

Visualisation interactive de données multidimensionnelles

Violette Abergel, MAP – UPR 2002 CNRS

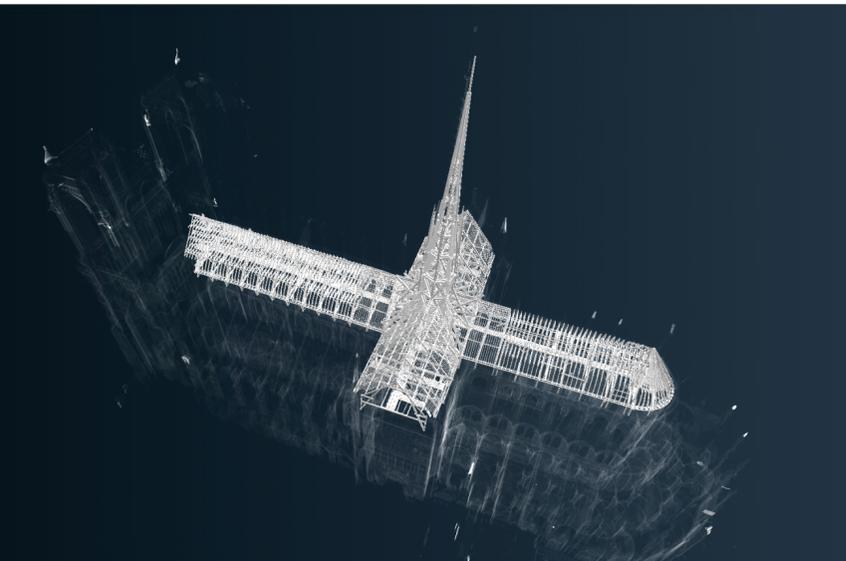


European
Research
Council

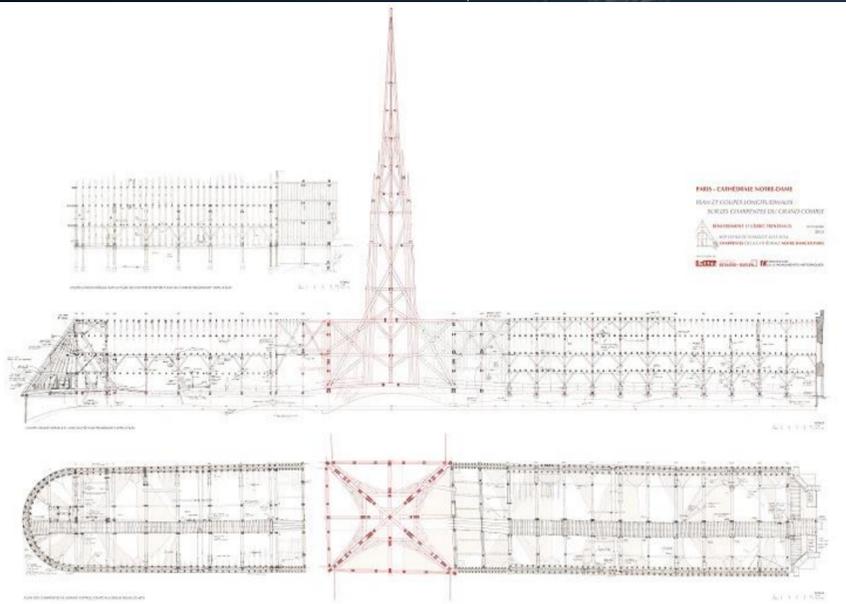
Une cathédrale de données numériques et connaissances pluridisciplinaires
Journées d'études du groupe de travail "données numériques" du chantier scientifique Notre-Dame de Paris
19 – 21 juin 2024, Campus CNRS Joseph Aiguier, Marseille

Un corpus de données (très) hétérogènes

Des données géométriques, visuelles, sémantiques...

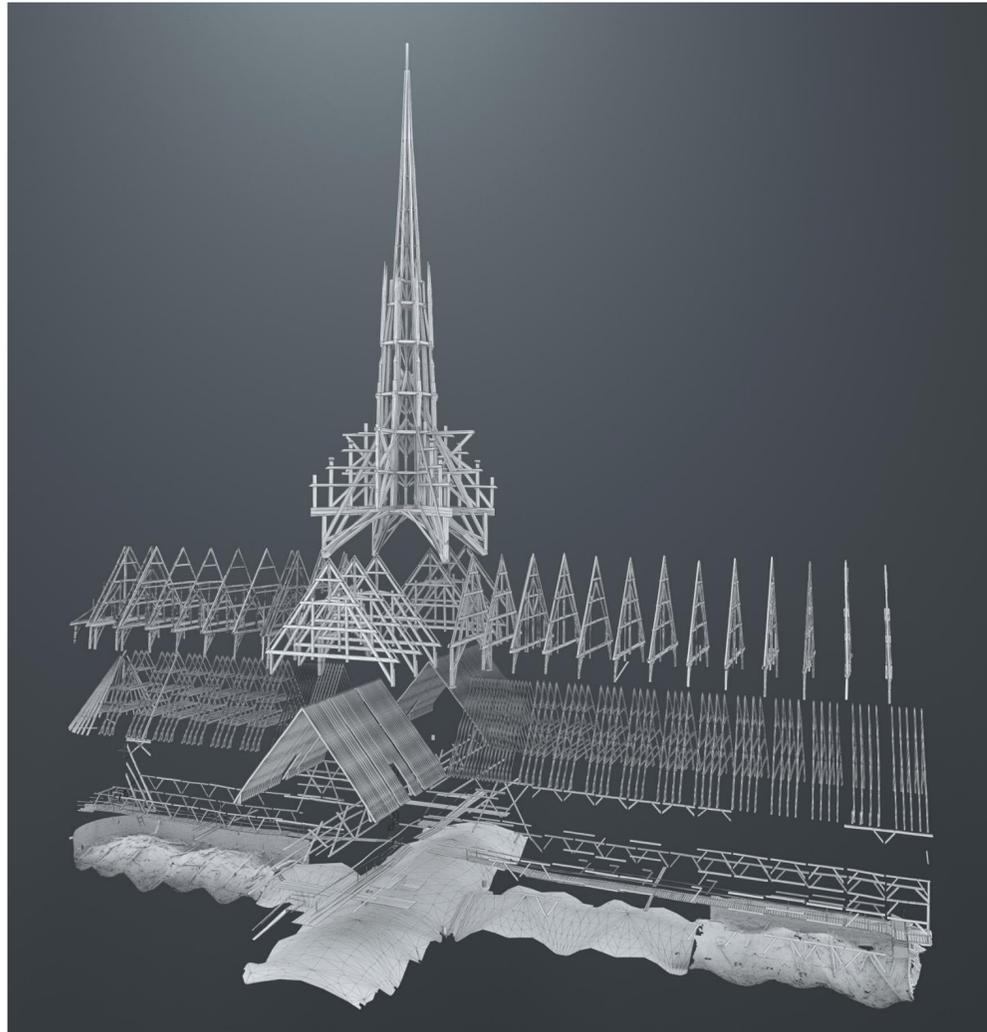


Date	Site	loc	ech	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pd
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A	3.73175600173595	20.0522371385753	253.113459635971	0.173840732338329	16.4533670683016	0.00953894524459313	0.02
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur nord	A100	0.285246868699523	2.9352796291889	176.599149647951	0.349172192660383	4.40469239661034	0.0131176648867035	0.01
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur nord	A106	0.014354366703802	14.9713246365892	141.43148995588	0.589508719183986	0.612665801255088		0
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A107	0.00112524956971011	15.1356417508063	142.255223434713	0.0868359092642043	0.197209799493735	0.0238213721770748	0.03
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A110	0.064306475997204	1.71053198104885	421.332334098242	0.0464839615527174	17.58727741575	0.00300332359626774	0.04
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A123	0.00242632731947457	8.1857170570377	362.06658883844	0.0892999171640967	5.88826226072777		0
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A124	0.00464069459999537	7.3795362885861	333.800621645647	0.0953151353661793	4.6971334222458	0.0123141071239442	0.03
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A127	3.04473063679206	21.0673818829969	279.930308618086	0.0936855052702849	20.6464857268757	0.00257705643372258	0.03
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A127 bis	2.99850842190291	20.6862146143177	297.105436609478	0.0617729451334721	20.3665089459316	0.00250620582985405	0.03
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A129	0.00689972348126231	16.844663203704	372.957210291524	0.24995511503047	6.47894867403952	0.410152550737171	0.06
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A130	0.00754743932407548	6.93467552646633	448.252677776798	0.41849200140927	8.45764107957757	0.00195649164196191	0.04
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A134	3.00166903332198	16.3336053532342	265.427620056587	0.01115655529967	23.7217482645264	0.00229064882877766	0.03
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A134 bis	2.98362398913485	16.3344060142876	263.812535640128	0.0719434519237943	24.2177625784077	0.00216615219357489	0.03
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A135	2.96842819256668	15.9132430869566	213.948819495449	0.00270808164346317	15.999761990386		0
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A136	3.60702048805579	19.104711278592	236.108301176287	37.8090668666009	14.4056278128446		0
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A136 bis	3.77623237935405	20.8294497204482	238.021784137913	0.112989898344053	13.5740665378861		0
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A139	3.34845204026234	18.0937215669691	288.286239862127	0.0687082540720803	12.0290117205225		0
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A139 bis	4.46680119437391	21.1653896140348	287.270989606038	0.184210337417172	20.8096927335232	0.00239788101081919	0.02
16/07/2020	0 Paris	agrafe tribunes chœur sud	A140	2.212684568235925	17.1084520096938	209.486421023205	0.092502782382142	12.5734874104954	0.040904201415842	0.01

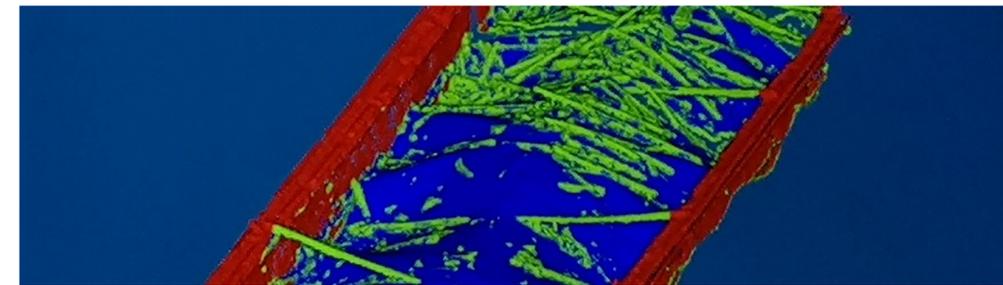


Un corpus de données (très) hétérogènes

Des données géométriques, visuelles, sémantiques... multi-temporelles, multi-thématiques, multi-disciplinaires, [...]



Restitution 3D de la charpente avant incendie © K. Jacquot



Relevés photogrammétriques successifs de l'extrados des voûtes par cable-cam © R. Saleri

t

Un corpus de données (très) hétérogènes

Des données géométriques, visuelles, sémantiques... multi-temporelles, multi-thématiques, multi-disciplinaires , [...]



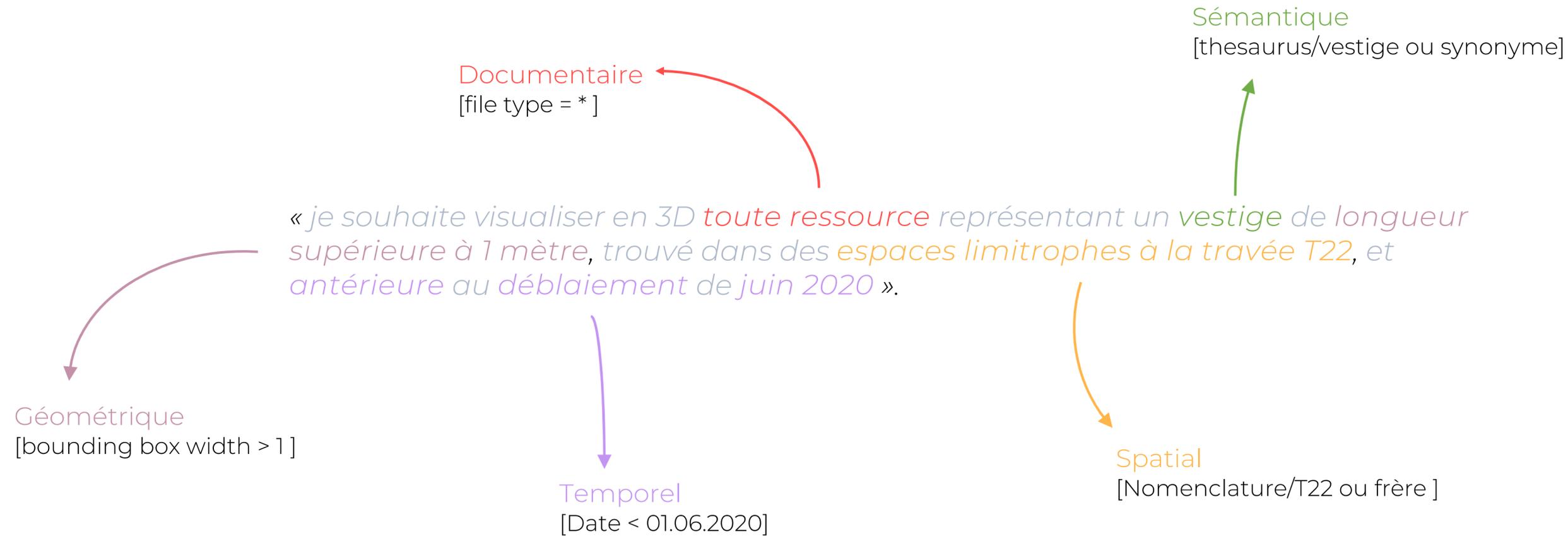
Annotations sémantiques provenant du diagnostic architectural des ACMH ©R. Roussel



Analyses du GT Métal relatives à l'agrafe CH01

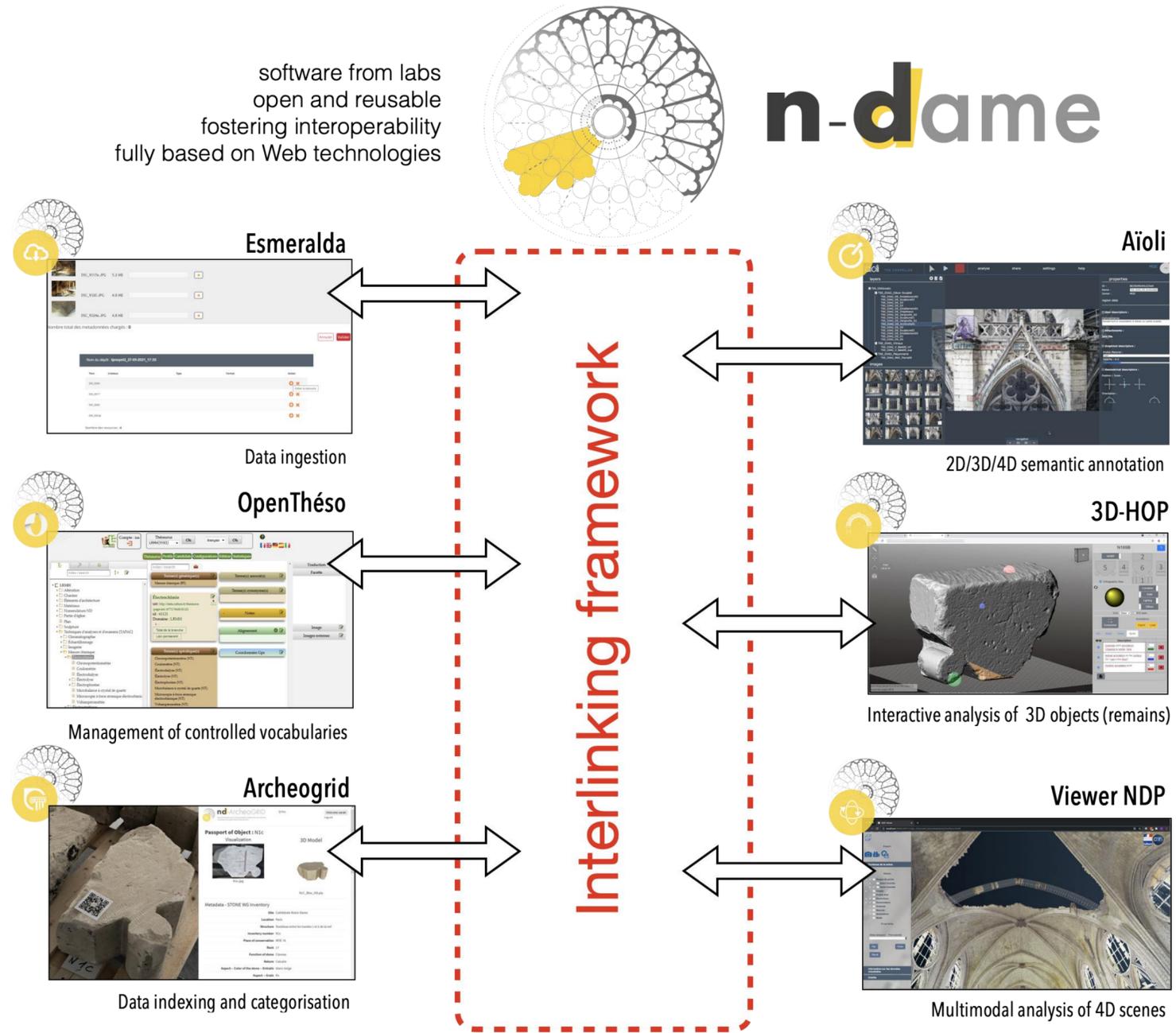
Des questions apparemment simples soulèvent des problèmes complexes !

Interroger un corpus de données multidimensionnelles



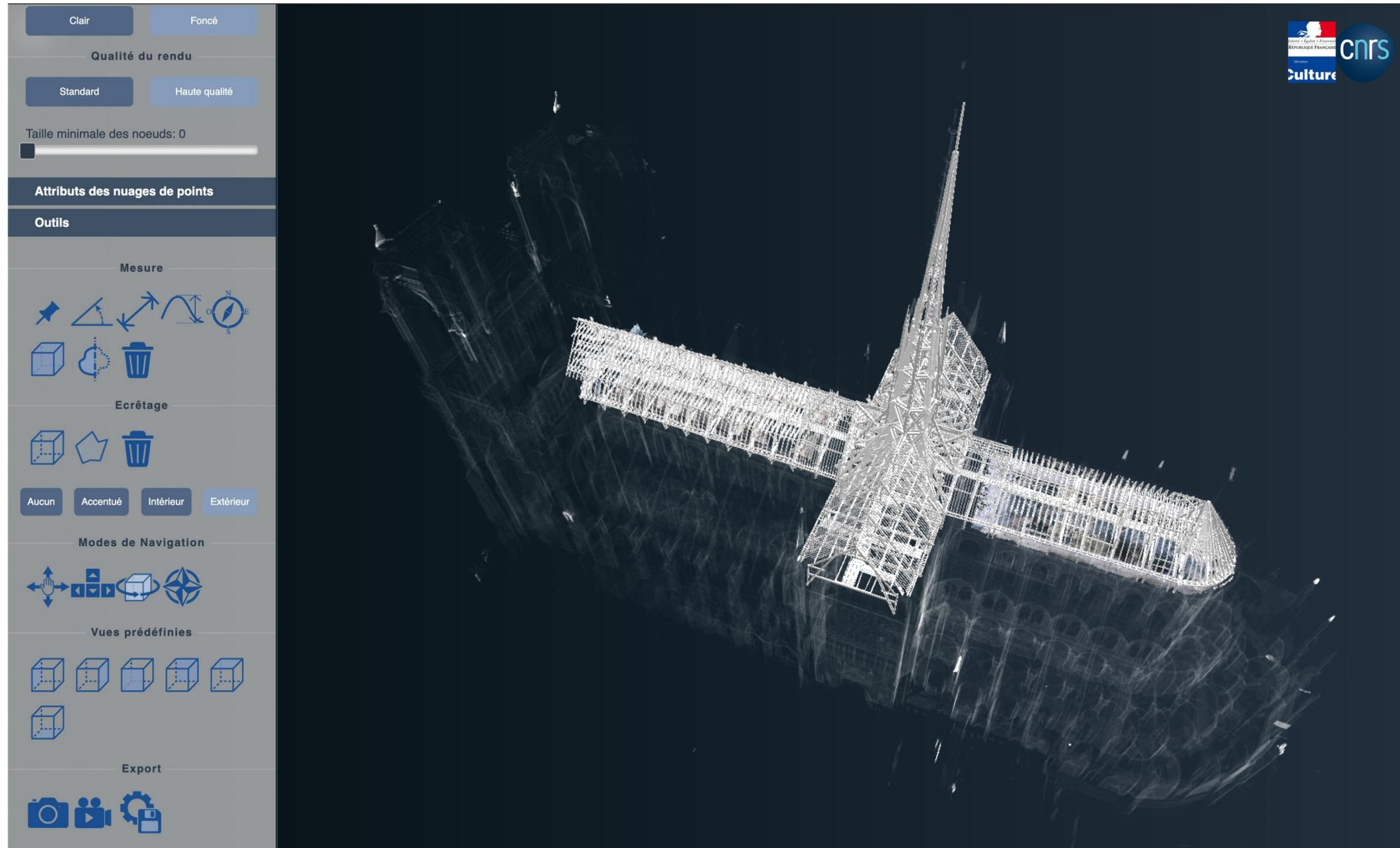
Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Outil de visualisation 3D interactive basé sur le web



Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Faire converger des données multidimensionnelles hétérogènes dans un même espace de représentation



Superposition de données de différentes natures et relatives à différents états temporels dans le viewer 3D

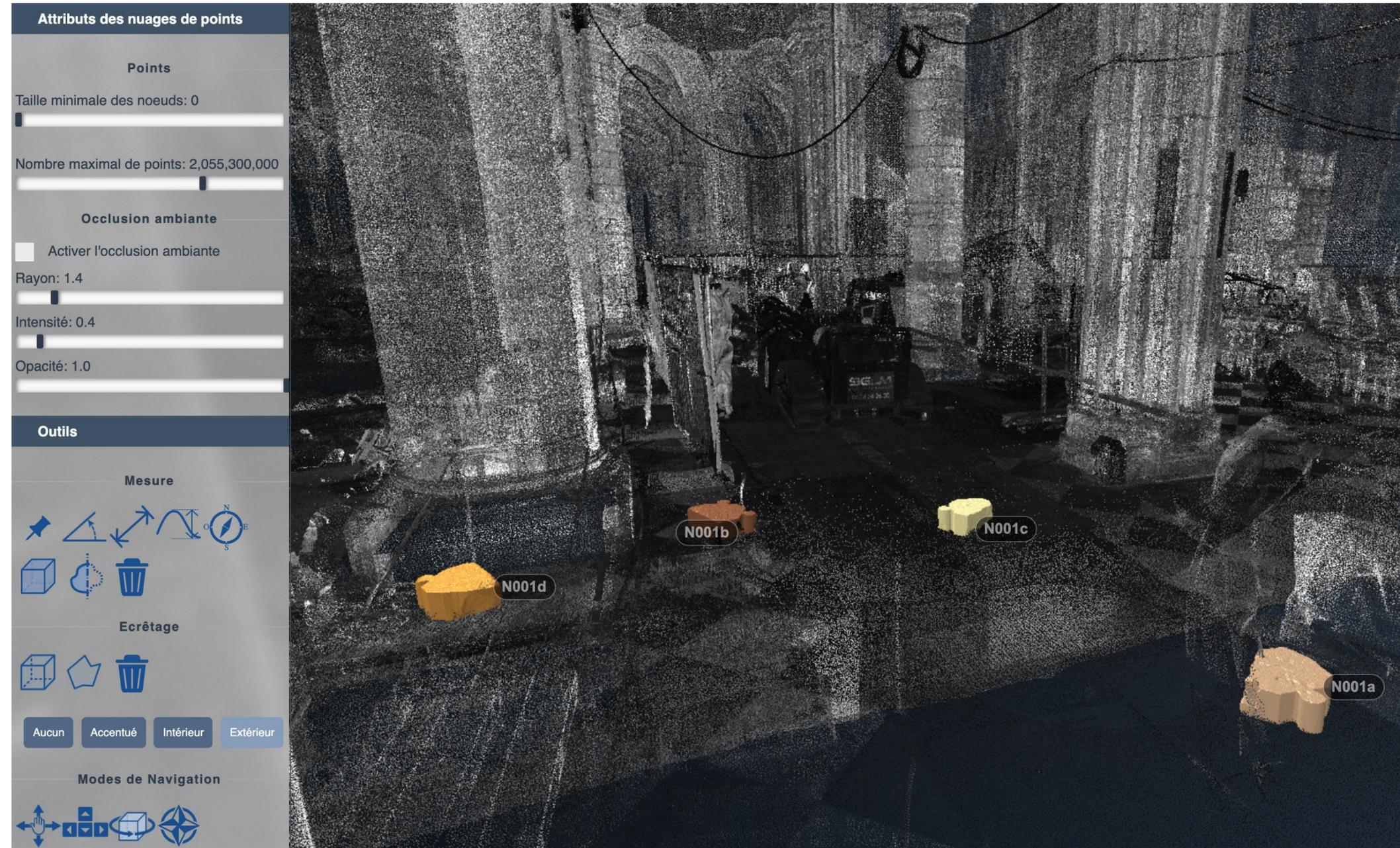
Nuage de points lasergrammétrique pré-incendie : © A. Tallon, 2012

Nuage de points photogrammétrique post-incendie : © L. Espinasse, 2019

Restitution 3D de la charpente : © K. Jacquot, 2021

Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Faire converger des données multidimensionnelles hétérogènes dans un même espace de représentation



Spatialisation des claveaux numérisés dans le viewer 3D à partir des résultats du projet REPERAGE

Maillages 3D des claveaux N1A, N1B, N1C, N1D: © E. Gattet, Mercurio
Nuage de points lasergrammétrique post-incendie : © GEA, 2019

Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Interroger Archeogrid, Opentheso, et Aïoli



Viewer3D ↔ Archeogrid

- Assurer la traçabilité des ressources visualisées
- Interroger leurs métadonnées issues d'observations pluridisciplinaires

Grâce à un lien permanent avec l'outil Archeogrid, les données chargées dans le viewer 3D restent toujours liées aux métadonnées multidisciplinaires afférentes.

Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Un lien permanent avec Archeogrid, Opentheso, et Aïoli



Viewer3D ↔ Aïoli

- Chargement d'annotations sémantiques 2D et 3D
- Suivi multi-temporel
- Analyse spatiale
- ...

Import d'annotations sémantiques 2D-3D (©R. Roussel)
dans le viewer 3D de Notre-Dame

Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Un lien permanent avec Archeogrid, Opentheso, et Aïoli



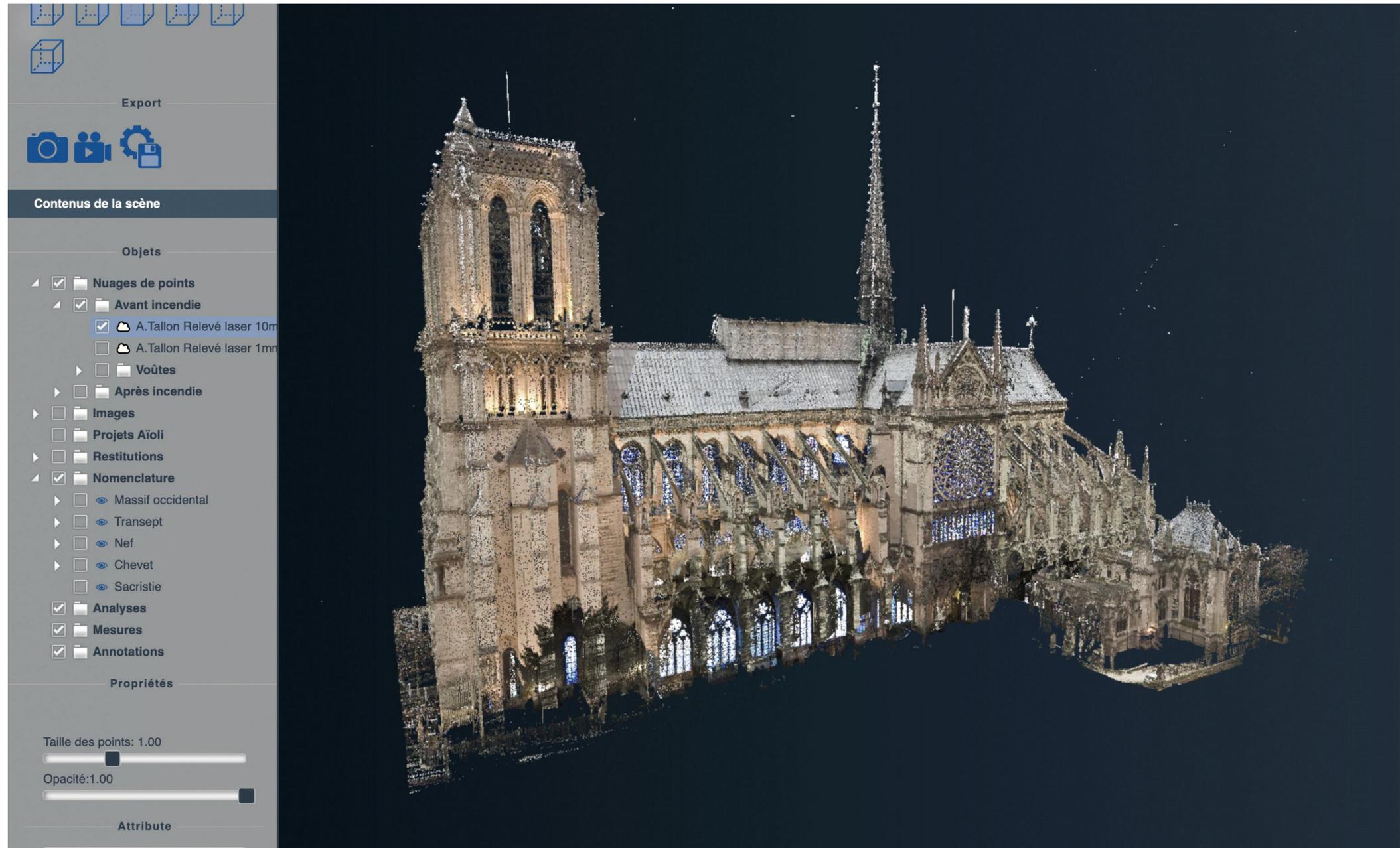
Viewer3D ↔ Aïoli

- Chargement d'annotations sémantiques 2D et 3D
- Suivi multi-temporel
- Analyse spatiale
- ...

Import d'annotations sémantiques 2D-3D (©R. Roussel)
dans le viewer 3D de Notre-Dame

Le viewer 3D NDP, une brique de l'écosystème nDame

Interroger Archeogrid, Opentheso, et Aïoli



L'enrichissement sémantique est un atout précieux pour la définition de stratégies de filtrage :

- Proximité *spatiale*
- Proximité *sémantique*
- Proximité *temporelle*
- Provenance
- Similarité, patterns, ...
- ...

Navigation guidée par la nomenclature des espaces et des formes de Notre-Dame, décrite dans Opentheso

Des données numériques aux connaissances pluridisciplinaires

Repenser le continuum réel-virtuel

Expérimentation sur la spatialisation et le filtrage d'analyses relatives aux agrafes (work in progress)

Élément	Valeur (échelle logarithmique)
Co	~1.00e-4
Ni	~9.00e-4
Cu	~8.00e-3
Zn	~7.00e-2
As	~6.00e-1
Sr	~5.00e+0
Pd	~4.00e+0
Ag	~3.00e+1
Cd	~2.00e+1
In	~1.00e+2
Sn	~9.00e+2
Sb	~8.00e+2
Te	~7.00e+2
Ba	~6.00e+2
Pt	~5.00e+2
Au	~4.00e+2
Pb	~3.00e+3
Tl	~2.00e+3
Bi	~1.00e+3
Th	~9.00e+2
U	~8.00e+2

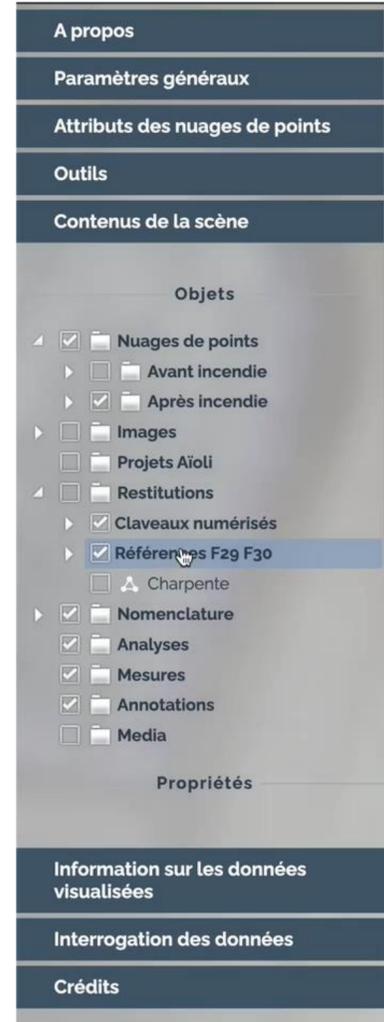
Expérimentation sur le chargement d'échantillons d'analyse physico-chimiques (work in progress)

Des données numériques aux connaissances pluridisciplinaires

Repenser le continuum réel-virtuel



Remontage à blanc de l'arc doubleau ©DRAC/RNDP/D. Bordes



Intégration d'un outil d'anastylose virtuelle dans le viewer 3D



Des données numériques aux connaissances pluridisciplinaires

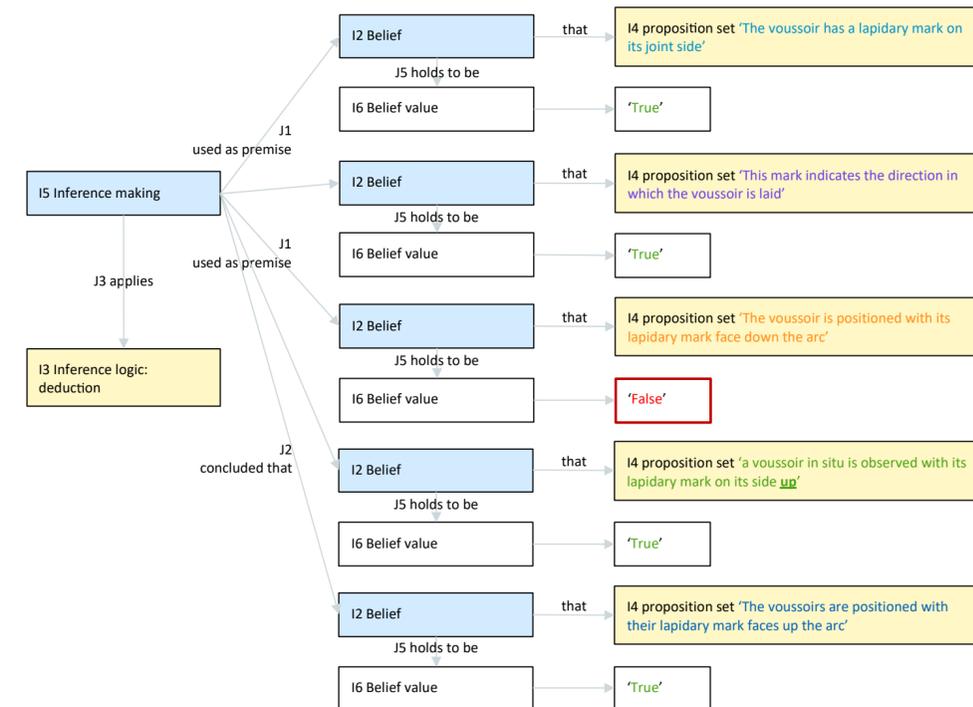
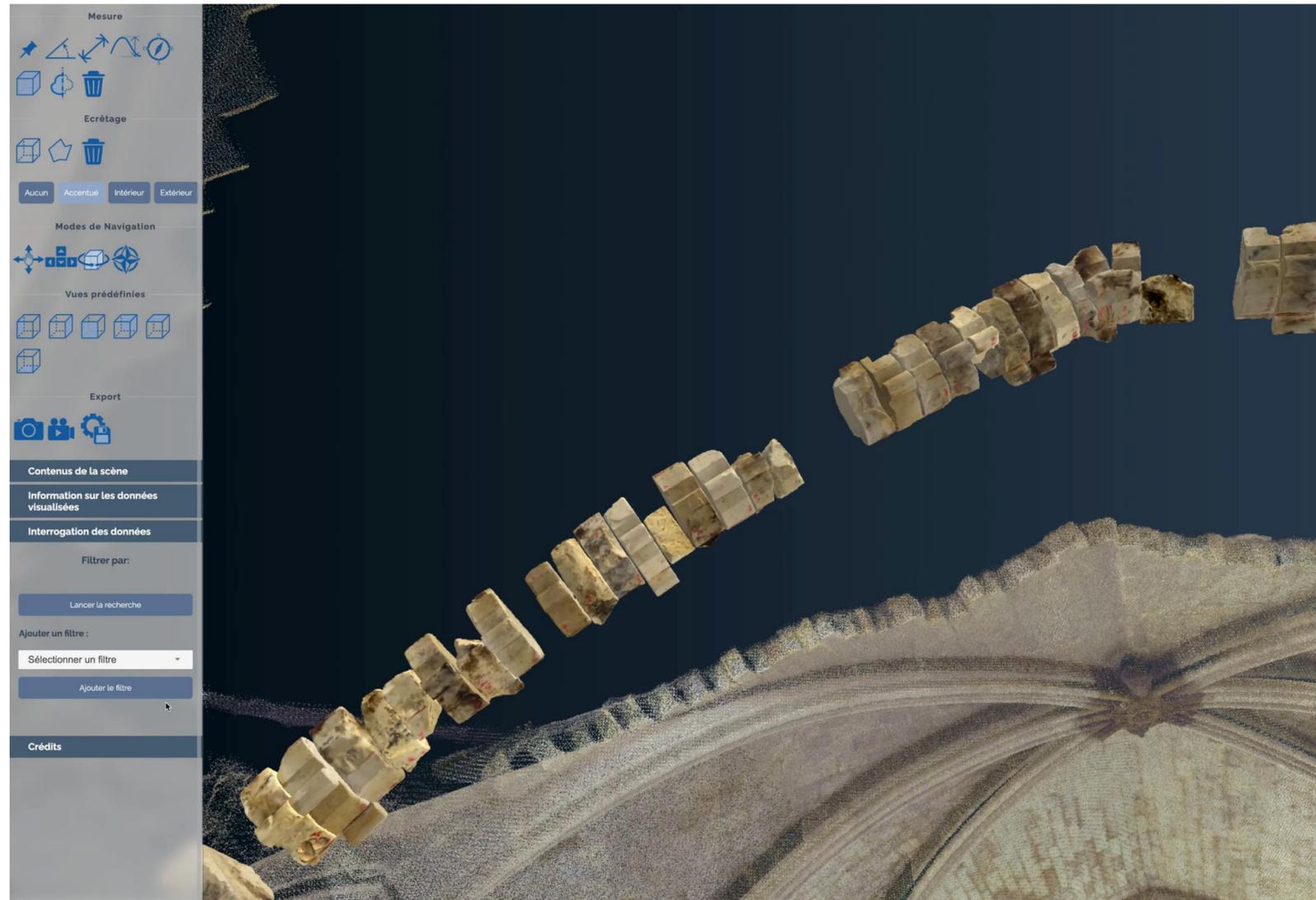
Face au spectre de l'incertitude...



Animation d'un claveau dans le viewer 3D, de sa position post-incendie, à sa position supposée pré-incendie

Des données numériques aux connaissances pluridisciplinaires

Face au spectre de l'incertitude... Laisser les objets numériques raconter leur propre histoire ?



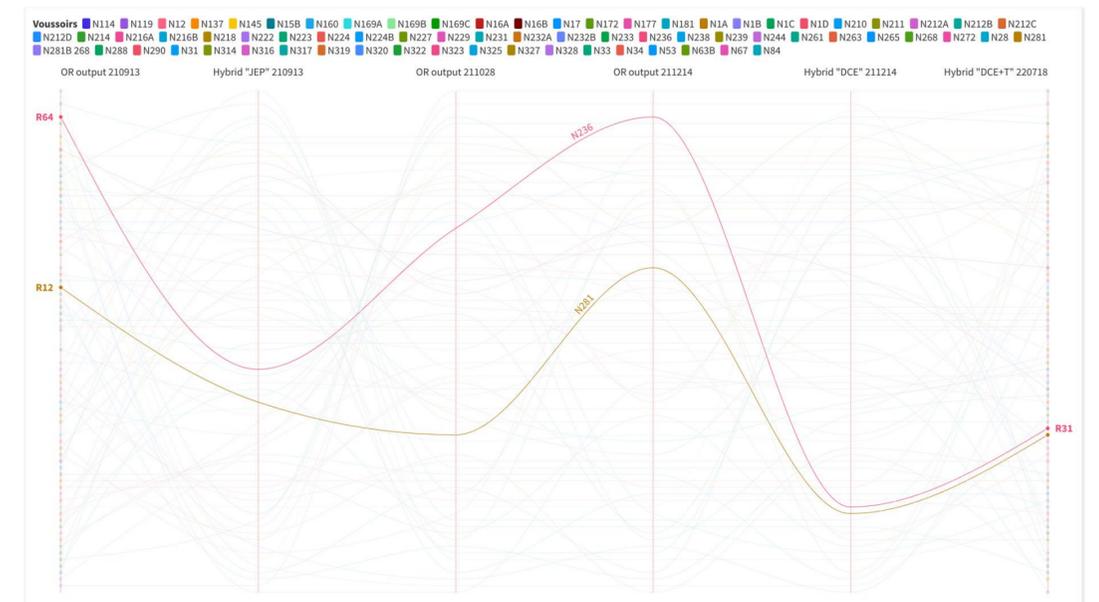
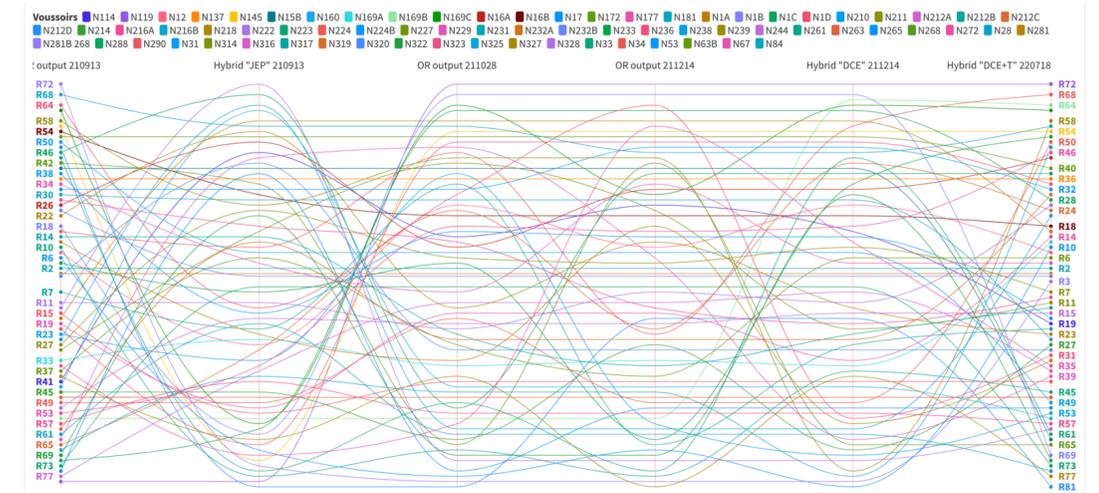
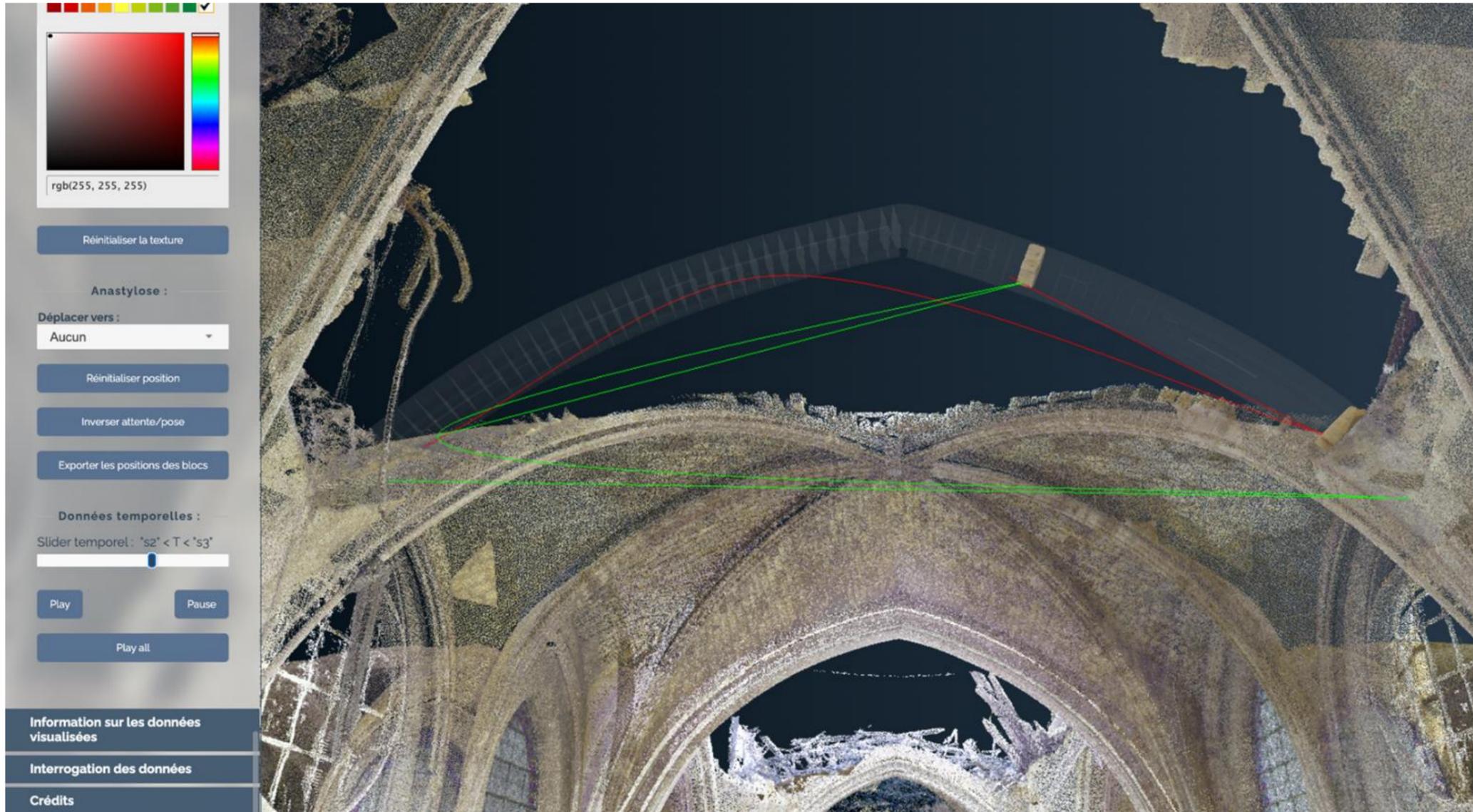
Hypothesis 2: Lapidary marks are on the upper side



© A. Guillem, 2023.
A. Guillem, A. Gros, V. Abergel, L. De Luca., "Reconstruction beyond visualization in Notre-Dame de Paris", IMEKO, International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, Rome, Italy, Oct. 19-21, 2023

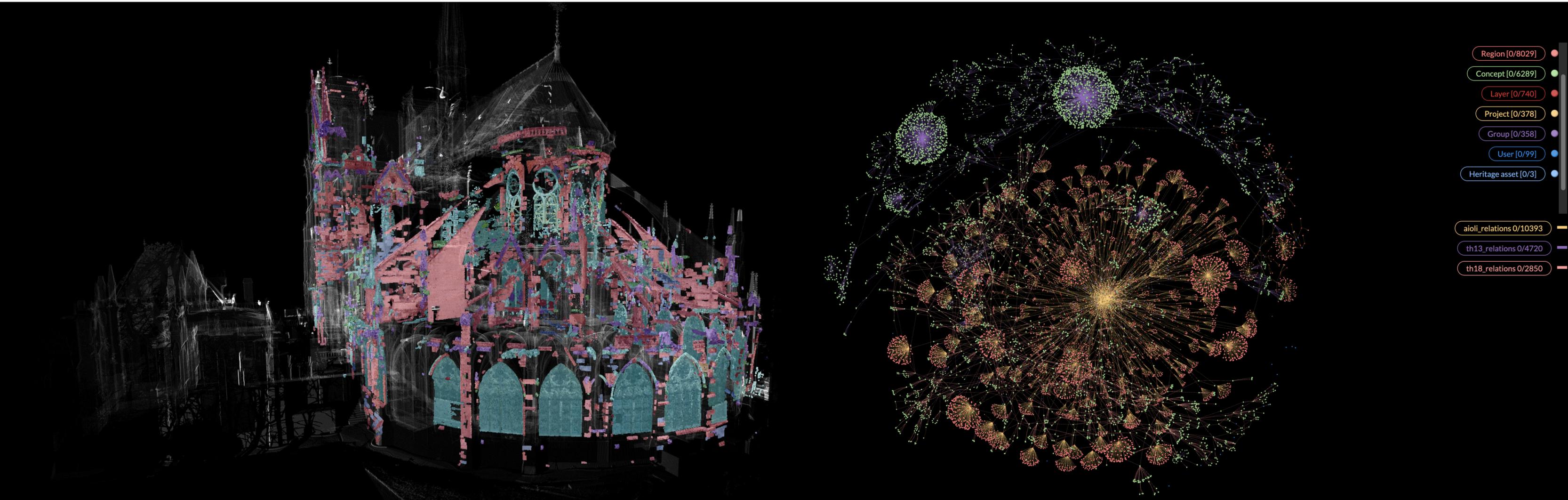
Des données numériques aux connaissances pluridisciplinaires

Face au spectre de l'incertitude... Laisser les objets numériques raconter leur propre histoire ?



Repenser les modalités d'accès et d'interrogation de ces corpus nD

Hybrider les modalités de représentation et d'interrogation



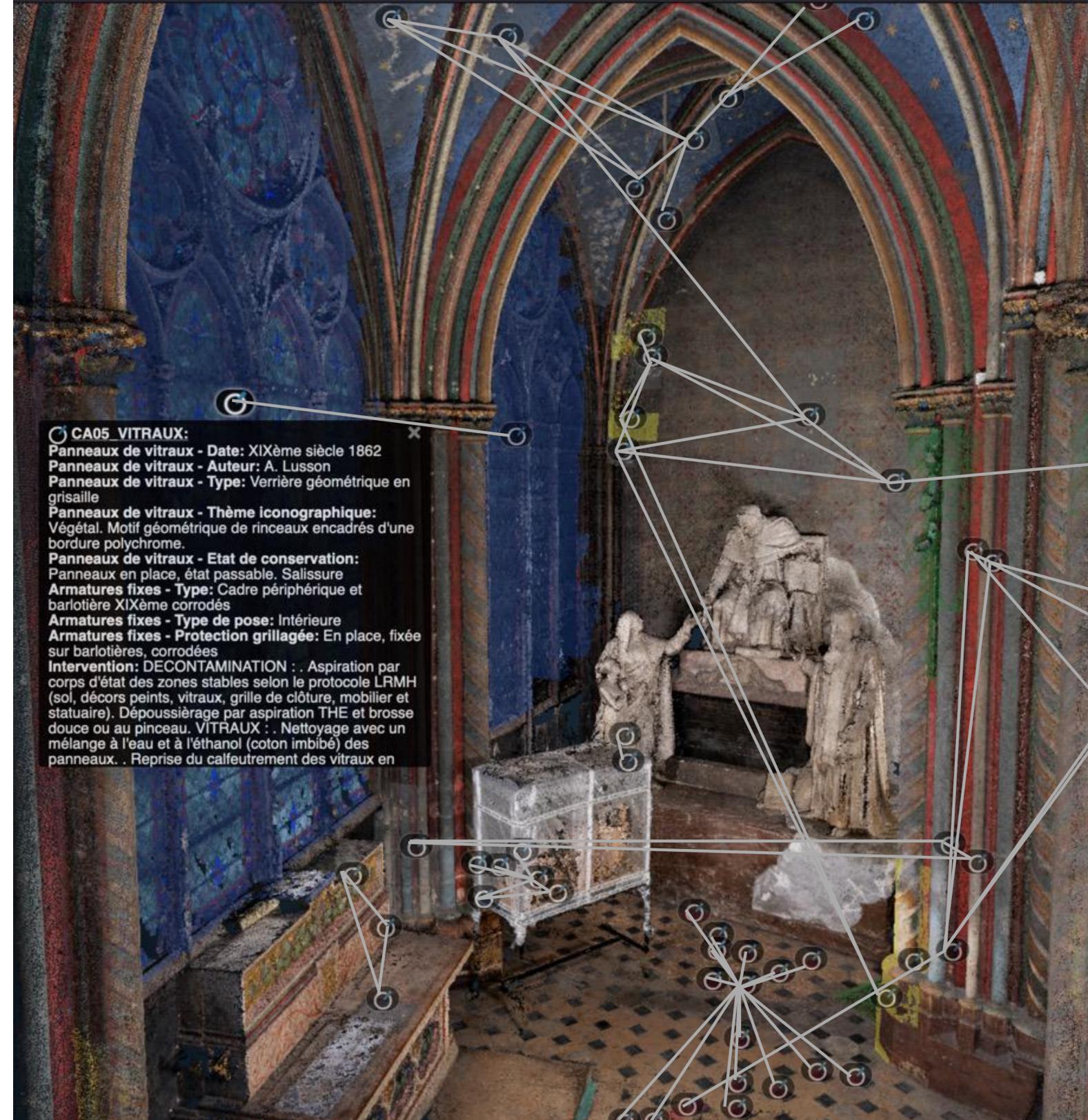
Repenser les modalités d'accès et d'interrogation de ces corpus nD

Hybrider les modalités de représentation et d'interrogation

Recevoir de l'information complexe, construire de nouveaux espaces informationnels à la croisée entre 3D et *domaines de connaissance*

→ Quand l'intelligibilité d'un corpus est inversement proportionnelle à sa richesse...

La convergence des données/informations/connaissances pluridisciplinaires devient un enjeu de visualisation nD !



Repenser les modalités d'accès et d'interrogation de ces corpus nD

Hybrider les modalités de représentation et d'interrogation

