



**HAL**  
open science

## Explorer un corpus de données interconnectées au prisme des dimensions spatiales, temporelles et sémantiques

Violette Abergel, Emile Blettery, Mathieu Brédif, Sidonie Christophe, Livio De Luca, Anthony Eberlin, Valérie Gouet-Brunet, Anaïs Guillem, Melvin Hersent, Roxane Roussel, et al.

### ► To cite this version:

Violette Abergel, Emile Blettery, Mathieu Brédif, Sidonie Christophe, Livio De Luca, et al.. Explorer un corpus de données interconnectées au prisme des dimensions spatiales, temporelles et sémantiques. Naissance et renaissance d'une cathédrale - Notre-Dame de Paris sous l'oeil des scientifiques, Apr 2024, Paris Cité de l'architecture et du patrimoine, France. hal-04576841

**HAL Id: hal-04576841**

**<https://hal.science/hal-04576841>**

Submitted on 15 May 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

# Explorer un corpus de données interconnectées au prisme des dimensions spatiales, temporelles et sémantiques

Abergel V.<sup>1</sup>, Blettery E.<sup>1,2</sup>, Brédif M.<sup>2</sup>, Christophe S.<sup>2</sup>, De Luca L.<sup>1</sup>, Eberlin A.<sup>1</sup>, Gouet-Brunet V.<sup>2</sup>, Guillem A.<sup>1</sup>, Hersent M.<sup>1,2</sup>, Roussel R.<sup>1</sup>, Reby K.<sup>1</sup>, Vodislav D.<sup>3</sup>, Willot L.<sup>1,2,3</sup>

1 - CNRS/MAP/Marseille  
2 - IGN/LASTIG/Paris  
3 - CNRS/ETIS/Cergy-Pontoise

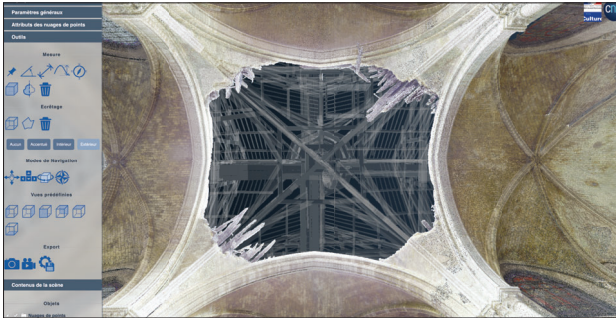


Figure 1. nd-viewer3D, vue des voûtes après incendie (Violette Abergel)

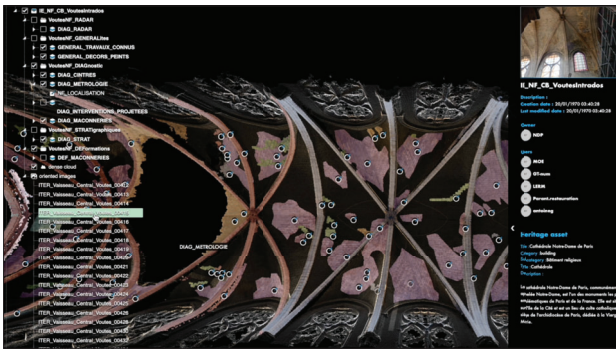


Figure 2. Projet aioli des voûtes, visible sur le viewer spritz (Roxane Roussel)

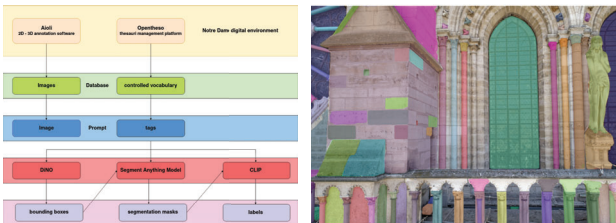


Figure 4. Pipeline pour la détection, segmentation et annotation sémantique par deep learning (Kévin Reby)

## Reconnaissance multiple d'images

En s'appuyant sur un modèle de données d'une base de données orientée graphe, liant les images à leurs métadonnées (Fig. 5), chaque image peut être enrichie de métadonnées techniques (par exemple, sa date d'acquisition) et génériques (par exemple, les catégories architecturales), liées à des dimensions temporelles, spatiales et visuelles. Le classement et la reconnaissance automatique d'images visent à construire un mécanisme complémentaire permettant de mieux structurer et mettre en relation des corpus d'images (Fig. 6).

En suivant ce lien, vous pouvez télécharger la publication d'origine :  
Laura Willot, Dan Vodislav, Valerie Gouet-Brunet, Livio De Luca, Adeline Manuel. Clustering for the Analysis and Enrichment of Corpus of Images for the Spatio-temporal Monitoring of Restoration Sites. 5th Workshop on AnalySis, Understanding and ProMotion of HeriAge Contents (SUMAC '23), 2023

## Construire de nouveaux espaces d'information à la croisée des domaines de la 3D et de la connaissance

Ce travail essentiel d'enrichissement et de structuration offre aujourd'hui l'opportunité de repenser les modalités d'accès, d'interaction, et d'interrogation de corpus complexes. Dans ce contexte, nous visons la construction d'espaces hybrides en combinant des approches d'analyse sémantique, basées sur les graphes (Fig. 7), avec celles de la classification des données géométriques, spatiales et temporelles, pour introduire des « chemins d'exploration de données » transversaux, pertinents, capables de dévoiler le lien implicite entre les « objets matériels » et les « objets de connaissance » dans des domaines pluridisciplinaires.

## Des données hétérogènes multidimensionnelles

La cathédrale Notre-Dame de Paris est un objet d'étude transversal, mobilisant une grande variété de disciplines, d'échelles d'observation, et de méthodes d'analyse. A ce jour, un jeu de données de plus de 30 téraoctets a été constitué, comprenant plusieurs centaines de milliers de documents mêlant notamment photographies, modèles 3D, analyses physico-chimiques, rapports d'expertise, ou encore de nombreuses sources d'archives. Outre leur hétérogénéité, ces données s'illustrent par leur caractère multidimensionnel, évoluant à la fois dans l'espace (3D), dans le temps (4D), et pouvant faire référence à des dimensions sémantiques ou thématiques variées (nD). Toutefois, leur exploitation demeure un sujet complexe. Il s'agit alors de proposer de nouvelles modalités de visualisation et d'analyse permettant de croiser efficacement les regards pluridisciplinaires portés sur un même objet d'étude.

Dans ce contexte est d'abord créé le nd-viewer3D dont l'ambition est de centraliser et spatialiser dans un référentiel commun l'ensemble des données numériques relatives à la cathédrale - qu'elles aient été produites avant ou après l'incendie (Fig. 1).

## Établir une connexion durable entre données numériques et connaissances pluridisciplinaires

Face à un tel volume de donnée, l'extraction de vues pertinentes en réponse à des besoins explicites doit pouvoir s'appuyer sur la construction de méthodes (Fig. 3) permettant de faire émerger des connexions entre les ressources du corpus, en s'appuyant sur l'analyse de leurs propriétés multidimensionnelles.



Figure 3. Schéma illustrant une requête complexe

## Enrichissement et annotation sémantique

Par sa capacité à mettre à profit l'apport d'une action collective en coproduisant données et connaissances, l'enrichissement sémantique constitue la clé du passage entre un jeu de données numériques hétérogènes et un ensemble connaissances pluridisciplinaires. Des scénarios et stratégies d'enrichissement sémantique ont été mis en place, notamment à travers la construction d'un jeu d'environ 10 000 annotations 2D et 3D spatialisées, à l'aide de la plateforme nd-aioli (Fig. 2), intégrant aussi bien les éléments relatifs aux constats d'état dressés par les architectes, que des analyses produites par les différents groupes de travail du chantier scientifique.



En suivant ce lien, vous pouvez télécharger la publication d'origine :

Roxane Roussel, Livio De Luca. An approach to build a complete digital report of the Notre-Dame Cathedral after the fire, using the Aioli platform. 29th CIPA Symposium, 2023

Sur cette base, une approche s'appuyant sur l'utilisation de Vision Language Models (VLMs) a été proposée (Fig. 4), afin d'identifier et caractériser des liens sémantiques entre des zones d'intérêt sur des images et des concepts de thésaurus référencés dans nd-openetheso.



En suivant ce lien, vous pouvez télécharger la publication d'origine :

Kévin Reby, Anais Guillem, Livio De Luca. Semantic Segmentation using Foundation Models for Cultural Heritage: an Experimental Study on Notre-Dame de Paris. 4th ICCV Workshop on Electronic Cultural Heritage, 2023

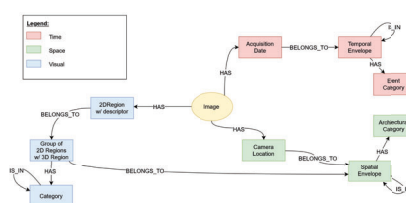


Figure 5. Modèle de données d'une base orientée graphe, liant les images à leurs métadonnées (Laura Willot)

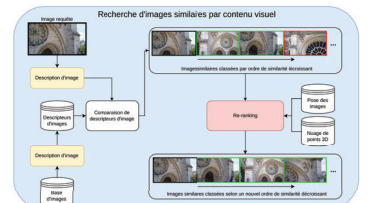


Figure 6. Schéma illustrant la recherche d'images par contenu visuel (Emilie Blettery)

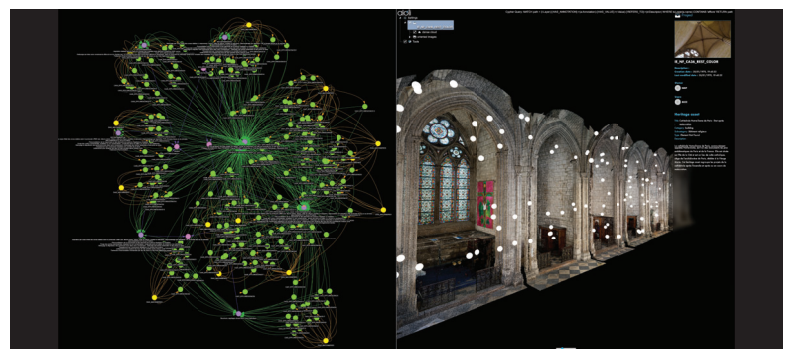


Figure 7. Visualisation intégrée d'un jeu d'annotations spatialisées de l'état de conservation des chapelles et du graphe des relations sémantiques associés.