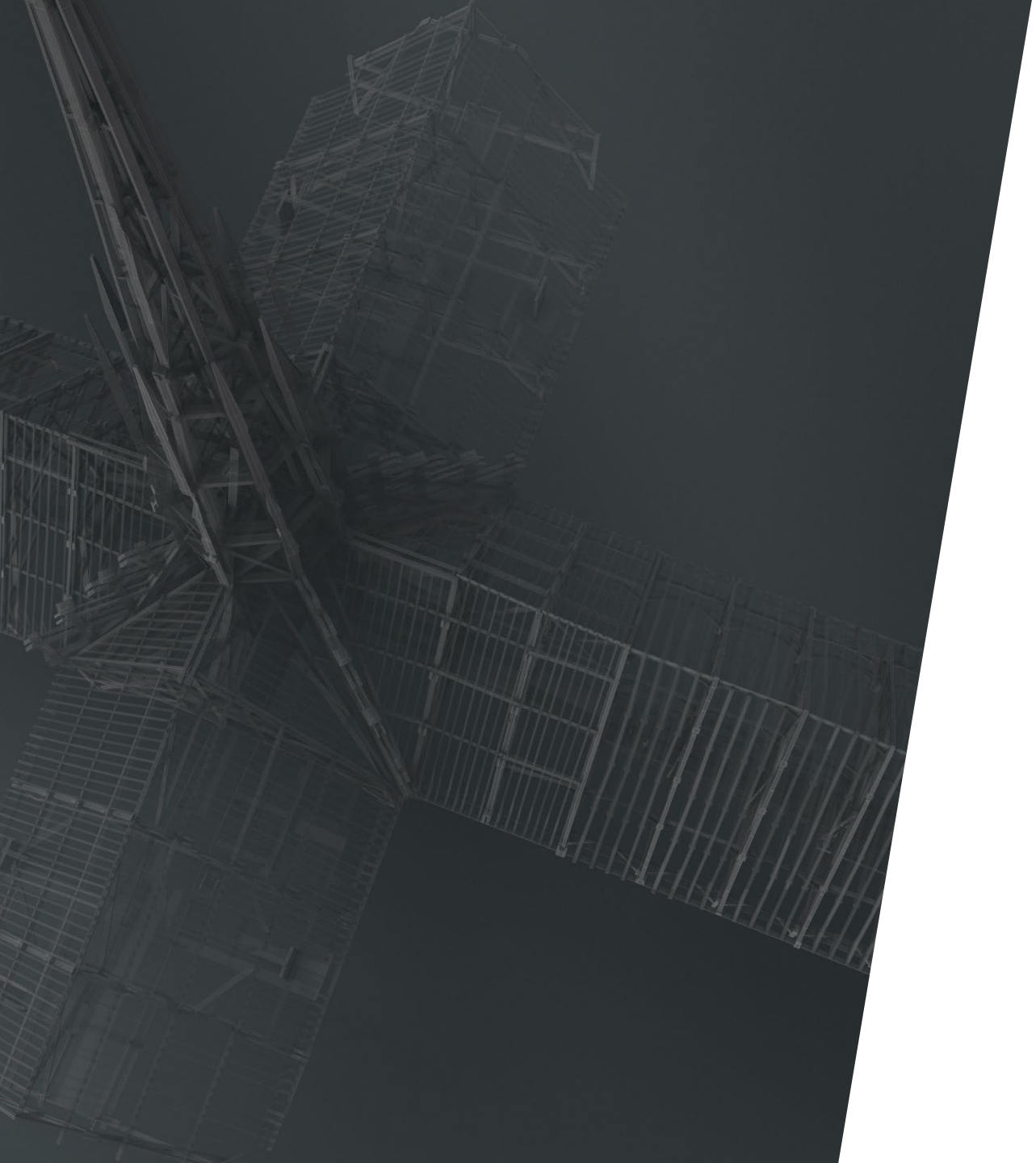


Numérique & Patrimoine

structure fédérative de recherche

https://home.mis.u-picardie.fr/~sfr-np/

Restituer la *Forêt* de Notre-Dame de Paris

Re-présenter le patrimoine : enjeux politiques, économiques et communicationnels des images numériques du patrimoine

Kévin Jacquot,
MCF UMR MAP3495 MC/CNRS – ENSAL

groupe de travail « données numériques »
kevin.jacquot@map.cnrs.fr

MINISTÈRE DE LA CULTURE
Liberté
Égalité
Fraternité

LES DEUX CHANTIERS

Chantier de restauration

- Établissement public (EPRNDP-MO)
- Conseil scientifique

Initiatives scientifiques

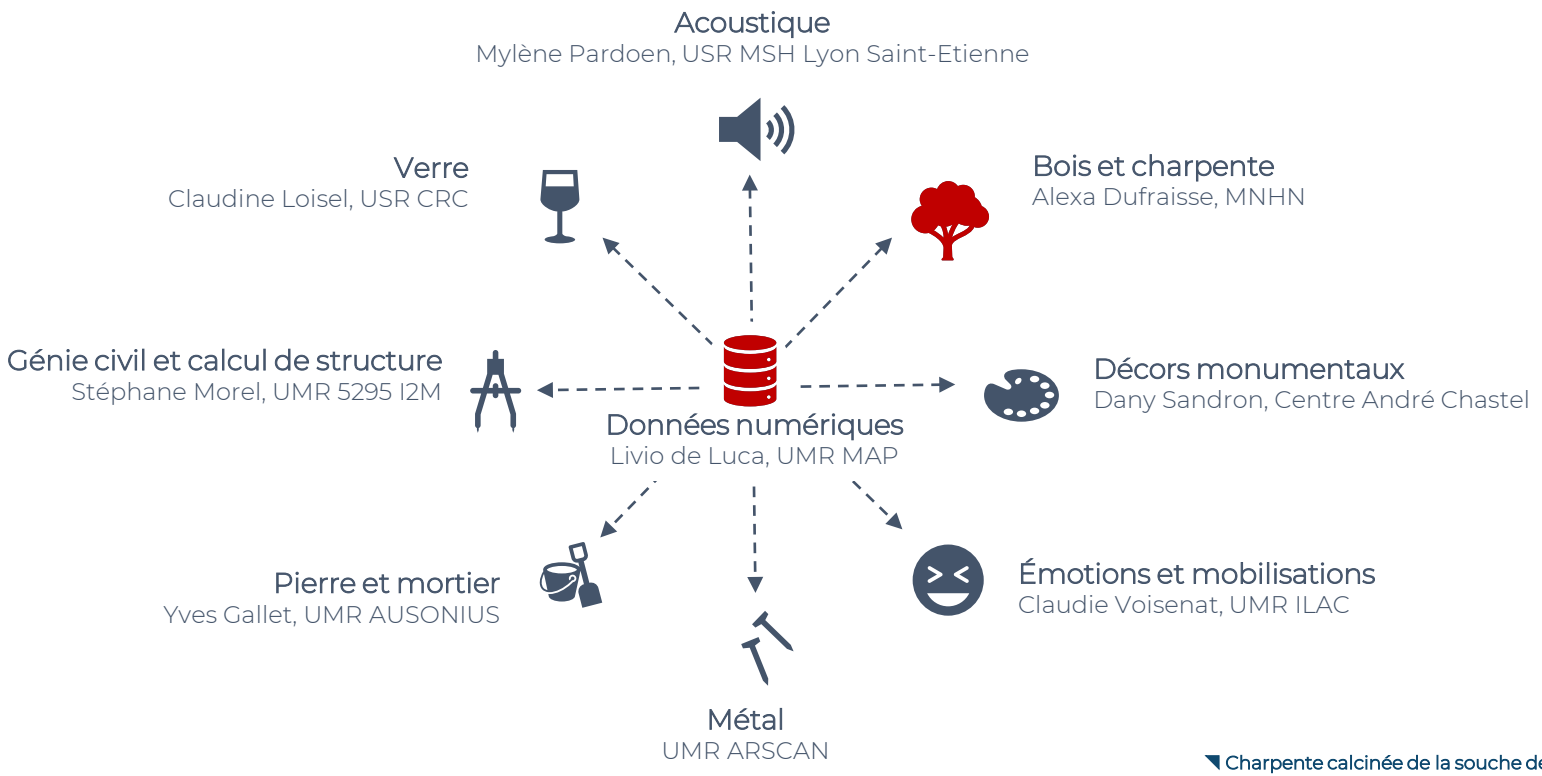
- 2019-(2024) : Chantier scientifique Notre-Dame de Paris
  Cadre: Accord cadre CNRS/Ministère de la Culture, MITI CNRS, FSP (Fondation des sciences du Patrimoine)
- 2021-(2025) : ANR CASIMODO: Medieval climAtic optimum and socio-economic development : study of Notre-Dame de Paris wood frame and forestry consequences
  Cadre : ANR-20-CE03-0008
- 2022-(2027) : ERC n-Dame_Heritage: n-Dimensional analysis and memorisation ecosystem for building cathedrals of knowledge in Heritage Science.
  Cadre: ERC (European Research Council) Advanced Grant 2021

Charpente calcinée de la souche de la flèche
© Alexis Komenda 0269 © C2RMF Alexis Komenda

LES DEUX CHANTIERS

Organisation de la recherche

- Neuf groupes de travail thématiques :



Charpente calcinée de la souche de la flèche
© Alexis Komenda 0269 © C2RMF Alexis Komenda

LES DEUX CHANTIERS

Groupe de travail « Données numériques »

- 12 laboratoires de recherche

Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine (MAP)
CNRS/Ministère de la Culture

ARCHEOVISION
CNRS/Université Bordeaux-Montaigne/Université de Bordeaux

CITERES
Université de Tours

Équipes Traitement de l'Information et Systèmes (ETIS)
Université de Cergy-Pontoise

Sciences et technologies de l'information géographique pour la ville et les territoires numériques (LaSTIG)
Institut national de l'information géographique et forestière IGN

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH)
Ministère de la Culture

Laboratoire des sciences du numérique de Nantes (LS2N)
École Centrale de Nantes

Modélisation, information & systèmes (MIS)
Université de Picardie-Jules Verne

Maison de l'Orient (MOM)
Université de Lyon/CNRS

PLEMO 3D
CNRS/Sorbonne Université, Paris

Textes, représentations, archéologie, autorité et mémoire, de l'Antiquité à la Renaissance (TrAme)
Université de Picardie-Jules Verne

Zentrum für Mittlealterstudien (ZEMAS)
Université de Bamberg

- 2 consortiums

Huma-Num

Le **Consortium 3D pour les Sciences Humaines et Sociales** (3D SHS)

Le **Consortium Mémoires des archéologues et des sites archéologiques** (MASA)

- des collaborations :

Mathias Fantin, BESTREMA ; Rémi Fromont, ACMH Notre-Dame de Paris ; Pascal Prunet, ACMH Notre-Dame de Paris ; Béatrice Bouet, SRA DRAC Ile-de-France ; Dorothée Chaoui-Derieu, SRA DRAC Ile-de-France ; Alexis Komenda, C2RMF ; Catherine Lavier, C2RMF ; Daniel Girardeau-Montaut, CloudCompare ; Joël Marchand, Huma-Num

Charpente calcinée de la souche de la flèche
© Alexis Komenda 0269 © C2RMF Alexis Komenda

ACTION SCIENTIFIQUE

La restauration de Notre-Dame, une opportunité sans précédent

Contexte scientifique

- Un moment privilégié pour l'observation et l'analyse
- Un site d'étude global, interdisciplinaire, diachronique et heuristique

Le projet du GT Données numériques

1. Collecte et intégration des données numériques existantes
2. Production de nouvelles données
3. Partage et archivage pérenne
4. Structuration et enrichissement sémantique

→ L'arc doubleau de la nef

→ Le cas de la Forêt

RESTITUTION DES CONNAISSANCES AVANT L'INCENDIE

Le cas de la *Forêt*...le besoin d'une restitution

Combles de Notre-Dame
Charpentes de Notre-Dame au niveau du premier faux-entrait de la ferme 09 de la nef en 2015
© Martin Loyer

NOTRE-DAME DE PARIS

Restitution numérique de la charpente

La Forêt (médiévale) en quelques chiffres :

- Dimensions générales (L x l x h)
  100 x 12 x 10 mètres
- 90 chevrons-formant-ferme
  dont 21 fermes maîtresses
- 4 fermes à pannes du XIXe
- 3,78 mètres : Entre-axe entre fermes

Flèche de Notre-Dame
Flèche de Notre-Dame vue depuis la tour nord en 2013 »
© Agence Villeneuve

NOTRE-DAME DE PARIS

Restitution numérique de la charpente

La flèche (néogothique) en quelques chiffres :

- 1844 : Lassus et Viollet-le-Duc remporte le concours pour la restauration de la flèche
- 18 mois : Durée de construction
- 96 mètres : hauteur
- 8 : Nombre de côtés

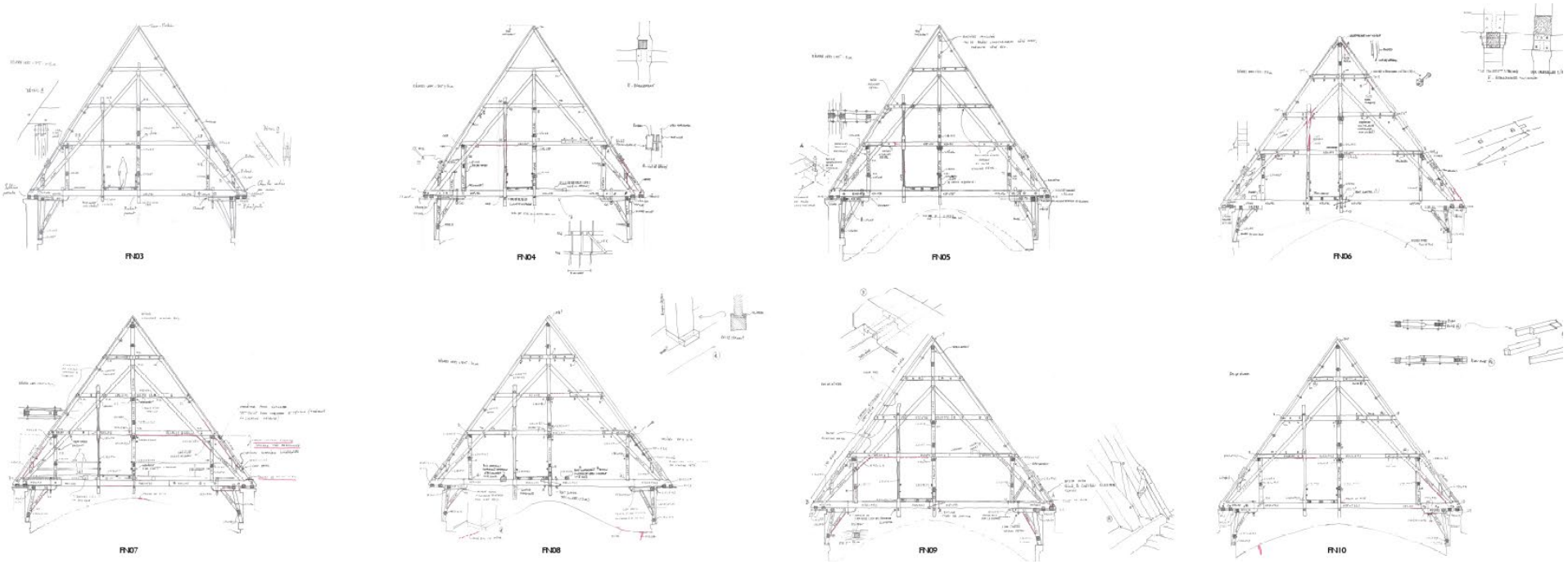
L’IMAGE DE LA FORÊT

État des savoirs

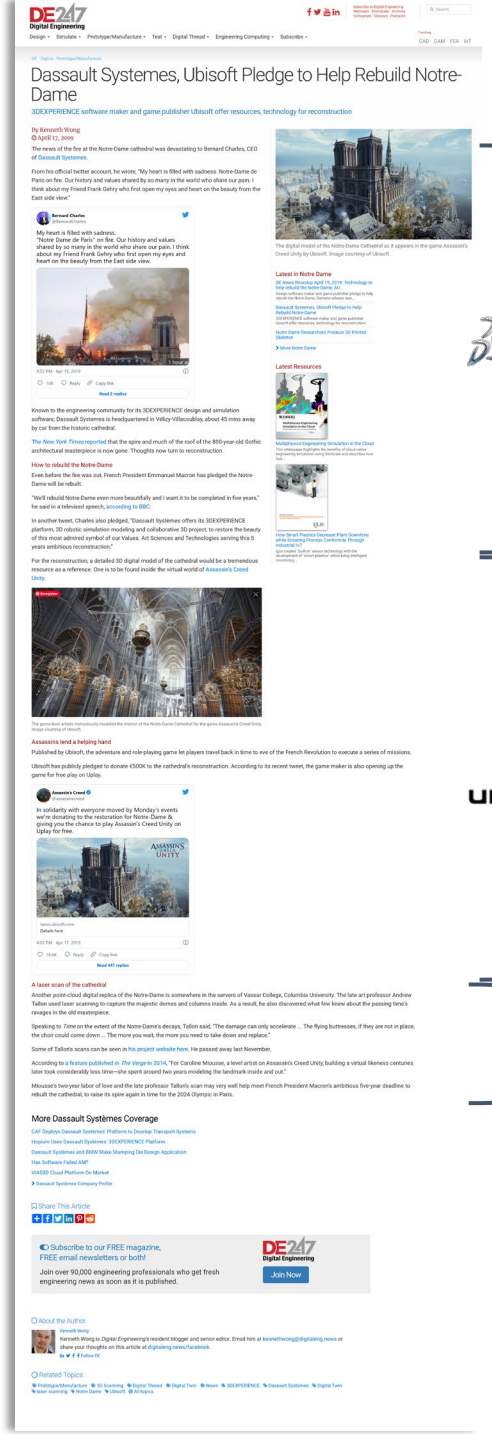
Reconstruire à l’identique ?!

Méconnaissance des charpentes

Dassault Systems, Ubisoft Pledge to Help Rebuild Notre-Dame. Kenneth Wong. Digital Engineering 247. 17 avril 2019
https://digitalengineering247.com/article/dassault-systemes-unisoft-pledge-to-help-rebuild-notre-dame/



Coupes transversales (extrait). Relevés complémentaires des charpentes médiévales de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Rémi Fromont et Cédric Trentesaux



DE247 Digital Engineering

Dassault Systemes, Ubisoft Pledge to Help Rebuild Notre-Dame

3DEXPERIENCE software maker and game publisher Ubisoft offer resources, technology for reconstruction

By Kenneth Wong
April 17, 2019

The news of the fire at the Notre-Dame cathedral was devastating to Bernard Charles, CEO of Dassault Systemes.

From his official twitter account, he wrote, "My heart is filled with sadness. Notre-Dame de Paris on fire. Our history and values shared by so many in the world who share our pain. I think about my friend Frank Gehry who first open my eyes and heart on the beauty from the East side view."

Bernard Charles
@BernardCharles

My heart is filled with sadness.
"Notre Dame de Paris" on fire. Our history and values shared by so many in the world who share our pain. I think about my Friend Frank Gehry who first open my eyes and heart on the beauty from the East side view.

4:52 PM · Apr 15, 2019
108 Reply Copy link
Read 2 replies

Known to the engineering community for its 3DEXPERIENCE design and simulation software, Dassault Systemes is headquartered in Vélizy-Villacoublay, about 45 mins away by car from the historic cathedral.

The New York Times reported that the spire and much of the roof of the 800-year-old Gothic architectural masterpiece is now gone. Thoughts now turn to reconstruction.

How to rebuild the Notre-Dame

Even before the fire was out, French President Emmanuel Macron has pledged the Notre-Dame will be rebuilt.

"We'll rebuild Notre-Dame even more beautifully and I want it to be completed in five years," he said in a televised speech, according to BBC.

In another tweet, Charles also pledged, "Dassault Systemes offers its 3DEXPERIENCE platform, 3D robotic simulation modeling and collaborative 3D project, to restore the beauty of this most admired symbol of our Values. Art Sciences and Technologies serving this 5 years ambitious reconstruction."

For the reconstruction, a detailed 3D digital model of the cathedral would be a tremendous resource as a reference. One is to be found inside the virtual world of Assassin's Creed Unity.

The game level artists meticulously modeled the interior of the Notre-Dame Cathedral for the game Assassin's Creed Unity. Image courtesy of Ubisoft.

Assassins lend a helping hand

Published by Ubisoft, the adventure and role-playing game let players travel back in time to eve of the French Revolution to execute a series of missions.

Ubisoft has publicly pledged to donate €500K to the cathedral's reconstruction. According to its recent tweet, the game maker is also opening up the game for free play on Uplay.

Assassin's Creed
@AssassinsCreed

In solidarity with everyone moved by Monday's events we're donating to the restoration for Notre-Dame & giving you the chance to play Assassin's Creed Unity on Uplay for free.

news.ubisoft.com
Details here
4:52 PM · Apr 17, 2019
18.6K Reply Copy link
Read 441 replies

A laser scan of the cathedral

Another point-cloud digital replica of the Notre-Dame is somewhere in the servers of Vassar College, Columbia University. The late art professor Andrew Tallon used laser scanning to capture the majestic domes and columns inside. As a result, he also discovered what few knew about the passing time's ravages in the old masterpiece.

Speaking to Time on the extent of the Notre-Dame's decays, Tallon said, "The damage can only accelerate … The flying buttresses, if they are not in place, the choir could come down … The more you wait, the more you need to take down and replace."

Some of Tallon's scans can be seen in his project website here. He passed away last November.

According to a feature published in The Vergin 2014, "For Caroline Mousse, a level artist on Assassin's Creed Unity, building a virtual likeness centuries later took considerably less time—she spent around two years modeling the landmark inside and out."

Mousse's two-year labor of love and the late professor Tallon's scan may very well help meet French President Macron's ambitious five-year deadline to rebuilt the cathedral, to raise its spire again in time for the 2024 Olympic in Paris.

More Dassault Systèmes Coverage

CAF Deploys Dassault Systemes' Platform to Develop Transport Systems
Hopium Uses Dassault Systèmes' 3DEXPERIENCE Platform
Dassault Systèmes and BMW Make Stamping Die Design Application
Has Software Failed AM?
VAASO Cloud Platform On Market
Dassault Systèmes Company Profile

Share This Article

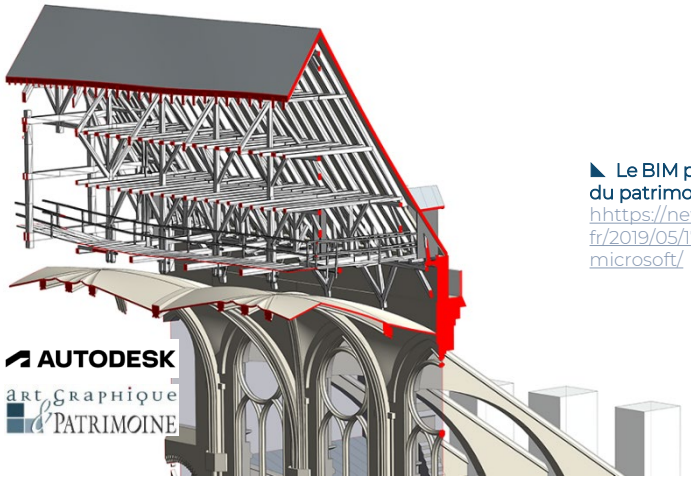
Subscribe to our FREE magazine, FREE email newsletters or both!
Join over 90,000 engineering professionals who get fresh engineering news as soon as it is published.
DE247 Digital Engineering
Join Now

About the Author
Kenneth Wong
Kenneth Wong is Digital Engineering's resident blogger and senior editor. Email him at kennethwong@digitaleng.news or share your thoughts on this article at digitaleng.news/facebook.
Follow DE

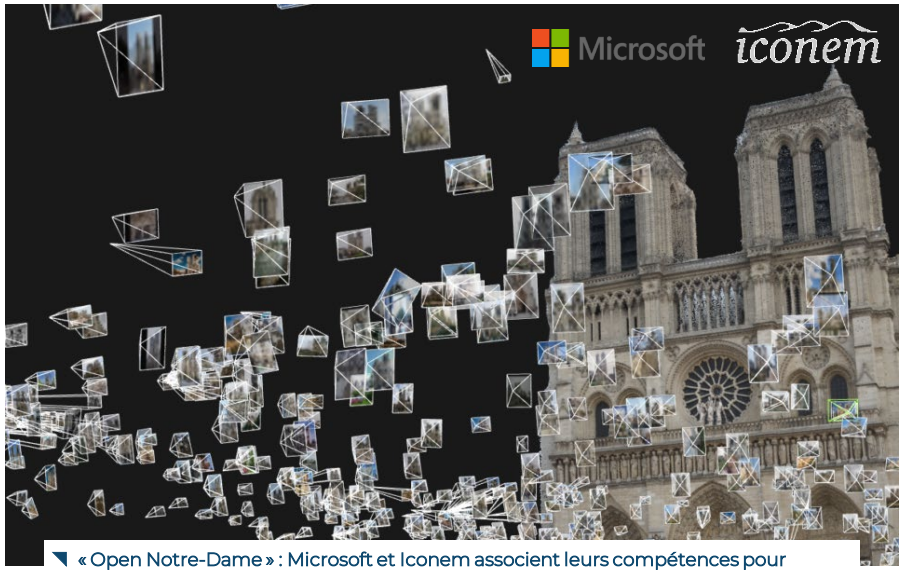
Related Topics
Prototype/Manufacture 3D Scanning Digital Thread Digital Twin News 3DEXPERIENCE Dassault Systèmes Digital Twin laser scanning Notre Dame Ubisoft All topics

L'IMAGE DE LA FORÊT

États des savoir-faire



Le BIM pour la préservation du patrimoine
hhttps://news.microsoft.com/fr-fr/2019/05/17/open-notre-dame-microsoft/



« Open Notre-Dame » : Microsoft et Iconem associent leurs compétences pour contribuer à la restauration de Notre Dame à travers un projet open data
hhttps://news.microsoft.com/fr-fr/2019/05/17/open-notre-dame-microsoft/

L'exposition « L'art de la charpente » avec l'École de Chaillot et Les Compagnons du devoir et du Tour de France (J.P. Morgan)
https://www.expo-notredamedeparis.com/

25 charpentiers et charpentières, de 7 nationalités différentes, ont réalisé l'une des 25 fermes de la charpente de Notre-Dame-de-Paris. Une démonstration impressionnante !
https://larochesuryon.maville.com/actu/actudet_-notre-dame-de-paris.-la-charpente-en-bois-pourrait-etre-reconstruite-a-l-identique-_54135-4218775_actu.Htm

DOCUMENTATION EXISTANTE

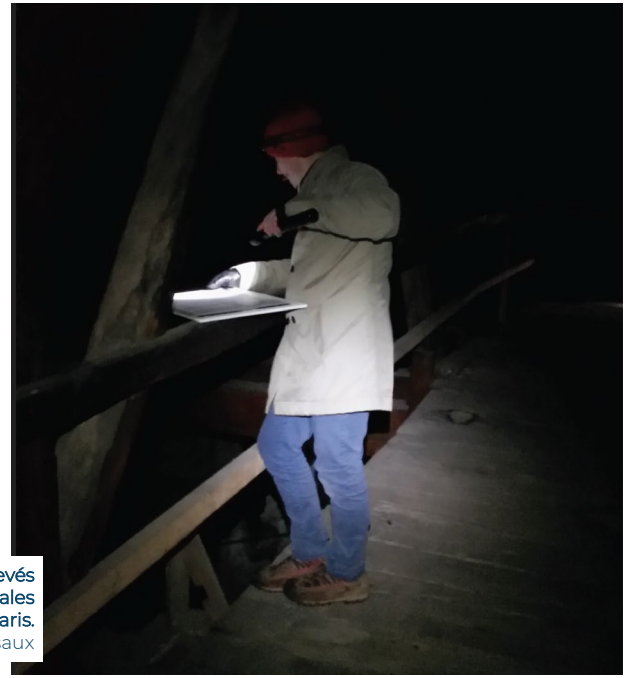
Notre-Dame de Paris : la 3D et Assassin's Creed Unity vont aider à sa reconstruction. Hitek.fr
https://hitek.fr/actualite/notre-dame-reconstitution-assassins-creed_19108

DOCUMENTS TECHNIQUES

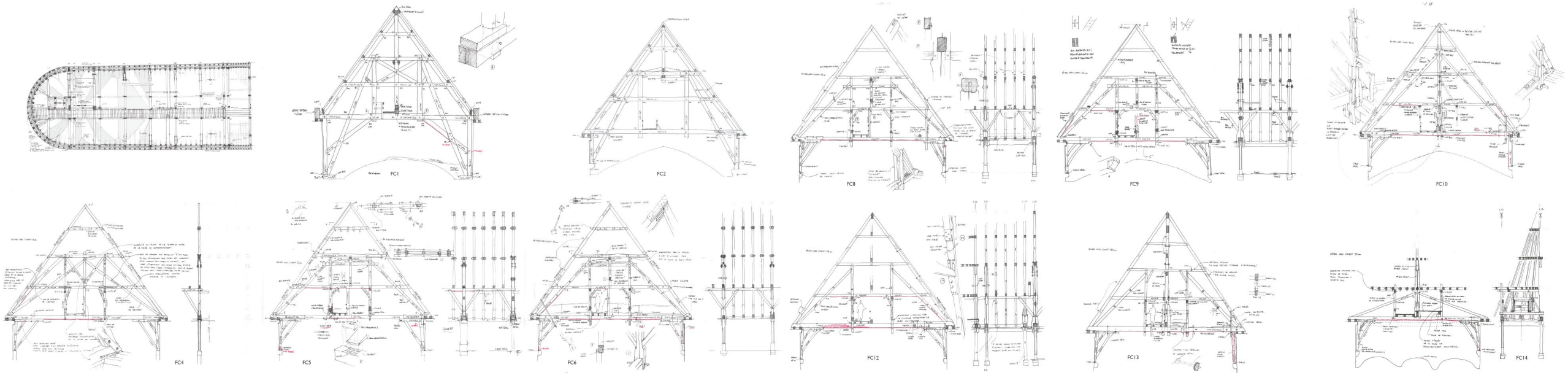
Plans, coupes, etc.

Numérisation massive des archives

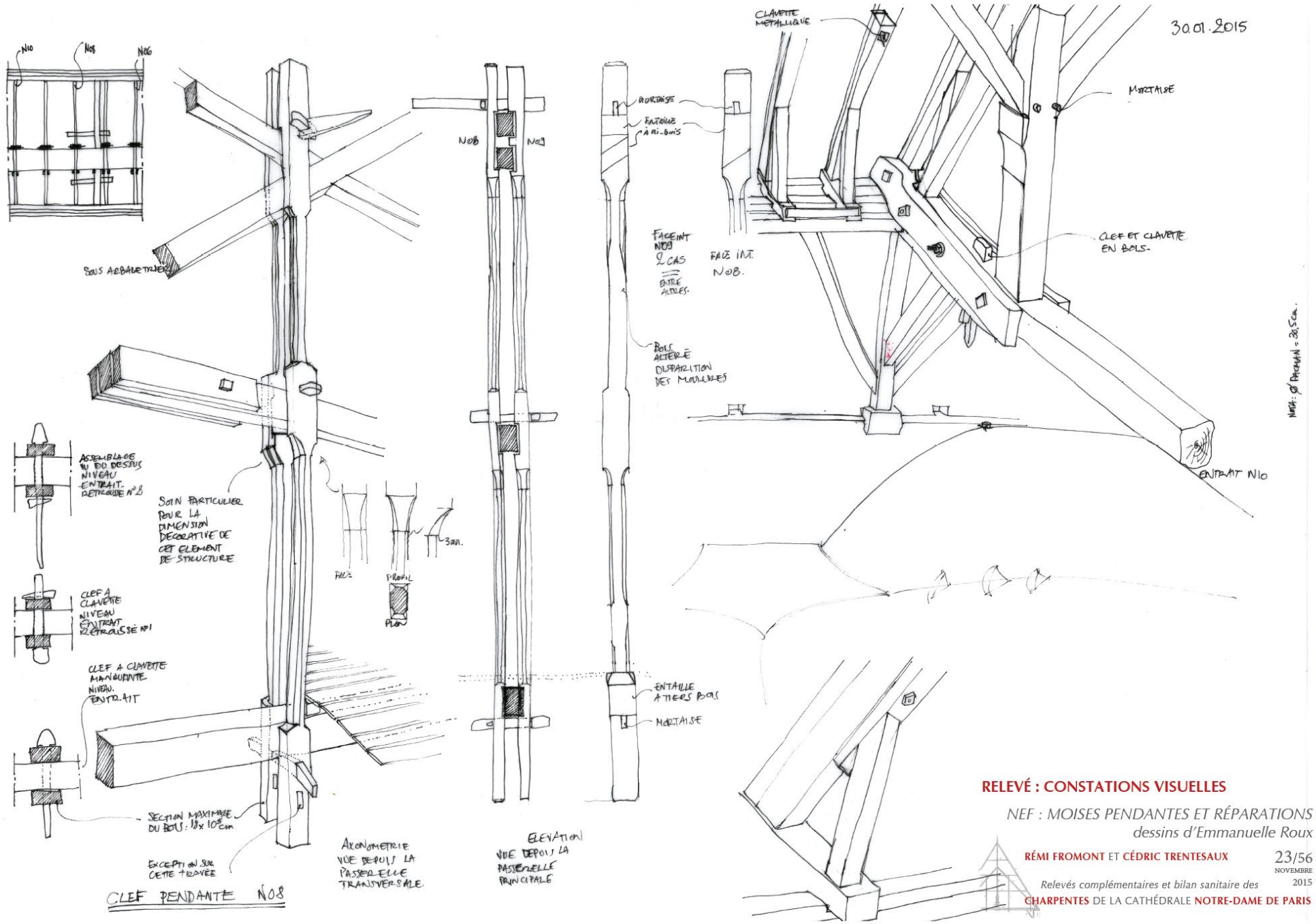
- Récolement des fonds existants
- Observations visuelles des charpentes de la nef et du chœur



Conditions d'observation. Relevés complémentaires des charpentes médiévales de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Rémi Fromont et Cédric Trentesaux



Coupes transversales (extrait). Relevés complémentaires des charpentes médiévales de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Rémi Fromont et Cédric Trentesaux



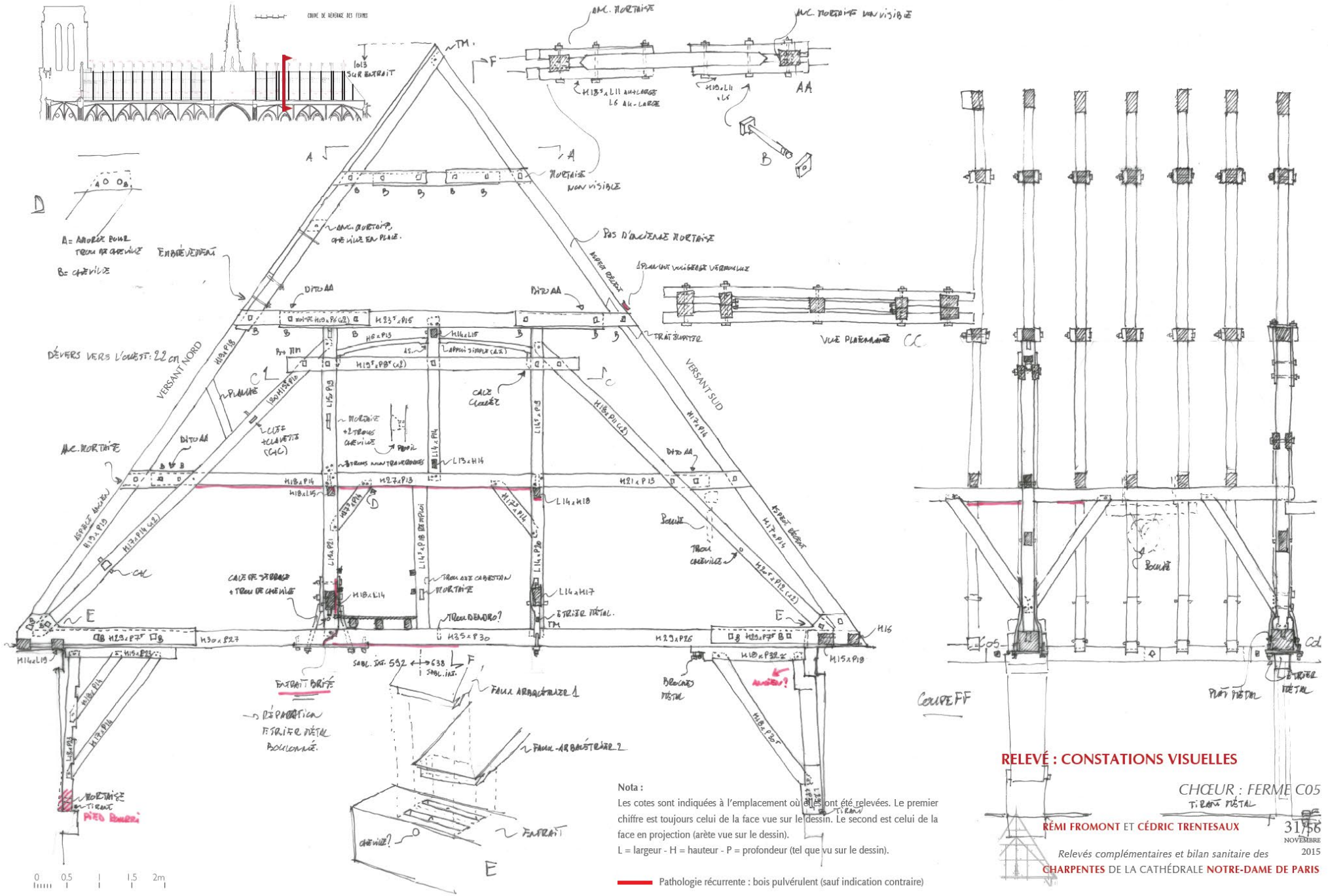
RELEVÉ : CONSTATIONS VISUELLES

NEF : MOISES PENDANTES ET RÉPARATIONS
dessins d'Emmanuelle Roux

RÉMI FROMONT ET **CÉDRIC TRENTESAUX**

NOVEMBRE 2015

Relevés complémentaires et bilan sanitaire des
CHARPENTES DE LA CATHÉDRALE **NOTRE-DAME DE PARIS**



Nota :
Les cotes sont indiquées à l'emplacement où elles ont été relevées. Le premier chiffre est toujours celui de la face vue sur le dessin. Le second est celui de la face en projection (arête vue sur le dessin).
L = largeur - H = hauteur - P = profondeur (tel que vu sur le dessin).

Pathologie récurrente : bois pulvérulent (sauf indication contraire)

RELEVÉ : CONSTATIONS VISUELLES

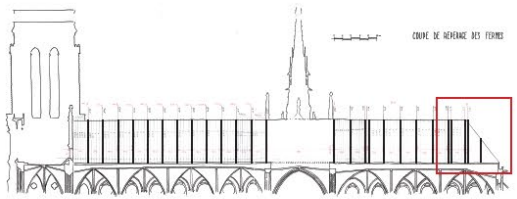
CHŒUR : FERME C05

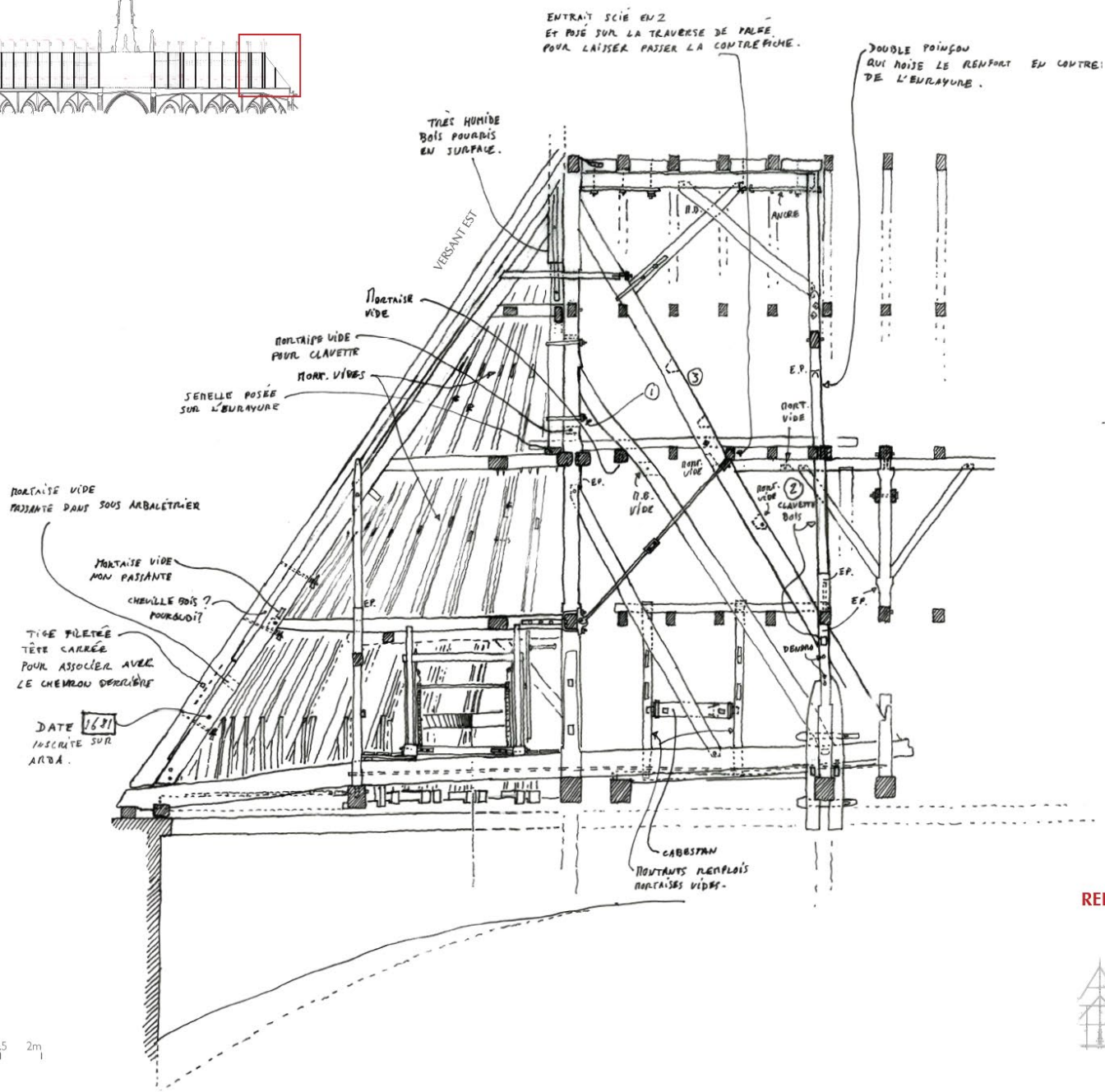
RÉMI FROMONT ET CÉDRIC TRENTESAUX

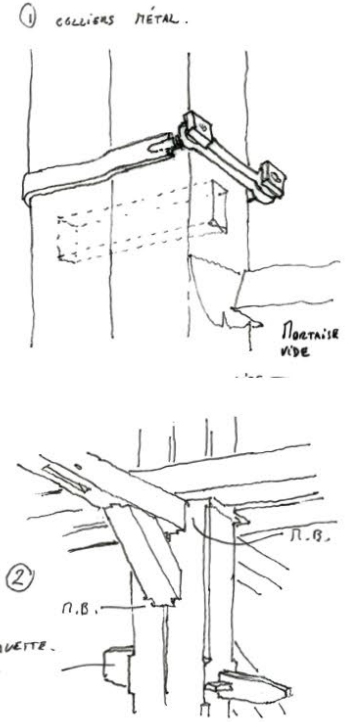
31/56

NOVEMBRE 2015

Relevés complémentaires et bilan sanitaire des
CHARPENTES DE LA CATHÉDRALE NOTRE-DAME DE PARIS







0 0,5 1 1,5 2m

RELEVÉ : CONSTATIONS VISUELLES

CHŒUR : DEMIE-FERME DE CROUPE

RÉMI FROMONT ET **CÉDRIC TRENTESAUX**

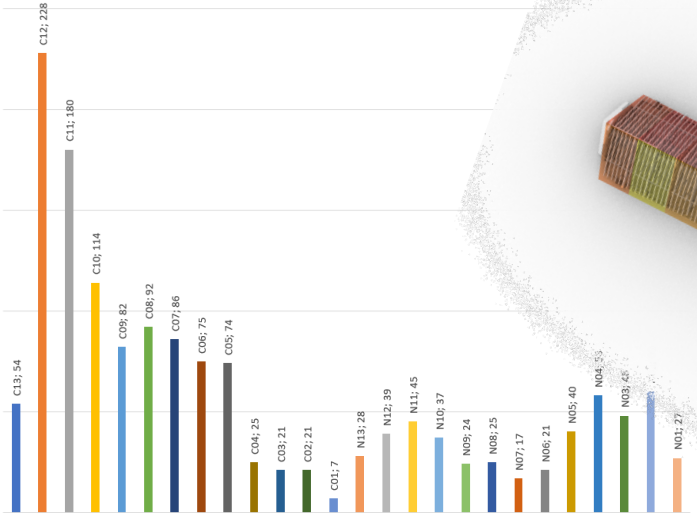
Relevés complémentaires et bilan sanitaire des
CHARPENTES DE LA CATHÉDRALE **NOTRE-DAME DE PARIS**

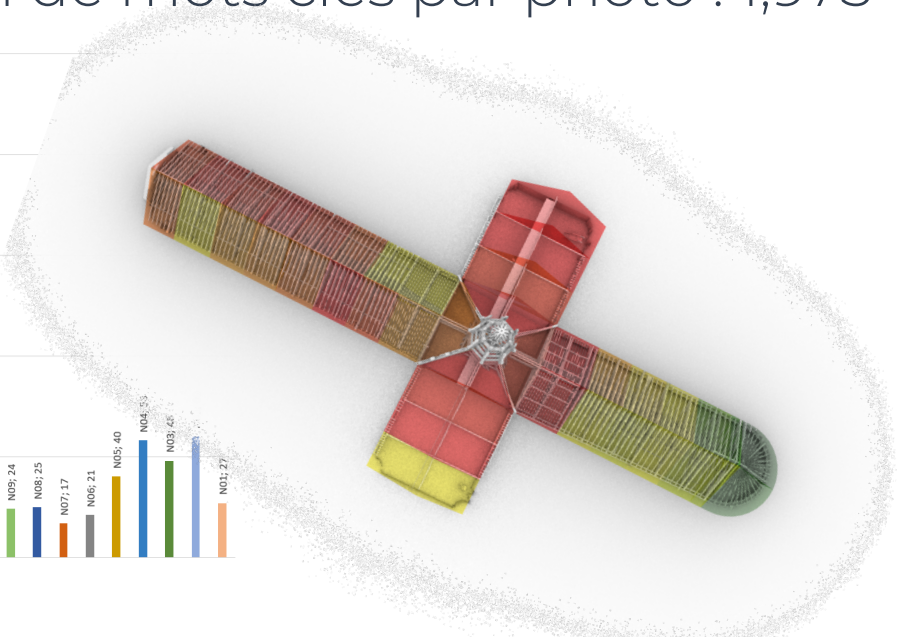
omont et Cédric Trentesaux

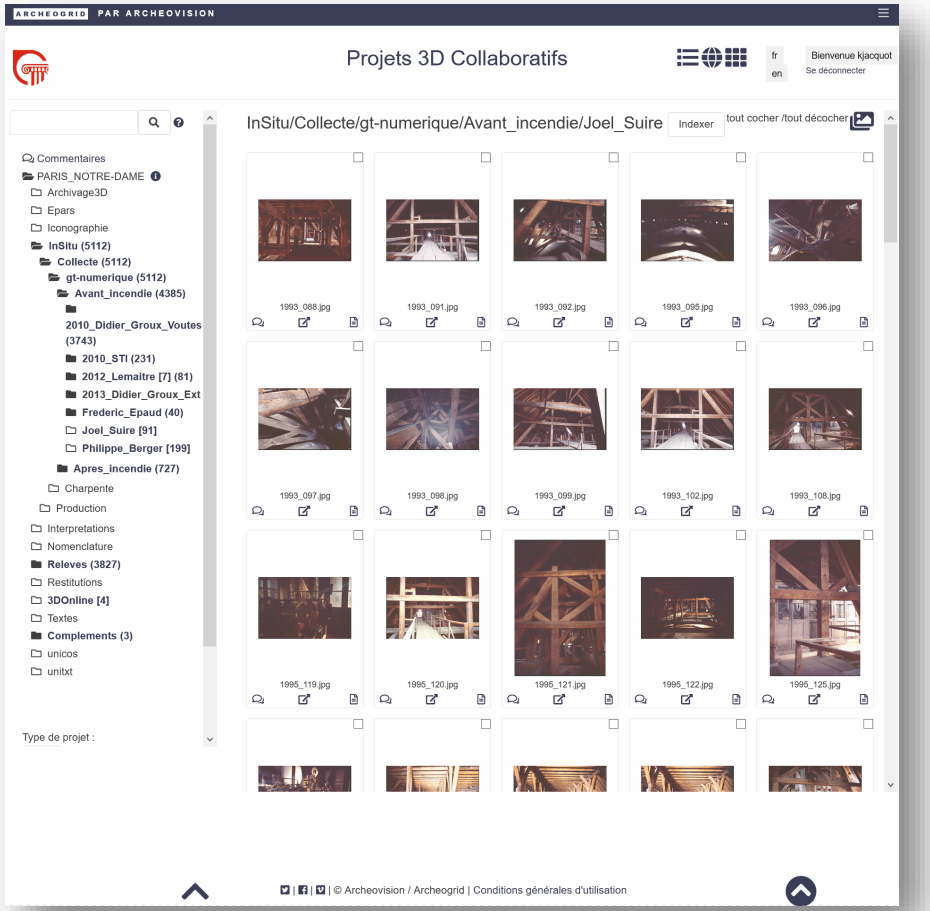
PHOTOGRAPHIES

~ 3500 photos indexées :

- Nombre de mots clés uniques : 76
- Nombre total de mots clés : 7006
- Nombre moyen de mots clés par photo : 1,973



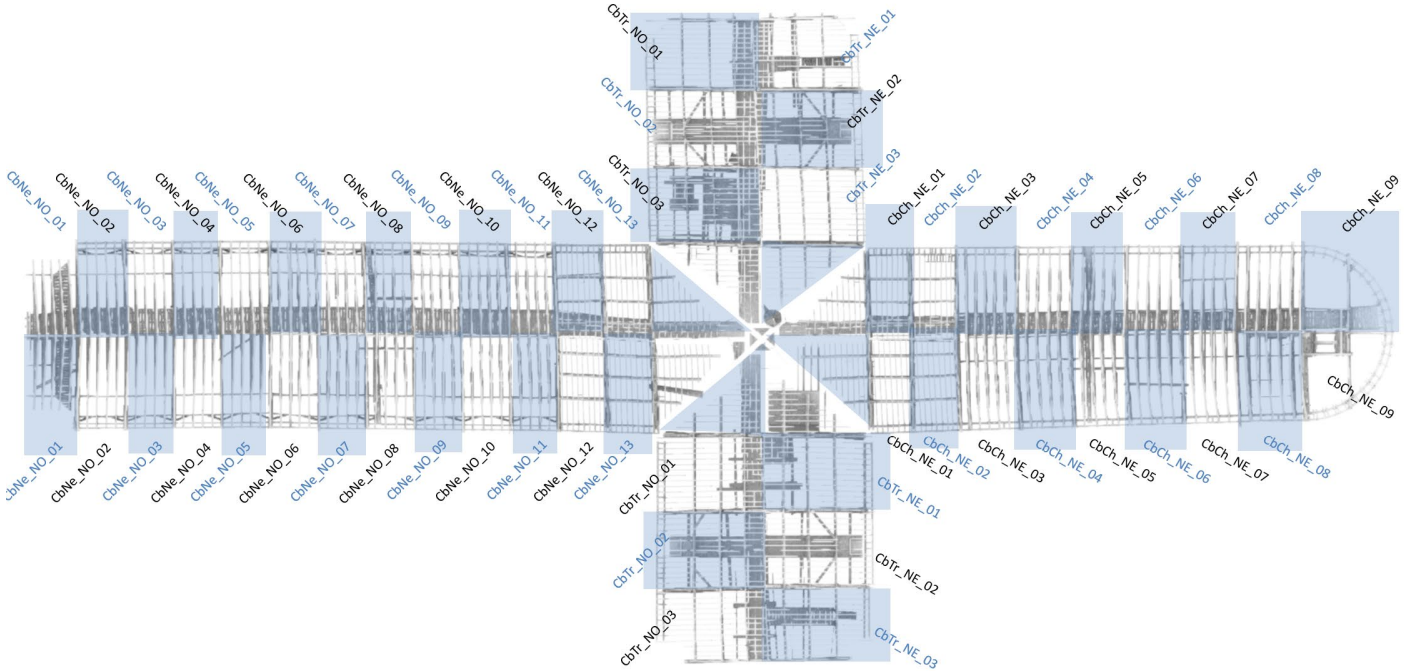


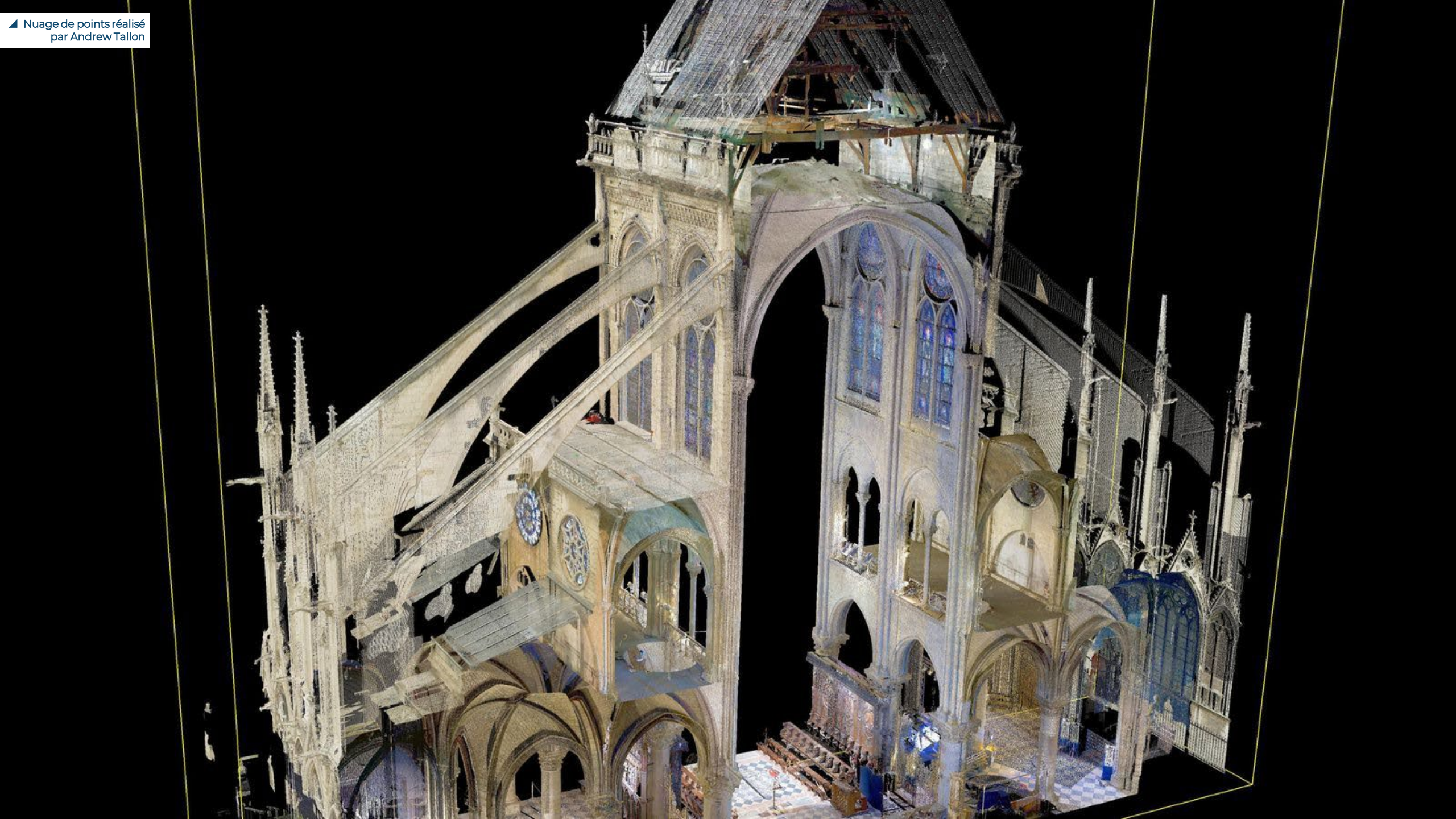


▲ HumaNum - Archeogrid
https://www.archeogrid.fr/project/5535/

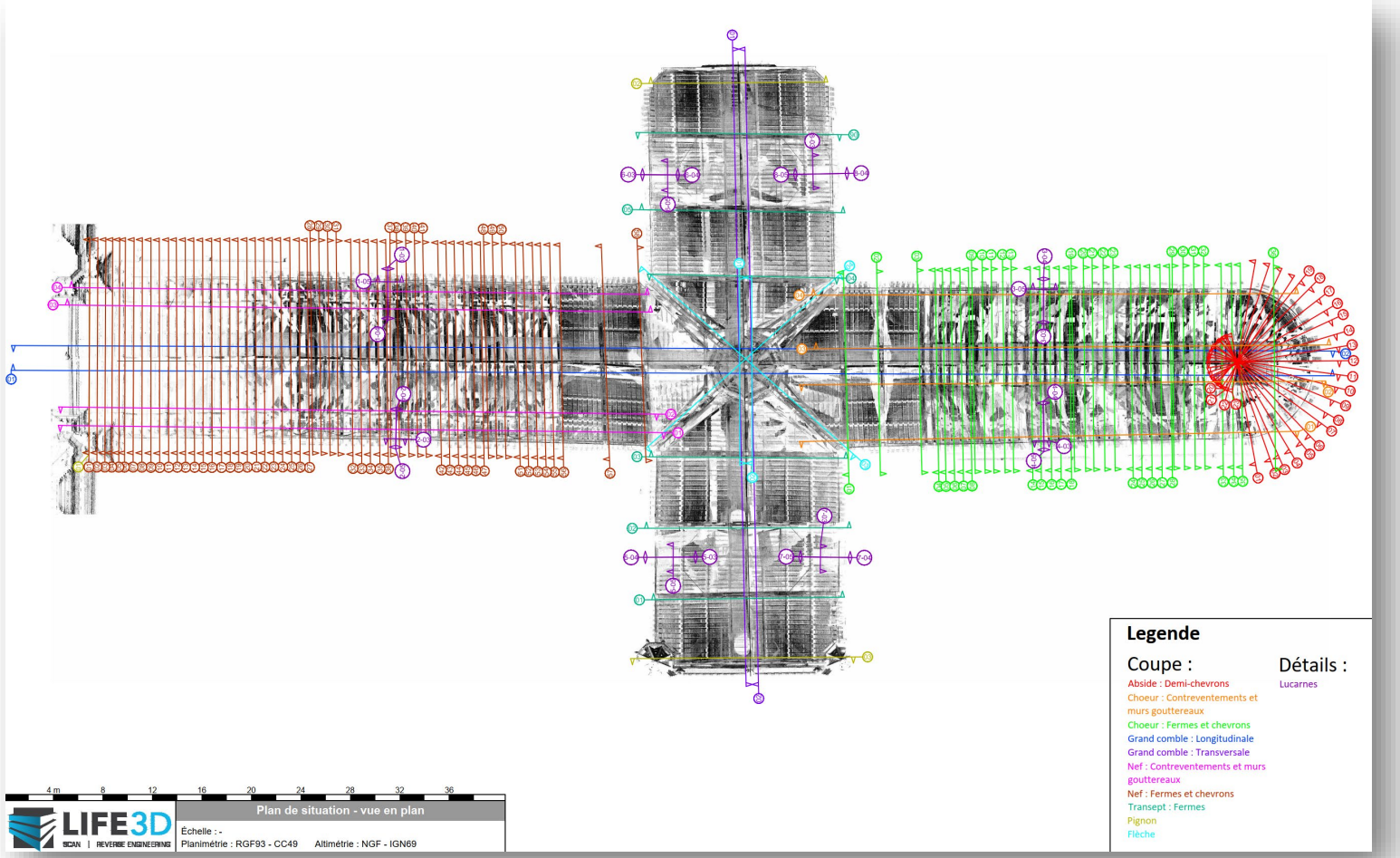
C13, CB04, Est, Levage, Premier faux-entrait, Sud
DSC_0374.JPG. Philippe Berger

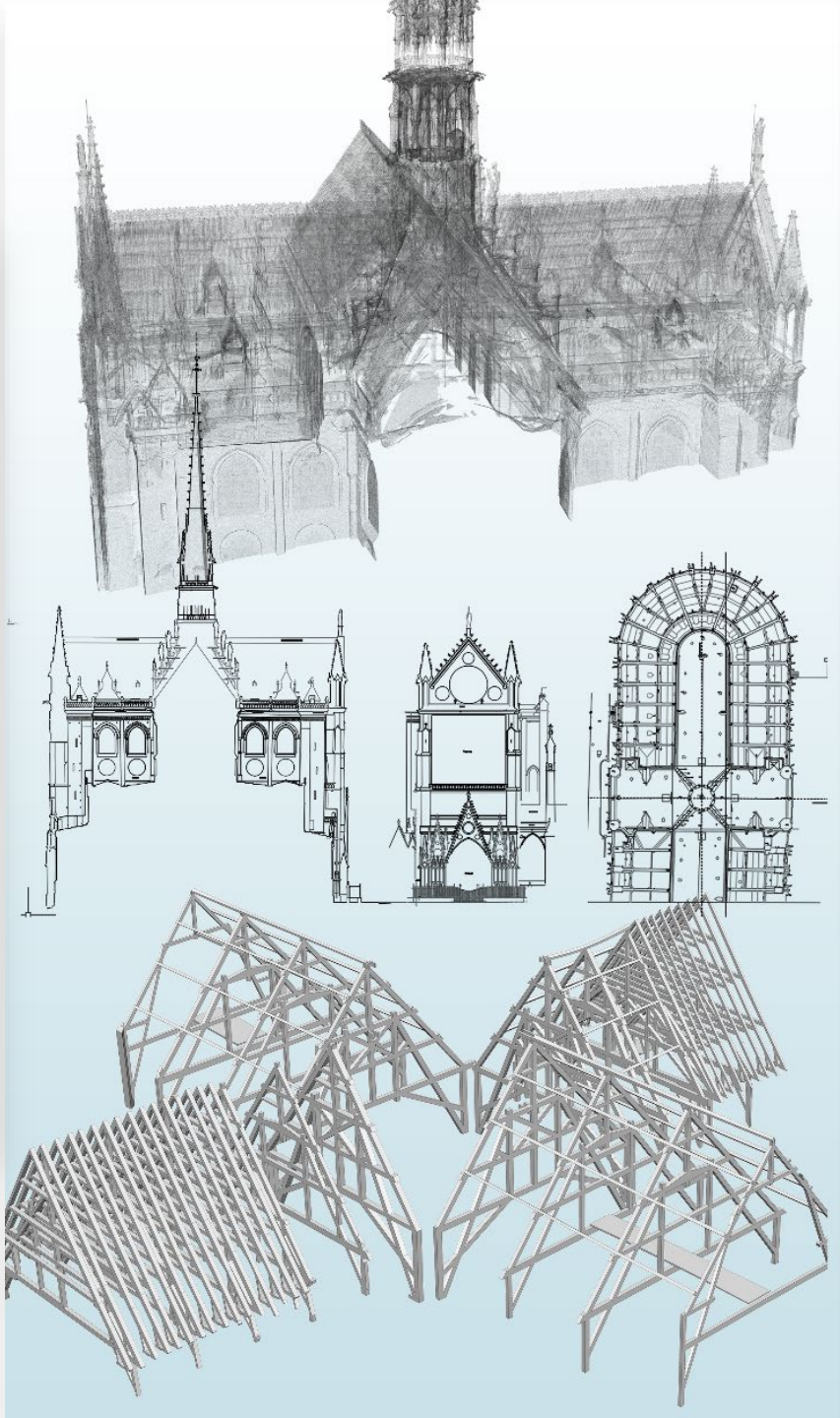
CB39, Levage, N08, N09, Nord, Premier faux-entrait
DSC_9344.JPG. Didier Groux





Nuage de points réalisé par Andrew Tallon





Plans et modélisations 3D Notre-Dame de Paris. GEA et Life3D pour Europe Échafaudage

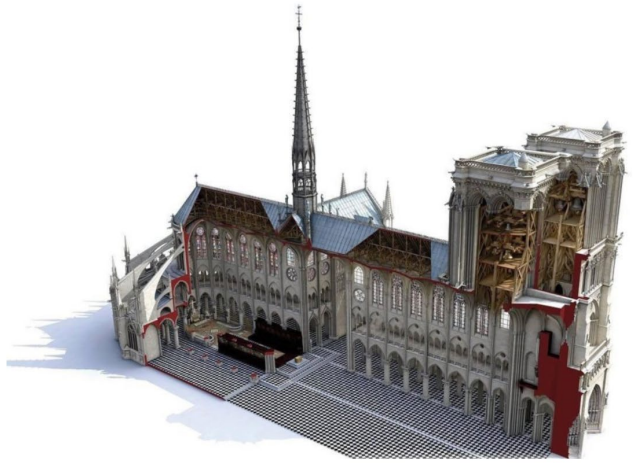
https://www.life3d.fr/plans-modelisations-3d-dame-de-paris/

l'Action l'Écho

Actu › Centre-Val de Loire › Eure-et-Loir › Nogent-le-Rotrou

Notre Dame de Paris : ils vont donner des images 3D pour sa reconstruction

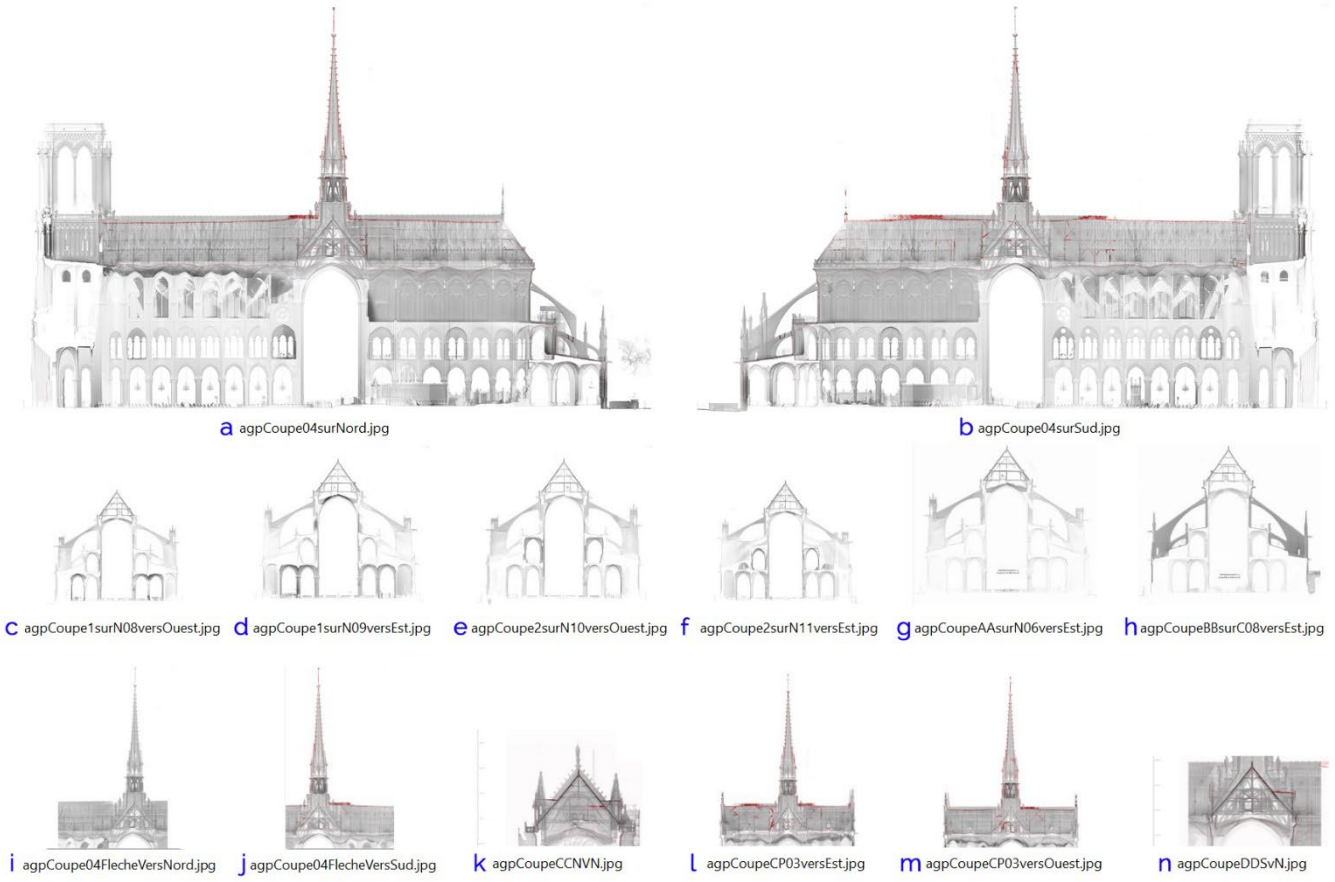
Art Graphique et Patrimoine est intervenue dans la numérisation de Notre Dame à Paris, du Mont St-Michel et du Pont du Gard. Elle va faire don de fichiers pour sa reconstruction.

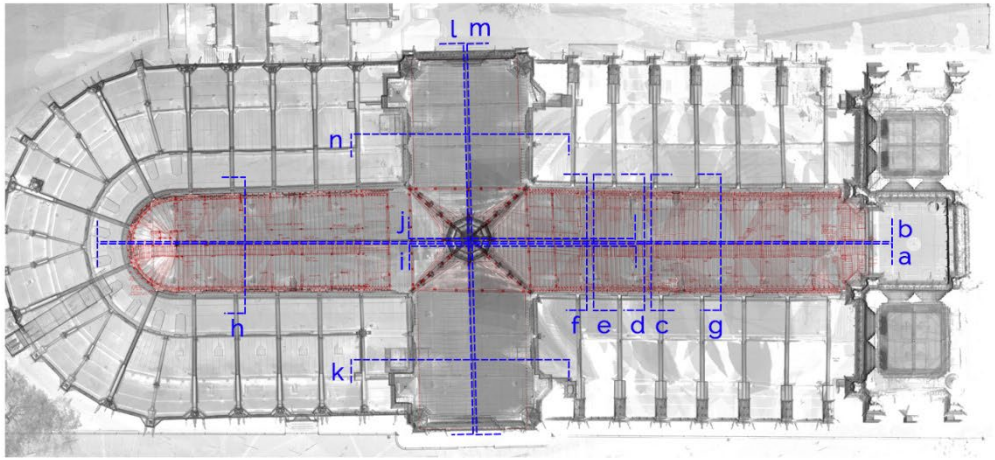


La cathédrale Notre Dame de Paris avait été numérisée entre 2010 et2014 par la société AGP (© Crédit photo Art Graphique & Patrimoine)

Par Gwenaël Pocard
Publié le 18 Avr 19 à 18:55

Charpente de Notre-Dame - Art Graphique & Patrimoine. Voyage dans le nuage de points
https://youtu.be/3PBYiDFdO0A





Coupes et nuage de points 3D es charpentes de Notre-Dame de Paris.
Art Graphique et Patrimoine

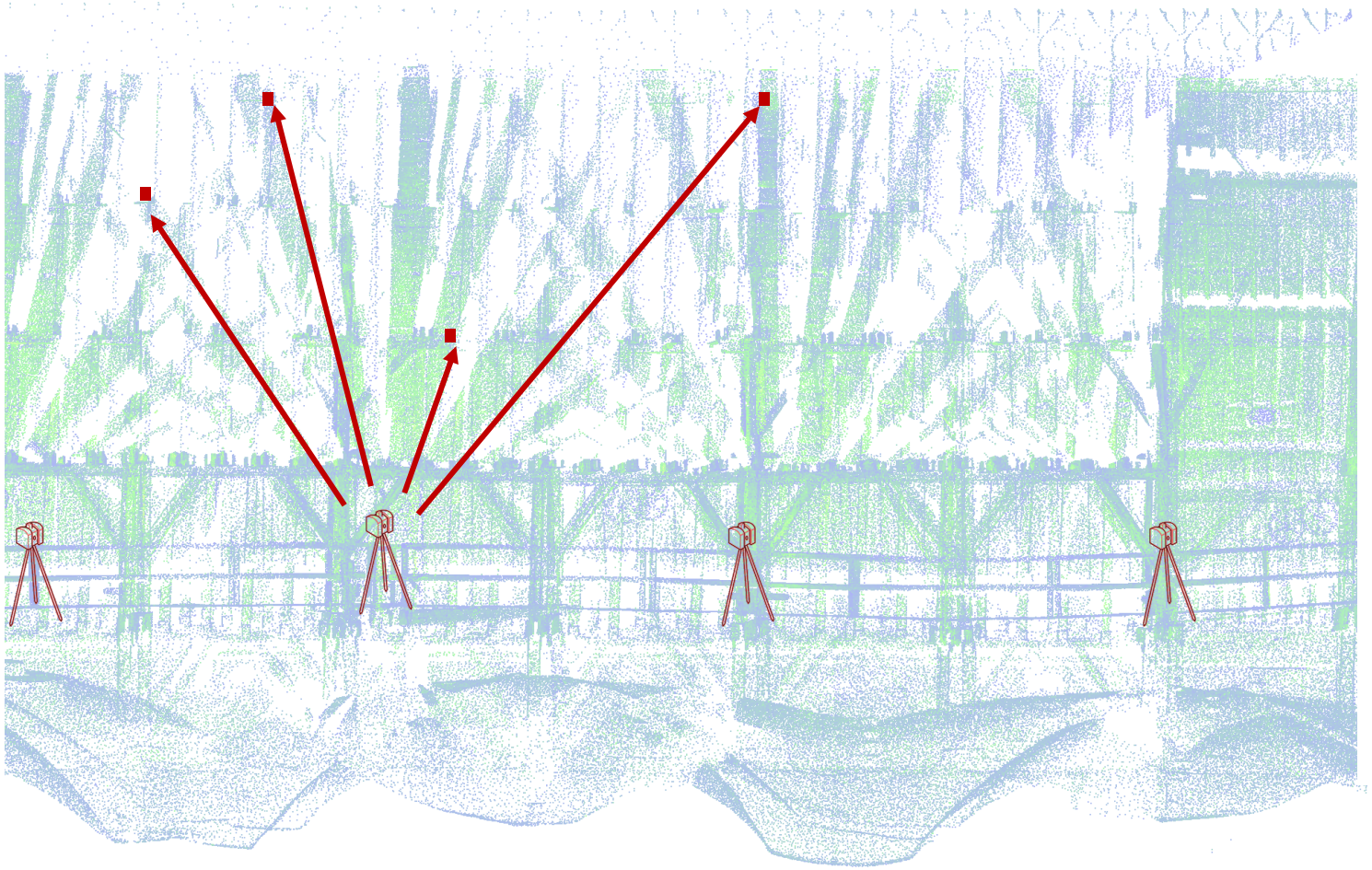
Nuage de points des extrados après incendie par photogrammétrie.
Art Graphique et Patrimoine

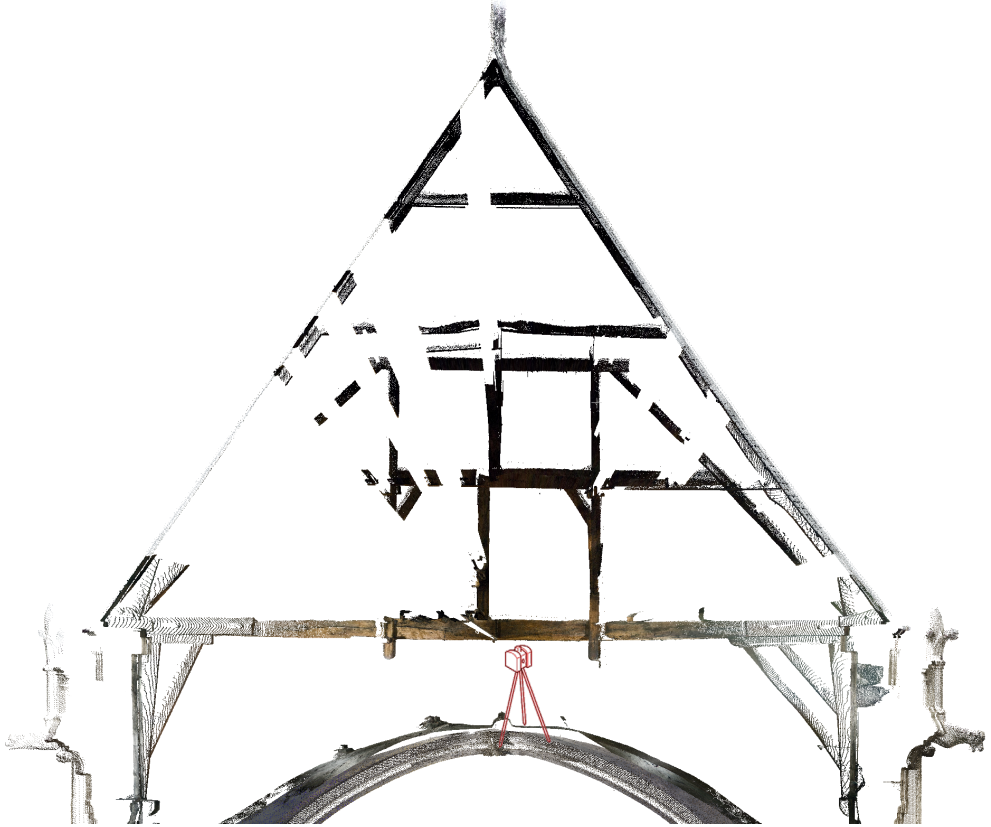
Acquisition photographique par cable-cam
Collecte de photographies dans le cadre d'une numérisation par photogrammétrie
© UMR MAP 3495

Nuage de points des extrados
Vestiges de la charpente sur les extrados de Notre-Dame de Paris, 11/03/2020. © UMR MAP 3495

DE L'INTÉRÊT DES NUAGES DE POINTS

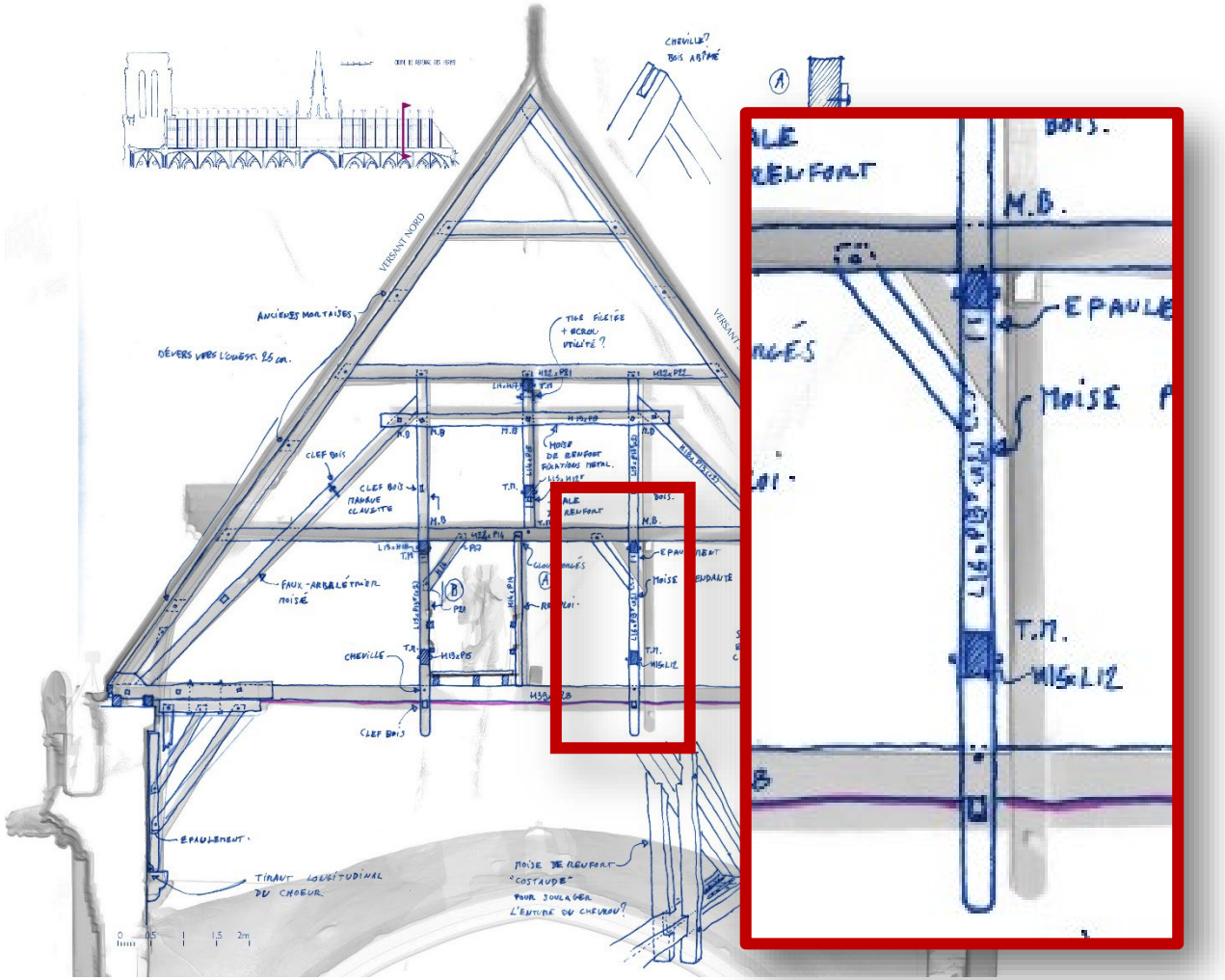
Exhaustivité ?

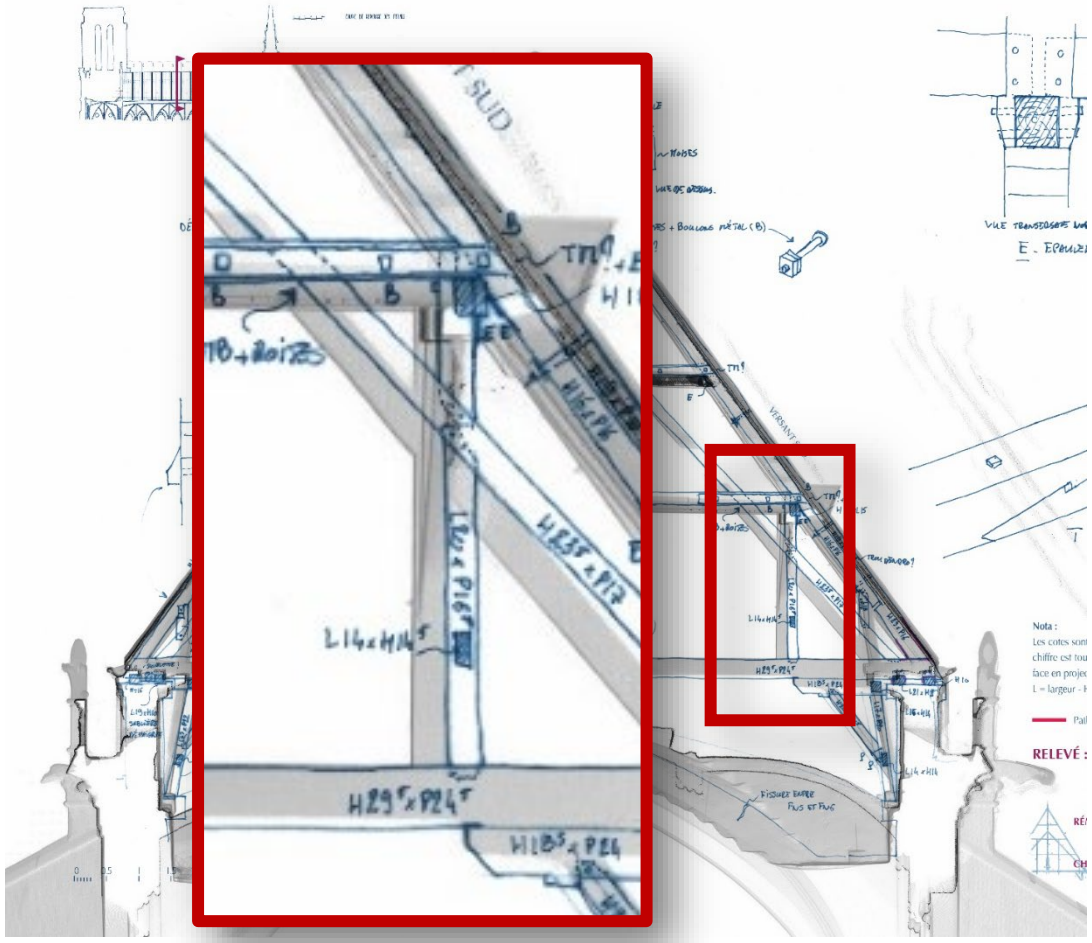




DE L'INTÉRÊT DES NUAGES DE POINTS

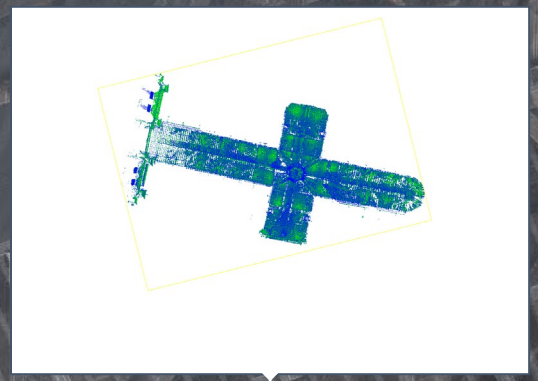
Interprétation ?

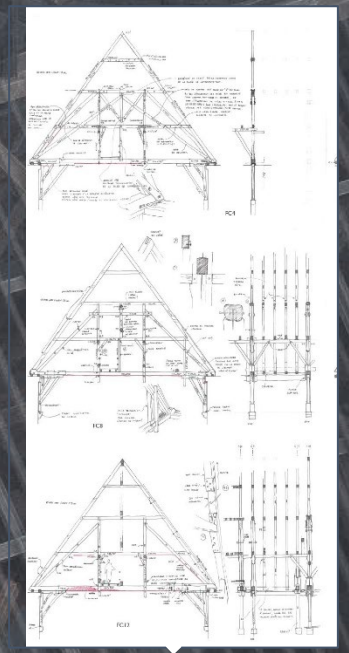


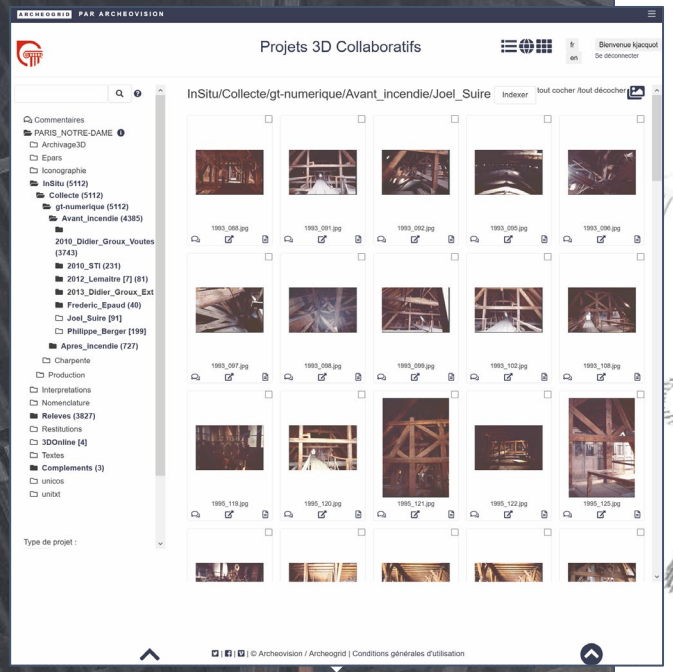


BILAN DE LA RESTITUTION DES CHARPENTES

Méthodologie actuelle







Nuages de points

Ortho images

Maillages

Relevés « Chaillot »

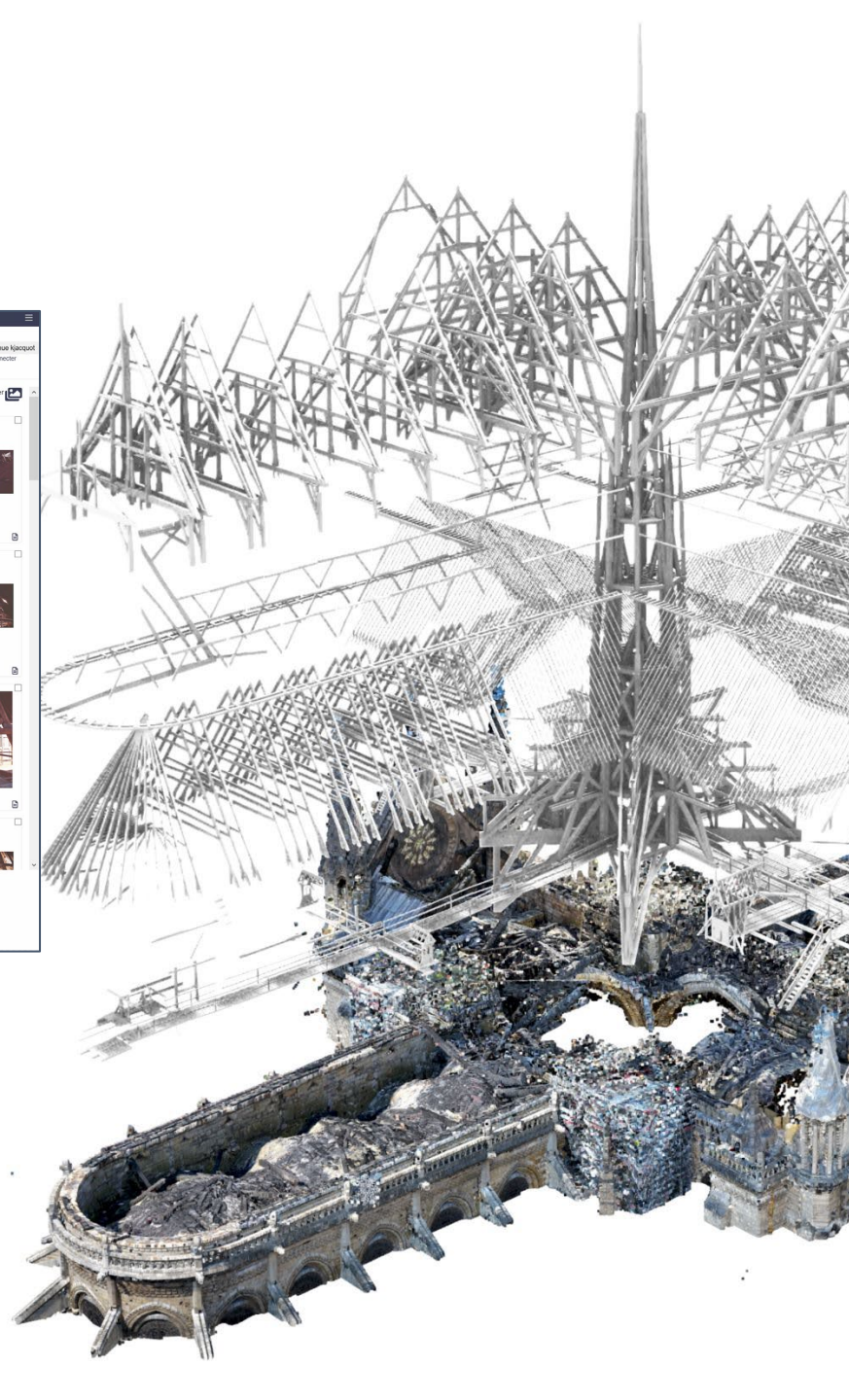
Photos

Indexation

Spatialisation 3D

Modélisation 3D

Restitution 3D V1

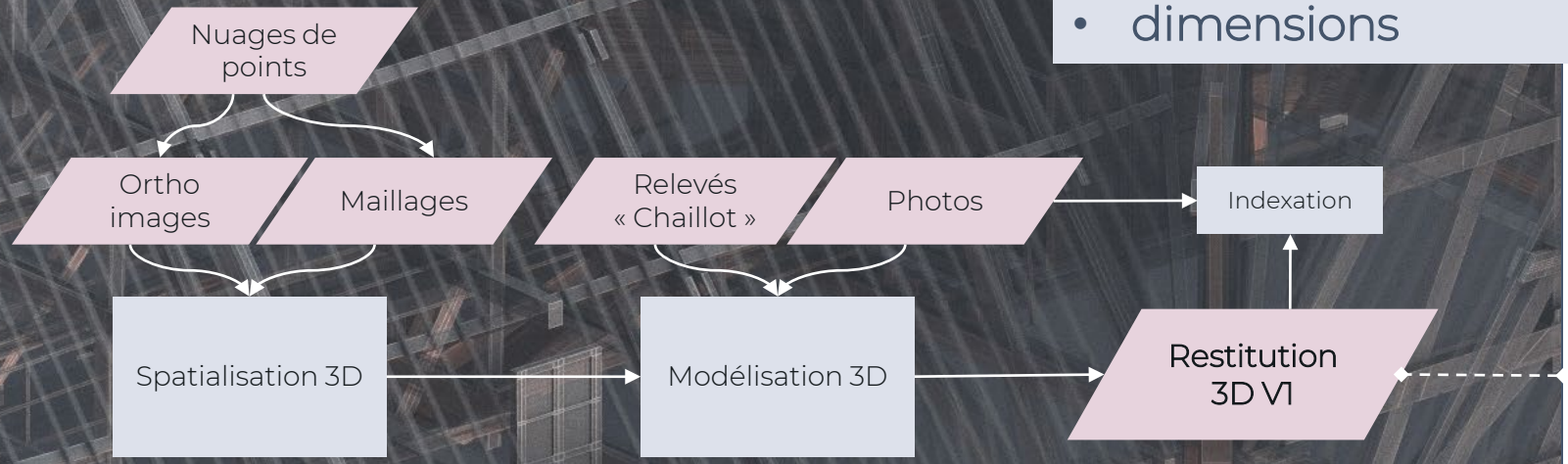


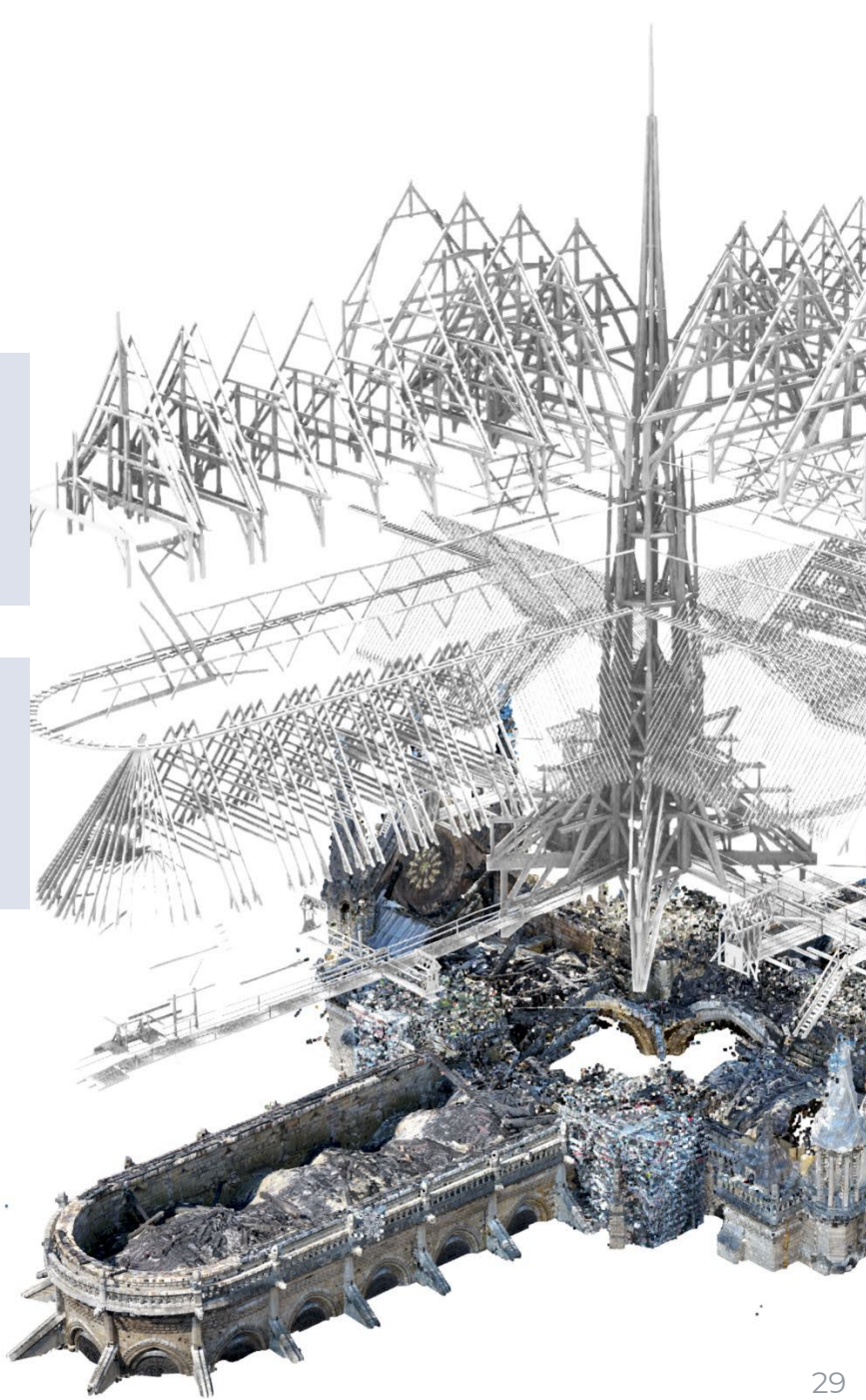
BILAN DE LA RESTITUTION DES CHARPENTES

Méthodologie actuelle

Structure du modèle
- Nomenclature
- Hiérarchique
- > 6000 éléments

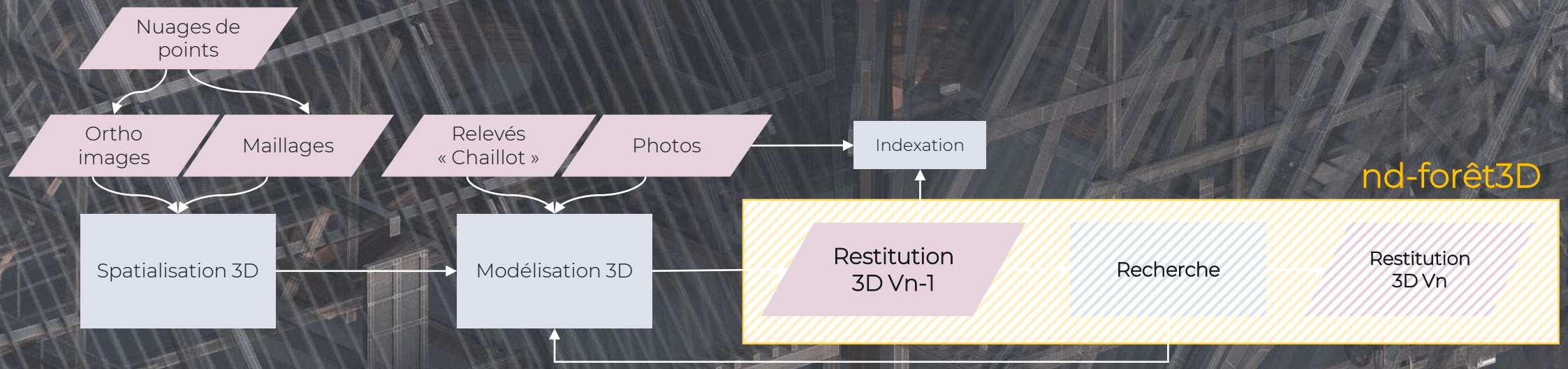
Charpente et bois
- poids
- quantité
- dimensions





PERSPECTIVES D'ANNOTATION COLLABORATIVE

nd-forêt3D, environnement de visualisation 3D de la forêt de Notre-Dame de Paris



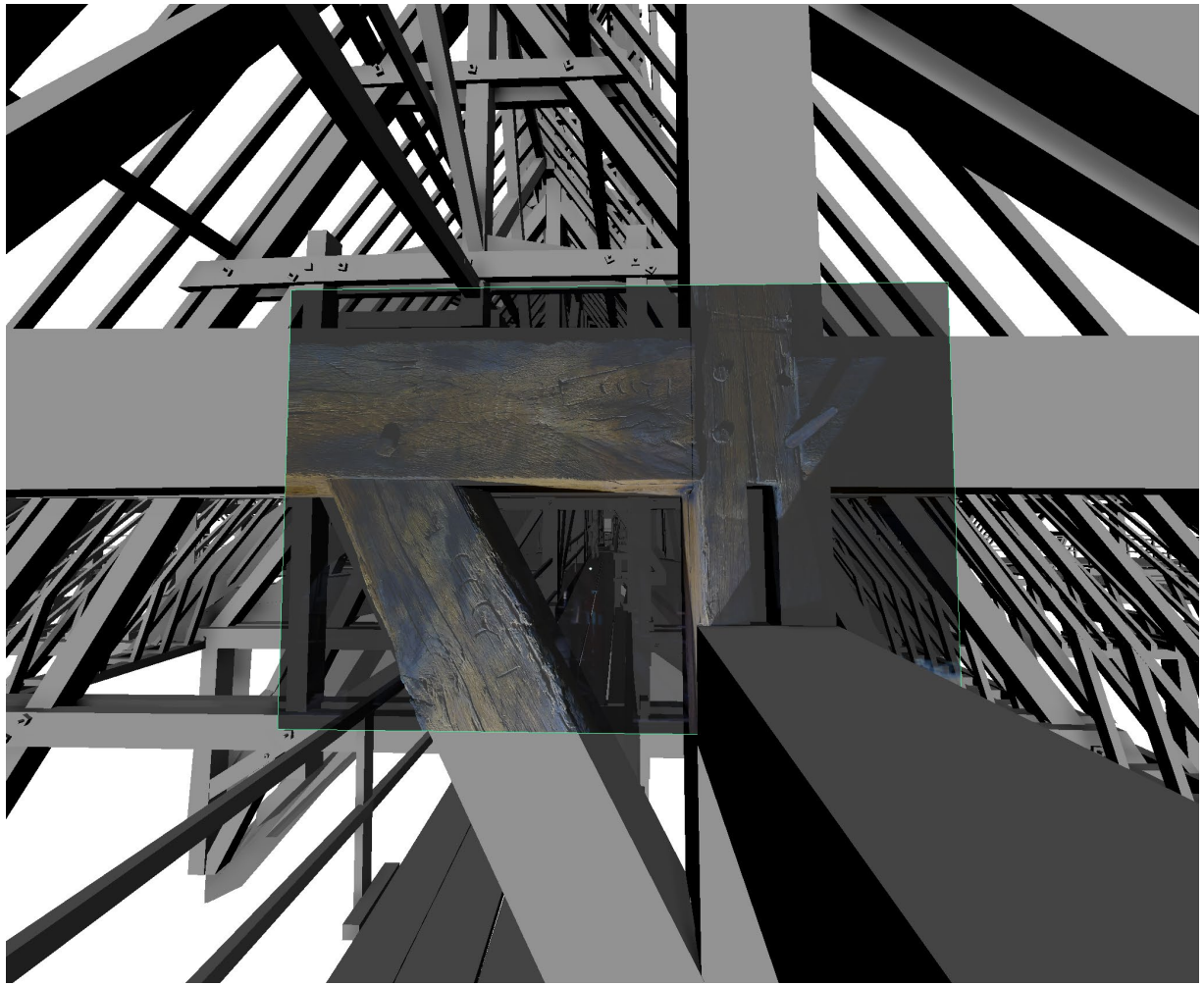
PERSPECTIVES D'ANNOTATION COLLABORATIVE

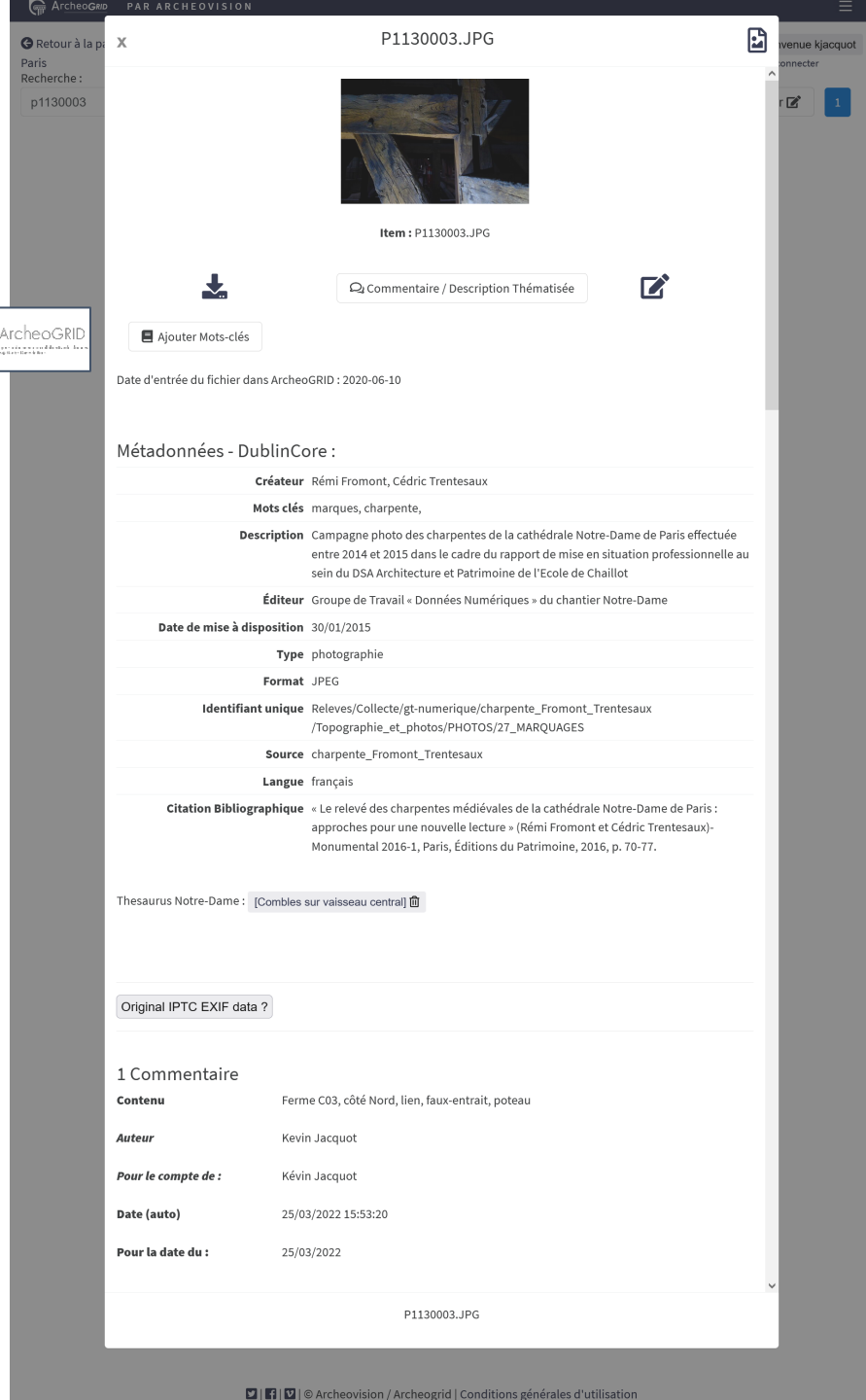
nd-forêt3D, environnement de visualisation 3D de la forêt de Notre-Dame de Paris

Expérimentation dans l'environnement de modélisation

Spatialisation
- bois,
- marquages,
- prélèvements,
- iconographie,
- etc.

Visualisation des données expérimentales
- poids,
- datation,
- dimensions,
- etc.





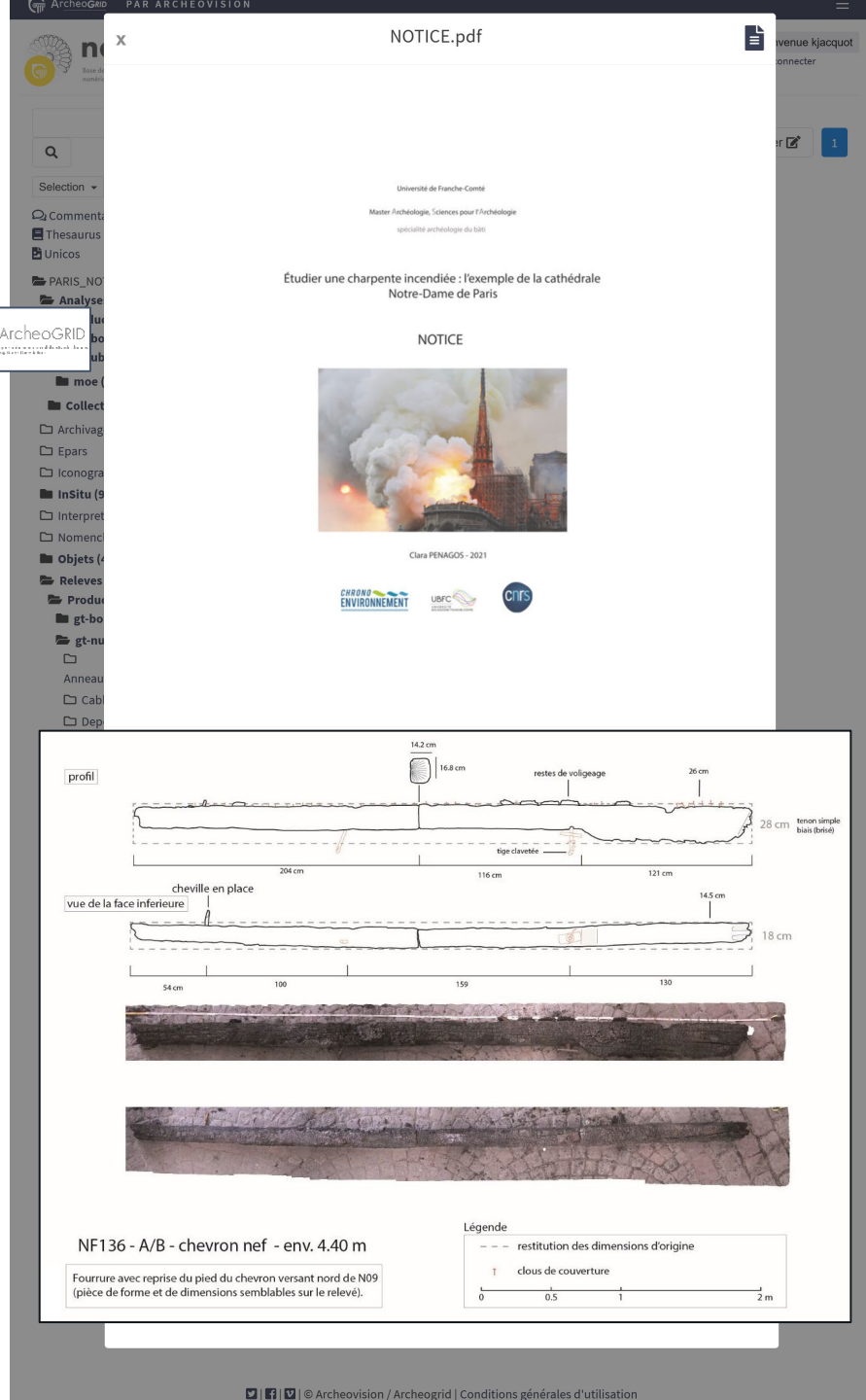
PERSPECTIVES D'ANNOTATION COLLABORATIVE

nd-forêt3D, environnement de visualisation 3D de la forêt de Notre-Dame de Paris

Expérimentation dans l'environnement de modélisation

Spatialisation
- bois,
- marquages,
- prélèvements,
- iconographie,
- etc.

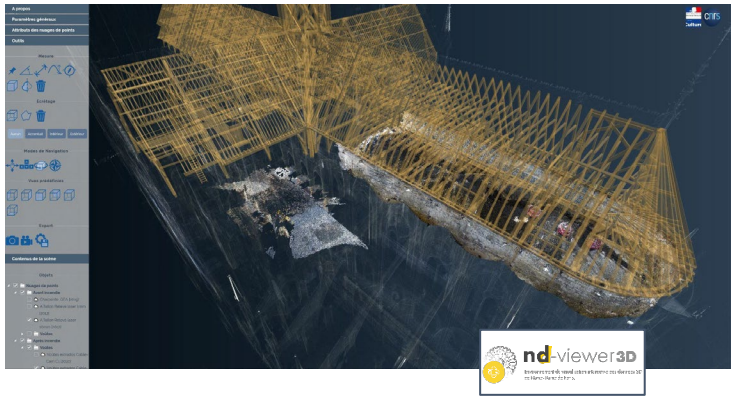
Visualisation des données expérimentales
- poids,
- datation,
- dimensions,
- etc.

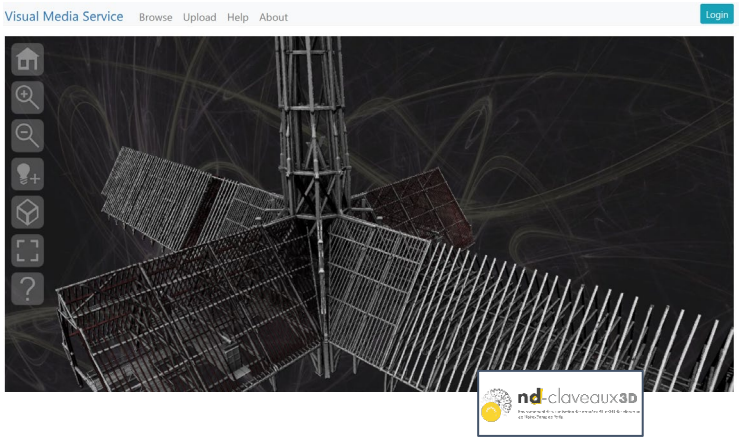


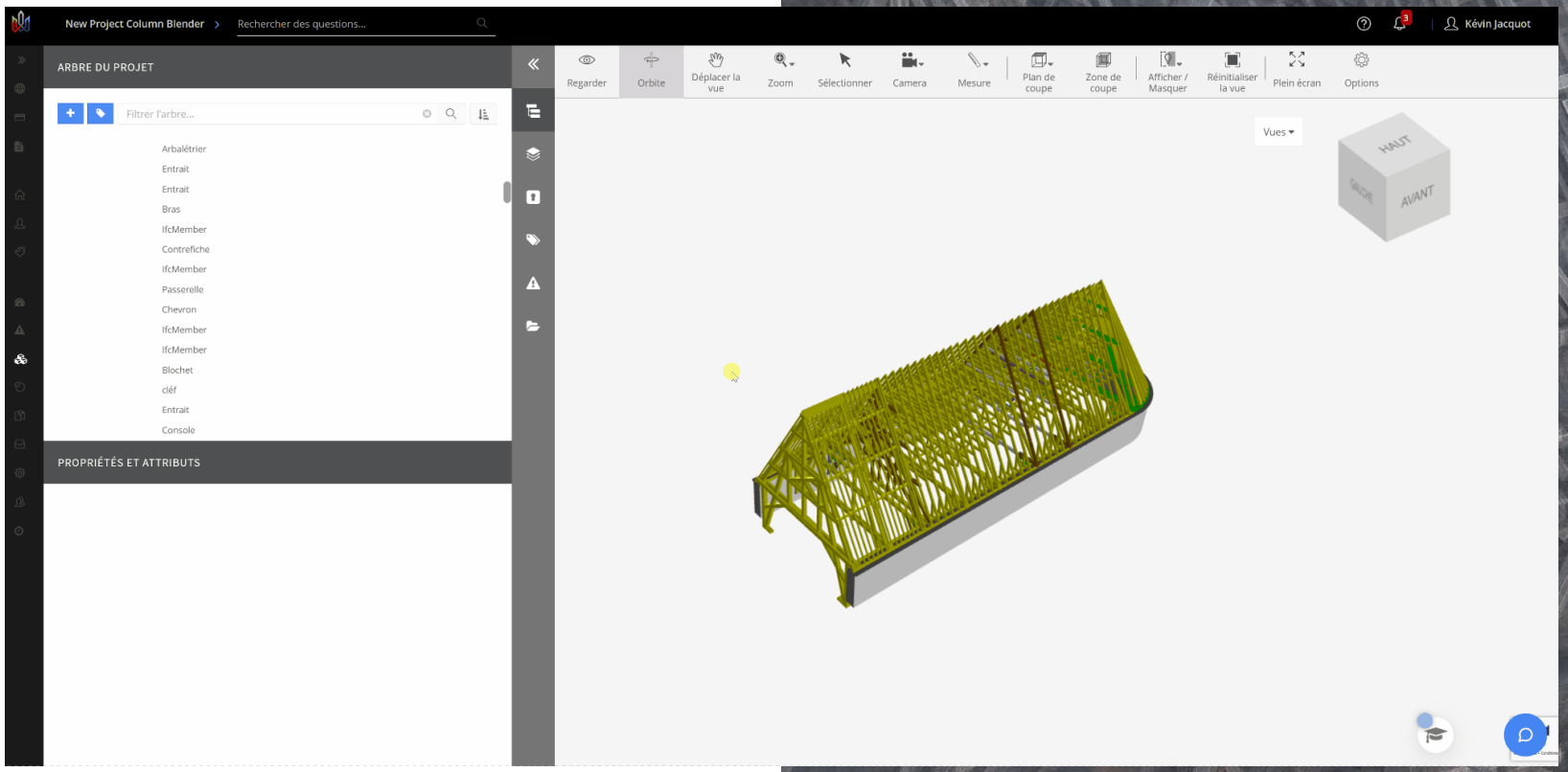
PERSPECTIVES D'ANNOTATION COLLABORATIVE

nd-forêt3D, environnement de visualisation 3D de la forêt de Notre-Dame de Paris

Expérimentation d'environnements de visualisation BIM



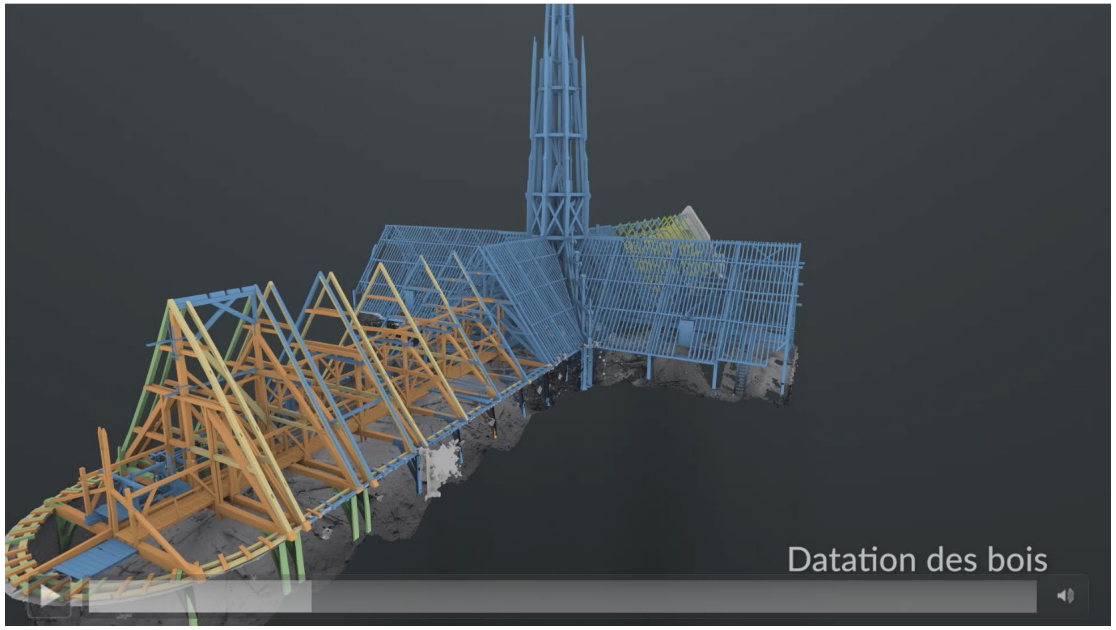




AUTRES EXPLOITATIONS

Restitution scientifique de la charpente

- Exploitation dans le cadre du chantier
  - ACMH
  - GT Bois, GT Structure
- Médiations
  - 23/09/2021 : Arta Sacra – vidéo *full dome* en réalité virtuelle
  - 18-19/09/2021 : JEP Lyon et Paris – vidéo 360 + appli réalité augmentée
  - 9-10-11/07/2021 : Pop'Sciences – vidéo en réalité virtuelle
- Autres
  - Film (Jean Jacques Annaud),
  - Reportages TV (TF1)
  - Documentaires (Des racines et des Ailes)
  - Expériences en réalité virtuelle (Immersive/Orange).



http://www.ndameheritage.map.cnrs.fr/