette partie de l'église sous la forme de cailloutis, pour combler les négatifs des couchis du coffrage des quartiers de voûte. Sur ces différentes roches, les marques d'outil entraperçues sur quelques surfaces, où l'enduit est lacunaire, font dire que le taillant droit est largement prédominant, même si plusieurs équipes de chercheurs ont souligné aussi la présence de brettage⁶¹. Le débat sur l'usage de l'un ou de l'autre de ces deux outils à Notre-Dame n'est pas vain, puisque le premier est perçu comme relevant d'« une évidente stagnation en matière de taille de la pierre⁶² » et le second comme un outil plus performant pour dresser les blocs plus rapidement, « une nécessité liée au rythme accru de la production⁶³ ». La reconnaissance de ces modes de taille apparaît comme une piste nécessaire à suivre pour mieux comprendre les travaux du vaisseau central du XIII^e siècle. On tentera de dégager : qu'elles sont les roches utilisées ? Où sont-elles employées ? Que peut-on dire des traces qui les recouvrent ?

56. La pierre de Berchères est un calcaire lacustre d'âge aquitainien inférieur formé par dépôt calcaire dans des étangs d'eau de pluie après le retrait progressif de la mer du bassin parisien.

57. Le Lutétien présente des faciès très variés « depuis des calcaires silto-glaucouneux, parfois exploités comme moellons, jusqu'à des calcaires fins, sub-lithographique, qui ont la propriété de pouvoir être posés en délit dans les constructions » dans BLANC (A.), GÉLY (J.-P.) 1995, pp. 175-181.

58. TIMBERT (A.) 2014, p. 60.

59. YBERT (A.) 2014, p. 230.

60. La craie blanche à silex est un calcaire sénonien (Secondaire).

61. Par exemple : YBERT (A.) 2014, p. 219.

62. TIMBERT (A.) 2014, p. 65.

63. *Idem.*

4.1.1. Géologie et répartition des roches employées

» *La pierre dite de Berchères*

La pierre de Berchères est le matériau lithique qui caractérise le plus sûrement les élévations de la cathédrale reconstruite au XIII^e siècle (**fig. 7**). Elle domine partout, y compris dans les constructions préexistantes que ce soit les soubassements de l'église attribuée à Fulbert ou les deux tours et la façade occidentale érigées au XII^e siècle, mais également dans les réalisations postérieures aux travaux du XIII^e siècle, comme la chapelle Saint-Piat bâtie au début du XIV^e siècle. Cette roche d'extraction locale est compacte et dure, sa masse volumique atteint 2585 kg/m³ ce qui en fait un des calcaires les plus lourds⁶⁴. Elle offre un grain fin et prend particulièrement bien le poli, une propriété qui n'a pas été exploitée dans la construction. Seules les zones usées par le passage des visiteurs, les bases des piliers de la nef ou le sol de la nef rendent compte de cet aspect marbré. Sa résilience et ses nombreuses vacuoles liées à la présence de silice la rendent plus difficilement exploitable pour la sculpture et l'ornement.

Depuis l'échafaudage dressé dans le vaisseau central, on remarque que malgré sa résistance à être ciselée finement, la pierre de Berchères n'a pas été exclue des travaux les plus délicats ainsi qu'en témoignent les chapiteaux feuillagés des piliers de la nef (**fig. 8**) ou ceux du triforium (**fig. 9**). Cet usage spécifique va en contradiction avec l'idée que l'on se fait de cette roche lacustre que certains estiment souvent « inutilisable pour la sculpture ». Il a néanmoins certainement imposé aux sculpteurs de faire des choix entre les blocs disponibles, pour ne retenir que ceux où les vacuoles étaient relativement discrètes. Les mêmes artisans ont certainement dû aussi adapter leurs gestes et leur savoir-faire. Les blocs avec un trop grand nombre d'inclusions (de silice) étaient certainement réservés pour les élévations les moins visibles ou pouvant être tournés pour présenter en parement leur face la plus régulière. Les modules du mur de fond du triforium par exemple sont particulièrement accidentés. De même, les éléments de corniches où des éléments de colonnes adossées ont ainsi été tournés et installés en tenant compte de la morphologie géologique naturelle de la roche. Ainsi, la pierre de Berchères s'observe communément sur toute l'élévation. Elle a servi à ériger les éléments verticaux qui scandent le vaisseau central ; les piliers alternés, les colonnes engagées qui se développent au-dessus et les nervures du système de voûtement qui se poursuivent jusqu'aux clefs de voûtes. Au niveau de chaque travée, elle a été employée pour bâtir les arcades du triforium et les fenêtres hautes avec leur réseau (lancettes et rose). La maçonnerie courante ne se rencontre que ponctuellement, notamment de part et d'autre des arcs des grandes arcades, au-dessus du triforium ou au niveau des murs du fond du triforium (**fig. 10**). Ici, les lacunes de l'enduit (T3, 4, nord) laissent voir des assises comprises entre 18 et 35 cm de haut en moyenne. Les blocs occupent toute l'épaisseur du mur (47 cm). Ils mesurent fréquemment plus d'un mètre de long, jusqu'à 2,23 m. Leur face est relativement bien dressée au taillant droit contrairement à leurs arêtes qui montrent de nombreuses irrégularités, dues à un travail de taille partielle accentué par des épaufrures liées à leur manipulation. Un joint de mortier très épais, entre 2 et 5 cm d'épaisseur, assure un réglage entre les assises. Dans ce mortier, on note de façon systématique, horizontalement comme verticalement, l'usage de petites pierres, éclats ou déchets de taille de Berchères.

» *Le calcaire Lutétien*

Le calcaire Lutétien est habituellement réservé aux ouvrages délicats d'après les spécialistes, a aussi été mis en évidence dans les élévations du vaisseau central, notamment dans les organes clavés. Ce calcaire fin et dense est, en effet, particulièrement adapté pour la sculpture et sa mise en œuvre en délit grâce à

64. « Essai de nomenclature des carrières françaises de roches de construction et de décoration » - Ed. Le Mausolée. La masse volumique du calcaire pur atteint 2600/2700 m³.

sa résistance à l'écrasement⁶⁵. C'est pour ces propriétés particulières qu'il a été importé des anciennes carrières parisiennes jusqu'à Chartres. On le trouve notamment employé à dessein dans les trois portails de Notre-Dame de Chartres.

Dans le vaisseau central, le calcaire Lutétien, qu'on identifie grâce à son grain fin et aux coquillages qu'il contient (cérithes)⁶⁶, se rencontre au-dessus du niveau des grandes-arcades. Il a été employé pour la réalisation des arcs du triforium des travées 4 et 5 nord,⁶⁷ (**fig. 11**) alors que les autres sont en pierre de Berchères. Dans le vaisseau central, on remarque que son emploi dans les organes clavés se vérifie. Il a ainsi systématiquement servi à la réalisation des voussoirs supérieurs des arcs formerets qui se développent au-dessus des roses du clair-étage (**fig. 12**). Sa limite avec la pierre de Berchères se situe sur une ligne horizontale qui se trouve à environ 32 m du sol de la nef (autour de 190,40 m NGF). De même, c'est avec cette roche qu'ont été exécutés les voussoirs supérieurs des arcs doubleaux (D_2 à D_7) à l'exception de ceux des extrémités au contact de l'avant-nef et du transept (D_1 et D_8). Ce changement de pierre a également été repéré au niveau des voûtes. L'enduit lacunaire des quartiers longitudinaux laisse, en effet, supposer que le maître d'œuvre a délaissé, pour ces quartiers de voûte, la pierre locale au profit d'un calcaire tiré des anciennes carrières de Paris (entre 188 et 189 m NGF). Ici, la quantité de Lutétien reste cependant difficile à apprécier, car ce calcaire se mêle à cet emplacement avec des assises de craie.

» *La craie*

La craie est une roche calcaire deux fois moins lourde que la pierre de Berchères, son poids se situe entre 1300 et 1800 kg/m³, selon son faciès géologique. Elle est présente dans le sous-sol du territoire de Chartres. Elle se repère assez facilement dans le vaisseau-central grâce à sa couleur blanche et parce qu'elle est particulièrement tendre (**fig. 13 et 14**). L'étude a permis de mettre en évidence que les quartiers de voûte ont été systématiquement bâtis à partir de moellons de craie. La limite avec la pierre de Berchères se situe au niveau de la montée des arcs sur une ligne horizontale qui se situe approximativement à la hauteur des chapiteaux des arcs formerets du clair-étage. Cette horizontale varie de quelques dizaines de centimètres selon les travées (autour de 189 m NGF). Le changement entre les moellons se fait sur 2 à 3 assises avant que la craie ne devienne l'unique matériau. La craie a également été utilisée pour combler les interstices lors de la mise en place des fenêtres-hautes. Dans les travées 9 (nord) et 6 (sud), par exemple, des moellons courbes ont été taillés pour se placer entre l'extrados de la rose et l'intrados de l'arc formeret (**fig. 15 et 16**). Cette roche tendre était visiblement très pratique à tailler à même l'échafaudage pour être adaptée à tous types d'usage au fur et à mesure du chantier. On la trouve ainsi sous forme de cales pour stabiliser les blocs de pierre de Berchères ou les voussoirs de certains arcs formerets (**fig. 17**). Elle a aussi servi à combler de nombreux trous ou encoches laissées après la dépose des échafaudages et des cintres de charpente⁶⁸.

Cette enquête démontre que parallèlement à l'usage prédominant de la pierre locale dite de Berchères, un calcaire extrait des anciennes carrières de Paris a été choisi pour l'exécution des voussoirs supérieurs du vaisseau central. Il s'agit d'une surprise puisque qu'on supposait qu'il était réservé à la sculpture des portails. On peut alors se demander ce qui a motivé ce choix, que l'on sait particulièrement oné-

65. LEROUX (L.), BLANC (A.) 2008 ; BENOIT (P.), BLANC (A.), GÉLY (J.-P.), GUINI-SKLIAR (A.), OBERT (D.) et VIRÉ (M.) 2000.

66. Le travail d'identification des modules de calcaire Lutétien a été menée avec Lise LEROUX (LRMH).

67. Travée 4, les voussoirs en calcaire Lutétien sont installés sur des sommiers en pierre de Berchères. Le même schéma se répète dans la travée voisine 5.

68. Cet usage particulier afin de boucher les interstices laissés par les couchis des cintres a aussi été mis en évidence dans les élévations du chœur : YBERT (A.) 2014, p. 219-220

reux, notamment en raison du coût du transport de la pierre sur plus de 80 km⁶⁹. La seule explication qu'on peut avancer dans l'état de nos connaissances est de supposer que le maître d'œuvre ait souhaité soulager les parties supérieures des arcs, puisque le calcaire Lutétien pèse au mètre carré, plusieurs centaines de kilo⁷⁰ de moins que la pierre de Berchères. La piste technologique est visiblement confirmée par l'emploi systématique de moellons légers en craie pour la construction des voûtes. Pour les autres voûtes de la cathédrale, dans les chapelles et dans le déambulatoire, la pierre de Berchères est apparue à Arnaud Ybert comme l'unique matériau employé « tant pour les nervures que pour les voûtains⁷¹ ». Il semble donc que le vaisseau central de la nef ait fait l'objet d'un choix technique particulier (mixité lithique). Choix qui semble aussi avoir été celui retenu pour la voûte du haut-chœur à propos duquel Jérémie Viret note « alors que les arcs sont en pierre de Berchères, la maçonnerie des voûtains est composée de blocs de calcaire tendre rectangulaires⁷² ». Il s'agit certainement ici aussi de la craie. Ainsi, il semble que les hautes-voûtes de la cathédrale ont été conçues de manière à être délestées du poids excessif de la pierre de Berchères afin de réduire les poussées sur les arcs-boutants.

4.1.2. Les traces d'outil

Sur ces différentes roches, l'étude a mis en évidence plusieurs types d'outil. Des traces relativement profondes ont été identifiées principalement sur les blocs exécutés dans de la pierre de Berchères. Elles appartiennent à deux types d'outil. Les premières sont des impacts produits par un têtou ou smille⁷³, une sorte de masse aux extrémités pointues. Cet outil sert surtout au carrier pour dégrossir les blocs ce qui laisse donc entendre que ces derniers ont parfois échappé à un travail de finition et qu'ils ont été mis en œuvre bruts de carrière, au moins sur une de leurs faces. Les secondes empreintes profondes ont été produites par des taillants droits. Certains blocs appartenant aux murs de fond du triforium semblent ainsi mis en œuvre alors qu'ils n'étaient qu'à l'état d'ébauche (**fig. 18**).

» *Taillant droit*

Le plus souvent, les impacts des taillants droits relevés sont parallèles, fins et relativement serrés (**fig. 18 et 19**). Ils sont visibles sur des blocs de calcaire d'âge aquitainien (Berchères) ou Lutétien (Paris). Les impacts apparaissent organisés de plusieurs façons. On les trouve de manière croisée sur le pan des modules des roses en pierre de Berchères (T4 sud) ou sur le voussoir supérieur (Lutétien) du doubleau D_6, par exemple (**fig. 20**). Lorsqu'ils ne se croisent pas, ils se répartissent soit en angle droit soit en angle oblique par rapport aux arêtes des pierres (**fig. 21**). La première distribution s'observe de manière systématique sur les branches d'ogives, les fûts de colonnes, la corniche du triforium et la plupart des blocs. La seconde se rencontre sur les mêmes types de support, en excluant les parties concaves ou convexes des ogives, des fûts circulaires et la corniche, où les stries restent droites. Sur les calcaires tendres (Lutétien, Sénonien), les impacts de taillant droit forment parfois des cupules. Ce qui suggère que l'outil a été frappé légèrement en biais. Cette taille particulière concerne certains moellons des quartiers de voûte de la travée 6 (sud) et un des voussoirs du doubleau (D_6) (**fig. 22**). Il ne s'agit visiblement pas de reprises ponctuelles (ravalement) des balèvres (petites saillies accidentelles d'un bloc sur l'autre). Les impacts de marteau taillant sont parfois délimités par des *ciselures relevées* indiquant le processus suivi par le tailleur de pierre pour dresser les blocs ou creuser un corps de moulure. C'est

69. Visiblement une partie du transport était assuré par voies d'eau. La pierre de Paris importée à Chartres descendait certainement par flottage l'Oise, la Seine avant de remonter l'Eure, consulter BENOIT (P.), BLANC (A.), GÉLY (J.-P.), GUINI-SKLIAR (A.), OBERT (D.) et VIRÉ (M.) 2000, p. 147.

70. Entre 2100-2450 kg/m³.

71. YBERT (A.) 2014, p. 217.

72. VIRET (J.) 2014, p. 32.

73. Marteau de carrier, à grosse tête carrée d'un côté, pointue de l'autre, qui sert à dégrossir les surfaces.

par exemple le cas des corps de moulure du triforium ou des pans des fûts polygonaux (**fig. 23**). Ce procédé de taille est loin d'avoir été systématisé.

» *Taillant brettelé*

L'étude tracéologique de l'épiderme des blocs met aussi clairement en évidence des impacts d'outils à dents. Ils appartiennent à la catégorie des marteaux brettelés. D'après les éléments observés, l'utilisation de ce marteau est loin d'être anecdotique à l'intérieur du grand-vaisseau, même si elle est moins importante que le taillant droit. Elle concerne la pierre locale (Berchères) comme celle importée (Lutétien). Ses impacts sont attestés sur les mêmes éléments architecturaux que le taillant droit, à l'exception de l'appareil du mur de fond du triforium. Sur la seule travée 3, des traces de taillants brettelés ont été enregistrées sur plusieurs claveaux des branches d'ogives et sur l'arc formeret sud. Ce ne sont pas des cas isolés. Le même constat a été fait sur les ogives de la travée 4 et plus loin encore sur les tores de la grande arcade sud de la travée 9 (**fig. 24**). Les traces de cet outil à dents sont visibles aussi sur de nombreuses pierres qui composent les roses (**fig. 25**), les bases et les dais des colonnettes du triforium, les corps de moulure des colonnes engagées. Parmi les outils à dents, on a également identifié des incisions très fines certainement effectuées au moyen d'une gradine ou d'une ripe. Cet usage s'observe dans le traitement des feuillages des chapiteaux des grandes arcades (**fig. 26**).

» *Cohabitation des traces*

Les impacts de taillant droit ou brettelé cohabitent sur les éléments architecturaux. Au niveau de la travée 3 par exemple, les deux colonnes qui flanquent la travée laissent voir des impacts parallèles d'un taillant droit et disposés dans le sens du fût. Ce sont, en revanche, des impacts de bretture qui s'observent très nettement sur les deux fûts des colonnettes centrales. Les dais ouest et est montrent des traces de taillant droit tandis que les deux du milieu conservent des impacts de bretture. C'est la même répartition des traces sur les colonnettes de la travée 4. De même, le voussoir taillé à la lame droite au sommet de l'arcade de la travée 9 sud, jouxte un voussoir brettelé (**fig. 24**), comme sur l'arc formeret de la travée 3 sud (**fig. 27**). Il arrive même que certains fûts (**fig. 28**) ou voussoirs portent les deux traces laissant supposer le travail de plusieurs tailleurs sur une même pièce ou un même tailleur passant d'un outil à l'autre. On pourrait multiplier les exemples. D'après les indices relevés, la nature de la pierre n'a pas vraiment eu de rôle dans le choix de l'outil. Rien ne semble vraiment commander l'usage de l'un des deux marteaux.

L'étude tracéologique met donc en évidence la diversité du travail de la pierre dans une même phase de construction du vaisseau central, des travées 3 à 9. Sur le chantier, les artisans manipulaient taillant droit et taillant brettelé. Si les traces du premier sont systématiquement présentes sur l'appareil des murs et dominant d'une certaine façon, nous constatons que les deux outils ont pratiquement été utilisés à part égale sur le reste des éléments architecturaux, colonnettes, arcs, piliers, voussoirs. Deux types d'outils, mais aussi différentes manières de frapper les marteaux : traces croisées, droites et obliques, avec ou sans ciselures relevées. À travers ces traces, on voit plusieurs outils, gestuels, savoir-faire, habitude de travail et sans doute équipes. Cette pluralité est peut-être à interpréter comme le signe d'une mobilisation très large des ouvriers et des outils disponibles. Tous les artisans afférés à l'œuvre de Notre-Dame ne pouvaient certainement pas être équipés du même type d'outil brettelé, même si celui-ci apparaît plus performant par rapport au taillant droit et obsolète à partir des années 1200-1210 d'après les spécialistes. À notre sens, on ne peut pas dire qu'il y a eu à Chartres une stagnation technologique en matière de taille de pierre, mais plutôt une nécessité de produire des pierres sans se contenter au choix d'un outil ou à un rendu spécifique. L'essentiel était que la construction avance à vive allure⁷⁴. Il faut aussi rappeler que

74. À propos du voûtement des chapelles et du déambulatoire, il semble aussi à A. Ybert que « la vitesse de réalisation ait primé sur la perfection du rendu, et qu'il ait été prévu, dès le lancement des structures, qu'elles seraient dissimulées par un enduit », YBERT (A.) 2014, p. 222.

le maître d'œuvre gérait son chantier en sachant que son projet prévoyait à la fin de celui-ci qu'un enduit peint revêtirait l'ensemble des parements intérieurs afin de dissimuler l'origine géologique des roches, leurs irrégularités naturelles et les traces laissées par les tailleurs de pierre.

4.1.3. Les marques lapidaires

Le vaisseau central de la nef de la cathédrale de Chartres recèle peu de marques lapidaires. Il est certain que l'enduit qui recouvre la quasi-totalité des parements a été un obstacle à la prospection de ce type de trace. Les données rassemblées ici sont donc forcément très partielles et ne permettent pas vraiment de tirer de conclusions. Malgré tout, on a constaté que les marques découvertes sont systématiquement situées sur le mur nord du vaisseau central, à la hauteur du triforium⁷⁵ et sur les arcs du système de voûtement sommital. Elles étaient toutes dissimulées sous les enduits, comme le montrent certaines marques comblées par le mortier de l'enduit UE1. Ce détail atteste qu'elles sont bien contemporaines des élévations. Il ne s'agit en aucun cas de zones remaniées. Les marques lapidaires rencontrées entrent dans la catégorie des signes à caractère géométrique, aucun signe figuratif n'a été trouvé.

» *Le triforium nord*

Dans le passage du triforium, deux signes ont été repérés. Ils se trouvent sur les deux parements du linteau qui se développe, entre les travées 5 et 6, à l'arrière des colonnes engagées. Côté ouest, le premier représente une sorte de fourche, le second une flèche. Dans les deux cas, les pointes sont tournées en direction du vaisseau (**fig. 29a et b**). Ces marques lapidaires ont simplement été dessinées par des coups de ciseau (lame droite), frappés perpendiculairement au pan de la pierre, de manière à laisser un fin sillon. Peu profondes (1 mm), elles se superposent perpendiculairement aux traces, toutes aussi fines, laissées par le marteau taillant employé pour dresser le bloc.

Les neuf autres marques du triforium nord sont placées sur ses arcs. Elles sont toutes situées sur le parement (sud) des blocs, tourné vers le vaisseau, sauf dans un cas où la marque est répétée sur les deux côtés du même voussoir. Comme les précédentes, elles ont été exécutées au ciseau, mais avec un retrait de matière bien plus important, formant des creusements de 2 à 6 mm. En toute logique, la surface des blocs marqués porte le même type d'impacts. Les signes réalisés sur les voussoirs sont des croix en forme de X, de 2,5 cm de côtés, dont certaines se trouvent inscrites dans un carré et se répètent de part et d'autre du même voussoir (T4). Les suivantes sont de dimensions plus importantes, de 10 à 15 cm. Un voussoir, travées 3 et 6, porte le même type de flèche avec un demi-cercle accolé (**fig. 30**). Deux autres sont inscrits d'un T incliné selon le lit de pose des deux voussoirs (T3), la première étant le miroir de la seconde (**fig. 31**). Un L incliné est inscrit sur le voussoir supérieur de la travée 6, et un L retourné est visible au centre de la travée 4 à la retombée des arcs 2 et 3.

» *Le voûtement du vaisseau central*

Sur les nervures du système de voûtement, les sept marques identifiées sont des signes géométriques pouvant être rapprochées de lettres alphabétiques tracées en majuscule (V, T, L, X) ou de l'alphabet grec avec la lettre pi (π) (**fig. 32a et b**). On a aussi enregistré plusieurs croix (+) dont certaines se trouvent alignées à la sous-face des voussoirs. Ces signes mesurent entre 5 et 10 cm de côté. Ils ont été exécutés par la percussion du tranchant d'un ciseau frappé perpendiculairement au pan des blocs portant le même type de traces d'outil.

La fonction des marques lapidaires relevées dans le vaisseau central reste somme toute énigmatique. Il est vrai que parfois la disposition des T inclinés, des + alignés en sous face des branches d'ogives

75. Aucune marque lapidaire n'a été mise en évidence sur le mur sud.

et des flèches tournées vers le vaisseau, laissent imaginer que ces signes ont pu guider, à un moment donné, les ouvriers lors de l'assemblage des arcs ou de la pose de blocs spécifiques. Cependant, le fait que l'usage de ces marques n'apparaisse pas systématisé invite à ne pas surinterpréter leur fonction dans la construction. En revanche, ce qui nous semble pertinent de retenir ici, c'est que les marques ont été réalisées avec le même type d'outil que celui relevé sur le pan de la pierre. Cette cohérence entre le marquage et le travail de taille laisse voir le geste d'un même artisan. Une autre donnée est que le marquage semble révéler une organisation différente entre le mur nord et le mur sud⁷⁶. On peut en effet se demander s'il n'y a pas une latéralisation du chantier et des équipes.

4.2. L'échafaudage à partir de ses traces

Lors de l'étude des élévations, plusieurs traces appartenant à l'échafaudage du chantier du XIII^e siècle ont été repérées dans le vaisseau central. Dans cette partie de la cathédrale, ces vestiges ne s'observent qu'à partir du triforium (**fig. 33, 34 et 35**). Il est certain que les grandes arcades, entièrement ouvertes, ont été construites depuis un échafaudage sur pieds et sans ancrage. Cet ouvrage de charpente, d'environ 16 m de haut, n'a laissé aucune trace évidente de fixation sur les piliers de la nef. À partir du triforium, les bâtisseurs ont changé de mode d'échafaudage pour adopter un système ancré installé au fur et à mesure de la construction des murs. Des trous de boulin ont, en effet, été repérés lorsqu'ils avaient perdu, partiellement ou complètement, leur comblement de mortier. Il faut ajouter à cet ensemble, la position de ceux déduits des craquelures et des boursoffures de l'enduit apparues au niveau du comblement de leurs trous. Ces dispositifs d'ancrage ont majoritairement gardé leur dispositif d'origine et se prêtent à une lecture archéologique depuis leur façonnage jusqu'à leur rebouchage. Il n'y a que les boulins inférieurs de la travée 9 qui ont été agrandis afin d'y insérer au revers des deux murs, des corbeaux de pierre. Ces derniers étaient destinés à soutenir la sablière de la charpente des bas-côtés refaite certainement après l'incendie du XIX^e siècle (**fig. 36a et b**). En dehors de ce cas particulier, l'enregistrement des indices archéologiques en place, tant du côté nord que sud du vaisseau, permet de dégager un ensemble homogène de négatifs offrant la possibilité de mieux appréhender l'échafaudage, ou plutôt les échafaudages, implantés au droit de chaque travée à partir du triforium du vaisseau central.

4.2.1. Les trous de boulin

Les trous de boulin sont alignés et séparés par des espaces réguliers du côté nord comme du côté sud du vaisseau central. Horizontalement, ils s'organisent sur quatre lignes. Les trois premières se développent sur la hauteur du mur de fond du triforium. La plus basse se trouve à environ 1,37 m du sol⁷⁷ (175,30 m NGF), la suivante à 2,87 m (176,80 m NGF), la dernière à 4,19 m (178,12 m NGF). Cette dernière ligne est doublée par une seconde, aménagée au niveau de ses arcatures donnant sur le vaisseau. Le relevé des murs montre qu'elles ne sont cependant pas exactement en face l'une de l'autre, les boulins de la troisième ligne ne franchissaient donc pas le triforium de part en part. Au-dessus du triforium, le clair-étage entièrement ouvert a évidemment permis l'implantation d'un échafaudage sans ancrage à travers ses ouvertures réservées aux fenêtres. Ainsi, ce n'est que 9,53 m plus haut, entre l'ex-

76. Dans le même ordre d'idée : on voit une gestion latéralisée (nord/sud) dans la mise en œuvre des baies hautes, déjà avancée pour le chantier du chœur : L'HÉRITIÉ (M.) *et al.* 2014, p. 320.

MARTIN (P.) 2014, p. 83 : «On a pu constater que la construction du XII^e siècle avait été bâtie exclusivement en pierre des Berchères pour les parements mais que la répartition des marques lapidaires, totalement absentes sur la façade, était différente entre la tour nord (claveaux des baies supérieures du clocher) et la tour sud (claveaux mais également parement du registre médian).»

77. La hauteur correspond à la partie supérieure de l'ouverture des trous.

trados des lancettes et les roses, que se trouve la quatrième ligne de trous de boulin (187,66 m NGF). La disposition de ces trous permet ainsi de restituer quatre niveaux de platelage. Les trois premiers plateaux parfaitement alignés ont ainsi été implantés depuis le sol du triforium tous les 1,32 à 1,50 m ($\pm 0,10$ m). De cette manière, les maçons dominaient parfaitement leur plan de travail. Au quatrième niveau, les trous de boulin ne sont pas parfaitement alignés sur toute la longueur du vaisseau. Les écarts les moins importants sont de 18 cm environ, ils peuvent atteindre jusqu'à 65 cm entre les travées 4 et 5 sud, par exemple. Ces décalages tendent à montrer que l'échafaudage du sommet des murs était discontinu entre chaque travée en raison de la présence de la voûte au moment de leur implantation.

Les ouvertures des trous de boulin, visibles lorsque l'enduit est lacunaire, indiquent qu'ils ont été façonnés, soit dans l'angle inférieur des blocs, soit au niveau du lit de pose (**fig. 37**). Il n'y a que les trous de boulin placés au-dessus des arcatures du triforium qui n'ont pas été taillés dans la pierre, mais maçonnés par décalage d'un bloc dans l'assise (**fig. 38**). Les relevés démontrent que ceux des deux premiers rangs du triforium ont été conçus spécifiquement pour accueillir des boulines de section rectangulaire, de 25 par 14 cm (± 2 cm). En augmentant ainsi l'épaisseur des pièces de bois, ces dernières résistaient mieux au fléchissement, car une section plus haute que large a, en effet, des caractéristiques de solidité supérieures à un profil carré. Les profils carrés, de 14 cm de côté (± 2 cm), ont été privilégiés pour ancrer les boulines des troisième (triforium) et quatrième lignes de trous de boulin (roses). L'approvisionnement était manifestement fait avec des poutres de section carrée, on peut donc supposer que les échafaudages non ancrés implantés dans l'ouverture des baies, étaient réalisés à partir de ce même type de poutres.

Lorsque les boulines étaient débouchés, on a pu constater que leur fourreau était traversant. Ils franchissent, par exemple, les 47 cm du mur du fond du triforium pour permettre aux boulines de dépasser de part en part l'élévation. Ceux qui se trouvent entre les lancettes et les roses ont la particularité de ne pas être perpendiculaires à la surface du mur, mais en biais (**fig. 39**). L'angle de ces fourreaux correspond à celui des branches d'ogives qui se développent dans chaque travée. Cette disposition particulière démontre à l'évidence que les boulines de ce niveau ont été installés en fonction des voûtes déjà construites⁷⁸.

4.2.2. Les montants et les jambes de force

Le dispositif de boulines était nécessairement maintenu par des montants (perches) afin de porter et de stabiliser l'échafaudage qui se développait au droit des fenêtres. Sur l'ensemble du vaisseau, les trous de boulin indiquent que l'échafaudage comprenait aux moins quatorze perches dressées aux deux extrémités de chaque travée. À l'intérieur de ces dernières, les perches étaient séparées par des entraxes compris entre 3,45 m et 4,98 m en fonction de l'irrégularité des élévations. La longueur élevée de ces entraxes imposait au moins une perche centrale afin de rigidifier dans leur milieu les plateaux. Au fond du triforium, les travées les plus longues ont été pourvues d'une rangée verticale de trous de boulin supplémentaires formant ainsi des entraxes deux fois moins important 1,75 m (travée 5), pour supporter les plateaux d'échafaudage.

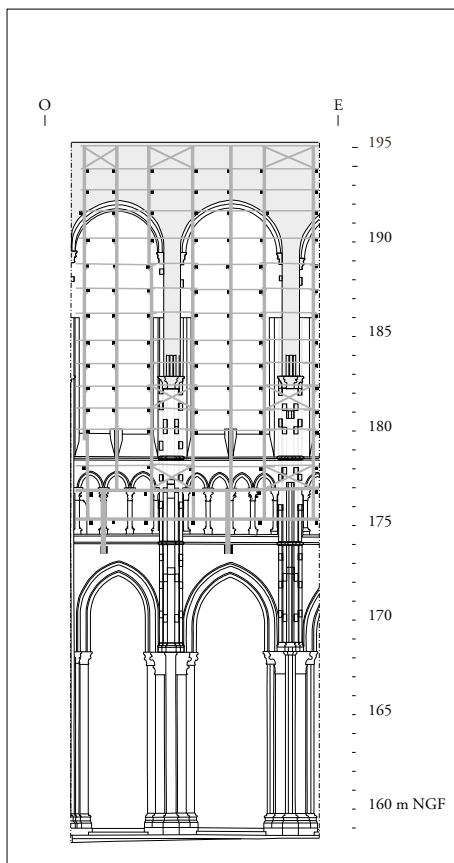
La rigidité de l'ensemble était également renforcée par des pièces de bois obliques. L'analyse de l'enduit et de ces boursoufflures a, en effet, permis de repérer une série de trous destinés à recevoir l'appui de pièces de bois obliques au centre de chaque travée (**fig. 40**). Ces opes sont disposés sur une ligne comprise entre les grandes arcades et le mur bahut du triforium (**fig. 33 et 34**) (173, 60 m NGF). Ceux

78. On aurait pu supposer aussi que les boulines aient été placés en biais dans le clair-étage dans la même phase de chantier que de la construction des voûtes, mais cette seconde piste semble peu probable, car la construction des voûtes a nécessité la mise en place d'immenses cintres qui occupaient tout l'espace et ne pouvaient certainement pas cohabiter avec l'échafaudage du sommet des travées. C'est pour cette raison que l'on a retenu le fait que les croisées étaient achevées lors de la mise en place des boulines avec des fourreaux en biais.

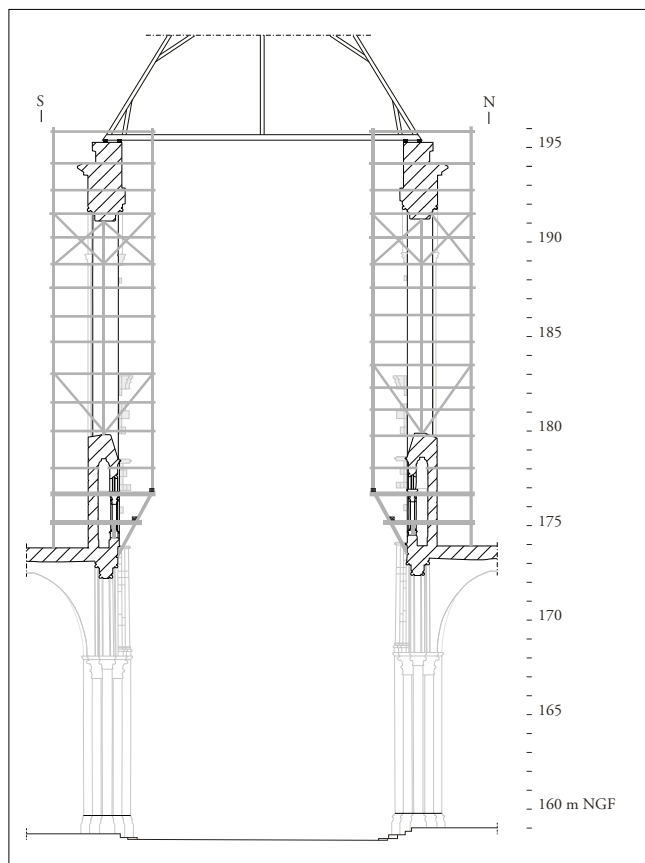
qui ont été débouchés lors de la restauration⁷⁹ montrent qu'ils ont été aménagés directement dans la maçonnerie, contrairement aux trous de boulin. Leur creusement (c'est un repentir ?) s'apparente à de simples encoches peu profondes, entre 8 et 10 cm, pour une hauteur et une largeur de vingt centimètres environ. La faible profondeur de leur scellement laisse entendre que les jambes de force étaient juste des renforts destinés à raidir la structure plus qu'à la porter. Les maçons ont cependant pris soin de leur assurer un appui horizontal stable en les faisant porter sur l'assise supérieure d'un bloc de pierre. D'après les mesures et les empreintes de scellement retrouvées (T6, nord), les jambes de force avaient une inclinaison d'environ 60° (**fig. 41**). Leur restitution graphique indique qu'elles soutenaient probablement une longrine fixée à l'extrémité des deux premiers plateaux de l'échafaudage du triforium (**fig. 42**). Elle renseigne aussi sur la saillie de l'échafaudage au-dessus du vaisseau central, que l'on peut estimer à au moins 2 m. Les jambes de force assuraient ainsi un maintien supplémentaire non négligeable au centre de chaque travée.

4.2.3. Restitutions des échafaudages

L'échafaudage du vaisseau central déduit de ses négatifs était donc ancré au mur de fond du triforium sans perche pour le soutenir depuis le sol de la nef (**fig. 43a et b + ill. 3 et 4**). Les deux rangs de boulins inférieurs de cette structure, en bascule⁸⁰, passaient entre les colonnettes pour se prolonger au-dessus



ill. 3 : Travées 3 et 4 nord, restitution du premier échafaudage en bascule. En gris les blocs en attente (faisceaux de colonnes, bagues, voûtes) - éch. : 1/400.



ill. 4 : Coupe sud-nord (travée 4), restitution du premier échafaudage en bascule. En gris les blocs en attente (faisceaux de colonnes, bagues, voûtes) - éch. : 1/400.

79. Travées 9, sud et travées 3, 7, 9 nord.

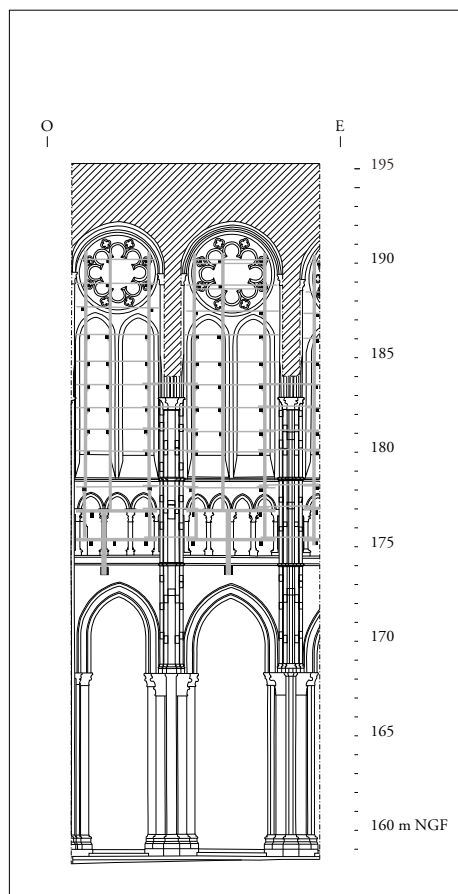
80. Collectif 1996, *L'échafaudage dans le chantier médiéval*, pp. 26-27.

du vide où elle était reprise par des jambes de force. Pour résister à la charge, ils ont été conçus avec des bois plus puissants que ceux des parties supérieures. Ils ont aussi pu être calés sur le mur bahut avant de surplomber le vide. Les boulins traversaient chaque côté du mur afin de recevoir simultanément deux platelages qui se contrebalançaient. De cette façon, l'échafaudage prenait appui de l'autre côté du triforium sur l'extrados des voûtes des bas-côtés déjà construites⁸¹, ce qui ainsi assurait une parfaite stabilité à l'ouvrage de charpente. Depuis les deux premiers plateaux en surplomb au-dessus du vide, ils ont dressé près de 16 m d'échafaudage nécessaire à la construction des niveaux supérieurs ouverts de baies. L'échafaudage se développait ainsi dans l'embrasure des fenêtres tant du côté nord que du côté sud. Il faut imaginer des plateaux posés entre les travées pour mettre en œuvre les colonnes des piliers engagés jusqu'à la naissance des voûtes. Le dispositif de l'échafaudage des murs était symétrique de part et d'autre du vaisseau, mais ne le franchissait pas.

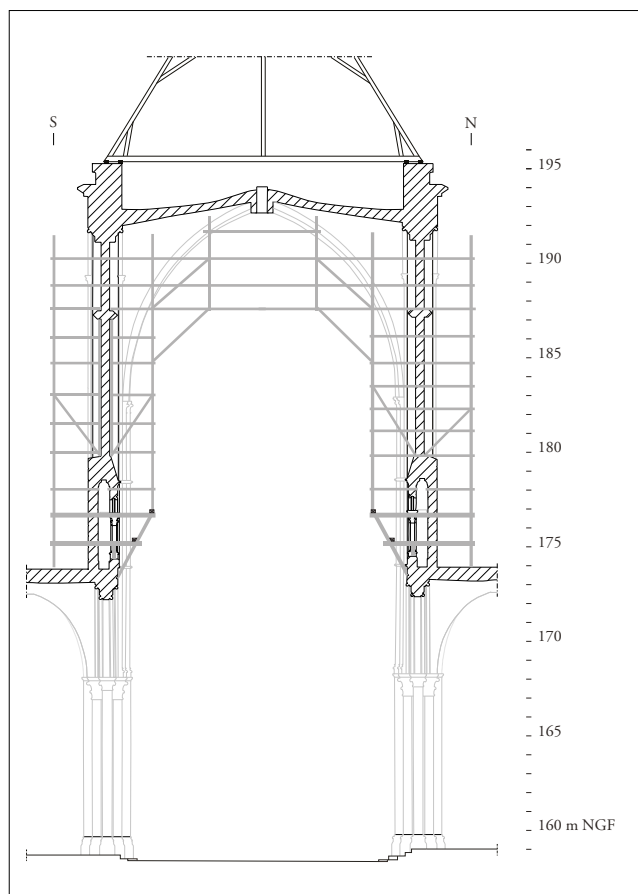
Au sommet des travées, les trous de boulin façonnés en biais pour éviter la croisée d'ogives prouvent que lors de leur implantation les voûtes étaient en place. Le fait qu'ils présentent d'importants décalages d'alignements horizontaux entre les travées se justifie aussi par la présence du voûtement (des arcs). Cette ligne supérieure de trous de boulin pose question. En effet, les résultats archéologiques concernant le montage des voûtes et des roses montre que ces derniers n'ont été installés qu'après l'achèvement des murs du vaisseau central (cf. 4.4. *La mise en œuvre des voûtes* ; 4.5. *Les fenêtres et leur mise en œuvre*). Ce qui signifie que les trous des boulins sommitaux n'appartiennent pas au premier échafaudage, mais à un second modifié en raison de la voûte en vue notamment de l'enduire. À ce moment-là du chantier l'échafaudage des murs a été modifié pour couvrir tout le vaisseau central (**fig. 44a et b - ill. 5 et 6**). Le montage et le démontage des échafaudages, en fonction de l'avancement des travaux, sont des pratiques relativement fréquentes et évidentes sur les grands chantiers⁸². À Chartres, ce procédé a eu plusieurs avantages. Par exemple, la dépose de l'échafaudage des grandes arcades au profit d'un échafaudage à bascule a pu faciliter la circulation dans la nef pour la suite des travaux, pour le culte, mais a pu aussi représenter un gain économique, puisque les pièces de bois pouvaient être réemployées pour ériger de nouvelles structures. Il est difficile pour un archéologue de suivre la chronologie du montage et du démontage des échafaudages à l'intérieur d'un édifice où les trous servent plusieurs fois au cours d'un même chantier. Cependant, à Chartres, la dépose définitive des échafaudages du vaisseau du XIII^e siècle peut être en partie saisie grâce à la lecture de l'enduit peint.

81. Sur la coupe réalisée grâce à un relevé laserométrique par la société ARCHEOTECH, on constate, en effet, que le triforium est en surplomb sur la voûte des bas-côtés ce qui atteste sans conteste que ces derniers étaient construits avant les deux niveaux supérieurs du vaisseau central. Ce relevé confirme les observations de Arnaud Ybert « le triforium porte à faux sur les voûtes des bas-côtés... » : YBERT (A.) 2014, p. 232.

82. À Chartres, ceux qui avaient été élevés sur le sol de la nef pour bâtir les grandes arcades ont très bien pu être réemployés pour ceux à bascule.



ill. 5 : Travées 3 et 4 nord, restitution du deuxième échafaudage en bascule. En gris les blocs en attente (faisceaux de colonnes, bagues, voûtes) – éch. : 1/400.



ill. 6 : Vaisseau central (travée 4), restitution du deuxième échafaudage en bascule. En gris les blocs en attente (faisceaux de colonnes, bagues, voûtes) – éch. : 1/400.

4.2.4. La dépose de l'échafaudage d'après l'enduit

La dépose de l'échafaudage modifié en vue d'enduire le vaisseau peut être appréhendée à partir du comblement des trous de fixation de l'échafaudage. Les observations de terrain indiquent que les fourrures des boulins ont été rebouchées en deux temps. Tout d'abord, les artisans ont rempli les trous à l'aide de petits blocs de craie tendre, facile à tailler pour être adaptée à la taille des trous (fig. 45). Ensuite, ils les ont noyés dans une charge importante de mortier identique à celui employé pour l'enduit de finition. Puis, les bouchons ont été recouverts par un mortier fin de même composition et de même couleur que l'enduit de finition (UE1) (cf. 5.2.2. *Enduire et orner...*). D'après les sillons parallèles, minces et peu profonds visibles en surface, une large brosse a été employée pour lisser et unir cette couche de bouchage à l'enduit déjà appliqué autour (fig. 46). Malgré le soin apporté à cette retouche, l'enduit débordé généralement largement (40 cm²) du bouchage et masque le faux appareil précédemment peint. En revanche, le surfacage des deux premiers rangs de trous de l'échafaudage en bascule sont particulièrement soignés, sans doute que l'accès depuis le triforium a facilité le travail.

Les similitudes entre le mortier de rebouchage et l'enduit de finition laissent envisager que le comblement des trous de boulins a eu lieu au fur et à mesure de la dépose de l'échafaudage. Ce dernier a parfois formé des obstacles à la réalisation du décor. Sur plusieurs lignes de boulins, le tracé du décor présente ainsi des irrégularités (fig. 46). Au niveau des jambes de force, par exemple, le faux-appareil comporte de nettes ruptures dans l'alignement des joints horizontaux autour des bouchages (T6, sud). On en déduit donc que, lors de la réalisation du faux-appareil, les jambes de force de l'échafaudage

en bascule étaient encore en place et que le peintre a été obligé de contourner cet obstacle depuis un échafaudage installé dans le vaisseau. Après la dépose de la jambe de force, le trou a été rebouché et le décor de faux-appareil repris par le peintre contraint de rattraper le décalage. Les jambes de force ont, à plusieurs reprises, constitué des obstacles entraînant, par exemple, une lacune dans l'enduit appliqué à l'arrière de celles-ci (T6, nord) (**fig. 47**). Les gouttes de chaux, identifiées autour des scellements, témoignent aussi des contournements que le peintre a dû faire faire à son pinceau pour atteindre l'arrière des jambes de force. Lorsque le bouchage de mortier a été déposé par les restaurateurs, on a pu observer que le décor blanc de faux-appareil passait au fond du trou de scellement des jambes de force (T9, nord). Cet indice signifie que le peintre a tracé les joints après la dépose de la jambe de force, sans même attendre que le maçon ait pris le temps de combler le trou, ce qui l'a contraint à venir faire un raccord. La vitesse d'exécution des travaux est sans doute la cause de ce petit accident de coordination. Les trous ont donc été bouchés immédiatement après la dépose de l'échafaudage. D'après l'étude des enduits, des couches de revêtements se superposent (*pontates*) au niveau de plusieurs plateaux d'échafaudage et correspondent à ses lignes de trous de boulin (*cf.* 5.2.2. *Enduire et orner d'un faux-appareil*). Les plateaux restitués au travers des fenêtres correspondent aussi à plusieurs niveaux de superposition de l'enduit. En lien avec l'étude des enduits, on peut donc dire que le démontage de l'échafaudage a commencé par les bas-côtés, s'est poursuivi au niveau des trois travées occidentales nord, (triforium et clair-étage), le reste du vaisseau central a été déséchafaudé juste après l'application de l'enduit, c'est-à-dire selon une progression d'ouest en est.

Lors de la dépose de l'échafaudage, des croix ont été inscrites à l'emplacement des quatre trous de boulin situés au-dessus des arcades du triforium des travées 3 et 4 nord (**fig. 48**). En forme de X, elles mesurent entre 14 et 20 cm de côté. Leur tracé indique qu'elles ont été réalisées avec la pointe d'une lame plate, sans doute une truelle, dans l'enduit fraîchement appliqué sur le parement. Ces croix ont pour fonction de rappeler l'emplacement de trous de boulin en vue de travaux futurs. Elles n'ont visiblement pas servi lors de l'application des enduits postérieurs au XIII^e siècle. Le fait que ces croix se trouvent seulement sur quatre trous de boulin, travées 3 et 4 nord, demeure en soi une énigme⁸³. Toutefois, ces deux travées se singularisent aussi par l'exécution de motifs de cercles et de fleurs de lys qui ornèrent ces élévations en début de chantier, avant d'être abandonnés et masqués. Ces indices tendent à confirmer que les travées 3 et 4 furent échafaudées au démarrage du chantier de revêtement.

4.3. Les faisceaux de colonnes

Lorsqu'on rentre dans la cathédrale par le portail occidental, on est intrigué par l'état incomplet du système de colonnes à partir duquel se développent les voûtes de l'avant-nef. Ce travail inachevé visait à reproduire entre les deux tours du XII^e siècle, les faisceaux de colonnes installés dans la cathédrale reconstruite au siècle suivant (**fig. 49**). Dans l'avant-nef, seuls des tronçons de colonnes (bagues) ont été ancrées dans les murs, ces colonnes n'ont jamais été parachevées⁸⁴ ; pourtant des voûtes ont été lancées au-dessus du vaisseau central de l'avant-nef. Ceci pose donc question sur la cohérence entre supports et système de voûtement, mais aussi sur la technique de montage de ces colonnes. À la lumière

83. À Chartres, on retrouve des croix inscrites sur le bouchage des trous de boulin de la Maison dite « Parloir aux Bourgeois », ou « salle de justice », ou « hôtel de ville » ou « du Perron » ou « des Trois Rois », 13 rue des Changes et datée de 1260 d'après l'analyse dendrochronologique des bois de sa charpente lambrissée.

84. On est certains aujourd'hui que les fûts de l'avant-nef n'ont jamais été mis en œuvre : MARTIN (P.) 2013, vol 1, p. 80 ; LEFEBVRE (É.), L'HÉRITIER (M.) 2014, p. 301-305 ; CALVEL (P.) 2014, pp. 124-125. Préalablement à ces études, on envisageait une autre possibilité ; celle que les fûts aient été déposés vers 1520 par Jean de Beauce pour le projet de la nouvelle tribune : KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001, pp. 94-95.

de ce dispositif inachevé, il nous a semblé pertinent de nous intéresser aux colonnes du vaisseau central dont le montage n'est pas toujours facile à saisir en raison d'une part, du faible espace subsistant entre les colonnes et d'autre part, de l'enduit recouvrant leurs joints. L'objectif de cette partie consacrée aux colonnes du vaisseau central est donc de saisir les procédés de mise en œuvre en lien avec les étapes du chantier.

4.3.1 Dispositif général

Les faisceaux de colonnes adossés contre les murs gouttereaux du vaisseau central se développent à partir des chapiteaux des grandes arcades. Depuis ces chapiteaux, elles s'élancent sur 14 m de haut (entre 168,25 et 182,25 m NGF) jusqu'aux chapiteaux qui reçoivent les arcs du système de voûtement, à savoir, les branches d'ogives et les arcs doubleaux. Leur élévation est subdivisée en trois niveaux (5,78 m, 4,56 m et 3,66 m) par deux cordons moulurés régissant l'un, au pied du triforium et l'autre, au pied du clair-étage. Chaque faisceau est formé d'un groupe de cinq colonnes (**fig. 50**). Il se développe entre les travées sur environ 1,28 m de large (± 2 cm) et se dégage des murs sur un peu plus de 55 cm. Les colonnes d'axe, plus large que les quatre autres (env. 38 cm), sont rondes ou octogonales et reprennent le rythme alterné des piliers des grandes arcades. Celles qui les flanquent au plus près ont un diamètre de 23 cm et les suivantes situées contre les murs atteignent à peine 15 cm. Les colonnes d'axe ont systématiquement été réalisées dans des blocs de Berchères et façonnées au taillant droit, même si quelques surfaces ont été aussi brettelées. Parfois, un même fût peut comporter les deux types d'impacts d'outils comme en témoigne celui du groupe de colonnes 7 nord. On retrouve cette alternance d'outil sur les fûts secondaires. Ici, l'alternance s'observe aussi au niveau de la pierre avec l'emploi fréquent⁸⁵ de calcaire Lutétien posé en délit. Les murs contre lesquels sont adossés les faisceaux de colonnes prévoient des ressauts maçonnés afin d'accueillir parfaitement la forme circulaire des colonnes (**fig. 49 et 51**). Ce dispositif a aussi pour effet de combler les vides perceptibles lorsqu'on observe l'ensemble des fûts de côté ou de trois quarts, lorsqu'on circule dans le vaisseau (**fig. 52**).

Chaque faisceau de colonnes est composé d'éléments ancrés dans la maçonnerie et d'éléments rapportés (**fig. 53 à 54**). Les éléments ancrés sont les bases, les chapiteaux et les deux niveaux de cordons moulurés. Ils ont été taillés dans d'immenses blocs de pierre de Berchères. Les chapiteaux et les bases monolithes mesurent environ 70 cm de haut par 1,45 m de long. Plus étroits, les cordons moulurés sont des dalles de 20 cm de haut par 1,50 m de long, en moyenne. Ces supports ont été profondément engagés dans toute l'épaisseur des murs (au minimum 50 cm), afin de leur garantir une parfaite résistance à la charge. Entre ces organes de stabilité, des bagues, de 22 à 40 cm de haut, assurent des appuis intermédiaires. Elles sont aussi parfaitement ancrées dans la construction. Elles s'organisent de façon échelonnée et symétrique de part et d'autre de la colonne d'axe. Les seules entorses à cette organisation appartiennent à des reprises en sous-œuvre intervenues pour changer des bagues fracturées au niveau de leur pénétration dans le mur. Désordres qui ont aussi entraîné le remplacement de plusieurs fûts, ainsi que le montre le faisceau de colonnes qui part du pilier 6 nord. Si les bagues s'échelonnent toujours de manière symétrique au sein d'un même faisceau de colonnes, chaque faisceau a sa propre organisation. En effet, de part et d'autre des travées, les bagues ne sont pas nécessairement alignées sur une même assise. De plus, leur nombre n'est pas toujours égal entre les dispositifs. Par exemple, les fûts d'axes peuvent être maintenus par une ou deux bagues, voir aucune ainsi que le montre la comparaison des systèmes (**fig. 53**). L'implantation des bagues a donc imposé la réalisation de colonnes de hauteurs différentes spécifiques à chaque faisceau, rien n'a été produit de manière standard.

85. Difficile de quantifier la proportion de colonnes en Lutétien en raison de l'enduit.

4.3.2. Le montage

Les fûts de colonnes insérées entre les éléments fixes (bases, bagues, chapiteaux) sont généralement séparés par de larges joints de mortier pouvant atteindre plusieurs centimètres, jusqu'à 5. Des cales de craie, plus rarement de brique (colonnes 4 sud) ont été placées dans les lits de pose pour réduire l'écrasement des joints (**fig. 55a et b**). Ce mortier sert seulement à combler les raccords entre les éléments. L'enduit de finition joue parfois un rôle non négligeable dans la cohésion des colonnes. Sa charge est parfois si importante qu'elle est venue colmater les vides entre les fûts (**fig. 52**). Pour autant, ni l'enduit ni le mortier n'assurent un réel maintien des colonnes entre les bagues.

Les coulées de plomb repérées au niveau de plusieurs joints indiquent que les colonnes étaient goujonnées. Le procédé de fixation est confirmé par les goujons encore en place dans les bagues de l'avant-nef qui n'ont jamais reçu leurs colonnes (**fig. 56a et b**). Les goujons se trouvent systématiquement dans la partie inférieure⁸⁶. Sur le dessus, les bagues ne présentent que le trou central nécessaire à leur scellement. Ces trous étaient destinés à recevoir le goujon engagé dans les fûts des colonnes qui devaient compléter le dispositif et être ensuite scellés en place au plomb. Des colonnes cassées en cours de montage ont également été réparées par le même type de scellement (**fig. 57**). D'après les faisceaux du vaisseau central, certaines colonnes faisaient l'objet d'un calage en attendant la coulée du plomb. Des cales ont en effet été découvertes coincées entre les fûts (**fig. 58**). Il s'agit de petits coins de bois pris au piège par le premier enduit du vaisseau (UE1), prouvant ainsi que ce calage est d'origine. Hormis ce détail, les bagues laissées en attente dans l'avant-nef fournissent indirectement deux autres renseignements sur le montage des fûts du vaisseau. Tout d'abord, que les colonnes ont été mises en place dans une seconde phase de chantier, après le gros-œuvre. Sinon comment justifier l'absence des fûts dans l'avant-nef ? Ensuite que le dispositif n'a pas de réelles fonctions structurelles. Les larges joints de mortier que l'on a mesuré entre les colonnes du vaisseau étaient sans doute les espaces nécessaires à la manœuvre pour insérer les fûts, après coup, entre les bagues. La poursuite de l'étude sur le voûtement démontre que lors de la construction des murs du vaisseau central, les bagues ne sont pas les seuls éléments laissés en attente. Les voûtes, dont les nervures partent des chapiteaux des faisceaux de colonnes, n'ont pas été lancées conjointement avec les murs.

4.4 La mise en œuvre des voûtes

À partir des chapiteaux des faisceaux de colonnes se développent les arcs du système de voûtement. Celui-ci comprend sept travées barlongues couvertes de voûtes d'ogives quadripartites délimitées par des arcs doubleaux brisés (D_1 à D_8). Ce mode de couverture a fait l'objet de nombreux débats dans la communauté scientifique qui a tenté d'établir quel édifice en avait été le premier couvert⁸⁷. La cathédrale de Noyon aurait adopté ce système (1170-1180) soit deux décennies avant celle de Chartres. Dans cette partie, il n'est pas question de rentrer dans cette discussion chronologique, mais de s'intéresser à la construction de ce voûtement qui franchit les 15,23 m⁸⁸ qui séparent les murs nord et sud du vaisseau.

86. Les goujons dépassent de 8 cm environ. Ils sont pris dans un scellement au plomb légèrement bombé. Cette forme est prise par le métal en fusion lorsque celui-ci est coulé à plat et fige dans cette position. On déduit de cet indice que les goujons ont été scellés avant la mise en place des blocs. MARTIN 2013 vol. 1, p. 80. LEFEBVRE (É.), L'HÉRITIER (M.) 2014, p. 303.

87. Voir à ce sujet le rappel chronologique dans TIMBERT (A.) 2014, pp. 49-51.

88. Cette distance a été prise entre les deux murs au niveau du mur bahut du triforium.

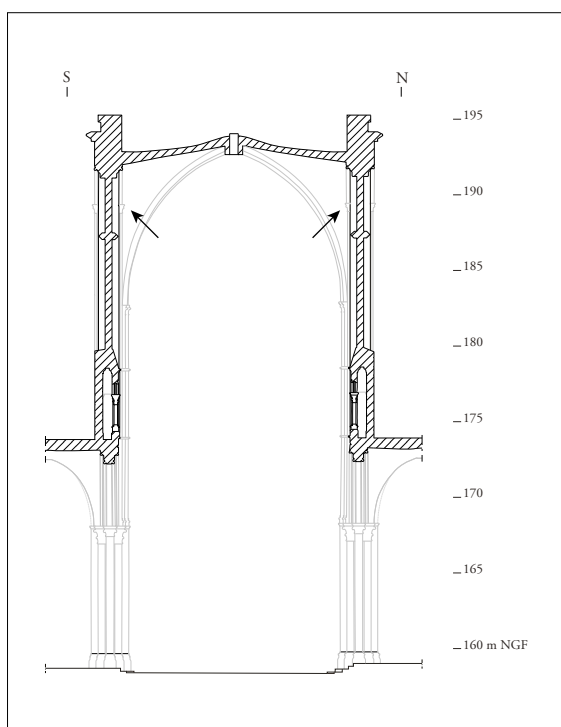
4.4.1 Le choix de la pierre

Le dégagement de la suie, des repeints et le curage de certains désordres (fissures, reprises au ciment) a rendu partiellement visible l'appareil du voûtement. Les observations mettent en évidence que les branches d'ogive, ainsi que les sept clefs, ont été systématiquement réalisées en pierre de Berchères. Pour les arcs doubleaux, le choix de la pierre n'est pas aussi exclusif. Les lacunes d'enduit laissent, en effet, entrevoir que plusieurs voussoirs supérieurs ont été taillés dans un calcaire Lutétien (cf. 4.1. *Les matériaux lithiques et leurs traces*). L'usage de ce matériau concerne les doubleaux (D_2 à D_7) et exclut ceux des travées des extrémités (D_1 et D_8). Comme le calcaire Lutétien est moins lourd que celui de Berchères, on peut envisager que ce changement de matériau, au sommet des arcs, vise à soulager le voûtement. Cette hypothèse reste cependant difficile à défendre, car il a été impossible d'estimer, en raison de la présence de l'enduit, la répartition exacte du calcaire Lutétien par rapport à celui de Berchères. L'étude prouve en revanche que les quartiers des voûtes ont délibérément été bâti à partir de deux types pierres extraites localement. La pierre de Berchères charge les reins des voûtes et les moellons de craie toute la partie supérieure du voûtement qui est la plus plate. La transition entre les deux matériaux se fait autour de 189 m NGF, ce qui correspond approximativement à la hauteur des chapiteaux qui encadrent les roses (fig. 59). Le choix de la craie se justifie, car c'est un calcaire tendre dont la masse volumique est deux fois moins importante que celle de la pierre de Berchères. Il est donc certain que ce matériau léger a été retenu par le maître d'œuvre pour décharger le voûtement. Ce mode de construction a aussi été celui des voûtes du haut chœur, mais pas celui des voûtes des chapelles et du déambulatoire qui sont exclusivement en pierre de Berchères⁸⁹. On peut en conclure que l'usage d'un calcaire léger était réservé aux quartiers des grandes voûtes de la cathédrale dont il était indispensable de réduire la charge lors de leur mise en œuvre et pour garantir leur solidité dans le temps. Dans ce principe constructif, les parties basses lourdement voûtées participaient d'autant mieux à l'épaulement des parties supérieures du vaisseau central. Pour autant, la charge du voûtement a fait apparaître des désordres au niveau de la maçonnerie qui charge les reins.

4.4.2 Des fissures aux césures

Des craquelures de l'enduit ont été identifiées, sans exception, dans toutes les travées du vaisseau central (fig. 60 et 61, ill. 7). Elles se situent au niveau de la retombée des voûtes à proximité de l'appui de ces dernières avec les murs gouttereaux. Elles suivent des lignes verticales qui se développent sur les deux derniers mètres des colonnettes des arcs formerets et disparaissent au niveau des chapiteaux. Leur limite inférieure se perd dans l'amincissement de la maçonnerie à l'arrière des branches d'ogives. Certaines fissures profondes ont été rebouchées au cours d'une précédente restauration. D'après la composition du mortier employé qu'on retrouve au niveau

ill. 7 : Intrados des voûtes, localisation des craquelures. éch. : 1/500.



89. YBERT (A.) 2014, p. 217 et 227.

des trous de voûte, on pense qu'il s'agit de reprises réalisées à la suite de l'incendie de la cathédrale en 1836. La dépose de ces réparations permet d'en apprendre un peu plus sur ces désordres. Au niveau de la travée 8 nord, le choix a été fait de dégager pour l'étude une zone plus importante de la retombée de la voûte (R_7) que le bouchage du XIX^e siècle, où l'enduit du XIII^e siècle était plus endommagé (**fig. 62 et 63**). Ainsi, l'appareil de la maçonnerie chargeant les reins de la retombée 7 a été mis à nu sur une bande de 2 m de haut par 50 cm de large. Dans cette fenêtre d'étude, on distingue deux modes de construction. Le premier est situé à l'arrière de la colonnette de l'arc formeret. Il est lié entièrement au mur gouttereau nord de la travée 8. Il comprend cinq pierres de taille soigneusement dressées et disposées en harpe avec des joints de lit parfaitement réglés. Le chapiteau, de 60 cm de haut, ancré au-dessus, fait partie de cet ensemble parfaitement homogène. Dans la seconde moitié du sondage, la maçonnerie est, en revanche, composée de moellons irréguliers se juxtaposant sans réelles assises. Des joints de mortier très importants compensent les écarts. On le voit, cette maçonnerie est en rupture avec celle qui se trouve à l'arrière de la colonnette de l'arc formeret. La césure entre les deux constructions est assurée par une charge importante de mortier dans lequel sont noyés des cailloutis de pierre de Berchères et de craie tendre. Ces deux modes de construction révèlent deux phases de construction dans la mise en place de la retombée de l'ogive. On en conclue donc que les pierres de taille et le chapiteau appartenaient à une extrémité harpée de maçonnerie ménagée dans le mur gouttereau nord pour permettre la liaison avec la voûte. La récurrence des fissures au niveau de chaque retombée de voûte laisse supposer que les deux murs gouttereaux conservent, sous l'enduit du XIII^e siècle, ce dispositif de pierres d'attente entre chaque travée. Leur apparition aux niveaux des liaisons est la conséquence du tassement des maçonneries après la dépose des cintres de coffrage. On peut donc dès à présent envisager que le voûtement n'a été lancé qu'une fois les murs gouttereaux totalement terminés, après la mise à l'abri du vaisseau sous charpente⁹⁰.

D'autres preuves sont à verser à ce dossier. En effet, la réalisation des voûtes dans une seconde phase de chantier est également illustrée par les balèvres restées visibles après la liaison entre les murs et le voûtement (**fig. 64a et b**). Il s'agit seulement d'une partie du chapiteau qui se prolonge dans toute l'épaisseur de la maçonnerie qui charge les reins (**tab. 3**)⁹¹. Ces extrémités conservées par le sculpteur, formaient, avant la réalisation des voûtes, d'importantes pierres d'attente au nu des murs gouttereaux. Haut d'au moins 17 cm d'après les éléments visibles, elles dépassaient de 10 à 36 cm des tailloirs des chapiteaux. Ces dispositifs d'attente démontrent que les chapiteaux ont été spécifiquement conçus pour liasonner le voûtement. Ils offraient aussi des appuis intermédiaires pour placer des jambes de force pour soutenir une plateforme d'échafaudage posées sur les entrants de la charpente pour lever les matériaux nécessaires à la mise en place des cintres et des voûtes (**fig. 65**).

Dans le montage du voûtement, le plan d'ensemble de ce dernier (**fig. 4d**) témoigne d'un désaxement de la clef de la travée 4. On peut se demander si ce décalage ne coïncide pas avec une liaison dans la construction. On peut en déduire que la voûte de la travée 4 a été la dernière à être mise en place entre les travées 3 et 5 à 9. Les nombreuses fissures mises en évidence lors du nettoyage des enduits sur les murs du triforium des travées 4, 5 et 6, tant du côté nord que sud, témoignent sans doute des désordres provoqués par le tassement des maçonneries au niveau de leur jonction et de leurs répercussions sur plusieurs travées.

90. Des études récentes ont fait la démonstration que le voûtement était généralement mis en œuvre une fois la charpente construite. Cette dernière servant à installer des plateformes de travail : ÉPAUD (F), *La charpente de la cathédrale de Bourges : de la forêt au chantier*, Tours : Presses Universitaires François Rabelais, 2017.

91. Travée 3 sud, chapiteau ouest ; travée 5 sud, chapiteau est ; travée 4 nord, chapiteau ; travée 6 nord, chapiteau ouest.

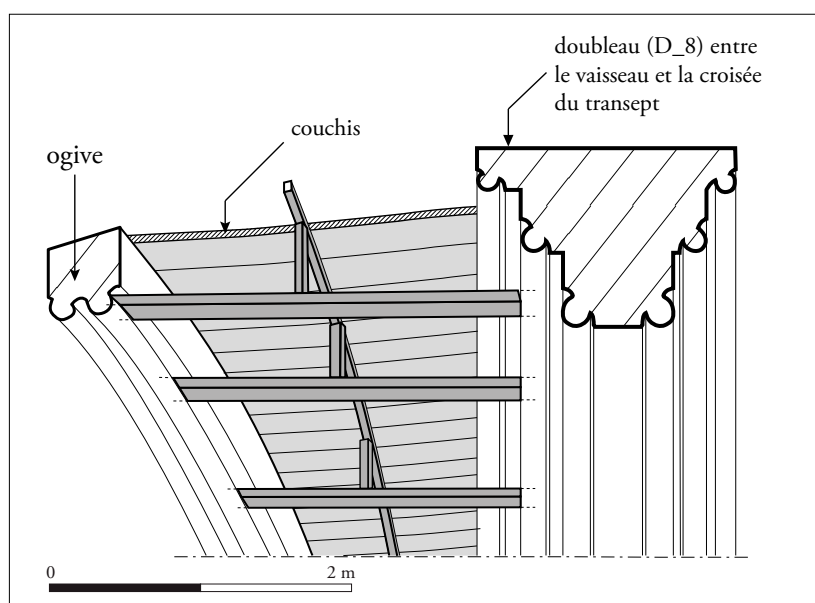
Mur nord		Mur sud	
Travée	Chapiteau	Travée	Chapiteau
4	est	3	ouest
6	ouest	5	est
7	ouest	7	ouest
8	ouest	7	est
		8	est

tab. 3 : Localisation des chapiteaux formant un dispositif d'attente en saillie.

4.4.3 Les cintres d'après leurs négatifs

Il ne subsiste aucune trace de cintre au niveau de l'intrados des arcs doubleaux et les branches d'ogives. Ces derniers conservent des éléments de coffrage seulement sur leur extrados. Les lacunes d'enduit laissent, en effet, voir dans les quartiers de voûtes des interstices étroits comblés de cailloux de craie (**fig. 66**). Le mortier utilisé pour réaliser ces bouchages est proche de celui employé pour la construction. Pour les interstices les plus fins, une charge de mortier écrasé à la truelle a suffi à leur comblement. Sa composition et ses caractéristiques (couleur, dureté...) sont semblables à l'enduit de finition (UE1). C'est donc lors de l'application de ce dernier que ces reprises ont été faites. Le colmatage des interstices les plus importants a probablement été réalisé directement à la dépose des couchis. Les arcs formerets conservent sur leur extrados le même type de gros joints comblés de cailloux et de mortier (**fig. 67**). Les petites fenêtres d'observation pratiquées dans l'enduit confirment qu'ils reçoivent bien les quartiers transversaux des voûtes. Dans le cas présent, l'arc formeret n'est donc pas « qu'une sorte de couvre-joint à la rencontre de la voûte et du mur⁹² », mais un véritable support capable de porter les voûtes. Plus loin, d'autres sondages pratiqués dans les lacunes d'enduit ont permis de retrouver plusieurs négatifs de bois. Ces traces sont la preuve qu'à l'emplacement des cailloux de craie disposés sur les arcs doubleaux, sur les branches d'ogives et sur les arcs formerets se trouvaient les couchis indispensables à la mise en place de la maçonnerie des voûtes.

Les couchis posés sur les arcs entre les travées étaient nécessairement tenus autrement que par leurs seules extrémités. Des pièces de bois renforçaient nécessairement le dispositif (**ill. 8**). On peut se demander si le bois retrouvé dans la maçonnerie du quartier transversal sud de la travée 3 n'appartient pas à un de ces renforts (**fig. 68**). Si le rôle de celui-ci ne peut pas être saisi à lui seul, les aménagements



ill. 8 : Principe de renfort des couchis mis en place entre les gorges des ogives et l'arc doubleau de la croisée du transept - éch. : 1/50.

92. PÉROUSE DE MONCLOS (J.-M.) 1972, p. 280.

retrouvés dans l'arc doubleau (D_8) de la croisée du transept apportent un complément non négligeable sur la disposition des pièces renforçant les couchis. Cet arc doubleau (D_8) de la croisée du transept se compose de trois rouleaux superposés en ressaut (**fig. 69**). Il est orné d'une succession de profils en gorge et en tore de même dessin que les arcs des ogives et ceux des doubleaux du vaisseau central (**tab. 4**). L'organe clavé est particulièrement imposant. Au niveau du faîte, il atteint 1,20 m de haut (entre 192,27 et 193,5 m NGF) et à chaque rouleau, sa largeur augmente de 50 cm pour atteindre 1,72 m sous l'intrados de la voûte. Un interstice a été mis en évidence entre l'extrados et l'intrados des deux arcs supérieurs, soit 37 cm sous l'intrados de la voûte de la travée 9 (**fig. 70**). Il se développe sur toute la courbe de l'arc, depuis sa base à son faîte. Il est comblé de fragments de roche de petites tailles, pierres de Berchères et craie tendre, dissimulés derrière l'enduit de faux-appareil quand celui-ci est conservé. Dans ce comblement, il subsiste quelques trous correspondant à des scellements de pièces de bois de section rectangulaire de 5 par 10 cm par 11 cm de profondeur (**fig. 71**). On s'est demandé quelle avait pu être la fonction de ces éléments de bois ? Ces derniers étaient, d'après les trous qu'ils ont laissés, situés exactement dans le même alignement que la gorge des ogives (b et d) de la travée 9. Ainsi, on peut supposer qu'ils appartenaient à un dispositif de renfort ponctuel des couchis posés, 37 cm plus haut, par leurs extrémités sur les arcs (doubleaux, d'ogives et formeret (**fig. 4d et 72a et b**). L'organisation des gorges de l'arc doubleau très développé (D_8) de la croisée imposait aux maçons de ménager des trous pour caler les pièces de renforts tandis que dans les autres travées elles pouvaient être coincées entre les gorges des branches d'ogives et des doubleaux. Ce principe se répétait certainement de travée en travée.

tab. 4 : Dimensions (en m)
de l'arc doubleau situé entre la travée 9
et la croisée du transept.

	Hauteur	Largeur
Doubleau totale	10,57	1,72
Rouleau 1	0,56	0,72
Rouleau 2	0,27	1,22
Rouleau 3	0,37	1,72

4.5 Les fenêtres et leur mise en œuvre

4.5.1 Dispositif général

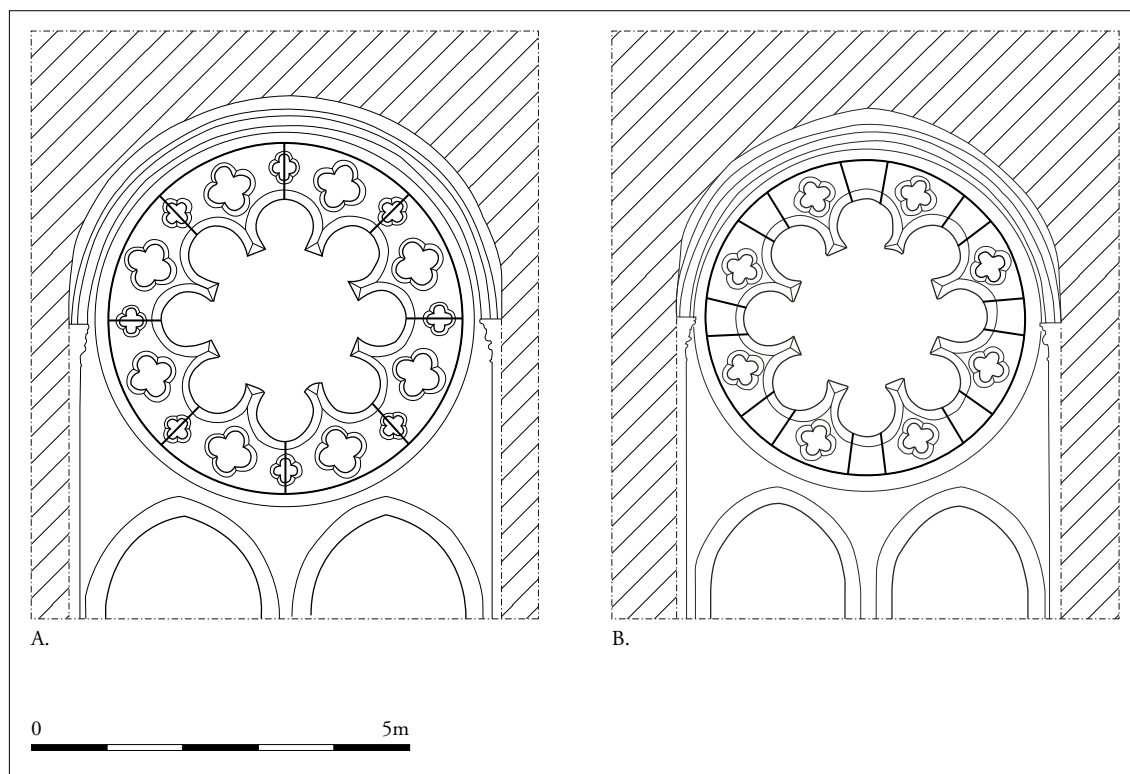
Quatorze fenêtres disposées en vis à vis composent le clair-étage du vaisseau central. Elles se développent entre le cordon mouluré qui règne au-dessus du triforium et les arcs formerets situés à la rencontre des voûtes (**fig. 73**). Elles mesurent toutes approximativement 13,20 m de haut⁹³ pour une largeur comprise entre 4,78 m et 6,14 m, selon la largeur même des travées. Le remplage comprend systématiquement trois formes : deux lancettes surmontées d'une rose comprenant un oculus polylobé (à huit lobes) autour duquel rayonnent des quadrilobes. D'une travée sur l'autre, le même schéma se répète rigoureusement. La seule entorse à cette composition est le nombre de quadrilobes et leur répartition (**ill. 9**). Pour les fenêtres les plus étroites (T3, 4 et 9), on compte huit jours polylobés identiques (40 cm), tandis que les plus larges (T5, 6, 7 et 8) en comportent seize de deux dimensions (30 et 60 cm) réparties de manière alternée. Cette différence de traitement entre les roses relève d'un choix esthétique. Elle permet, en effet, laisser passer davantage de la lumière dans les travées les plus larges tout en conservant rigoureusement des oculi de même dimension pour chaque fenêtre (3,22 m en moyenne (**tab. 5**), sauf travée 3, trop étroite pour conserver la même circonférence (3 m).

93. La dimension donnée prend en compte l'appui taluté des fenêtres de 1,15 m de haut.

	N°	Largeur	Diamètre			N°	Largeur	Diamètre	
			Rose	Oculus				Rose	Oculus
Travée nord	3	4,82	4,03	2,99	Travée sud	3	4,78	4	3
	4	5,38	4,23	3,22		4	5,09	4,27	3,25
	5	5,98	4,63	3,21		5	5,74	4,69	3,24
	6	6,08	4,63	3,21		6	6,14	4,65	3,22
	7	6,11	4,65	3,22		7	6,12	4,62	3,20
	8	6,11	4,62	3,24		8	6,08	4,62	3,22
	9	5,43	4,22	3,25		9	5,55	4,24	3,25

tab. 5 : Dimensions (en mètre) des travées, des roses (hors chanfrein) et des oculi.

D'un point de vue stéréotomique, les deux types de rose n'ont pas été exécutés selon le même tracé (ill. 9). Celles à seize quadrilobes sont composées de huit dalles dont les joints de lit en coupe passent au centre des petits polylobes. Pour les autres le schéma s'inverse, il y a huit quadrilobes pour seize dalles. Chaque élément a été taillé dans des blocs de Berchères à l'aide de taillants droit ou brettelé, mais les impacts de ce dernier sont moins nombreux. Avec ces outils, les artisans ont également dégagé des feuillures dans l'embrasure des oculi pour recevoir les cerces de fer destinés à supporter les vitraux (fig. 73). Pour les quadrilobes, le dispositif est complètement différent. Les panneaux de verre sont en applique sur le parement extérieur. Ils tiennent au moyen de panetons scellés au plomb (fig. 74 et 75). Comme l'a relevé Maxime L'Héritier à propos des roses du haut-chœur, ces éléments de fixation ont été préparés à plat pour permettre de verser plus facilement et délicatement le métal en fusion dans les trous de scellement⁹⁴.



ill. 9 : Principes d'appareillage.

A. Roses larges des travées 5, 6, 7 et 8

B. Roses étroites des travées 3, 4 et 9. éch. : 1/100.

94. L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (É.), ARLES (A.), DILLMANN (Ph.), GRATUZE (B.) 2014, p. 308.

4.5.2 Le montage des roses

Un faisceau d'indices fournit les principales clefs pour comprendre de quelle manière s'est déroulée la mise en place des fenêtres. L'absence d'enduit à l'aplomb de certains meneaux montre que ces derniers se terminaient par une série de blocs incurvés spécifiquement taillés pour recevoir les roses (**fig. 76**). La maçonnerie de blocage composée de nombreux cailloux de craie et de Berchères assure une bonne cohésion de l'appareil (**fig. 77**). Son mortier conserve des césures incurvées qui révèlent qu'un temps d'arrêt a été respecté dans le montage des fenêtres. Il est probable que les maçons aient pris soin d'attendre le durcissement du mortier et la résilience des lancettes avant de se lancer dans la pose des roses. On n'a pas repéré dans cette structure de fixation métallique, mais il est probable que les tronçons des meneaux, relativement étroit, aient été renforcés par des goujons métalliques pris dans des gangues de plomb. L'importance du métal dans le montage des roses ne fait en revanche pas de doute. Le plomb est visible au niveau des joints en coupe, comme de douelle⁹⁵ (**fig. 78**). Il a été coulé en fusion entre les pierres et s'est figé en refroidissant contre des dispositifs provisoires installés pour sa mise en œuvre. Il conserve par conséquent en négatif les empreintes de ces aménagements. Les éclats de pierre et des coins de chêne pris dans le plomb suggèrent qu'avant toute coulée, les dalles des roses ont été calées en épargnant les joints à remplir de plomb (**fig. 79**). Il va de soi que le montage s'est fait en plusieurs étapes. L'une d'elle se déduit des fragments de terre rouge pris dans le plomb. Il s'agit d'un mortier d'argile utilisé pour obstruer les interstices entre les dalles et contenir ainsi le plomb liquide. Ce dispositif a laissé des empreintes légèrement en creux. Le mortier d'argile a également servi à réaliser des nids d'hirondelle pour assurer, à la manière d'un entonnoir, l'écoulement du plomb liquide dans les creux (**fig. 80**). On arrive à lire sur le plomb les couches stratigraphiques correspondant au nombre de coulées réalisées pour combler les interstices (**fig. 81**). Par exemple, on compte sur la rose sud de la travée 3, cinq versements successifs pour remplir un joint de douelle sur 1 m. Le plomb a également largement servi à colmater les cavités naturelles de la pierre de Berchères. Les volumes remplis peuvent être très importants, jusqu'à deux à trois dizaines de cm³. D'après les négatifs, les coffrages réalisés pour ce type d'opération étaient en bois (**fig. 82**). On identifie ici aussi à partir des lignes horizontales qui barrent les scellements le nombre de coulées réalisées (**fig. 83**). Ces superpositions concernent surtout les coffrages dont l'accès était des plus exigü, imposant une répétition des gestes, laissant le temps au plomb liquide de durcir. Ce mode de scellement a également servi à la fixation d'agrafes. Celles-ci ne concernent pas la fixation des dalles. Il s'agit en réalité de réparations des extrémités relativement fragiles des lobes. Les cavités naturelles présentes dans la pierre de Berchères ont visiblement constitué des points de rupture propices à des cassures. Ces désordres concernent les roses de trois travées (T4N ; 6N ; 8S), l'enduit en masque peut-être davantage. D'ailleurs, leur relation stratigraphique avec l'enduit (UE1) (**fig. 84**) prouve que ces réparations sont survenues pendant la manipulation des dalles lors du chantier du XIII^e siècle. La forme légèrement bombée du plomb autour des agrafes révèle que celui-ci a été coulé à plat. La remise en état des dalles a donc eu lieu avant leur mise en place, sans doute depuis l'échafaudage.

4.5.3 Les arcs formerets et la mise en place des fenêtres

Les arcs formerets assurent une transition entre les fenêtres et les quartiers transversaux des voûtes. Ils sont installés sur les deux chapiteaux qui encadrent les roses et qui appartiennent, on l'a vu, à un dispositif d'attente installé lors de la construction des deux murs gouttereaux (*cf. 4.4. La mise en œuvre des voûtes*). Dans chaque travée, la rose et l'arc formeret ne sont pas directement en appui l'un sur l'autre. La jonction est assurée par des voussoirs chanfreinés et une charge de mortier. Cette dernière est relativement mince lorsque le diamètre de la rose et de son chanfrein coïncide au plus près à la largeur des

95. Le plomb a été largement employé dans entre les joints des roses du haut-chœur également : VIRET (J.) 2103, p. 31.

travées. C'est le cas des petites travées (T3, 4 et 9) (**fig. 85**). Dans les travées les plus larges, on observe le contraire. L'écart entre les arcs est si important (env. 30 cm de haut) que les maçons ont dû combler les vides avec des moellons. Pour cette opération, ils ont employé des blocs de craie tendre taillés avec des pans courbes et colmaté le tout avec une charge importante de mortier et des cailloux de craie (**fig. 16**). Ce type de maçonnerie est caractéristique d'un travail en sous-œuvre. Il révèle donc que les roses et, par conséquence, l'ensemble des fenêtres ont été installées alors que les arcs formerets étaient déjà en place. D'autres indices convergent dans ce sens et confirment cette chronologie de chantier. On a pu ainsi constater, depuis les échafaudages dressés sur les extérieurs⁹⁶, que les arcs formerets occupent toute l'épaisseur des murs. Ce sont donc des arcs puissants, capables de recevoir une partie du voûtement. On l'a vu, les maçons ont fait porter dessus les cintres des quartiers transversaux des voûtes. De cette façon, les arcs formerets libèrent complètement les fenêtres de la moindre charge. Dans le cas contraire, les moellons de craie tendre coincés entre les arcs n'auraient pas pu résister à la compression. Ils n'ont servi qu'à combler l'interstice entre les arcs et n'ont aucun rôle porteur. Les tassements se seraient répercutés sur les fenêtres et leurs verrières. Le parement extérieur conserve d'autres preuves. Ainsi, les césures harpées qui encadrent les roses assurent que ces dernières ont été placées après coup entre les murs laissés en attente (**fig. 86 et 87**). Le même type d'aménagement s'observe depuis l'intérieur travée 8, par exemple (**fig. 88**). On en conclue donc que dans un premier temps les murs ont été érigés avec des baies libres en attente de leur remplage. La logique veut que les fenêtres n'aient été achevées qu'une fois le voûtement réalisé. En effet, pour bâtir les voûtes sur les arcs formerets, cela impose que ces derniers soient soutenus par leurs propres cintres qui occupaient toute leur embrasure. Le principe de répartition des charges exige, en effet, de conserver les soutiens sous les arcs qui vont devoir eux-mêmes supporter les cintres des voûtes. Ces structures provisoires en bois impliquent donc nécessairement que les fenêtres ne soient pas encore pourvues de leur réseau pour être étayées. Dans chaque travée, l'installation du meneau, puis de la rose, entre les extrémités harpées des murs doit donc être envisagé comme un travail après gros-œuvre. Cette opération s'est déroulée depuis un échafaudage dont les boudins autour des roses ont été spécifiquement ancrés en biais selon de départ des branches d'ogives (*cf. 4.2. L'échafaudage à partir de ces traces*). On peut envisager que c'est également au cours de cette opération qu'ont été achevées les colonnettes qui encadrent les fenêtres. L'achèvement des colonnettes a consisté à insérer les fûts entre les bagues et les chapiteaux laissés en attente (**fig. 43b**). Les planches retrouvées à l'arrière des colonnettes et prises sous l'enduit (UE1) ont manifestement servi à caler les fûts lors de ce montage (**fig. 89**). C'est d'une certaine manière le même scénario que celui que nous avons décrit à propos des faisceaux de colonnes d'où partent les branches d'ogives (*cf. 4.3. Les faisceaux de colonnes*).

4.6 Les percements des voûtes

De nombreux percements apparaissent à l'intrados des voûtes du vaisseau central (**fig. 90**). Ces aménagements ont tous été inspectés, mais on s'est rapidement aperçu qu'ils délivraient très peu de renseignements antérieurs au XIX^e siècle. En effet, après l'incendie de la charpente le 4 juin 1836, les travaux de rénovation du comble ont entraîné une reprise complète de cet espace. Ils ont notamment consisté en l'aménagement de système d'évacuation des eaux de pluie et à étanchéifier l'extrados de la voûte avec du béton et du mortier⁹⁷, afin de protéger l'ensemble en attendant l'achèvement de la nouvelle charpente préfabriquée en fonte. La reprise de ces percements a également été menée depuis l'intrados des voûtes. Depuis cette face, les ouvertures des trous ont été systématiquement reprises lors des travaux post-incen-

96. En accompagnement des travaux sur le vaisseau central des échafaudages ont été dressés sur les extérieurs pour intervenir sur les vitraux et faire des reprises de jointolement et de mortier.

97. TIMBERT (A.) 2014, pp. 179-187.

die. Elles ont aussi perdu toutes traces de leur dispositif d'origine lors de la rénovation complète, dans les années 1960, de l'enduit (UE4) des voûtes des travées 6 à 9. L'ensemble de ces travaux survenus après l'incendie parasite la lecture archéologique de ces percements au point qu'il est quasiment impossible, vu l'exiguïté des conduits, de reconnaître des aménagements médiévaux. On a donc procédé par élimination pour ne garder que les dispositifs les plus instructifs. Les percements récents et ceux situés dans les travées rendues ont ainsi été délaissés pour aborder, à partir des travées 3 à 4, quelques données sur le XIX^e siècle avant d'en venir aux indices archéologiques les plus significatifs.

4.6.1 Dispositif général et les reprises du XIX^e s.

Les trente-deux percements répertoriés dans les travées 3 à 5 se trouvent systématiquement dans les quartiers transversaux (**fig. 91**). Dans ces espaces, leur nombre varie de quatre à huit selon les travées. Malgré cette répartition inégale, on trouve systématiquement trois percements au droit des arcs formerets et un au centre du quartier. Ceux qui se trouvent dans la ligne de faîtes traversent la voûte verticalement tandis que ceux sur les côtés, où la voûte est la plus épaisse, disposent d'un fourreau en biais, avec parfois des coudes. Les autres se situent plus près des clefs et passent au travers de la maçonnerie, selon les deux mêmes orientations. Les trous ont des ouvertures d'un diamètre d'environ 10 cm (± 2 cm). Les fourreaux mesurent au faîte, entre 40 et 55 cm de long, et entre 70 cm et 80 cm pour ceux disposés en biais ou en coude⁹⁸. Les observations démontrent que leur parement a systématiquement été recouvert d'un mortier de ciment parfaitement lissé (**fig. 92**). Cette disposition appartient à un négatif de coffrage cylindrique destinée à retenir le mortier appliqué sur l'extrados de la voûte. L'opération s'est déroulée depuis l'extrados de la voûte. De ce poste de travail, un béton relativement liquide a été versé. Le coffrage a été retiré avant la prise définitive du mortier pour en dégager le passage et réaliser les fourreaux. Depuis le comble, les ouvertures sont fermées par des bouchons en bois (cf. *annexe 8 : Étude des percements de la voûte*, par Bénédicte Palazzo-Bertholon et Jean-Christophe Valière). Au niveau de l'intrados, elles ont été méthodiquement rejointoyées à l'aide d'un enduit associé aux travaux menés après l'incendie (UE14) (**fig. 91 et 92**). Cet enduit de rénovation remonte légèrement dans les fourreaux où il a été appliqué avec un outil étroit, type langue de chat. Il s'observe aussi plus largement pour venir compléter le décor de faux appareil du XIII^e siècle autour des trous (UE1). On peut supposer que l'enduit peint s'était détaché ponctuellement de la voûte à cause des infiltrations d'eau par l'absence de couverture. Malgré le soin pris à reprendre ces percements de la voûte, le béton coulé au XIX^e siècle n'est pas toujours descendu sur toute la hauteur des fourreaux laissant ainsi sur quelques centimètres carrés l'appareil des quartiers de voûte visible.

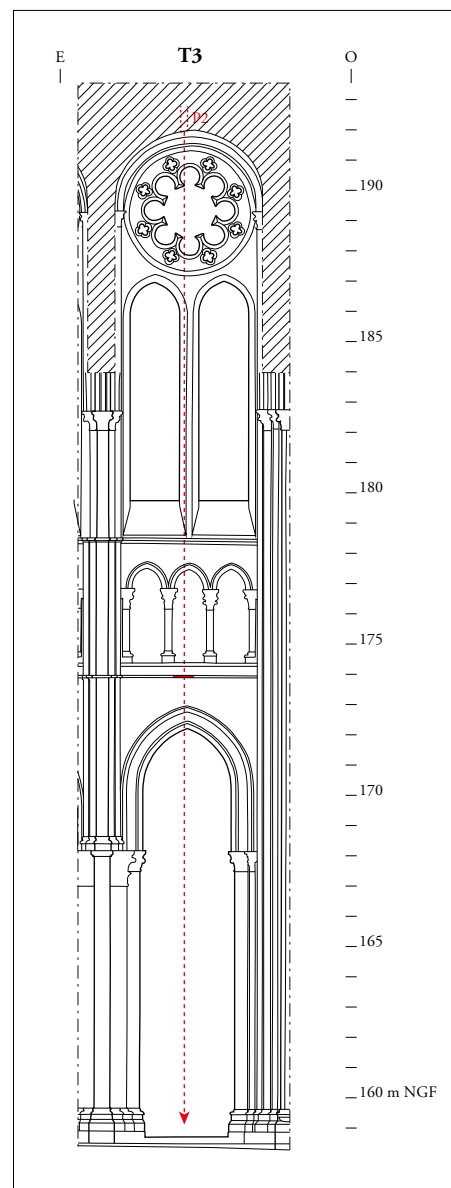
4.6.2 La piste médiévale

Les fourreaux de trois percements des travées 3 et 4 (P2, 8 et 15) laissent deviner, entre les coulées de béton, la maçonnerie des voûtes (**fig. 90**). On mesure à l'ouverture des trous une épaisse couche de mortier (3 cm) (**fig. 93**). Cette charge appartient à la maçonnerie de construction disposée entre les voussoirs. Elle pose question, car généralement l'appareil des voûtes affleure directement sous l'enduit de finition (UE1). Il semble donc légitime de se demander si cet amoncellement de mortier n'a pas été provoqué par l'intermédiaire des fourreaux ménagés dans les voûtes. Ces derniers auraient ainsi laissé passer, lors de la construction des voûtes, des bavures de mortier qui se seraient accumulées sur les couchis. Les trois percements (P2, 8 et 15) seraient donc d'origine. Les traces d'usures des blocs de craie, situés au-dessus des 3 cm de mortier, fournissent des indices complémentaires. Elles forment une série de cannelures provoquées par le passage répété d'une corde (**fig. 94**). On peut ainsi raisonnablement envisager que ces

98. Les trous de 2 cm percés après les restaurations du comble ne sont pas pris en compte.

trois percements sont antérieurs aux restaurations du XIX^e siècle. Ils ont pu servir à suspendre du mobilier liturgique, des lustres, des dais, des systèmes de nacelle pour l'entretien de l'édifice ou à sa construction. Dans son rapport de 2013 sur le haut-chœur, Jérémie Viret a déjà évoqué différentes pistes qu'il a notamment étayées avec des sources historiques liées aux travaux et au mobilier de la cathédrale⁹⁹. Il n'est donc pas utile de redonner ces éléments d'autant que l'utilisation de ces percements a probablement été multiple au cours des siècles. En revanche, le percement 2, situé dans le quartier de voûte sud de la travée 3, au droit de la fenêtre, mérite qu'on s'y arrête davantage en regard d'autres indices archéologiques. En effet, l'observation de l'élévation de cette travée a mis en évidence d'autres traces d'usure également liées à des frottements de cordes (**fig. 95a et b**). Elles se trouvent exactement à l'aplomb du percement du quartier de voûte (Q_4). Elles coupent verticalement, de manière répétée, le cordon mouluré qui règne sous le mur bahut du triforium. Elles mesurent entre 3 et 6 cm de haut, par 1 à 2 cm de large, et 1,5 à 2 cm de profondeur. Plus de la moitié de ces traces d'usure se trouvent dans une réparation du cordon mouluré appartenant aux réfections du XIX^e siècle. L'autre moitié des traces coupent la pierre de Berchères, un calcaire particulièrement dur et résistant à l'usure. Dans ce cas de figure, on peut supposer que l'utilisation du percement (P2) est relativement ancienne et probablement d'origine. La projection en plan du percement à la hauteur du triforium indique que ce dernier ne se situe qu'à environ 30 cm du cordon mouluré. À partir de là, on peut se demander comment la corde a pu frotter la pierre. Il semble que ces traces d'usure, tant au niveau du percement que du cordon mouluré, soient à mettre en lien avec des travaux (**ill. 10**). Dans le cas d'un chantier, on peut envisager que le balancement de la corde retenue depuis le comble serait venu se répercuter contre le cordon mouluré et ainsi l'user. On peut aussi supposer qu'un ouvrier à la manœuvre, depuis le triforium, aurait tiré la corde pour guider ou récupérer les matériaux levés depuis le comble à l'aide d'un engin de chantier. La répétition du geste aurait provoqué le creusement progressif de la pierre. Les trous laissés dans les voûtes ont pu servir à de multiples travaux, approvisionnement, dépose des cintres de la voûte ou encore entretien de l'édifice. Dans ce dernier usage, le ou les percements pouvaient servir à suspendre une nacelle le long des vitraux pour en assurer l'entretien¹⁰⁰.

ill. 10 : Travée 3 sud, restitution de l'emplacement d'une corde. éch. : 1/250.



99. VIRET (J.) 2103, p. 185-186.

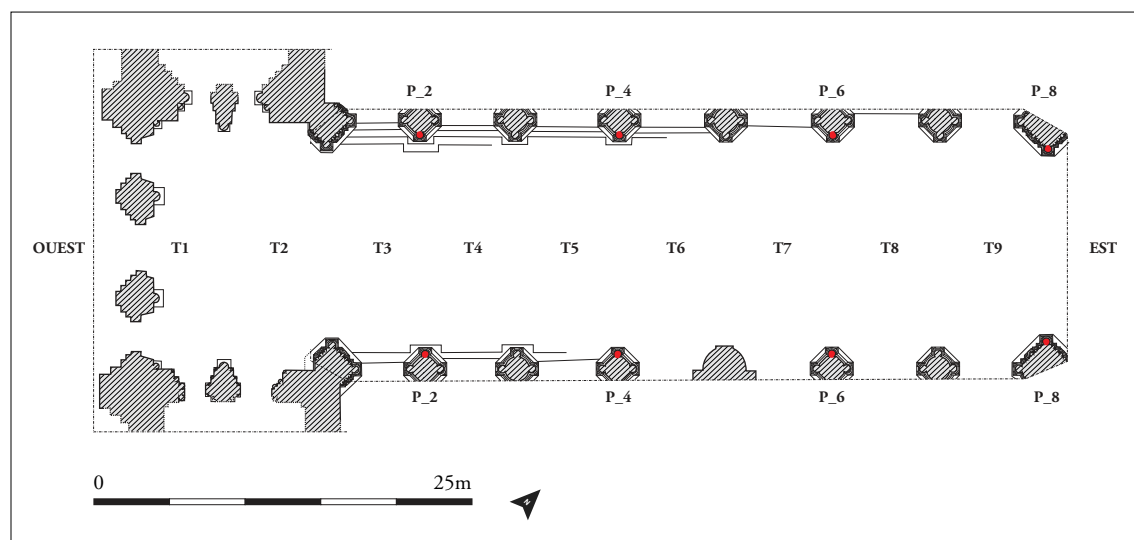
100. Consulter à ce sujet les dispositifs dédiés à l'entretien des grands édifices de Nicola Zabaglia (1664-1750) qui fût maître maçon de la fabrique de Saint-Pierre de Rome et inventeur de nombreux dispositifs ingénieux pour la restauration de la basilique. : ZABAGLIA (N.) 1743. *Castelli e Ponti di maestro Nicola Zabaglia*, Rome, Pagliarini, 1743.

4.7 Les apôtres d'argent d'après leurs traces - Camille Collomb

Aucune statue ne se dresse, aujourd'hui, dans le vaisseau central de la cathédrale. Cependant, les désordres observés sur les piliers des grandes arcades ont été identifiés comme des vestiges ayant appartenu à des œuvres sculptées dont les sources anciennes, tant iconographiques qu'écrites, font mention. En effet, nous disposons pour les périodes modernes et contemporaines de gravures et de descriptions, qui attestent que de grandes statues se dressaient contre les colonnes engagées des piliers de la nef et du chœur¹⁰¹. Il conviendra de se demander si les traces archéologiques identifiées peuvent être rapprochées des statues connues par les sources, à quelle période elles appartiennent et si l'on peut en préciser la chronologie grâce au croisement des différentes sources.

4.7.1 Les données archéologiques

Qu'ils soient circulaires, flanqués de colonnes octogonales, ou octogonaux, flanqués de colonnes rondes, les piliers du vaisseau central présentent une maçonnerie homogène. Ils ont été réalisés à partir de blocs de calcaire de Berchères disposés selon des assises régulières. Les traces d'outils identifiées sur les pierres indiquent que celles-ci ont surtout été dressées au taillant droit et plus sporadiquement au marteau brettelé. Entre les assises, un mortier beige, teinté d'oxyde de fer¹⁰², a été soigneusement beurré à la surface des blocs. Dans cette régularité apparente, l'étude a mis en évidence des désordres au niveau des colonnes circulaires qui flanquent les piliers octogonaux (**ill. 11 et 12**). Ces désordres se trouvent tous à environ 5 m du sol et se font face de part et d'autre du vaisseau central (P_2, 4, 6)¹⁰³ (**tab. 6**). Ils concernent un ou plusieurs tambours formant les colonnes. Ils s'étendent ainsi de 40 à 61 cm de haut, ou davantage, comme au niveau du pilier P_6 nord où la perturbation atteint 134 cm (**tab. 7**). À ces emplacements, les colonnes montrent un renflement (balèvre) de quelques millimètres par rapport aux autres tambours (**fig. 96**). La dépose de l'enduit récent a permis de montrer que ces tambours n'ont pas été taillés dans de la pierre de Berchères, mais qu'ils ont été réalisés dans une pierre plus tendre, probablement un calcaire Lutétien (**Fig. 97 et 98**). Ils sont liés par un



ill. 11 : Plan au sol du vaisseau central - éch. : 1/500.
Localisation des piles concernées par les perturbations (en rouge).

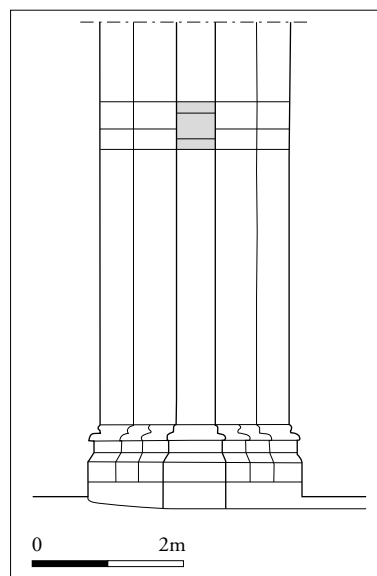
101. Nous remercions vivement Claudine Lautier d'avoir partagé avec nous ses connaissances historiques sur ce sujet.

102. Cf. Annexe 6. Ce mortier est donc très semblable à celui de l'UE 1 au niveau des piliers.

103. Les aléas du déroulement du chantier ne nous ont pas permis de recueillir d'information sur le pilier 8 sud.

mortier blanc, de texture grossière¹⁰⁴ qui diffère complètement du mortier du XIII^e siècle. Le recoupement de ces différents indices prouve que plusieurs tambours des colonnes des piliers octogonaux ont été changés. Un ensemble de traces d'outil est associé à cette reprise. Les faces latérales de ces colonnes ont été entaillées au pic pour dégager une surface plane, profonde d'environ 5 cm. Leur surface arrondie porte également des traces de gradine et des impacts de taillants droits croisés. À leur seule observation, l'interprétation de ces traces demeure difficile. Toutefois, leur rapprochement avec d'autres types de sources apporte quelques éclaircissements.

ill. 12 : Pile P_4 entre les travées 5 et 6 sud, détail de la perturbation des assises du pilier éch. : 1/100.



4.7.2 Les sources iconographiques et écrites

Les traces archéologiques relevées sur les colonnes des piliers peuvent être mises en regard avec plusieurs sources iconographiques et historiques. Sur la gravure de Nicolas de Larmessin datée de 1697, dite *Le triomphe de la sainte Vierge dans l'église de Chartres*, figure le pilier nord de la croisée du transept orné d'une statue surplombant le vaisseau central (**Fig. 99**)¹⁰⁵. La gravure de J.B. Rigaud, datée du milieu du XVIII^e siècle, est encore plus éloquente. Dans cette vue du vaisseau central, on distingue, en vis à vis et réparties un pilier sur deux, de grands personnages abrités sous des dais sculptés (**Fig. 100**)¹⁰⁶. Ces sources iconographiques peuvent être rapprochées de sources écrites. La plus ancienne mention de ces sculptures date de la seconde moitié du XVII^e siècle. Dans un manuscrit, Charles Challine (1596-1678), avocat à Chartres, écrit que « sur les piliers du chœur et de la nef, de deux en deux, se trouvent de grandes figures représentant les douze apôtres qui tiennent chacun sur l'une de leur main des croix pour marque de la dédicace de cette église¹⁰⁷ ». Le manuscrit, publié en 1918, a été transcrit par l'arrière-neveu de l'auteur, Roger Durand. D'après une note de ce dernier, les statues auraient été déposées en 1763 lors de la destruction du jubé. Pourtant, l'archéologue et grand sonneur de Paris, Antoine-Pierre-Marie Gilbert, a écrit en 1824 que les statues n'auraient été déposées qu'à l'Époque révolutionnaire¹⁰⁸.

Ces sources tant iconographiques qu'historiques témoignent donc de la présence de sculptures contre les piliers du vaisseau central au XVII^e siècle, au plus tard en 1678¹⁰⁹. Nous savons également, grâce aux écrits d'Antoine-Pierre-Marie Gilbert, que les statues n'existaient plus en 1824. Les tambours qui ont été changés et qui portent les traces d'outils appartiennent probablement à ces statues d'apôtres, notamment aux socles les ayant soutenus. Ces derniers auraient été bûchés après la dépose des statues. Sur les

104. Ce mortier de chaux se compose de sables et petits graviers au faciès anguleux et multicolores, et il comporte des inclusions charbonneuses.

105. Gravure publiée par Jean Mallion, *Le jubé de la cathédrale*, Chartres, 1964, p.58.

106. Une autre gravure représente ces sculptures dans les travées orientales de la nef. Sa datation est méconnue, mais la disposition des statues sur les piliers correspond tout à fait à l'organisation montrée par N. de Larmessin et J.B. Rigaud. Elle est publiée en 1937 par Maurice Jusselin pour l'un de ses articles, d'où elle est extraite par Jean Mallion, qui la publie à son tour en 1964 (J. Mallion, *Le jubé de la cathédrale*, Chartres, 1964, p.59).

107. CHALLINE (Ch.), *Recherches sur Chartres*, Chartres : Société archéologique d'Eure-et-Loir, 1918. p. 133.

108. GILBERT (A.P.M.) 1824, p. 59 : « Ces piliers étoient autrefois décorés des statues des douze apôtres qui avoient huit pieds de proportion : elles ont été détruites pendant la Révolution ».

109. Cette année correspond au décès de Ch. Challine, qui a vu les statues en place et qui les a décrites.

douze apôtres, huit se trouvaient dans le vaisseau central. Nous pouvons raisonnablement supposer que les quatre autres se trouvaient dans le chœur, probablement à la croisée du transept et entre les deux premières travées. On note également la présence, pour les piliers P_2 nord et sud et P_4 nord, de crochets en fer situés entre 47 et 73 cm sous la perturbation¹¹⁰. Ces éléments métalliques sont peut-être à mettre en lien avec les tambours changés et les sculptures. Il pourrait s'agir de fixations complémentaires. L'étude des enduits peints en place au niveau des perturbations permet d'en préciser la chronologie.

4.7.3. Essai de datation

Les vestiges d'enduits peints au niveau des perturbations constituent des indices quant à la date d'installation de ces aménagements, et quant à leur déposition (cf. 5. *Les décors peints*). En effet, le premier décor de grand-appareil (UE1) n'apparaît jamais sur les blocs concernés par le remaniement¹¹¹ et le second décor de même type (UE2) en est également absent. Ce dernier a été appliqué avant l'année 1340, cette date constitue donc un *terminus post quem* quant à l'installation des statues des apôtres. On sait également que les statues ont été installées avant le milieu du XVII^e siècle, puisque Charles Challine les a vues en place sur les piliers. Cela donne donc, pour la mise en place des statues, une fourchette chronologique comprise entre le milieu du XIV^e et le milieu du XVII^e siècle.

Également, plusieurs badigeons ou couches picturales recouvrent les zones bûchées des tambours modifiés. Il s'agit du décor UE13, mis en évidence sur les piliers occidentaux (P_2) (cf. *annexe 4.3*), du badigeon beige-jaune UE7 et du badigeon beige-rose UE3 reconnu sur les autres piliers du vaisseau central. Tous caractérisent le programme décoratif qui fut développé dans la cathédrale au XIX^e siècle. Ainsi, les enduits en place attestent du fait que les statues ont été déposées au tournant du XIX^e siècle, avant l'application de ces trois décors. Les données historiographiques vont dans le sens de cette datation, sans qu'elle puisse, néanmoins, être précisée. En effet, le transcripteur de Ch. Challine suggère le fait que les statues aient été démontées lors de la destruction du jubé de la cathédrale en 1763. En 1824, Antoine-Pierre-Marie Gilbert affirme, quant à lui, que la disparition des statues relève des destructions révolutionnaires. On ne sait donc pas si les statues des douze apôtres, connues aujourd'hui sous l'appellation « d'Apôtres d'argent », ont été déposées avant la Révolution, ou au cours des destructions ayant accompagné celle-ci.

tab. 6. *Altitudes inférieures des perturbations. /non renseigné.*

Pilier	Altitudes (m NGF)	
	Sud	Nord
2	163,58	163,41
4	163,45	163,33
6	/	> 163,22
8	163,77	163,69

tab. 7. *Dimensions des reprises sur les colonnes engagées. /non renseigné.*

Pilier	Hauteur des reprises	
	Sud	Nord
2	57 cm	57 cm
4	61 cm	40 cm
6	/	137 cm
8	/	/

110. Notons sur le pilier P_4 nord une perturbation située 40 cm sous le bloc bûché. Il s'agit d'un bouchage de 23 cm de haut par 15 cm de large, pouvant correspondre à l'arrachement d'un crochet.

111. Notons toutefois la présence de vestiges de l'UE1 sur le bloc supérieur de la perturbation entre les travées 5 et 6 sud : il s'agit sans aucun doute d'un rempli.



5 - LES DÉCORS PEINTS - CAMILLE COLLOMB

L'étude des décors peints du vaisseau central concerne les travées 3 à 9. Le massif occidental (T1 et 2) ne fait pas partie du projet, car il a déjà fait l'objet d'une restauration et de recherches en 2012¹¹⁵. Avant notre étude, les enduits du vaisseau central ont suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs. En 1989, Jürgen Michler publie les résultats de ses observations sur les revêtements intérieurs de l'édifice¹¹⁶. Il identifie sur les murs un enduit, qu'il qualifie de « premier », et décrit comme étant constitué d'un « fin mortier calcaire, tendre, crayeux, qui a en moyenne 3-5 mm d'épaisseur. [...] Un badigeon ocre jaune soutenu est venu recouvrir ce premier enduit. [...] Le badigeon original n'a pas été appliqué sur les profils et les fûts de l'architecture, qui ressortent en blanc ; mais il est difficile de discerner, au premier coup d'œil – sans examen précis – s'il s'agit du blanc du fond (ce qui paraît vraisemblable) ou d'un badigeon blanc. En tout cas, dans les parties ocre, on a peint à la couleur blanche un réseau de faux-joints ». Jürgen Michler propose une restitution de ce décor sur deux travées de la nef. Il observe aussi une restauration ponctuelle des murs de la cathédrale, elle daterait selon lui du Moyen Âge. Puis, il identifie sur le mur de fond du triforium une « réfection presque à l'identique, bien que plus schématique et plus grossière » de ce qu'il qualifie de « décor original ». D'après lui, cette couche serait « postérieure au Moyen-Âge ». L'auteur propose de la mettre en relation avec « l'enduit imitant le marbre [...] dont on a recouvert, sans doute à la fin du XVIII^e siècle, les colonnettes du triforium de la nef ». Quelques années plus tard, en 1994, Brice Moulinier rédige un rapport d'étude concernant les

115. BOISSARD (E.) dans MARTIN (P.) 2013, pp. 54-70.

116. MICHLER (J.) 1989.

Glossaire des termes techniques relatifs aux enduits¹¹²

Enduit : revêtement composé d'une ou plusieurs couches d'un matériau plastique (mortier, badigeon, couche picturale...), destiné à protéger la structure qu'il recouvre et/ou à lui donner un décor.

Mortier : mélange d'une charge (granulat et inclusions), d'un liant (chaux, gypse, argile, ciment...) et d'eau.

Badigeon : préparation mince à base d'un liant (chaux, gypse, argile...) et d'eau, pouvant être coloré par l'adjonction de pigments.

Polychromie : Procédé qui consiste à appliquer des couleurs variées sur un monument, un meuble, une sculpture, ou à utiliser des matériaux diversement colorés pour son exécution¹¹³. La polychromie est composée d'une ou de plusieurs couches picturales.

Couche picturale : couche de surface et de décor composée d'une ou plusieurs application(s) d'un matériau colorant (pigment, laque ou colorant) mêlé à un liant (eau, lait de chaux, colle animale...). Cette couche peut être appliquée sur une couche de préparation spécifique (*intonaco*, badigeon...) ou directement sur le support à orner (enduit antérieur, pierre, roche...).

Pontate¹¹⁴ : Large plage d'enduit correspondant à un niveau d'échafaudage et laissant des joints horizontaux généralement apparents. La surface de la *pontata* est limitée par l'accès au mur depuis le niveau de l'échafaudage. L'enduit s'applique de haut en bas.

112. Sauf mention contraire : BOISSARD (E.) dans MARTIN (P.) 2013, p. 56.

113. JOSSIER (S.) 1881, p.268.

114. *EwaGlos, European glossary of conservation terms for wall paintings and architectural surfaces*, Michael Imhof Verlag : Petersberg, 2015, p. 74.

décors intérieurs de la cathédrale¹¹⁷. Dans la nef, la première couche qu'il observe est un « décor primitif à fond d'enduit de sable et de chaux beige couvert de son réseau de faux-joints blancs appliqué sur l'enduit frais après légère incision du tracé ». En cela il confirme l'analyse réalisée par Jürgen Michler depuis le sol. Il mentionne ensuite, immédiatement sur cette couche, la présence d'un « repeint ancien à fond beige rosé sur les parements, blanc sur les nervures et jaune aux voûtes avec le principe de faux-joints qui ne suit pas toujours fidèlement le réseau de faux joints du décor primitif ». Cette couche peut être mise en relation avec le revêtement que son prédécesseur attribue à des restaurations de la fin du Moyen Âge. Enfin, Brice Moulinier observe un « repeint du 19^e (présent essentiellement au bas-côté) avec son réseau de faux joints bruns-rouge ». Il remarque aussi la présence de polychromie sur « les fûts des colonnettes du triforium et à la base du pilier cantonné », qu'il situe stratigraphiquement « entre le repeint du 19^e et le repeint ancien »¹¹⁸. L'accès aux clefs de voûte du déambulatoire et des bas-côtés lui permet de remarquer aussi la présence, sur ces supports, de polychromie de la fin du XIX^e siècle¹¹⁹. Il n'a en revanche pas pu mener d'observation sur les clefs du vaisseau central.

Les échafaudages montés pour la restauration du vaisseau central offrent l'occasion d'observer les différents revêtements des murs. Ils donnent un accès immédiat à la stratigraphie des enduits et des badigeons successivement appliqués sur les parements. L'étude a ainsi mis en évidence un revêtement antérieur au décor de faux-appareil blanc considéré jusqu'à présent comme le « premier enduit ». Les spécificités de ce dernier occupent une part importante dans le présent rapport. Son étude sur l'ensemble du vaisseau central a permis d'établir une progression du chantier de revêtement du XIII^e siècle. Ces questions de phasage ont été étayées par la mise en évidence de *pontates** et par les trous de boulin identifiés sur les élévations. Puis, on s'attachera à analyser le deuxième décor de faux-appareil, qui est à mettre en relation avec celui observé par Jürgen Michler et puis par Brice Moulinier. Notre attention portera également sur la polychromie des colonnettes et des clefs de voûte dont le premier décor appartient au Moyen Âge.

5.1 Les différentes unités enduites identifiées

Dans le cadre de cette étude, la notion d'Unité d'Enduit (UE) individualise les strates identifiées. Chaque UE porte un numéro de 1 à *n*, attribué en fonction de l'ordre de découverte lors de la phase de terrain.

Les enduits peints – L'état de conservation des revêtements muraux varie en fonction de trois éléments : la composition des couches et leur traitement de surface, mais également leur localisation dans l'édifice. À cet égard, nous avons constaté que les appuis des lancettes du clair-étage n'ont conservé que de rares vestiges d'enduits à cause des infiltrations d'humidité. De même, les parties basses du triforium et le bas des piliers ont été endommagés au fil du temps par des frottements dus aux nombreux passages humains.

Malgré ces lacunes, l'étude a permis de mettre en évidence la stratigraphie des différents revêtements conservés dans le vaisseau central (cf. *annexe 4.1*). Le présent rapport propose une analyse de chaque couche. Pour ce faire, nous nous reporterons toujours à la nomenclature suivante, déclinée tout d'abord en **quatre grandes phases** de revêtement :

- » La couche la plus ancienne, **UE5**, est reconnue presque exclusivement dans la galerie du triforium, au nord comme au sud. Il s'agit d'un mortier fin, soigneusement lissé.

117. MOULINIER (B.) 1994. Citations concernant ses observations sur la nef : p. 1.

118. *Idem*, p. 2.

119. *Idem*, p. 3.

- » Le premier décor de faux-joints, **UE1**, recouvre les maçonneries et la couche UE 5. Il est présent sur l'ensemble de l'élévation. Il se compose d'un mortier beige lissé, recouvert d'un décor tracé à l'aide d'un badigeon blanc.
- » Le deuxième décor de faux-joints, **UE2**, est constitué de la superposition de trois badigeons au maximum : un badigeon blanc, une couche colorée rose-orangé puis un décor de faux-joints blancs. Cet enduit apparaît sur l'ensemble des élévations.
- » Le troisième décor de faux-joints, **UE3**, se compose d'un badigeon beige-rose à beige-jaune recouvert d'un décor de faux-joints rouges. Il est présent sur toute la hauteur de l'élévation, et se rapporte à une vaste campagne de mise en couleur effectuée au XIX^e siècle¹²⁰.

En outre, des **travaux ponctuels** de mise en couleur ou de propreté des surfaces interviennent à différentes époques et ont laissé des traces que l'on peut observer sur toute la hauteur des élévations ou de manière plus localisée¹²¹ :

- » Nous avons constaté la présence d'un badigeon beige-jaune, **UE7**, appliqué entre la pose des enduits UE2 et UE3. Il se trouve sur certains éléments architecturaux comme les colonnes et les chapiteaux, sur l'ensemble de l'élévation.
- » Le badigeon **UE8** est postérieur à l'enduit UE2, car il est appliqué sur le décor de polychromie UE12 et UE13. De couleur gris pâle, il est observé ponctuellement en partie basse des piliers de la nef, en recouvrement des décors polychromes (UE13.1 et 13.2). Il s'agit sans doute d'un badigeon de propreté, dont la teinte grisâtre provient peut-être de la poussière de l'édifice ;
- » L'**UE6** est postérieure à l'UE3. Cette couche est très localisée sous la voûte et se caractérise par un décor de faux-joints rouges sur un mortier lissé blanc-rose.
- » L'**UE14** correspond à l'adoption d'un nouveau décor de faux-joints blancs tracés sur un mortier de chaux, observé dans les travées 3 à 5 ;
- » Au XX^e siècle, l'intrados des voûtes des travées 6 à 9 accueille un nouveau décor de faux-joints clair sur un fond plus foncé, l'**UE4** : cet enduit correspond aux restaurations de Babiloni Voisin.

Les décors polychromes – Ces ornements spécifiques concernent des éléments architecturaux (clefs de voûte, colonnettes du triforium, piliers). Nous avons choisi de les présenter dans un chapitre à la suite des enduits peints pour deux raisons. La première tient au fait que, malgré la lisibilité de la stratigraphie, la correspondance directe entre ces décors et certains revêtements est souvent difficile à établir. La seconde concerne la chronologie des couches picturales, car les pigments utilisés et l'iconographie induisent des problématiques spécifiques de datation des décors.

En ce qui concerne les **clefs de voûte** :

- » Une première couche de polychromie a été appliquée entre les UE1 et 2 (**UE9**).
- » Une seconde couche de polychromie a été appliquée après l'UE2 (**UE10**).

En ce qui concerne les **colonnettes du triforium** : l'**UE11** correspond à une première couche de polychromie dont l'application intervient entre celle des UE1 et 2.

120. MICHLER (J.) 1989, p. 119, (3) ; MOULINIER (B.) 1994, p. 17.

121. Il faut également noter la présence d'un badigeon noir très pulvérulent, appliqué au-dessus de l'UE3 au niveau des arcs du triforium des travées 7 à 9 nord. Il a également été observé en travée 7, sur le chapiteau de l'une des colonnettes du triforium.

En ce qui concerne les **piliers** du vaisseau central :

- » Les parties basses des piliers P_5 du côté nord et P_7 du côté sud accueillent un motif polychrome similaire (**UE12.1** et **12.2**). Il est postérieur à l'UE2.
- » Les premiers piliers du vaisseau central (P_1) accueillent un décor polychrome en symétrie (**UE13.1** et **13.2**). Ces motifs sont postérieurs à l'UE2.
- » Le pilier sud-ouest de la croisée du transept (P_8) a livré les vestiges très lacunaires de deux états de polychromie successifs (**UE15** et **16**).

Les enduits UE12 et 13 présentent un caractère distinct puisqu'ils se trouvent chacun sur deux piliers et présentent un décor spécifique. Les enduits du pilier de la croisée, UE15 et 16, sont en très mauvais état de conservation. Il est impossible de les replacer avec certitude dans la stratigraphie générale. Pour ces différentes raisons, ces quatre couches (UE12, 13, 15 et 16) ne s'intègrent pas aux problématiques des vestiges polychromes des colonnettes et des clefs de voûte. Ils sont en revanche placés dans l'**annexe 4.3** de ce rapport. En outre, des vestiges très lacunaires de polychromie ont été observés à plusieurs endroits sur les parties basses du vaisseau central. Là encore, leur très mauvais état de conservation ne permet pas de caractériser précisément ces couches et leur décor. De ce fait, elles n'ont pas reçu de numéro d'UE, mais sont décrites et replacées dans la stratigraphie générale dans l'annexe 4.3.

Chacune de ces Unités d'Enduit est décrite, analysée et replacée dans le contexte général de la cathédrale. Les quatre phases principales de revêtement de l'ensemble du vaisseau central (UE5, 1, 2 puis 3) sont tout d'abord présentées selon le phasage chronologique de leur application sur les parements, du plus ancien au plus récent. Les repeints et badigeons identifiés plus ponctuellement sur les murs (UE7, 6, 14 et 4) sont exposés ensuite. Dans une dernière partie sont abordés les décors polychromes sous leurs aspects techniques, iconographiques et chronologique.

5.2 Les campagnes de revêtement

5.2.1 Un enduit inachevé (UE5)

La plus ancienne couche d'enduit, désignée UE5, a été essentiellement localisée dans la galerie du triforium, au niveau de son mur de fond et sur ses dalles du couvrement (**fig. 101 et 102**). Côté nord, elle est également présente sur les chapiteaux et les fûts des colonnettes centrales de chaque travée. Côté sud, on l'observe seulement sur les chapiteaux des colonnettes. Elle apparaît ponctuellement au niveau des lancettes du clair-étage. Sa composition varie légèrement en fonction de sa position sur les murs, elle a donc reçu une numérotation spécifique permettant de la localiser (UE5.1 et 5.2). Au nord et au niveau des lancettes côté sud (T3 et 6), le mortier de chaux qui compose l'enduit UE5.1 se caractérise par sa finesse et sa dureté. De teinte blanc-gris, sa texture est limono-sableuse et sa porosité aérée¹²². Sa charge se compose essentiellement de grains de sable siliceux blanc et de quelques feldspaths¹²³ aux faciès anguleux. Il comporte quelques nodules de liant, et peu d'inclusions de rares nodules terreux (diamètre inférieur à 2 mm). Dans le triforium sud, le mortier de l'enduit UE5.2 est blanc, dur, sa texture est sablo-limoneuse et sa porosité compacte. Son granulats est constitué de grains de quartz subanguleux, dont la répartition est hétérogène. Ces deux mortiers sont très proches dans leur composition et extrêmement soignés dans leur élaboration : le granulats est bien trié, les inclusions sont rares, le liant

122. Elle est reconnaissable par de petits trous sphériques.

123. Le feldspath est un minéral appartenant à la famille des silicates et à la sous-famille des tectosilicates.

est de bonne qualité et bien mélangé. Ils ont été appliqués à la brosse ou au pinceau et présentent une surface parfaitement lisse. Leur différence de teinte et de granulométrie s'explique par le fait qu'ils sont situés sur deux murs qui se font face. L'approvisionnement en matériaux était donc sensiblement différent d'un côté et de l'autre, mais la technique employée est la même.

Sur ce premier enduit UE5, des graffitis ont été découverts sur le mur de fond du triforium nord. Ils se devinent au travers des lacunes ponctuelles de l'enduit orné d'un faux appareil UE1 (**fig. 103 et 104**). Dans les travées 7 et 8¹²⁴, les sondages montrent des figures réalisées avec des traits noirs (charbon de bois) de 2 à 4 mm d'épaisseur. Certaines zones sont illisibles, des frottements ayant brouillé les traits. Dans la travée 7, on reconnaît une tour surmontée d'une croix de grande dimension et un petit personnage incomplet, tracé schématiquement. Dans la travée 8, on reconnaît un cervidé (18 cm de haut sur 20 cm de long), représenté de manière géométrique. Cette représentation se superpose avec d'autres motifs partiellement dégagés : un deuxième animal plus gros et un troisième, dont on reconnaît le ventre et les quatre pattes.

La présence de cet enduit dans le triforium et les graffitis qui le recouvrent posent question. L'aspect parfaitement lissé de cette couche indique qu'un soin particulier est porté à sa réalisation. Il convient d'ailleurs de noter que la surface de l'enduit UE5 n'a pas été piquée lors de l'application du revêtement postérieur UE1. Cela indique que cet enduit été adapté à recevoir un revêtement de surface et qu'il n'a pas gêné l'application des couches postérieures. Notons que l'analyse stratigraphique et physico-chimique d'un prélèvement effectué dans l'UE5 (P10) corrobore cette affirmation. Effectivement, il révèle la présence d'une seconde couche, n'ayant pas été observée à l'œil nu, à la surface de cet enduit. Cette strate très fine¹²⁵ correspond sans doute à une réaction chimique entre les deux mortiers superposés, témoignant d'une adhérence entre eux¹²⁶. Ce transfert entre les deux mélanges nous invite à penser que le deuxième enduit (UE1) aurait été rapidement appliqué après la pose du premier (UE5), alors que celui-ci n'était pas complètement sec.

Une couche similaire à l'enduit UE5 a été reconnue dans le haut chœur¹²⁷. Elle a été interprétée comme une couche appliquée sur la maçonnerie dans le but d'en lisser les aspérités et donc de préparer le mur à la pose du décor. Sans exclure cette hypothèse, on souhaite aussi évoquer la possibilité que cet enduit soit le premier revêtement du vaisseau, en grande partie réalisable sans échafaudage, depuis le triforium. Ce projet aurait été abandonné au profit d'un programme ornemental, nécessitant l'utilisation de matériaux différents en vue de tracer un décor sur un mortier préalablement lissé. C'est cet enduit que nous proposons à présent de décrire, et d'analyser.

5.2.2 Enduire et orner d'un faux-appareil (UE1)

Le premier enduit décoré UE1 identifié sur les murs du vaisseau central correspond à un enduit de teinte beige clair, rehaussé d'un décor de faux-appareil tracé à l'aide d'un badigeon blanc. Il présente un bon état de conservation général, à l'exception de quelques zones, à savoir l'intrados de la voûte

124. Travée 7, la limite inférieure du sondage est localisée à environ 142 cm au-dessus du niveau de sol du triforium ; il se développe sur 46 cm de haut. En travée 8, le sondage se situe au droit de la colonne centrale du triforium, à 135 cm au-dessus du niveau de sol de la galerie.

125. Cette couche est composée de chaux et de grains de quartz et comportant des inclusions d'argile et de charbon. Annexe 5.3, P10, pp. 3-4.

126. Notons que ce prélèvement a été réalisé dans une zone où l'UE1 n'était pas conservée.

127. Il s'agit d'un mortier de teinte beige-rose comportant des grains de silex millimétriques : il est donc différent des mortiers des UE5.1 et 5.2. VIRET (J.) 2014, p. 78.

des travées 6 à 9, restaurées au XX^e siècle, les appuis des lancettes¹²⁸ et les bases des piliers. Dans la galerie du triforium, il a été appliqué sur le premier enduit UE5, et à même la maçonnerie sur le reste des élévations. On le retrouve en couche épaisse sur les chapiteaux. Leur sculpture se retrouve alors masquée et leurs détails en sont atténués (**fig. 105**). Il recouvre des désordres observés sur les éléments sculptés. Pour les chapiteaux, les crochets cassés ont soit été simplement recouverts de mortier (UE1), soit ils ont fait l'objet d'un remodelage (**fig. 106**). Une base (colonnes engagées entre les travées 7 et 8), fracturée lors de sa mise en œuvre, a été réparée à l'aide d'une résine¹²⁹. L'ensemble a été recouvert de l'enduit UE1 (**fig. 107**). Lorsqu'il est appliqué directement sur la maçonnerie, le mortier de l'enduit UE1 vient boucher les joints et les aspérités de la pierre de Berchères pour former une surface lisse. C'est cette particularité qui a permis sa conservation à l'extérieur de l'édifice. En effet, dans le cadre de notre étude, des vestiges du mortier de l'enduit UE1 ont été observés au niveau du clair-étage sur les parements extérieurs des murs gouttereaux sud et nord. Il est très ponctuellement conservé dans les aspérités des blocs du remplage de la rose, ainsi qu'à l'arrière des chapiteaux de retombée du formeret, notamment au niveau de la travée 7 sud. Des observations similaires ont par ailleurs été faites dans les parties orientales de l'édifice, lors de l'étude du haut-chœur¹³⁰.

» 5.2.2.1 Composition et stratigraphie : le phasage du chantier de revêtement

L'observation détaillée de l'enduit (UE1) permet de le subdiviser en trois sous-catégories, correspondant à des mortiers de composition différente. Cette caractérisation ne tient pas compte du décor de faux-appareil qui recouvre leur surface, réalisé à l'aide d'un même badigeon de chaux, sur toute la longueur du vaisseau central. Ces trois catégories de mortier correspondent à une surface murale bien circonscrites (**ill. 13 et 14**).

Le mortier principal du vaisseau central UE1.1 (fig. 108) – L'enduit UE1.1 est présent sur l'ensemble des surfaces étudiées. Il a été appliqué sur les parements des travées 6 à 9 du sol aux clefs de voûte ; sur les travées 3 à 5 du sol jusqu'aux taillloirs de retombée des voûtes (sauf sur le mur nord en travée 4 où il surmonte ces mêmes chapiteaux de 2,10 m) ; dans la galerie du triforium nord (à l'exception des blocs de couverture situés à l'arrière des faisceaux de colonnes des travées 4 à 7) ; dans la galerie du triforium sud des travées 4 à 9. Au niveau des lancettes et des roses, il a été apposé sur la totalité de l'embrasure (intérieure et extérieure). Le mortier qui compose cet enduit est de teinte beige, légèrement orangée, en raison de la présence d'argile comprenant des oxydes de fer¹³¹. Il est souple, de texture sablo-limoneuse et de porosité aérée. Le granulat se compose essentiellement de gros grains de quartz rouge, orange, blanc et translucide. On trouve quelques inclusions de fragments de bois pris dans le mortier. Le traitement de surface est plutôt homogène. On relève sur l'ensemble des élévations des traces de brosse ou de pinceau appliqués horizontalement, et parfois par mouvements circulaires. Dans les recoins, à l'arrière des colonnes par exemple, on note également des traces d'applications verticales, toujours à la brosse ou au pinceau. Plus ponctuellement, des empreintes de truelle sont identifiables sous la voûte et sur les arcs du triforium (**fig. 109**). Outre les traces d'outil, la surface de l'enduit laisse parfois voir une pellicule fine de chaux appartenant à une remontée de laitance à la surface du revêtement.

128. À ce niveau, les vestiges d'enduits en place présentent un aspect patiné en raison de la présence de calcite qui modifie leur aspect. C'est la stratigraphie qui, lorsqu'elle est conservée, permet d'identifier les différentes couches. Ainsi, sur la maçonnerie, une épaisseur de mortier beige assez fin et semblant teinté dans la masse peut être identifiée comme l'UE1. Il n'est pas possible, au vu de la pauvreté des vestiges, de proposer une restitution du décor à cet endroit.

129. Annexe 5.4, P134.

130. TIMBERT (A.) *et alii* 2014, pp. 373-382.

131. Annexe 5.3, P102, 107, 109, 111.

Le mortier de l'intrados des grandes arcades (UE1.2) (fig. 110) – L'enduit UE1.2 est présent à l'intrados des grandes arcades dans toutes les travées, et vient partiellement recouvrir le tore inférieur des arcs. En travée 3 nord, sa disposition est légèrement différente car il couvre toute la mouluration de l'arcade, de manière plus étendue en remontant sur le parement des grandes arcades¹³². Le mortier de chaux qui compose cette couche est beige pâle, dur, de texture limoneuse, et de porosité compacte. Sa charge se constitue de quartz translucide et il comprend des nodules de liant inférieurs à 3 mm. Il est lissé en surface et présente des traces de finition à la brosse ou au pinceau. L'analyse d'un prélèvement réalisé dans la travée 7 nord, au niveau des grandes arcades (P37), a révélé que le badigeon de chaux formant le décor a été appliqué alors que le mortier était encore frais¹³³.

Le mortier des voûtes et du clair-étage en travées 3, 4 et 5 (UE1.3) (fig. 111) – L'enduit UE1.3 est présent exclusivement dans les travées 3, 4 et 5. Il recouvre l'intrados des voûtes et les parties hautes du clair-étage jusqu'aux chapiteaux de retombée des voûtains, ainsi que l'intégralité du mur de fond du triforium sud de la travée 3 et partiellement celui de la travée 4¹³⁴. Il est composé d'un mortier de chaux beige légèrement orangé, friable, de texture sablo-limoneuse et de porosité compacte. Le granulats se compose de sable siliceux, apparaissant translucide ou orange. Il présente également de nombreux nodules de chaux inférieurs à 2 mm.

La comparaison de ces trois mortiers appartenant à l'UE1 met en évidence des similitudes entre ces deux sous catégories que sont les UE1.1 et 1.3, réservées aux parements du vaisseau central. De fait, elle isole l'enduit UE1.2 situé dans l'intrados des grandes arcades. Les deux premiers enduits sont de teinte beige légèrement orangée, ce qui suggère l'utilisation de matériaux communs. L'identification d'oxydes de fer dans plusieurs prélèvements invite à envisager l'utilisation d'un sable du Perche¹³⁵. En effet, ce granulats d'extraction locale se caractérise par la présence d'oxydes de fer lui conférant naturellement une couleur ocre. Le mortier de l'enduit du vaisseau central est donc teinté dans la masse à l'aide de ce sable. Le mortier de l'UE1.2 appliqué à l'intrados des grandes arcades est, quant à lui, isolé des deux autres : le sable utilisé ne comporte pas d'éléments colorants naturels. Il apparaît ainsi beige pâle, presque blanc, sur le mur. Sa position réservée à l'intrados des grandes arcades, ainsi que sa composition particulière, invitent à associer ce mortier au revêtement des bas-côtés de la cathédrale¹³⁶. L'existence de ces trois recettes distinctes pour un même décor peut s'expliquer par l'ampleur des surfaces à couvrir, impliquant la réalisation de multiples gâchées de mortier durant le chantier. L'approvisionnement en agrégat peut changer en cours de travaux pour de multiples raisons : changement de carrière, raisons économiques...

Pages suivantes :

ill. 13 : *Mur nord, localisation des UE1, 2 et 3 et des niveaux de pontate - éch. : 1/250.*

ill. 14 : *Mur sud, localisation des UE1, 2 et 3 et des niveaux de pontate - éch. : 1/250.*

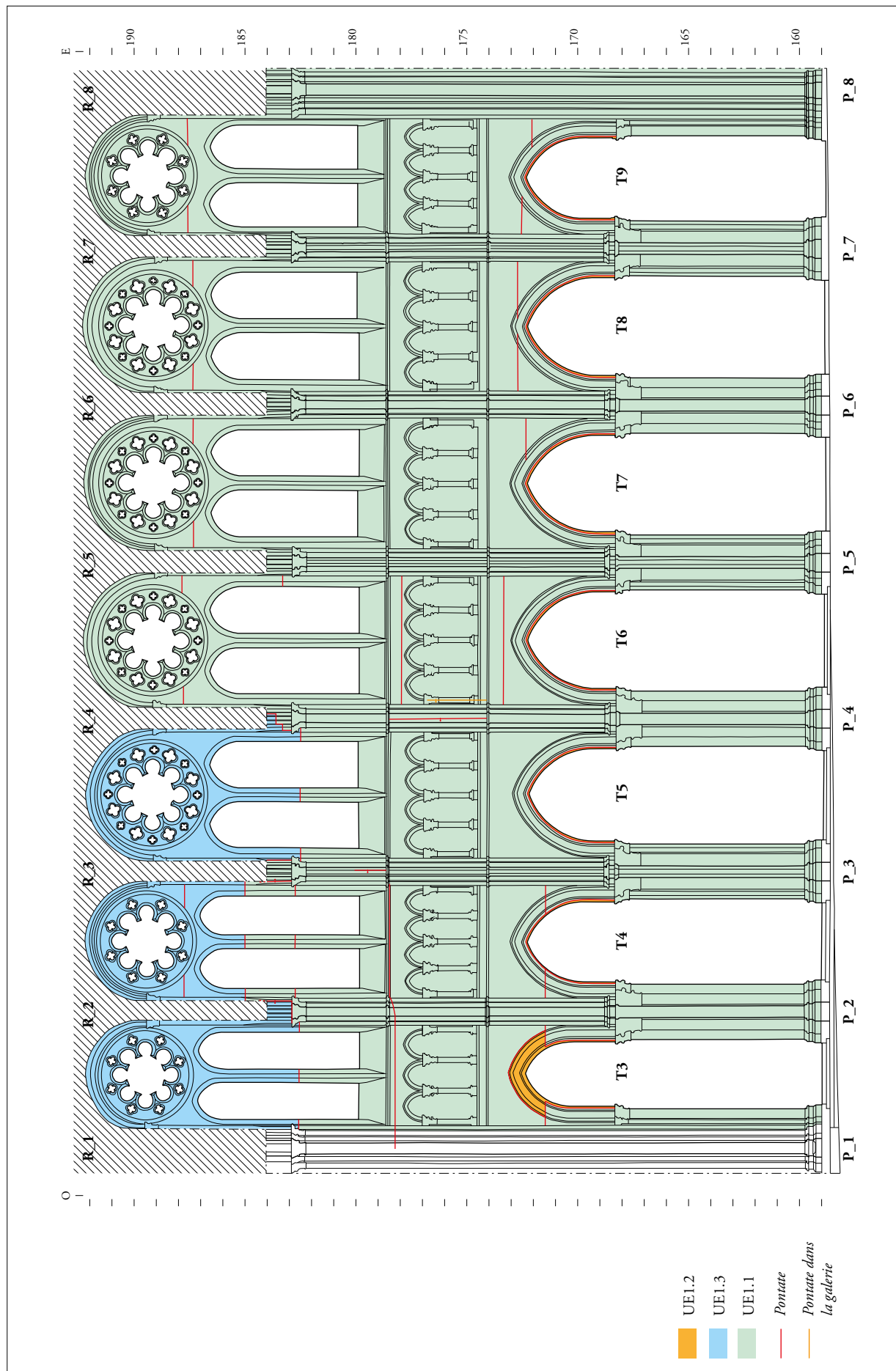
132. Il est recouvert par le mortier granuleux de l'UE1.1 sur 3,5 m au-dessus du tailloir du chapiteau du pilier, et n'est de ce fait bien visible qu'en partie haute de l'arc.

133. Annexe 5.3, P 37, pp. 5-7.

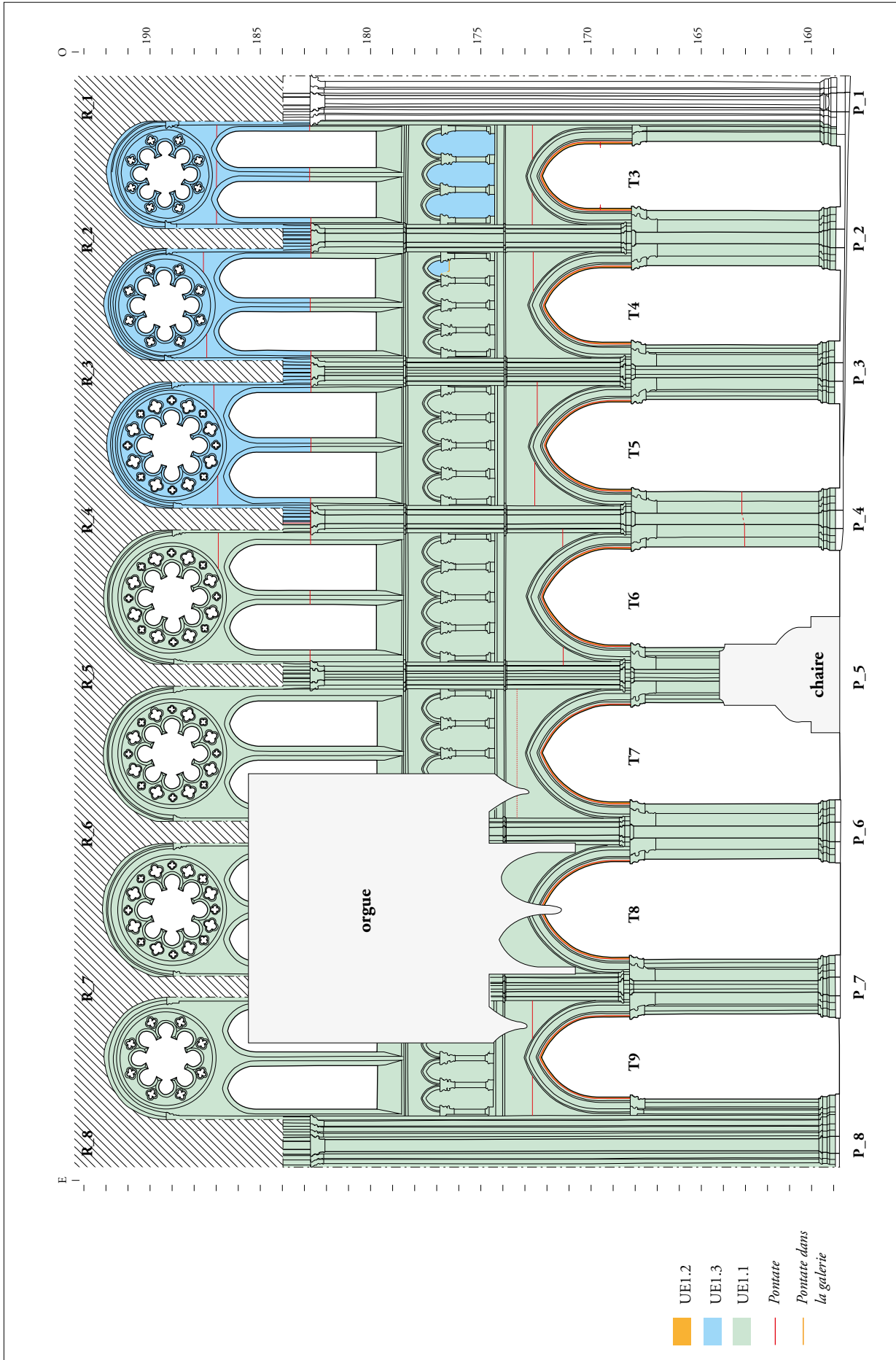
134. Ce mortier est visible en partie haute de la galerie. À l'extrémité ouest on constate la limite horizontale avec l'UE1.1, qui est toutefois masquée sur le reste de la travée par une reprise postérieure des parties basses (UE14). On peut toutefois imaginer que cette *pontate* se poursuivait sur l'ensemble de la travée.

135. CALVEL (P.) dans *Bulletin Monumental* 2011, p. 14 : il s'agit d'un sable siliceux présent en région Centre.

136. L'étude archéologique des bas-côtés permettrait de préciser ce phasage, et de caractériser les revêtements dans cette zone de la cathédrale.



ill. 13: (page suivante) Mur nord, localisation des UE1, 2 et 3 et des niveaux de pontate - éch. : 1/250.



ill. 14: (page suivante) Mur sud, localisation des UE1, 2 et 3 et des niveaux de pontate - éch. : 1/250.

» 5.2.2.2 Stratigraphie et pontates : la logique d'application du décor mural

Les différentes jonctions entre les trois recettes de l'UE1 sont des indices pour saisir le sens de progression du chantier de revêtement. Ainsi, les limites de l'enduit de l'intrados des grandes arcades (UE1.2) sont systématiquement recouvertes par celles de l'enduit du vaisseau central (UE1.1). Ce dernier a donc été enduit dans un second temps, une fois les grandes arcades, et peut-être les bas-côtés, recouverts de leur finition. De même, les limites de l'enduit des parties hautes des travées 3 à 5 (UE1.3) ont également été masquées par l'enduit UE1.1 (fig. 112). Une jonction verticale apparaît entre les travées 5 et 6, au niveau de l'arc doubleau. On la suit sur le mur de fond du triforium, tant du côté nord que sud (fig. 113). Au nord, cette *pontate** a aussi été observée sur la colonne engagée principale du faisceau sur toute la hauteur du niveau du triforium. Il semble donc que les trois premières travées occidentales du vaisseau central aient été enduites dans un premier temps.

Cette progression du chantier peut aussi être précisée par les *pontates** horizontales. Six niveaux ont ainsi été reconnus sur les parties hautes du vaisseau central et une de plus au sud sur un pilier (P_4)¹³⁷. Dans chaque travée quasiment, les *pontates* sont systématiquement situées à une même hauteur, avec des écarts de seulement quelques centimètres (ill. 13 et 14).

- » Dans les travées 3 à 6, à l'intrados des voûtes, des *pontates* sont visibles au niveau de l'astragale¹³⁸ ou des tailloirs¹³⁹ des chapiteaux des formerets.
- » **Sous les roses**, au nord comme au sud, les *pontates* apparaissent systématiquement quelques centimètres au-dessus de l'emplacement des trous de boulin. On note des décalages de quelques centimètres de part et d'autre des roses¹⁴⁰. À ce niveau, sur les 48 m du vaisseau central les *pontates* se trouvent à des hauteurs très proches, car on constate un écart de seulement 0,91 m maximum.
- » **Au-dessus des arcs du triforium**, nous n'avons observé de *pontates* que sur le parement nord et uniquement dans trois travées¹⁴¹. On note d'ailleurs une différence de 55 cm entre les travées les plus à l'ouest et la travée 6 qui est centrale. Néanmoins, il s'avère qu'elles correspondent aux emplacements des trous de boulin.
- » Des *pontates* apparaissent également dans des travées **au-dessus des grandes arcades**¹⁴² (fig. 114). Au nord, l'écart entre l'altitude la plus haute et l'altitude la plus basse des *pontates* est de 1,68 m. Au sud, il est de 1,37 m. Cet intervalle, plus important que ce qui a été observé dans les parties supérieures, indique que les altitudes des plateaux d'échafaudage correspondant à un même niveau étaient plus variées dans les parties basses du vaisseau.

On déduit de ces *pontates* que les ouvriers ont progressé selon des rythmes différents en fonction des travées, de leur approvisionnement et des obstacles qu'ils ont rencontrés. Concernant ce dernier point, nous avons remarqué que l'enduit UE1.1 avait été appliqué alors que certaines pièces de l'échafaudage étaient encore en place. Dans la travée 7 nord, par exemple, on note un arrêt net du mortier à l'emplacement d'une jambe de force. Il forme à cet endroit un léger bourrelet. De même, d'après le sens

137. Notons également qu'une *pontate* a été observée au sud à l'intrados des grandes arcades, dans l'enduit UE1.2 (169,57 m NGF).

138. Travées 3 et 4 : 188,88 m NGF.

139. Travées 5 et 6 : 189,06 m NGF.

140. Travée 3 sud (187 m NGF) ; travée 4 sud (O : 187,58 m NFG, E : 187,42 m NGF) ; travée 4 nord (187,72 m NGF) ; travée 5 sud (O : 187,10 m NFG, E : 186,93 m NGF) ; travée 5 nord (O : 186,18 m NGF) ; travée 6 sud (O : 186,93 m NGF) ; travée 6 nord (O : 187,77 m NGF, E : 187,84 m NGF) ; travées 7 et 8 nord (187,35 m NGF) ; travée 9 nord (187,60 m NGF).

141. Travée 3 (178,23 m NGF) ; travée 4 (178,48 m NGF) ; travée 6 (177,93 m NGF).

142. Travée 3 sud (172,65 m NGF) ; travée 3 nord (171,46 m NGF) ; travée 4 sud (172,62 m NGF) ; travée 4 nord (171,46 m NGF) ; travée 5 sud (172,45 m NGF) ; travée 6 sud (171,28 m NGF) ; travée 6 nord (173,32 m NGF) ; travée 7 nord (E : 172,33 m NGF) ; travée 8 nord (172,71 m NGF) ; travée 9 sud (172,65 m NGF) ; travée 9 nord (O : 172,52 m NGF, E : 172,06 m NGF).

d'application du décor, on remarque que c'est à partir de cette pièce d'échafaudage que le faux-joint a été tracé (**fig. 115**). Hormis ces détails, les *pontates* donnent des indications essentielles pour restituer les niveaux de plateau d'échafaudage lorsqu'on ne dispose pas de trous de boulin. C'est le cas, par exemple, au droit des fenêtres du clair-étage.

» 5.2.2.3 *Le décor de faux-appareil* (fig. 116 et 117, ill 15)

Un tracé préparatoire rigoureux – Des tracés préparatoires ont été identifiés sur le mortier de l'enduit UE1. Ils ont servi à positionner les faux-joints afin de réaliser un appareil régulier, tant pour les horizontales que pour les verticales. Ils ont été réalisés à l'aide de deux techniques. Les joints horizontaux ont majoritairement été préparés au cordeau imprégné de peinture rouge¹⁴³. Cette technique a été également utilisée ponctuellement sous les cordons moulurés régnant au niveau du triforium, pour indiquer la limite inférieure de la zone à peindre en blanc (**fig. 118**). Néanmoins, on a pu voir quelques incisions horizontales au niveau du clair-étage sur les murs nord et sud. Cette technique a été systématiquement celle des tracés préparatoires des faux-joints montants. Elle concerne aussi les dessins des arcs et les joints de lit des claveaux (arcs, arcades, ogives, doubleaux...) (**fig. 108 et 111**). On constate parfois que ces tracés ont été plus ou moins bien préparés, puisqu'on note des repentirs. Travée 8, par exemple, pour le tracé du sommet de la grande arcade, la première incision en arc de cercle a été modifiée par une seconde incision brisée. C'est cette dernière qu'a suivie le peintre. De la même manière, des incisions verticales ont été réalisées où le calepinage ne prévoyait pas de joints verticaux. Ces erreurs ont été corrigées par les peintres, qui n'ont pas appliqué de badigeon sur ces repères (**fig. 119**). Des incisions sont également utilisées au niveau du parement des grandes arcades, pour les tracés horizontaux situés sous le sommet de l'arc. La technique du cordeau ou celle de l'incision sont utilisées conjointement sur l'ensemble des parements étudiés. Cela témoigne d'une organisation rigoureuse et systématique sur le chantier, sans doute en lien avec la rapidité d'exécution des tracés préparatoires. Ces derniers ont été effectués sur un enduit frais. Pour obtenir une horizontale parfaite, il est possible que les ouvriers se soient appuyés sur les éléments architecturaux rectilignes, comme les cordons moulurés encadrant le triforium. Le tracé préparatoire des horizontales a été exécuté en premier. Un gabarit a sans doute servi à espacer très précisément les assises. En effet, ces dernières sont séparées de 30 à 32 cm sur toute la hauteur du parement du vaisseau central y compris dans la galerie du triforium. Cette mesure ne relève pas du hasard puisqu'elle correspond au pied de roi¹⁴⁴. Au niveau de l'intrados des quartiers de voûte, la hauteur des assises est comprise entre 17 et 19,5 cm. Entre les tracés horizontaux, les peintres ont ensuite positionné les repères verticaux, tous les 62 à 73 cm. La régularité de superposition de ces derniers implique l'utilisation d'un fil à plomb ou de grandes règles. Un véritable calepinage de la surface enduite a ainsi été réalisé sur l'ensemble du vaisseau central. Cela a permis de tracer un faux-appareil régulier allongé. Toutes les assises sont donc de même dimension et les blocs tracés sont de longueurs constantes. Cette harmonie, que l'on observe sur les murs jusqu'à l'intrados des voûtes et dans le fond du triforium, permet de qualifier ce faux-appareil d'« idéal ».

L'application des faux-joints – Sur les tracés préparatoires, le badigeon blanc des faux-joints a été tracé à l'aide d'un pinceau rond. Il a été appliqué de manière très épaisse, parfois en deux couches : il présente régulièrement un petit bourrelet sur la longueur inférieure du tracé, témoignage de l'application d'un mélange suffisamment dense pour être couvrant et éviter les coulures (**fig. 120**). Toutefois,

143. Cette technique permet d'agir sur une vaste surface, ici la largeur d'une travée. Le cordeau imbibé de peinture est claqué contre la paroi, laissant une trace linéaire ponctuée de petites gouttelettes. Là où le badigeon blanc du décor est bien conservé, ces dernières sont toutefois restées visibles et permettent d'identifier la technique.

144. Cette ancienne mesure de longueur équivalait à 0,325 m.

cela n'a pas empêché les peintres de laisser s'échapper quelques gouttes qu'ils ont parfois pris soin d'essuyer (**fig. 118**). L'application du décor de faux-joint a toujours été fait selon un même mode opératoire. Les peintres ont travaillé en partant du sommet des murs et en descendant progressivement jusqu'au sol. Sur les parements, ils ont commencé par tracer les lignes horizontales toujours de gauche à droite. Les seules exceptions concernent des zones où un obstacle (architecture ou échafaudage), interdisaient ce geste. L'ordre d'application des faux-joints verticaux et des faux-joints horizontaux est, en revanche, indifférent (**fig. 108 et 120**). On peut supposer, en effet, que les tracés préparatoires rendent superflu le fait d'utiliser un ordre systématique dans l'application du badigeon. Le peintre a suivi scrupuleusement ce calepinage pour obtenir des tracés particulièrement réguliers¹⁴⁵. En partie haute du clair-étage et à l'intrados des voûtes, les faux-joints mesurent 2 à 2,5 cm de large, tandis que sur les registres inférieurs sont compris entre 1,5 et 2 cm. L'usage de traits plus épais pour les parties hautes contribue de cette manière à rendre visibles les éléments situés au plus haut de l'élévation, et à harmoniser l'ensemble. Soulignons que, lors de leur travail, les peintres ont laissé des traces plus anecdotiques : par exemple, dans la travée 7, une petite croix a été peinte dans un faux-bloc de l'écoinçon de la grande arcade, côté est¹⁴⁶.

Le traitement du décor architectural (fig. 121) – Les moulures des arcs doubleaux, des ogives, des arcs du triforium et des grandes arcades sont constituées de trois types de profils. Leurs profils en creux, cavet et gorge à profil segmentaire, ont systématiquement reçu le décor de faux-joints blancs, tandis que les moulures pleines, les tores outrepassés, ont été intégralement badigeonnées de blanc (**fig. 122**). Le remplage des roses a aussi été traité en blanc, tandis que le chanfrein qui les entoure a reçu un décor de faux-appareil (**fig. 123**). De même, les cordons moulurés encadrant le triforium ont été badigeonnés de blanc. On remarque une exception au nord (T3, 4 et 5) où la moulure inférieure du cordon supérieur du triforium est ornée du faux-appareil (**fig. 124**). Nous constatons que cette particularité apparaît uniquement sur les trois travées recouvertes en partie haute par l'enduit UE1.3, réalisés avant l'UE1.1. On peut alors supposer qu'il s'agit d'un choix d'un premier décor modifié en cours de chantier.

Toutes les colonnes appartenant à un même niveau horizontal du vaisseau central, grandes arcades, triforium et clair-étage ont reçu un traitement décoratif uniforme.

- » **Pour les piliers des grandes arcades**, le décor des bases n'est pas conservé. En revanche, les noyaux des colonnes reçoivent le mortier beige soigneusement lissé, et sont ornés d'un unique faux-joint sous l'astragale. Les fûts des colonnes engagées des piliers sont intégralement badigeonnés de blanc. Pour les chapiteaux, les astragales et les corbeilles sont également peints en blanc. Les abaques correspondant au noyau des piliers sont badigeonnées de blanc, mais celles des colonnes engagées accueillent le mortier beige orné d'un faux-joint soulignant le tailloir. Ces derniers reçoivent simplement le mortier beige (**fig. 125**).
- » **Pour les colonnettes du triforium**, les plinthes des bases reçoivent un faux-joint soulignant leur arête inférieure. Les bases moulurées qui les surplombent sont badigeonnées de blanc. Les fûts présentent une spécificité, car s'ils reçoivent bien le badigeon blanc, celui-ci est dans un second temps recouvert d'un décor polychrome (**UE11**) (cf. 5.4. *La polychromie des colonnettes du triforium et des clefs de voûte*). Les astragales des chapiteaux sont blancs. Les corbeilles sont recouvertes du mortier beige, la couche blanche qui apparaît distinctement au-dessus appartient à un décor postérieur. Les

145. Parfois, le peintre a préalablement cerné de blanc la surface qu'il s'appropriait à peindre, comme on a pu le constater dans la galerie du triforium sud (T3 à 6).

146. On s'est assuré que cette croix ne correspondait pas à l'emplacement d'un négatif de boulin. Elle est peut-être à rapprocher des motifs peints en blancs apparus lors de la restauration du déambulatoire (Lithos France 2013 (juillet), p. 37).

abaques ont reçu un faux-joint positionné sous les tailloirs. L'irrégularité de la sculpture a contraint les peintres à tracer des joints relativement larges, entre 2 et 3,5 cm. Les tailloirs sont, quant à eux, intégralement peints en blanc.

- » **Pour les colonnes de la retombée des ogives et des arcs formerets**, toutes les plinthes sont badigeonnées de blanc à l'exception de deux d'entre elles, côté nord¹⁴⁷. Les bases moulurées sont peintes en blanc, de même que les fûts des colonnes¹⁴⁸. Les astragales sont badigeonnées de blanc. Les corbeilles de ce niveau reçoivent le mortier beige, un badigeon blanc est appliqué en surface qui semble appartenir à un décor postérieur. Les abaques accueillent un faux-joint sous le tailloir, dont les dimensions sont identiques à celles présentées pour les chapiteaux du triforium. Les tailloirs accueillent simplement le mortier beige.

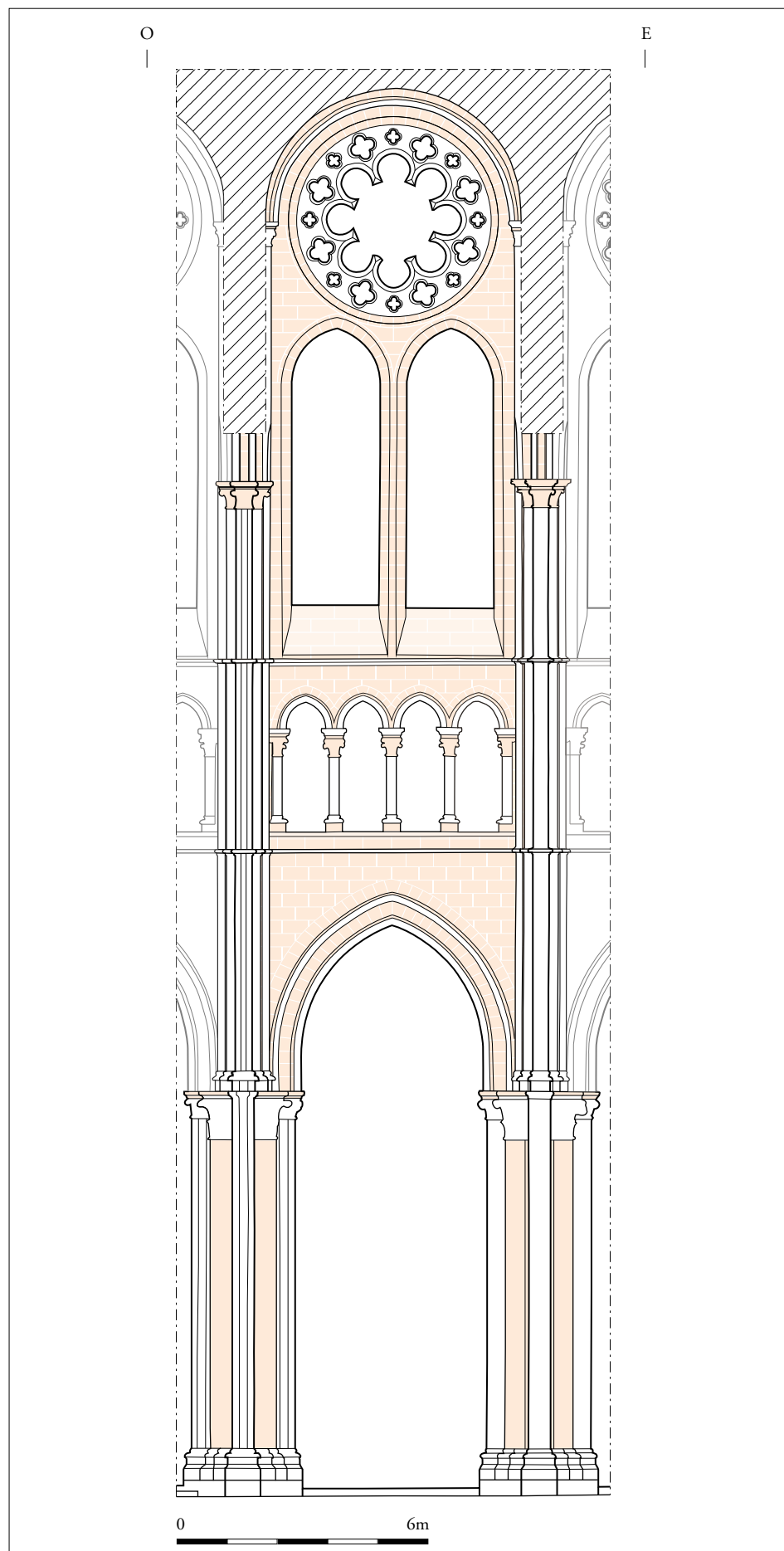
» 5.2.2.4 Le motif particulier des travées 3 et 4

Dans les travées 3 et 4 nord, la restauration a fait apparaître qu'un ornement particulier avait été réalisé au sommet des arcs du triforium (**fig. 124**). **Des cercles peints**, tracés dans la travée 3, mesurent environ 10 cm de diamètre. Ils chevauchent parfois le joint vertical du faux-appareil lorsque celui-ci s'aligne au sommet de l'arc brisé (**fig. 126**). **Des fleurs de lys**, dessinées en travée 4, sont portées par une base évasée ponctuée d'un rond (**fig. 127**). Les deux fleurs de lys situées côté ouest mesurent 26 cm de haut et 22 cm de large, tandis que les deux à l'est ne font que 22 cm par 16 cm. Une incision verticale a permis de guider leur tracé indépendamment de celui des faux-joints verticaux. Outre ces deux ornements, des rehauts de blanc marquent les écoinçons des retombées des arcs du triforium. Ils forment des triangles ou des losanges, de dimensions plus ou moins égales. On peut s'interroger sur l'absence de ces décors sur le parement sud, d'autant que l'on sait que ce dernier était échafaudé en même temps (*cf. 4.2. L'échafaudage à partir de ses traces*). Quels sont les événements qui ont présidé à ce choix, puis à l'abandon de ces ornements ? À cet égard, nous avons constaté que le mortier de l'enduit UE1 recouvre partiellement ces motifs (**fig. 127**). On peut dès lors se demander si ces derniers n'ont pas été, finalement, masqués assez rapidement après leur réalisation. Ce serait donc la restauration de 2014 qui les aurait fait réapparaître. Ces ornements peints correspondraient peut-être à des essais réalisés en début de chantier. Hormis ces ornements particuliers des parements, signalons que la travée 4 se singularise aussi au niveau de l'intrados de la voûte (Q_7) par la présence d'une petite croix pattée peinte en blanc sur le mortier de l'UE1¹⁴⁹. Ce signe se situe à l'aplomb de l'entrée du labyrinthe enchâssé dans le sol au centre de la nef. Au-dessus de ces ornements et de l'ensemble du faux-appareil, un nouvel enduit décoratif est appliqué sur l'intégralité des parements du vaisseau central.

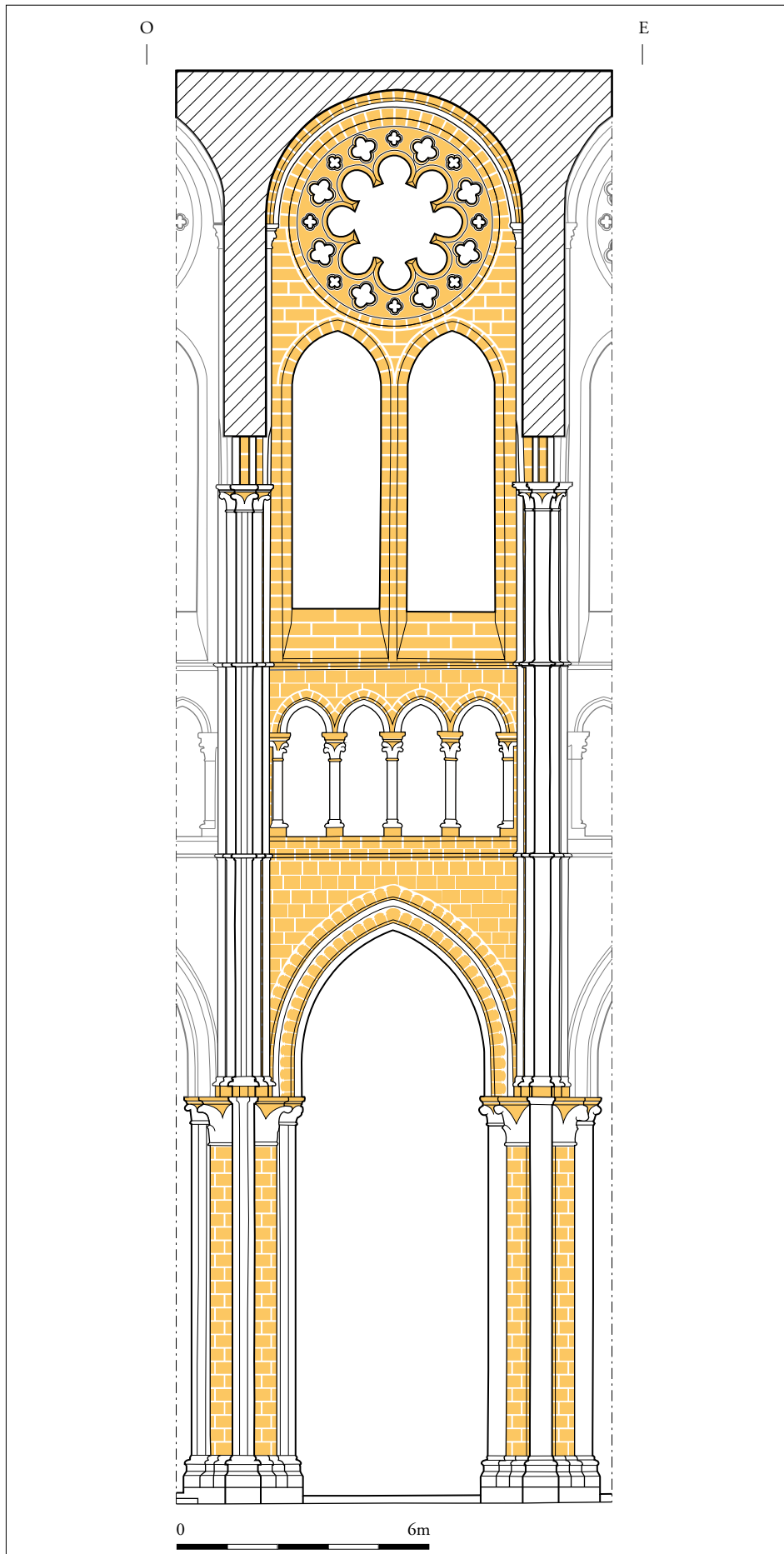
147. Sur le pilier P_6, les plinthes sont blanches sauf celles sur lesquelles retombent les ogives, où un faux-joint a été appliqué sur l'arête inférieure. Sur le pilier P_7, les arêtes inférieures de toutes les plinthes accueillent un faux-joint.

148. Dans la travée 6 sud, au-dessus des arcs du triforium, le badigeon blanc des colonnes de retombée du formeret déborde sur une ligne verticale sur toute la hauteur du parement. Il forme ainsi une verticale blanche en encadrement de la travée, depuis le tailloir des colonnettes jusqu'au cordon mouluré. C'est le seul endroit où le décor prend cette forme. Le seul élément pouvant être souligné concerne la position centrale de cette spécificité dans le vaisseau. Le caractère ponctuel de ce traitement lui donne malgré tout un aspect anecdotique.

149. Annexe 4.3.



ill. 15 : Proposition de restitution
du principe de décor UE1
sur une travée du vaisseau
central - éch. : 1/150.



ill. 16 : Proposition de restitution du principe de décor UE2 sur une travée du vaisseau central - éch. : 1/150.

5.2.3 Un ornement renouvelé (UE2)

La cathédrale est totalement renduite (UE2) au cours d'un chantier que l'on place habituellement au XIV^e ou au XV^e siècle (ill. 16). Lors de cette opération, l'enduit du XIII^e siècle (UE1) a été conservé comme support. Sa présence permet aux peintres d'appliquer le décor UE2 sous forme d'une superposition de couches de badigeons, incluant ou non des pigments colorés¹⁵⁰. Ce nouveau chantier utilise des matériaux et des techniques différentes de ceux employés au XIII^e siècle. Toutefois, le nouveau décor UE2 reprend les principes de faux-appareil de celui qu'il recouvre.

» 5.2.3.1 Composition et stratigraphie

Avant l'application de l'enduit UE2, les observations montrent que les artisans ont procédé à des réfections ponctuelles de l'enduit précédent (UE1). Ces reprises ont été constatées dans la travée 9 nord, au niveau du triforium¹⁵¹ et au niveau de la lancette ouest. Elles ont été réalisées à partir d'un mortier de chaux sablo-gravillonneux et lissé en surface (cf. annexe 6). Sur ces reprises et sur l'enduit du XIII^e siècle, UE2 est bien conservé au niveau des parements du vaisseau central. Il a, toutefois, subi des altérations au niveau des supports verticaux et des éléments sculptés, ainsi qu'à proximité des fenêtres. Il est au maximum composé d'une superposition de trois badigeons, selon les besoins du motif décoratif.

La première couche appliquée est un badigeon de chaux blanc très pur, qui recouvre l'ensemble de la surface murale. Il a pour fonction première de préparer le support à accueillir les motifs décoratifs. Il est en outre laissé visible sur certains éléments architecturaux et intègre alors le décor. **La deuxième couche** est appliquée sur les surfaces planes et sur certaines zones spécifiques où le motif l'exige. Elle est constituée d'un badigeon de chaux auquel de l'ocre (silicates et oxy-hydroxydes de fer) a été ajoutée en faible proportion, lui donnant une teinte rose-orangé¹⁵². Par endroits, cette couche prend une teinte rose¹⁵³, donnant presque l'impression d'une couche picturale supplémentaire (fig. 128). Cette variation s'explique par le fait que la couche a perdu de son épaisseur avec le temps¹⁵⁴. Ainsi, là où elle est bien conservée, elle apparaît rose, tandis que là où elle est amaigrie elle prend une teinte rose-orangée. C'est sous cette nuance qu'elle apparaît le plus fréquemment, nous la qualifierons donc de couche « rose-orangé ». En outre, ce badigeon coloré est issu d'un mélange de chaux et d'ocre dont les proportions peuvent varier et donner lieu à des teintes différentes d'un endroit à l'autre¹⁵⁵. Ensuite, **la troisième couche** correspond au faux-appareil, tracé à l'aide d'un badigeon de chaux blanc fin. Par endroits, il devait présenter un aspect liquide, comme en témoignent les traces de coulure observées ponctuellement sur le décor.

Une *pontate* a été observée dans la travée 6 nord, au-dessus de la grande arcade. Les deux badigeons inférieurs constituant l'enduit UE2 (badigeon blanc et badigeon coloré) sont doublés à cet endroit. Cette *pontate* témoigne d'une étape dans l'application de l'enduit (UE2). Elle peut traduire la jonction entre deux équipes de travail, ou un arrêt dans le chantier de revêtement.

150. Annexe 5.2, P13 p.10-11 et P15, p.14-15.

151. Au revers du pilier de la croisée du transept et sur le mur de la galerie du triforium.

152. Code Munsell : 7,5 YR 8/4, « pink ».

153. Code Munsell : 7,5 YR 8/3, « pink ».

154. En effet, l'observation à la loupe binoculaire (x10) des prélèvements P113 et P116 montre qu'il ne s'agit pas d'une couche supplémentaire mais bien de la deuxième couche picturale de l'UE2.

155. Brice Moulinier distingue un fonds jaune pour le chœur, le transept et le déambulatoire d'un fond beige-rosé pour la nef et les bas-côtés (MOULINIER (B.) 1994, p.18) ; Michel Bouttier évoque un « badigeon ocre-rosé, que l'oxydation fait paraître orangé » (BOUTTIER (M.) dans TIMBERT (A.) *et alii* 2014, p.266) ; Jérémie Viret mentionne un « badigeon de couleur ocre jaune » (VIRET (J.) 2014, p.187). Il faut, de plus, souligner le caractère subjectif de l'interprétation des couleurs, qui peut également être à l'origine de ces différentes interprétations.

» 5.2.3.2 Techniques d'application du décor

Les couches de l'UE2 ont masqué les faux-joints du décor antérieur. Pour autant, **les assises** de son faux-appareil ont, la plupart du temps, été tracées au même niveau que celles du précédent décor (UE1). Elles mesurent donc en moyenne 30 à 32 cm. On peut supposer que l'épaisseur du badigeon blanc de l'UE1 se devinait encore et a pu servir de repère au nouveau décor. L'utilisation standardisée du pied de roi justifie sans doute de nouveau cette constante.

Les claveaux des baies du clair-étage et des arcs du triforium reprennent également les dimensions des faux-joints de l'enduit UE1 (**fig. 129**). À l'intrados des voûtes, les dimensions sont assez régulières : les assises peintes sont comprises entre 15 et 20 cm et les longueurs des blocs sont d'environ 58 cm.

Les tracés verticaux sont séparés selon des espacements irréguliers. Sur la plupart des zones étudiées, ils varient de 39 à 56 cm. Par endroits, les dimensions sont comprises entre 63 et 65 cm comme sur le parement et l'intrados des grandes arcades ou celui de la galerie du triforium sud. Travée 5 nord, elles atteignent jusqu'à 74 cm dans la galerie du triforium. Ces variations semblent indiquer que les peintres n'ont pas matérialisé la position des joints verticaux avant de les tracer. En outre, l'irrégularité des lignes indique que le tracé a été réalisé à main levée. Tous ces éléments conduisent à un rendu final moins lisse et moins homogène que pour l'état de décor précédant. Ce phénomène est accentué par la présence de nombreuses traces de coulures, témoin d'une finition peu soignée. Il arrive en effet que la couche rose-orangé ait coulé sur les zones laissées en réserve, ou bien que des gouttes de badigeon blanc traçant les faux-joints n'aient pas été effacées (**fig. 130**). Également, le badigeon rose-orangé a par endroits largement été appliqué sur les tores des arcs censés être blancs. On note quelques repentirs dans le tracé des faux-joints. Il faut toutefois rappeler que ces imperfections n'étaient probablement pas visibles depuis le sol. En revanche, elles sont révélatrices d'une rapidité d'exécution du décor : tout d'abord en amont, comme en témoigne l'absence de tracé préparatoire ; et ensuite pendant la réalisation, comme le montrent les imperfections et l'absence de finition.

» 5.2.3.3 Description du programme ornemental

Le nouveau décor reproduit le motif de faux-appareil peint en blanc au niveau des parties planes, et de l'intrados des voûtes et des grandes arcades. Comme pour l'état de décor précédent, certains éléments architecturaux apparaissent blancs. Ce principe général donne l'impression d'une grande homogénéité du décor, mais des variantes apparaissent lorsque l'on observe minutieusement chaque élément architectural. La description détaillée proposée ci-dessous permet donc tout d'abord de restituer l'ensemble du décor UE2, et ensuite de caractériser ses particularités afin de les expliquer (**fig. 131**).

Sur l'ensemble de l'élévation, **les moulurations** sont traitées de la même manière que le décor antérieur : les moulures pleines sont laissées en blanc ; les moulures en creux accueillent le badigeon coloré et son motif de faux-appareil.

Les roses sont recouvertes du décor de faux-appareil (**fig. 132**) : on trouve le badigeon rose-orangé jusqu'à l'intrados des quadrilobes et de la grande rose, et ces ouvertures portent, en de rares endroits, les vestiges d'un liseré blanc soulignant les arêtes de la sculpture. Le chanfrein des roses accueille toujours le décor de faux-claveaux.

Les cordons moulurés sont traités en faux-appareil, sauf celui surmontant le triforium côté sud en travées 3 et 4, qui est laissé blanc.

Les divers éléments composant **les supports verticaux** (le chapiteau, le fût et la base) sont traités de manière homogène, du moins en apparence. L'observation rigoureuse des vestiges révèle en effet de nombreuses variations, surtout au niveau des chapiteaux :

- » Les tailloirs sont recouverts de la couche picturale rose-orangé, et il arrive qu'un faux-joint blanc horizontal soit visible au niveau de la doucine¹⁵⁶ ou de l'arête inférieure¹⁵⁷.
- » Les abaqués sont également toutes peintes en rose-orangé. Elles portent parfois la trace d'un faux-joint soulignant leur arête supérieure, au niveau des retombées de voûtes et des grandes arcades sud. Les chapiteaux du triforium présentent souvent un faux-joint sur l'abaque, mais celui-ci est parfois situé au niveau de l'arête inférieure, ou même à cheval sur le tailloir et l'abaque¹⁵⁸. Ces variations dans le principe de base du décor semblent traduire une certaine liberté dans la réalisation.
- » Les corbeilles présentent pour chaque niveau d'élévation des traces d'un décor bichrome : le fond était peint en rose-orangé, tandis que les éléments sculptés, crochets et feuillages, étaient laissés blancs¹⁵⁹ (**fig. 133**). Les tiges des feuilles portent ponctuellement des traces de rose-orangé, mais il est difficile de déterminer s'il s'agit de coulures ou si elles étaient colorées elles aussi. Au niveau des chapiteaux des piliers de la nef, un faux-joint blanc a ponctuellement été observé en soulignement de l'abaque dans le fond de la corbeille¹⁶⁰.
- » Les fûts des colonnes engagées sont laissés blancs sur toute la hauteur de l'élévation, excepté ceux des colonnes placées sous les arcs formerets des travées 8 et 9, où le badigeon rose-orangé a été largement appliqué. La plupart des fûts des colonnettes du triforium ont conservé en partie haute, sous l'astragale, les vestiges de la couche rose-orangé de l'enduit UE2, aucun faux-joint n'ayant été identifié. Toutefois, au même niveau stratigraphique, certaines¹⁶¹ présentent un simple badigeon blanc, voire légèrement jauni, teinte pouvant s'expliquer par l'imprégnation sur cette couche antérieure du badigeon de l'enduit UE3. Deux hypothèses peuvent alors être avancées : soit certains fûts étaient blancs et d'autres rose-orangés ; soit ces vestiges de badigeon coloré sont des traces de débordement de la couche appliquée sur les corbeilles, auquel cas les fûts étaient tous blancs. Pour les piliers à noyau flanqué de colonnes, la partie visible entre les fûts engagés accueille le motif de faux-appareil (**fig. 134**). Précisons que les faux-joints verticaux sont tracés alternativement une assise sur deux au centre de la face, ou sur les extrémités latérales. Ils sont dans ce second cas espacés de 61 cm¹⁶².
- » Les bases moulurées sont traitées en blanc, tandis que les plinthes sont peintes en rose-orangé. Aucun faux-joint n'a été identifié sur ces dernières.

Un décor spécifique pour les grandes arcades – Un décor particulier a été réalisé sur le front de chacun des deux rouleaux des grandes arcades. Il s'agit d'une frise d'arcs retombant, par l'intermé-

156. Chapiteau de retombée des arcs doubleaux et des ogives nord : entre les travées 5 et 6. Colonnettes du triforium sud : travée 6, colonnette (d) ; travée 9, colonnette (e). Colonnettes du triforium nord : travée 4, colonnette (b) ; travée 5, colonnettes (a) et (b) ; travée 6, colonnettes (a), (b), (c) et (d) ; travée 7, colonnette (c) ; travée 8, colonnettes (c) et (d) ; travée 9, colonnettes (c) et (d).

157. Colonnettes du triforium nord : travée 3, colonnette (a) ; travée 4, colonnettes (c) et (d).

158. Localisation des faux-joints blancs pour le mur nord : sur l'arête inférieure : travée 3, colonnette (b) ; travée 4, colonnettes (a) (face sud), (b) et (c). Sur l'arête supérieure : travée 3, colonnettes (b) et (c) ; travée 4, colonnettes (a) (face est), (d) et (e) ; travées 5 et 6, toutes les colonnettes ; travée 7, colonnettes (a), (b), (c) et (d) ; travée 9, colonnette (b) (face nord), (c), (d) et (e). À cheval sur le tailloir et l'abaque : travée 3, colonnette (c) ; travée 7, colonnette (e) ; travée 8, colonnette (a). Localisation des faux-joints blancs pour le mur sud : sur l'arête supérieure : travée 6 sur les faces est et ouest de toutes les colonnettes ; travée 7, colonnettes (a) et (b).

159. Rappelons que pour proposer cette interprétation des vestiges il est nécessaire de faire la distinction entre la présence d'un badigeon de couleur rose-orangé, volontairement appliqué à la surface du badigeon blanc, et les traces jaunies laissées sur ce dernier par les couches postérieures (UE 7, UE 3).

160. Côté nord, travée 4 pilier occidental (P_2).

161. Côté nord, en travée 3 sur toutes les colonnettes ; en travée 8 : colonnettes (c) et (d) (?). Côté sud, en travée 4 : colonnettes (a) et (e) ; en travée 6 : colonnettes (a) et (e). Notons qu'en travées 7 nord et 9 sud, aucune couche correspondant à l'UE 2 n'a été identifiée.

162. Notons toutefois que sur certains piliers de plan octogonal, il ne semble y avoir eu qu'un faux-joint vertical une assise sur deux, au centre de la face (P_3 sud). Cette particularité relève peut-être d'un changement de parti en cours de chantier, puisqu'elle a été observée à une extrémité de la nef.

diaire d'une bague, sur les joints de lit en coupe des claveaux peints. Le motif est tracé en blanc sur fond rose-orangé, comme le faux-appareil de cet état (**fig. 135**). Du fait de ses caractéristiques, nous le qualifierons donc de faux-appareil fantaisiste. Bien que ce motif soit identique d'une travée à l'autre, des variations apparaissent qui témoignent de la liberté d'exécution des peintres. Les bagues, tout d'abord, n'ont pas toutes les mêmes dimensions : certaines sont plus rondes, d'autres plus allongées, voire aplaties. Ensuite, l'organisation au niveau de la clef d'arc n'est pas systématique : par endroits, le tracé reproduit une clef, mais il arrive aussi que le faux-joint soit tracé à la verticale au-dessus du faîte. Enfin, de manière générale, les écoinçons des arcs sont peints en blancs mais à certains endroits ils sont laissés en réserve. Il faut également noter la présence de nombreuses gouttes de peinture blanche, qui n'ont pas été effacées (**fig. 136**). Ainsi, ces irrégularités sont en accord avec les principes d'application de l'enduit UE2 exposés précédemment, et qui témoignent d'une exécution rapide (tracés à main levée, dimensions irrégulières, coulures et débordements).

La comparaison du faux-appareil de l'enduit UE1 avec celui de l'enduit UE2 met en lumière des similitudes et des divergences. En ce qui concerne les points communs, rappelons l'usage d'assises de dimension identique entre les deux décors. Sur le voûtement, les faux-joints de l'UE2 s'élargissent comme l'avaient fait les peintres du décor précédent¹⁶³. Le principe est de rendre visibles les éléments situés loin de l'œil du spectateur. Des différences techniques sont à signaler entre les deux décors. Avant tout, pour l'UE2, les surfaces préalablement badigeonnées en blanc ont été recouvertes de la couche rose-orangé où a été réalisé le faux-appareil, et les zones devant rester blanche ont été laissées en réserve (moultures et colonnes), alors que pour l'UE1, le blanc a été peint directement sur le mortier teinté dans la masse. Ainsi, il y a une inversion du processus d'application pour ces deux décors. Les faux-joints sont, quant à eux, tracés de la même manière, à l'aide d'un badigeon blanc. Toutefois, le tracé du décor UE2 utilise un pinceau de plus grande dimension, comme en témoignent les épaisseurs de joints, toutes supérieures à 2 cm. Ensuite, un élément notoire relève de l'absence de tracé préparatoire pour la pose des faux-joints de l'enduit UE2 contrairement au premier décor. Pour finir, l'observation détaillée des deux décors permet de mettre en évidence quelques différences dans le motif : le remplage des roses par exemple, est traité en blanc pour l'enduit UE1 et en faux-appareil pour l'enduit UE2 ; de même, les noyaux des piliers de la nef sont laissés vierges pour le décor UE1 et accueillent le faux-appareil pour le décor UE2. Ces analogies et différences entre les deux décors trouvent sens lorsqu'on les place au sein du contexte historique et iconographique de la période médiévale. En effet, le décor de faux-appareil s'inscrit parfaitement dans le style ornemental caractérisant les églises de la fin du Moyen Âge. L'enduit UE2 n'est pas une copie du premier décor, mais correspond à la réalisation d'un motif courant pour la période. Comme l'explique Hans Peter Autenrieth dans son article consacré aux appareils peints, « Cette décoration [le faux-appareil] se développe du XI^e au XII^e siècle, mais ce n'est qu'à l'époque gothique qu'elle atteindra son apogée »¹⁶⁴. En effet, à partir des XIII^e-XIV^e siècles, des motifs sont généralement introduits autour des tracés des faux-joints. Par exemple, de petites fleurs sont représentées à l'intérieur des faux-blocs, ou des ornements géométriques viennent agrémenter les faux-joints. La frise d'arcature décorative découverte à Chartres au-dessus des grandes arcades s'inscrit pleinement dans cette mouvance, puisqu'il ne s'agit pas d'une représentation d'architecture réaliste mais d'un décor « fantaisiste »¹⁶⁵. Ce motif peut, en outre, être observé dans plusieurs autres églises peintes à la même période. Nous pouvons citer par exemple l'église Saint-Léger à Champagné-le-Sec (86), où un faux-appareil rouge sur fond blanc, à doubles joints montants, a été peint dans la seconde moitié du XIII^e siècle. Le front des grandes arcades de cet édifice accueille une frise dont

163. Dimensions comprises entre 2,5 et 4 cm à l'intrados des voûtes ; entre 2 et 3 cm sur le reste de l'élévation.

164. AUTENRIETH (H. P.) 1997.

165. Hans Peter Autenrieth souligne en effet qu'il ne s'agit pas, avec le faux-appareil roman, de réaliser « une imitation ou de faire illusion (trompe l'œil), mais de montrer un *mur idéal* ».

les arcs retombent sur les joints de lit agrémentés de motifs géométriques identiques¹⁶⁶ (**fig. 137**). L'église Saint-Vaast, située à Saint-Vaast-de-Longmont (60), présente un motif identique à celui de la cathédrale de Chartres, bien qu'il ait été peint en rouge sur fond blanc, au-dessus de l'arc en plein cintre surmontant la baie axiale du chœur (**fig. 138**). En guise de comparaison avec un décor architecturé, nous pouvons aussi citer le plafond d'une maison albigeoise, dont les poutres ont été ornées d'une danse macabre : les différentes scènes prennent place dans un décor d'arcatures retombant sur des colonnettes – servant de séparateurs – par l'intermédiaire de chapiteaux stylisés rappelant les perles écrasées du décor peint de la cathédrale de Chartres. L'ensemble est daté du troisième quart du XV^e siècle (**fig. 139**).

Questions de datation

Plusieurs indices peuvent être retenus pour proposer une datation pour le décor UE2. Tout d'abord, l'étude des travées occidentales a mis en évidence le fait que l'application de cet enduit est antérieure au projet de construction d'une tribune au revers de la façade occidentale¹⁶⁷. Cet ajout, inachevé, correspond au projet de Jean de Beauce, pour lequel il signe un marché en 1519. Le second décor de faux-appareil UE2 est donc un enduit médiéval, dont la réalisation est antérieure à cette date. Ensuite, des observations réalisées autour du percement de l'accès à la chapelle Saint-Piat dans les parties orientales de la cathédrale, par Arnaud Ybert, permettent de préciser la chronologie¹⁶⁸. La mise en place de la porte reliant le chœur à cette chapelle est datée de 1340. Or, il semblerait que l'enduit UE2 soit présent sur les parements du chœur, mais absent de cette maçonnerie en repercement. Dans son rapport de restauration, Brice Moulinier précisait déjà, en 1994, qu'il n'avait « pas trouvé de liaison de ce décor avec la chapelle de Saint Piat (du 14^e siècle) »¹⁶⁹. Cela signifie, dans ce cas, que l'enduit est déjà en place en 1340, puisqu'il est absent des aménagements relatifs à la construction de la chapelle Saint-Piat¹⁷⁰. Comme nous l'avons vu, le décor fantaisiste tracé autour des faux-joints sur le front des grandes arcades du vaisseau central correspond au style de motifs adoptés à la fin du Moyen Âge, dès la seconde moitié du XIII^e siècle. La datation stylistique de cet enduit est donc cohérente avec les *terminus ante quem* révélés par les données archéologiques.

5.2.4 Au XIX^e siècle (UE3)

Jürgen Michler et Brice Moulinier mentionnent tous les deux une nouvelle campagne de décoration sur l'ensemble de l'édifice, attribuée au XIX^e siècle¹⁷¹. Le premier décrit un motif de faux-joints rouges sur fond ocre, qu'il observe dans les bas-côtés, le déambulatoire et le chœur. Le second complète cette description, en précisant que le réseau de faux-joints rouges, « devenus bruns par oxydation », est apposé sur un fond jaune au niveau des voûtes, et beige au niveau des parements. Nous avons retrouvé les vestiges de cet état de décor sur l'ensemble du vaisseau central.

L'enduit UE3 a été appliqué dans les lacunes des couches précédentes (UE1 et UE2). Un temps assez long s'est donc écoulé entre la pose de ces différents décors (**fig. 140**). En outre, il recouvre par endroits une couche de poussière indiquant que la surface murale n'a pas été nettoyée au préalable.

L'enduit UE3 se compose d'une couche caractérisée par son aspect gras, indiquant la présence d'un

166. EMBS (A.) 2014.

167. BOISSARD (E.) dans MARTIN 2013, p. 67.

168. YBERT (A.) 2014, pp. 237-238.

169. MOULINIER (B.) 1994, p. 18.

170. Précisons que Brice Moulinier propose une datation différente de celle-ci, comme nous l'avons précisé en préambule à cette étude. Selon lui, la réalisation de l'UE 2 ne peut avoir été effectuée que « lors d'une grande campagne de reconstruction de la cathédrale » (p. 19). Il propose donc l'hypothèse que ce chantier de revêtement ait eu lieu lors de la « réalisation de la chapelle Saint-Piat (1335-1358) ou lors de la construction de la chapelle de Vendôme (1417-1430) ».

171. MICHLER (J.) 1989 et MOULINIER (B.) 1994.

liant organique. Par endroits, il est très pulvérulent et donc peu conservé. Dans le creux des moulures, il est souvent plus épais et sa texture se révèle grumeleuse en raison de nombreux petits grains de chaux. Sa surface peut également présenter des craquelures. Sa couleur varie en fonction de sa position sur le mur. Une fois épousseté, il apparaît majoritairement beige-rose ; sous la voûte et au niveau des appuis des lancettes, en revanche, où la surface des parements présente un aspect patiné en raison de la présence de calcite, sa teinte est davantage beige-jaune. Notons qu'en de nombreux endroits, sa surface est grise en raison de la poussière. Ce badigeon est recouvert d'un décor de faux-appareil monumental, tracé à l'aide d'une couche rouge foncé qui apparaît brune sous la voûte (**fig. 141**). Quelques traces de coulures ont été observées qui témoignent de son aspect liquide par endroits. Malgré la faible quantité de vestiges en place, ces éléments indiquent que la couche picturale a été appliquée rapidement, et avec un soin relatif puisque les gouttes et débordements n'ont pas été essuyés.

Ce décor de faux-joints a également été tracé sur l'ensemble des moulures des arcs et des cordons. En revanche, il n'apparaît pas sur les supports architecturaux, colonnes et chapiteaux. Les dimensions du motif sont différentes des précédents décors. Les joints mesurent entre 1 et 1,5 cm d'épaisseur, et jusqu'à 2 cm sous la voûte. Le faux-appareil tracé présente un module plus petit sous la voûte¹⁷² qu'au niveau du parement¹⁷³, où le motif est celui d'un grand appareil.

Cette troisième grande étape de décor des murs de la cathédrale reprend donc le principe de faux-appareil, mais s'éloigne des couches précédentes UE1 et UE2 sur deux aspects. Dans les teintes choisies, tout d'abord, puisque le fond est beige-rose et les faux-joints sont rouges, alors qu'ils étaient blancs pour les décors précédents. Les tonalités sont donc inversées. Les enduits UE1 et 2 présentaient un motif clair sur fond foncé, tandis que l'enduit UE3 présente un motif foncé sur fond clair. Enfin, la différence notoire tient dans le fait que les faux-joints ont également été appliqués sur les moulures. Une restauration de ce motif semble avoir ponctuellement été réalisée sous la voûte (**UE6**), décrite plus avant parmi les interventions ponctuelles observées sur les parements du vaisseau central.

5.3 Revêtements et réfections ponctuelles

L'étude archéologique a mis en évidence les vestiges de plusieurs phases de revêtements pouvant être rattachés à des périodes récentes, du XIX^e siècle à nos jours (**UE7, 6, 14, 4**). Contrairement aux enduits précédemment décrits (**UE1, 2 et 3**), ils ont été appliqués sur des zones spécifiques du parement et des voûtes. En cela, ils répondent à un besoin particulier, correspondant à un moment précis de la vie de l'édifice. Nous pouvons donc les qualifier de travaux d'entretien. Nous proposons de présenter ces couches suivant leur ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente.

5.3.1 Un décor ravivé (UE7)

Un badigeon de teinte jaune pâle, l'UE7, a été observé dans les travées 3 à 6 (**fig. 142**). Il est localisé presque exclusivement sur les supports architecturaux : les chapiteaux de retombée des voûtes ; les fûts de colonnes du clair-étage sud ; le faisceau de colonnes du triforium nord ainsi que certaines colonnettes ; l'intrados des grandes arcades ; les piliers de la nef. À un seul endroit, on le trouve au niveau du parement, en travée 4 nord au-dessus des arcs du triforium. Il a été observé sur le pilier nord séparant les travées 7 et 8¹⁷⁴.

172. Sous la voûte, les assises mesurent 18,5 à 25 cm et les blocs 72 cm ; à l'intrados des grandes arcades elles mesurent 41 à 56 cm.

173. Sur les parements, les assises mesurent 57 à 61 cm et les blocs 113 à 116 cm.

174. Rappelons que pour les travées 7 à 9, les observations effectuées sur les couches supérieures à l'UE1 sont partielles en raison de l'avancement des travaux de restauration avant notre intervention.

Cette couche est indépendante de l'autre enduit du XIX^e siècle, l'UE3, qui la recouvre. Toutefois, ponctuellement, ces deux Unités d'Enduit présentent une certaine cohésion. L'enduit UE7 est, de ce fait, difficile à interpréter : il peut s'agir d'une étape d'application de l'UE3, comme d'une couche indépendante dans la stratigraphie des revêtements. Dans ce second cas, on note la volonté de garder visible le décor de faux-appareil, alors en place sur les parements, à l'intrados des voûtes et sur les colonnettes du triforium (UE2). Il s'agirait d'une phase de « rafraîchissement » des parties blanches du décor : le motif reste quasiment inchangé, excepté pour ce qui est des supports verticaux, où le badigeon jaune clair de l'UE7 est appliqué.

5.3.2 Réfection partielle du voûtement (UE6)

L'enduit UE6 correspond à une réfection ponctuelle des revêtements de la voûte des travées 3, 8, et 9. Il présente par endroits un décor de faux-joints rouge (**fig. 143**). La stratigraphie est difficile à lire en raison de la présence de calcite à la surface des enduits sous la voûte, pouvant perturber leur identification. Toutefois, le fait qu'il s'agisse de réfections ponctuelles reprenant le motif de l'enduit UE3 (faux-appareil tracé en rouge sur fond clair) invite à l'interpréter comme un enduit postérieur à ce dernier, appliqué en réfection de ses lacunes.

Cet enduit UE6 se compose d'un mortier de chaux sablo-limoneux, comportant des nodules de tuileau allant jusqu'à 6 mm de diamètre, ce qui lui donne une teinte blanc-rose. Ce mortier est lisse, et accueille un motif de faux-joints rouges à la manière du troisième décor monumental tracé sur les murs. Ses dimensions sont, en effet, sensiblement identiques : les faux-joints sont épais de 1 à 1,5 cm ; les assises sont hautes de 21 à 26 cm ; et les blocs sont longs de 70 à 77 cm. On observe, toutefois, un léger décalage dans le tracé de ce motif par rapport à celui de l'enduit UE3. Les faux-joints ont été effectués à l'aide d'un pinceau, de manière peu soignée, laissant des vides dans le tracé. Là où le mortier de l'enduit médiéval UE1 est conservé, ils sont tracés directement à sa surface, sans que le mortier comportant les grains de tuileau ne soit appliqué.

5.3.3 Reprise des faux-joints (UE14)

Reconnu dans les travées 3 à 5, le revêtement UE14 correspond lui aussi à une phase de réfection des surfaces murales (**fig. 144**). Cet enduit a été appliqué sous la voûte. Il se caractérise par son application en quadrilatères réguliers, ce qui permet de l'identifier aisément. Il est apposé en particulier autour des trous de voûte, où l'érosion des enduits est généralement importante en raison des frottements provoqués par les éléments suspendus (luminaires, nacelles ponctuelles) et des infiltrations d'humidité provenant des combles¹⁷⁵. Également, cet enduit est largement présent au niveau du clair-étage, ainsi que plus ponctuellement au niveau du triforium (fond de galerie au sud, parement au-dessus des arcs au nord) et sur les parties basses de la nef (grandes arcades nord, pilier est de la travée 4).

Il se compose d'un mortier de chaux blanc, sableux, et de texture très fine¹⁷⁶, soigneusement lissé à la brosse ou au pinceau. À l'intrados de la voûte et au niveau du clair-étage, de faux-joints blancs se superposant à ceux de l'enduit UE1 ont été tracés. Ils se prolongent sur l'ensemble de la moulure de l'arc formeret et dans le chanfrein de la rose, mais pas dans le remplage. Ils sont épais et mesurent 3 à 4 cm d'épaisseur, et les dimensions de l'appareil sont régulières. Par endroits, le faux-appareil est tracé à même les couches antérieures, sans que le mortier de chaux lissé ne soit appliqué au préalable.

Dans la galerie du triforium sud, un badigeon très fin et très pulvérulent de couleur brun-jaune

175. Actuellement, de simples bouchons de tissu bouchent les trous depuis l'extrados de la voûte.

176. Cette couche a d'abord été interprétée comme une couche de plâtre ; une analyse réalisée à la demande de Lithos (dont les résultats nous ont été transmis oralement) a révélé qu'il s'agissait d'un mortier lié à la chaux.

recouvre l'enduit UE14. Il semble avoir été appliqué à la brosse, de manière peu soignée puisque de nombreuses traces de giclures et de coulures sont visibles sur les colonnettes et sur le parement, directement sur les couches précédentes (UE1, 2, 3). Cette couche UE14 relève donc d'une volonté de restaurer certaines zones du parement, peut-être plus altérées que d'autres.

5.3.4 Les travaux de Babiloni Voisin, travées 6 à 9 (UE4)

Le dernier enduit UE4 correspond à une restauration des parties hautes des quatre travées les plus orientales du vaisseau central (**fig. 143**). Trois enduits ont été identifiés et, bien qu'ils soient de composition différente, ils présentent plusieurs similitudes au niveau stratigraphique, au niveau de leur localisation et enfin dans leur aspect grossier de surface qui permet de les attribuer à une même campagne de revêtement (UE4.1, 4.2 et 4.3).

Le premier enduit observé (**UE4.1**) correspond à une reprise générale des revêtements de l'intrados de la voûte, effectuée entre les années 1963 et 1970 par Babiloni Voisin. Ce dernier a signé son travail en travée 9, dans le quartier transversal sud. Quatre couches superposées le composent : une couche de ciment gris puis une fine couche de chaux hydraulique sont appliquées afin de régulariser la surface et de la préparer à recevoir un décor ; celui-ci comprend une couche brun-jaune accueillant un motif de faux-appareil, dont les faux-joints sont tracés à l'aide d'un badigeon apparaissant gris aujourd'hui, mais qui était peut-être blanc à l'origine. La texture de ce dernier badigeon est grossière et grumeleuse. Le faux-appareil est tracé sur l'ensemble de la mouluration des ogives et des arcs doubleaux ; ses dimensions sont irrégulières.

Au niveau des roses, **le second enduit** (**UE4.2**) est constitué d'une couche de teinte jaunâtre accueillant un décor de faux-joints blanc-gris. Le badigeon appliqué à cet effet présente une texture grumeleuse en raison de la présence de nodules de liant. Il est appliqué grossièrement à la brosse, et présente une surface irrégulière.

La troisième couche (**UE4.3**) est localisée au niveau des lancettes et au-dessus du parement du triforium, mais uniquement en travées 7 à 9. Il s'agit d'un badigeon blanc-beige (apparaissant gris en surface en raison de la poussière, et dont la texture grumeleuse et les traces de brosses en surface le rapprochent de l'enduit UE4.2).

5.4 La polychromie des colonnettes du triforium et des clefs de voûte

Dans le vaisseau central, deux ensembles architecturaux distincts ont reçu un traitement spécifique en vue de leur mise en couleur. Il s'agit des colonnettes du triforium, et des clefs de voûte. Un seul décor polychrome a été reconnu sur les colonnettes (**UE11**), tandis que les clefs de voûte en reçoivent deux (**UE9** et **10**). Nous avons constaté l'existence de similitudes entre la polychromie des colonnettes et la première polychromie appliquée sur les clefs, tant sur le plan technique grâce à l'analyse des pigments utilisés, que sur le plan stylistique, en comparant leurs motifs. Nous pouvons donc nous poser la question de leur appartenance à un même programme de mise en couleur. À partir de nos observations de terrain et des résultats des analyses¹⁷⁷, nous nous attacherons à démontrer cette cohérence. À partir de la stratigraphie, nous replacerons ensuite cette mise en couleur au sein de la succession générale des revêtements, en posant les questions de datation soulevées par cet exercice. Puis, nous définirons le second décor des clefs de voûte. Nous tenterons de le placer, à son tour, dans la stratigraphie globale du vaisseau central et de proposer une datation pour sa réalisation.

177. Étude stratigraphique réalisée en microscopie optique à lumière réfléchie externe sur une section polie, puis en microscopie électronique à balayage avec détecteur de microfluorescence X.

5.4.1 Un premier état (UE9 et 11)

» 5.4.1.1 Le fût des colonnettes du triforium (UE11)

Les fûts des colonnettes ont reçu un décor peint (UE11), alors que leurs chapiteaux et leurs bases en sont exempts¹⁷⁸. Ce décor polychrome correspond à un motif de faux-marbre. Il est composé d'un fond coloré uni, sur lequel une seconde couleur est posée par applications ponctuelles et aléatoires du pinceau, comme si le peintre avait travaillé par petites touches (**fig. 145**). Les colonnettes ont ainsi été peintes à l'aide de cinq types d'association de couleurs :

- » Rouge sur rouge-bordeaux (**fig. 146**)
- » Vert sur noir (**fig. 147**)
- » Rose sur vert pâle (**fig. 148**)
- » Rose sur jaune-orange (**fig. 149**)
- » Vert sur rose¹⁷⁹ (**fig. 150**)

Une fine couche blanche¹⁸⁰ s'intercale entre les deux couches colorées sur toutes les colonnettes, à l'exception de celles arborant un motif rouge sur rouge-bordeaux (**ill. 17, fig. 151**). Cette superposition de couches picturales ne présente cependant pas d'effet de transparence. La couche blanche intermédiaire peut donc être interprétée comme un choix technique, destiné à rehausser le contraste entre le fond et les petites touches de couleur créant l'effet de marbrure en surface¹⁸¹.

Dans chaque travée, les bichromies sont organisées selon une symétrie partant de la colonnette centrale et s'éloignant en direction des extrémités¹⁸². En outre, le rythme adopté varie d'une travée à l'autre : deux travées côte à côte présentent un agencement différent. De même, entre le nord et le sud, il n'arrive jamais que deux bichromies identiques soient en face l'une de l'autre (**ill. 17**). Ainsi, par l'alternance des couleurs et la cohérence d'un rythme établi, le décor présente une véritable harmonie visuelle. Le programme décoratif est cohérent et appliqué sur toute la longueur du vaisseau central.

Sept couleurs différentes¹⁸³ constituent les motifs de faux-marbre. On se référera au tableau ci-dessous qui détaille les alternances de couleur reconnues sur chaque fût, en présentant le nord face au sud¹⁸⁴ (**tab. 8**).

178. On note cependant une exception dans la travée 9 nord où trois chapiteaux sont intégrés à ce programme décoratif. Ces exceptions concernent le chapiteau au centre de la travée et ceux situés aux extrémités.

179. Une analyse de ces couches a été réalisée à partir d'un prélèvement effectué sur la colonnette centrale (c) de la travée 5 nord (Annexe 5.4, P124, pp. 13-16). À l'œil nu, le décor apparaît vert sur rose. La stratigraphie révélée par les analyses est plus complexe : une première couche noire est recouverte d'une couche de blanc de plomb, elle-même recouverte d'une couche rose, puis d'une couche verte. Il ne s'agit pas d'une marbrure de vert et de rose sur fond noir, car le rose est omniprésent. La surface de cette couche picturale présente des tâches plus foncées, qui semblent correspondre aux endroits où était appliqué le vert (aujourd'hui très largement disparu). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette stratigraphie : la couche noire correspond peut-être à un décor antérieur à l'UE11 ; il peut également s'agir d'un repentir ; enfin, cette couche a peut-être pour vocation de foncer le fond de la colonnette en vue de l'application du décor supérieur. En l'absence de davantage d'informations, il est difficile de préférer l'une ou l'autre de ces interprétations.

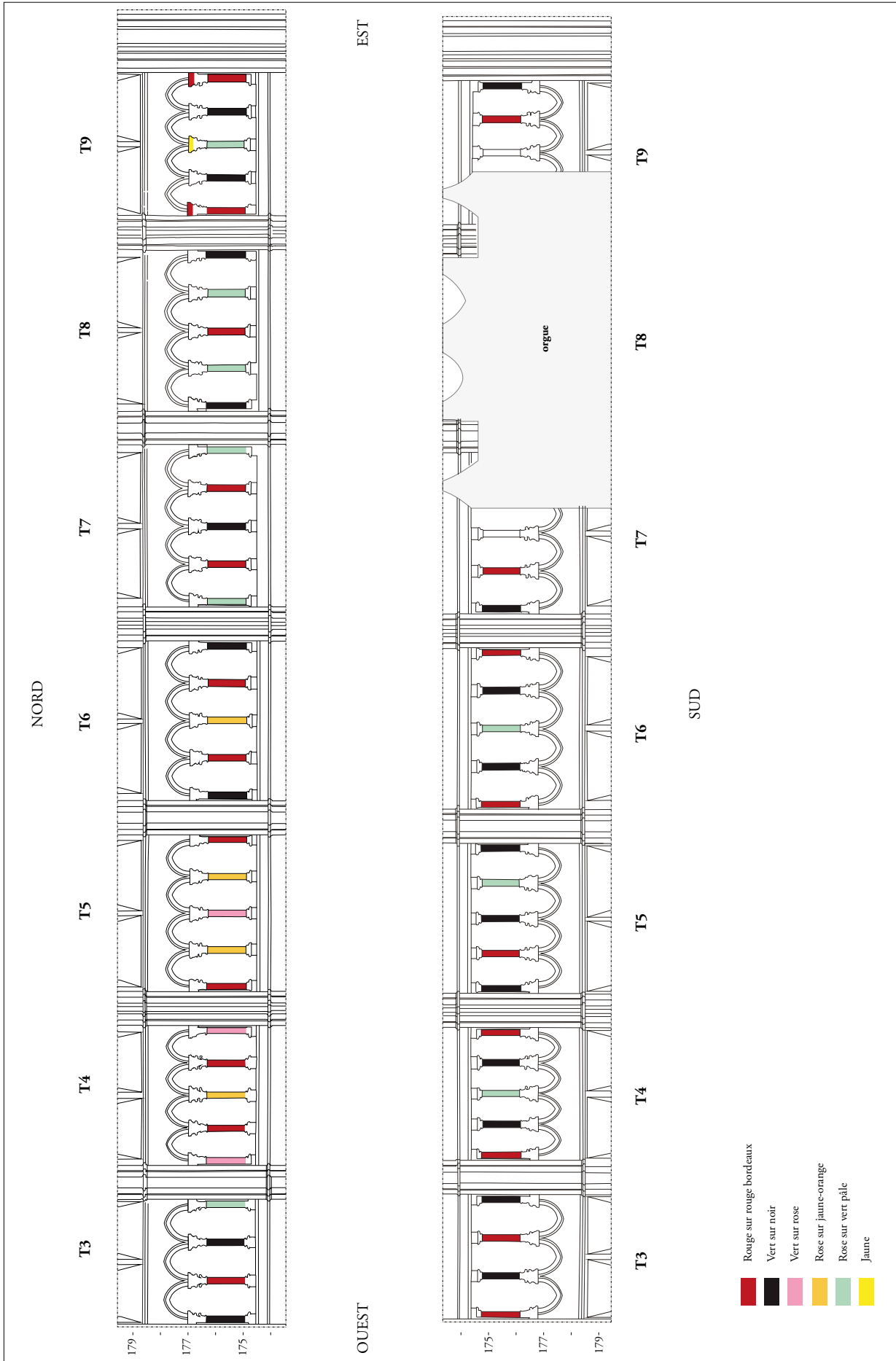
180. Cette couche apparaît grise par endroits. L'analyse stratigraphique des prélèvements P13 (teinte de la colonnette : vert sur noir) et P14 (rose sur vert pâle) révèle qu'il s'agit d'une couche de blanc de plomb.

181. Soulignons une anomalie dans les résultats d'analyse des prélèvements 107 et 109 (annexe 4.3). L'observation macroscopique montre une fine couche blanche située entre les deux couches colorées, qui apparaît, en outre, sur les photographies cf. **fig. 151**. Cette couche blanche intermédiaire est, en revanche, absente de la stratigraphie révélée par les analyses en laboratoire.

182. On note toutefois deux exceptions : travée 3, car les colonnettes sont au nombre de quatre et travée 5 sud où la colonnette centrale présente la même alternance de couleurs que celles des extrémités, alors que celles intermédiaires (b et d) sont dissemblable.

183. Deux types de rouge ; deux types de vert ; du noir ; du rose ; du jaune-orange.

184. Malgré la présence de l'orgue (T7, 8 et 9), on peut supposer que les colonnes non accessibles ont exclusivement porté les associations de type rouge sur rouge-bordeaux, vert sur noir et rose sur vert pâle, comme c'est le cas sur l'ensemble du parement méridional.



ill. 17 : Polychromie du triforium, schéma de l'alternance des couleurs du faux-marbre - éch. : 1/200

Travée 3	Sud	Nord	T3
Colonnnette a	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur noir	a
Colonnnette b	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	b
Colonnnette c	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur noir	c
Colonnnette d	Vert sur noir	Rose sur vert pâle	d
Travée 4	Sud	Nord	T4
Colonnnette a	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur rose	a
Colonnnette b	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	b
Colonnnette c	Rose sur vert pâle	Rose sur jaune-orange	c
Colonnnette d	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	d
Colonnnette e	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur rose	e
Travée 5	Sud	Nord	T5
Colonnnette a	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	a
Colonnnette b	Rouge sur rouge-bordeaux	Rose sur jaune-orange	b
Colonnnette c	Vert sur noir	Vert sur rose	c
Colonnnette d	Rose sur vert pâle	Rose sur jaune-orange	d
Colonnnette e	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	e
Travée 6	Sud	Nord	T6
Colonnnette a	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur noir	a
Colonnnette b	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	b
Colonnnette c	Rose sur vert pâle	Rose sur jaune-orange	c
Colonnnette d	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux	d
Colonnnette e	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur noir	e
Travée 7	Sud	Nord	T7
Colonnnette a	Vert sur noir (+ brun ?)	Rose sur vert pâle	a
Colonnnette b	Rouge sur rouge-bordeaux (+ brun ?)	Rouge sur rouge-bordeaux	b
Colonnnette c	-	Vert sur noir	c
Colonnnette d	-	Rouge sur rouge-bordeaux	d
Colonnnette e	-	Rose sur vert pâle	e
Travée 8	Sud	Nord	T8
Colonnnette a	-	Vert sur noir	a
Colonnnette b	-	Rose sur vert pâle	b
Colonnnette c	-	Rouge sur rouge-bordeaux	c
Colonnnette d	-	Rose sur vert pâle	d
Colonnnette e	-	Vert sur noir	e
Travée 9	Sud	Nord	T9
Colonnnette a	-	Rouge sur rouge-bordeaux	a
Colonnnette b	-	Vert sur noir	b
Colonnnette c	-	Rose sur vert pâle	c
Colonnnette d	Rouge sur rouge-bordeaux	Vert sur noir*	d
Colonnnette e	Vert sur noir	Rouge sur rouge-bordeaux*	e

*Les vestiges sur ces deux colonnettes sont encore moins préservés que sur les autres : seule la première couche picturale est conservée. Nous proposons toutefois de restituer la stratigraphie correspondante aux associations de couleurs observées sur les autres fûts : le noir est systématiquement recouvert par du vert ; le rouge-bordeaux est systématiquement recouvert par du rouge.

tab. 8 : Polychromie du triforium, tableau des alternances de couleur du faux-marbre travée par travée.

Des analyses en laboratoire ont été effectuées sur des échantillons, afin de déterminer la composition de ces couches picturales. Les résultats révèlent l'emploi de plusieurs pigments, qui composent traditionnellement la palette du peintre et auxquels s'ajoutent deux pigments plus rares. On trouve, parmi les pigments usuels :

- » Du **charbon** pour les couches noires¹⁸⁵ ;
- » De **l'ocre** pour certaines couches roses (type vert sur rose¹⁸⁶) et pour le jaune-orange¹⁸⁷ ;
- » De **l'acétate de cuivre** pour les couches vertes (types vert sur noir¹⁸⁸ ; type vert sur rose¹⁸⁹) ;
- » Du **minium**, très probablement, pour la couche rouge vif. Celle-ci n'a pas fait l'objet d'analyse en laboratoire, mais deux détails corroborent cette hypothèse : par endroits, la couche prend une teinte orange vif caractéristique du minium ; également, des taches noires apparaissent ponctuellement à la surface et peuvent être assimilées à l'oxydation de cet oxyde de plomb. (**fig. 152**).

Les résultats attestent également de l'utilisation de deux pigments singuliers. Pour la réalisation du rose des motifs de type rose sur vert et rose sur jaune-orange, c'est de la **laque**¹⁹⁰ (de garance ou de carmin) qui a été utilisée, colorant peu courant dans la peinture murale. Les analyses montrent également l'utilisation de **vivianite**¹⁹¹, qui est un pigment peu identifié en France. Cette polychromie se caractérise donc par la nature atypique de deux des pigments employés.

» 5.4.1.2 Les clefs de voûte (UE9)

Sept clefs rondes¹⁹², vers lesquelles convergent les branches d'ogives, ponctuent le voûtement du vaisseau central. Elles sont percées d'un fourreau central autour duquel se développe un décor floral disposé en corolle. Au-dessus de cet ornement, le fût des clefs est marqué par un cavet qui se retourne sur les quatre branches d'ogives. La couronne des clefs 3, 6 et 7 présente une sculpture végétale de feuilles et de fruits. Celle des clefs 4, 5, 8 et 9 se caractérise par des branches feuillagées, ponctuées de bourgeons ou de fruits.

Le décor polychrome UE9 recouvre le décor végétal, le cavet et le fût de chaque clef (**fig. 153 et 154**)¹⁹³. Il se poursuit sur les branches d'ogives sur une distance de 19 à 27 cm (*cf. annexe 4.2*).

Le motif adopté sur les fûts et les ogives est un faux-marbre, réalisé à l'aide de deux types d'association de couleurs : rouge vif sur rouge-bordeaux pour les travées paires et vert sur noir pour les travées impaires¹⁹⁴. Pour chacune des clefs, on constate également un jeu d'alternance entre le fût et les ogives.

185. P13, annexe 5.1 pp. 10-11 ; P 124, annexe 5.4 pp. 13-15.

186. P124, annexe 5.4 pp. 13-15.

187. P109, annexe 5.3 pp. 26-28.

188. P13, annexe 5.1 pp. 10-11.

189. P124, annexe 5.4 pp. 13-15.

190. P109, annexe 5.3 pp. 26-28 ; P107, annexe 5.3, pp. 23-25 ; P 14, annexe 5.1 pp. 12-13.

191. P107, annexe 5.3, pp. 23-25.

192. Il s'agit de blocs monolithes de 115 à 125 cm de diamètre selon les travées ; le jour central mesure environ 52 cm de diamètre ; la hauteur visible est 70 à 80 cm au faite de la voûte ; au niveau du jour central la hauteur est de 117 à 140 cm.

193. Il faut souligner l'état de conservation particulièrement lacunaire des polychromies des clefs des travées 8 et 9, qui a limité l'obtention d'informations et donc de résultats quant à la stratigraphie et l'aspect des décors anciens.

194. L'analyse du prélèvement P102 (branche d'ogive de la clef 3) révèle également l'existence d'une fine couche blanche venant se superposer à deux couches rouges semblant correspondre au premier décor de faux-marbre (composées de cinabre et d'ocre pour la première, de minium pour la seconde), et étant recouverte d'une troisième couche rouge (composée d'un mélange de minium et d'ocre). Cette couche de blanc de plomb (à laquelle s'ajoutent de l'ocre et un liant organique) semble donc avoir eu une fonction particulière : peut-il s'agir d'un motif disparu ?

Quand le fût accueille le faux-marbre rouge sur rouge-bordeaux, les ogives sont traitées en vert sur noir, et lorsque le fût est traité en vert sur noir, les ogives accueillent le faux-marbre rouge sur rouge-bordeaux. Cette alternance est régulière de la travée 3 à la travée 7 du vaisseau¹⁹⁵.

Les feuilles des clefs sont toujours peintes en rouge ou en vert de manière à accentuer ces jeux de bichromie¹⁹⁶. Pour les clefs 3 et 6, dont la couronne se compose de quatre grosses feuilles disposées en vis-à-vis, deux sont peintes rouges et deux en vert. Les deux feuilles qui se font face sont de la même couleur. Pour la clef 7, toutes les feuilles de la couronne intérieure sont vertes et celles, plus grosses, de la couronne extérieure sont rouges. La clef 5 est organisée de la même manière : vert pour les feuilles intérieures et rouges pour celles à l'extérieur. Toutes les feuilles de la clef 8 sont rouges, et toutes celles de la clef 9 sont vertes. La clef 4 est la seule qui présente une irrégularité : les feuilles sont rouges sauf quatre d'entre elles, qui sont vertes, sans qu'une logique puisse être établie dans ce choix. Pour les clefs 3 et 6, les feuilles de la petite couronne végétale présentent une alternance de rouge et de vert, une feuille sur deux. Le nombre de feuilles étant impair sur la clef 3, deux d'entre elles sont traitées en bichromie, de part et d'autre de la nervure centrale (**fig. 155**).

Les feuilles ont, par ailleurs, été individuellement traitées en dégradé chromatique, depuis la nervure centrale jusqu'à l'ourlet extérieur du limbe (clef 3, 4 et 6). Cela est particulièrement visible sur les feuilles rouges, dont la nervure est rouge foncé bordée d'un trait orange et le contour extérieur, peint en blanc (**fig. 156**). Pour les feuilles vertes, cette lecture est rendue plus difficile par l'altération de la couleur verte qui assombrit l'ensemble. Toutefois, celles de la clef 3 entrent parfaitement dans ce schéma de dégradé : la nervure centrale est vert foncé, se dégradant en une teinte plus claire à l'extérieur du limbe. Notons, également, que le cavet de la clef 5 a été traité selon le même dégradé que les feuilles rouges. Les couleurs appliquées, du bas vers le haut, sont les suivantes : rouge foncé, orange, liseré blanc sur l'arête du cavet. En travée 3, le rehaut noir, bien visible, permet d'appuyer le relief des nervures des feuilles.

Les branches du feuillage et les pétioles sont vertes (clefs 4, 5 et 8). Toutefois, celles de la clef 9 sont peintes en rouge, sans doute pour accentuer le contraste avec les feuilles qui, là, sont traitées en vert. Utiliser deux couleurs différentes permet de mieux distinguer les éléments sculptés.

Le fond des couronnes des clefs 5 à 7 est traité en noir, ce qui fait ressortir les feuilles rouges et vertes¹⁹⁷. Le fond des clefs 3 et 4 est peint en rouge, ce qui tranche moins avec la couleur appliquée sur les feuilles, rouges également. C'est le dégradé chromatique qui crée le contraste et augmente la lisibilité du décor.

Les différentes nuances de rouge ont été obtenues à partir de pigments spécifiques et parfois, mélangés les uns aux autres :

- » **L'ocre** est utilisé pour le fond du motif de faux-marbre¹⁹⁸. On le trouve aussi dans la couche picturale jaune de la clef 3 (sur le cavet annulaire intérieur), elle-même appliquée sur une couche rose¹⁹⁹.
- » Pour la clef 3, du **cinabre** constitue la couche picturale du fond du décor de faux-marbre, et est alors mélangé à de l'ocre. La présence de ce pigment est révélée par l'analyse du prélèvement P102²⁰⁰.

195. Il est impossible d'affirmer cette restitution pour les clefs 8 et 9, en raison de la pauvreté des vestiges : il est en effet difficile d'attribuer avec certitude les écailles conservées à l'une ou l'autre des deux polychromies.

196. De la dorure apparaît par endroits au-dessus des couches rouge ou verte, que l'on a dans un premier temps été tenté d'attribuer au premier état de polychromie. Toutefois, la vision d'ensemble de l'UE 9 montre que la technique de la feuille d'or semble très peu avoir été utilisée pour ce premier décor. Nous émettons donc des réserves quant à l'appartenance de cette dorure au premier état, qui peut également et raisonnablement être attribuée à l'UE 10 (*cf. annexe 4.2*).

197. De la dorure a été observée dans le fond de l'anneau sur les clefs 8 et 9. Elle semble appartenir à la première polychromie.

198. Annexe 5.3, P106, pp. 19-20 ; annexe 5.4, P105, pp. 8-9. Notons également que, sur l'ogive de la clef 5, l'analyse du P106 révèle la présence d'une couche rouge contenant de l'ocre au-dessus des deux couches du faux-marbres. Cette troisième couche peut-elle correspondre à un tracé préparatoire pour le décor de l'UE 10 ? Ou à un motif particulier de l'UE9 à cet endroit ?

199. Annexe 5.4, P103, pp. 4-5.

200. Annexe 5.3, P102, pp. 13-14.

- » Le **minium** est utilisé pour la couche supérieure du faux-marbre²⁰¹. Il semble également avoir servi à créer la seconde nuance de rouge employée sur les dégradés chromatiques des feuilles et de certains cavets.
- » On note aussi la présence de **laque** dans des couches roses sur les clefs 3 et 4 (P103 et P119)²⁰², et dans une couche rouge sur la clef 5 (P106)²⁰³.

Le vert des feuilles et celui du faux-marbre a été réalisé à partir d'**acétate de cuivre** (vert-de-gris)²⁰⁴. Les noires ont été obtenues à partir de **charbon**²⁰⁵.

Au terme de la mise en couleur des clefs, les peintres ont appliqué une couche translucide ou brune²⁰⁶. Les composés organiques qu'elle contient permettent de l'interpréter comme un vernis protecteur. Les analyses révèlent en effet que ce dernier présente une certaine cohésion avec les couches qu'il recouvre et un décollement avec les couches picturales supérieures. Cette couche protectrice témoigne d'un soin particulier apporté à la conservation de la polychromie des clefs.

Le programme décoratif adopté pour les clefs s'appuie sur des nuances de vert et de rouge, agrémentées de quelques touches de noir, de blanc et de dorure. Au niveau du rendu visuel, cette palette réduite a contribué à créer un décor équilibré sur toute la longueur du vaisseau central. Les jeux de dégradé chromatiques révèlent l'intention de rendre visible et lisible ce décor, alors même qu'il est situé à près de 40 m de haut. En outre, on constate, sur les clefs 4 et 5, la présence d'une fine couche blanche intermédiaire entre les couches noires et vertes du faux-marbre²⁰⁷. Cela relève également du souci des peintres de rendre le décor parfaitement lisible, en créant pour le vert, un fond clair plutôt que de l'appliquer directement sur le noir.

» 5.4.1.3 Les fûts des colonnettes et les clefs : un programme décoratif cohérent

Les polychromies identifiées sur les clefs et sur les fûts des colonnettes du triforium possèdent de nombreuses similitudes. Tout d'abord, le décor de faux-marbre est exactement le même sur les clefs et sur les colonnettes : le motif est rouge vif sur rouge-bordeaux, ou vert sur noir. Les peintres ont joué avec cette alternance aussi bien sous la voûte que dans le triforium. Ensuite, les pigments utilisés sont majoritairement identiques, puisque l'on trouve dans les deux cas du charbon, de l'ocre, de l'acétate de cuivre, du minium et de la laque²⁰⁸. Il faut également préciser que les décors UE9 et UE11 viennent après l'enduit UE1 et avant l'enduit UE2. Ils sont donc placés au même niveau dans la stratigraphie générale des revêtements du vaisseau central. De plus, les analyses révèlent l'utilisation de pigments identiques pour la réalisation des clefs et des colonnettes. Nous proposons donc d'associer ces deux décors peints au même programme.

Les peintres ont maîtrisé leur sujet en sélectionnant soigneusement leurs pigments. Leur choix relève d'une recherche technique dans l'élaboration de l'ornement. Pour obtenir du rouge, du rose ou

201. Annexe 5.3 : P102, pp. 13-14 et P 106, pp. 19-20 ; annexe 5.4, P105, pp. 8-10. L'analyse du P11 révèle pour l'UE9 une couche rouge composée d'un mélange de minium et d'ocre ; elle porte en surface les vestiges d'une probable seconde couche rouge, composée exclusivement de minium (Annexe 5.1, P11, pp. 6-7).

202. Annexe 5.4, P103, « Level 2 », pp. 4-5 ; annexe 5.3, P119, « Level 3 », pp. 33-34. Il semble dans les deux cas s'agir de sous-couches au décor polychrome.

203. Annexe 5.3, P106, « Level 3 », pp. 19-20. Mise en garde : l'en-tête descriptif dans le rapport d'analyse rattache ce prélèvement P106 à la clef 3, il s'agit bien en réalité de la clef 5.

204. Annexe 5.1, P12, pp. 8-9 ; annexe 5.3, P 101, pp.8-9 et P119, pp. 33-35.

205. Annexe 5.3, P101, pp. 8-9.

206. Sa présence est attestée sur les clefs 3, 5 et 7 : P11, P12, P101, P102, P105.

207. L'échantillon P119 (Annexe 5.3) atteste de la présence cette couche, constituée de blanc de plomb.

208. Les analyses révèlent aussi la présence de vivianite dans le triforium. Ce pigment permet d'obtenir une nuance de vert que l'on trouve seulement sur les colonnettes, ce qui explique l'absence de ce pigment dans les échantillons provenant des clefs.

du jaune-orange, les peintres ont employé quatre pigments différents : du minium pour un rouge vif ; du cinabre mélangé à de l'ocre pour un rouge-bordeaux ; de l'ocre pour un rose ou un jaune-orange ; de la laque pour un rose. Ces procédés élaborés de superposition de couches se justifient pour obtenir des effets de faux-marbres. Par exemple, pour celui des colonnettes, c'est de la laque qui a été employée pour le rose et de la vivianite pour le vert (**fig. 148**). Ces pigments ont été sélectionnés pour obtenir deux teintes claires, adaptées l'une à l'autre pour créer le faux-marbre. Également, pour créer des marbrures rouges sur fond rouge, l'utilisation de minium sur de l'ocre ou du cinabre permet d'obtenir un effet de rouge-orangé vif sur un fond plus sombre. Enfin, pour le faux-marbre vert sur fond noir, les peintres ont utilisé de l'acétate de cuivre. Ce pigment est peu couvrant, c'est-à-dire que pour être visible il doit être appliqué sur une sous-couche. Si cette sous-couche est claire, le vert sera vif, tandis que si elle est foncée il sera plus sombre. De ce fait, la couche de blanc de plomb appliquée entre le noir et le vert permet de donner une teinte vert vif aux marbrures (**fig. 147**). Le soin apporté à la sélection des pigments pour réaliser ces décors traduit donc une bonne maîtrise des techniques picturales. L'application de blanc de plomb sous les couches picturales des marbrures en témoigne également, puisque cette couche intermédiaire permet une meilleure lisibilité des couleurs. La variété de la palette de pigments traduit aussi la richesse des moyens mis en œuvre pour ce chantier de décoration.

» 5.4.1.4 Une polychromie médiévale, associée à un décor de faux-appareil

Dans sa publication concernant les revêtements anciens de la cathédrale²⁰⁹, Jürgen Michler mentionne une polychromie « imitant le marbre (gris-bleu, blanc ou rouge – la succession de couleur n'est pas systématique) dont on a recouvert, sans doute à la fin du XVIII^e siècle, les colonnettes du triforium de la nef ». Sur ces mêmes colonnettes, Brice Moulinier observe, quelques années plus tard, un décor peint de « faux marbre grossier jaune ou rouge alterné ». Il place stratigraphiquement cette couche entre le « repeint du 19^e et le repeint ancien »²¹⁰. Les deux auteurs s'accordent donc à proposer une datation postérieure au Moyen Âge pour ces décors. L'étude archéologique des revêtements du vaisseau central montre que la mise en couleur des clefs de voûte et des colonnettes n'est pas aussi récente qu'ils le pensaient. Le décor polychrome a, en effet, été réalisé entre le premier motif de faux-appareil (UE1), daté du début du XIII^e siècle, et le second (UE2) antérieur à 1340. Cette fourchette chronologique donne *les terminus post et ante quem* pour dater ce décor de faux marbre.

Cette stratigraphie invite à nous interroger sur la relation du décor polychrome avec l'enduit de faux-appareil. En effet, la question se pose de savoir si la polychromie des clefs (UE9) et des colonnettes (UE11) est contemporaine de l'enduit UE1. Plusieurs indices montrent que ce décor polychrome vient sur l'enduit. Au niveau des clefs, les couches picturales de l'UE9 recouvrent les faux-joints blancs (**fig. 157**). Sur les chapiteaux des colonnettes de la travée 9, elles passent également dessus un faux-joint blanc tracé sur l'abaque (**fig. 158**). Sur tous les fûts des colonnettes, elles recouvrent systématiquement le badigeon de chaux de l'enduit UE1. Les analyses renforcent cette observation, car il est avéré que les couches de badigeon blanc associées au décor polychrome se composent d'un blanc de plomb et non de chaux. L'usage de ces deux matériaux révèle sans doute l'organisation du chantier de revêtements. En effet, il apparaît que la réalisation de l'enduit de faux-appareil UE1 requière un savoir-faire ordinaire, tandis que la réalisation des décors polychromes nécessite une plus grande dextérité et une maîtrise des pigments colorés et de leur mélange. On peut donc supposer que c'est une seconde équipe, peut-être plus spécialisée, qui intervient pour appliquer les décors polychromes, parachevant ainsi la mise en couleur de la cathédrale. Cette application a donc lieu en fin de chantier avant le démontage définitif de l'échafaudage.

209. MICHLER (J.) 1989, p. 119.

210. MOULINIER (B.) 1994, p. 2.

5.4.2 Un second décor polychrome sur les clefs de voûte (UE10)

Un second décor polychrome a été reconnu sur toutes les clefs de voûte (**UE 10**). C'est celui qui a été restitué lors de la campagne de restauration de 2014 et 2016. Il se caractérise par une mise en couleur de la couronne feuillagée, et par la réalisation de motifs héraldiques sur les branches d'ogives et sur les fûts. Les gorges à profil segmentaire sont toutes ornées du même motif de fleurs dorées sur fond uni (**fig. 153 et 154**). Les couches picturales de cet état de décor sont décrites clef par clef dans l'annexe 4.2.

» 5.4.2.1 Les techniques de mise en œuvre

Le décor UE10 se caractérise par une mise en œuvre soignée et appliquée. En premier lieu, une couche de blanc de plomb recouvre les strates antérieures et permet de préparer la surface à la pose du futur décor. En second lieu, des tracés préparatoires rouges ont été observés sous les motifs polychromes des ogives (**fig. 159 et 160**). Les fleurs dessinées sur les gorges ont ainsi été préalablement délimitées par un cercle peint en rouge, et les bordures à chevrons, par des lignes rouges également²¹¹.

On constate une grande cohérence sur toute la longueur du vaisseau central. Tout d'abord, la surface occupée par la polychromie sur les ogives est régulière. Au niveau des parties verticales, elle s'étend entre 66 et 69 cm depuis la clef ; au niveau de la gorge, elle s'étend sur environ 59 cm. Ensuite, les analyses physico-chimiques, effectuées à partir des prélèvements, mettent en évidence une palette de pigments homogène et constante :

- » le **bleu** est un outremer naturel²¹² ;
- » la **dorure** est réalisée à la feuille d'or²¹³ ;
- » le **mordant** accueillant la feuille d'or est un mélange de minium, d'ocre, de blanc de plomb et d'un liant organique²¹⁴ ;
- » le **vert** est de l'acétate de cuivre (vert-de-gris)²¹⁵ ;
- » le **noir** est composé de charbon²¹⁶ ;
- » le **rouge** a été réalisé à l'aide de pigments de nature différente, en raison de besoins spécifiques. Sur la clef 3, une couche constituée d'ocre rouge précède le mordant et la feuille d'or : il s'agit probablement d'une couche préparatoire²¹⁷. Un prélèvement réalisé sur une feuille rouge de la couronne de la clef 7 révèle l'utilisation de cinabre²¹⁸.
- » le **rose** est obtenu par la superposition de deux couches différentes : sur la clef 4, une première couche composée de cinabre mélangé à du blanc de plomb est recouverte par une laque, afin d'en atténuer le rouge²¹⁹ (**fig. 161**). Également, une laque est utilisée mélangée à du blanc de plomb sur la clef 5²²⁰, et appliquée sur la feuille d'or ce qui donne une couleur **rose-violet** à l'ensemble.

211. Plus précisément, un tracé préparatoire rouge a été observé : sur les tores de la clef 4, au niveau du semis de fleurs de lys ; sur les ogives de la clef 6 pour les fleurs de la gorge à profil segmentaire et pour la bordure à chevrons ; sur les ogives de la clef 7 pour la bordure à chevrons.

212. Annexe 5.1, P11 ; annexe 5.2, pp. 6-7 ; annexe 5.3, P102 et P106.

213. Annexe 5.1, P11 ; annexe 5.2, pp. 8-9 ; annexe 5.3, P101 ; annexe 5.4, P105.

214. *Idem*.

215. Annexe 5.3, P102 ; annexe 5.4, P103.

216. Annexe 5.3, P101, « level 9 », pp. 11-12.

217. Annexe 5.3, P101, « level 6 », p. 10.

218. Annexe 5.1, P12, pp. 8-9.

219. Annexe 5.3, P119, « Level 8 » et « Level 9 ».

220. Annexe 5.4, P105, « Level 9 ».

Pour obtenir les couleurs rouge et rose, plusieurs types de pigments ont donc été utilisés, parfois par superposition. On trouve une laque appliquée sur la feuille d'or dans deux cas, sur les clefs 5 et 6, pour réaliser un émail « de gueule ». Cette superposition de laque, pigment plutôt inhabituel pour la période médiévale, à une feuille d'or, qui est un matériau très coûteux, n'a donc été adoptée que pour réaliser des motifs héraldiques. Sur la clef 4, on observe une superposition différente car de la laque recouvre une couche de cinabre. À cet endroit, le décor correspond probablement à l'ornementation extérieure d'une armoirie. Dans ce cas, il ne s'agit donc pas de représenter un émail « de gueule » ou « pourpre », mais simplement d'obtenir une teinte rose, ce qui justifie l'utilisation en sous-couche d'un pigment moins coûteux que la feuille d'or. Ainsi, l'utilisation de ces deux techniques pour obtenir du rose ne relève pas du hasard. Il s'agit plutôt d'un choix motivé par la hiérarchisation des motifs, les émaux des figures héraldiques justifiant l'emploi de matériaux luxueux. La même remarque peut être faite pour les couches rouges analysées. Leurs variétés s'expliquent par leur fonction dans le décor. La couche préparatoire est réalisée avec de l'ocre, matériau moins noble et moins coûteux que le cinabre, qui lui, est utilisé pour le décor apparent.

En ce qui concerne la technique de mise en couleur, les couches picturales ont systématiquement été appliquées en rechampi sur la feuille d'or²²¹. Cette méthode est utilisée sur les zones non sculptées comme les tores (clef 4) et les parties verticales des fûts et des ogives (clef 5)²²². Cette mise en œuvre concerne exclusivement les zones utilisant la feuille d'or. Sur les tores de la clef 5, par exemple, où une partie du décor héraldique est gris-argent sur fond bleu, le contour du motif est d'abord délimité à l'aide de la couche bleue et laissé en réserve avant d'être repeint, sans doute en gris ou gris-argenté. La stratigraphie au niveau de la sculpture révèle également que la feuille d'or est posée en premier. Cela apparaît sur la clef 4, où la couche rouge du fond de la couronne recouvre le feuillage doré, et sur la clef 6, où des gouttes rouges correspondant également au fond de la couronne ont éclaboussé la dorure des fruits et indiquent l'antériorité de la dorure (**fig. 162**). L'utilisation d'une même technique réservée à la feuille d'or, le rechampi, met en évidence la cohérence du chantier de mise en couleur, d'une clef à l'autre.

» 5.4.2.2 Un décor héraldique

On note également une grande régularité dans l'organisation générale du décor. L'ensemble est délimité, sous la voûte et sur les ogives, par une frise de triangles inversés rouges et blancs (clefs 3 et 4) ou noirs et blancs (clefs 5, 6 et 7)²²³. Un filet noir a été observé ponctuellement en délimitation de la frise. Les tores et les fûts accueillent les motifs héraldiques, tandis que les gorges sont ornées chacune de trois fleurs à six lobes dorées, dont le cœur est laissé en réserve (**fig. 163**)²²⁴. La couleur de fond, adoptée pour le motif floral, est sélectionnée de manière à trancher avec celle appliquée sur le tore, cette dernière étant dictée par les émaux de l'écu représenté²²⁵. Ce choix témoigne d'une recherche dans le motif, de manière à ce qu'il soit visible depuis le sol de la cathédrale. Ceci se vérifie également par la présence de rehauts noirs sur les feuilles, les branches et les fruits sculptés, ce qui donne de la profon-

221. La technique du rechampi ne semble pas avoir été utilisée pour tracer le décor de fleurs dorées sur fond bleu du fût de la clef 3.

222. Sur la clef 4, au niveau du tore, la couche bleue du fond vient dessiner les motifs de fleurs de lys sur la feuille d'or. Sur la clef 5, au niveau des parties verticales du fût et des branches d'ogive, la couche rouge-bordeaux du fond vient elle aussi recouvrir la feuille d'or et délimiter le motif d'écu. Les meubles recouvrent eux-aussi la dorure.

223. L'aspect extrêmement lacunaire des vestiges ne permet pas de restituer le décor des clefs 8 et 9. Notons également qu'en travée 7, les triangles apparaissent noirs et gris : ce gris correspond probablement à une altération d'un blanc de plomb.

224. Dans les trois premières travées uniquement, ces fleurs sont ornées d'un cerne noir : BOISSARD (E.) dans MARTIN (P.) 2013, p. 69.

225. On a donc : travée 3 : un fond rouge encadré de dorure ; travée 4 : un fond rouge encadré de bleu ; travée 5 : un fond vert ou noir encadré de rose ; travée 6 : un fond bleu encadré de rose ; travée 7 : un fond rouge encadré de bleu.

deur et accentue les reliefs²²⁶. Soulignons ainsi la ressemblance des motifs de la seconde polychromie des deux clefs occidentales avec les motifs des clefs des travées 3 à 7 (UE10). On retrouve effectivement sur les clefs 1 et 2 le bandeau de triangles inversés, et les fleurs dorées à six lobes avec un cœur en réserve sur fond uni au niveau des gorges. Nous pouvons également noter la similitude des couleurs appliquées : rouge, or, bleu²²⁷. En conséquence, ce décor héraldique a été appliqué sur l'ensemble du vaisseau central, selon un programme cohérent.

Ensuite, chaque clef accueille un décor héraldique sur les tores et sur les parties verticales des fûts et des ogives. Nous proposons à présent de décrire ce décor, en rappelant que, pour chacune des clefs, l'état très lacunaire de la couche picturale ne nous donne qu'une vision partielle et incomplète des divisions, pièces, meubles et attributs des différentes armoiries figurées. Afin d'en proposer une interprétation, nous avons comparé stylistiquement ces vestiges avec les résultats de l'étude héraldique de la polychromie des clefs de voûte du haut-chœur, conduite par Michel Pastoureau²²⁸.

Sur la **clef 3**, les tores des ogives accueillent un motif noir (sable) sur fond doré (d'or). Les relevés réalisés sur les tores des ogives nord-est et sud-est rendent compte des éléments les plus lisibles (**fig. 164**). La comparaison de ces vestiges avec le décor de la clef de la travée 4 du haut-chœur fournit une interprétation possible, en les rapprochant de la figure du lion. Les armes seraient alors « d'or au lion de sable » (**fig. 165**). Sur le fût de cette clef sont représentées trois fleurs dorées sur fond bleu (**fig. 166**). Il s'agit de fleurs à six lobes dont le cœur est laissé en réserve, et qui sont cernées de noir. Côtés est et ouest de la clef, sur les faces verticales des ogives, deux fleurs du même type prolongent le décor, tandis qu'elles sont rouges sur fond vert côtés nord et sud. Ces motifs ne relèvent pas du domaine héraldique, contrairement à ceux reconnus pour le décor UE10. Cette particularité a conduit l'entreprise de restauration Lithos à distinguer ce motif de fleurs de la polychromie UE10 des autres clefs, également parce qu'il apparaît plus maladroit. Il est vrai que la présence ponctuelle d'une couche picturale verte sous ce décor de fleurs dorées pose question²²⁹. Il est difficile de lui attribuer une interprétation, en raison de son aspect lacunaire. S'agit-il de l'UE10, auquel cas le décor de fleurs dorées serait un repeint postérieur ? L'analyse des pigments prélevés sur le fût²³⁰ a révélé l'emploi d'un bleu outremer naturel pour la couche de fond, et de feuille d'or pour les fleurs à six lobes. Ces matériaux sont ceux utilisés pour réaliser le décor de l'UE10, on est donc tout de même tenté de faire correspondre les motifs de fleurs à ce décor. En outre, la frise de triangles inversés, qui est caractéristique du décor UE10, a été tracée en dernier. En effet, la peinture rouge utilisée pour réaliser la frise a coulé sur le fond bleu du décor (face est du fût, **fig. 167**). Ces quelques éléments contribuent donc à rapprocher ce motif de fleurs dorées sur fond bleu du décor observé sur les autres clefs du vaisseau central, malgré ses particularités stylistiques. Sur la **clef 4**, les motifs observés sur les tores des ogives appartiennent sans aucun doute à des armoiries « d'azur semé de fleurs de lys d'or » (**fig. 168 et 165**), qui sont celles du royaume de France. La partie verticale du fût ne conserve que de rares écailles de dorure, mais quelques éléments demeurent lisibles dans le cavet. Dans cette moulure, côté ouest, des motifs d'oves dorés cernés de noir et sur un fond rouge constituent la partie centrale du décor (**fig. 169**) ; côté est, ils sont associés à un motif de feuilles grasses (**fig. 170**). L'ogive nord-ouest conserve de la polychromie sur un fond rouge : les motifs

226. Des vestiges de rehauts ont été observés sur les clefs 3, 4, 6 et 7.

227. Concernant le bleu, les analyses révèlent l'utilisation d'outremer mais ne précisent pas s'il s'agit du pigment naturel ou de sa synthèse artificielle (ROSENBAUM, SURMA 2011).

228. PASTOUREAU (M.) dans *Bulletin Monumental* 2011, pp. 35-40.

229. La stratigraphie du P102 (Annexe 5.3) (réalisé au niveau d'une branche d'ogive près de la clef), révèle au-dessus du premier décor peint UE9 la présence d'une couche verte appliquée sur un blanc de plomb. Elle est recouverte ensuite d'une couche bleue (fond des fleurs dorées), elle aussi apposée sur un blanc de plomb. Elle n'appartient pas au premier décor polychrome UE9. Peut-il s'agir d'un repentir ?

230. Annexe 5.3, P101 et P102.

peuvent être interprétés comme trois rangs de plumes en dégradé coloré (**fig. 161**). Côtés nord et sud ne subsistent que quelques traces de motifs dorés sur fond vert vif.

Sur la **clef 5**, les couleurs variées et les motifs représentés sur les ogives révèlent un écu de composition complexe (**fig. 171**). La dorure présente en partie haute semble correspondre à un chef d'or. Elle est séparée de la partie inférieure par un filet noir. Cette partie inférieure semble être « de gueules²³¹ au pal d'azur » mais la forme exacte de ce pal nous est inconnue. Au centre de l'écu, sur l'azur, deux motifs allongés se superposent : leur partie supérieure est évasée et ils se terminent par une pointe effilée. Ils n'ont pas pu être identifiés avec certitude, bien que leur forme et leur dimension les rapprochent de clous. La bande verte occupant la face externe de chaque tore n'appartient probablement pas à l'écu, mais pourrait correspondre au décor du cavet ayant débordé. Sur le fût, trois écus sont représentés de chaque côté et ont fait l'objet de relevés (**fig. 172 et 173**). Les parties verticales des ogives présentent également au moins deux écus chacune²³². Tous sont tracés sur fond rouge, et cernés de noir. L'écu central de la face ouest présente un motif noir sur fond doré, pouvant être interprété comme un aigle : « d'or à l'aigle de sable » (**fig. 174**). L'écu situé au centre de la face est présente de rares écailles de noir et de dorure, et lui était très probablement identique. Cette armoirie peut être comparée avec celle figurant sur les tores de la clef de la seconde travée de chœur, correspondant aux armes de l'Empire. Face est, l'écu situé au nord semble être « d'or à la fasce d'azur ». Les vestiges en place sur l'écu situé au nord de la face ouest peuvent correspondre à ce motif. Face ouest, côté sud, l'écu semble être « d'or à la bande d'azur ». L'écu situé côté sud de la face orientale est, quant à lui, très peu conservé. Toutefois, les quelques écailles de peinture peuvent s'inscrire dans un motif identique. Les écus semblent donc avoir été disposés en miroir d'une face à l'autre.

Les ogives de la **clef 6** présentent également un motif complexe (**fig. 175 et 176**). Deux meubles dorés et cernés de noir sont superposés verticalement sur un fond rouge. Ces bordures noires géométriques semblent délimiter un motif doré crénelé qui pourrait être un château. Dans la dorure apparaissent quelques touches de bleu, également cernées de noir et qui forment un arc²³³. Ce motif pourrait correspondre à une porte, ce qui va dans le sens de l'hypothèse de la représentation d'un château. L'ensemble se rapproche alors fortement du décor restitué sur les parties verticales de la clef de la première travée de chœur de la cathédrale, et correspondant aux armes de Castille : « de gueules semé de châteaux d'or, ouverts d'azur » (**fig. 174**). Sur le fût, les très rares vestiges de polychromie ne permettent pas de décrire un quelconque décor.

Les motifs dorés (d'or) sur fond bleu (d'azur) observés sur les tores de la **clef 7** correspondent aux armoiries du Comté puis Duché de Bar : « d'azur, semé de croisettes recroisettées, au pied fiché d'or, à deux bars adossés du même, brochants sur-le-tout » (**fig. 177 et 178**). Les diverses représentations de ces armoiries (par exemple celles issues du Bréviaire de Renaud de Bar (Ms107, Verdun) enluminé vers 1302-1305) permettent d'en affiner la restitution.

La polychromie des **clefs 8 et 9** a en majeure partie disparue. Il est impossible d'en restituer les motifs²³⁴.

231. Ce rouge est réalisé à partir de la superposition d'une couche de laque rose à de la feuille d'or. Par comparaison avec la clef 6, où l'armoire a été identifiée, on peut l'attribuer à un émail « de gueules ». Toutefois, il pourrait également s'agir d'un émail « pourpre ».

232. Sur les ogives de la face ouest, au nord et au sud, l'écu le plus près de la clef présente des traces de noir et de dorure. La dorure est appliquée en premier. L'écu le plus éloigné de la clef, côté nord, n'a pas conservé de vestige de polychromie à l'intérieur de la bordure noire. L'écu le plus éloigné de la clef, côté sud, présente des traces d'une couche picturale bleue appliquée sur de la dorure. Sur les ogives de la face est, seules quelques écailles de peinture noire et bleue témoignent de la présence d'un décor similaire à ce qui a été vu côté ouest.

233. Ce motif est particulièrement visible sur les tores orientaux des ogives sud-est et sud-ouest.

234. Seules en sont conservées de petites traces éparses qui n'offrent qu'une vision partielle et lacunaire du décor étudié. Ces vestiges figurent, comme ceux des autres travées, dans l'annexe 4.2.

» 5.4.2.3 Questions de datation

Le décor polychrome UE10 est postérieur à la première polychromie UE9 et à l'enduit UE2, qu'il recouvre au niveau des branches d'ogive (**fig 179**). En revanche, il n'est recouvert d'aucun décor, à l'exception des clefs 6 à 9, où est présente la restauration du XX^e siècle de Babiloni Voisin. Cette fourchette chronologique, entre le XIII^e siècle et le XX^e siècle, rend délicate la datation de ce second décor polychrome. Elle ne peut être précisée par la nature des pigments qui sont employés depuis l'époque médiévale jusqu'au XX^e siècle. Toutefois, l'usage de matériaux coûteux et en grande quantité, tels que la feuille d'or, le bleu outremer naturel et le cinabre, contribue à attribuer une datation ancienne à ce décor. La richesse du décor s'exprime d'autant plus que la feuille d'or est utilisée à plusieurs reprises en sous-couche associée à une laque afin de créer une teinte rose-violet, spécifiquement réservée aux motifs héraldiques. De même, on sait qu'un mélange de lapis-lazuli et de blanc de plomb a été utilisé comme sous-couche aux motifs gris-argent sur fond bleu des ogives de la clef 5²³⁵. L'usage de ces matériaux coûteux pour obtenir des effets décoratifs particuliers démontre toute la richesse du décor et plaide en faveur d'une datation médiévale. Il serait surprenant de les rencontrer sous cette forme à l'Époque contemporaine.

Des indices stylistiques ou techniques peuvent apporter des précisions à cette question de datation. Plusieurs motifs héraldiques reconnus sur les clefs du vaisseau central peuvent être rapprochés de ceux restitués sur les clefs du haut-chœur lors de sa restauration et étudiés par Michel Pastoureau²³⁶. Ainsi, sur la clef 4, les armoiries « d'azur semé de fleurs de lys d'or », appartenant royaume de France à l'époque médiévale, ont été représentées sur la clef de voûte du rond-point du chœur. Ensuite, on a reconnu sur la clef 5 les armes du Saint Empire romain germanique, « d'or à l'aigle de sable », qui ont également été représentées sur les ogives de la travée de chœur orientale. Enfin, les vestiges de polychromie de la clef 6 peuvent être rapprochés des armes du royaume de Castille, « de gueules semé de châteaux d'or, ouverts d'azur », qui figurent sur le fût de la clef de la travée de chœur orientale. Les mêmes armoiries ont donc été représentées dans le vaisseau central et dans le haut chœur. Les comparaisons stylistiques et héraldiques nous conduisent donc à proposer que les décors des clefs de voûte du haut-chœur et du vaisseau central appartiennent sans doute à un même programme ornemental. D'après les datations proposées par M. Pastoureau sur le haut-chœur, on peut placer la seconde polychromie de la nef (UE10) dans la même fourchette chronologique, soit entre 1257 et 1261²³⁷. Les comparaisons ne se limitent pas à l'iconographie. En effet, les rapports d'analyse des pigments révèlent aussi des similitudes entre le vaisseau central et le haut-chœur²³⁸. On trouve ainsi sur l'ensemble de ces clefs de la feuille d'or appliquée sur un mordant à base d'ocre pour la dorure, du cinabre et d'outremer naturel²³⁹.

235. Annexe 5.3, P106, p. 21. Soulignons qu'un échantillon provenant de la clef 7, analysé à la demande de l'entreprise Lithos, révèle la présence d'une couche intermédiaire constituée de lapis-lazuli mélangé à du blanc de plomb (Annexe 5.2, prélèvement N1). Située au-dessus de l'UE9, elle est recouverte par l'UE10 (couche de préparation blanche puis couche picturale de lapis-lazuli). Cette couche intermédiaire peut correspondre à un décor intervenant entre les UE9 et 10, toutefois l'emplacement du prélèvement au plus près de la clef invite à considérer cette hypothèse avec prudence. En effet, il s'agit peut-être d'un repentir ou d'un essai, bien que cette interprétation pose question en raison de l'utilisation du lapis-lazuli, qui est un pigment coûteux.

236. PASTOUREAU (M.) dans *Bulletin Monumental* 2011. Nous nous devons de préciser que cette étude héraldique a été réalisée sur des éléments déjà restaurés. Bien que Michel Pastoureau précise, à juste titre, qu'il n'y a « aucune raison de penser » que « les restaurations [aient] modifié le dessin d'origine » (p. 35), il observe néanmoins certaines incohérences dans le motif d'une clef qui pourraient relever d'une « mauvaise lecture faite au moment de la restauration » (note n°1 p. 39).

237. PASTOUREAU (M.) dans *Bulletin Monumental* 2011, p. 39 : « En s'appuyant sur toutes ces données, nous aboutissons à une fourchette de dates de quatre ans : 1257-1261. La seule étude des armoiries ne permet pas d'aller plus loin. Mais la tentation est grande de rappeler que dans cette fourchette se situe la dédicace solennelle de la cathédrale : 17 octobre 1260 ».

238. CHECROUN (E.), DETALLE (V.), JACOBÉ (N.) en cours ; BOULARAND (S.), GIRÁLDEZ (P.), VENDRELL (M.), BIROSTA (J.) 2009.

239. Pour le haut-chœur : BOULARAND (S.), GIRÁLDEZ (P.), VENDRELL (M.), BIROSTA (J.) 2009, P. CCh 7 ; pour le vaisseau central : Annexe 5.1, P11 ; annexe 5.2, pp. 6-7 ; annexe 5.3, P102 et P106.

Ensuite, les rapports d'analyses antérieurs montrent que la technique du rechampi a été utilisée dans le haut-chœur pour la dorure²⁴⁰ comme dans le vaisseau central. Au regard de cet ensemble d'indices, la polychromie UE10 et celle du haut-chœur semblent contemporaines. Cependant, des zones d'ombre subsistent sur la datation de 1257-1261, car les motifs représentés sur la clef 7 du vaisseau central renvoient, nous l'avons vu, aux armes du Comté puis Duché de Bar, attribuables à Regnault de Mouçon, évêque de Chartres, mort en 1217. Peut-on alors supposer une représentation *post mortem* des armoiries de cet évêque ? La question reste ouverte dans l'état d'avancement des recherches sur l'iconographie de la cathédrale. L'étude archéologique des bas-côtés de la nef permettrait peut-être d'apporter des éléments de réponse.

5.5 Conclusion

L'étude archéologique des revêtements du vaisseau central de la cathédrale de Chartres a permis, tout d'abord, de mettre en lumière qu'une couche d'enduit (**UE5**) était conservée sous celle qui était, jusqu'à présent, identifiée comme le premier revêtement de la cathédrale. Cette première couche est caractérisée par un enduit fin et soigneusement lissé, que l'on trouve dans le triforium et dans certaines zones du clair-étage. Cet enduit UE5 semble correspondre à un revêtement inachevé, remplacé en cours de chantier par un programme décoratif comprenant un faux-appareil à joints blancs, correspondant à l'enduit nommé **UE1**.

Ce dernier a été réalisé à l'aide de trois mortiers différents dont la chronologie d'application permet de mettre en évidence une progression du chantier de revêtement d'ouest en est. Ce sens de progression est renforcé par d'autres indices. En effet, les parements nord-ouest du triforium des travées 3 et 4 avaient reçu des motifs de fleurs de lys et de cercles peints. Or l'analyse stratigraphique a montré que ces motifs avaient été rapidement masqués par un badigeon blanc et jamais réalisés sur les autres travées. Il s'agit donc vraisemblablement d'un repentir. Outre l'organisation du chantier de revêtement, l'étude de cet enduit permet de saisir les subtilités de la mise en couleur de la cathédrale, puisque l'on constate par exemple que les piliers du vaisseau central étaient traités en blanc alors que ceux du déambulatoire furent ornés de faux-appareil²⁴¹. Par la régularité de la hauteur des assises et des blocs tracés en blanc sur fond beige, le faux-appareil de l'enduit UE1 revêt un caractère « idéal » en donnant l'image d'une construction parfaitement régulière. La simplicité et l'homogénéité de ce décor peint mettent en valeur l'architecture et son décor sculpté, qui sont eux-mêmes parfaitement constants sur l'ensemble de l'édifice. Les verrières hautes, filtrant une lumière polychrome, n'en sont que davantage mises en valeur. Ce qui place le décor de faux-appareil UE1 dans la tradition ornementale du XIII^e siècle. Il a été complété par l'application d'une polychromie sur les clefs de voûte et les colonnettes du triforium du vaisseau central (**UE9** et **11**). Ces éléments ont, ainsi, reçu un décor de faux-marbre cohérent réalisé en superposant deux couleurs, ou deux nuances de couleur.

Au XIII^e siècle, le décor de faux-appareil s'inscrit dans la tradition ornementale de cette époque. Par la régularité de la hauteur des assises et des blocs tracés en blanc sur fond beige, le faux-appareil de l'enduit UE1 revêt un caractère « idéal » en donnant l'image d'une construction parfaitement régulière. La simplicité et l'homogénéité de ce décor peint mettent en valeur l'architecture et son décor sculpté, qui sont eux-mêmes parfaitement constants sur l'ensemble de l'édifice. Les verrières hautes, filtrant une lumière polychrome, n'en sont que davantage mises en valeur.

Associé à cet enduit UE1, notre étude archéologique a mis en évidence l'existence d'un programme polychrome cohérent dans tout le vaisseau central (UE9 et 11). Les clefs de voûte et les colonnettes du

240. CHECROUN (E.), DETALLE (V.), JACOBÉ (N.) en cours.

241. Consulter le rapport : Lithos France 2013 (juillet).

triforium ont, en effet, reçu un décor de faux-marbre réalisé en superposant deux couleurs, ou deux nuances de couleur. Cette polychromie apparaît bien différente de celle observée dans le haut-chœur où le premier décor des clefs se limitait, d'après les analyses du LRMH, « peut-être qu'en un badigeon de chaux blanc, à l'image des nervures et des chapiteaux²⁴². » Dans le vaisseau, la polychromie des colonnettes n'est pas restée visible très longtemps, car un second enduit médiéval (UE2) est rapidement venu la recouvrir.

En vue de cette réalisation, un mortier de reprise a été appliqué dans les lacunes de l'UE1, présentes dans la galerie du triforium nord à l'arrière du pilier de la croisée du transept. Sur ces réparations et sur le premier enduit, un décor composé d'une superposition de badigeons blancs et rose-orangé a été appliqué sur l'ensemble du vaisseau central. Il reprend le motif de faux-appareil, dont les lignes horizontales se superposent à celles du décor précédant. Le décor de faux-appareil choisi pour la seconde campagne de revêtement (UE2) demeure en accord avec le style de la fin du Moyen Âge. En effet, la frise d'arcature décorative identifiée sur le front des grandes arcades reprend des motifs ornementaux habituels pour l'époque gothique. Cet enduit UE2 semble antérieur à la création de la porte donnant accès à la chapelle Saint-Piat, percée en 1340²⁴³. Il aurait donc été appliqué avant cette date. Cette chronologie peut toutefois être précisée. En effet, nous avons vu que c'est sur cet enduit qu'ont été repeintes les clefs de voûte (UE10) avec des techniques particulières, des matériaux luxueux et une héraldique similaires au décor restitué sur les clefs du haut-chœur, daté de 1257-1261²⁴⁴. Ces dates, proposées par M. Pastoureau, placeraient donc la réalisation du second décor des clefs du vaisseau central dans la même fourchette chronologique. Si l'on suit cette hypothèse, cette datation permet d'envisager que le second décor de faux appareil (UE2) se situe dans la même phase de travaux (1257-1261). Ces datations restent donc un sujet d'étude à part entière. En effet, si de nombreuses précisions ont été délivrées lors de cette étude des enduits du vaisseau central, force est de constater que la chronologie des décors peints en lien avec le reste de la cathédrale mérite encore un important travail d'investigation. Il serait donc indispensable d'être attentif à ces questions de stratigraphie lors d'éventuelles interventions sur les bas-côtés et sur le transept. Leur étude archéologique apporterait certainement des précisions sur la polychromie des clefs, sur les changements décoratifs sur l'ensemble de la cathédrale, sur l'enduit (UE5) conservé sous le décor de faux-appareil (UE1). Autant de pistes sur lesquelles il faudra être attentif lors d'une prochaine campagne de restauration des élévations intérieures.

242. CHECROUN (E.), DETALLE (V.), JACOBÉ (N.) en cours.

243. YBERT (A.) 2014, pp. 237-238 ; MOULINIER (B.) 1994, p. 18.

244. PASTOUREAU (M.) dans *Bulletin Monumental* 2011.



6 - LE FER DANS LES FENÊTRES HAUTES MAXIME L'HÉRITIER

Cette recherche s'intéresse aux éléments métalliques implantés au niveau des baies hautes de la cathédrale de Chartres. Elle fait suite aux travaux menés dans le cadre du projet région Centre FECOMEDA qui avaient permis de suivre les restaurations du haut chœur de la cathédrale²⁴⁵. La campagne de restauration et l'étude archéologique du bâti entreprises à l'initiative de la DRAC Centre depuis 2014 sur le vaisseau central permettent de compléter ces observations dans une autre partie de la cathédrale. Elle a permis de mettre au jour 3 types d'éléments métalliques qui ne correspondent que partiellement à ceux retrouvés dans le chœur :

- » des petits crochets implantés assez régulièrement à l'intérieur sur le pourtour des roses, à l'instar des travées 3 et 4 du chœur ;
- » des cercles de fer dans la partie intérieure des oculi (n'existant pas dans le chœur) ;
- » des petites barres de fer implantées en extérieur autour des lancettes baies 137 et 139 (non observées dans le chœur).

L'étude de ces structures métalliques vise à mieux saisir le système de renfort des vitraux et notamment de leur protection ou des installations provisoires qui y sont liées. Elle propose de revenir sur ces divers éléments.

6.1 Description archéologique des structures

6.1.1 Crochets et tenons autour des baies hautes

Les premiers travaux menés sur le chœur entre 2009 et 2012 avaient permis de mettre en évidence deux types d'éléments métalliques autour de la face intérieure des oculi des baies hautes : des tenons (deux travées droites occidentales) et des crochets (deux travées droites orientales), alors interprétés comme les témoins de protections provisoires des vitraux contre le chantier de construction²⁴⁶. Plusieurs arguments plaidaient pour une installation ancienne des tenons, contemporaine de la construction, en particulier leur scellement au plomb dans la paroi verticale, nécessairement réalisée au sol avant montage. En revanche, l'implantation des crochets, enfoncés dans le joint de mortier qui entoure la rose de façon plus ou moins régulière, ne permettait quant à elle pas de conclure sur leur période de mise en œuvre. Deux types de crochets avaient alors pu être mis en évidence. Dans la 4^e travée nord, les crochets sont à angle droit (**fig. 180a**), alors que dans les trois autres baies, leur pointe

245. LEFEBVRE (E.), L'HÉRITIER (M.) 2014 ; L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (E.), ARLES (A.), DILLMANN (P.), GRATUZE (B.) 2014.

246. L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (E.), ARLES (A.), DILLMANN (P.), GRATUZE (B.) 2014.

est recourbée vers l'intérieur (**fig. 180b**)²⁴⁷. Ces crochets et tenons ne connaissant pas d'équivalent dans l'architecture gothique, aucune comparaison avec d'autres systèmes existants n'avait pu être proposée.

Le chantier du chœur avait soulevé plusieurs interrogations à propos de ces crochets, leur disposition étant un peu plus aléatoire que celle des tenons scellés au plomb et surtout, car leur fixation permet une mise en œuvre aisée, à n'importe quel moment du chantier ou de la vie de l'édifice, une fois la maçonnerie élevée. En outre, la composition des impuretés contenues dans la matrice de ces fers ne tranchait pas clairement en faveur de fers de réduction directe²⁴⁸. Le chantier de la nef permet ainsi de s'intéresser de nouveau à ce système et à sa datation et donc à sa fonction pour le chantier de la cathédrale, tout en comparant les résultats avec les crochets des baies hautes du chœur pour suivre l'évolution du chantier.

Les restaurations entreprises dans le vaisseau central ont en effet permis de mettre au jour un système similaire à celui du chœur. On retrouve, en effet, dans cette partie de la cathédrale, des crochets à angle droit et courbe, identiques à ceux découverts dans le chœur (**fig. 181**). Leur implantation, toujours dans le joint, semble assez régulière autour de la rose (**fig. 182**). On retrouve également le même type de crochets dans les niveaux inférieurs, sur les arcatures et les piles, cette fois ancrés en pleine pierre, de façon beaucoup plus irrégulière (**fig. 183**).

Les crochets autour des roses sont de formes et dimensions assez régulières (**fig. 184**). Ils sont systématiquement composés d'une tige, longue de 6,5 à 7 cm, surmontée d'une extrémité recourbée (droite ou courbe), longue de 3 à 3,5 cm. La tige, étirée en pointe, et de section rectangulaire, mesure au maximum 10 mm de large par 5 mm d'épaisseur (± 2 mm). Elle apparaît ainsi relativement plate. Ces caractéristiques ne sont pas celles des crochets retrouvés autour des grandes arcades. Ces derniers suivent, en effet, un profil parfaitement carré et ne présente aucune trace de marteau. Ils ne semblent pas du tout appartenir au même lot que se retrouvés autour des roses et sur lesquels portent plus spécifiquement nos observations. L'étude a surtout porté sur la rose de la travée sud qui conserve l'intégralité de ces crochets (**fig. 182**). Pour autant, au niveau des autres travées, les quelques crochets encore en place et ceux déduits des trous de leur fixation attestent que le dispositif se répétait systématiquement autour de chaque rose. Ainsi autour de la rose de la travée 4 sud, on relève 34 crochets répartis dans le joint qui sépare la rose de son chanfrein. Ils sont enfoncés dans le mortier ou plantés dans les joints de plomb qui se substituent au mortier dans la moitié inférieure de la rose. L'entraxe qui sépare les crochets n'est pas égal. Il oscille généralement entre 18 et 35 cm. Il peut être réduit : entre 8 et 15 dans la partie basse de la rose. L'enduit du XIII^e siècle (UE1) est parfois conservé autour des crochets et apparaît parfaitement lisse comme si ces derniers avaient été enfoncés au travers. Cependant, la relation stratigraphique laisse parfois envisager le contraire. Plusieurs crochets conservent des traces de projection de l'enduit (UE1). Ce dernier forme même parfois une surépaisseur provoquée par le pinceau qui a buté contre la tige de fer. On en conclurait donc que les éléments métalliques étaient présents lors de l'application du décor.

6.1.2 Fers plats dans les piédroits des baies

Les restaurations de la cathédrale ont permis de mettre en évidence d'autres pièces de fer. Ces dernières se trouvent sur les parements extérieurs. La dépose du mortier de ciment entre les assises de pierre de Berchères a, en effet, permis de dégager des fers plats ancrés dans les piédroits des baies hautes (**fig. 185 et 186**). Ces fers se trouvent à proximité des chanfreins des embrasures des baies. Ils ont

247. Un des crochets de la 3^e travée nord présente une forme intermédiaire.

248. L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (E.), ARLES (A.), DILLMANN (P.), GRATUZE (B.) 2014.

été mis au jour autour des deux lancettes des baies nord 141, travée 3 et 139, travée 4 (verrière de Saint-Lubin). On en dénombre 4 ou 5 sur la hauteur (env. 7,10 m) des lancettes et ils sont également présents en partie sommitale de l'arc. Ils se retrouvent aussi sur les autres baies nord des travées 5 et 6 (baies 137 et 135), mais n'y sont en revanche pas présents aussi régulièrement. Des observations similaires ont pu être menées du côté sud, notamment baies 140, travée 4, et 136, travée 6. Ces fers sont systématiquement ancrés profondément (entre 5 et 10 cm) dans les joints, pris dans le mortier et entre des cales de craie. La partie affleurant du fer est en général assez corrodée. Deux de ces fers ont toutefois pu être prélevés en vue d'analyses métallographiques et permettent d'en avoir une meilleure approche morphologique. Il s'agit de pièces de très faibles dimensions, de 0,5 à 0,8 cm d'épaisseur pour 1,5 cm de large au maximum. L'un de ces fers, complet, (CHA 133) s'affine en pointe certainement pour faciliter son ancrage dans la pierre à l'instar d'une fiche. Il mesure 8 cm de long et était donc assez solidement scellé dans la maçonnerie sur presque toute sa longueur (**fig. 186**).

Ces découvertes pourraient être liées à des structures provisoires, connues des textes et dont ces éléments pourraient être les vestiges : les châssis en bois. Les informations sur ces structures sont rares, tant dans les textes qu'en archéologie²⁴⁹, or ces découvertes chartraines permettent peut-être de relier les deux aspects. En effet, le compte de l'œuvre de la cathédrale de Chartres 1415-1416 édité par L. Merlet²⁵⁰, renseigne sur un acte rarement détaillé dans les archives : l'abandon d'un châssis de bois au profit d'un châssis de pierre pour deux verrières, la *haulte verrière de Notre-Dame* (baie 100 ou 113²⁵¹) et les *deux autres grans verrières de Saint Lubin qui sont près du clochier de plon*, (verrière de Saint-Lubin et Saint-Laurent, baie 139)²⁵². Le détail des travaux de serrurerie indique qu'à Chartres, les barlotières de fer, anciennement assises en bois, sont descellées et rallongées à la forge, afin d'être implantées dans la maçonnerie. Le détail des travaux de serrurerie est assez précis pour la verrière de Saint-Lubin, qui correspond précisément à l'une des verrières où les observations archéologiques ont pu être réalisées. Une fois l'échafaudage installé en la semaine de la Saint-Michel 1415, le valet du maçon Andry Belliard travaille à *faire des trous en pierre* dans la verrière de Saint-Lubin, puis dans celle de Saint-Laurent et le verrier Jean Périer descelle les barreaux de fer, *lesquels souloient estre assis en bois*, pour que le serrurier Philippot Mauvoisin les rallonge en ajoutant *en chacun desdiz bouts* [des extrémités des barreaux] [...] *de son fer II livres*. Les barreaux sont ensuite remis en place par les ouvriers et *assis en pierre* à la fin du mois de janvier 1416. Vingt-et-un barreaux *tant traversans comme montanz* sont concernés par cet ouvrage, puisque le serrurier reforge un total de quarante-deux bouts de barreaux. Les textes ne mentionnent toutefois ni la structure du châssis de bois, ni sa période d'installation. L'observation des barlotières *in situ* n'a pas permis de déceler les traces d'un éventuel rallongement, mais il est probable que ces barlotières ont été changées lors des restaurations au XIX^e ou au XX^e siècle²⁵³. Le rapprochement des textes et de l'archéologie suggère toutefois qu'il s'agit des traces des anciens châssis de bois, qui n'aurait donc peut-être pas été mis en œuvre sur l'intégralité des baies hautes mais seulement sur certaines verrières. Se pose ainsi la question de la période de leur installation qui peut être tranchée par l'analyse radiocarbone du fragment prélevé.

249. L'HÉRITIER (M.), DILLMANN (P.) 2009.

250. MERLET (L.) 1889.

251. Ces deux verrières du haut chœur représentent la Vierge Marie. MERLET (L.) 1889, p. 19, identifie la verrière en question comme la première baie haute nord (113). LAUTIER (Cl.) 2003 y voit plutôt la baie d'axe à une seule lancette n° 100. Dans le compte édité par L. Merlet, cette verrière est bien appelée un peu plus haut la «maïstresse verrière du coeur de l'église», ce qui semble plutôt valider l'hypothèse de Cl. Lautier.

252. Saint Lubin y est représenté dans la rose et Saint Laurent dans une lancette. LAUTIER (Cl.) 2003, fait semble-t-il un erreur en identifiant cette baie à une fenêtre basse de la nef (où Saint-Lubin, seul, est bien représenté), erreur reprise par ailleurs dans LEFEBVRE (E.) et L'HÉRITIER (M.) 2014.

253. *Ibid.*

Si l'armature de fer tenant les vitraux était déjà bien présente dans le châssis de bois, se posent les questions de l'ampleur du châssis et de la place réservée à la pierre²⁵⁴. L'étude d'autres éléments de fer présents dans les oculi des roses peut permettre d'y répondre.

6.1.3 Cerces de fer dans les oculi

Des armatures de fer circulaires d'environ 1,9 m de diamètre ont été découvertes au centre de chaque oculus de la nef (**fig. 187a**). L'observation des cercles montre qu'ils ont été forgés à partir de plusieurs barres de fer. Les traces de martelage et plusieurs soudures sont en effet visibles sur plusieurs d'entre eux (**fig. 187b et 188**). Leur section est d'environ 4,5-5,5 cm sur 1,5 x 2 cm. Un exemplaire de la 5^e travée sud, brisé et provisoirement déposé (**fig. 189**), a permis de dénombrer jusqu'à 6 soudures en plus de la rupture, délimitant des sections de 55 à 135 cm de long environ. On dénombre de 7 à 8 soudures sur la cerce de la 4^e travée sud, toujours en place (**fig. 187b**). L'absence de pannetons sur ces cercles montre qu'ils ne sont pas liés à l'attache du vitrail, mais plutôt uniquement envisagés comme éléments du maintien de la structure lithique. Les questions liées à leur mise en œuvre se posent toutefois, étant donné qu'ils sont présents systématiquement dans la nef, alors qu'ils sont absents dans le chœur. En outre, les comparaisons sont ici délicates, de tels renforts du châssis de pierre des vitraux étant encore inédits dans l'architecture gothique. À une autre échelle, on peut toutefois le rapprocher des chaînages circulaires mis au jour dans la rose occidentale de la cathédrale de Reims, à la naissance du réseau polylobé²⁵⁵. La présence de la cerce semble en effet permettre de réduire l'influence des forces centripètes sur la maçonnerie. La datation du système devrait permettre de déterminer s'il s'agit d'une consolidation ultérieure ou d'un élément mis en œuvre *a priori* comme renfort de la structure lithique.

6.1.4 Prélèvement et sélection des échantillons

Huit échantillons ont été sélectionnés pour faire l'objet d'une analyse métallographique comparative et en prévision d'une sélection pour datation radiocarbone, suivant leur teneur en carbone respectives (voir méthodologie plus bas).

La sélection donnée dans le **tableau 9** recouvre l'ensemble de la typologie évoquée plus haut :

- » plusieurs crochets prélevés sur le parement interne, dont la pointe est systématiquement de forme recourbée. Trois ont été prélevés sur la même baie (139, travée 4 nord) pour évaluer l'homogénéité de la fourniture.
- » deux fers plats prélevés dans les piédroits des baies 136 et 141 (travée 3, sud et nord)
- » un fragment de cerce prélevé sur la cerce de la baie 138 (travée 5, sud) qui était brisé et a fait l'objet d'une dépose ponctuelle lors de la restauration
- » un panneton dans sa gangue de plomb prélevé sur le parement externe.

254. Les châssis découverts à Saint-Pantaléon de Troyes, rare exemple archéologique de telles structures, montrent en effet que des meneaux et un réseau entièrement de bois y remplacent la pierre. Ils ont été retrouvés à l'intérieur de la paroi d'une baie haute lors de restaurations effectuées dans les années 1960 par l'Agence des Bâtiments de France de l'Aube. La bibliographie sur ce sujet est fort restreinte. Les comptes de la cathédrale de Troyes mentionnent ce type de structure à plusieurs reprises, montrant qu'elles étaient probablement assez répandues. Sur ce sujet : British museum, ms. 15803, fol. 154 v° et 155 r° cité dans MGR ROSEROT DE MELIN (J.) 1966. Leur présence est également supposée à la cathédrale de Poitiers, par rapprochement avec le compte de l'œuvre de la cathédrale de Chartres : L'HÉRITIER (M.), DILLMANN (P.) 2009.

255. Leur datation est en cours. Ils sont constitués de fer de réduction directe, vraisemblablement contemporain de la construction de la rose au milieu du XIII^e siècle, DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), VEGA (E.) 2016.

Réf analyse	Réf archéo	Objet	Localisation
CHA 130	130	Fer plat en pointe	Nef, travée 3, baie 141 (nord), piédroit est, extérieur
CHA 131	131	Cerce	Nef, travée 5, baie 138 (sud), rose
CHA 132-1	132	Crochet	Nef, travée 4, baie 139 (nord), rose, intérieur
CHA 132-2	132	Crochet	Nef, travée 4, baie 139 (nord), rose, intérieur
CHA 132-3	132	Crochet	Nef, travée 4, baie 139 (nord), rose, intérieur
CHA 133	133	Fer plat en pointe	Nef, travée 3, baie 136 (sud), piédroit central, extérieur
CHA 41	41	Crochet	Nef, parement intérieur
CHA 42-1	42	Panneton	Nef, travée 9, parement extérieur

tab. 9 : Liste des échantillons analysés

6.2 Méthodologies et moyens analytiques

6.2.1 Échantillonnage

Les fers prélevés ont été intégralement enrobés à froid avec une résine autopolymérisante de type epoxy (Presi) afin de les étudier sur toute leur longueur²⁵⁶. Seul le panneton CHA42-1 a fait l'objet d'une découpe transversale par tronçonnage avec des disques abrasifs en carbure de silicium (diamètre 125 mm, épaisseur 1 mm) montés sur une meuleuse d'angle avant enrobage.

6.2.2 Métallographie

La planéité de la surface à étudier a été obtenue par dégrossissage à l'eau avec une gamme de disques abrasifs à couche diamantée de granulométrie allant de 40 à 5 µm (système MD de la société Struers). Ce dégrossissage a également permis de retirer la couche d'oxyde pour les échantillons intégralement mis en résine. Enfin un polissage fin a été appliqué avec des draps (revêtement en velours) et une suspension lubrifiante diamantée, pour atteindre une finition de granulométrie d'environ 1 µm adaptée aux observations métallographiques.

L'attaque de la surface polie pendant quelques secondes avec le réactif chimique Nital (3 ml d'acide nitrique HNO₃ pour 100 ml d'éthanol pur) permet d'observer la structure métallographique (type d'acier, tailles de grains, corroyage...), la propreté inclusionnaire et la présence éventuelle de soudures au microscope optique Olympus BX51.

Les différentes phases cristallines révélées par le Nital ont été identifiées optiquement à partir de référentiels métallographiques. Le taux de carbone surfacique, ainsi que le taux d'inclusions, ont été évalués par analyse d'image sur les mosaïques reconstituées à partir de l'acquisition automatisée multi champs (logiciel Micro-Manager Image J) de l'ensemble de la coupe transversale réalisée pour chaque échantillon avec un objectif ×5. Des micrographies caractéristiques ont été réalisées aux grossissements ×5, ×10 et ×20.

256. La cerce CHA131 avait déjà fait l'objet d'une découpe *in situ*.

6.2.3 Microanalyse élémentaire des inclusions

» 6.2.3.1 Détermination de la composition chimique des inclusions

La composition chimique des inclusions non métalliques observées en métallographie a été déterminée, après métallisation des surfaces au carbone, par Spectrométrie Dispersive en Energie de rayons X (EDS, spectromètre et détecteur SDD Si(Li) Oxford) couplée à un Microscope Electronique à Balayage (MEB-FEG, JEOL 7001-F). La tension d'accélération a été fixée à 15 kV. Le courant de sonde de l'ordre de 6 nA permet au détecteur d'accéder à des taux de comptages élevés compatibles avec l'acquisition de cartographies hyperspectrales sans détérioration du signal avec une résolution spectrale de 130 eV (raie Ka du Mn). Le pilotage de la platine porte-échantillon du MEB permet de programmer une acquisition multichamps pour construire une carte de toute la surface. L'acquisition utilise l'option « détection des particules » du logiciel Aztec (Feature Oxford).

La première étape consiste à configurer la détection des inclusions en opérant un réglage des seuils à partir des niveaux de gris d'une image où les phases chimiques sont aisément identifiables par contraste (image en électrons rétrodiffusés) afin que seules les inclusions soient détectées. Les paramètres de seuil ainsi fixés seront appliqués pour chaque champ (de taille 532 × 382 pixels) sur l'image en électrons rétrodiffusés, pour ensuite commander le balayage du faisceau uniquement sur les particules détectées (1 s par particule) avant de passer au champ suivant. Une carte hyperspectrale reconstituée automatiquement à partir de plusieurs milliers de champs générera autant de spectres que de particules détectées (**fig. 190**).

Le traitement des spectres (correction des artefacts de détection, déconvolution des spectres...) est assuré par le logiciel Aztec qui applique un filtre numérique du type « Top Hat » pour la soustraction du fond continu. Il utilise ensuite la méthode de quantification $\Phi(\rho z)$, avec les standards internes, sur les raies K-alpha des éléments sélectionnés (situés dans la gamme 0-10 KeV). A noter que cet algorithme de quantification n'est pas optimisé pour les systèmes complexes tels que les matrices polyphasées. Cependant des tests comparatifs avec d'autres méthodes analytiques (spectrométrie de masse ICP-MS) ont montré que les écarts de teneurs engendrés par cette approximation étaient négligeables en regard de la variabilité de composition des inclusions. Par ailleurs l'ensemble des éléments majeurs présents dans les phases analysées étant pris en compte (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , K_2O , CaO , Ti_2O , V_2O_5 , Cr_2O_3 , MnO et FeO), la normalisation à 100 des pourcentages massiques obtenus correspond à une composition absolue. Pour les éléments dits mineurs de concentrations situées entre 0,25 %_{mass} (limite de détection) et 1%_{mass}, l'erreur relative de quantification est estimée entre 2 et 10 %. Pour les éléments dits majeurs l'erreur relative est estimée à 1 %. Le chlore, témoin de la présence de produit d'oxydation, a été utilisé comme critère pour éliminer les phases corrodées ($\text{Cl} \geq 1\%_{\text{mass}}$).

» 6.2.3.2 Tri des inclusions

Les concentrations élémentaires sont d'abord converties en équivalents oxydes (%_{equi oxy}). Les inclusions présentant une somme des %_{equi oxy} de tous les éléments très différente de 100 ($\pm 5\%$) sont éliminées en raison d'un potentiel surdosage en fer provenant de la matrice (imprécision de la détection des particules à cause des dérives de contraste de l'image, épaisseur faible de l'inclusion).

L'opération suivante consiste à sélectionner les inclusions issues de l'étape de réduction et non contaminées par les multiples étapes de mise en forme au terme desquelles l'objet est manufacturé. Les rapports entre 5 éléments sont principalement pris en compte en raison de leur caractère lithophile aux températures de la réduction directe²⁵⁷. Il s'agit de Mg, Al, Si, Ca et Mn. Ces éléments forment la signature d'un système de réduction incluant le minerai, les cendres du charbon, la contribution

257. Ces éléments correspondent à des composés non réduits ou *Non Reduced Compounds* : DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.) 2007.

de l'argile des parois de four et d'éventuels ajouts. Afin de distinguer les inclusions de la réduction de celle issues des autres étapes de la chaîne opératoire de production (forge), la méthodologie proposée par Dillmann et L'Héritier (2007) a été suivie. Cette approche permet également de distinguer si un objet donné a été réalisé à partir de l'assemblage de plusieurs lopins d'origine différente (voir plus bas).

6.2.4 Radiocarbone

Le LMC14 est équipé d'un spectromètre de masse par accélérateur (AMS) dédié à la mesure du ^{14}C . Cet instrument national unique en France permet de mesurer des quantités de carbone inférieures au milligramme, pouvant aller jusqu'à quelques dizaines de microgrammes. Pour la préparation d'échantillons, le LMC14 dispose d'un laboratoire spécifique capable de mettre en œuvre des protocoles d'extraction fiables adaptés à chaque type d'échantillons. En collaboration avec le LAPA, un protocole spécifique d'extraction du carbone des aciers archéologiques a été mis au point²⁵⁸.

Cette approche nécessite de travailler sur des échantillons préalablement étudiés par métallographie. Ceci présente l'avantage de pouvoir sélectionner sur les coupes métallographiques transversales les zones les plus aciérées et de les prélever localement. Il est possible à l'aide d'un foret de diamètre millimétrique de prélever uniquement les zones les plus aciérées.

6.3 Résultats des analyses

6.3.1 Étude métallographique

Sur chacun des échantillons prélevés, la répartition du carbone a été observée par analyse métallographique. Les échantillons étudiés sont tous composés de fer très faiblement carburé, parfois totalement ferritiques (%C < 0,02) (CHA41, CHA133). Sur certains échantillons de petites zones sont constituées d'acier hypoeutectoïde ferrito-perlitique allant de 0,1 à 0,8% de carbone (**fig. 191**). Elles sont souvent situées à la périphérie de l'objet et peuvent être assimilées à des carburations superficielles au contact du charbon dans le foyer de forge (**fig. 192**). Dans les zones les plus carburées, des structures de Widmanstätten ou ferrite aciculaire peuvent être observées (**fig. 191**). Ce type de structure apparaît lors de maintiens longs à relativement haute température et refroidissement relativement rapide (air). Ces conditions sont notamment atteintes lors de la mise en forme par replis et martelage par soudures. Sur aucun des échantillons n'a été détecté de traitement thermo-chimique spécifique destiné à durcir le matériau (trempe notamment). La plupart des échantillons comporte en revanche des structures caractéristiques de la présence de phosphore, dites structures fantômes (**fig. 193**)²⁵⁹. Enfin, les grains sont relativement équiaxes sur l'ensemble des échantillons (**fig. 194**), malgré une taille variable, parfois à l'intérieur du même spécimen (**fig. 195**).

En suivant la procédure proposée par Pages et al²⁶⁰, la teneur en carbone moyenne de l'échantillon a été déterminée ainsi que le pourcentage de la surface observée dont la teneur est supérieure à 0,1 % de

258. LEROY (S.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.) 2013 ; LEROY (S.), L'HÉRITIER (M.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.) 2015 ; LEROY (S.), HENDRICKSON (M.), DELQUE-KOLIC (E.), VEGA (E.), DILLMANN (P.) 2015.

259. VEGA (E.), DILLMANN (P.), FLUZIN (P.) 2002.

260. PAGÈS (G.), DILLMANN (P.), FLUZIN (P.), LONG (L.) 2011.

carbone. En effet, ces deux paramètres permettent de qualifier le degré de carburation de l'acier malgré les hétérogénéités de structures propres aux alliages ferreux médiévaux. Les résultats sont récapitulés dans le **tableau 10**. On constate une grande homogénéité des teneurs en carbone en fonction des échantillons, tous pouvant être considérés comme des fers exempts de carbone, quel que soit le type d'objet analysé. Ces résultats sont en assez bonne concordance avec ceux obtenus sur les baies hautes du chœur et sur l'avant-nef (**fig. 196**), bien qu'on note également la présence de quelques structures un peu plus aciérées dans ce premier corpus (de taille néanmoins bien plus importante), en particulier pour les tenons (éléments non analysés ici). Les échantillons chartrains sont ainsi globalement assez peu aciérés comme un grand nombre de fers de construction étudiés jusqu'ici (**fig. 197**), bien que certains sites (Rouen, Reims notamment) se caractérisent par des structures relativement carburées en moyenne.

Insistons toutefois sur le fait que, malgré cette homogénéité dans les teneurs en carbone, la présence de teneurs importantes de phosphore (> 1000 ppm), dont témoignent les structures fantômes dans la majeure partie des échantillons chartrains, contribue également à durcir ces alliages ferreux. Souvent réparti de façon hétérogène, le phosphore est susceptible de fragiliser le matériau dans son comportement à froid ainsi que lors du travail de forge²⁶¹.

Nom	% surf. Inclusions	% surf. > 0,1 % C	% surf. > 0,3 %C	% C moyen	Structures fantômes (phosphore)	Type
CHA 41	4,0%	0%	0%	0,02	+++	Crochet
CHA 42-1	6,3%	2%	0%	0,03	-	Panneton
CHA 130	1,7%	4%	0%	0,03	+	Fer plat
CHA 131	3,4%	5%	0%	0,03	-	Cerce
CHA 132-1	0,7%	67%	1%	0,14	+	Crochet
CHA 132-2	6,8%	4,9%	4,2%	0,05	+	Crochet
CHA 132-3	3,1%	3%	0%	0,03	+++	Crochet
CHA 133	2,5%	0%	0%	0,02	+	Fer plat

tab. 10 : Bilan des résultats des analyses métallographiques

L'ensemble des échantillons observés montre la présence de nombreuses inclusions non métalliques dont la composition sera analysée dans la suite. Le **tableau 10** donne également la proportion de la surface observée occupée par ces inclusions. Celle-ci est comprise entre 0,7 et 6,8 %. La propreté inclusionnaire des fers est donc relativement variable suivant les échantillons : excellente dans certains cas et assez moyenne dans d'autres. Le type de fer prélevé ne semble pas avoir d'influence sur cette propreté, les crochets comptant à la fois les échantillons les plus propres et les moins propres. Cela montre que malgré les petites dimensions de ces objets, aucun soin particulier n'était accordé à leur fabrication et que les étapes de forges étaient relativement sommaires, ne permettant pas d'expurger les inclusions contenues dans le barreau de fer initial.

Par ailleurs, la microstructure de la cerce CHA 131 présente plusieurs lignes de soudures (**fig. 198 et 199**), correspondant à l'assemblage à chaud à la forge de plusieurs barres ou lopins de fer pour sa réalisation. Ces soudures, évidentes pour produire un fer d'aussi grandes dimensions (environ 6m de circonférence soit plus de 50 kg) avaient déjà pu être repérées en macrographie. La présence de fissure est notable sur cet échantillon à l'abord de certaines soudures (**fig. 199**). Aucune ligne de soudure n'a été relevée sur les autres objets.

261. VEGA (E.), DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), FLUZIN (P.), CREW (P.), BENOIT (P.) 2003 ; STEWART (J.W.), CHARLES (J.A.), WALLACH (E.R.) 2000.

6.3.2 Étude des inclusions

L'étude des inclusions permet d'identifier la comptabilité, ainsi que de proposer une origine technique (procédés de réduction) pour la provenance des fers analysés.

» 6.3.2.1 Homogénéité des éléments

Pour chaque échantillon, les rapports des composés non réduits²⁶² ont été mesurés afin de déterminer si, au sein d'un même objet, plusieurs provenances différentes pouvaient être identifiées. En effet, ce cas de figure révèle la mise en forme de la pièce à partir de l'assemblage de plusieurs lopins. Ceci peut s'expliquer par deux causes : soit un morcèlement spatial et temporel de la chaîne opératoire avec un forgeron qui assemble des demi-produits issus de différentes provenances pour former un objet soit des pratiques de recyclage. La figure 19 (**fig. 200**) donne un exemple de la différence de composition pour trois familles d'inclusions de l'échantillon CHA 131. La figure 20 (**fig. 201**) montre l'exemple de la répartition de ces trois familles d'inclusion sur la coupe de l'objet, révélant de manière très claire l'usage d'au moins deux lopins de métal pour réaliser l'objet²⁶³. La forme et les dimensions de la cerce CHA 131 impliquaient naturellement l'assemblage par soudure de plusieurs barres distinctes, déjà observées en macrographie. L'observation micrographique et les analyses élémentaires suggèrent que les différentes pièces de métal assemblées pour sa réalisation provenaient de plusieurs origines distinctes.

Parmi les huit échantillons analysés, aucun ne semble avec certitude, outre la cerce CHA 130, être produit à partir de lopins distincts. Dans la suite de ce rapport les parties de provenance différentes de la cerce seront le cas échéant identifiées en ajoutant « 1 », « 2 » ou « 3 » à la suite du nom de l'échantillon.

» 6.3.2.2 Origines des fers

Afin de comparer les origines des échantillons et des lopins qui les constituent, les compositions des inclusions ont été normalisées en rapports de logarithmes selon la procédure proposée par Dissert *et al* (2016) et Leroy *et al* (2012). Les compositions ont ensuite été comparées par Analyse en Composantes Principales (**ACP – fig. 202**). Le grand nombre de données ne permet pas une interprétation aisée et en l'absence d'analyse des éléments traces, il ne peut s'agir d'une véritable étude de provenance. Il est cependant possible d'affirmer à ce stade que l'ensemble des échantillons ne possède pas une unique origine commune. En effet, certains nuages de points se séparent nettement des autres. Le crochet CHA 41 a par exemple une composition bien distincte, de même qu'un des groupes de la cerce CHA 131. Le tenon CHA 42-1 semble également se distinguer. Une origine commune pour certains groupes d'échantillons n'est cependant pas à exclure et devrait être confirmée par analyse des éléments traces. Il s'agit d'une part du fer plat CHA 133 et d'un second groupe d'inclusions de la cerce CHA 131 et d'autre part des trois crochets CHA 132-1, 132-2 et 132-3 ainsi que de l'autre fer plat CHA 130. Il est intéressant de noter que ces deux groupes répondent à une répartition nord/sud des objets analysés pour les travées centrales de la nef (3 à 5). En outre, CHA 41 et CHA 42-1 proviennent des

262. Les composés non réduits (MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O, CaO) sont les composés initialement présents dans le minerai et qui n'ont pas été transformés en métal. Ils se retrouvent donc, avec les mêmes rapports dans la scorie de réduction et, partant, dans les inclusions formées par cette scorie. On trouvera plus de détails sur ces CNR dans : DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.) 2007 ; DISSER, DILLMANN, BOURGAIN, L'HÉRITIER, VEGA, BAUVAIS, LEROY 2014 ; LEROY (S.), DILLMANN (P.), DISSER (A.), L'HÉRITIER (M.), BAUVAIS (S.), FLUZIN (P.) 2014.

263. Un premier groupe (rose) est identifiable dans la bande de métal inférieure sous la zone carburée (carburation liée à une soudure) et un second dans la bande de métal médiane (bleu). La répartition des groupes d'inclusions en partie supérieure est plus incertaine mais pourrait correspondre à la soudure des mêmes fers. Le 3^e groupe (blanc) très localisé pourrait être lié à des effets de pépite au niveau des inclusions (proximité avec le groupe bleu). Rappelons en outre que cet échantillon comporte de nombreuses lignes de soudures longitudinales et transverses.

travées plus orientales de la nef (7 à 9). Ainsi, on peut restituer une évolution des approvisionnements au cours de l'avancement du chantier et proposer une gestion latéralisée (nord/sud) dans la mise en œuvre des baies hautes, déjà avancée pour le chantier du chœur (L'Héritier *et al* 2014).

» 6.3.2.3 Discrimination des procédés de réduction (direct et indirect)

L'analyse des inclusions permet également de déterminer les procédés de réduction utilisés afin de transformer le minerai en métal (procédés direct et indirect). Pour cette analyse, chaque lopin identifié sur les échantillons est considéré de manière séparée. Le principe de l'analyse est de comparer la teneur moyenne pondérée de la surface des inclusions de chaque objet à celle d'un corpus de référence représentatif de l'un ou l'autre des procédés²⁶⁴. Pour chacun des objets analysés, une teneur moyenne pondérée de la surface de chacune des inclusions est calculée à partir de la composition de chacune des inclusions analysées²⁶⁵. Les résultats sont ensuite reportés dans un abaque de référence (**fig. 203**).

Les résultats montrent que la plupart des fers sont assez nettement situés dans la zone des fers de procédé direct. Le fer plat CHA130 et dans une moindre mesure deux lopins de la cerce CHA131 sont situés dans la zone indéterminée qui ne permet pas de discriminer le procédé technique utilisé. En revanche, le crochet CHA41 se trouve pour sa part dans la zone des fers de réduction indirecte.

Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus pour les éléments des baies hautes du chœur (**fig. 204**). Plusieurs crochets, en particulier les crochets à angle droit de la 4^e travée nord et un crochet de forme intermédiaire de la 3^e travée nord sont également situés dans la zone indéterminée de même que plusieurs tenons. Une large majorité des échantillons était toutefois déjà située dans la zone des fers de réduction directe, en particulier la plupart des crochets à pointe recourbée de la 3^e travée nord et de la 4^e travée sud.

6.4 Sélection des échantillons pour datation radiocarbone

L'objectif initial était de dater un élément des différents ensembles identifiés : cerce, fers plats des piédroits, crochets de la nef, crochets du chœur. La sélection des éléments à dater a toutefois fortement été contrainte par la nature métallographique des échantillons. En effet, la plupart sont très peu carburés, ce qui, ajouté à leurs faibles dimensions a limité les possibilités de prélèvement (**fig. 205**).

Ainsi, il n'a en général pas été possible de réaliser deux datations par échantillon, procédure normale appliquée pour s'assurer de l'homogénéité des résultats²⁶⁶. Les résultats obtenus devront donc être pris avec caution, étant donné qu'ils seront fondés sur une datation unique par échantillon (sauf pour la cerce CHA131 et un crochet du chœur, CHAOTS4/5). La cohérence de certains lots (notamment pour les ensembles de crochets du chœur et de la nef) peut toutefois permettre de pallier cette fragilité des résultats obtenus.

264. La description du corpus de référence et la méthodologie sont présentées dans DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.) 2007.

265. On trouvera plus de détail sur la méthode dans les deux publications suivantes : DILLMANN, L'HÉRITIER 2007 ; DISSER, DILLMANN, BOURGAIN, L'HÉRITIER, VEGA, BAUVAIS, LEROY 2014.

266. LEROY (S.), L'HÉRITIER (M.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.) 2015.

Référence	Type d'échantillon	Teneur en carbone	Nombre de datations
CHA130	Fer plat d'un piédroit	0,20	1
CHA132-1	Crochet nef	0,10	1
CHA132-2	Crochet nef	0,80	1
CHA131	Cerce	0,30	2
CHAOTS4/5	Crochet chœur	0,80	2
CHAOTN3/3	Crochet chœur	0,80	1
CHAOTS4/2	Crochet chœur	0,50	1

tab. 11 : Liste des échantillons prélevés pour datation

6.5 Conclusion

En l'attente des résultats sur la datation radiocarbone²⁶⁷ des fers des baies hautes de la nef et du chœur de la cathédrale de Chartres, l'étude archéologique, morphologique et métallographique permet de proposer plusieurs hypothèses quant à leur mise en œuvre et leur usage.

La grande majorité des fers semble avoir une origine médiévale (antérieure au XV^e siècle), étant donné qu'à l'exception d'un crochet, tous sont faits en fer de réduction directe. Si ces résultats ne constituent en rien une datation absolue et sont soumis, ils permettent néanmoins de poser l'hypothèse d'une mise en œuvre concomitante au vitrage ou à la maçonnerie pour la plupart des éléments. Seul le crochet CHA 41 pourrait provenir d'une phase de construction postérieure à l'époque médiévale.

En effet, malgré des proximités typologiques, au moins deux phases d'installation pour les crochets peuvent être décelées. Ceux situés autour des baies hautes semblent plus anciens et pourraient avoir été posés lors de la construction, comme le suggère également leur antériorité au décor peint mise en évidence par la relation stratigraphique.

Leur rôle dans le chantier de la nef pose évidemment question, mais les hypothèses émises pour les tenons et crochets du chœur semblent toujours valables. Situés à l'intérieur de la nef, ils ont peut-être servi à tendre des cordes destinées à retenir, contre les roses, une structure en matériaux légers (toile, paille...), afin de protéger les verrières. De ces observations, on déduit que ces protections provisoires ont permis d'enduire, les murs et les voûtes situés, autour des roses sans risquer d'endommager les vitraux. Une fois ce travail achevé, la structure de protection disposée contre les verrières a été enlevée pour permettre au peintre de finir l'enduit autour des oculi et des quadrilobes qui composent chaque rose et c'est lors de cette finition que les crochets ont été partiellement recouverts. La restitution d'un platelage au niveau de la base des roses, tel que les observations archéologiques l'ont mis en évidence, indique que des travaux ont eu lieu (*cf.* 4.2. *L'échafaudage à partir de ses traces*). S'agit-il de la pose du décor en faux appareil des voûtes (date présumée ?) La vitrerie définitive était-elle déjà posée à l'époque ? Les datations radiocarbone permettront peut-être d'apporter une chronologie plus fine sur ces aspects.

En revanche, les crochets installés plus bas de manière plus anarchique sur les piliers et les arcatures pourraient être liés à des phases de travaux postérieures, peut-être à l'époque moderne. Leur fonction reste à déterminer, mais il pourrait s'agir d'éléments servant à suspendre du matériel lors d'une phase de chantier.

Les fers retrouvés dans les piédroits des baies, si la datation radiocarbone confirme qu'ils ont bien été mis en œuvre au XIII^e siècle, pourraient ainsi bien être des éléments liés à une ancienne structure vitrée. On serait alors tentés de les identifier à un système d'accroche des châssis de bois présents dans certaines baies. Le caractère répétitif de leur mise en œuvre révélé par les observations archéologiques indiquerait alors qu'un très grand nombre des baies hautes se soit trouvé à l'origine en châssis de bois.

267. Les résultats sont à attendre pour le printemps 2018. Ils seront communiqués sous la forme d'une annexe au présent rapport.



7 - CONCLUSION GÉNÉRALE

Le vaisseau central, érigé à partir de 1195-1200 et achevé vers 1230, a été bâti, comme l'ensemble de la cathédrale, en pierre locale dite de Berchères, du nom d'une commune proche de Chartres. Associé à cette roche dure et vacuolaire, un calcaire Lutécien, plus léger et fin, a été utilisé pour soulager les parties supérieures des arcs, alors qu'on le pensait réservé plus spécifiquement pour la sculpture des portails en raison de sa qualité pour la taille ornementale et de son coût élevé lié à son approvisionnement depuis la région parisienne. Conformément à ce principe, le maître d'œuvre a généralisé l'usage de moellons légers en craie tendre pour la construction du voûtement du vaisseau central, procédé qui a été poursuivi lors du voûtement du haut-chœur. Ce choix technique visait à réduire la charge des voûtes supérieures de la cathédrale pour que les poussées soient mieux reprises par les arcs-boutants et les voûtes basses, entièrement bâties, elles aussi, en pierres de Berchères.

Sur le chantier du vaisseau, pic et surtout taillant droit servaient à l'exécution des blocs les plus courants, même si l'usage du taillant, vers 1200, apparaît complètement suranné aux yeux des spécialistes. Pour réaliser les organes architecturaux spécifiques, comme colonnettes, arcs, piliers, vousoirs, roses, le marteau à taillant brettelé semble aussi très utilisé par les tailleurs de pierre qui l'employaient conjointement au taillant droit. Les hommes maniaient, le plus souvent, ces outils de manière oblique ou droite, mais aussi de façon croisée et s'aidaient parfois, pour dresser les faces d'un bloc, de ciselures relevées. Le recours à une importante main-d'œuvre sur le chantier de Notre-Dame explique certainement la diversité des gestes et de l'outillage. Tout a été mis à contribution, les hommes et les outils, pour bâtir vite et efficacement. Rien qui indique une stagnation technique, malgré le fait que cela ait été écrit en raison de l'usage du taillant droit. Cette cadence imposée sur le chantier est à l'origine de nombreux désordres. Les organes architecturaux les plus délicats (roses, fûts, bases et chapiteaux de colonnes) ont parfois été fracturés lors de leur manipulation et réparés pour être mis en œuvre.

Ces désordres, les traces d'outil, les différentes natures de roches ont été dissimulés par un enduit de finition. Grâce ce dernier, envisagé dès la naissance du projet, les ouvriers ont pu s'affranchir des finitions, manipuler les blocs sans trop d'attention, dans le but de redoubler de célérité.

Le vaisseau central a été échafaudé à plusieurs reprises et de différentes manières au cours de sa construction. Des échafaudages sur pieds et sans fixation aux murs ont servi à construire les grandes arcades jusqu'au triforium. À partir de ce niveau, une structure en bascule prend le relais permettant de démonter celui sur pieds et laisser ainsi les parties basses de la nef libres à la circulation. Cet échafaudage à bascule se développait symétriquement sur les deux murs gouttereaux du vaisseau central, mais sans le franchir. Cette double structure prenait à la fois appui sur la galerie du triforium et sur le voûtement des bas-côtés préalablement construits. L'échafaudage se développait ainsi de part et d'autre des murs gouttereaux et au travers des fenêtres du clair-étage encore dépourvues de remplage. Il a servi à construire les murs gouttereaux jusqu'à leur couronnement, puis a contribué à la mise en place de la charpente. Le vaisseau central se présentait alors comme un ouvrage avec des dispositifs d'attentes destinés à recevoir le voûtement dans un second temps.

Les parties supérieures de ce premier échafaudage suspendu ont été démontées pour installer les cintres des voûtes. De ces derniers, on a pu restituer le dispositif de couchis qui prenait appui entre les arcs et était repris par une armature de bois coincée entre les moulures des ogives et des doubleaux. Le chantier du voûtement s'est terminé par la réalisation de la voûte de la travée 4, assurant ainsi la liaison entre deux parties préalablement construites et provoquant un léger décalage dans l'alignement des clefs de voûte. Il est probable que la travée 3 bâtie contre les tours, ait devancée les travaux des travées les plus orientales (T5 à 9). Cela expliquerait, outre la présence des soubassements de la cathédrale de Fulbert, le fait que cette travée soit plus étroite que toutes les autres et qu'elle soit dotée d'un triforium ouvert de trois arcades tandis que les suivantes en compte quatre.

Une fois le voûtement achevé, l'échafaudage à bascule a été remonté au nord comme au sud, avec dans cette phase un dispositif de plateforme relayant les deux structures au-dessus du vaisseau pour permettre la réalisation de l'enduit au niveau de l'intrados des voûtes. Depuis ce nouvel échafaudage, les ouvriers ont monté le remplage des fenêtres du clair-étage, nécessitant la réalisation de trous de boulin autour des roses pour assurer son ancrage. Le montage en sous-œuvre des roses a nécessité qu'une importante quantité de plomb soit versée pour assurer les scellements des éléments. Dans les piédroits des fenêtres, des fers plats en forme de coin ont été disposés pour fixer en applique des châssis en bois. Ce premier système était destiné à accueillir les vitraux au niveau des lancettes, système qui fut remplacé par la suite et dont l'opération est relatée dans un texte de 1415-1416. Au niveau des roses, les structures métalliques, maintenant les verres, ont quant à elles été mises en place dès l'origine. Des précisions sur l'installation des cercles de fer placés dans les oculi seront apportées par la datation radiocarbone en cours.

Le gros-œuvre terminé, le chantier de revêtement mural a débuté. L'étude a permis de mettre en évidence l'existence d'un premier enduit reconnu jusqu'au sommet du triforium. Il fut rapidement remplacé par un programme décoratif plus global et complexe, ainsi les parements reçurent un décor de faux-appareil à joints blancs, puis un décor polychrome a été appliqué sur les clefs de voûte et les colonnettes du triforium. L'observation attentive de ces décors offre aujourd'hui la possibilité de donner des informations sur la progression de ce chantier de revêtement. Le recouvrement des murs du vaisseau central a progressé d'ouest en est et a commencé par les parties hautes du vaisseau, depuis l'échafaudage en bascule. Autour des roses, des petits crochets en forme de L ont été observés et avaient probablement pour fonction la mise en place de protection contre les roses afin d'enduire les murs sans risquer de casser ou simplement d'éclabousser les vitraux. Ce système a la même fonction que celui observé dans le chœur (principe à tenons scellés au plomb plus élaboré). La dépose des protections a été nécessaire pour finir d'enduire les roses autour des oculi et des quadrilobes. C'est certainement lors de ce travail de finition que les crochets ont été partiellement recouverts par l'enduit. Dans leur progression de haut en bas, les artisans retiraient les boulins des murs et en comblaient les trous. Lors de ce travail, les arcades du triforium des travées 3 et 4 nord ont fait l'objet d'un décor de fleurs de lys et de cercles blancs. Ornementation qui a été interprétée comme un essai puisqu'il a été effacé sous un mortier et qu'il n'a été reproduit sur aucune autre travée. L'enduit des parties basses a été terminé depuis un échafaudage en pieds reconstruit dans la nef.

Le vaisseau central a subi peu de remaniements postérieurs à son chantier de construction. La reprise la plus remarquable est sans doute la réalisation avant le XIV^e siècle d'un nouvel enduit sur l'ensemble de ses élévations. Les transformations du bâti postérieures à ces phases médiévales sont très ponctuelles, on a noté principalement des réfections de l'enduits des voûtes, la création de décors polychromes sur les piliers et les modifications liées à l'installation des apôtres d'argent sculptés. L'incendie de 1836, a aussi entraîné un le réaménagement des trous de voûtes et de l'enduit autour. Le vaisseau central

conserve la plupart de ses dispositifs et aménagements d'origine que la dernière restauration a su mettre en lumière. L'étude archéologique du transept et des bas-côtés permettrait de compléter nos connaissances sur la nef et, plus largement, sur l'ensemble de la cathédrale Notre-Dame de Chartres.



8 - BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux

AUTENRIEHT (H. P.) 1997 :

AUTENRIEHT (H. P.), « Structures ornementales et ornements à motifs structuraux : les appareils peints jusqu'à l'époque romane », dans Ottaway (J.) (dir.), *Le rôle de l'ornement dans la peinture murale du Moyen Âge*, Actes du colloque international de Saint-Lizier, 1-4 juin 1995, Poitiers, 1997, pp. 57-71.

BENOIT (P.), BLANC (A.), GÉLY (J.-P.), GUINI-SKLIAR (A.), OBERT (D.) et VIRÉ (M.) 2000 :

BENOIT (P.), BLANC (A.), GÉLY (J.-P.), GUINI-SKLIAR (A.), OBERT (D.) et VIRÉ (M.), « La pierre de Paris. Méthode d'étude de la pierre à bâtir depuis son extraction jusqu'à sa mise en œuvre » dans *La pierre dans la ville antique et médiévale. Actes du colloque d'Argentomagus*, Tours : Fédération pour l'édition de la Revue archéologique du Centre de la France, 2000, pp. 121-158.

BLANC (A.), GÉLY (J.-P.) 1995 :

BLANC (A.), GÉLY (J.-P.), *Le lutétien supérieur des anciennes carrières de Paris et de sa banlieue : essai de corrélations lithostratigraphiques et application à l'archéologie*, Paris : Association des Déologues du Bassin de Paris : AEDEH, 1995

BOISSARD (E.), MARTIN (P.) 2014 :

BOISSARD (E.), MARTIN (P.), « Chartres (Eure-et-Loir), cathédrale Notre-Dame. Restauration et étude archéologique de la façade et des deux premières travées occidentales de la nef. », dans *Monumental*, 2014, pp. 26-27.

BOUTTIER (M.) 2014 :

BOUTTIER (M.) « Les enduits et les décors peints », dans TIMBERT (A.) et alii, *Chartres, Construire et Restaurer La Cathédrale XIe-XXIe*, S. Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 2014, pp. 259-286.

Bulletin Monumental 2011 :

Société Française d'Archéologie, *La Cathédrale de Chartres. Restaurations Récentes et Nouvelles Recherches, Bulletin Monumental 169*, Paris : Éditions A. & J. Picard, 2011.

BULTEAU (M.-J.) 1888-1892 :

BULTEAU (M.-J.), *Monographie de la cathédrale de Chartres*, 1888-1892, 3 vol. T1.

CALVEL (P.) 2014 :

CALVEL (P.), « Restaurer la cathédrale de Chartres du XIXe au XXe siècle », dans TIMBERT (A.) et alii, *Chartres, Construire et Restaurer La Cathédrale XIe-XXIe*, S. Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 2014, pp. 97-128.

CHALLINE (Ch.) 1918 :

CHALLINE (Ch.), *Recherches sur Chartres*, Chartres : Société archéologique d'Eure-et-Loir, 1918.

COLLECTIF 1996 :

Collectif, *L'échafaudage dans le chantier médiéval*, Lyon : Service régional de l'archéologie et Association lyonnaise pour la promotion de l'archéologie en Rhône-Alpes, 1996, Documents d'archéologie en Rhône-Alpes.

DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.) 2007 :

DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), « Slag inclusion analyses for studying ferrous alloys employed in French medieval buildings: supply of materials and diffusion of smelting processes », in *Journal of Archaeological Science*, vol. 34, n° 11, 2007, pp. 1810-23.

DISSER (A.), DILLMANN (P.), BOURGAIN (C.), L'HÉRITIER (M.), VEGA (E.), BAUVAIS (S.), LEROY (M.) 2014 :

DISSER (A.), DILLMANN (P.), BOURGAIN (C.), L'HÉRITIER (M.), VEGA (E.), BAUVAIS (S.), LEROY (M.), « Iron reinforcements in Beauvais and Metz Cathedrals : from bloomery or finery ? The use of logistic regression for differentiating smelting processes », in *Journal Of Archaeological Science* 42, 2014, pp. 315-333.

EMBS (A.) 2014 :

EMBS (A.) (dir.), *Peintures murales : 30 ans de restauration en Poitou-Charentes*, Poitiers : direction Régionale des Affaires culturelles de Poitou-Charentes, 2014, pp.20-21.

ÉPAUD (F), 2017 :

ÉPAUD (F), *La charpente de la cathédrale de Bourges : de la forêt au chantier*, Tours : Presses Universitaires François Rabelais, 2017.

GILBERT (A.P.M.) 1824 :

GILBERT (A.P.M.), *Description historique de l'église cathédrale de Notre-Dame de Chartres*, nouvelle édition, considérablement augmentée, et ornée de gravures, Chartres, 1824.

HOYER (R.) 1991 :

HOYER (R.), *Notre-Dame de Chartres: der Westcomplex, systematische Grundlagen des bauarchaologischen Analyse*, Frankfurt, 1991.

JAMES (J.) 1977-1982 :

JAMES (J.), *Chartres les constructeurs*, Chartres : Société archéologique d'Eure-et-Loir, 1977-1982, 3 vol. 617p.

JOSSIER (S.) 1881 :

JOSSIER (S.), *Dictionnaire des ouvriers du bâtiment*, Paris : Ducher, 1881.

KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.) 2001 :

KURMANN-SCHWARZ (B.), KURMANN (P.), *Chartres. La cathédrale*, Saint-Léger-Vauban : Zodiaque, 2001.

LASSUS (J.-B.-A.) 1867 :

LASSUS (J.-B.-A.), *Monographie de la cathédrale de Chartres, Atlas*, Paris : Imprimerie impériale, 1867.

LAUTIER (Cl.) 2009 :

LAUTIER (Cl.), « Chartres » dans *Dictionnaire d'histoire de l'art du Moyen Age occidental*, sous la direction de CHARRON (P.) et GUILLOUËT (J.-M.), Paris : Robert Laffont, 2009, pp. 226-229.

LAUTIER (Cl.) 2003 :

LAUTIER (Cl.), « Les vitraux de la cathédrale de Chartres. Reliques et images », dans *Bulletin Monumental 161*, Paris : Éditions A. & J. Picard, 2003.

LEFEBVRE (É.), L'HÉRITIER (M.) 2014 :

LEFEBVRE (É.), L'HÉRITIER (M.), « De l'emploi du fer dans la structure de la cathédrale de Chartres. Approche qualitative et quantitative », dans TIMBERT (A.) *et alii*, *Chartres. Construire et restaurer la cathédrale XIe-XXIe s.*, Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 2014, pp. 287-306.

LEFÈVRE-PONTALIS (E.) 1902 :

LEFÈVRE-PONTALIS (E.), *Les Fondations des façades de la cathédrale de Chartres*, Chartres : C. Métais, 1902.

LEFÈVRE-PONTALIS (E.) 1902 :

LEFÈVRE-PONTALIS (E.), *Les façades successives de la cathédrale de Chartres au XI^e et au XII^e siècle*, Caen : Impr. de H. Delesques, 1902.

LEFÈVRE-PONTALIS (E.) 1904 :

LEFÈVRE-PONTALIS (E.), *Nouvelle étude sur les façades et les clochers de la cathédrale de Chartres. Réponse à M. Mayeux*, Chartres : impr. de E. Garnier, 1904.

LEFÈVRE-PONTALIS (E.) 1905 :

LEFÈVRE-PONTALIS (E.), « Les architectes et la construction des cathédrales de Chartres », dans *Mémoires de la Société nationale des Antiquaires de France*, 7 série, t. IV, 1904-1905, pp. 69-136.

LEFÈVRE-PONTALIS (E.) 1909 :

LEFÈVRE-PONTALIS (E.), « La question du porche occidental de la cathédrale de Chartres », *Bulletin Monumental 73*, 1909, pp.493-499.

LÉPINOIS (E.), MERLET (L.) 1865 :

LÉPINOIS E., MERLET L., *Cartulaire de Notre-Dame de Chartres volume 3*, Société archéologique d'Eure-et-Loire. Chartres : Impr. de Garnier, 1865.

LEROUX (L.), BLANC (A.) 2008 :

LEROUX (L.), BLANC (A.), « La pierre de Paris sur les portails des cathédrales de Chartres, d'Auxerre et d'Amiens et de sens », dans *Pierres du patrimoine européen. Économie de la pierre de l'Antiquité à la fin des Temps Modernes, Actes du colloque international de Château-Thierry, 18-21 octobre 2005*, sous la direction de BLARY (F.), GÉLY (J.-P.) et LORENZ (L.), Paris, éditions du CThS et Patrimoine Vivant éditeurs, 2008, pp. 87-95.

LEROY (S.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.) 2013 :

LEROY (S.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.), « Datation radiocarbone des alliages ferreux anciens », in *Actes du colloque Sciences des matériaux du patrimoine culturel, Paris, 20 et 21 novembre 2012*, Ministère de la Culture et de la Communication, 2013, pp. 57-63.

LEROY (S.), DILLMANN (P.), DISSER (A.), L'HÉRITIER (M.), BAUVAIS (S.), FLUZIN (P.) 2014 :

LEROY (S.), DILLMANN (P.), DISSER (A.), L'HÉRITIER (M.), BAUVAIS (S.), FLUZIN (P.), « Provenance et circulation des alliages ferreux », dans DILLMANN (Ph.), BELLOT-GURLET (L.) (dirs.), *Circulation des matériaux et des objets dans les sociétés anciennes*, Paris : Editions des Archives Contemporaines, 2014, pp. 79-108.

LEROY (S.), HENDRICKSON (M.), DELQUE-KOLIC (E.), VEGA (E.), DILLMANN (P.) 2015 :

LEROY (S.), HENDRICKSON (M.), DELQUE-KOLIC (E.), VEGA (E.), DILLMANN (P.), « First Direct Dating for the Construction and Modification of the Baphuon Temple Mountain in Angkor, Cambodia », *PLoS ONE*, vol. 10, 2015.

LEROY (S.), L'HÉRITIER (M.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.) 2015 :

LEROY (S.), L'HÉRITIER (M.), DELQUE-KOLIC (E.), DUMOULIN (J.-P.), MOREAU (C.), DILLMANN (P.), « Consolidation or initial design ? Radiocarbon dating of ancient iron alloys sheds light on the reinforcements of French Gothic Cathedrals », in *Journal of Archaeological Science*, vol. 53, 2015, pp. 190-201.

L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (É.), ARLES (A.), DILLMANN (Ph.), GRATUZE (B.) 2014 :

L'HÉRITIER (M.), LEFEBVRE (É.), ARLES (A.), DILLMANN (Ph.), GRATUZE (B.), « Oculi des baies hautes du chœur. Étude archéologique et archéométrique des éléments métalliques », dans TIMBERT (A.) *et alii*, *Chartres, Construire et Restaurer La Cathédrale XI^e-XXI^e*, S. Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 2014, pp. 307-320.

L'HÉRITIER (M.), DILLMANN (P.) 2009 :

L'HÉRITIER (M.), DILLMANN (P.), « Récupération et emploi du fer pour la construction des monuments de la période gothique » dans Bernard (J.-F.), Bernardi (P.), Esposito (D.) (éd.), *Il reimpiego in architettura. Recupero, trasformazione, uso. Actes du colloque de Rome (8-10 novembre 2007)*, Rome : École française de Rome, 2009, pp. 157-175.

MARTIN (P.) 2015 :

MARTIN (P.), « La Façade et Les Travées Occidentales de La Cathédrale de Chartres : Nouveaux Apports de L'archéologie Du Bâti. », *Bulletin Monumental* 173-3, 2015, pp. 203-14.

MICHLER (J.) 1989 :

MICHLER (J.), « La cathédrale de Chartres : reconstitution de la polychromie originale de l'intérieur », *Bulletin monumental* 147, Paris : Éditions A. & J. Picard, pp. 118-131.

MIGNE (J.-P.) 1853 :

MIGNE (J.-P.) (éd.), *sancti fulberti carnotensis ecclesiae episcopi opera quae reperiri potuerunt omnia*, Paris.

MERLET (L.) 1889 :

MERLET (L.), Compte de L'Œuvre de la Cathédrale de Chartres en 1415-1416, dans *Bulletin archéologique du Comité des Travaux historiques et scientifiques*, 1889, n°1, pp. 35-93.

MGR ROSEROT DE MELIN (J.) 1966 :

MGR ROSEROT DE MELIN (J.), *Bibliographie commentée des sources d'une histoire de la cathédrale de Troyes*, Troyes, t. I, 1966, p. 175.

PAGÈS (G.), DILLMANN (P.), FLUZIN (P.), LONG (L.) 2011 :

PAGÈS (G.), DILLMANN (P.), FLUZIN (P.), LONG (L.), « A study of the roman iron bars of Saintes-Maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône, France). A proposal for a comprehensive metallographic approach », in *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, n° 6, 2011, pp. 1234-52.

PÉROUSE DE MONTCLOS (J.-M.) 1972 :

PÉROUSE DE MONTCLOS (J.-M.), *Principes d'analyse scientifique, architecture et vocabulaire*, Paris, Imprimerie nationale, Inventaire Général, 1972, 6e éd. 2007.

PRACHE (A.) 1997 :

PRACHE (A.), « Remarques sur la construction de la cathédrale de chartres à la lumière de la dendrochronologie », dans *Monde médiéval et société chartraine : actes du colloque international organisé par la Ville et le Diocèse de Chartres (8-10 septembre 1994)*, sous la direction de ARMOGATHE (J.-R.), Paris : Picard, 1997, pp. 75-79.

PRACHE (A.) 2006 :

PRACHE (A.), « Remarques sur le chantier de construction de la cathédrale de Chartres » dans *Materiam superabat opus, Hommage à Alain Erlande-Brandenburg*, sous la direction de BOS (A.), DECTOT (X.), LENIAUD (J.-M.), PLAGNIEUX (Ph.), Paris : École nationale des chartes : Réunion des musées nationaux, 2006, pp. 345-349.

Société archéologique d'Eure-et-Loir 1904 :

Société archéologique d'Eure-et-Loir, *Mémoires de la Société archéologique d'Eure-et-Loir, XIII*. Chartres : Société archéologique d'Eure-et-Loir, 1904.

REILLE-TAILLEFER (G.) 2012 :

REILLE-TAILLEFER (G.), « Découverte et restauration de peintures murales gothiques du XIIIe siècle à la Cathédrale de Chartres », CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art, n° 7, 2012.

URL : <http://ceroart.revues.org/2200>

SOUCHET (J.-B.) 1869 :

SOUCHET (J.-B.), *Histoire du diocèse et de la ville de Chartres, Vol. 3.*, Société archéologique d'Eure-et-Loir, Chartres: impr. de Garnier, 1869.

STEWART (J.W.), CHARLES (J.A.), ET WALLACH (E.R.) 2000 :

STEWART (J.W.), CHARLES (J.A.), WALLACH (E.R.), « Iron-phosphorus-carbon system Part 1 - Mechanical properties of low carbon iron-phosphorus alloys », in *Materials science and technology*, 2000, vol. 16, no 3, pp. 275-282.

TIMBERT (A.) et alii 2014 :

TIMBERT (A.) (dir.), *Chartres, Construire et Restaurer La Cathédrale XI^e-XXI^e*, S. Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 2014, 395p.

VILLETTE (J.) 1994 :

VILLETTE (J.), *Le plan de la cathédrale de Chartres : hasard ou stricte géométrie ?*, Chartres : J. M. Garnier, 1994, 2e éd.

YBERT (A.) 2014 :

YBERT (A.), « Les voûtes de la cathédrale de Chartres à la lumière des restaurations », dans TIMBERT (A.) et alii, *Chartres, Construire et Restaurer La Cathédrale XI^e-XXI^e*, S. Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion, 2014, pp. 215-238.

VEGA (E.), DILLMANN (P.), FLUZIN (P.) 2002 :

Vega (E.), Dillmann (P.), Fluzin (P.), « Contribution à l'étude du fer phosphoreux en sidérurgie ancienne », dans *La Revue d'Archéométrie*, vol. 26, 2002, pp. 197-208.

VEGA (E.), DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), FLUZIN (P.), CREW (P.), BENOIT (P.) 2003 :

VEGA (E.), DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), FLUZIN (P.), CREW (P.), BENOIT (P.), *Forging of phosphoric iron. An analytical and experimental approach*, Milan, 2003.

ZABAGLIA (N.) 1743 :

ZABAGLIA (N.), *Castelli e Ponti di maestro Nicola Zabaglia*, Rome, Pagliarini, 1743.

Rapports d'étude

BOISSARD (E.) 2016 :

BOISSARD (E.), *Chartres – Notre-Dame, Restauration des travées 1 à 8B du tour de chœur. Suivi archéologique*, Chaponnay : Archeodunum, 2016.

BOULARAND (S.), GIRÁLDEZ (P.), VENDRELL (M.), BIROSTA (J.) 2009 :

BOULARAND (S.), GIRÁLDEZ (P.), VENDRELL (M.), BIROSTA (J.), *Cathédrale Notre-Dame de Chartres, Étude des polychromies de la voûte du Haut-Chœur. Évaluation d'essais de nettoyage*, Patrimoni, 2009.

CHECROUN (E.), DETALLE (V.), JACOBÉ (N.) :

CHECROUN (E.), DETALLE (V.), JACOBÉ (N.), *Chartres (Eure-et-Loir, 28), Cathédrale Notre-Dame, Chœur, clef de voûte, polychromie, Étude stratigraphique et analyses physico-chimiques*, (en cours).

DANDREL (C.) 2014 (mai) :

DANDREL (C.), *Chartres (28), Cathédrale Notre-Dame, Seconde travée droite du chœur, mur gouttereau nord, Rapport d'étude des décors peints*, 2014.

DANDREL (C.) 2014 (décembre) :

DANDREL (C.), *Chartres, cathédrale, Pile nord-ouest de la croisée du transept, Étude des décors peints, version provisoire*, 2014.

DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), VEGA (E.) 2016 :

DILLMANN (P.), L'HÉRITIER (M.), VEGA (E.), *Étude des éléments métalliques de la rose occidentale de la cathédrale de Reims, Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération*, 2016.

GUINAMARD (C.) 2009 :

GUINAMARD (C.), *Eure-et-Loir. Chartres. Cathédrale Notre-Dame de Chartres. Restauration des peintures du haut-chœur. Lot n°2 : Restauration des peintures murales, Dossier des Ouvrages Exécutés*, Tollis, Chevilly-Larue, 2009.

Lithos France 2011 :

Lithos France, *Cathédrale de Chartres, déambulatoire sud, clés de voûte, Rapport d'analyse de pigments et stratigraphies*, 2011.

Lithos France 2013 (juillet) :

Lithos France, *Chartres, cathédrale, Restauration du déambulatoire, Dossier des Ouvrages Exécutés*, 2013.

Lithos France 2013 :

Lithos France, *Chartres, cathédrale, Restauration de la croisée du transept, Dossier des Ouvrages Exécutés*, 2013.

MARTIN (P.) 2013 :

MARTIN (P.), *Chartres (28), Cathédrale Notre-Dame, Travées Occidentales et Façade. Rapport d'opération préventive d'archéologie du Bâti*, Chaponnay : Archeodunum, 2013, 3 vol.

MOULINIER (B.) 1994 :

MOULINIER (B.), *Région Centre. Eure-et-Loir. Cathédrale de Chartres, Rapport des travaux d'étude et d'essais de nettoyage des décors intérieurs*, 1994.

RAMIREZ-MARTIN (S.) 2015 (février) :

RAMIREZ-MARTIN (S.), *Clef de voûte de la nef n° 7, Cathédrale de Chartres (Eure-et-Loir), Étude stratigraphique de décor peint*, ERM Secteur Monuments Historiques, 2015.

RASSINEUX (F.) 2015 (janvier) :

RASSINEUX (F.), *Restauration intérieure de la nef, Cathédrale de Chartres (Eure-et-Loir), Étude stratigraphique de peintures murales*, ERM Secteur Monuments Historiques, 2015.

ROSENBAUM (L.), SURMA (F.) 2011 :

ROSENBAUM (L.), SURMA (F.), *Rapport n°W2071-3, 11/02/2011*, CRITT Matériaux Alsace, 2011.

REILLE-TAILLEFER (G.) 2011 :

REILLE-TAILLEFER (G.), *Chartres, Cathédrale, Premières travées de la nef, étude et investigations des peintures murales de baies*, A.R.T. SA, 2011.

VENDRELL (M.), GIRÁLDEZ (P.), VADILLO (A.) 2016a (avril) :

VENDRELL (M.), GIRÁLDEZ (P.), VADILLO (A.), *Cathédrale Notre-Dame de Chartres, France, Analytical study of eight painting samples*, Patrimoni, 2016.

VENDRELL (M.), GIRÁLDEZ (P.), VADILLO (A.) 2016b (avril) :

VENDRELL (M.), GIRÁLDEZ (P.), VADILLO (A.), *Cathédrale Notre-Dame de Chartres, France, Analytical study of six samples*, Patrimoni, 2016.

VIRET (J.) 2014 :

VIRET (J.), *Cathédrale de Chartres. Observations et Sondages Archéologiques Dans Les Parties Hautes Du Choeur. Rapport de Sondage Archéologique*, Chartres: Ville de Chartres - Service archéologique, 2014, 2 vol.