

**Table ronde : L'acquisition de données 3D et les traitements numériques à l'épreuve des questions de recherche : fabrication et adaptation d'outils d'acquisition, de chaînes de traitement et de supports d'analyse**

*Modérateur : Livio De Luca (MAP-CNRS, gt num)*

*Intervenants :*

*Gregory Chaumet (Pleomo3D-Centre André Chastel, gt décor)*

*Dylan Nouzeran (IRHiS, gt pierre)*

*Olivier Girardclos et Clara Penagos (Chrono-environnement-CNRS, gt bois)*



European  
Research  
Council

**Une cathédrale de données numériques et connaissances pluridisciplinaires**

Journées d'études du groupe de travail "données numériques" du chantier scientifique Notre-Dame de Paris  
19 - 21 juin 2024, Campus CNRS Joseph Aiguier, Marseille



# L'**acquisition** de données 3D et les **traitements numériques** à l'épreuve des **questions de recherche**

*Fabrication et adaptation d'outils d'acquisition,  
de chaînes de traitement et de supports d'analyse*

*Grégory CHAUMET, ingénieur d'études*

Chantier scientifique Notre-Dame CNRS / ministère de la Culture  
GT Décor Notre-Dame

19/06/2024

# CAMPAGNES DE NUMÉRISATIONS 3D

Tirer avantage des accès aux éléments de décor par les échafaudages

Acquisitions entre 2021 et 2023

Séances de 3 heures

2 ingénieurs de la plateforme PLEMO 3D

## Deux techniques de numérisations :

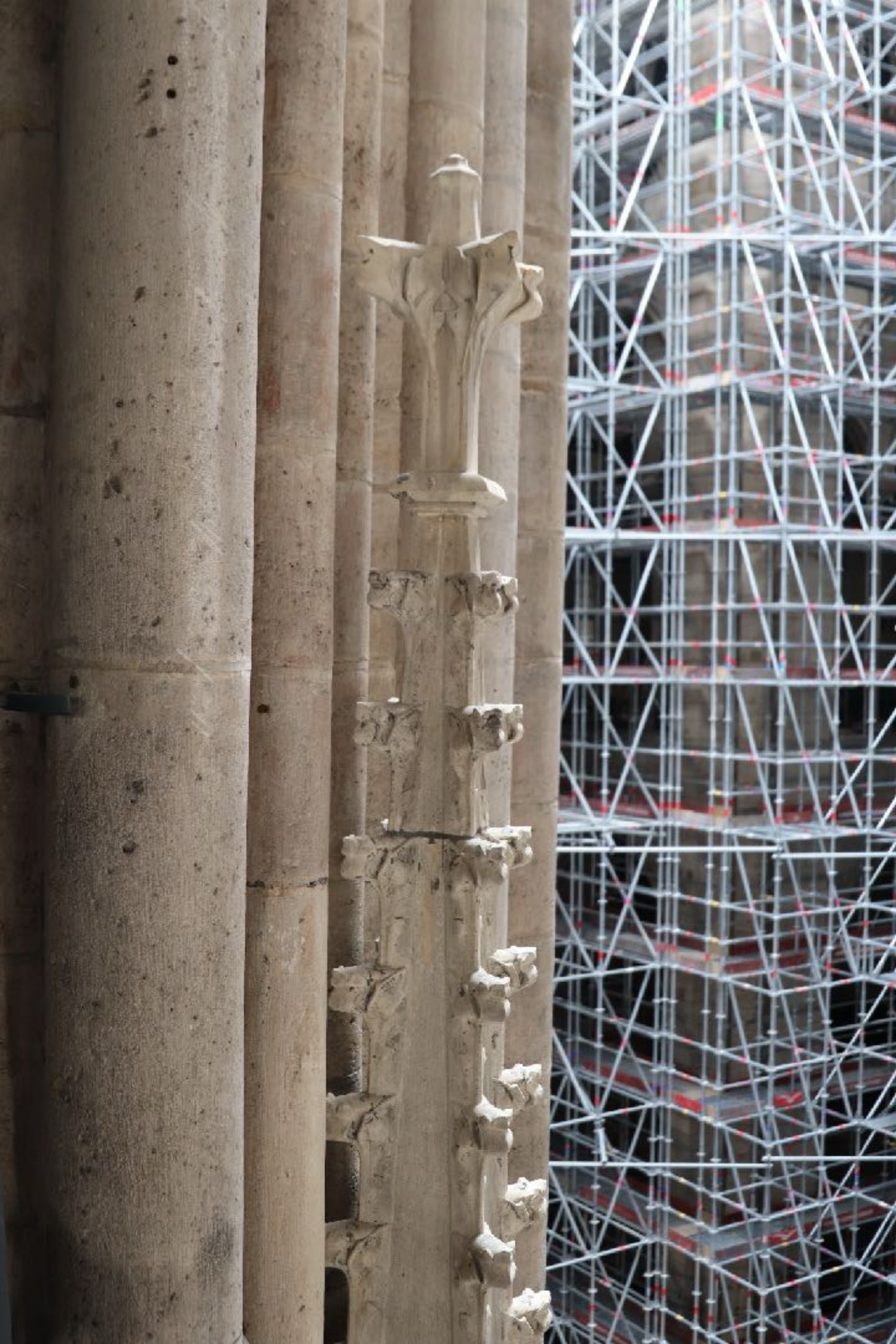
Photogrammétrie : + 250 éléments de décor

Lasergrammétrie : + 100 éléments de décor





**PHOTOGRAMMÉTRIE**



## **PHOTOGRAMMÉTRIE :**

### Méthodologie d'acquisition :

Camera : Canon 6D

Objectif fixe : 35 mm

Fort taux de recouvrement entre chaque prise de vue

Profondeur de champ maximale > netteté la plus complète

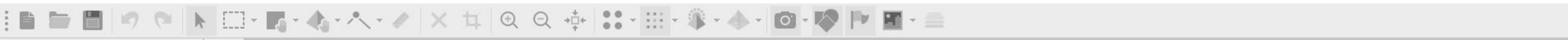
Lumière homogène si possible

Logiciel de traitement dédié : Metashape

Formats des fichiers 3D : STL, OBJ, PLY, PTX, E57, DXF, IGES

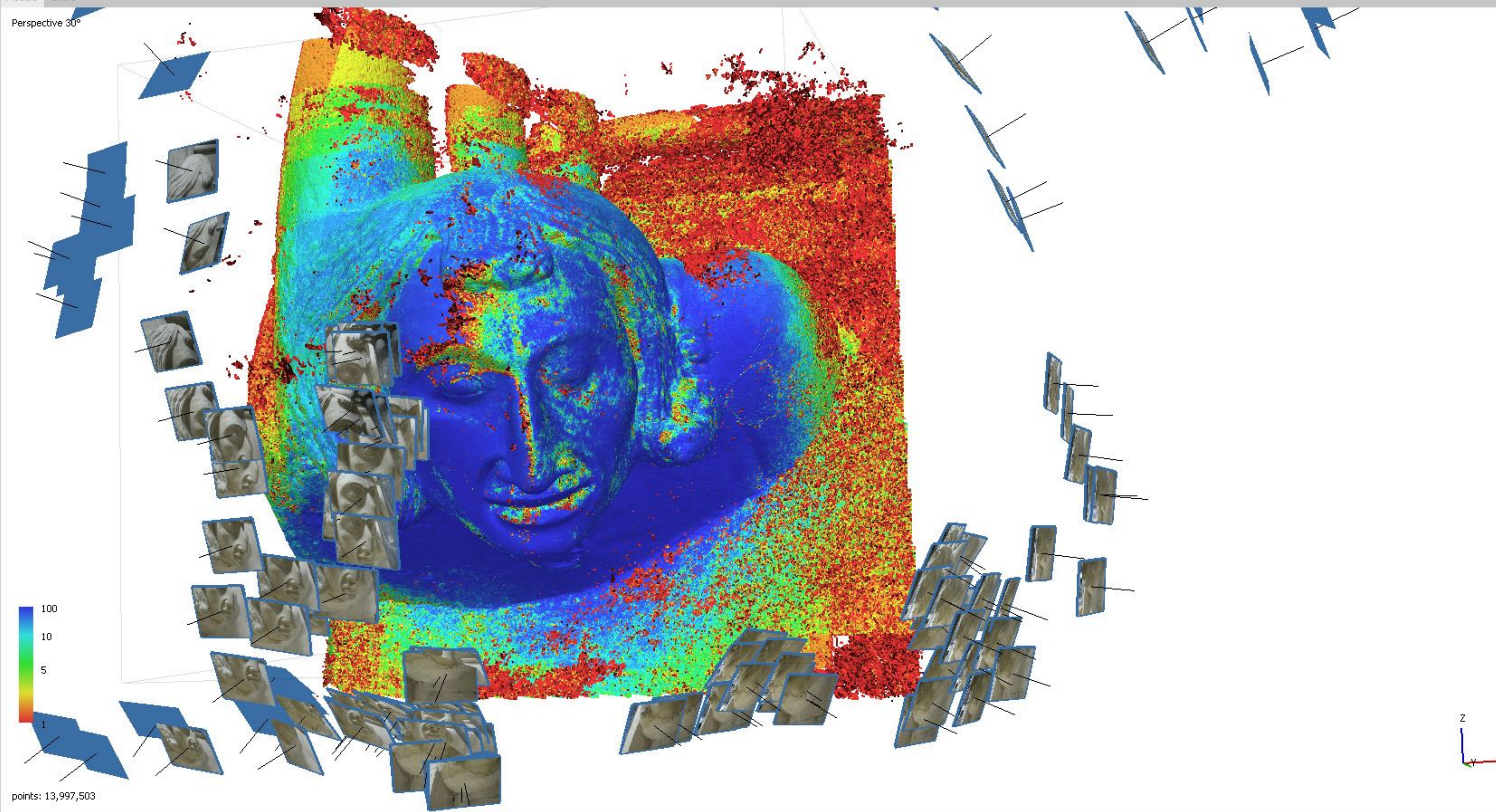


BUSTE saillant situé dans le bras occidental du transept nord



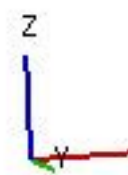
Espace de travail  
Espace de travail (1 morceau, 145 caméras)  
Chunk 1 (145 caméras, 23,106 points)

Modèle Ortho  
Perspective 30°



points: 13,997,503

Espace de travail Référence





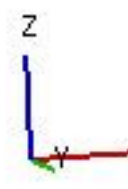
Espace de travail  
Espace de travail (1 morceau, 145 caméras)  
Chunk 1 (145 caméras, 23,106 points)

Modèle Ortho  
Perspective 30°



faces: 1,472,136 vertices: 737,211

Espace de travail Référence







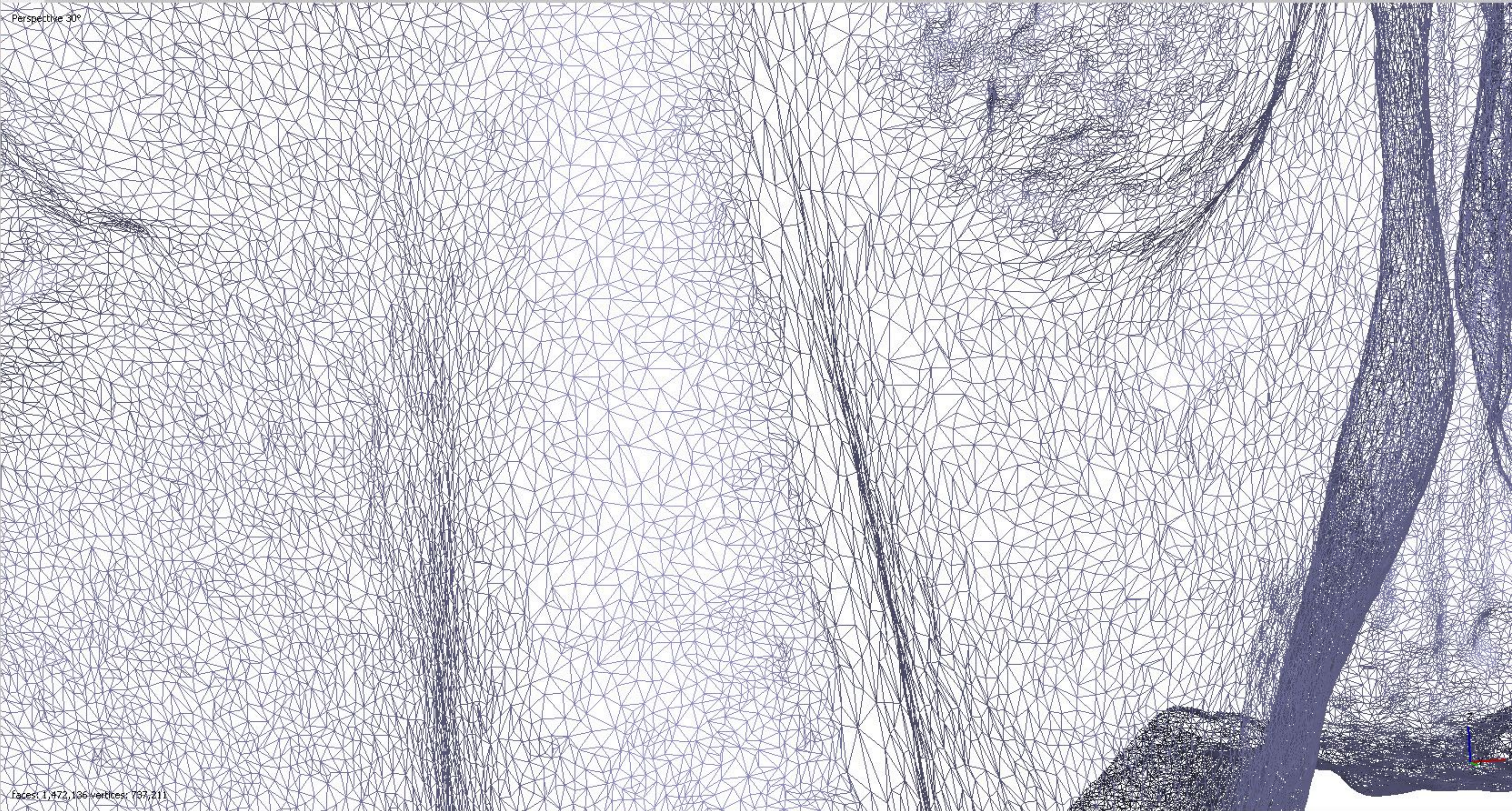
Espace de travail

Modèle Ortho

Espace de travail (1 morceau, 145 caméras)

Chunk 1 (145 caméras, 23,106 points)

Perspective 30°



Espace de travail Référence

faces: 1,472,136 vertices: 797,211



Espace de travail

Modèle Ortho

Espace de travail (1 morceau, 145 caméras)

Perspective 30°

Chunk 1 (145 caméras, 23,106 points)



Espace de travail Référence

faces: 1,472,136 vertices: 737,211

# LASERGRAMMÉTRIE





## **LASERGRAMMÉTRIE :**

**Équipement : Artec LEO**

Poids : 2,6 Kg

Batterie autonome d'une durée de 4 heures

Vitesse de capture : 22 images/seconde

Distance de travail : de 0.35 à 1.2 m

Scan avec texture

Formats de sortie : STL, OBJ, PLY, PTX, E57, DXF, IGES

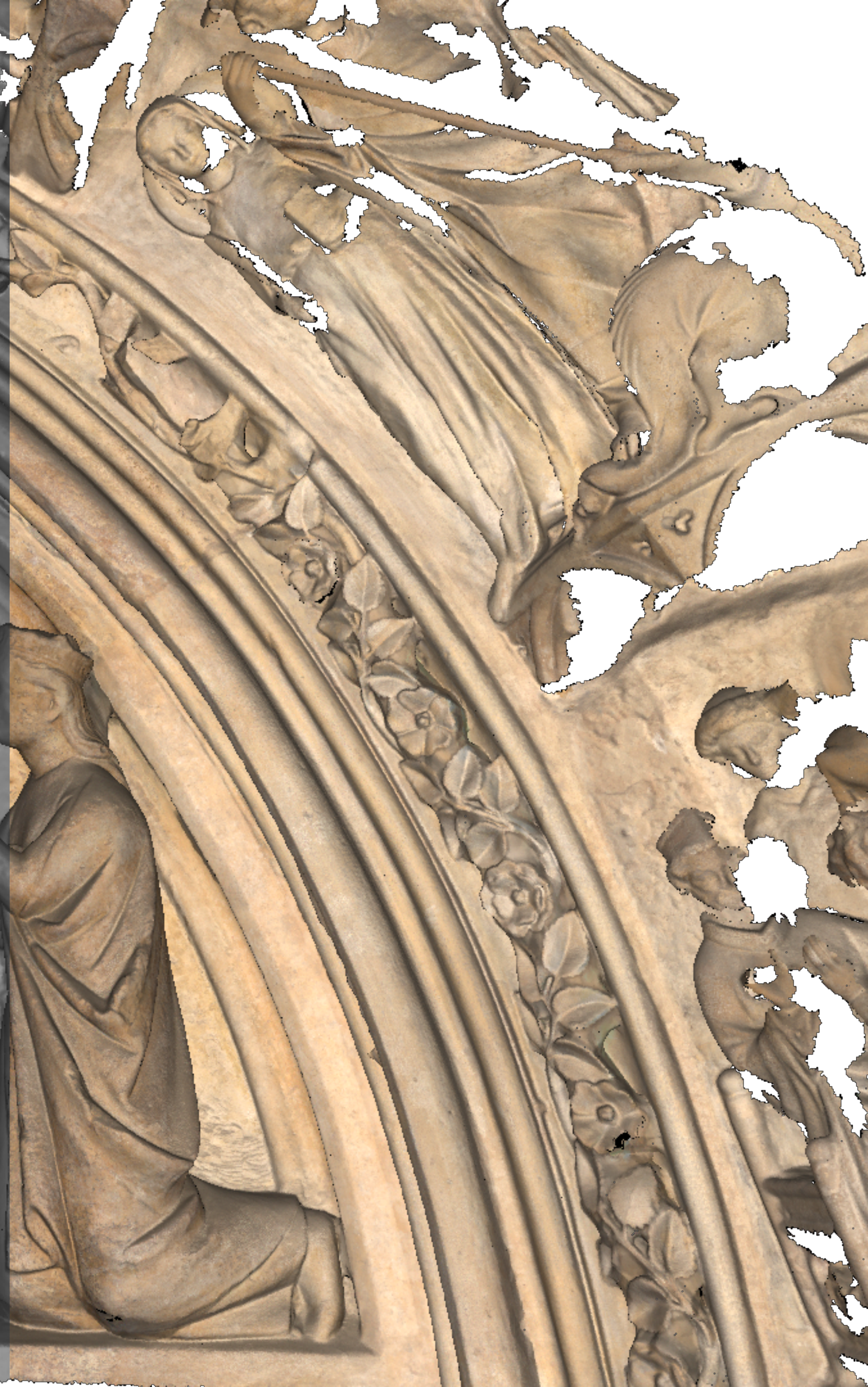
Suivi sans cible basé sur la géométrie et la couleur

Taux de reconstruction 3D : 24 i/s

Précision 3D: 0.1 mm

Résolution : 0.5 mm









Right Orthographic  
(195) Collection | PIT40\_Chap.001  
100 Meters



> Arrhimesh

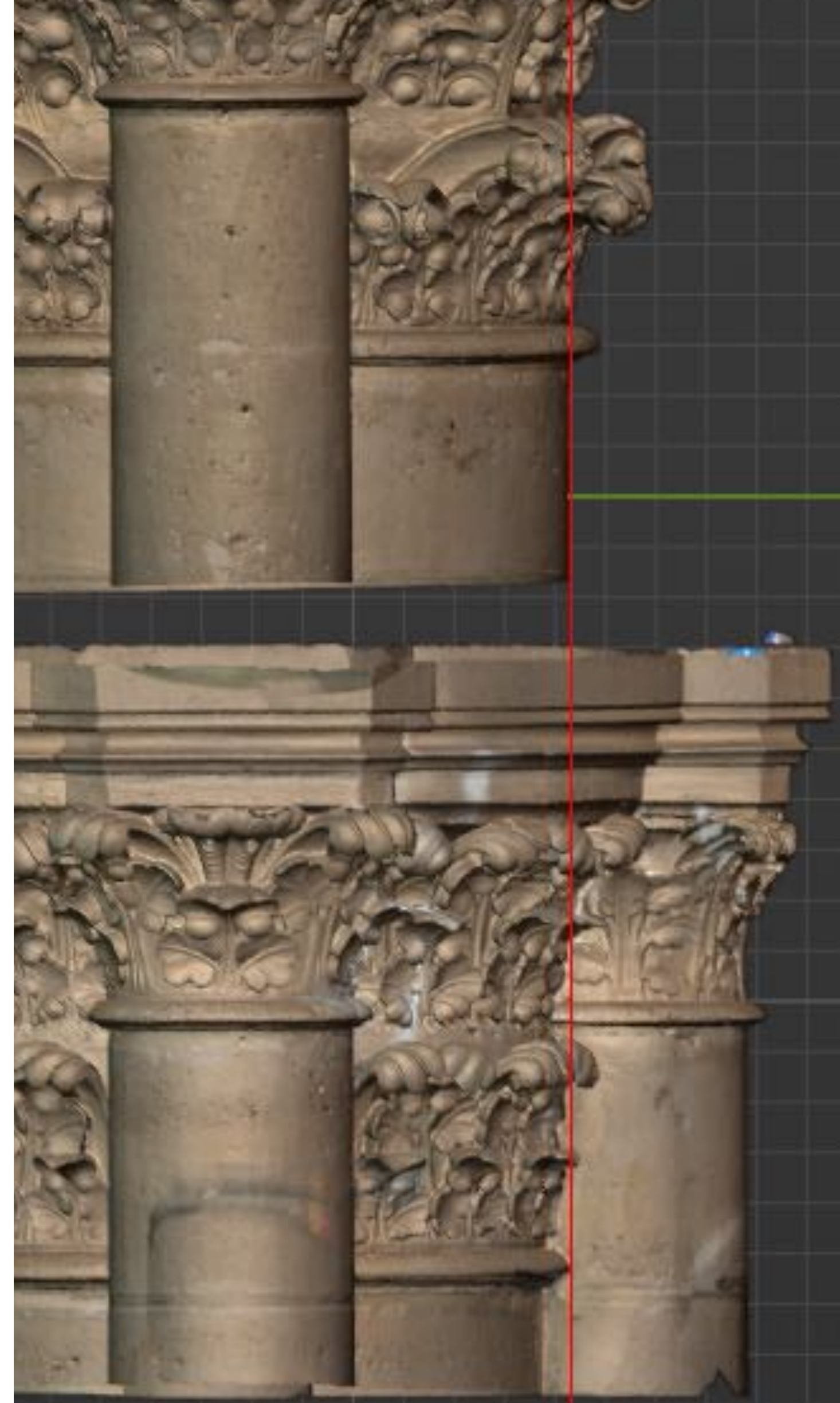
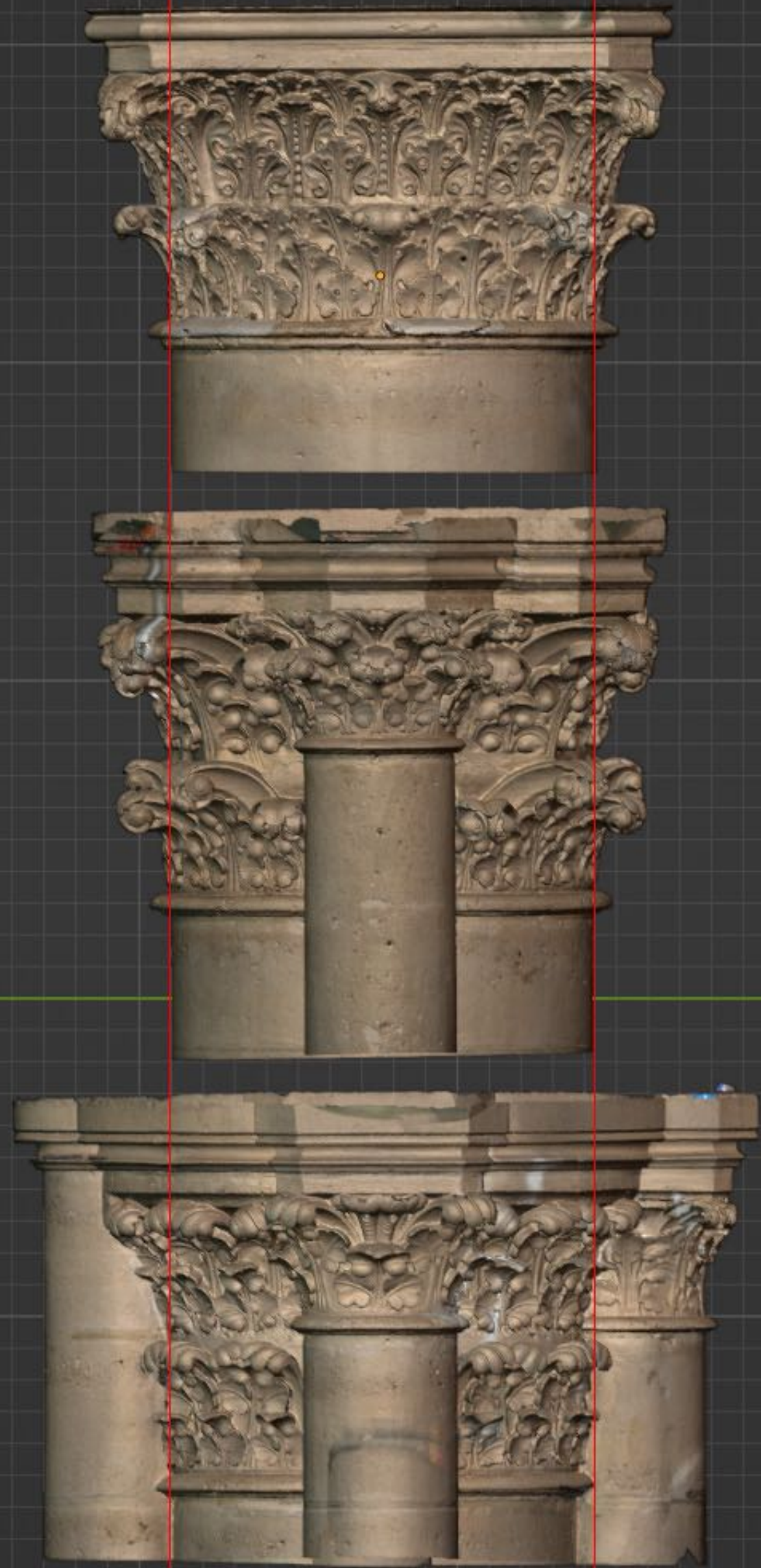






1.32154 m

1.32154 m



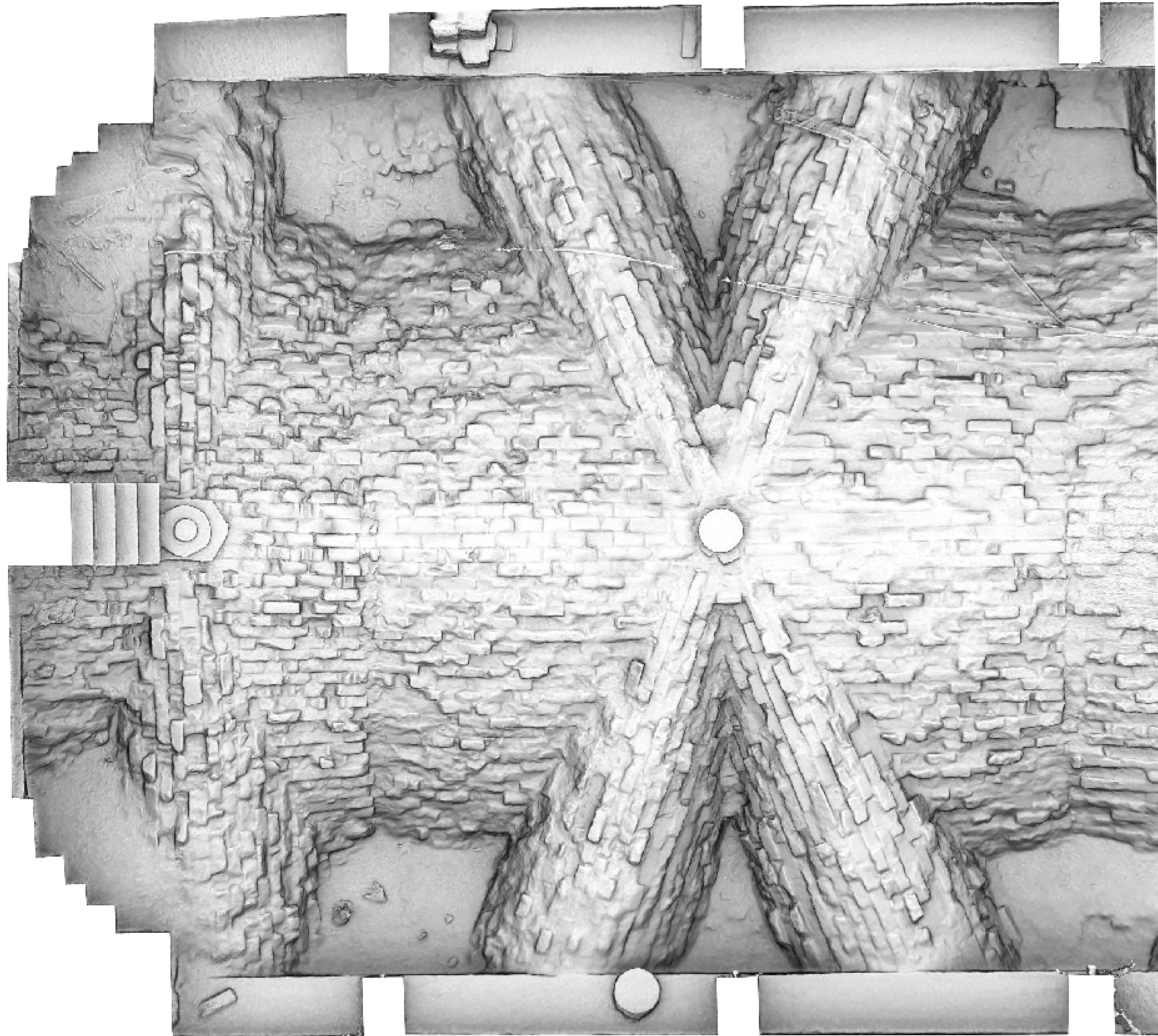


L'acquisition de données 3D et les traitements numériques à l'épreuve des questions de recherche : fabrication et adaptation d'outils d'acquisition, de chaînes de traitement et de supports d'analyse

**Numérisations et lectures des surfaces**

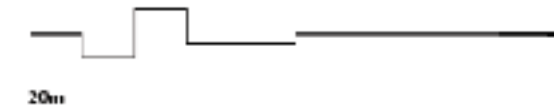
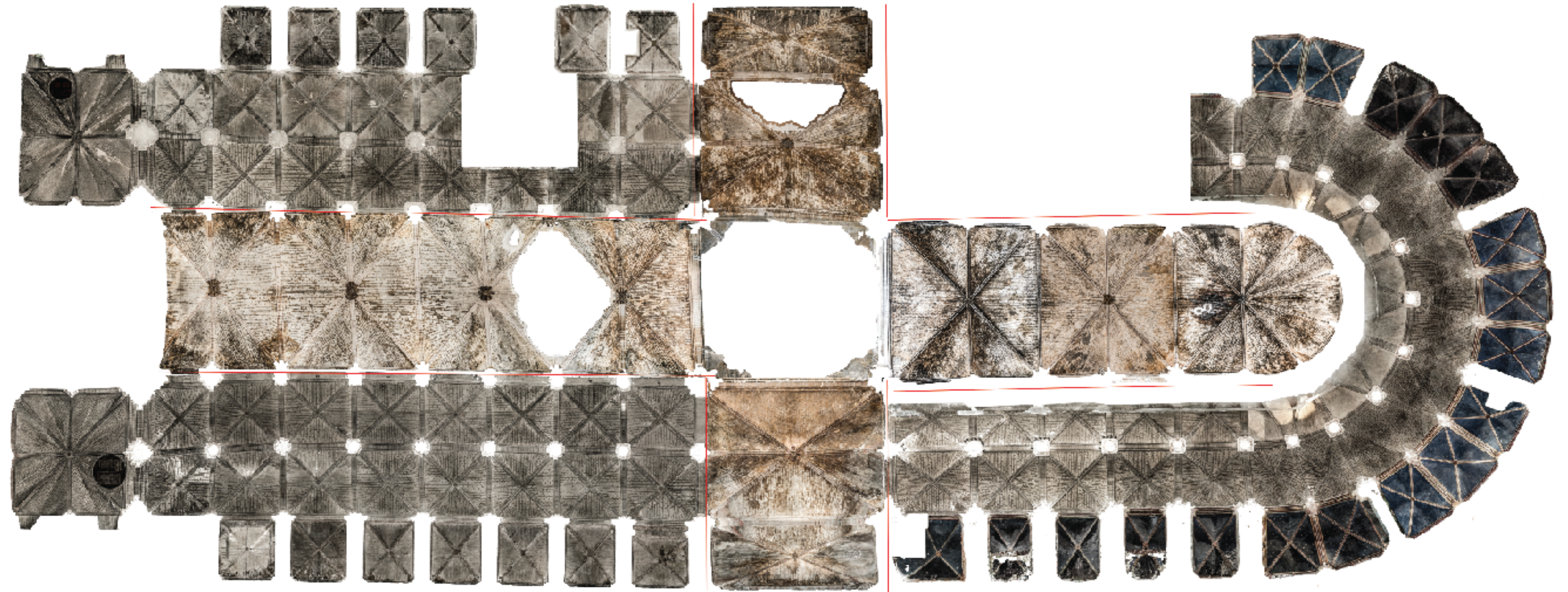
**De l'étude à la sauvegarde**



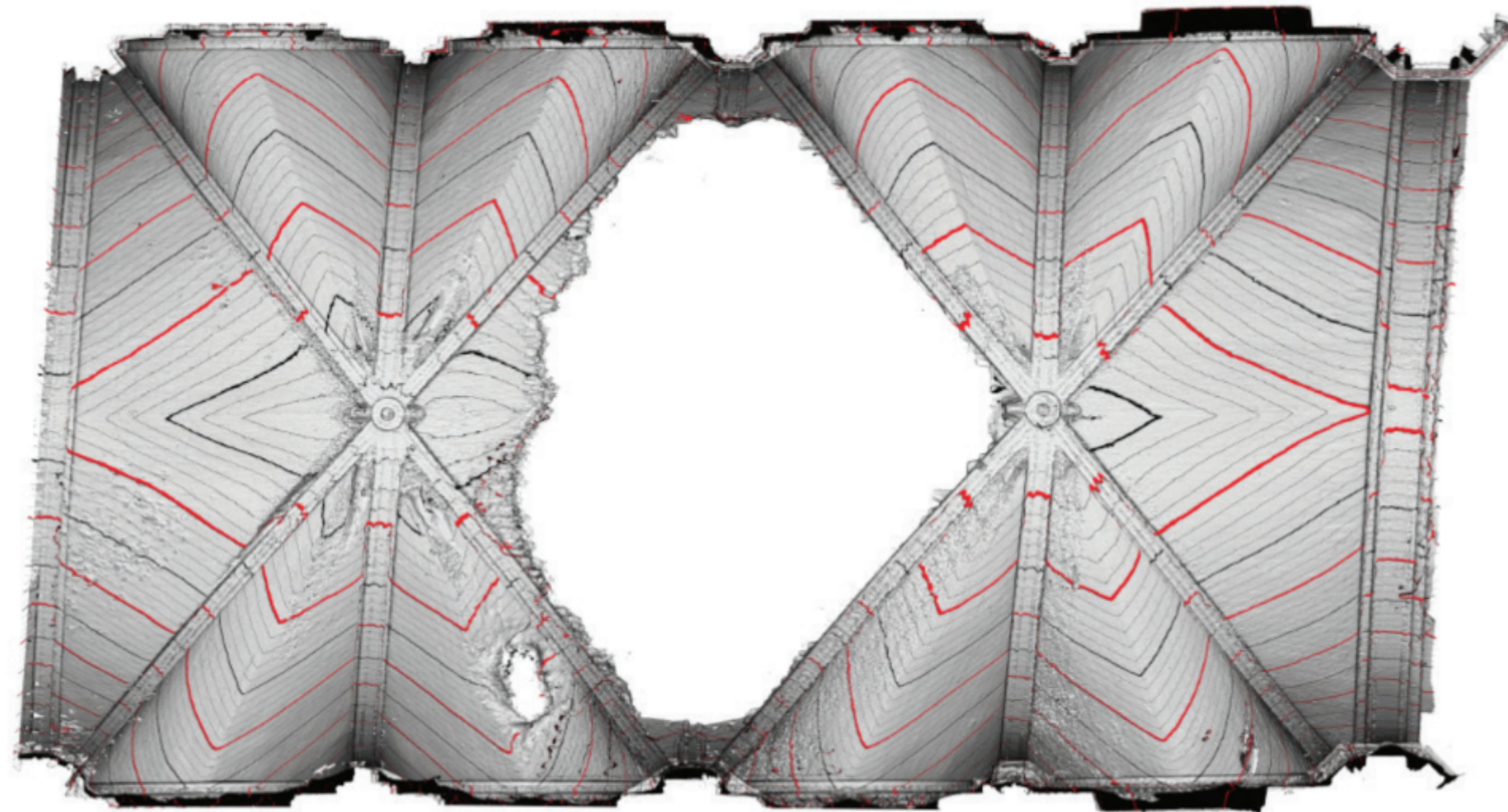


Extrados des voûtes occidentales de Notre-Dame de Laon

NOUZEAN Dylan - 2021  
Cathédrale Notre-Dame de Paris  
Plan des voûtes marquées grossier  
Les traits rouges représentent le zonage des intrados  
Parce Photo granatée  
Ortho-Mosaïque  
Echelle 1/500

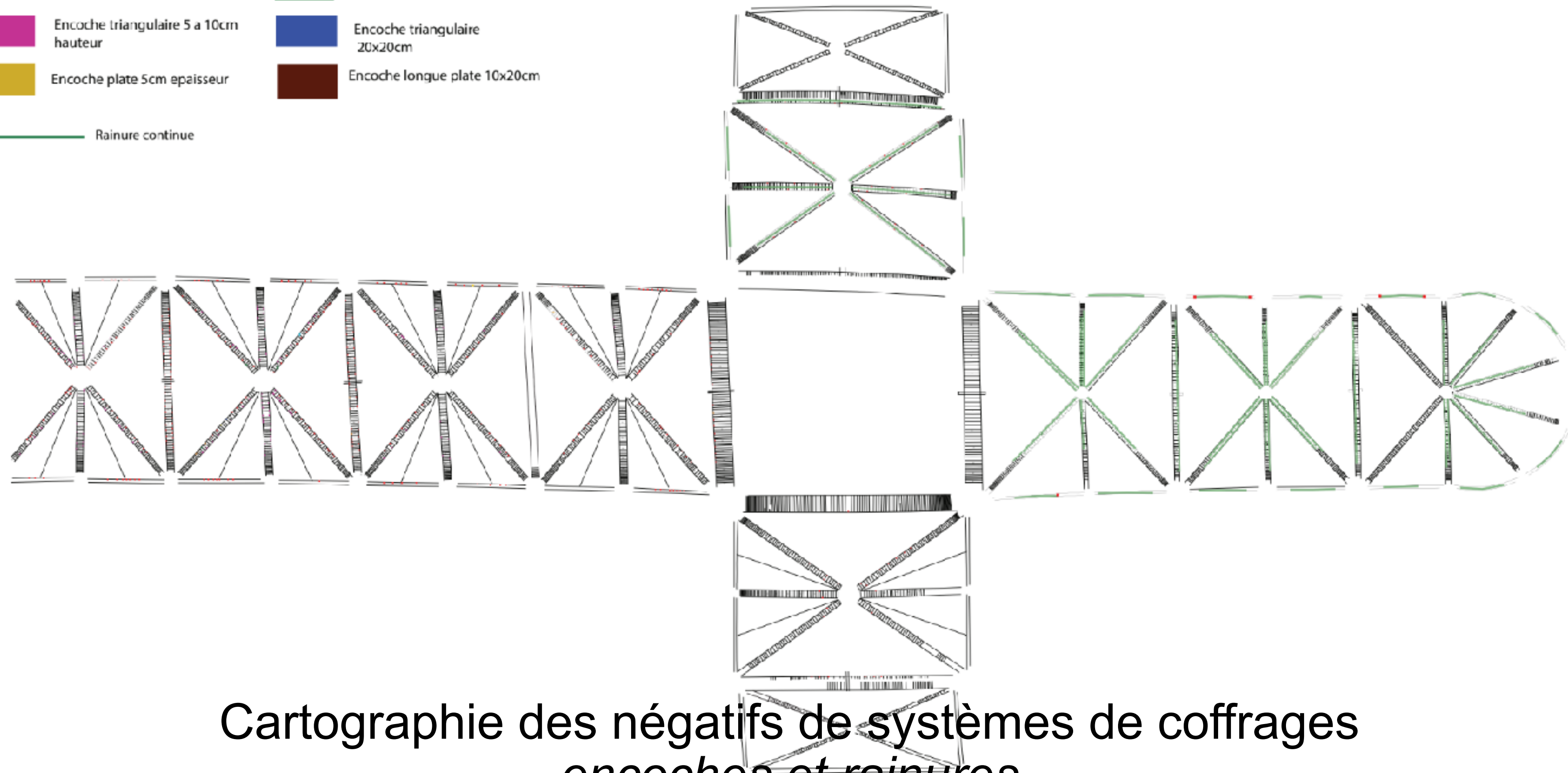


Intrados partiel des voûtes de Notre-Dame de Paris



Travées orientales de la Nef de Notre-Dame de Paris  
*Radiance Scaling et courbes de niveaux*

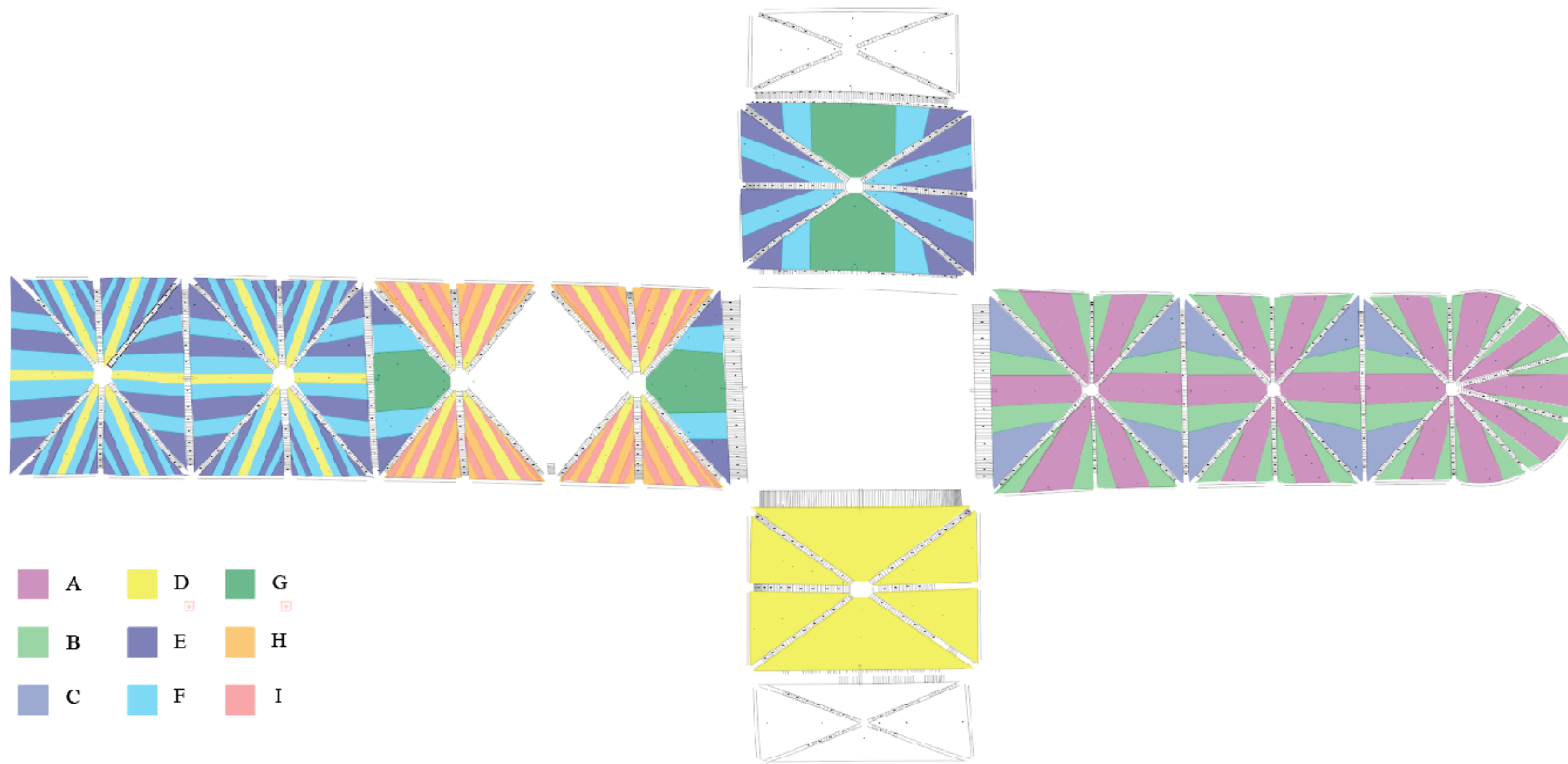
- Encoche carré 10x10cm
- Encoche carré 20x20cm
- Encoche triangulaire 5 a 10cm hauteur
- Encoche triangulaire 20x20cm
- Encoche plate 5cm epaisseur
- Encoche longue plate 10x20cm
- Rainure continue



Cartographie des négatifs de systèmes de coffrages  
*encoches et rainures*

*Observations Gt Pierre*

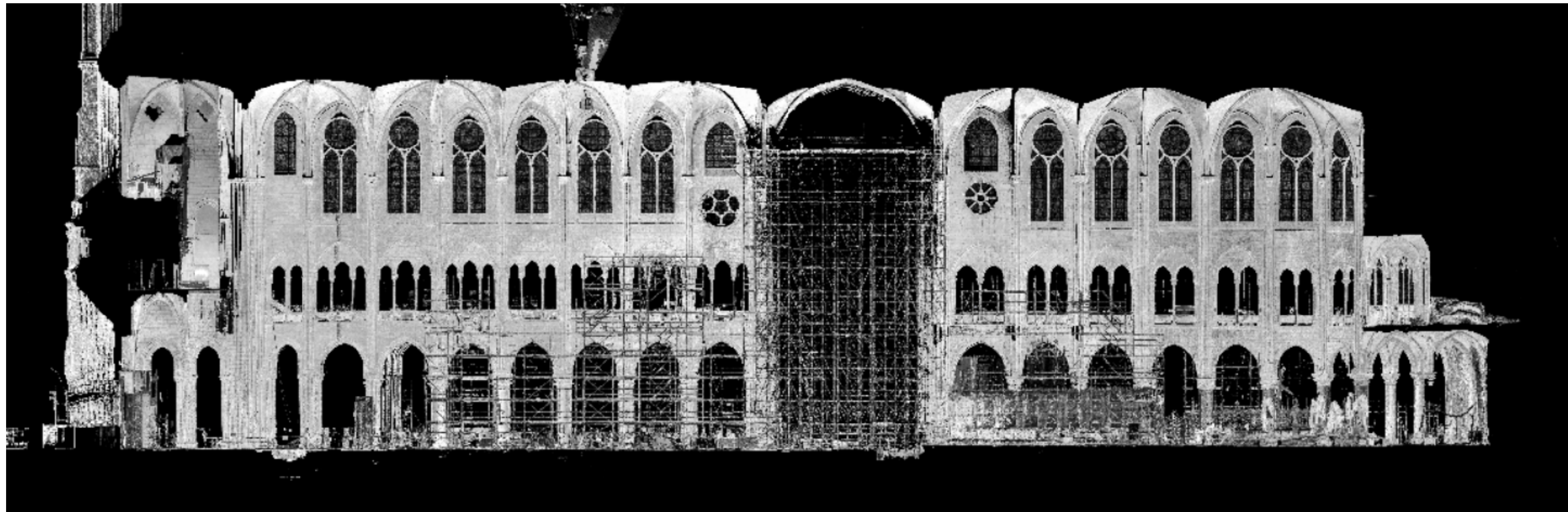




Cartographie des groupes de formats de voussoirs  
(+ de 80%)



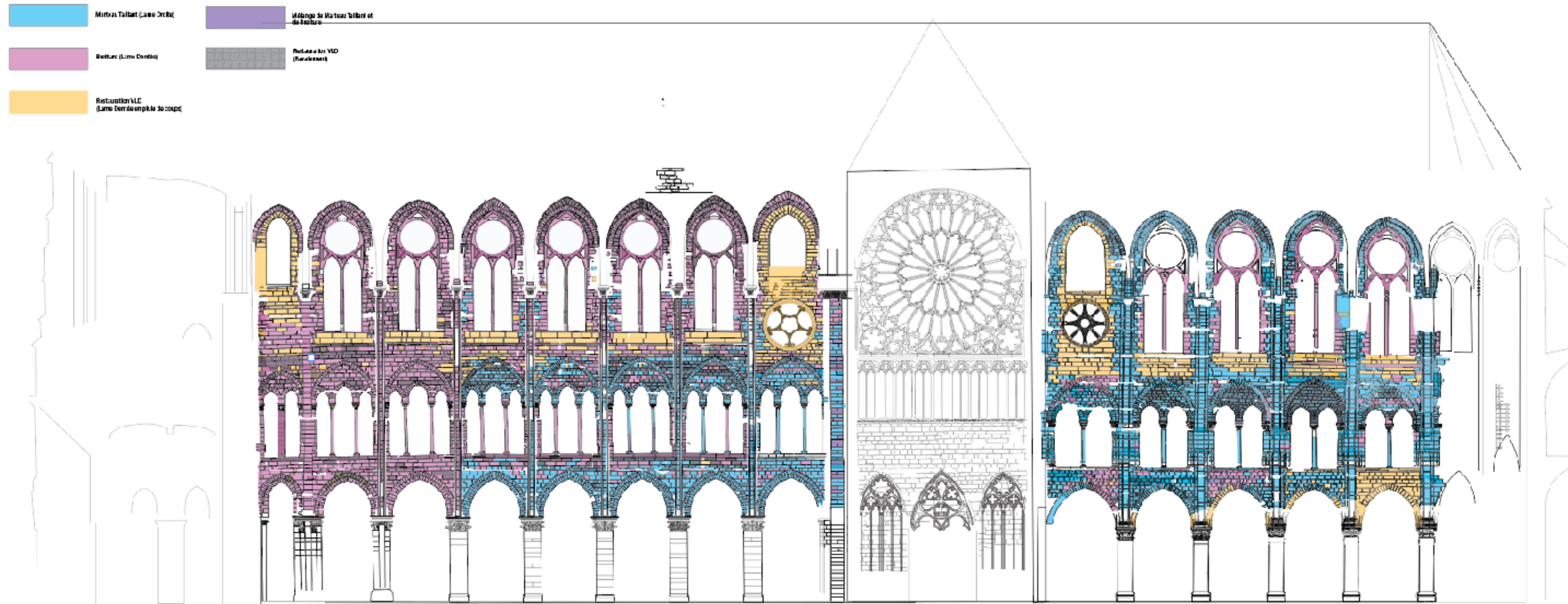
Numérisation photogrammétrique sur échaffaudage  
Lumière frontale avec un Ultra Grand Angle rectilinéaire <sup>10m</sup>



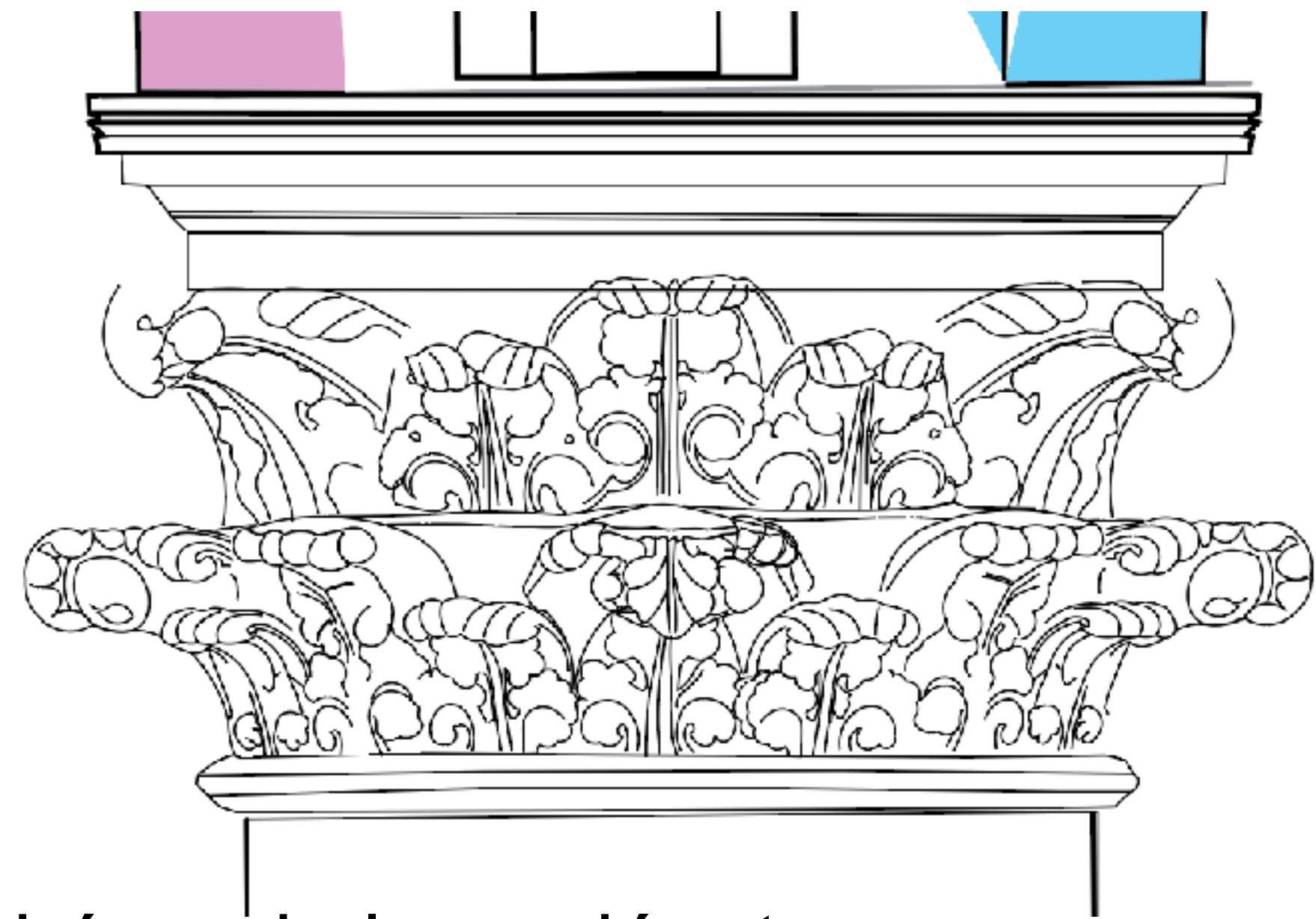
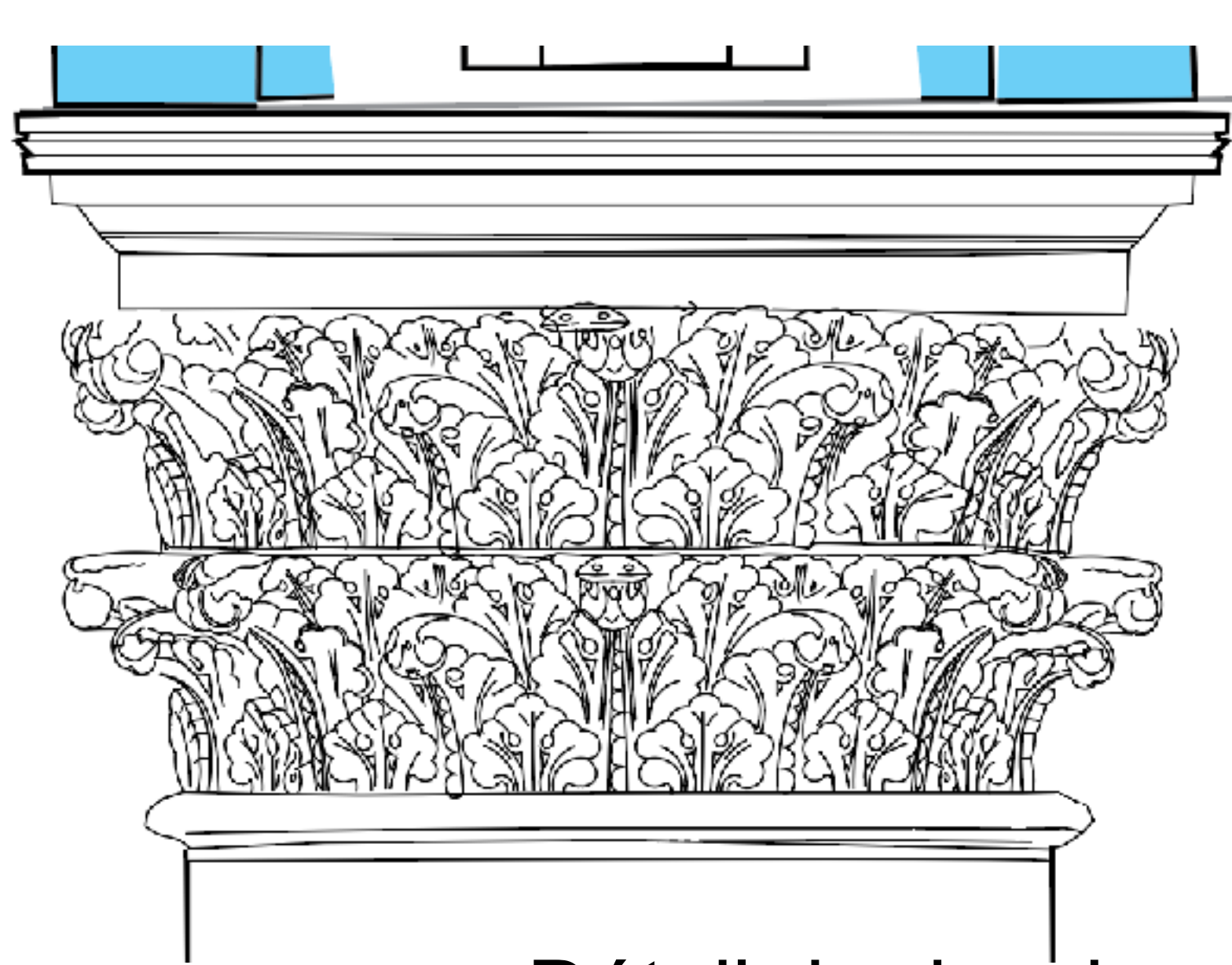
Numérisation au scanner Laser – Elevation Nord



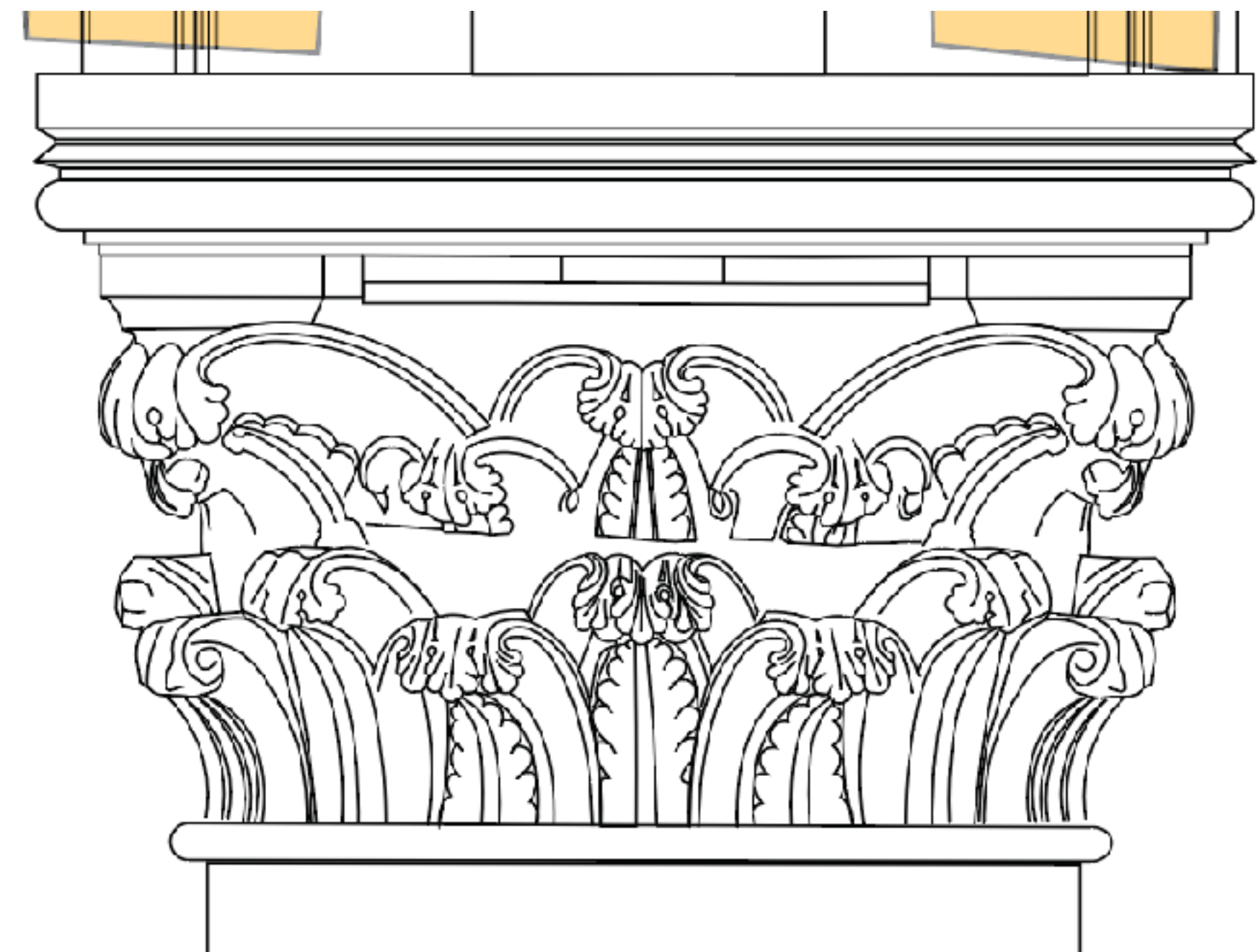
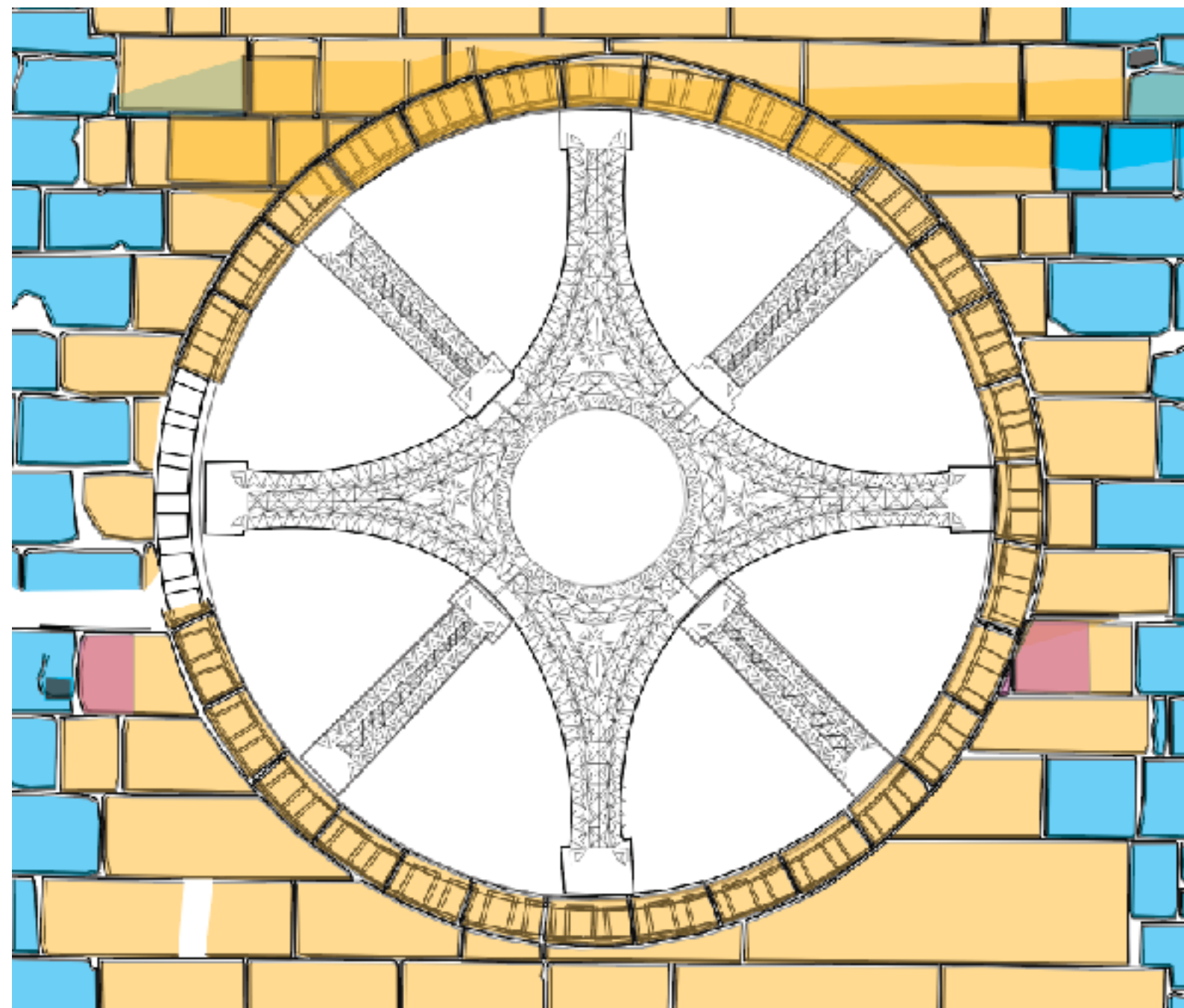
Photogrammétrie au drone – Mur nord du chœur

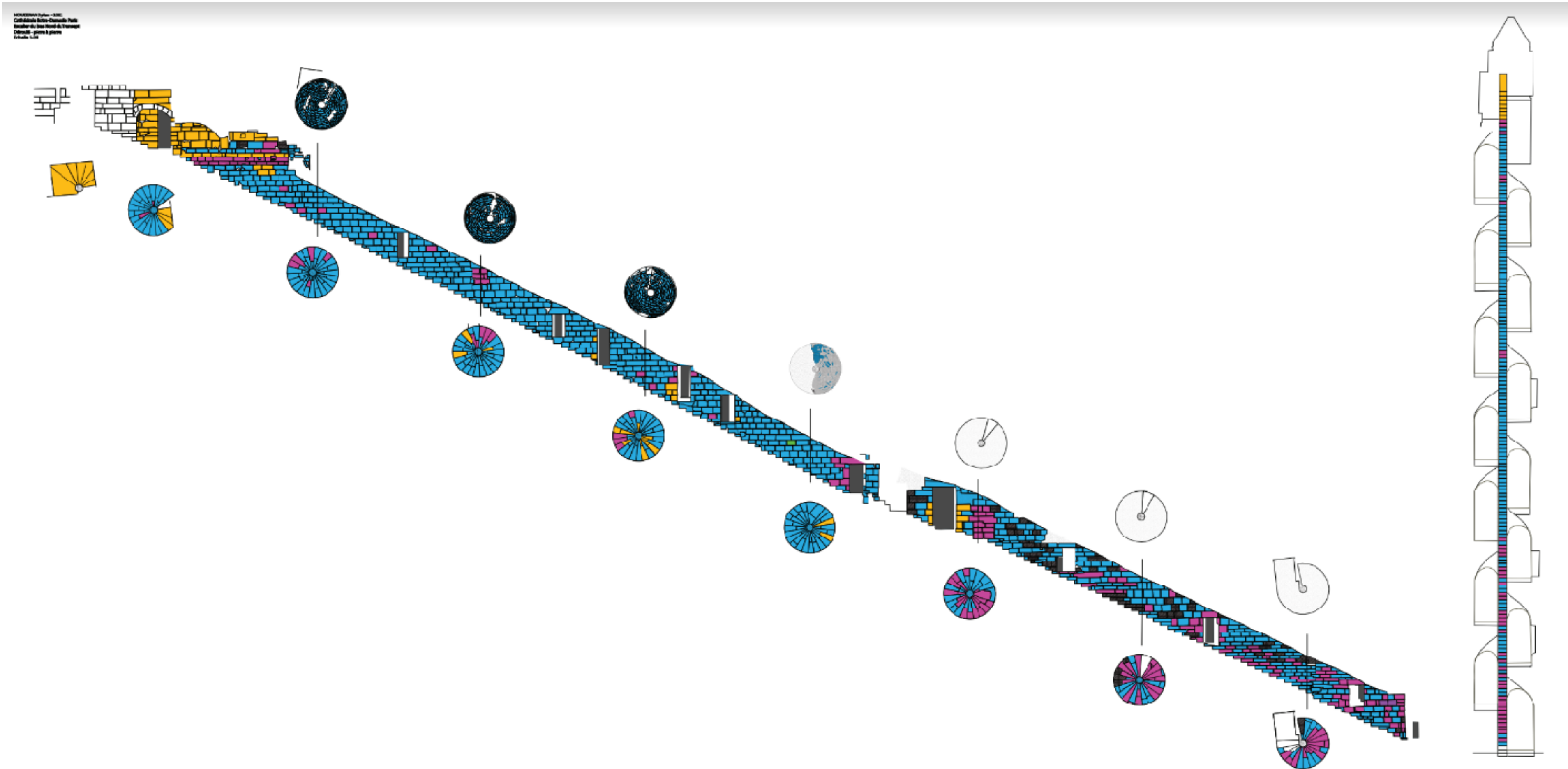


Cartographie des traces d'outils – Elevation Nord  
*Observations Bruno Phalip*



Détail du dessin – Schéma de la modénature



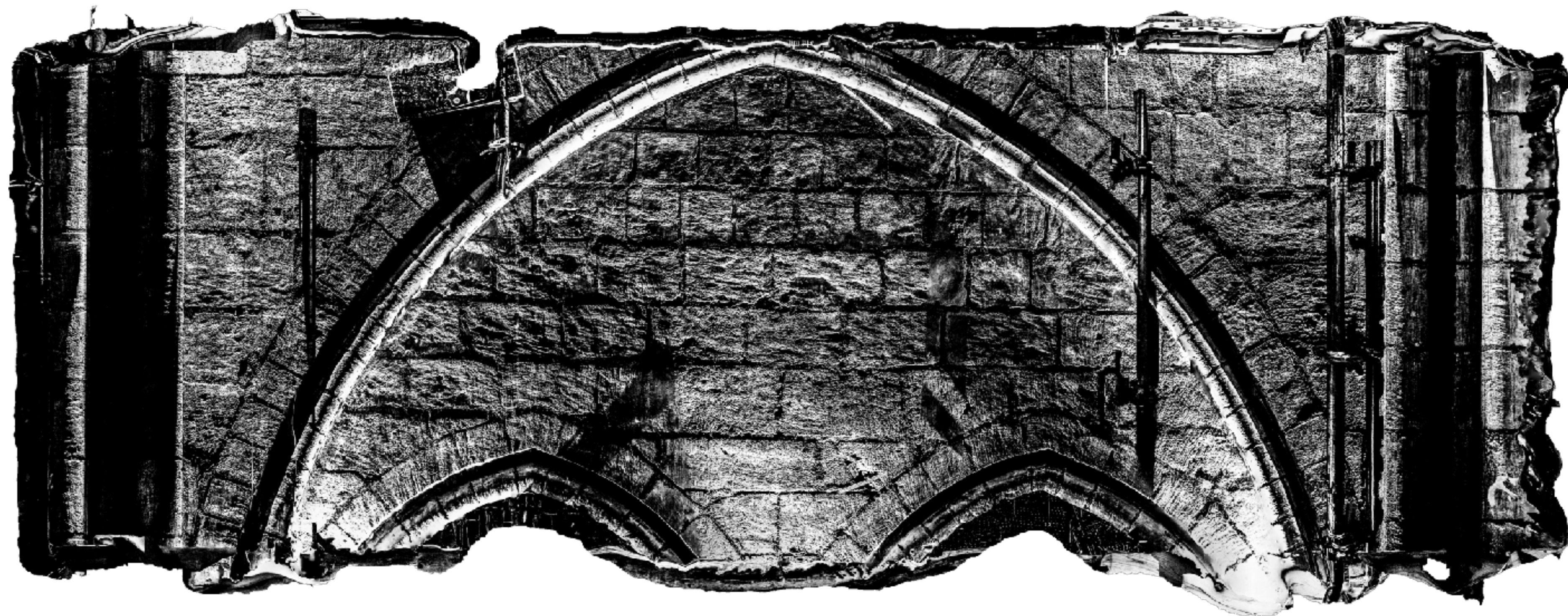


Synthèse cartographique des traces d'outils  
Escalier nord du chevet

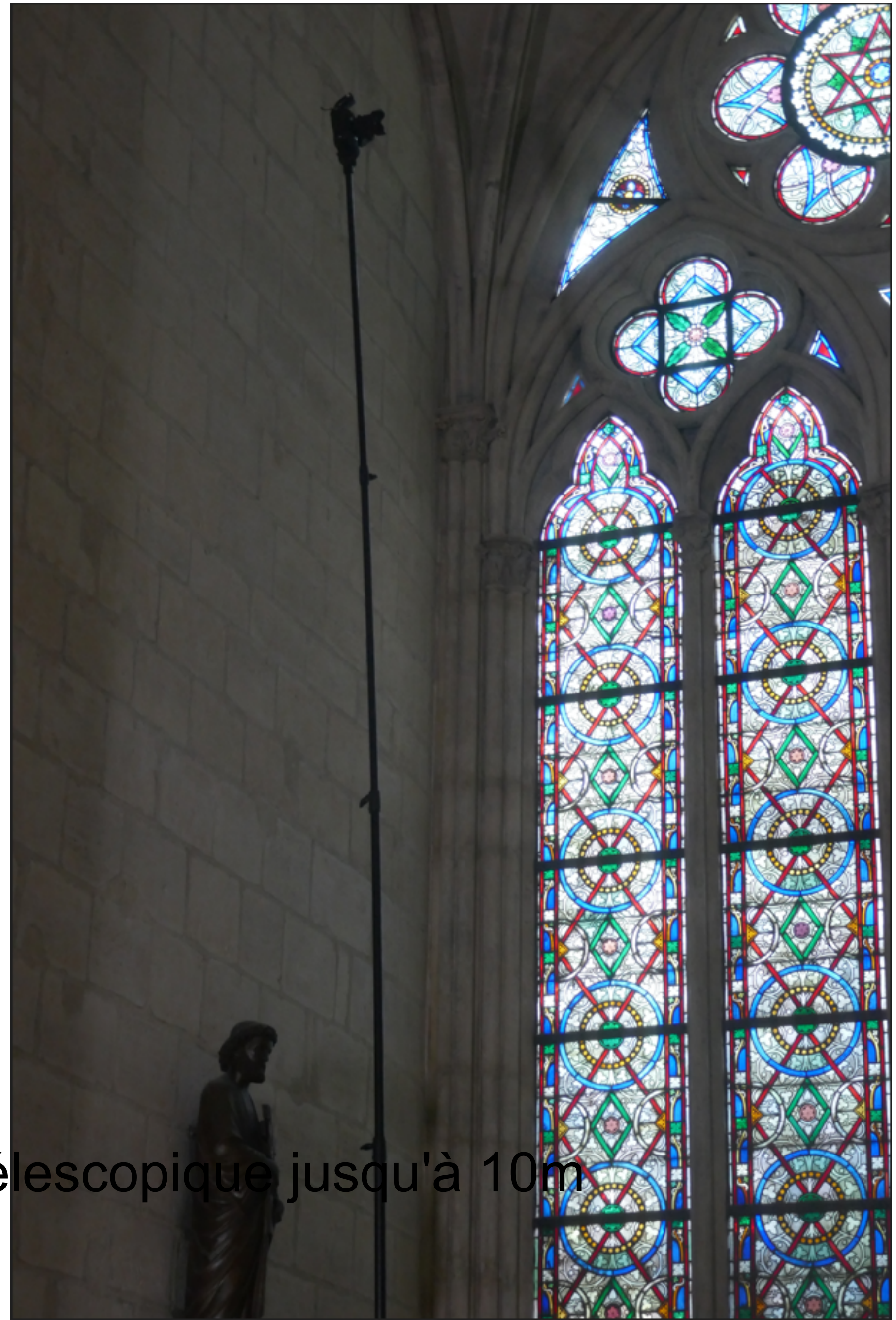


Prise de vues en lumières rasantes  
Participation Bruno Phalip et Anais Guillem



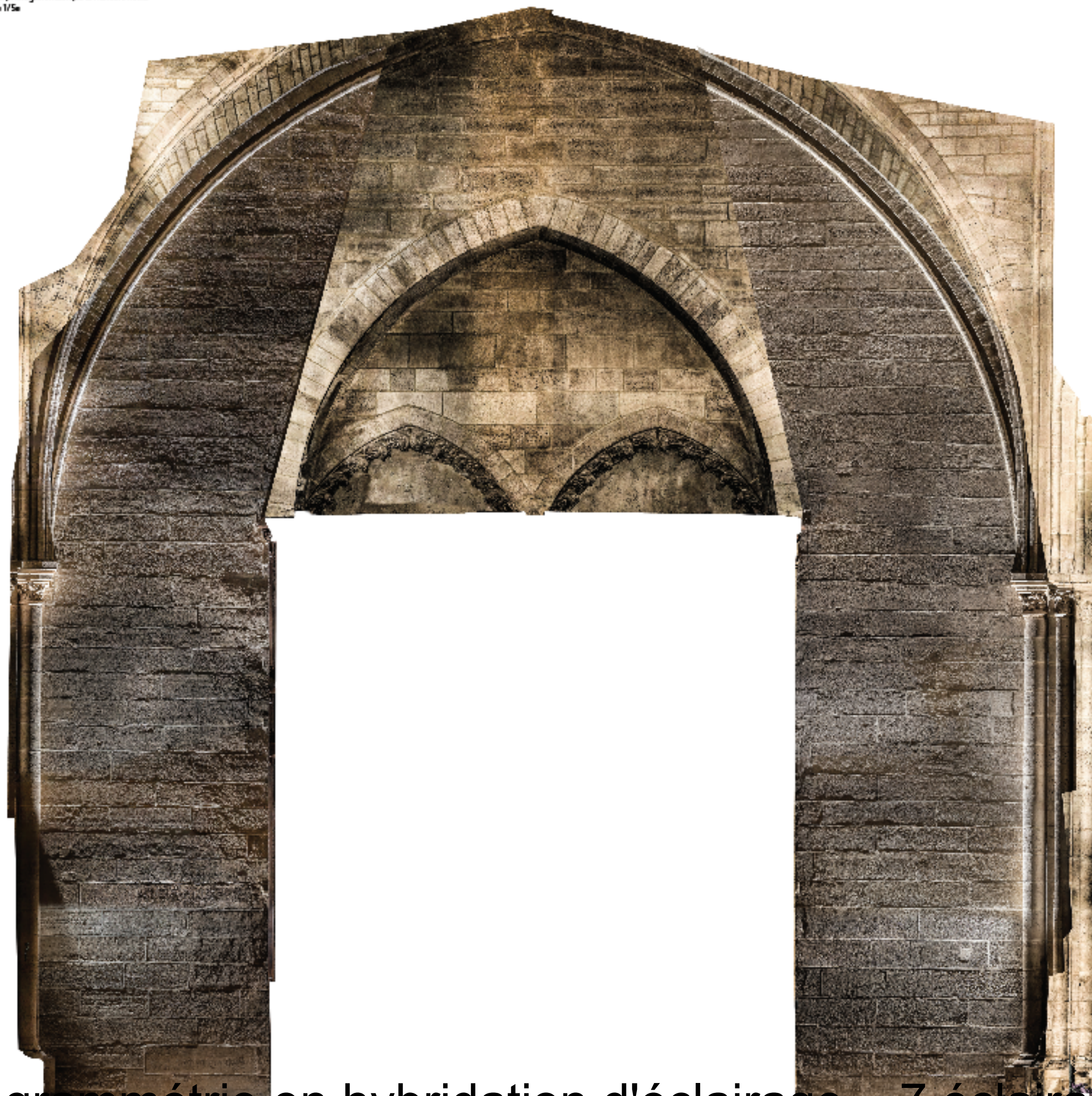


Montage photogrammétrique test de 9 éclairages différents



Prise de vues au trépied télescopique jusqu'à 10m

NOLZERAN DYLAN - 2023  
Cathédrale Notre-Dame de Paris (75)  
Revers du massif occidentale - Niveau 1  
Plancha photogrammétrique en lumière mixte  
Echelle 1/5e



Photogrammétrie en hybridation d'éclairage – 7 éclairages



Détail – Numérisation rasante



## Des objets matériels aux données numériques : le cas des bois carbonisés de la cathédrale Notre-Dame de Paris

Clara PENAGOS, IRPA, Bruxelles

Olivier GIRARD CLOS, UMR6249 Chrono-Environnement, CNRS



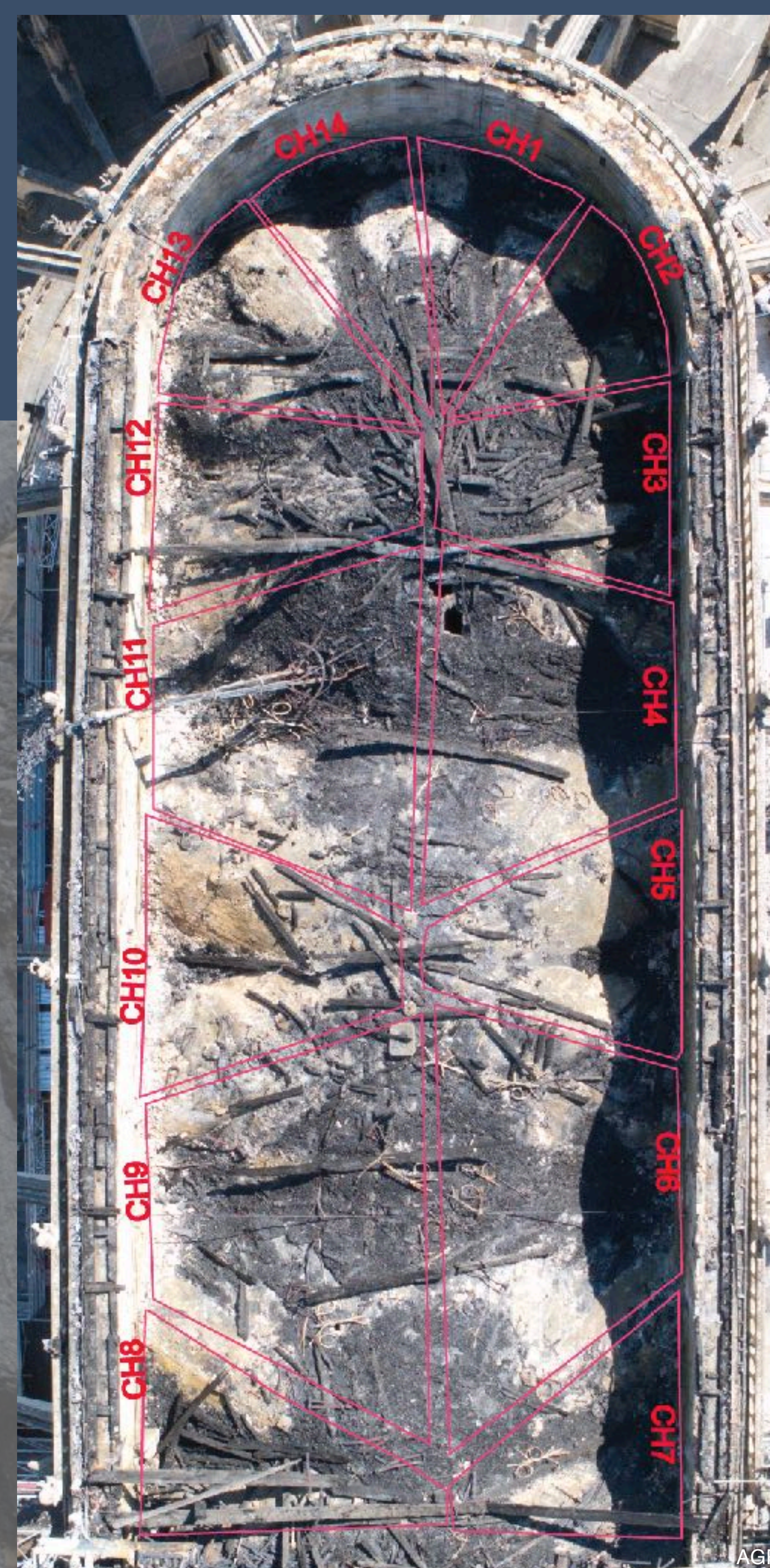
**Une cathédrale de données numériques et connaissances pluridisciplinaires**

Journées d'études du groupe de travail "données numériques" du chantier scientifique Notre-Dame de Paris  
19 - 21 juin 2024, Campus CNRS Joseph Aiguier, Marseille

# 6516 vestiges entreposés

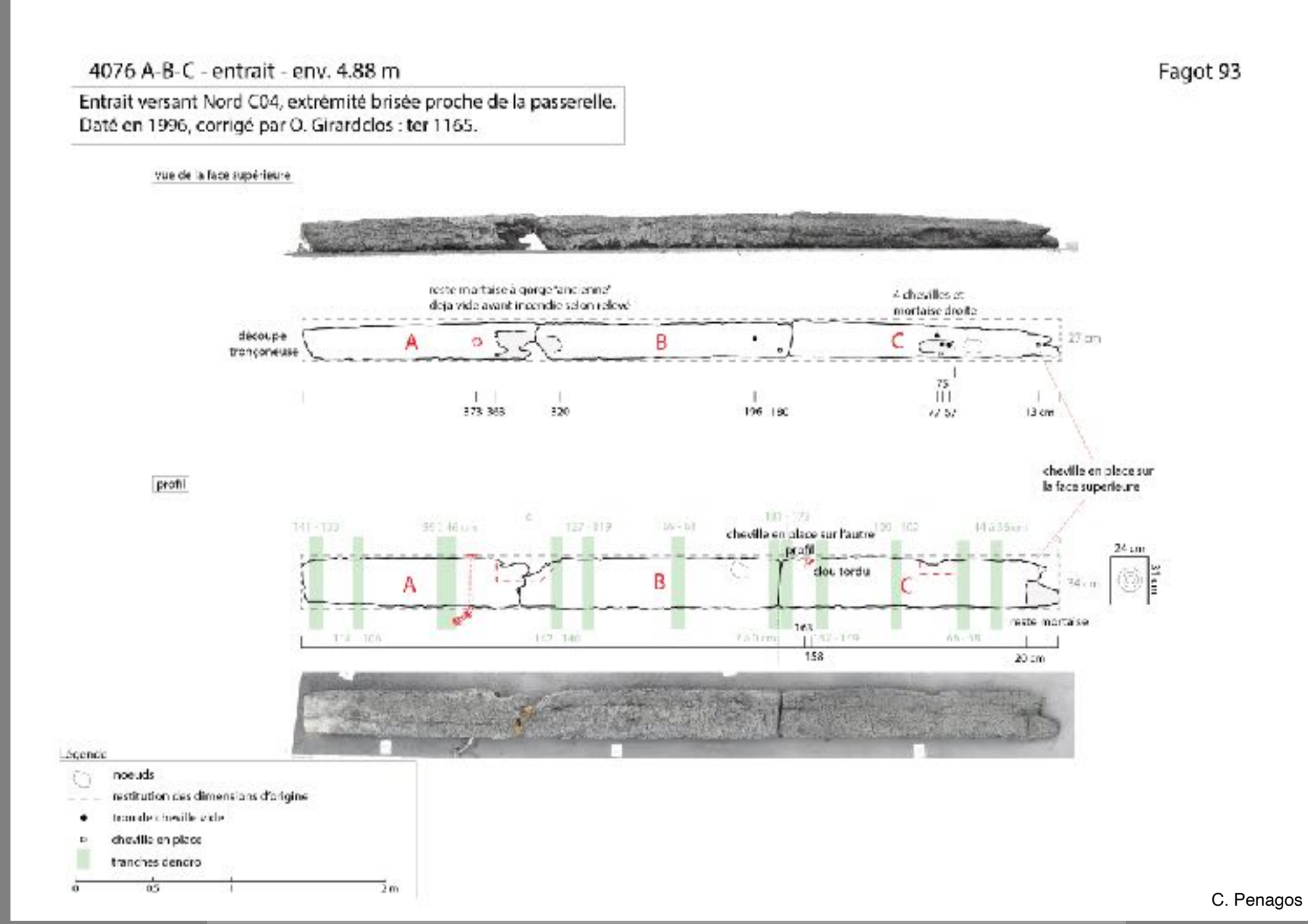
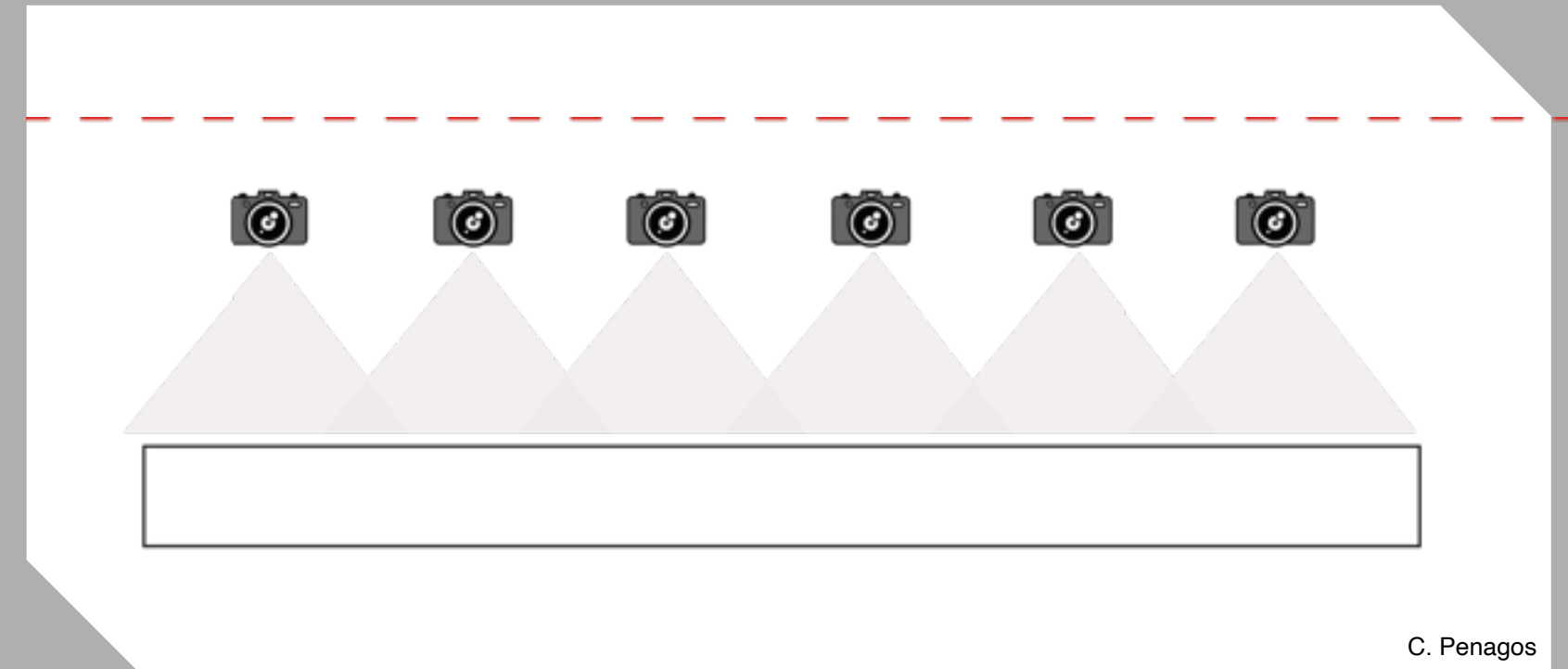
Repérer et étudier  
les bois  
médiévaux pour  
créer le corpus  
d'étude du projet  
CASIMODO

Repositionner les  
vestiges dans les  
charpentes pour  
affiner leur  
phasage  
archéologique par  
dendrochronologie



## Premières acquisitions photogrammétriques sous les barnums

Prises de vues zénithales linéaires dans des conditions d'éclairage variables



O. Girardclos



O. Girardclos



O. Girardclos

Problèmes de texture, modèles longs concaves...

## RELEVÉ ARCHÉOLOGIQUE

Centralisation des informations :

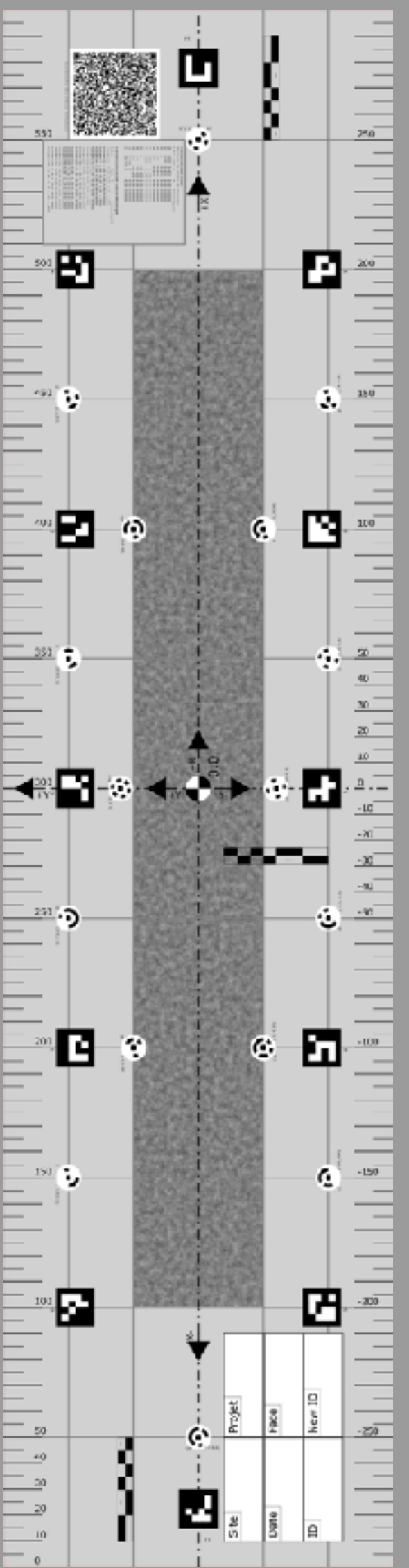
- Archéologiques
- Gestion
- Découpe

Étude des vestiges à distance

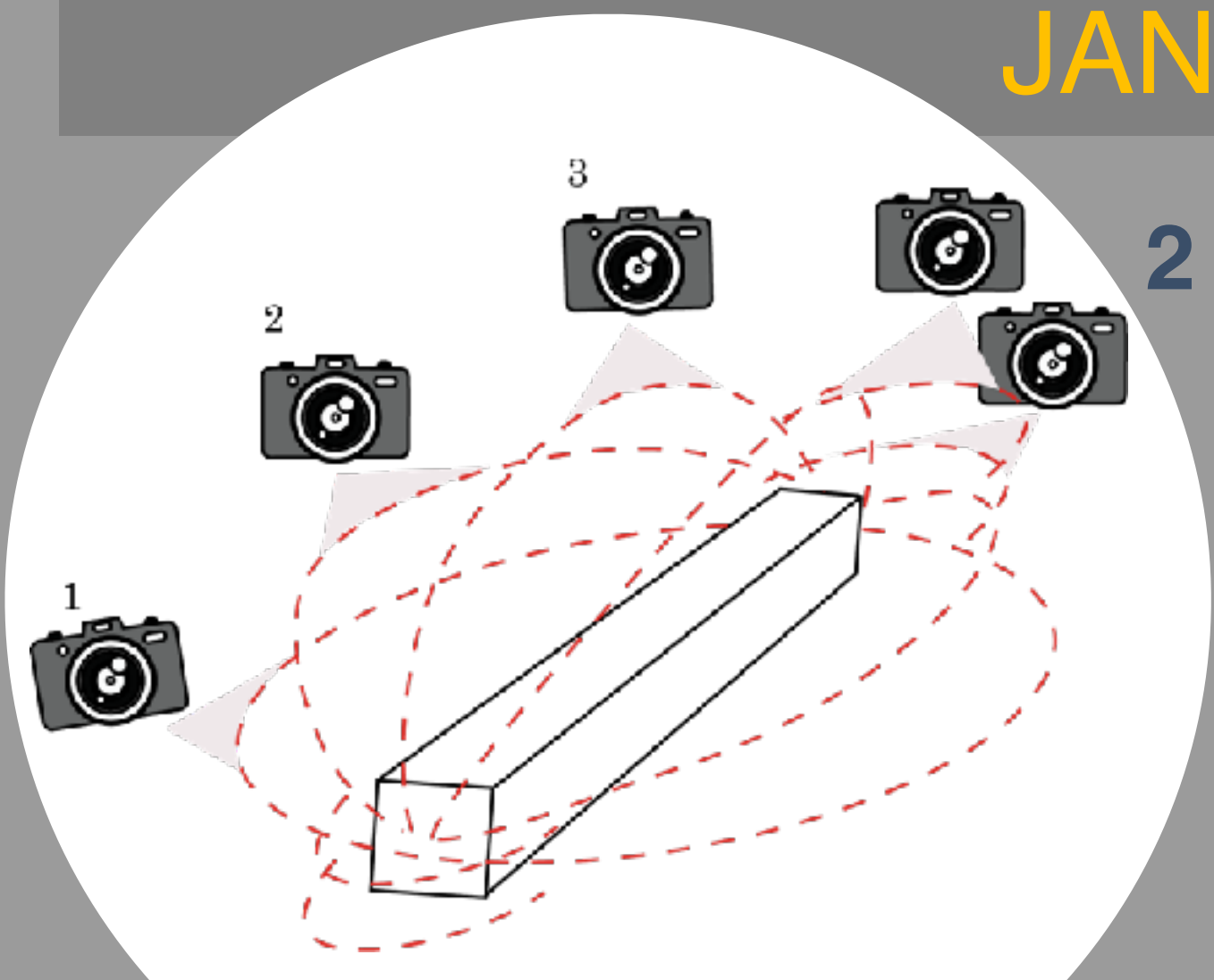
# AQUISITION

JANVIER 2022

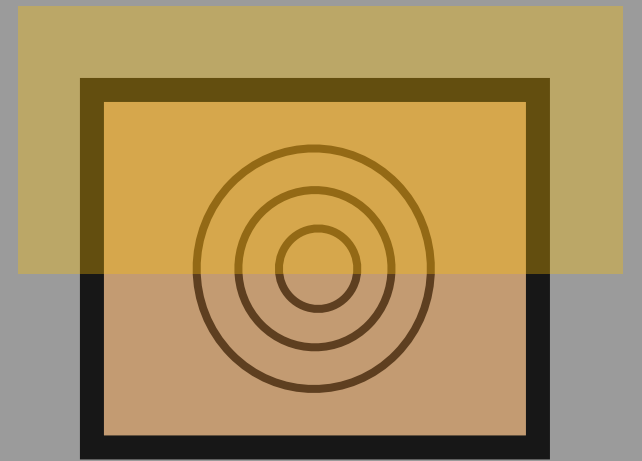
SEPTEMBRE 2023



E. Gattet



2 demies coques en acquisition manuelle

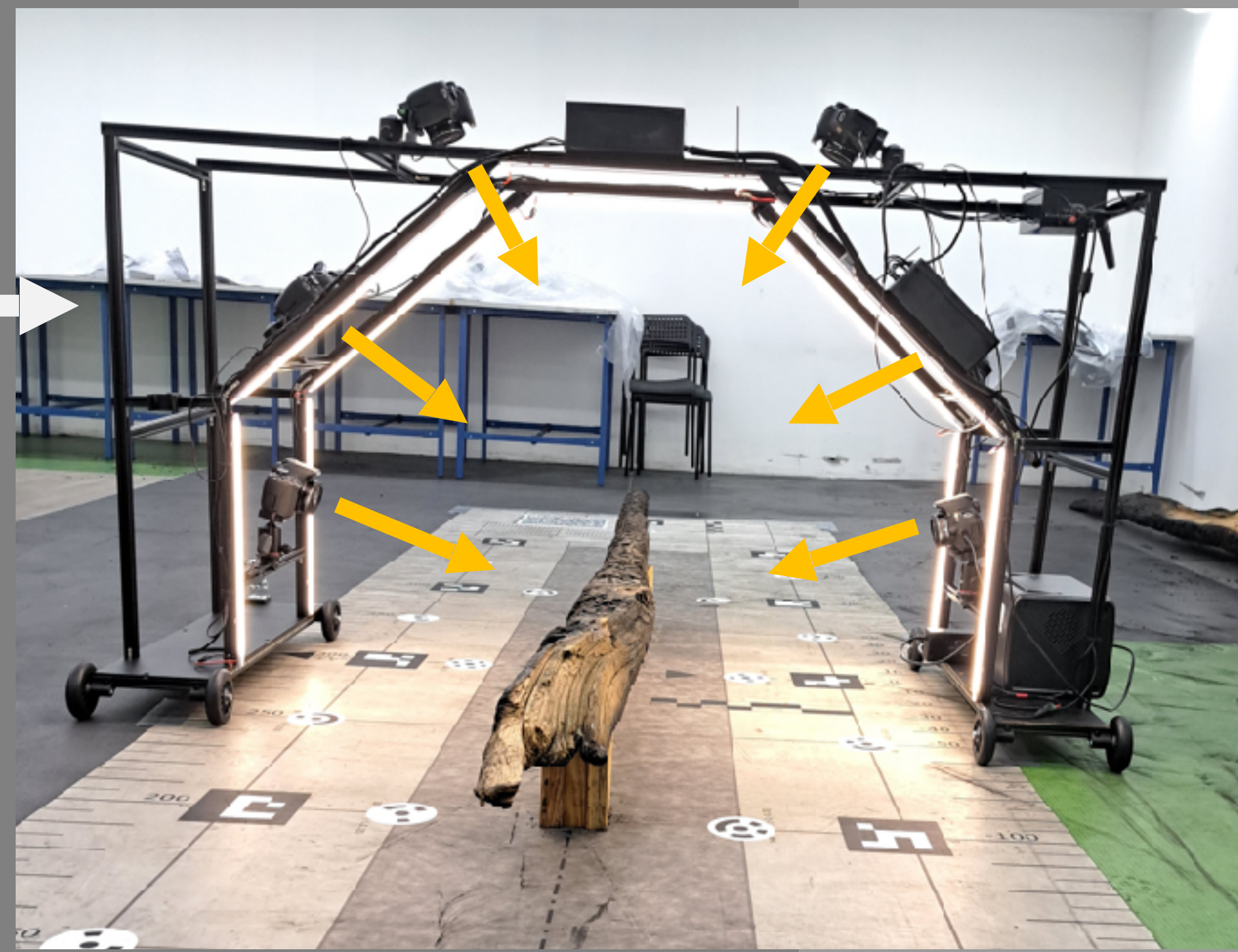


En orange : demie coque sur une section

Automatisation de l'aquisition : 1 demie coque en 1 passage



F. Comte



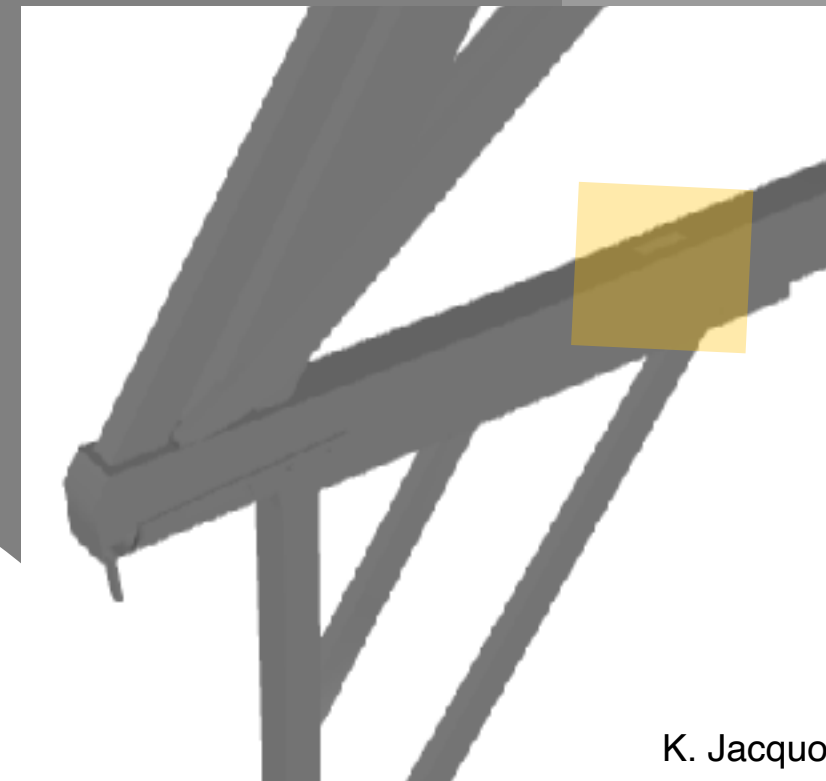
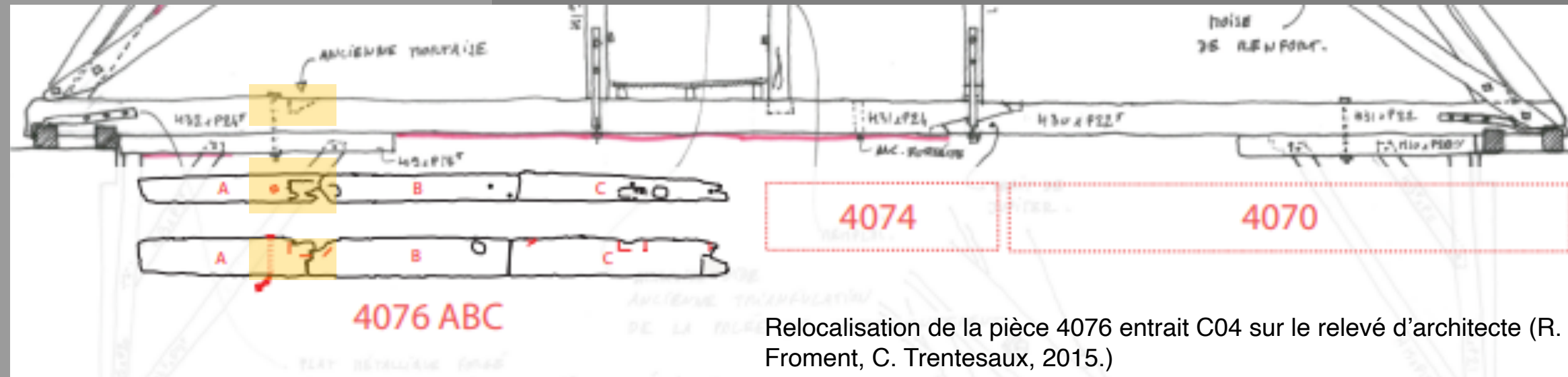
E. Gattet, F. Comte

150 bois modélisés à ce jour





# MODÈLES RELOCALISATION DES VESTIGES

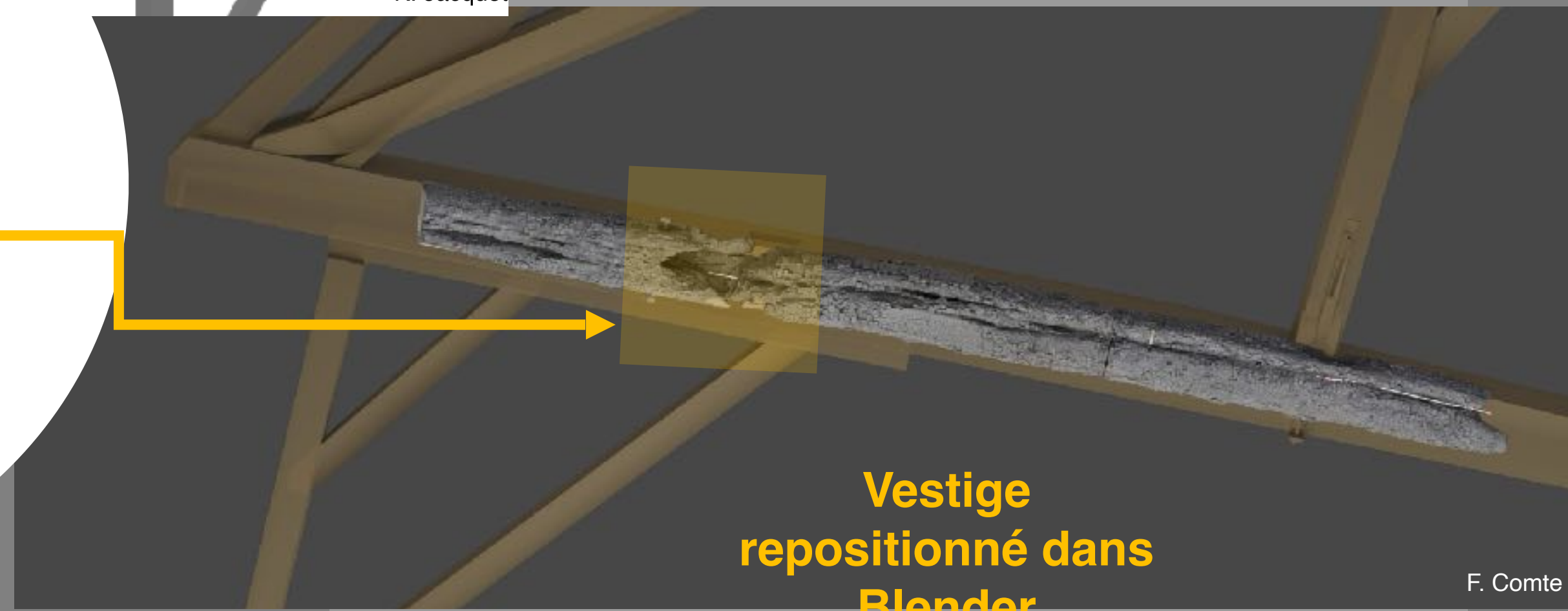


Relocalisation du modèle 3D de la pièce carbonisée dans le modèle de la charpente avant incendie (K. Jacquot)



Modèle 3D de la ferme C04 avant incendie

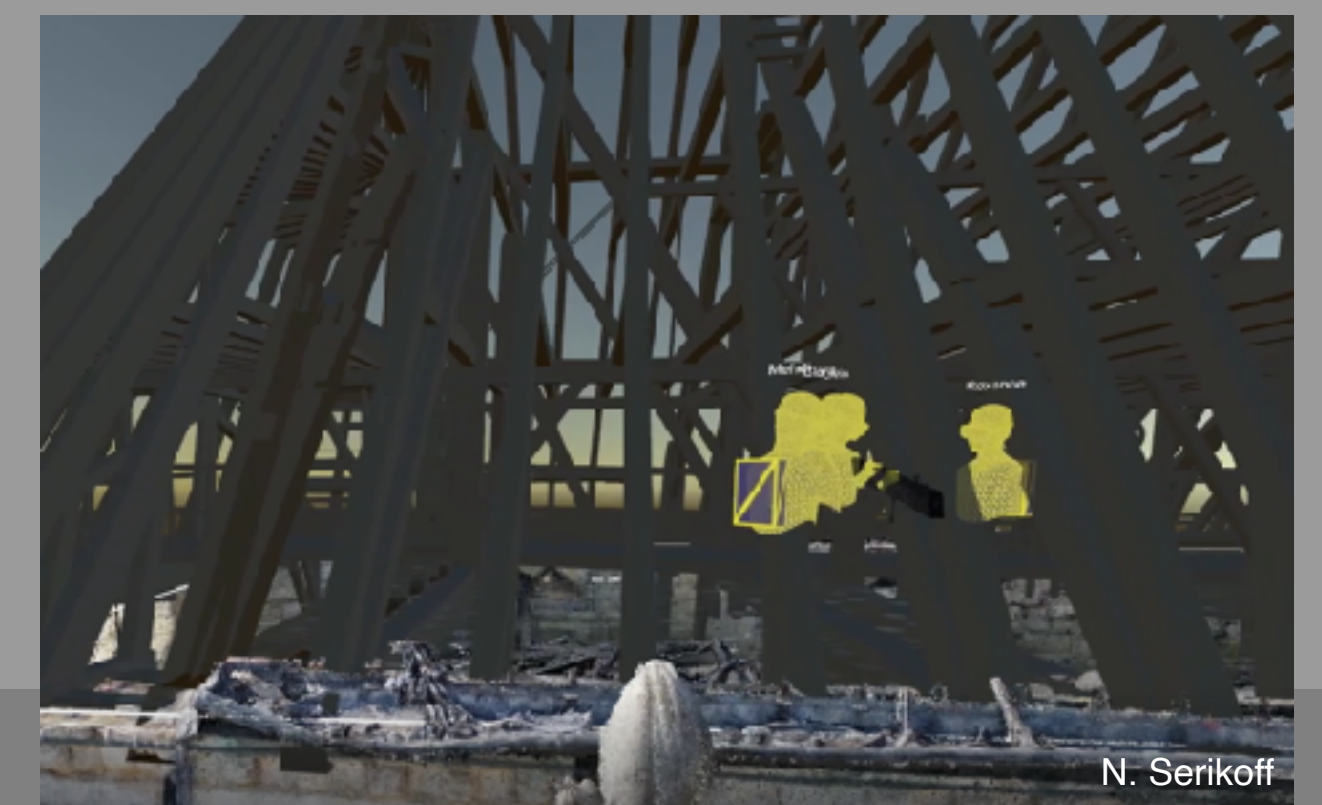
K. Jacquot



F. Comte



Expérimentations de relocalisation dans la salle VR (Cité de l'architecture)

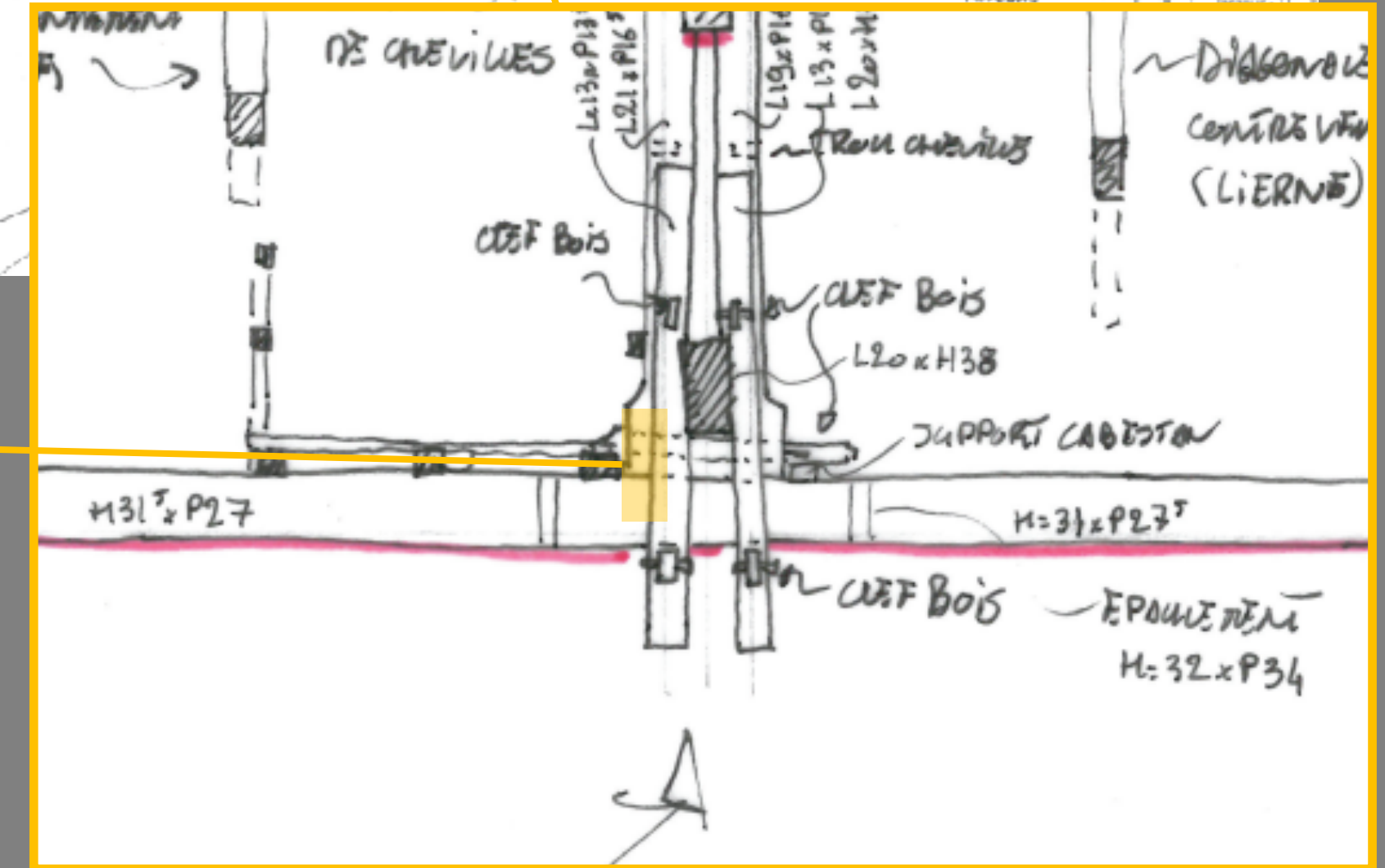
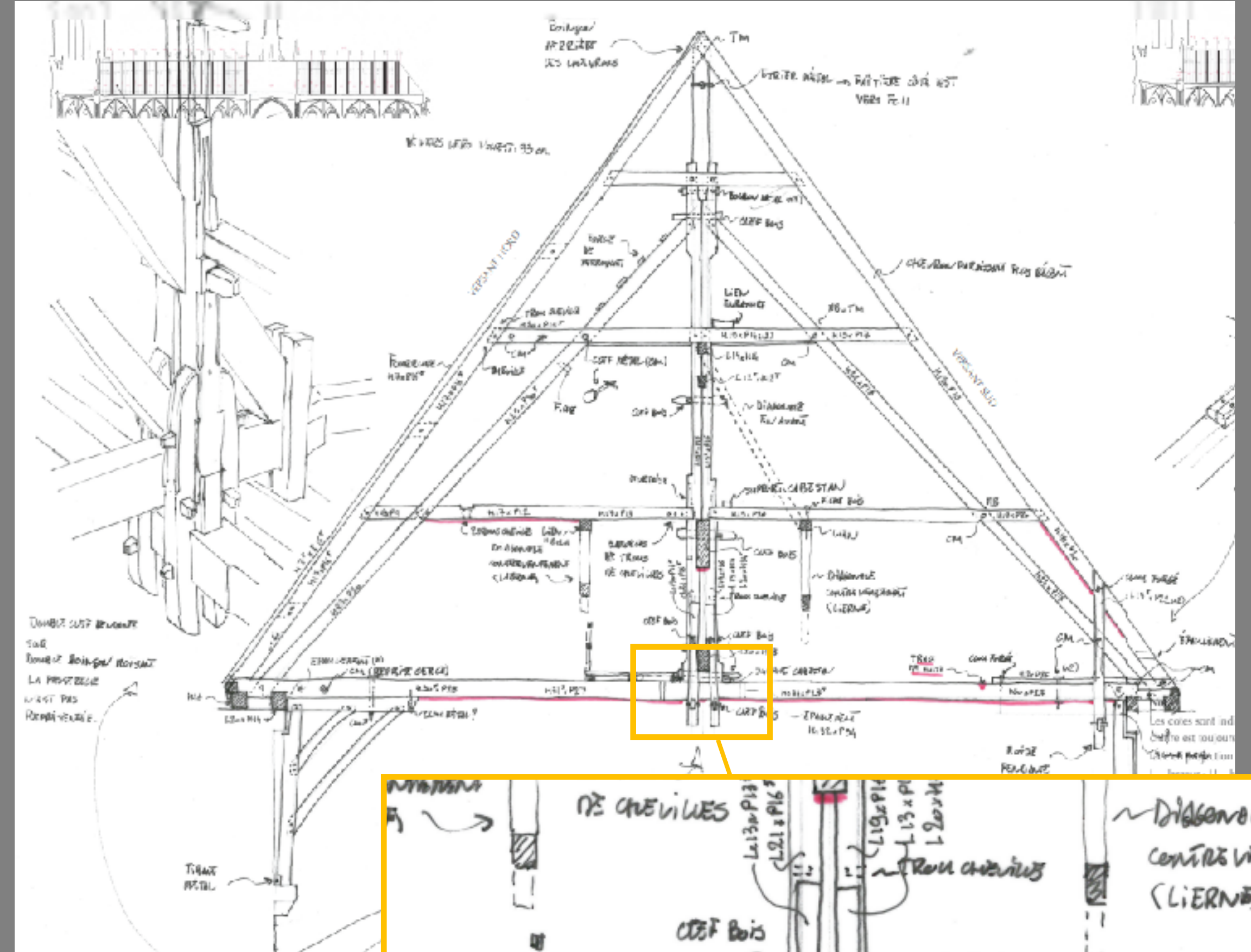


# MODÈLES RELOCALISATION DES VESTIGES

ENTRAIT C10 N°4037

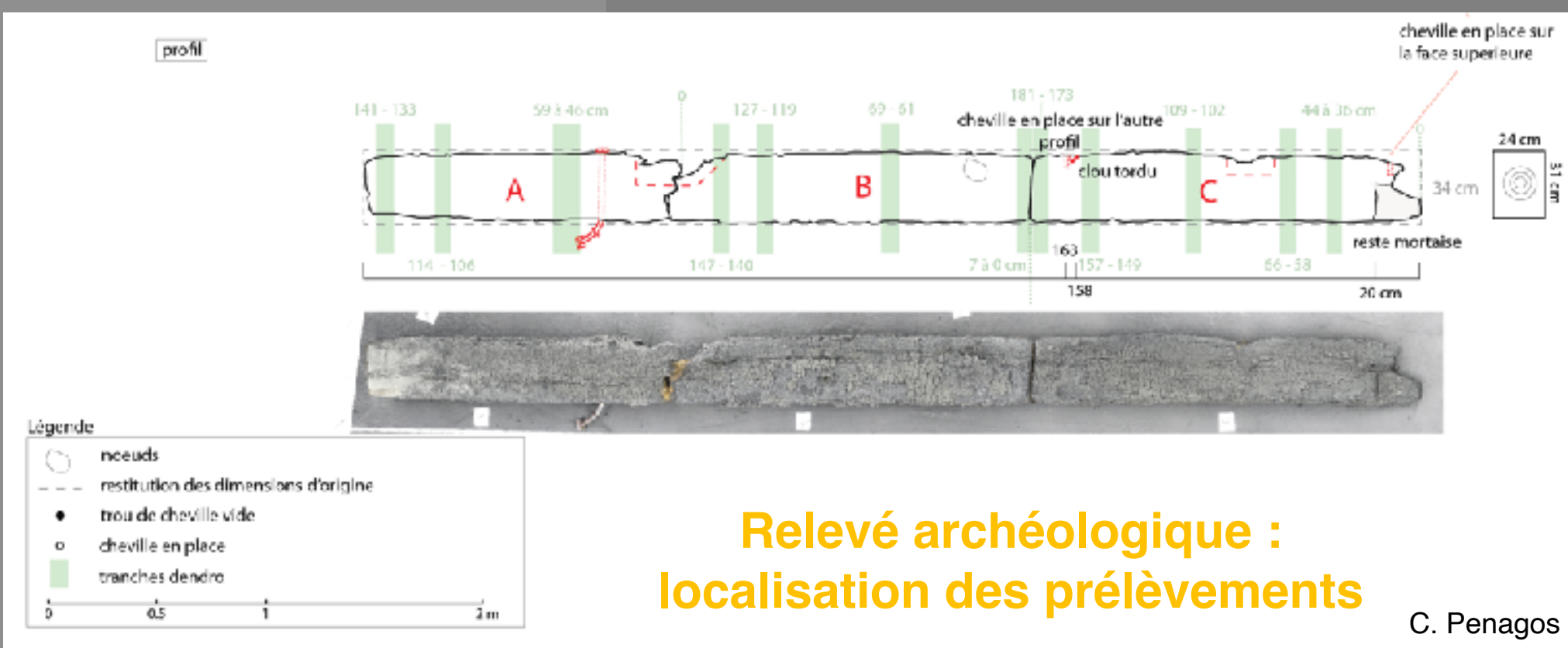


F. Comte

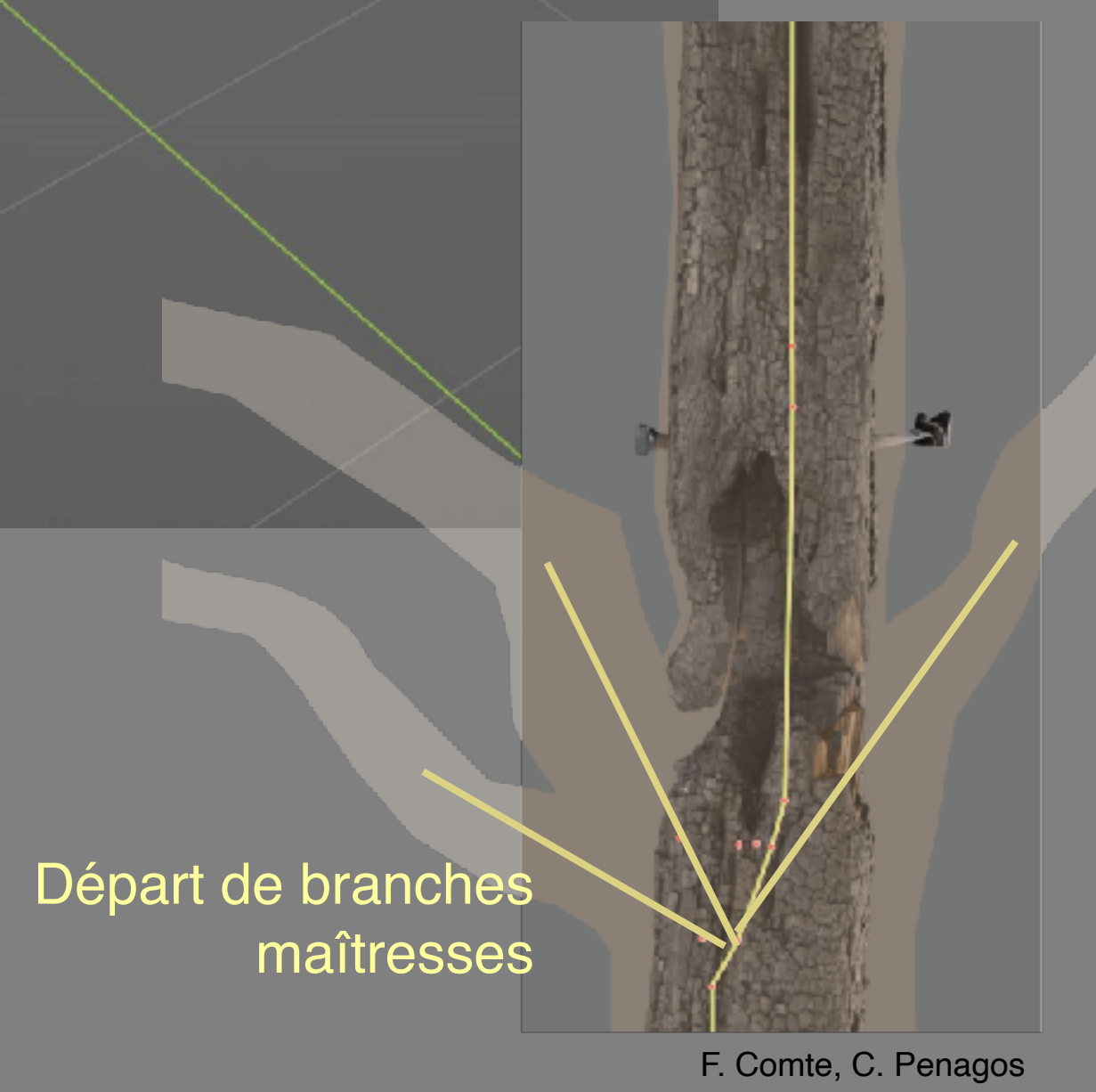
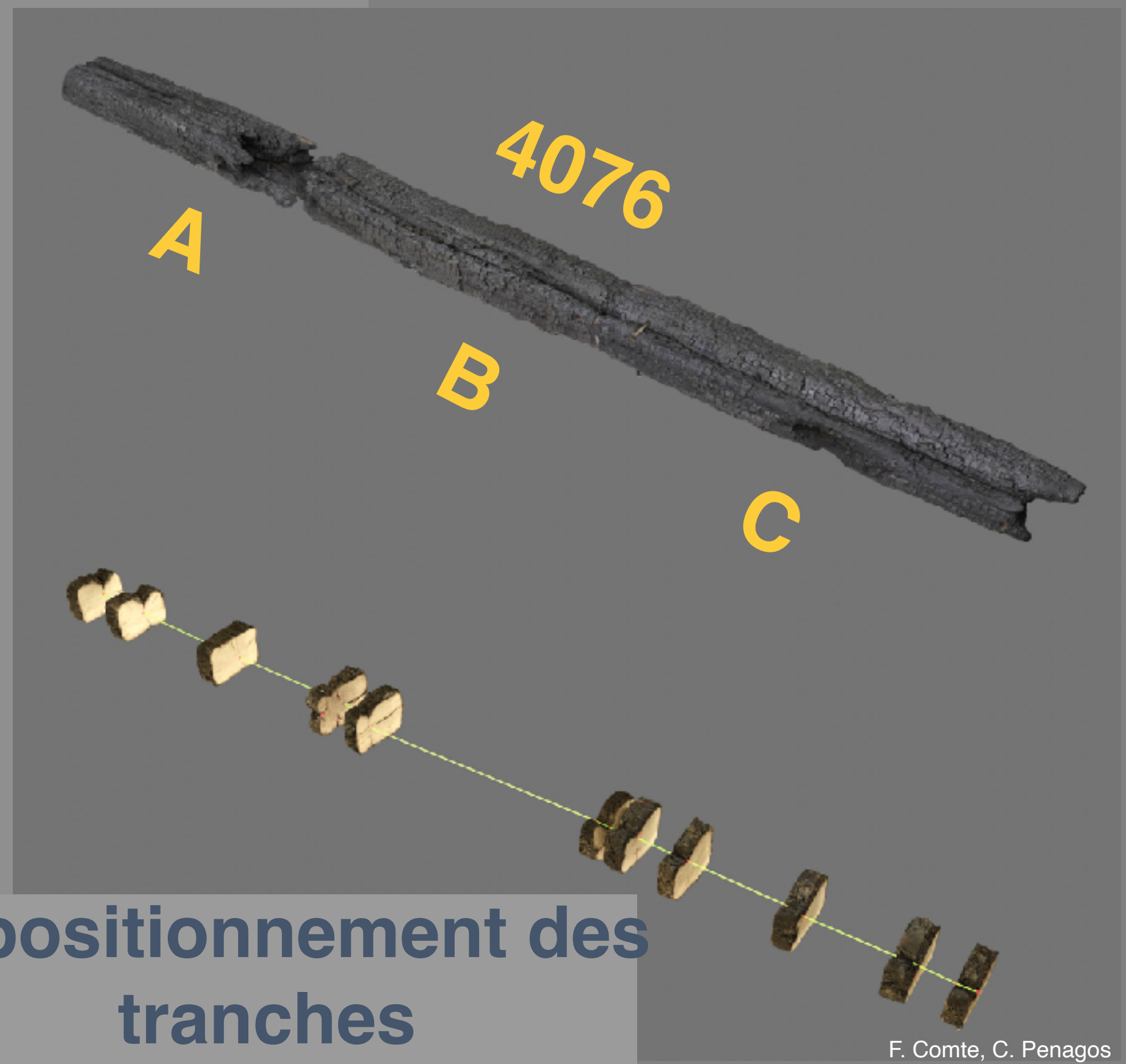
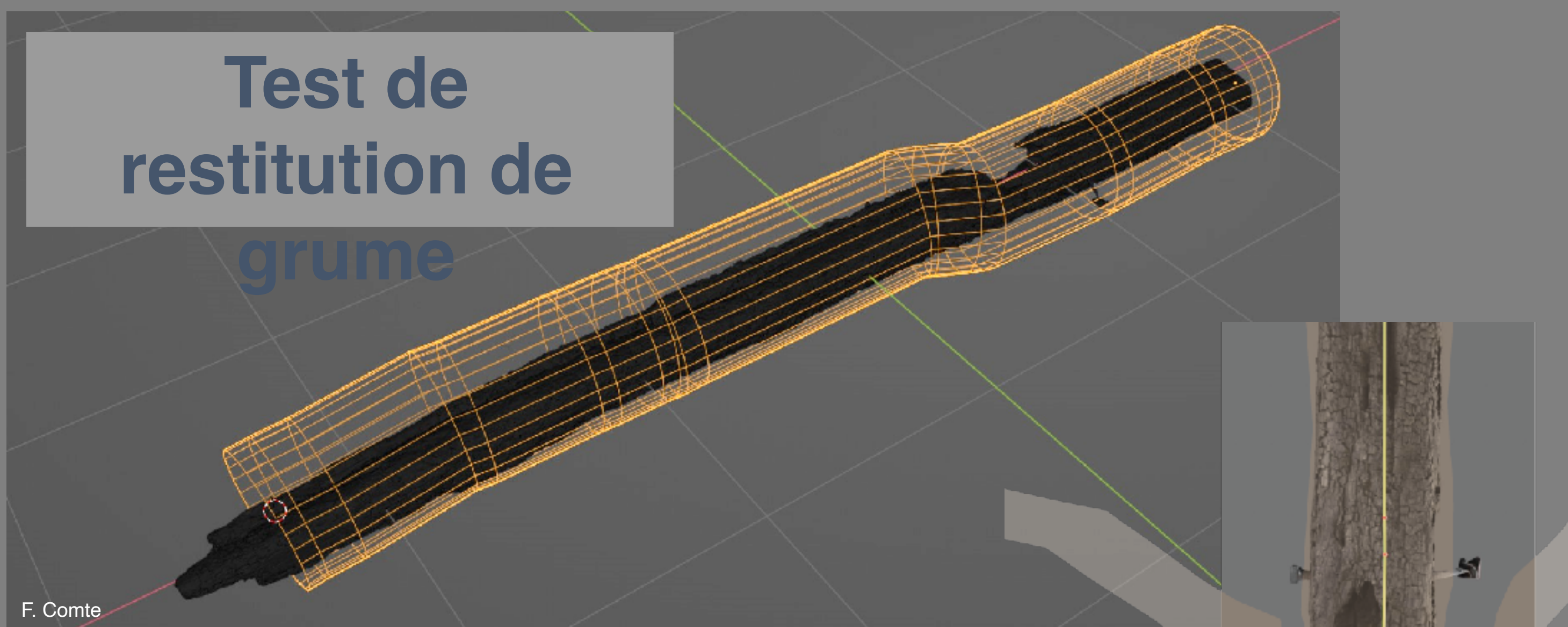
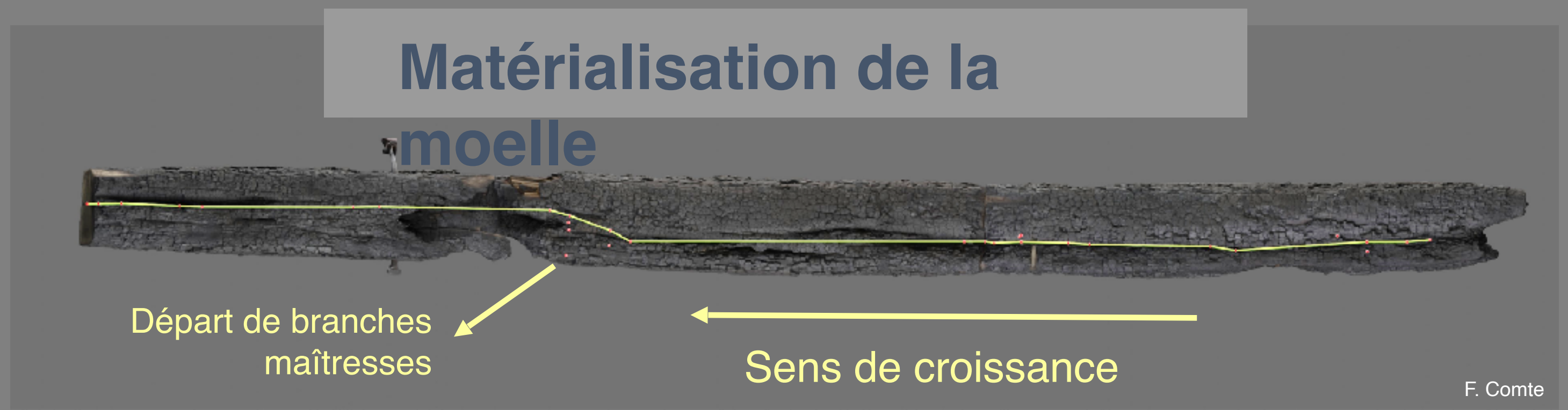


# MODÈLE

## Reconstruire l'arbre autour de la pièce ?



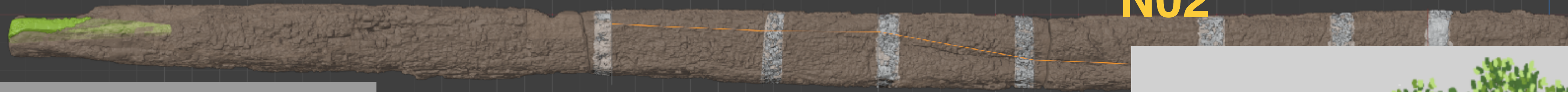
Relevé archéologique : localisation des prélèvements



# MODÈLE

## Reconstruire l'arbre autour de la pièce ?5110 = entrain

### N02



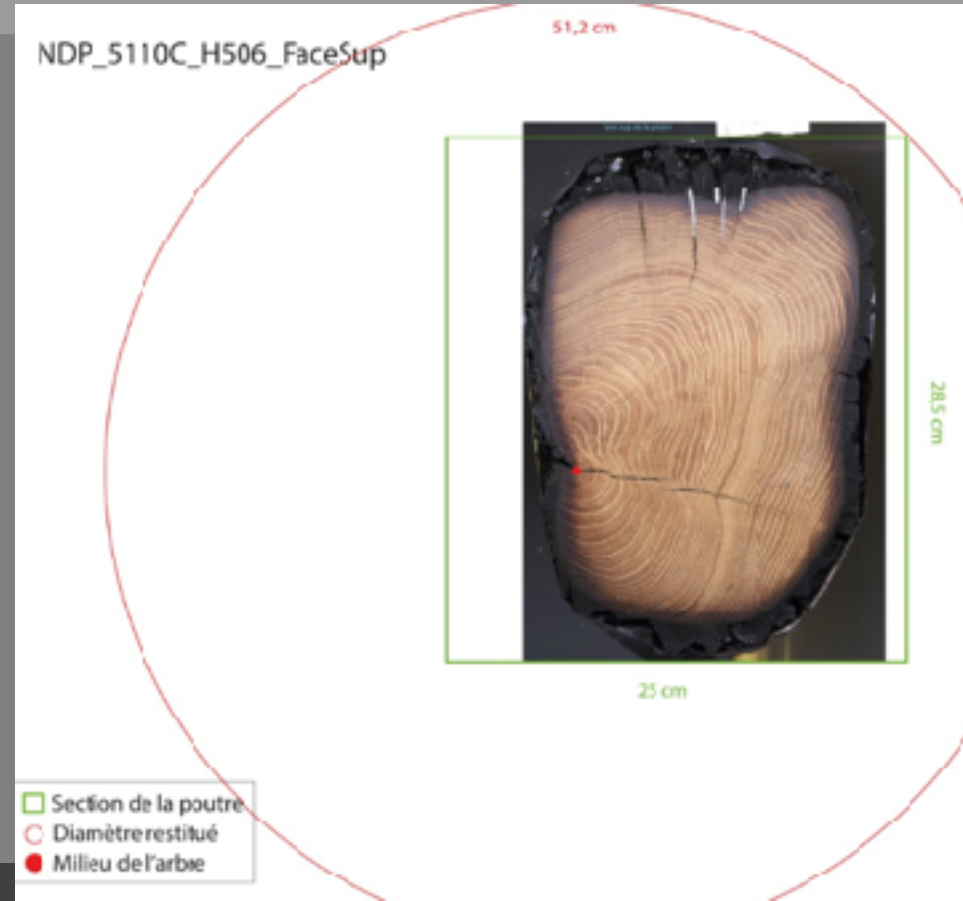
Muséographie

Matérialisation moelle

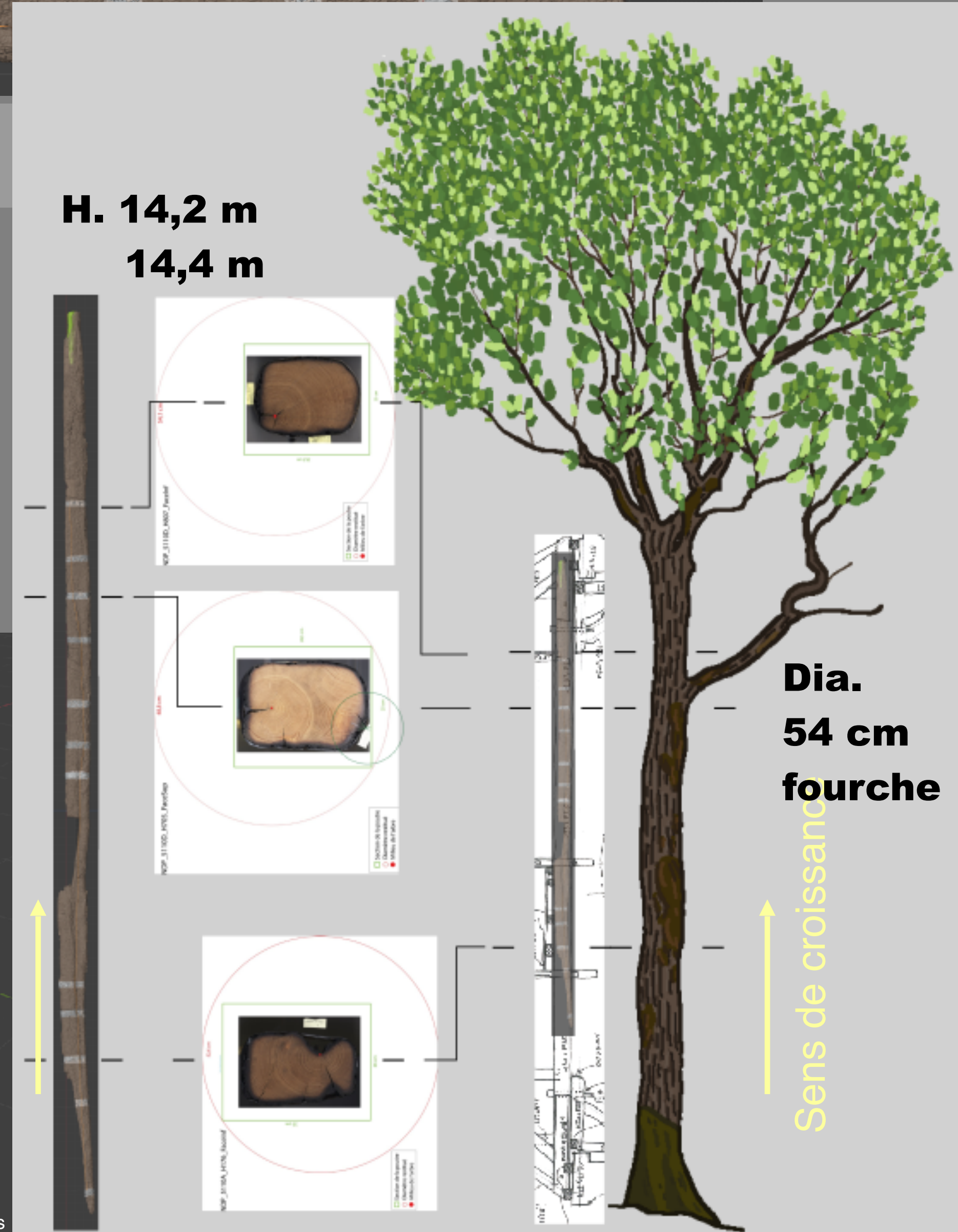
Repositionnement des tranches

Sens de croissance

restitution de la poutre et la grume



H. 14,2 m  
14,4 m



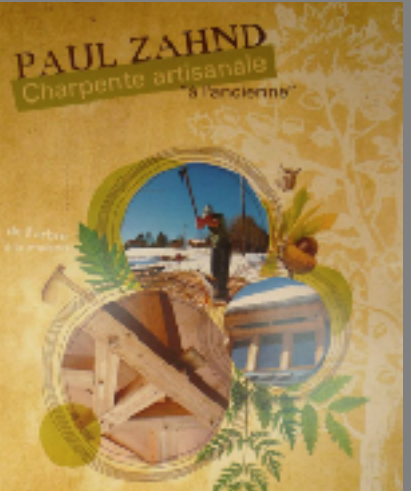
En gris : déchets

# MODÈLE S

## Les grumes de la restauration équarries à la hache

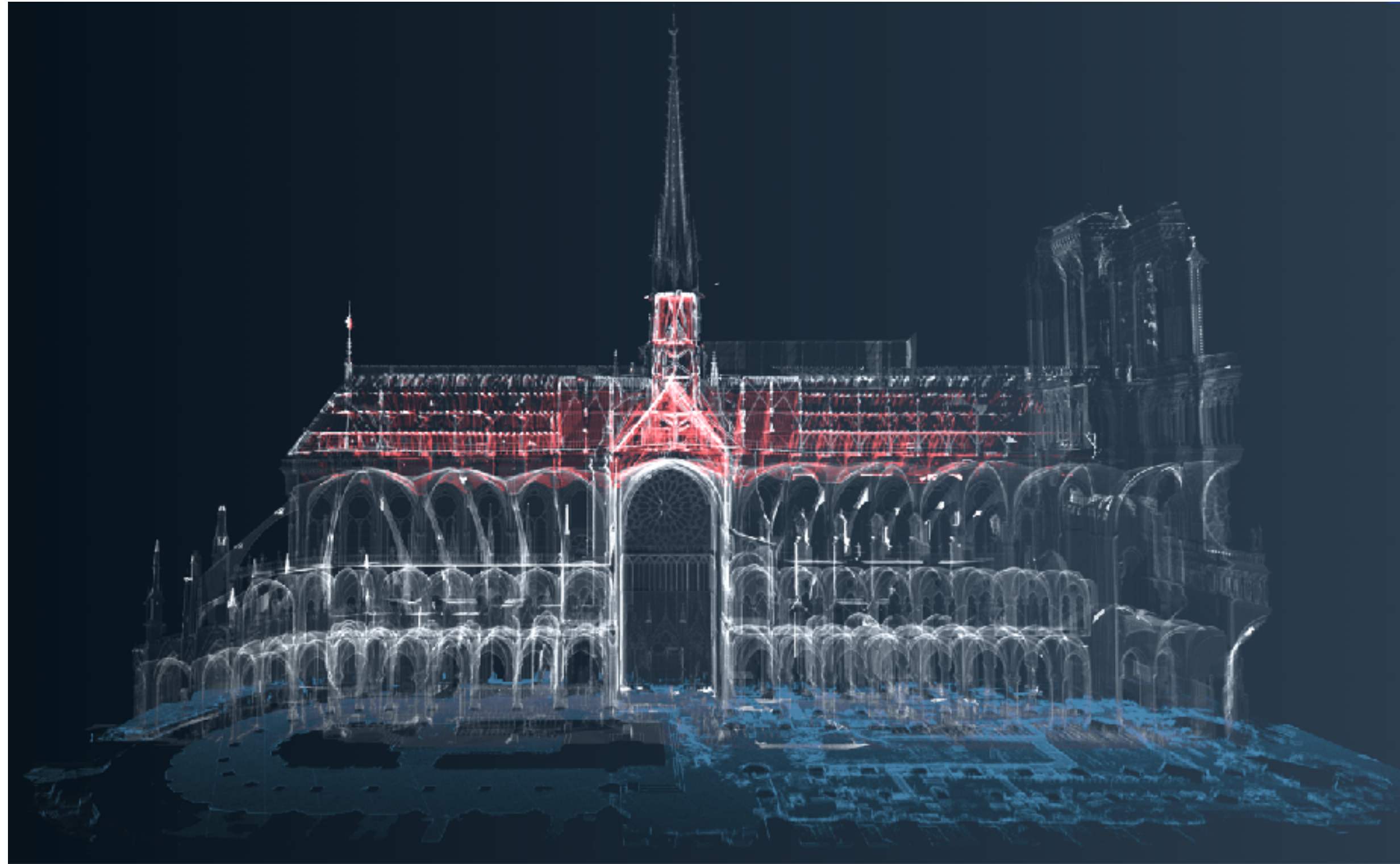
Lods (Doubs)

ATELIER  
DE LA GRANDE  
OYE



# Merci de votre attention





**Table ronde : L'acquisition de données 3D et les traitements numériques à l'épreuve des questions de recherche : fabrication et adaptation d'outils d'acquisition, de chaînes de traitement et de supports d'analyse**

*Modérateur : Livio De Luca (MAP-CNRS, gt num)*

*Intervenants :*

*Gregory Chaumet (Pleomo3D-Centre André Chastel, gt décor)*

*Dylan Nouzeran (IRHiS, gt pierre)*

*Olivier Girardclos et Clara Penagos (Chrono-environnement-CNRS, gt bois)*



European  
Research  
Council

**Une cathédrale de données numériques et connaissances pluridisciplinaires**

Journées d'études du groupe de travail "données numériques" du chantier scientifique Notre-Dame de Paris  
19 - 21 juin 2024, Campus CNRS Joseph Aiguier, Marseille