

Le BIM pour le patrimoine historique, Renaissance et seconde vie

Gaël Hamon

PDG Art Graphique et Patrimoine

Emmanuel Di Giacomo

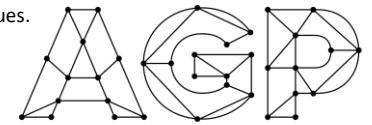
Responsable développement écosystèmes BIM Europe | @digiocomoemma



Gaël Hamon

Gaël HAMON, est gérant et cofondateur d'Art Graphique & Patrimoine. Titulaire d'un brevet professionnel de monuments historiques (BPMH), tailleur de pierre et appareilleur, il a travaillé pendant 5 ans sur différents chantiers de restauration prestigieux avant de créer Art Graphique & Patrimoine en 1994. Médaille d'or et meilleur tailleur de pierre international aux Olympiades des Métiers, il est actuellement vice-président des Appareilleurs de France et membre du jury des MOF. Il est également membre du GMH et dirigeant de la commission BIM du Groupement.

Depuis 27 ans, il dirige et développe AGP et a contribué à l'émergence du marché de la photogrammétrie et la lasergrammétrie appliquées aux monuments historiques et œuvre d'art, dont AGP est aujourd'hui le leader français incontesté avec plus de 2500 références prestigieuses en France et à l'étranger (dont Notre-Dame de Paris, Château de Versailles, Mont-Saint-Michel, Cité de Palmyre, krak des Chevaliers...). Grâce aux nouvelles technologies, il a développé le secteur de la médiation culturelle du patrimoine architectural et des œuvres d'art afin d'en faire des outils de mise en valeur auprès de grand public, notamment dans le domaine des applications interactives en 3D temps réel ainsi que la réalité augmentée mobile dans des sites historiques.



**Art Graphique
& Patrimoine.**



Emmanuel Di Giacomo

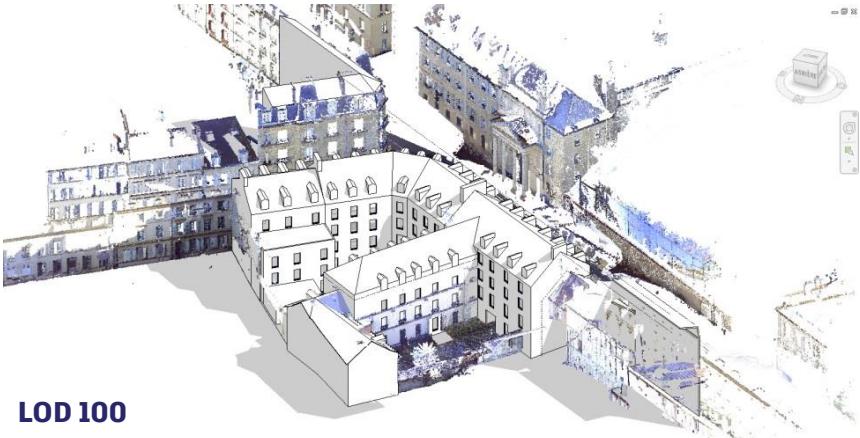
Architecte de formation, Emmanuel Di Giacomo est en charge du développement des écosystèmes BIM pour l'Europe chez Autodesk où il exerce depuis plus de 19 ans. Il a notamment lancé Revit en France en tant que Responsable Marketing, puis il s'est occupé du suivi méthodologique et technique des clients importants Autodesk en Europe tels que Zaha Hadid Architects, Piero Lissoni, Brunet Saunier Architecture, LVMH, etc. Il a ensuite été en charge du réseau de partenaires Revendeurs agréés Autodesk qu'il a mentorés et formés techniquement. Expert depuis plus de 30 ans dans le domaine des nouvelles technologies et du BIM pour l'Industrie de l'AEC, il a récemment été élu Ambassadeur TechX Autodesk et il évangélise pour l'adoption du BIM, fondation de la transition numérique de notre secteur. Son blog ABCD est une référence en matière d'informations sur les nouvelles tendances pour l'AEC.

Le BIM ? Intérêts pour le patrimoine existant !

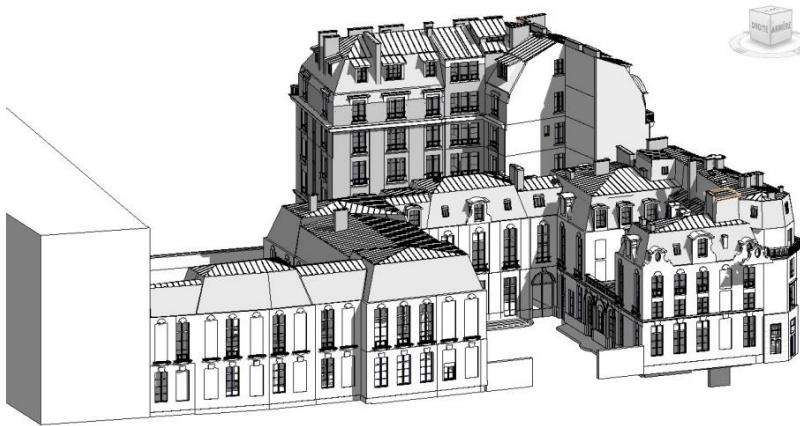


- Processus de travail collaboratif basé sur un modèle numérique rassemblant l'ensemble des informations structurées du bâtiment, existant ou en projet. Elle contient les objets composant l'ouvrage, leurs caractéristiques et les relations entre ces objets.
- Ainsi la composition détaillée d'un mur, la localisation d'un équipement ou d'un élément de mobilier dans une pièce, font partie du BIM.

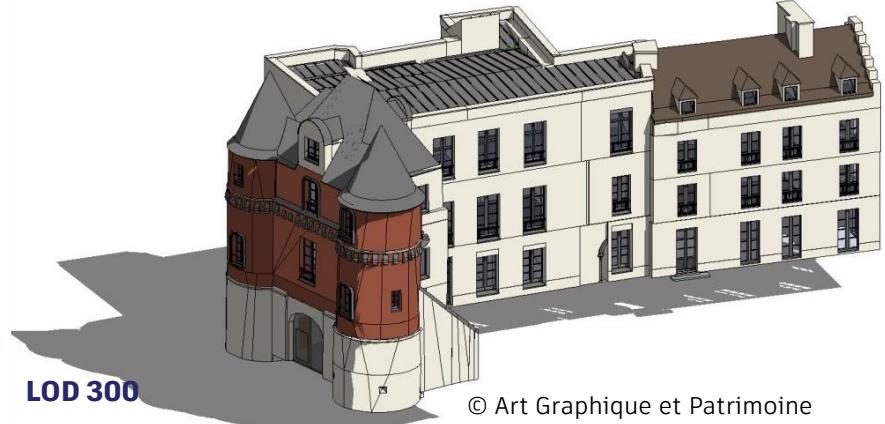
Les niveaux de détails du BIM pour le patrimoine



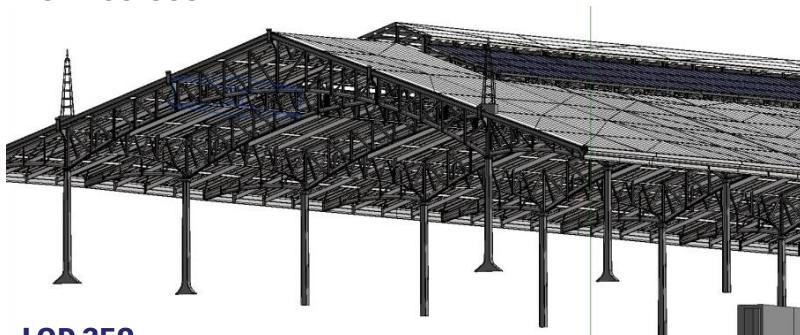
LOD 100



LOD 200-300



LOD 300



LOD 350

BIM et interopérabilité

The screenshot illustrates the BIM 360 Document Management interface, specifically the 'Problèmes' (Issues) feature. On the right, a 3D architectural model of a building is displayed, featuring a prominent red cylindrical tower and several white multi-story buildings with blue-framed windows. A specific window on one of the buildings is highlighted with a yellow circle and the number '4', indicating it is an open issue. To the left, a sidebar titled 'Markups' lists several published items, each with a thumbnail, author (e.g., Alexandre Mihalache or renaud demant), date (Mar 15), version (V1 current), and type (3D). At the bottom of the sidebar is a 'Create Markup' button. The top of the screen shows the BIM 360 logo and the URL https://bim360docs.eu.autodesk.com/projects/47ac1e23-7995-47a2-9582-6a69accf27d/folders/urn:adsk.wipeme#.

Yerres_Bude chatelet 18.rvt

Alexandre Mihalache Mar 15 - V1 (current) 3D

renaud demant Mar 15 - V1 (current) 3D

Alexandre Mihalache Mar 15 - V1 (current) Niveau 0

renaud demant Mar 15 - V1 (current) Coupe 1

Create Markup

BIM 360 Document Management

https://bim360docs.eu.autodesk.com/projects/47ac1e23-7995-47a2-9582-6a69accf27d/folders/urn:adsk.wipeme#

Les plus visités Débuter avec Firefox WeTransfer LinkedIn BIM 360 Document M...

Problèmes

OUVERT

Problème #4

DÉTAILS ACTIVITÉ

Composition menuiserie

Plan, fiche technique vitrage et peinture

Créé par Julien Montier (GMH) le Mar 19, 2018

© Art Graphique et Patrimoine

Le BIM rétro-conception

Pourquoi le BIM pour les monuments historiques ?

- Efficacité pour la restauration et la réhabilitation
- Etude et gestion de monuments complexes
- Centralisation et corrélation des informations techniques et leur enrichissement progressif
- Meilleur travail collaboratif
- Catalogue des pathologies du bâtiment



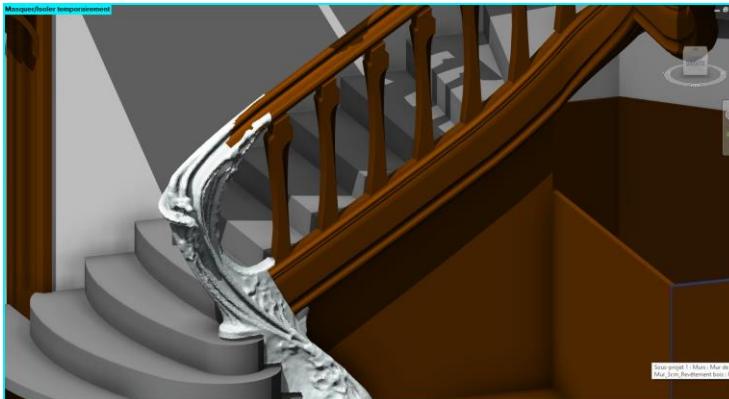
© Art Graphique et Patrimoine

Le BIM rétro-conception

Représenter la réalité

- La modélisation doit restituer toute déformation, faux équerres, faux aplombs, formes complexes, asymétries, matériaux hétérogènes...

...toute la complexité d'un ouvrage historique tel que construit !

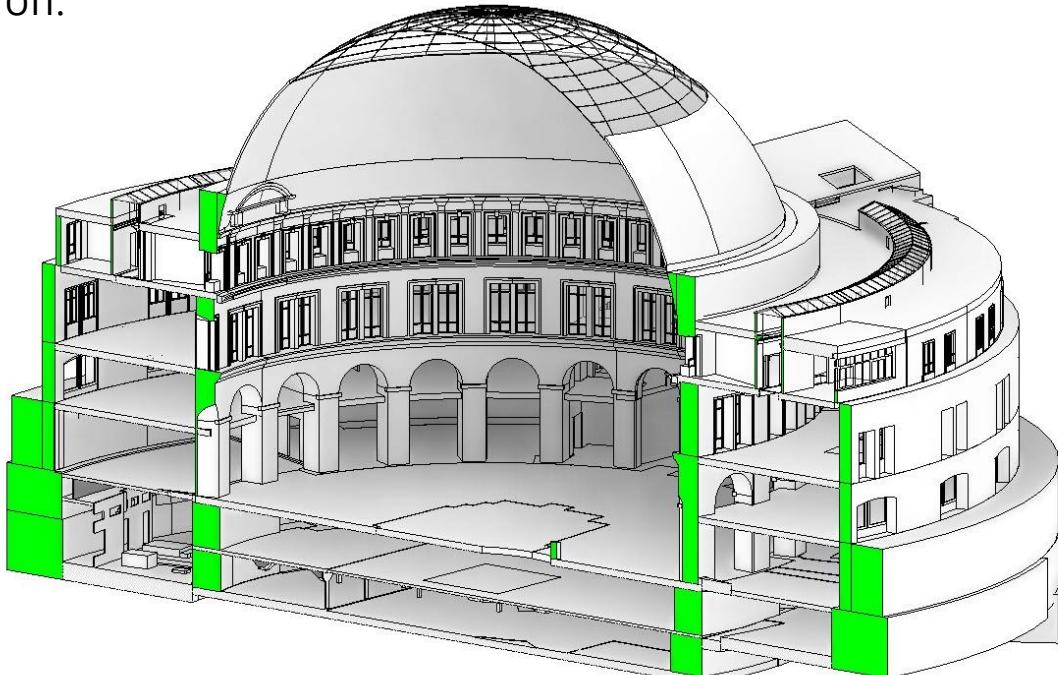
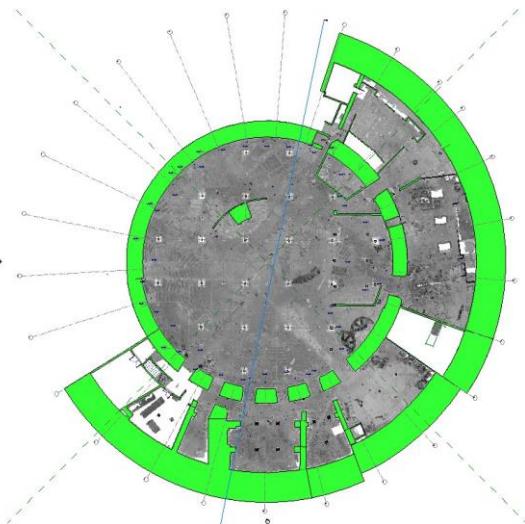


© Art Graphique et Patrimoine

Usages du BIM pour le patrimoine

Définition, analyse et vérification du programme

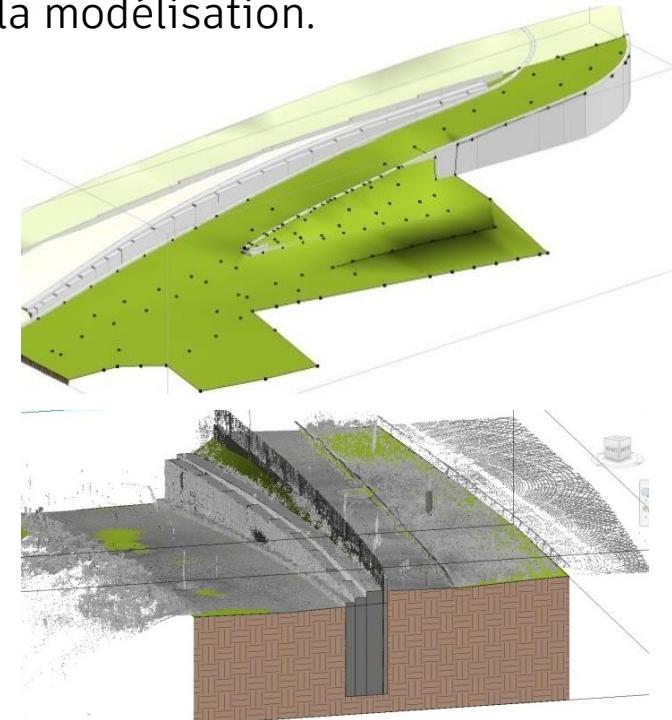
- Cette étude permet de donner les premières direction du projet et d'estimer une première enveloppe budgétaire et des délais d'exécution.



Usages du BIM pour le patrimoine

Analyse du site

- Le site peut faire l'objet d'une numérisation préalable la modélisation.
- Modèle utile aux bureaux d'études et architectes.



© Art Graphique et Patrimoine

Usages du BIM pour le patrimoine

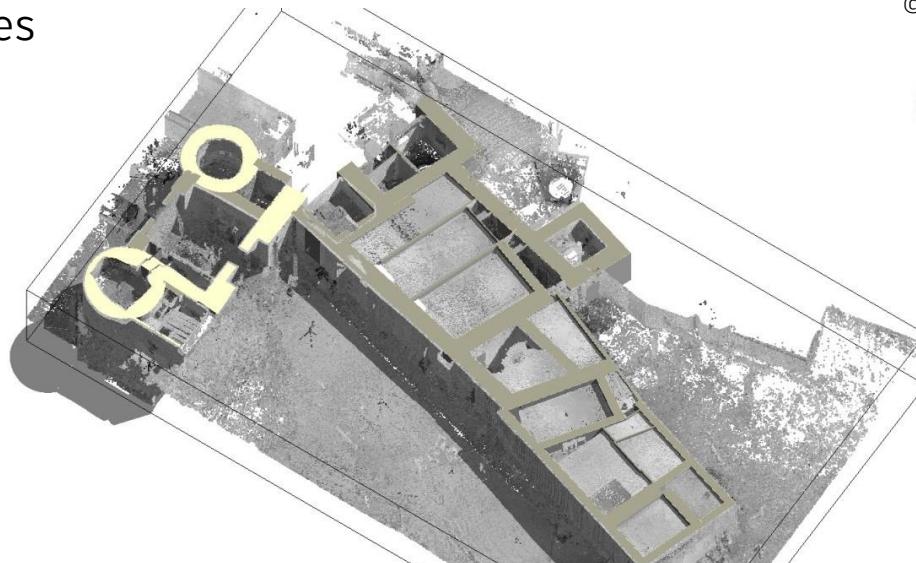
Modélisation du site, données existantes, projet, diagnostics

la maquette BIM, selon les besoins, contient :

- l'information géométrique
- les données liées (base de données)
- les documents annexes



© Art Graphique et Patrimoine



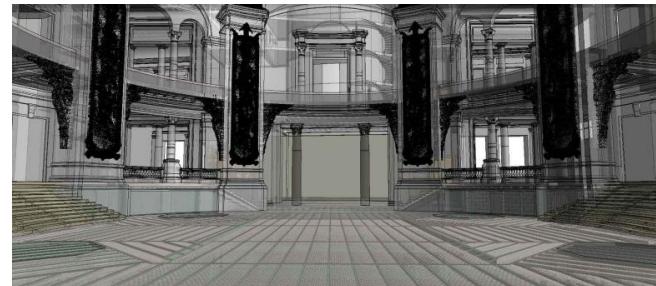
Usages du BIM pour le patrimoine

Communication du projet

- La maquette peut servir à différents rendus : perspectives, rendus, films pour différents supports : salles immersives, dispositifs de réalité virtuelle, tablettes...



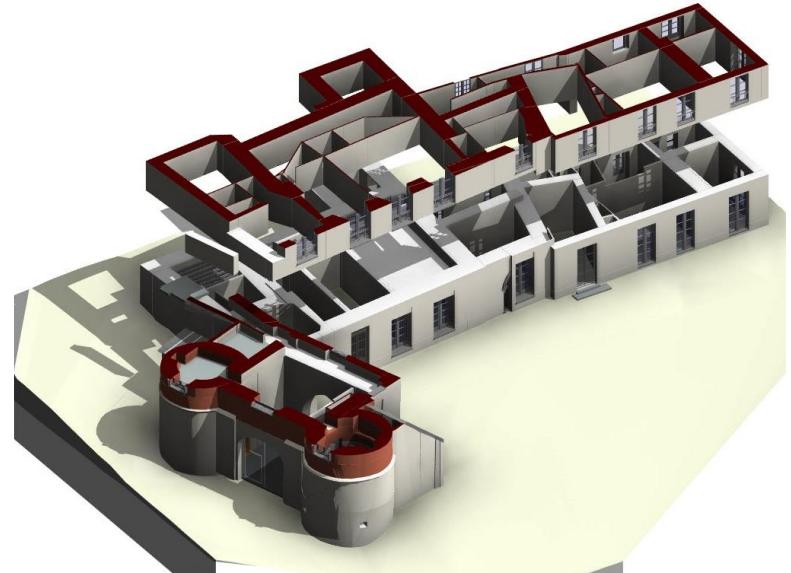
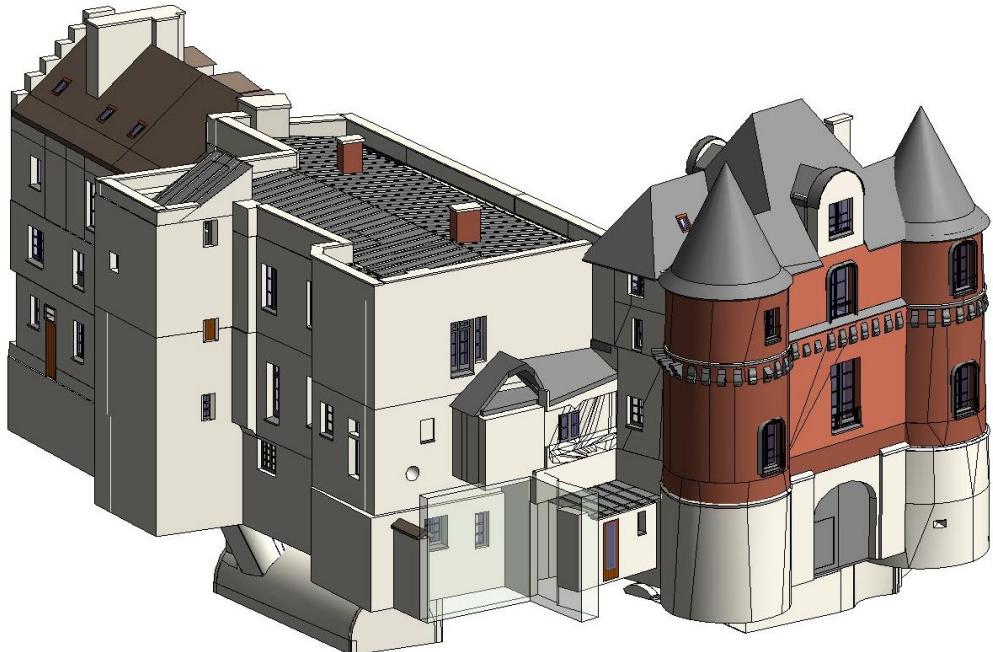
© Art Graphique et Patrimoine



Usages du BIM pour le patrimoine

Revue de projet /maquette

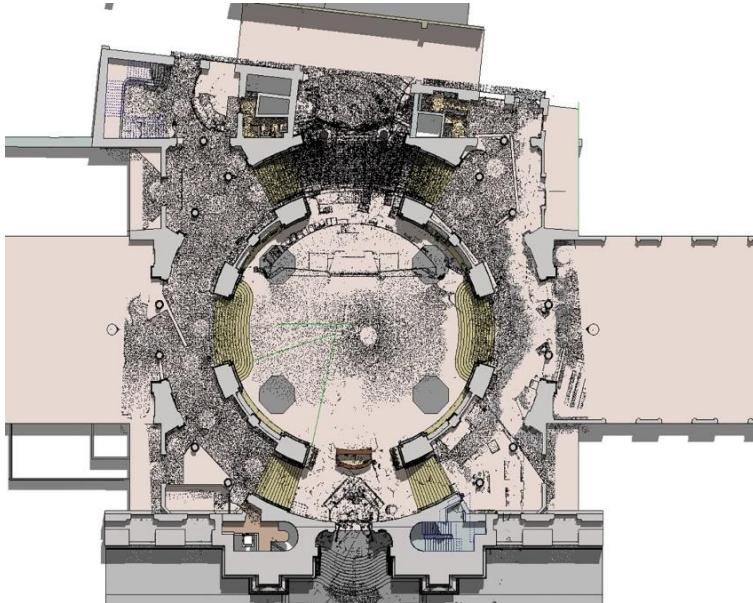
- Utiles pour les ouvrages existants, les revues de maquettes permettent de s'accorder sur la précision du modèle et d'établir les choix de représentation des éléments



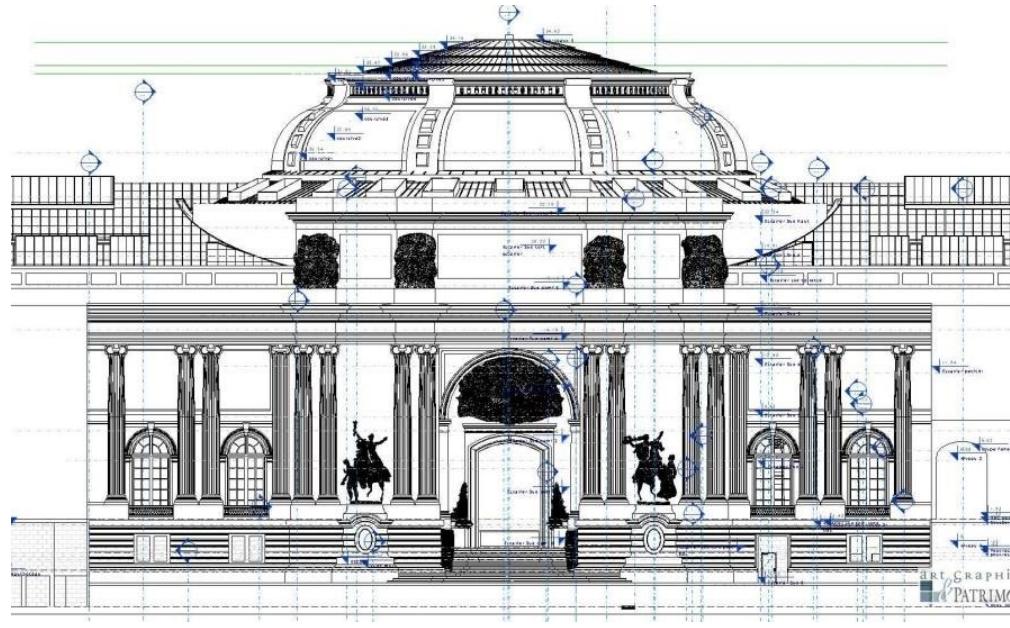
Usages du BIM pour le patrimoine

Production des livrables

- Les livrables issus de la maquette de l'existant doivent servir de base pour l'ensemble des acteurs du projet limitant l'interprétation des données hétérogènes ou incomplètes collectées.



© Art Graphique et Patrimoine



ART GRAPHIQUE
ET PATRIMOINE

Usages du BIM pour le patrimoine

Extraction des quantités et valeurs significatives

- Ces données sont mises à jour automatiquement dans la maquette et permettent donc un suivi financier du projet.



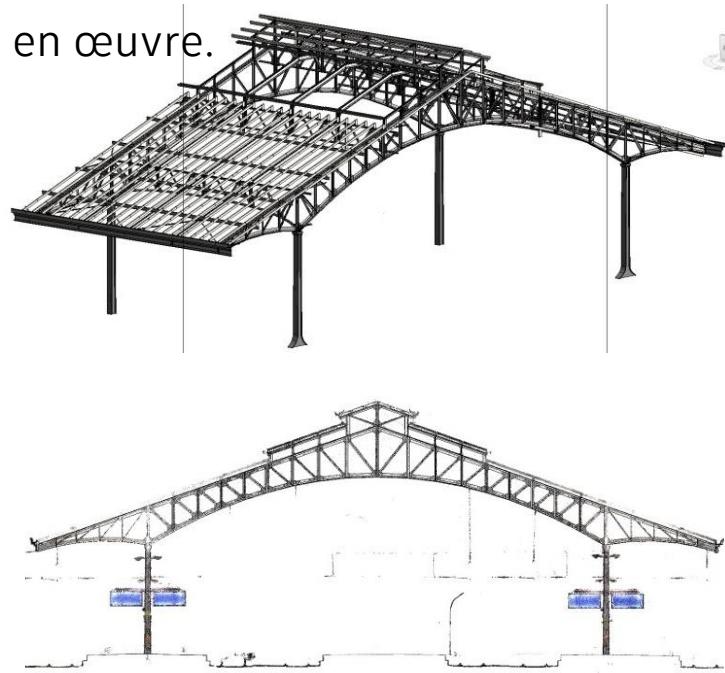
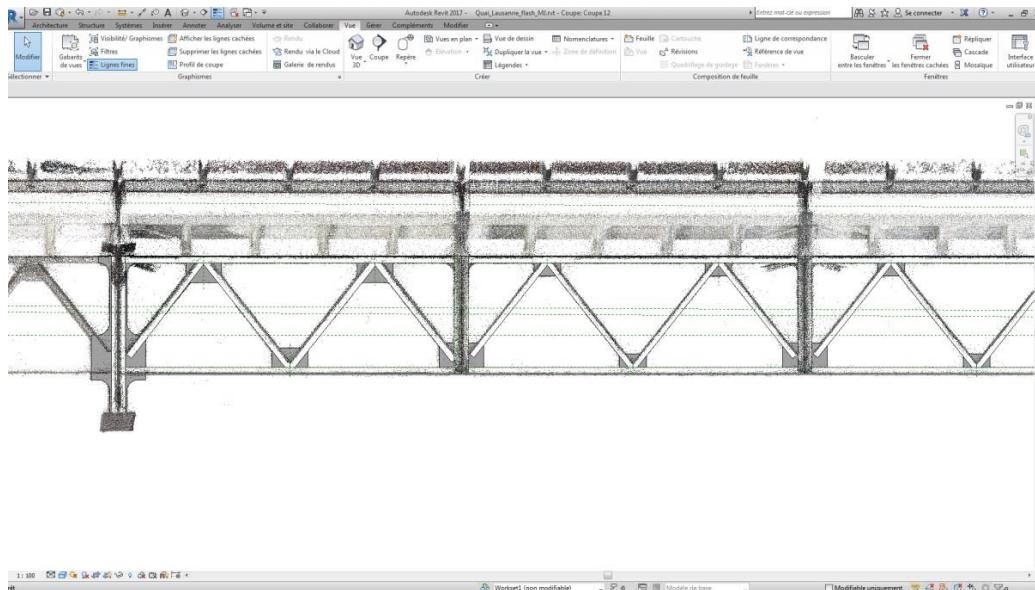
The screenshot shows the Autodesk Revit 2015 interface with a 3D view of a building model. On the left, there is a properties palette and a ribbon menu. In the center, a spreadsheet table is displayed, showing data for various building components. A red arrow points from the building model towards the spreadsheet table.

	A	B	C	D	E	F
01 Mur						
Mur brique	10,88	49,90	m ²	Brique	commune	
Mur brique	10,86	15,97	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	13,41	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	30,47	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	8,86	m ²	Brique	commune	
Mur brique	10,87	17,70	m ²	Brique	commune	
Mur brique	10,87	7,47	m ²	Brique	commune	
Mur brique	4,43	7,23	m ²	Brique	commune	
Mur brique	17,52	24,40	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	11,11	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	19,24	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	8,86	m ²	Brique	commune	
Mur brique	10,87	1,88	m ²	Brique	commune	
Mur brique	10,87	7,47	m ²	Brique	commune	
Mur brique	3,99	78,14	m ²	Brique	commune	
Mur brique	3,99	4,05	m ²	Brique	commune	
Mur brique	3,99	3,33	m ²	Brique	commune	
Mur brique	4,67	8,98	m ²	Brique	commune	
01 SDC Mur brique + co		89,19	m ²			
Mur brique	4,82	9,88	m ²	Brique	commune	
Mur brique	13,52	12,05	m ²	Brique	commune	
Mur brique	3,00	2,76	m ²	Brique	commune	
Mur brique	4,46	0,07	m ²	Brique	commune	
Mur brique		628,68	m ²			
02 Mur enduit		11,92	m ²	Mur	par défaut	
Mur enduit		22,49	m ²			
Mur enduit		31,11	m ²			
Corniche		81,11	m ²			
Abri enduite		47,25	m ²			
Fondation		54,87	m ²			
Classe mur brique		21,46	m ²	Mur	par défaut	
Mur enduit		40,31	m ²			
Corniche		39,84	m ²			
Abri enduite		42,35	m ²			

Usages du BIM pour le patrimoine

Systèmes constructifs – préfabrication tous corps d'état

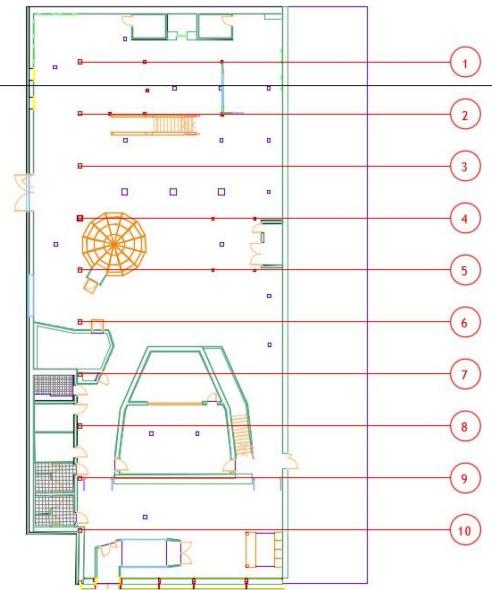
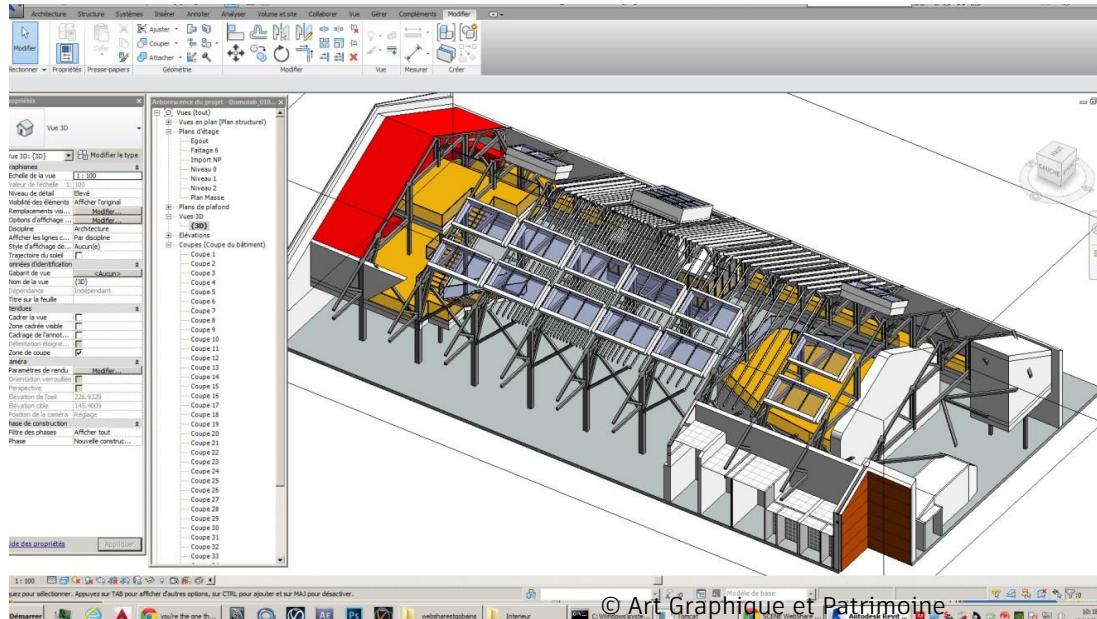
- La numérisation préalable de l'ouvrage permet sa reconstitution à l'identique.
- Elle permet d'anticiper les problématiques de mises en œuvre.



Usages du BIM pour le patrimoine

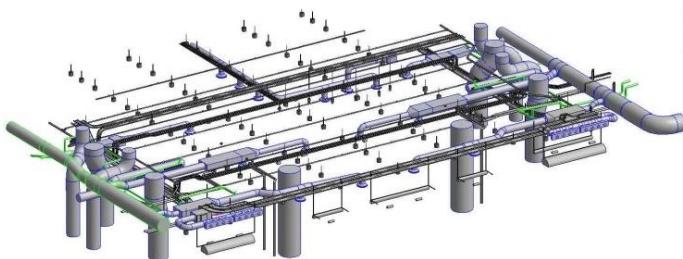
Consolidation des DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) et DIUO (Dossier d'Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage)

- La maquette « tel que construite » conforme à la réalité exécutée, sert de base à la conception d'une nouvelle construction, la restauration, restructuration, la gestion de l'ouvrage neuf ou existant.

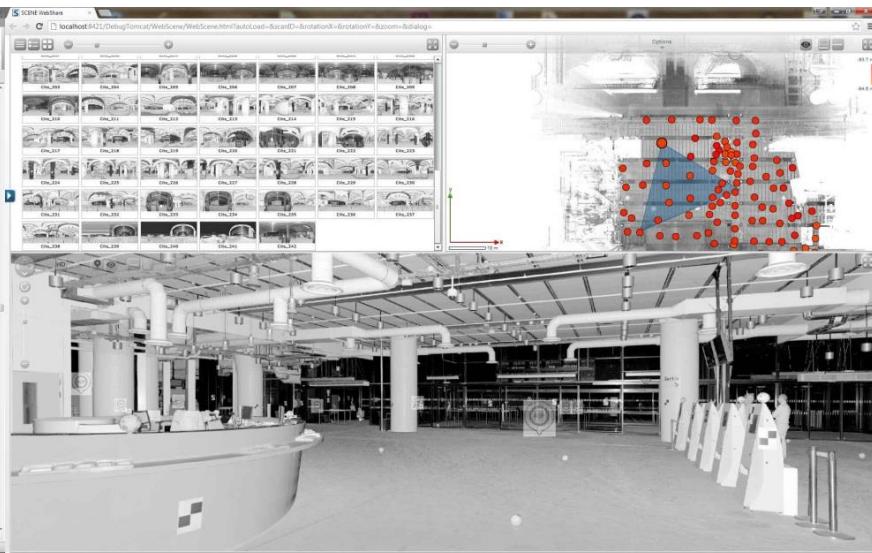
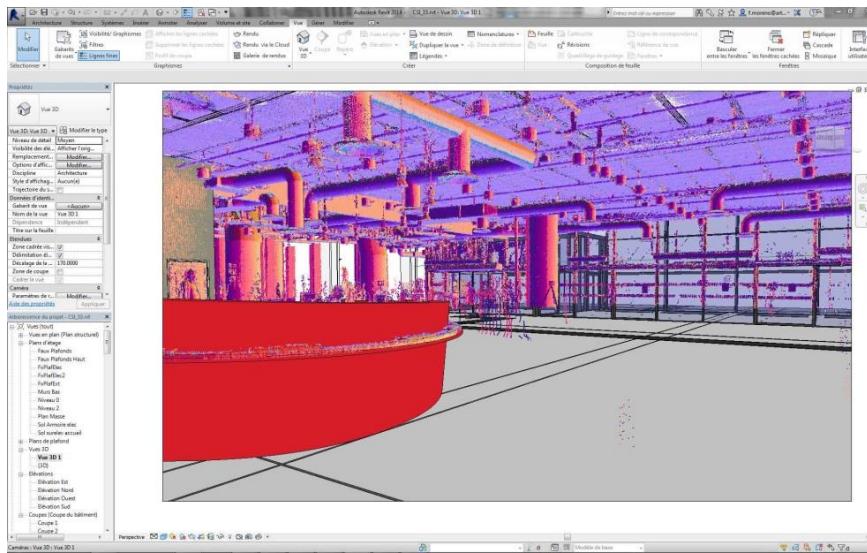


Usages du BIM pour le patrimoine

Gestion des ouvrages et équipements



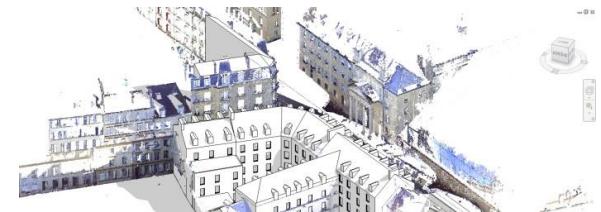
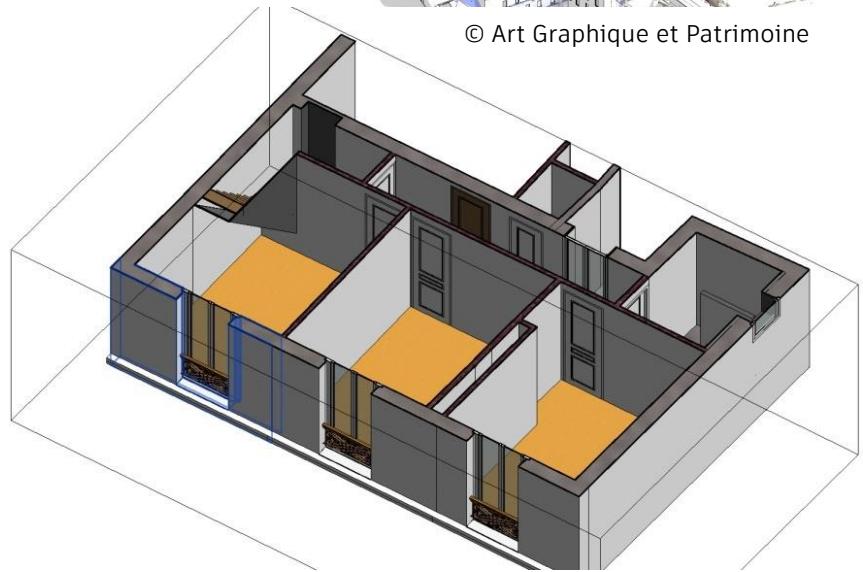
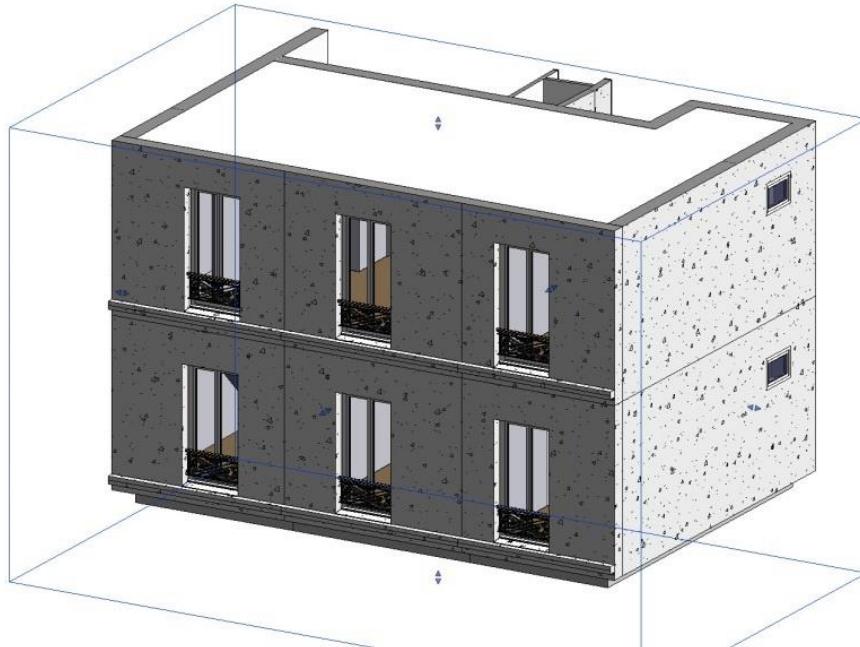
- La maquette comme aide à la décision financière, la planification de l'exploitation à court et long terme, et la génération de planning opérationnel pour les équipes de maintenance.



Usages du BIM pour le patrimoine

Contrôle de conformité aux exigences réglementaires à partir de la maquette BIM

- Le nuage issu de la numérisation des ouvrages mis en œuvre en chantier permet un contrôle de conformité des exécutions.

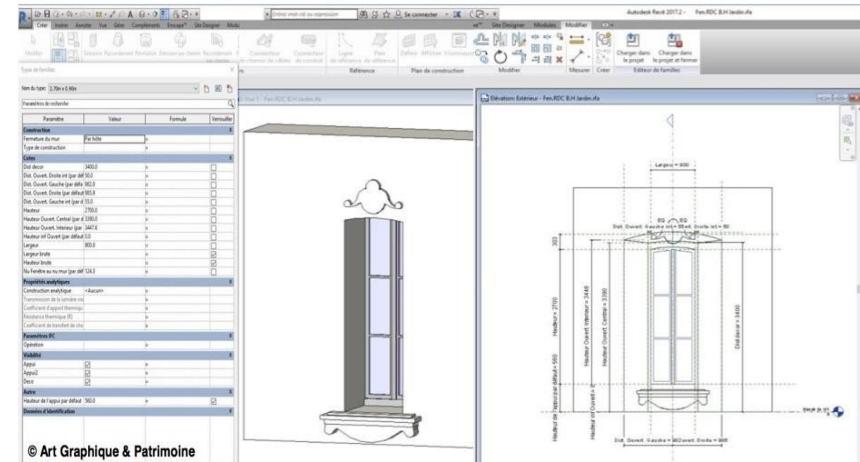
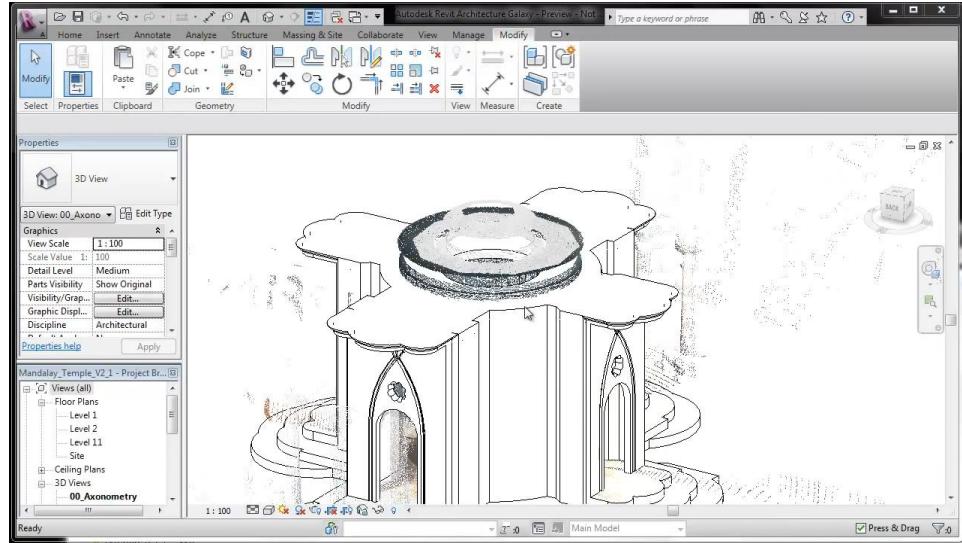


© Art Graphique et Patrimoine

Usages du BIM pour le patrimoine

Modélisation des objets

- La modélisation de familles et d'objets spécifiques est un travail conséquent à valoriser. Dans le cas de déposes d'existantes, les objets pourront être simplifiés et indiqués dans la phase de démolition.

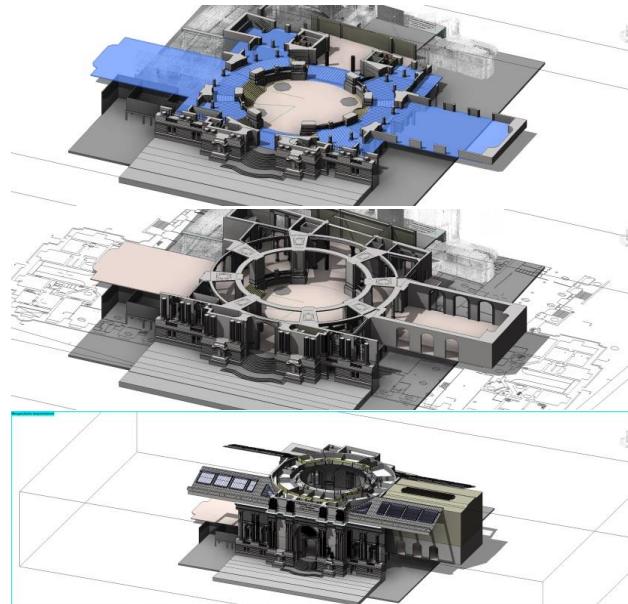
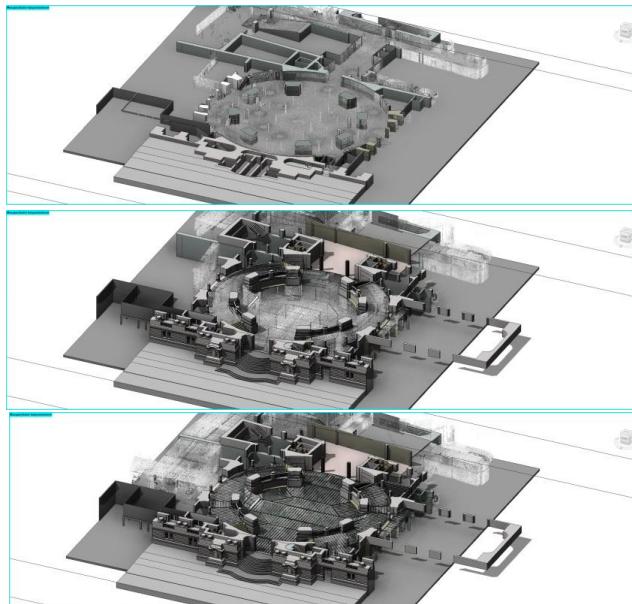


© Art Graphique et Patrimoine

Principes de modélisation et collaboration

Outils génériques, familles externes / in-situ et composants adaptatifs

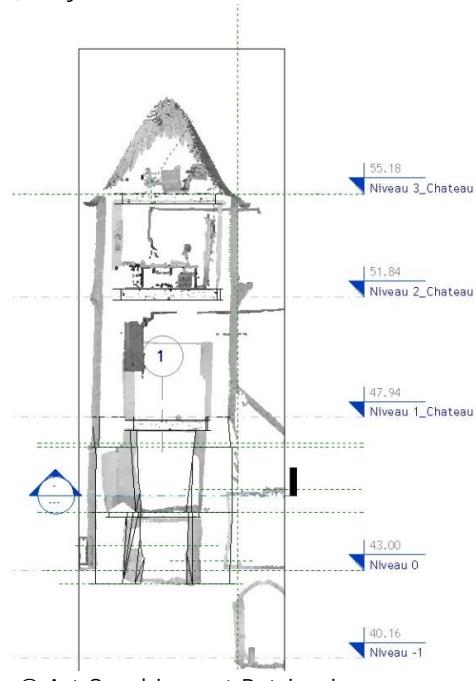
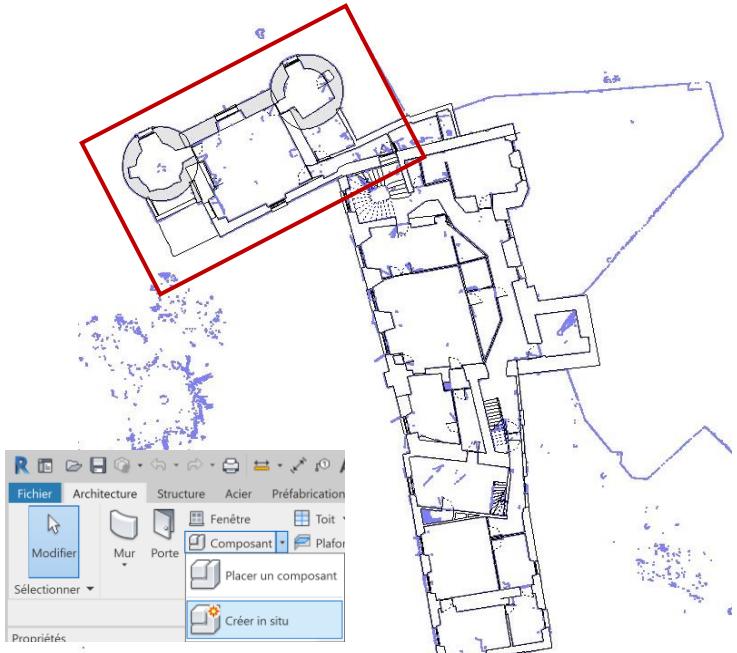
- A l'instar d'un chantier de construction, la maquette BIM s'érige niveau par niveau.
- Peut être réalisée de manière synchronisée par plusieurs dessinateurs en même temps. On utilise pour cela les sous-projets (équivalents des calques) permettant d'isoler des lots spécifiques (architecture, structure, ouvertures...) personnalisables.



Principes de modélisation et collaboration

Distinction externe / in situ / composants adaptatifs

- Le BIM projet servant à la maîtrise d'œuvre exige une précision satisfaisante de départ.
- Des outils de modélisation dits « in situ » servent à rendre compte des déformations, faux-équerres, faux aplombs, formes complexes, asymétries.



Principes de modélisation et collaboration

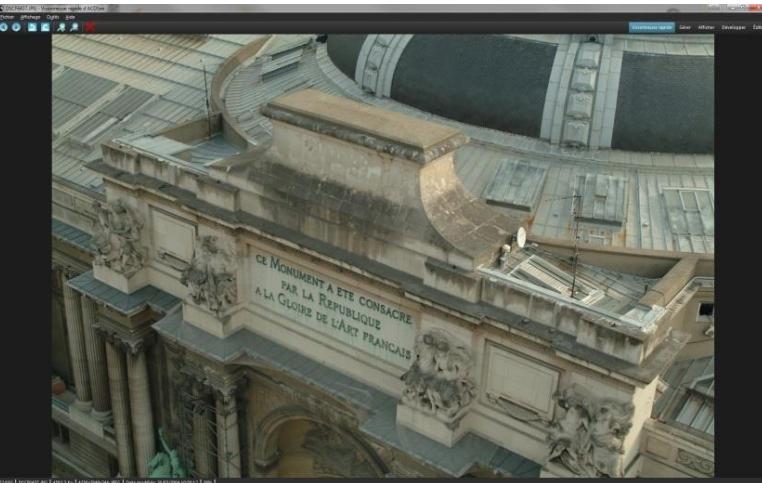
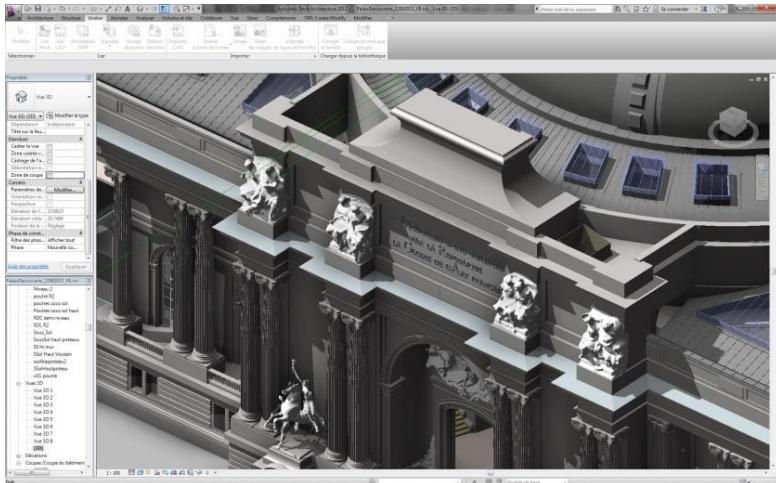
Objets spécifiques : sculptures, ornementations

Points-clés :

- Les maillages sont importés dans le modèle BIM et fonctionnent comme des références externes dans AutoCAD.
- Ils donnent un aperçu davantage réaliste de l'ouvrage.



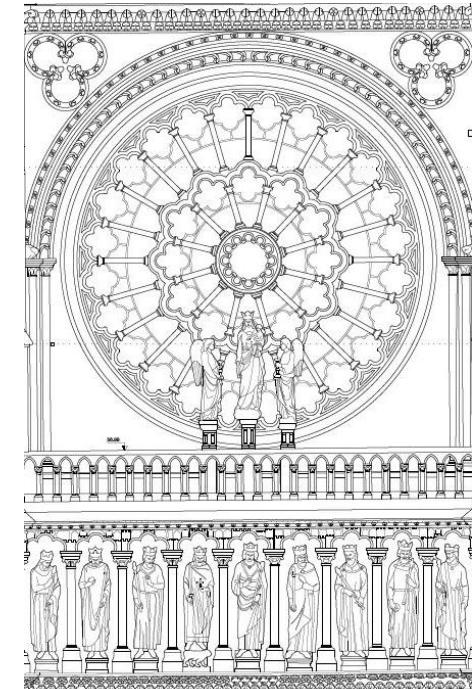
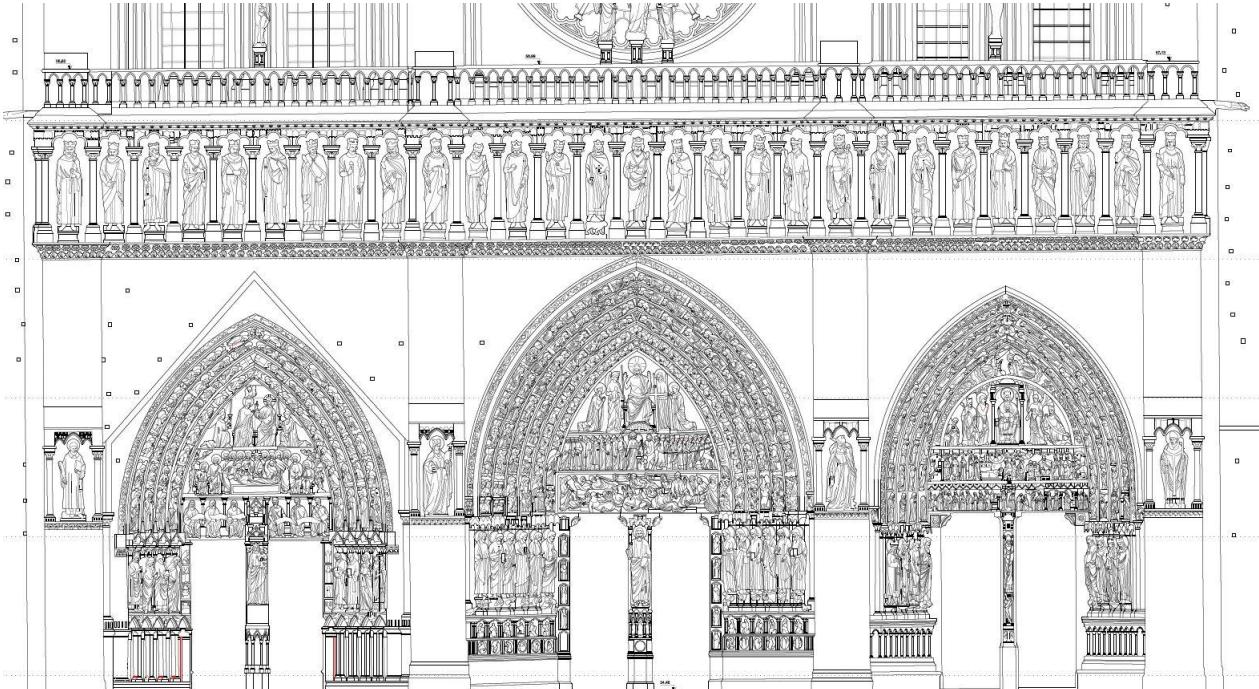
Objets spécifiques : sculptures, ornementations



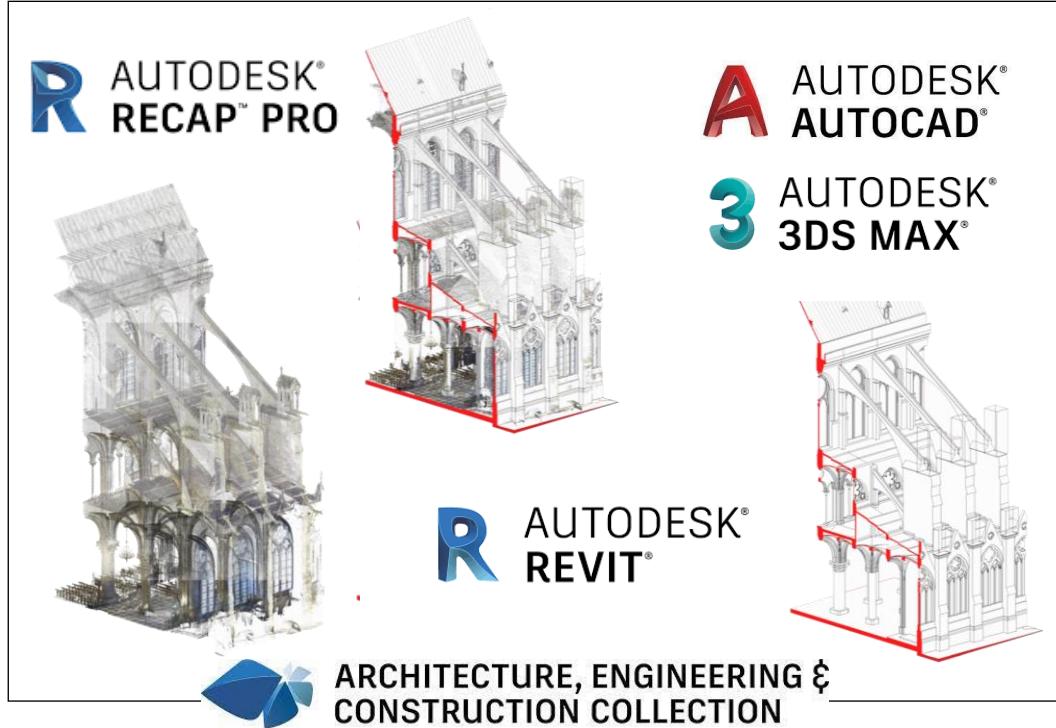
Usages du BIM pour le patrimoine

Documentation des monuments historiques

- Extraction des documents de type plans, coupes, façades, sections, détails pour une représentation fidèle du monument.



Flux de production type de rétro-conception



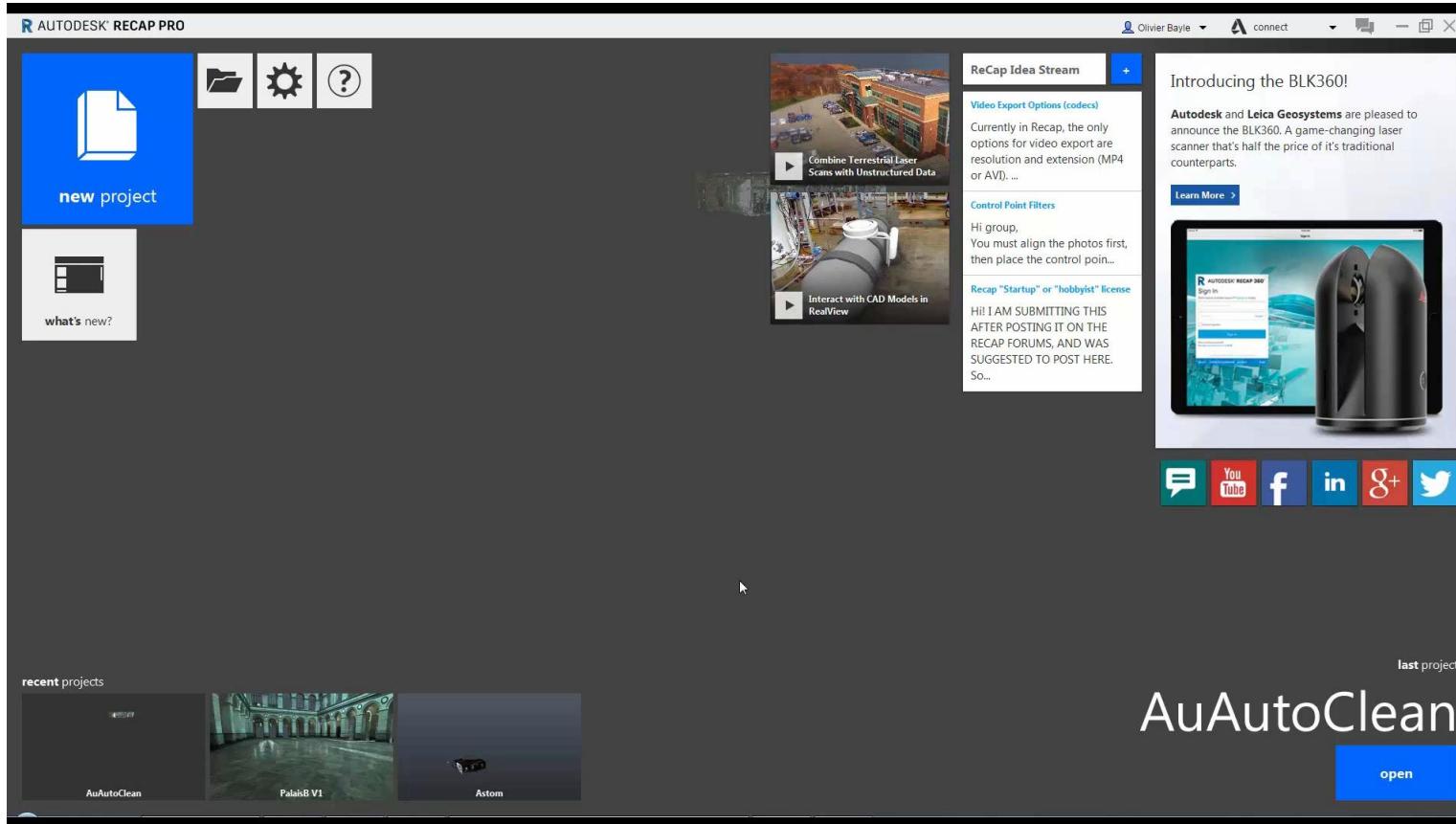
CAPTURER

MODELISER

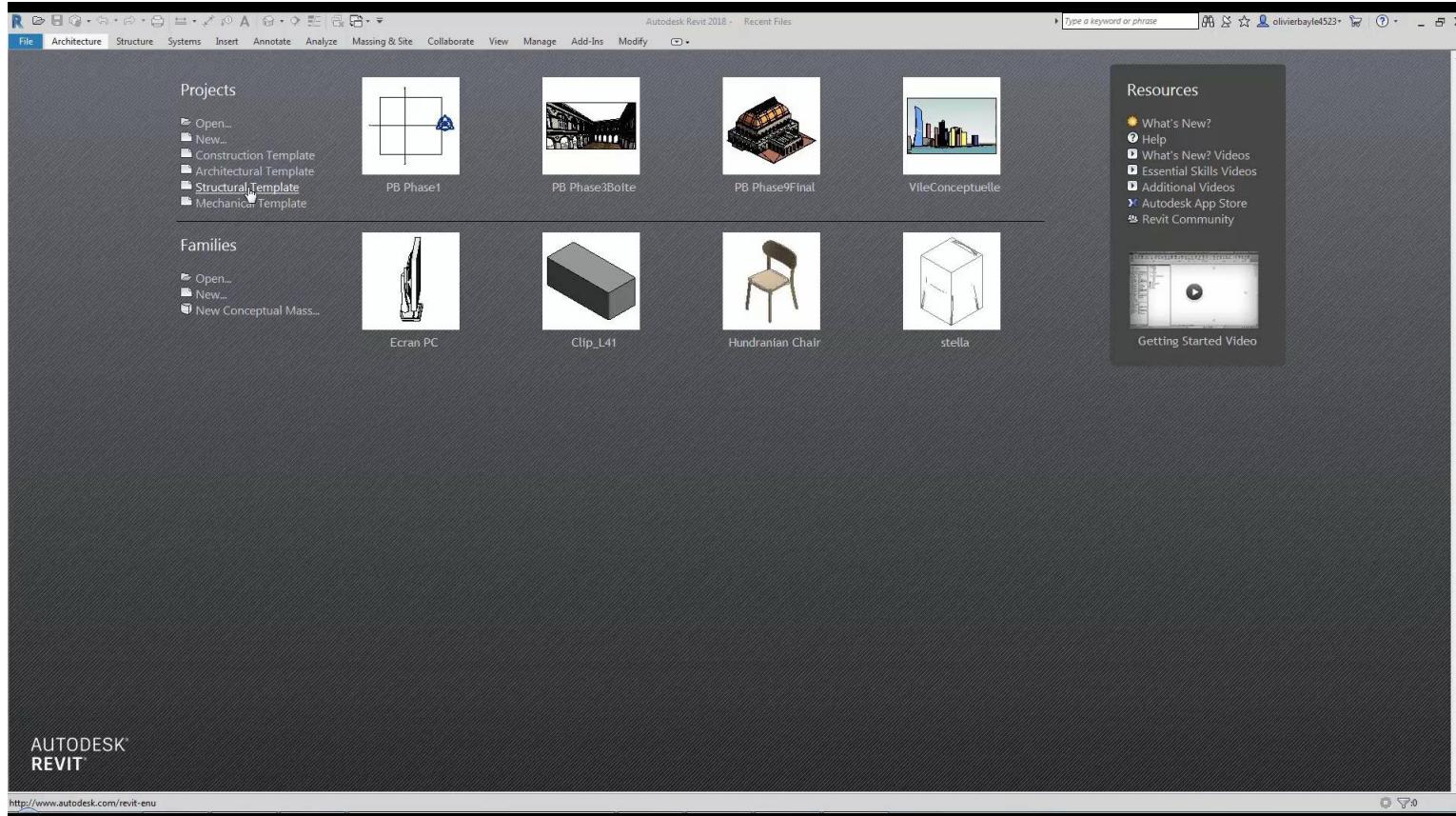
CREER

VISUALISER

Rétro-conception – Scan des conditions existantes

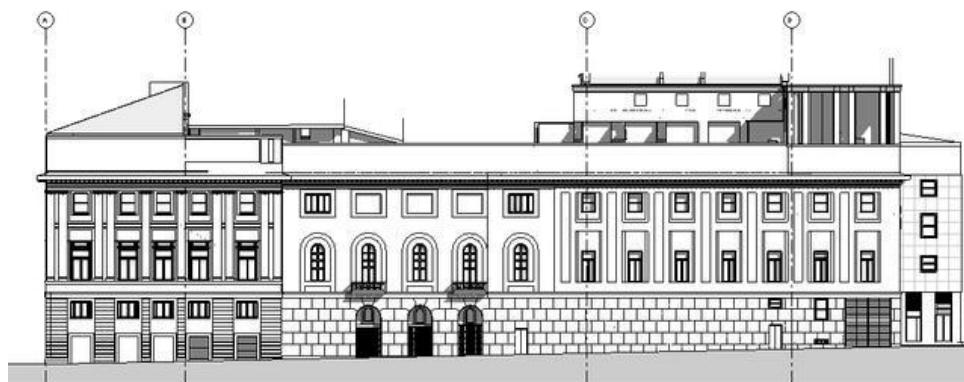
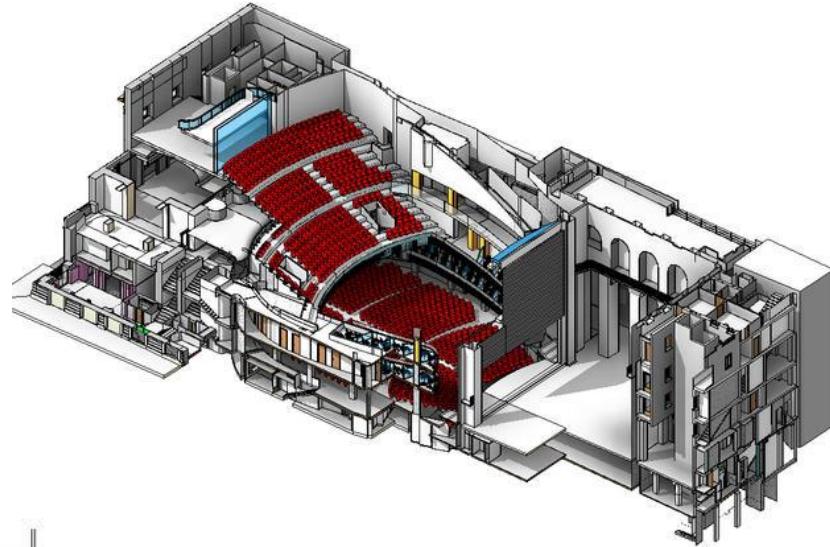


Rétro-conception – Modélisation paramétrique



AUTODESK
REVIT™

Rénovation du Teatro Lirico di Milano (18ème siècle)

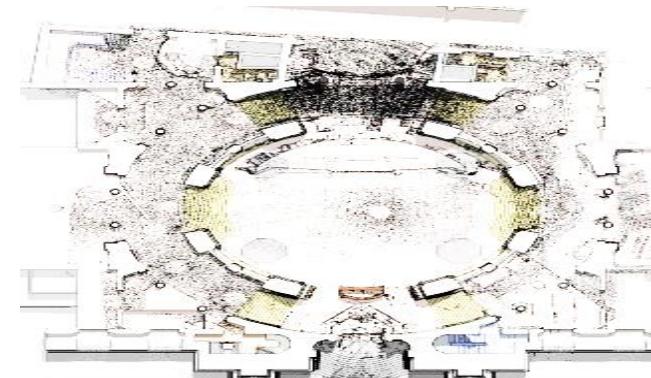
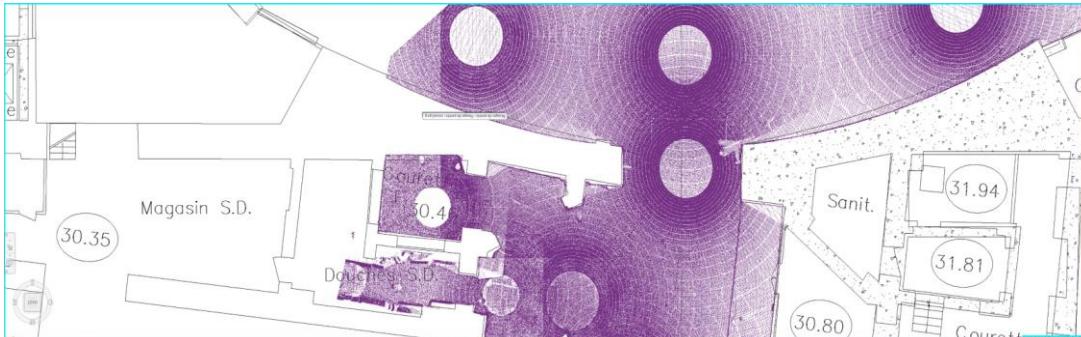
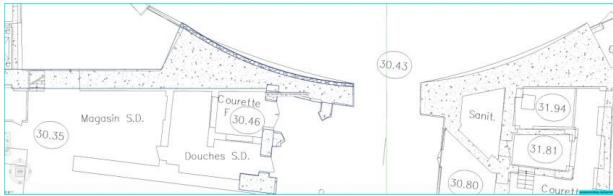


Grâce à un scanner laser placé au centre du théâtre, une équipe technique a pu capturer tous les détails de la géométrie en seulement **quatre jours**, y compris les zones les plus sombres et cachées, telles que les cabines d'essayage sous les escaliers et les cavités. L'équipe technique a créé **550 nuages de points avec plus de 10 milliards de points**. En utilisant une méthode de balayage traditionnelle, il n'aurait été possible de détecter que 1 500 les concepteurs auraient été confrontés à des défis supplémentaires en raison de la structure complexe du théâtre d'une autre époque.

Retours d'expériences

Principaux risques et freins rencontrés dans la rétro-conception

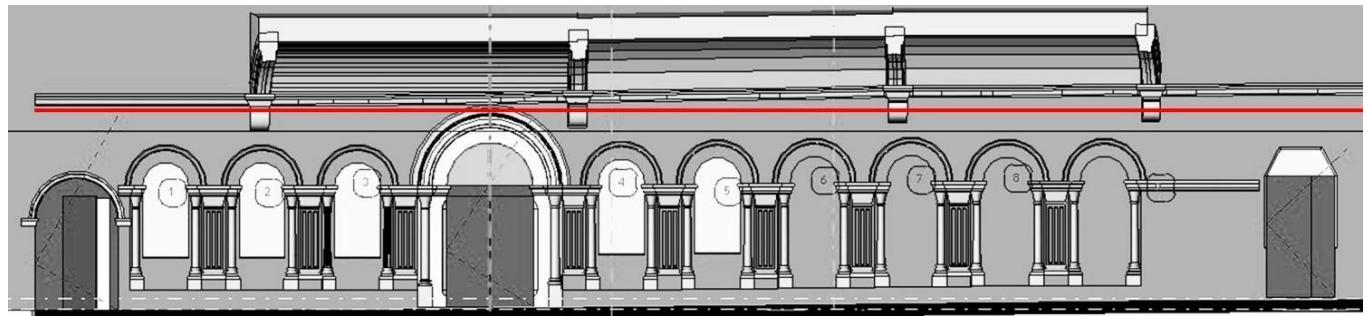
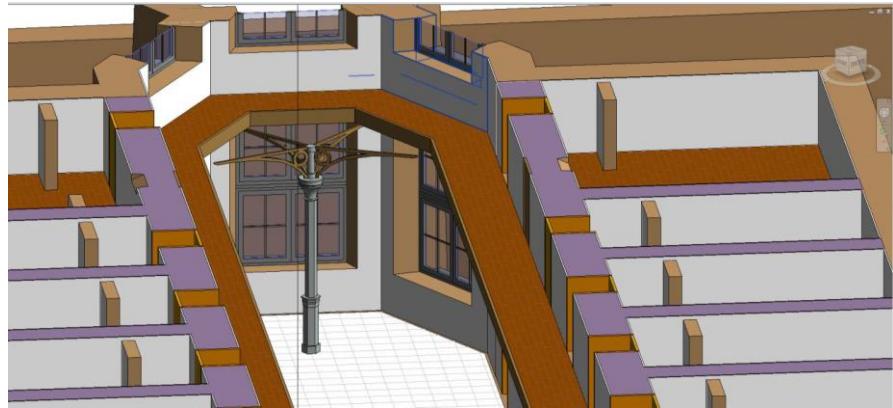
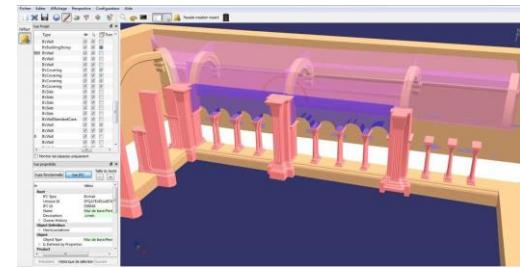
- La précision du relevé en nuage de points est primordiale ! Servant de base aux restitutions 2D ou 3D, il ne peut supporter l'approximation.
- Le nuage réalisé avant, pendant ou après travaux sert de support de contrôle des plans existants, de vérification des exécutions.



Retours d'expériences

Principaux risques et freins rencontrés dans la rétro-conception

- Les outils de modélisation ne permettent pas toutes les géométries ! Dans le cas de déformations ou dégradations, il vaut mieux représenter la meilleure géométrie inscrite et compenser par des renseignements en attributs. L'objectif est de transmettre l'information et de trouver un moyen satisfaisant (2D, ortho-images...).

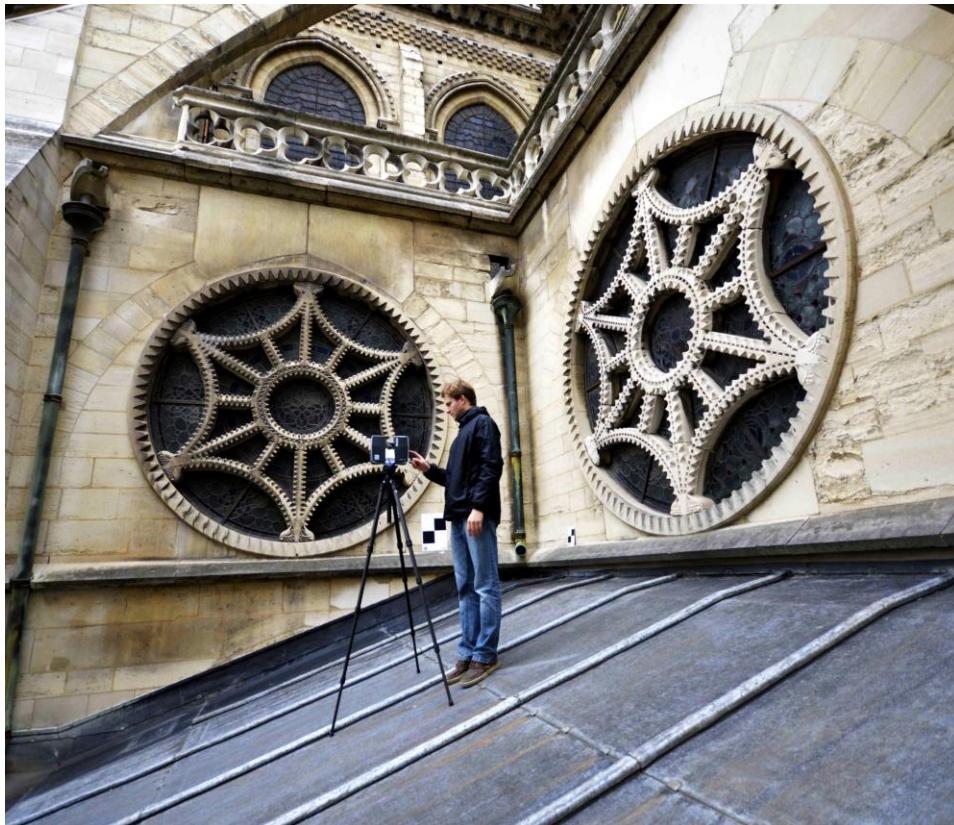


Relevé 3D de la Cathédrale Notre-Dame de Paris

Mission de relevé des toitures - 2016

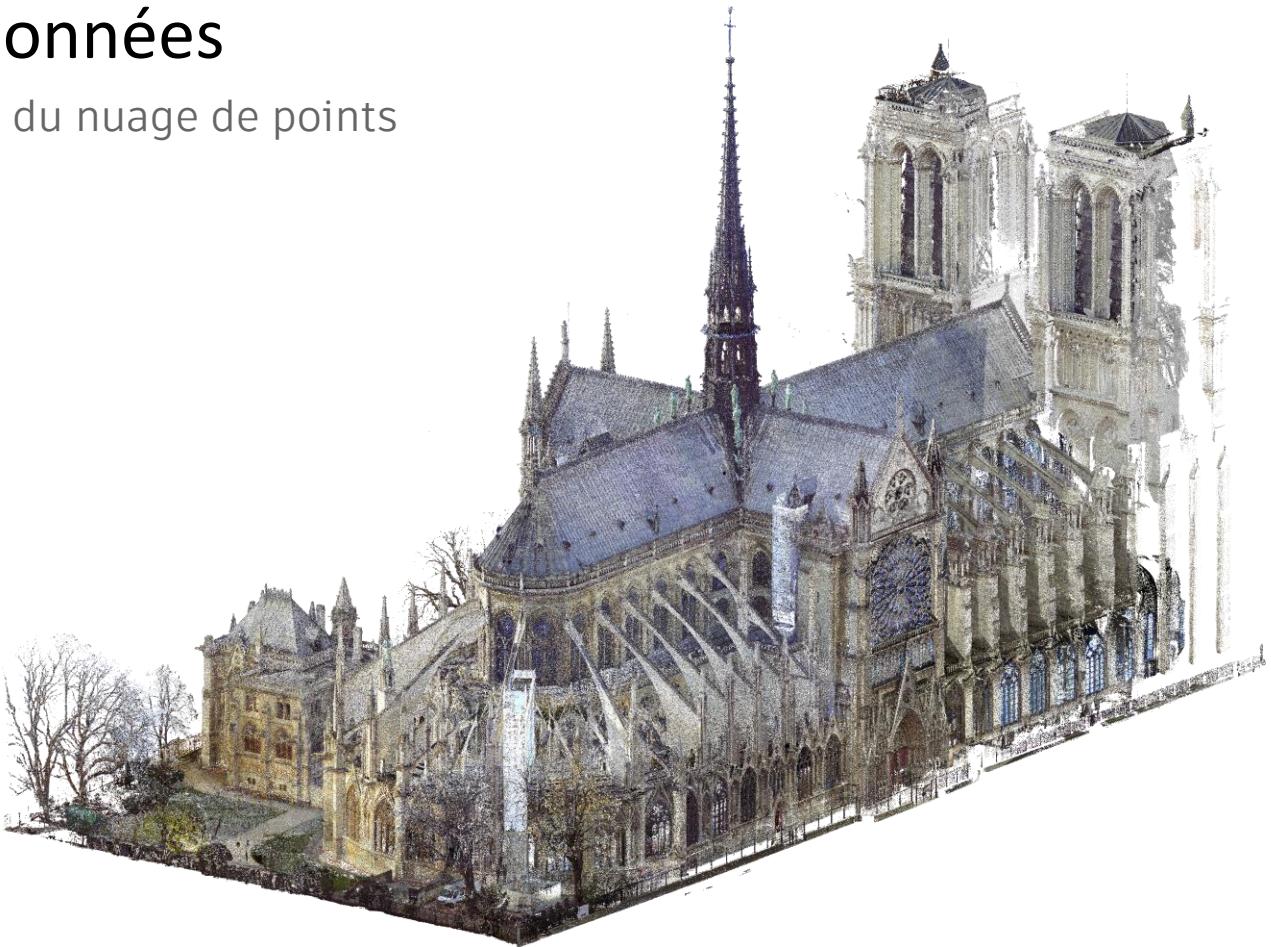
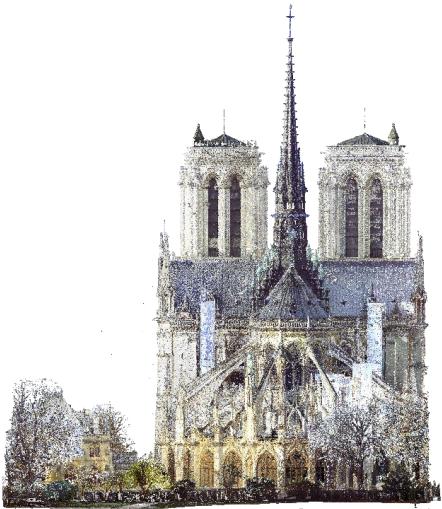
Le relevé 3D

La phase d'acquisition des données



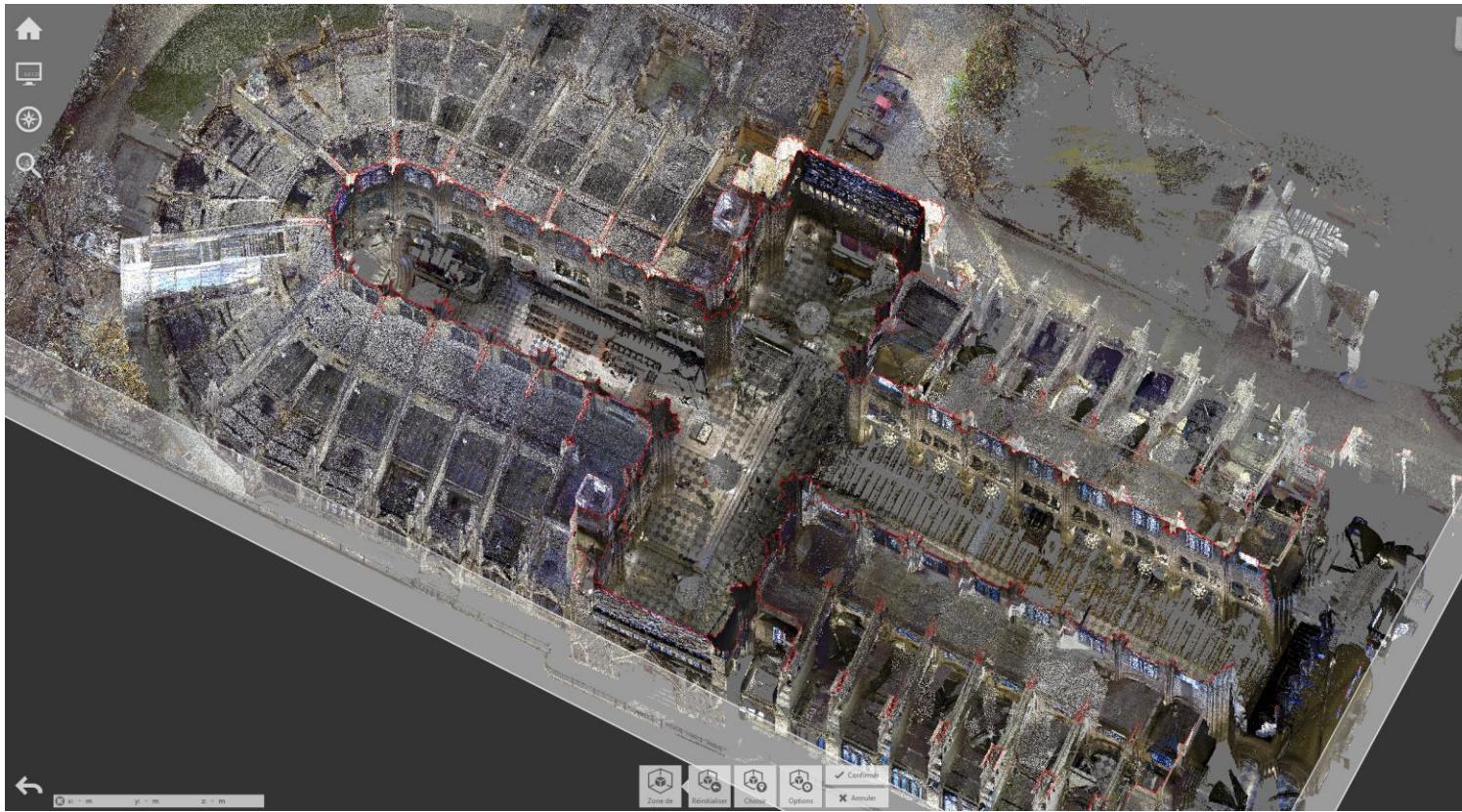
Traitements des données

Assemblage et nettoyage du nuage de points



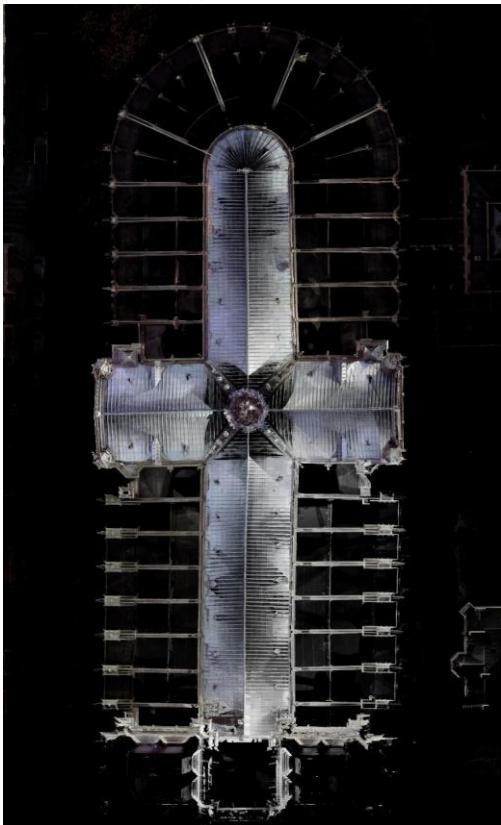
Traitements des données

Assemblage et nettoyage du nuage de points



Développement d'outils d'analyses

Ortho-images



Relevé 3D de la Cathédrale Notre-Dame de Paris

Mission de relevé 3D après incendie du 15 avril 2019

Le relevé 3D

la phase d'acquisition des données



© Art Graphique et Patrimoine

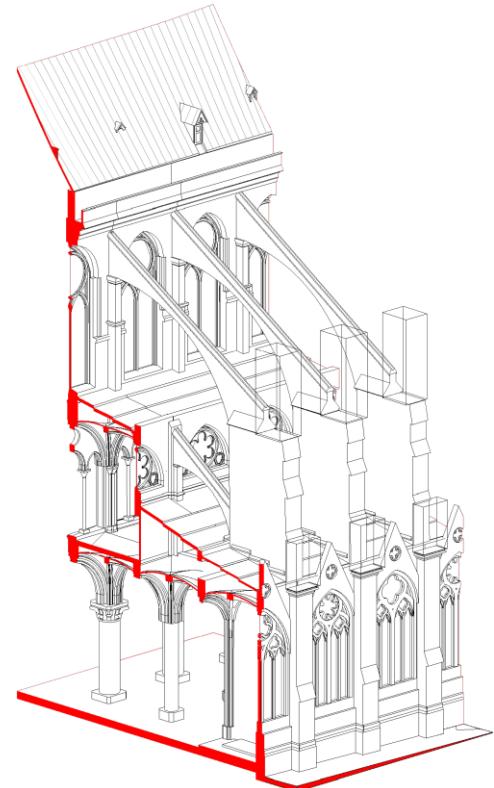
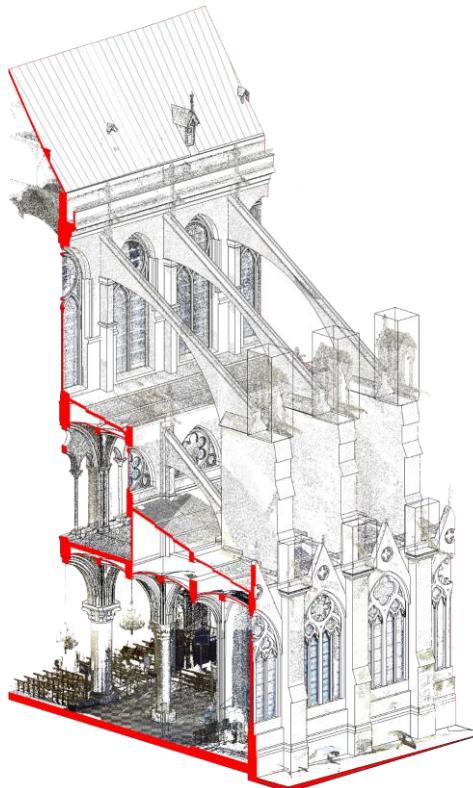
Traitements des données

Assemblage et nettoyage du nuage de points



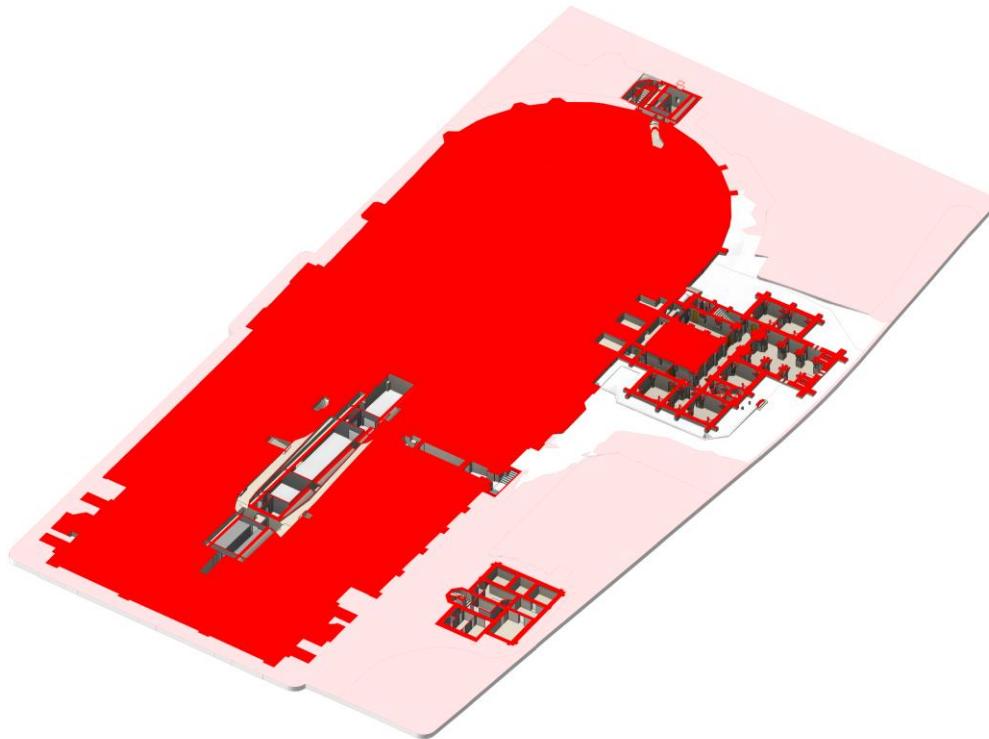
Modélisation BIM en rétro-conception

Interprétation du nuage de points avant incendie pour la modélisation



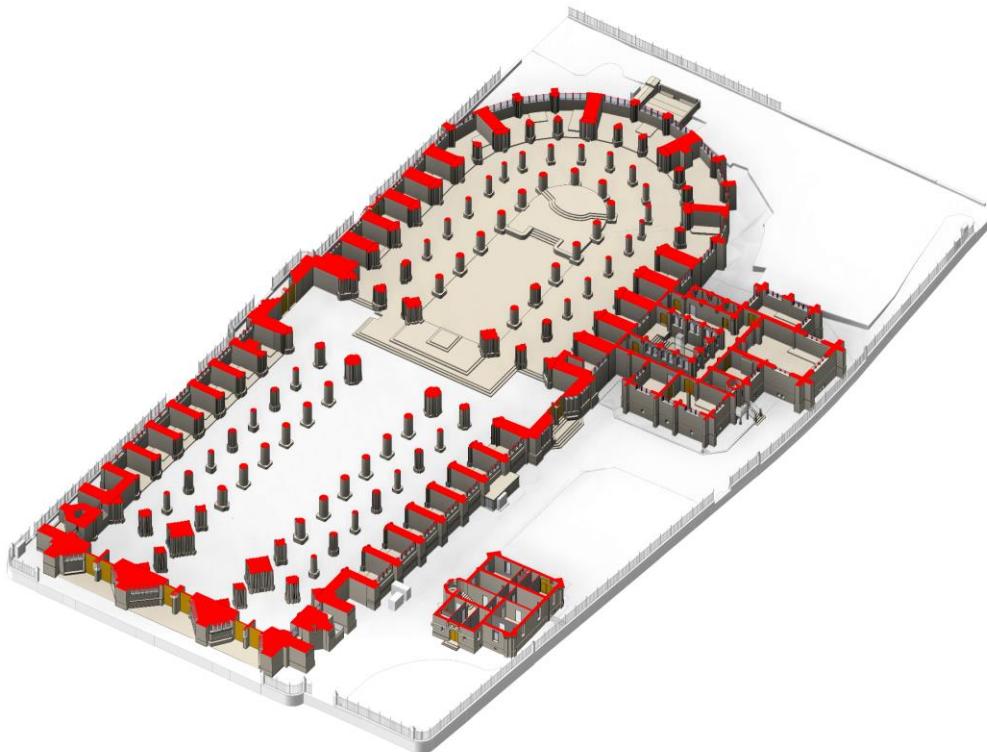
La maquette BIM

Le résultat



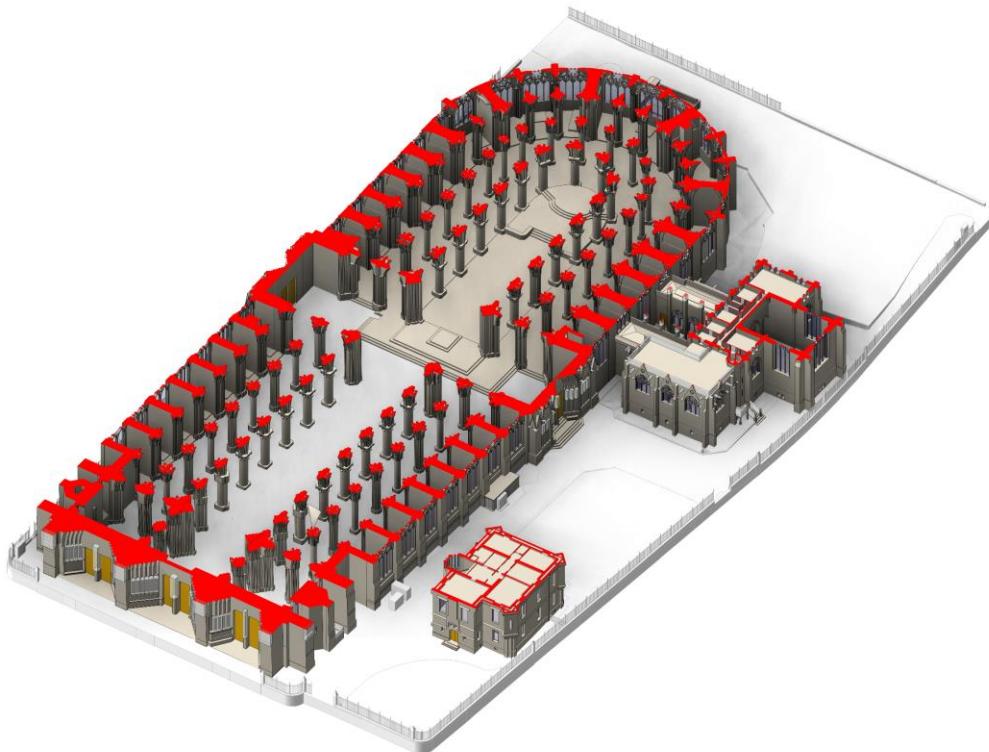
La maquette BIM

Le résultat



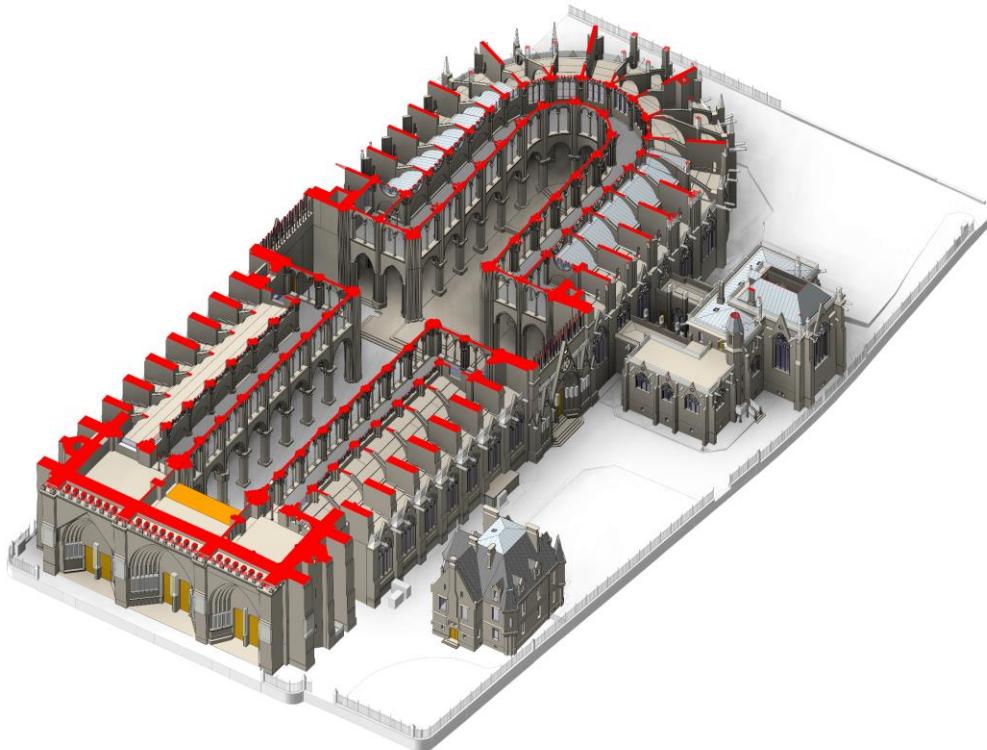
La maquette BIM

Le résultat



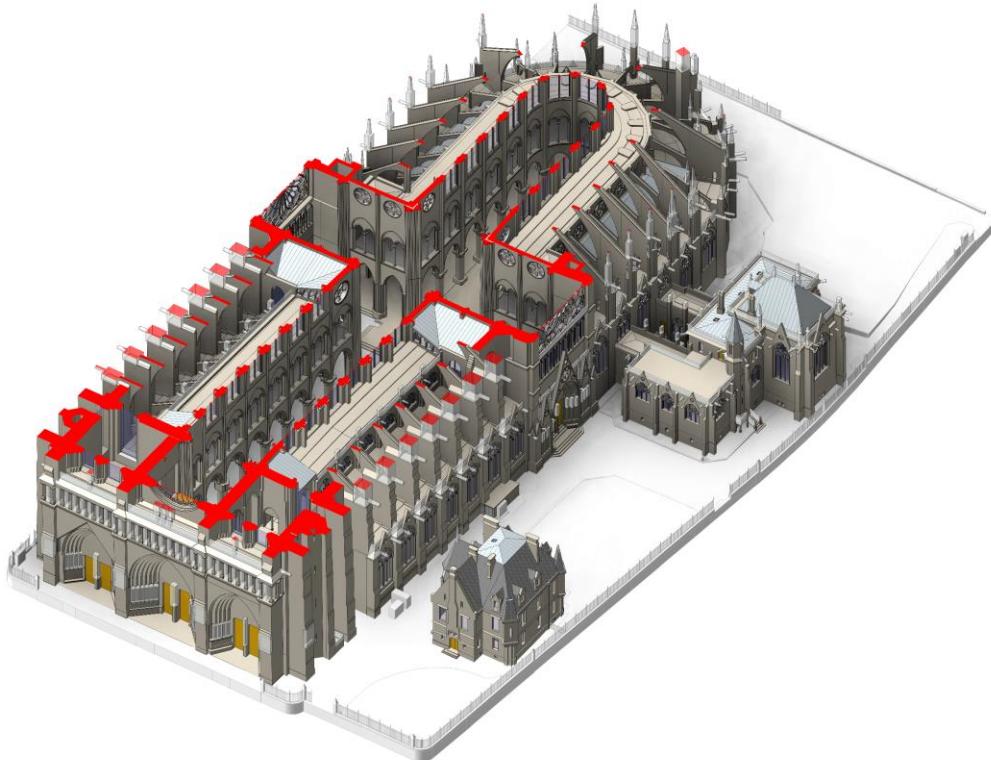
La maquette BIM

Le résultat



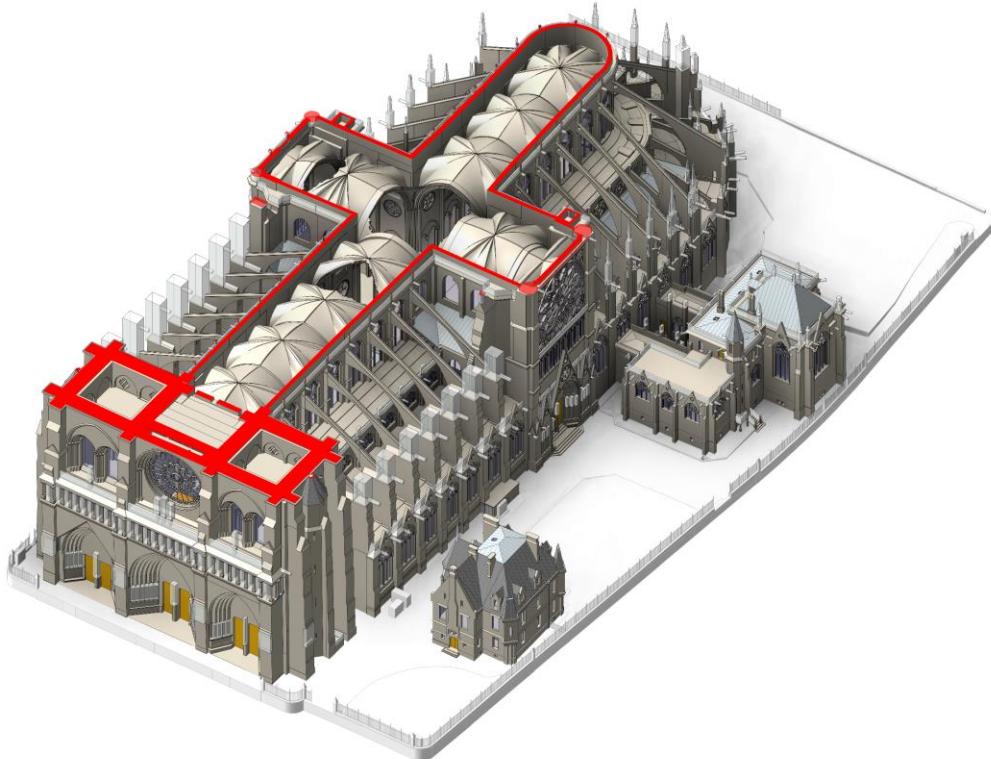
La maquette BIM

Le résultat



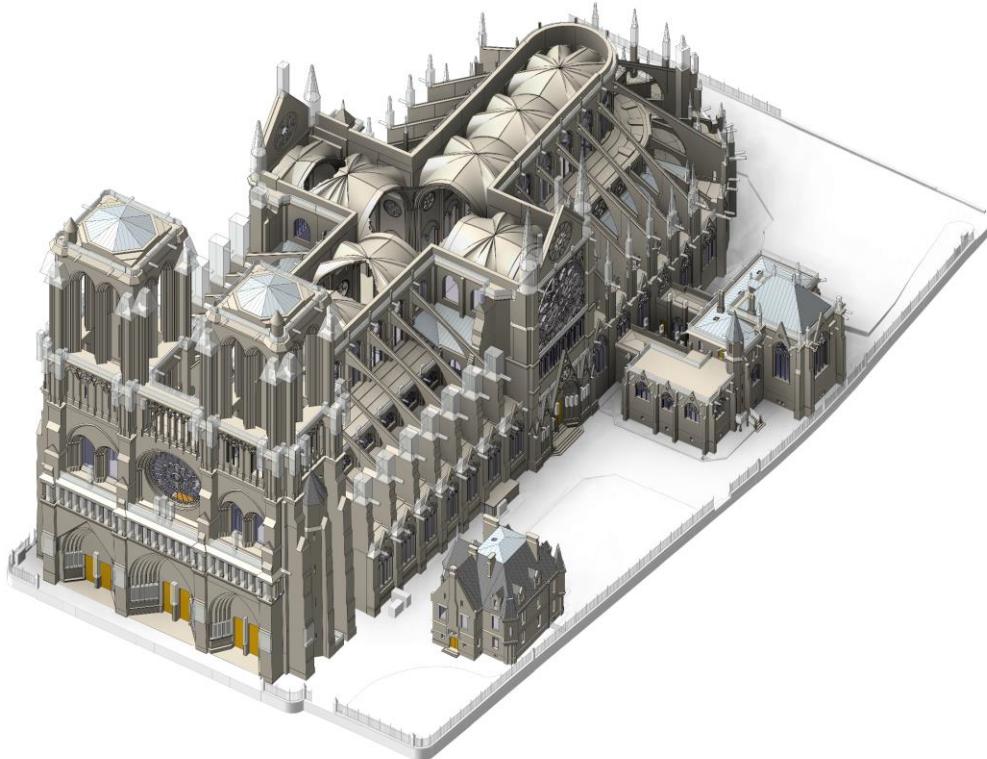
La maquette BIM

Le résultat



La maquette BIM

Le résultat



La maquette BIM

Exploiter les informations



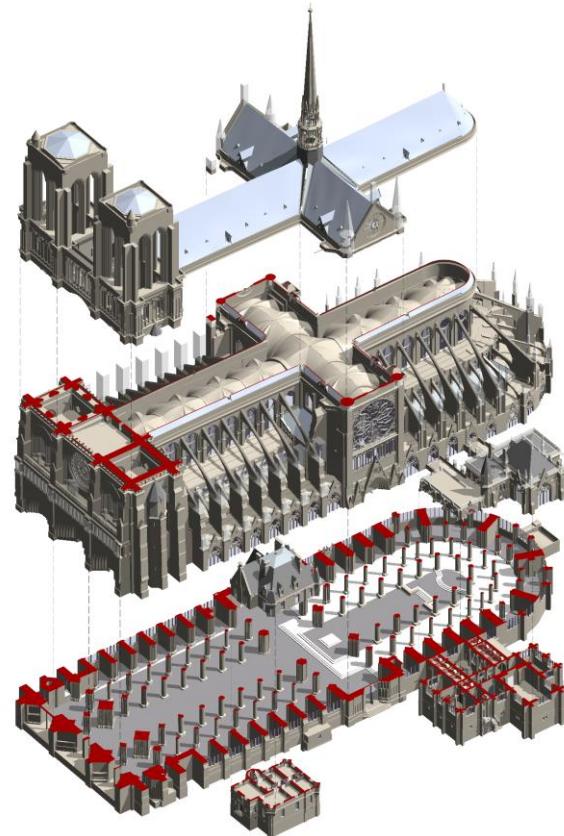
MAQUETTE STRUCTURELLE

PRÉCISION : 1-4cm sur le nuage de points

LoD : 300

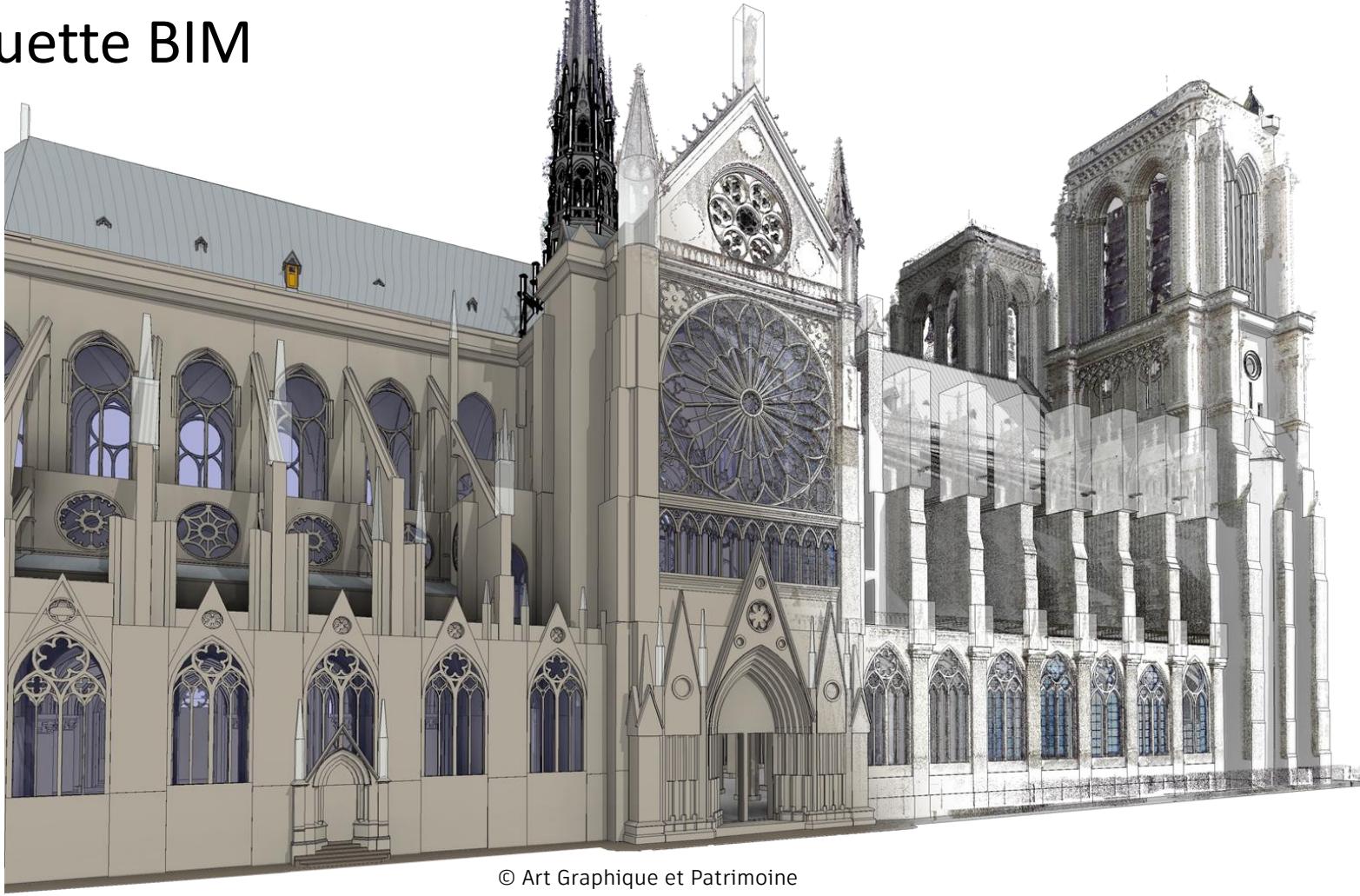
INFORMATIONS EXTRAITES DE LA MAQUETTE :

- 30 028 m³ de murs en pierre
- 3 925 m² de toiture en plomb
- 186 voûtes
- 12,80 m diamètre du Rose Nord
- 13,10 m diamètre du Rose Sud



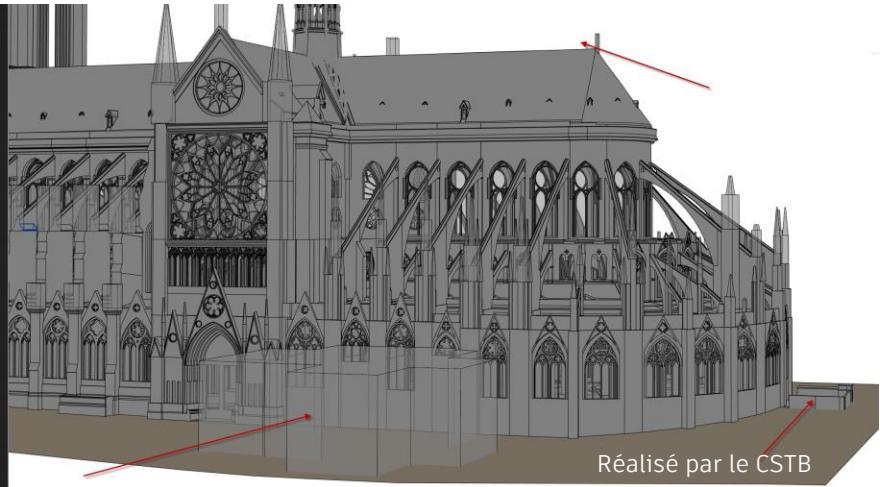
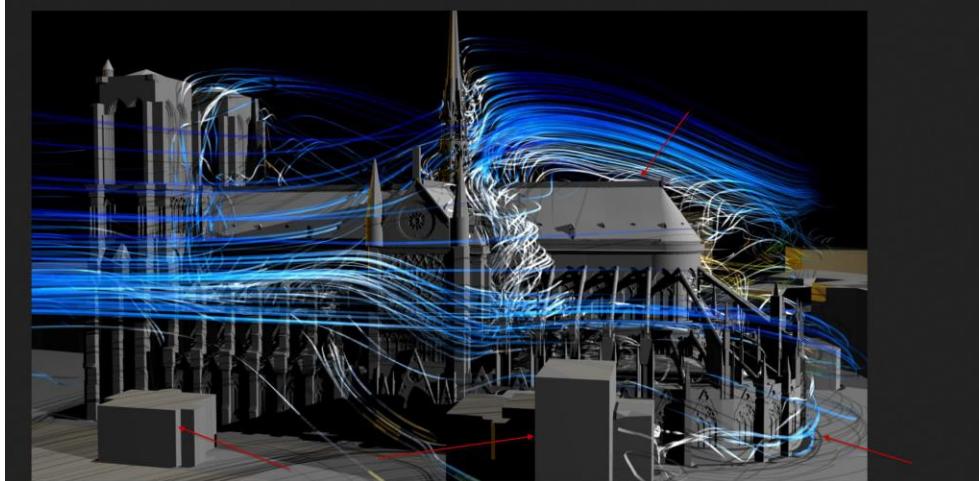
La maquette BIM

Le résultat



Usages du BIM pour le patrimoine

Simulations CFD diverses – Etudes au vent



Réalisé par le CSTB

Sur la base du modèle BIM

Usages du BIM pour le patrimoine

Impression 3D

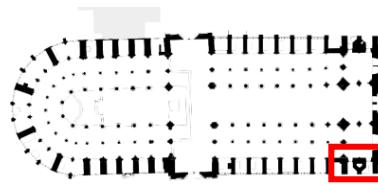
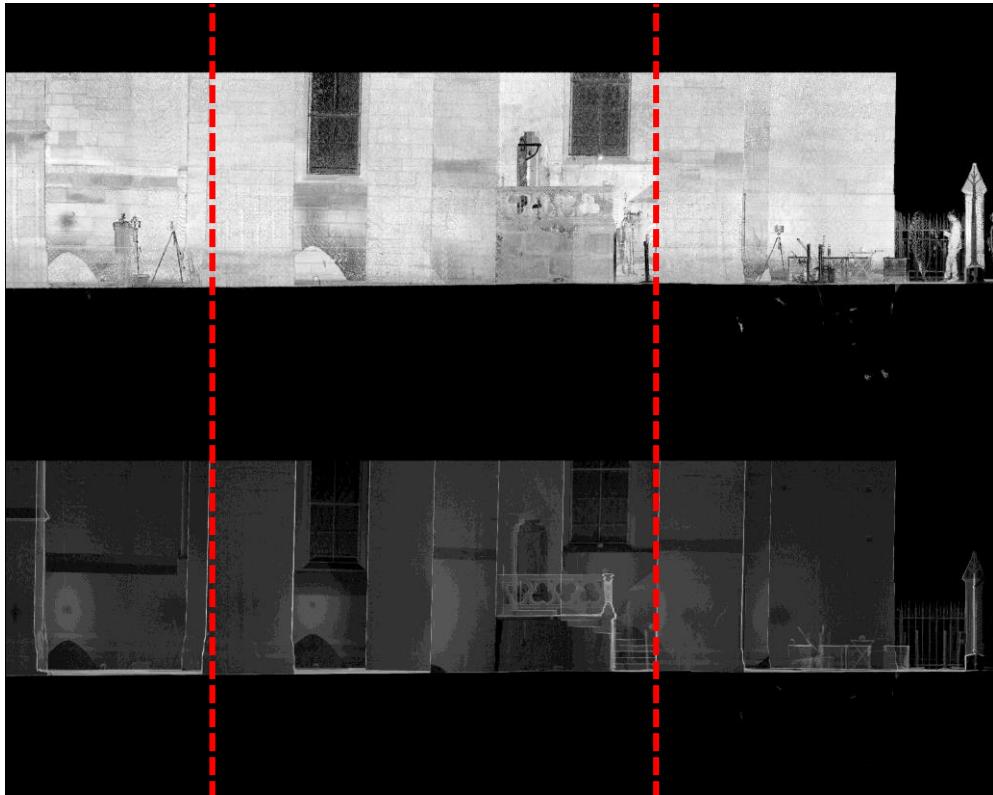


Réalisé par le CSTB

Sur la base du modèle BIM

La maquette BIM

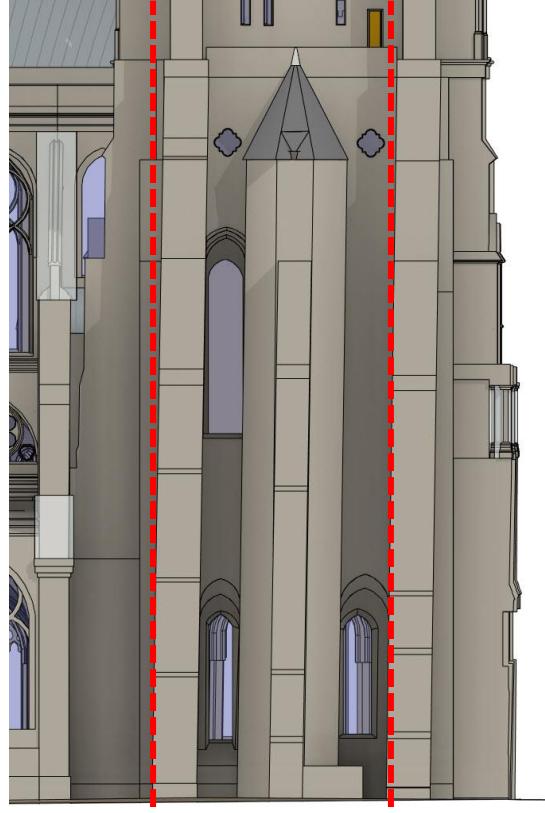
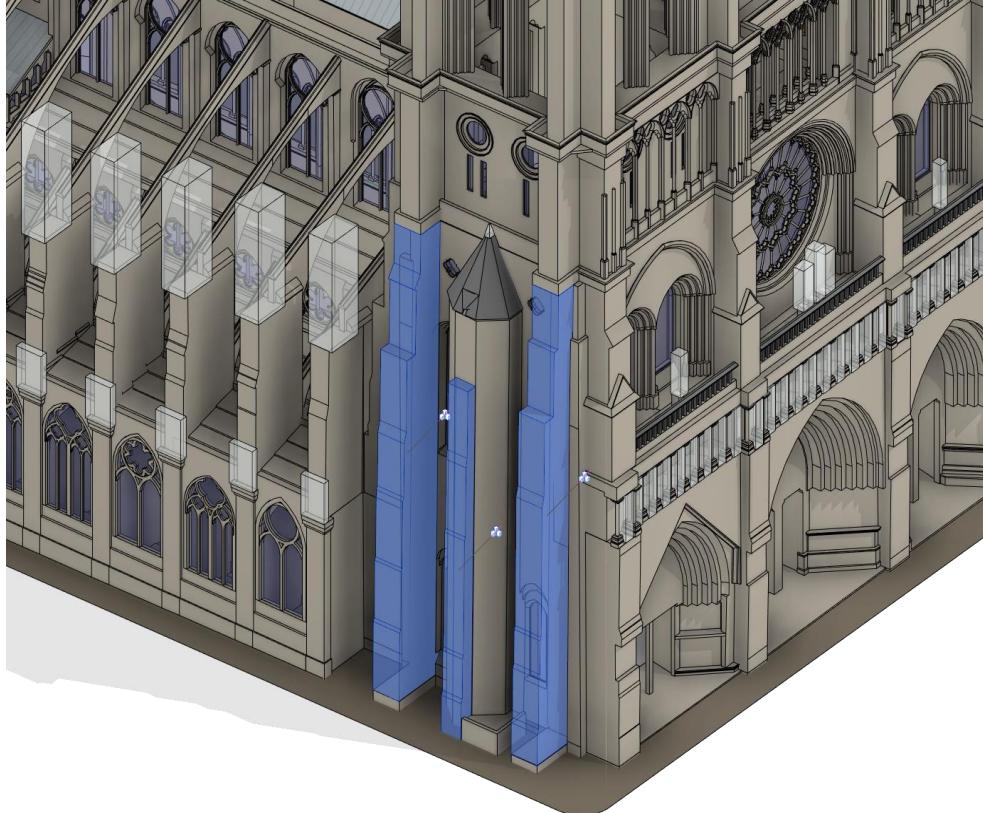
Les défis



La maquette BIM

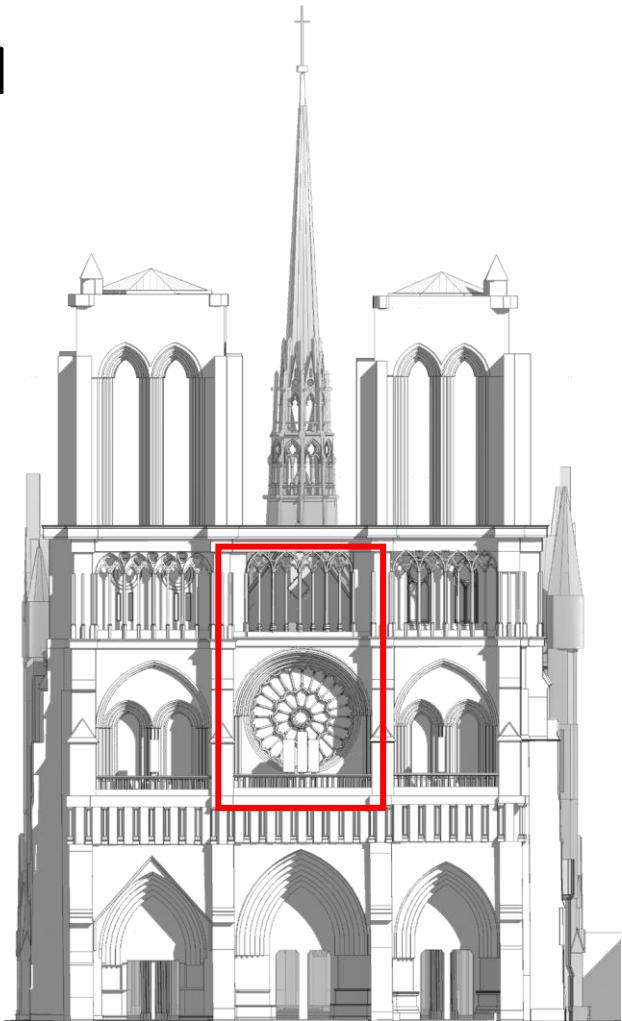
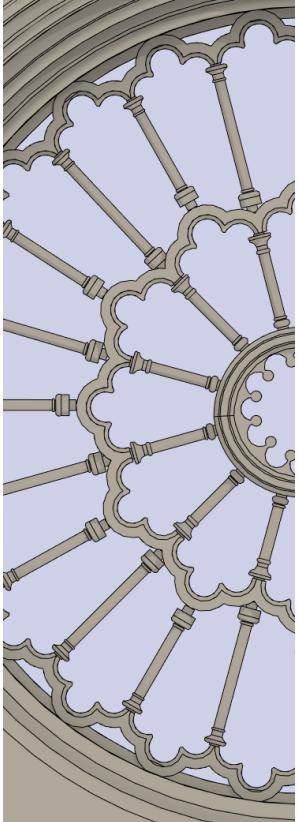
Les solutions

- Tour Nord



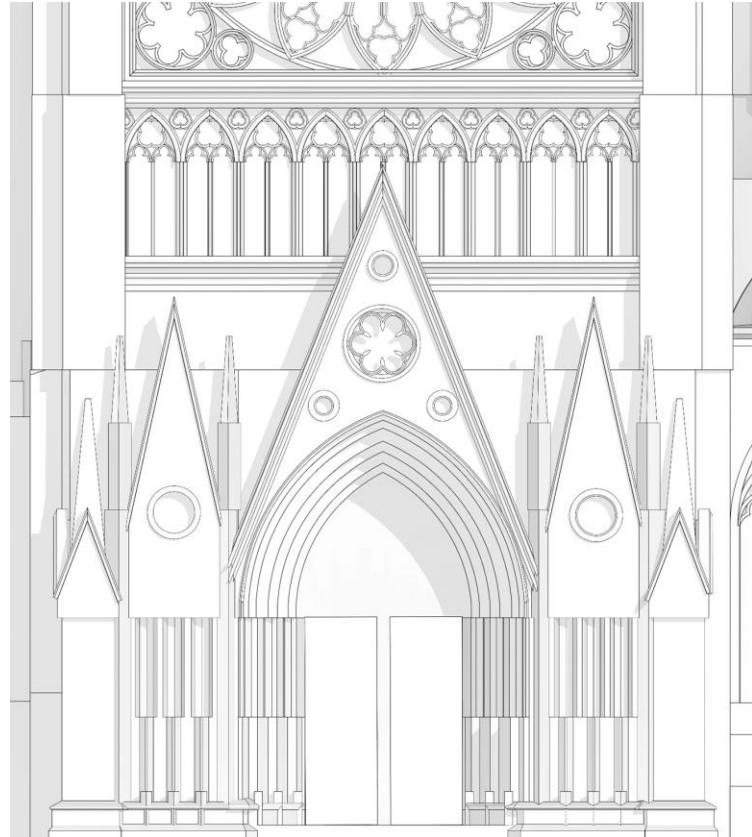
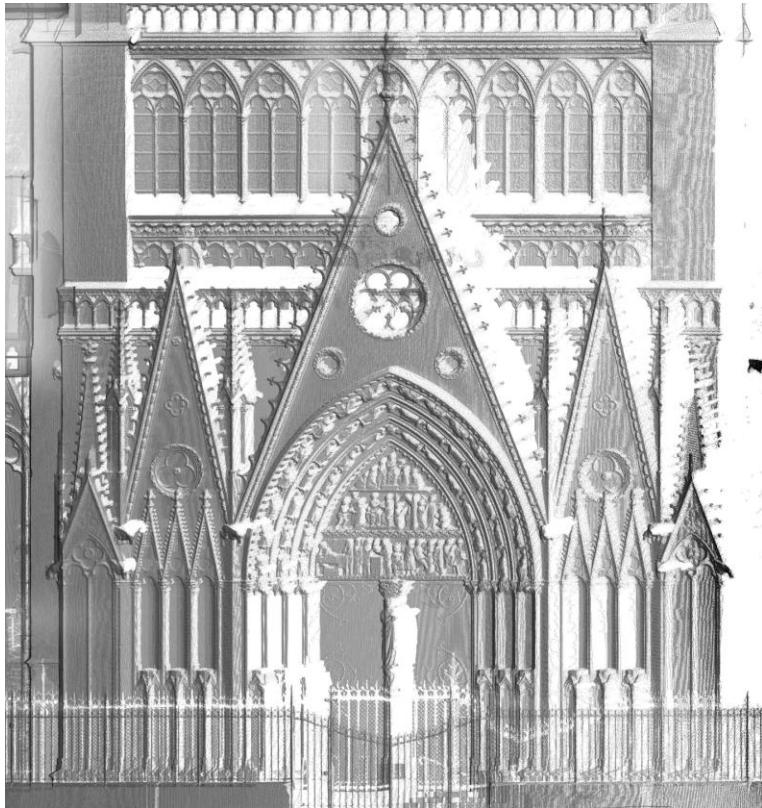
Maquette BIM

Façade ouest



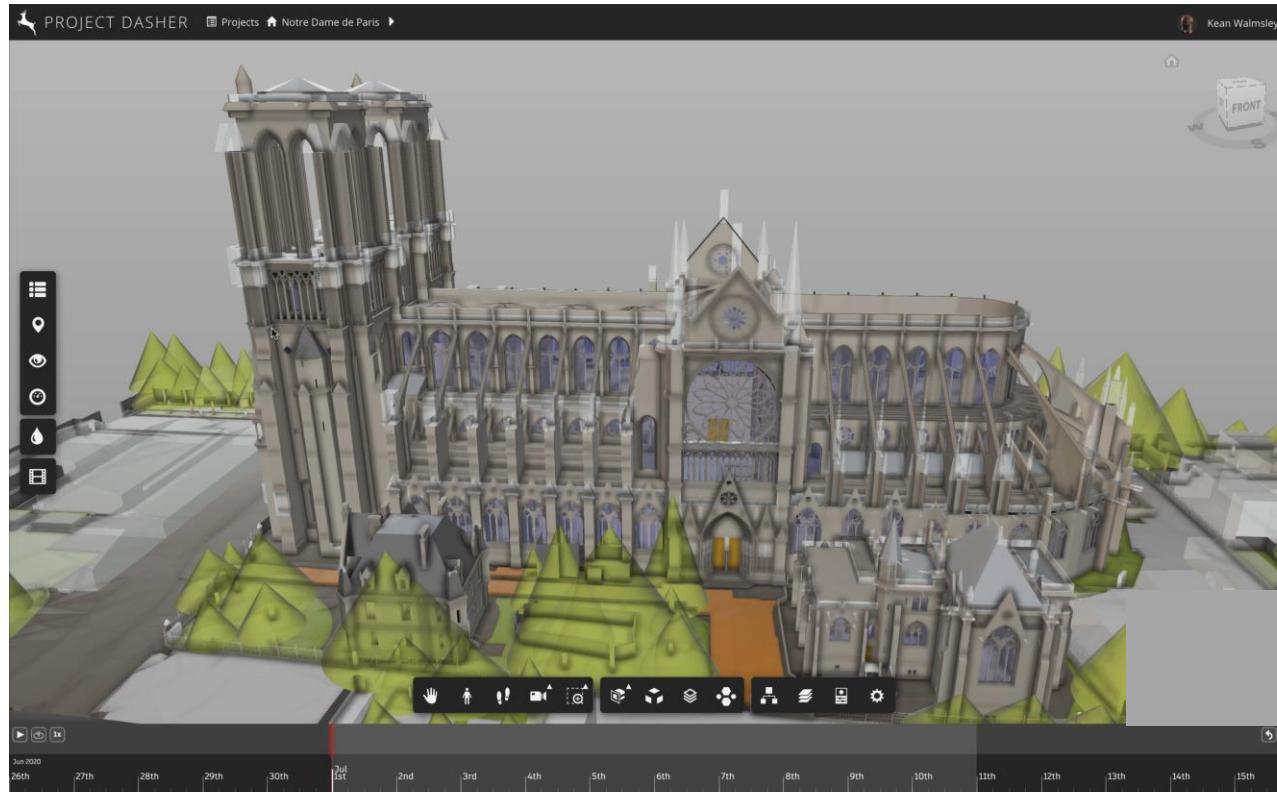
BIM – Interpréter et simplifier la réalité

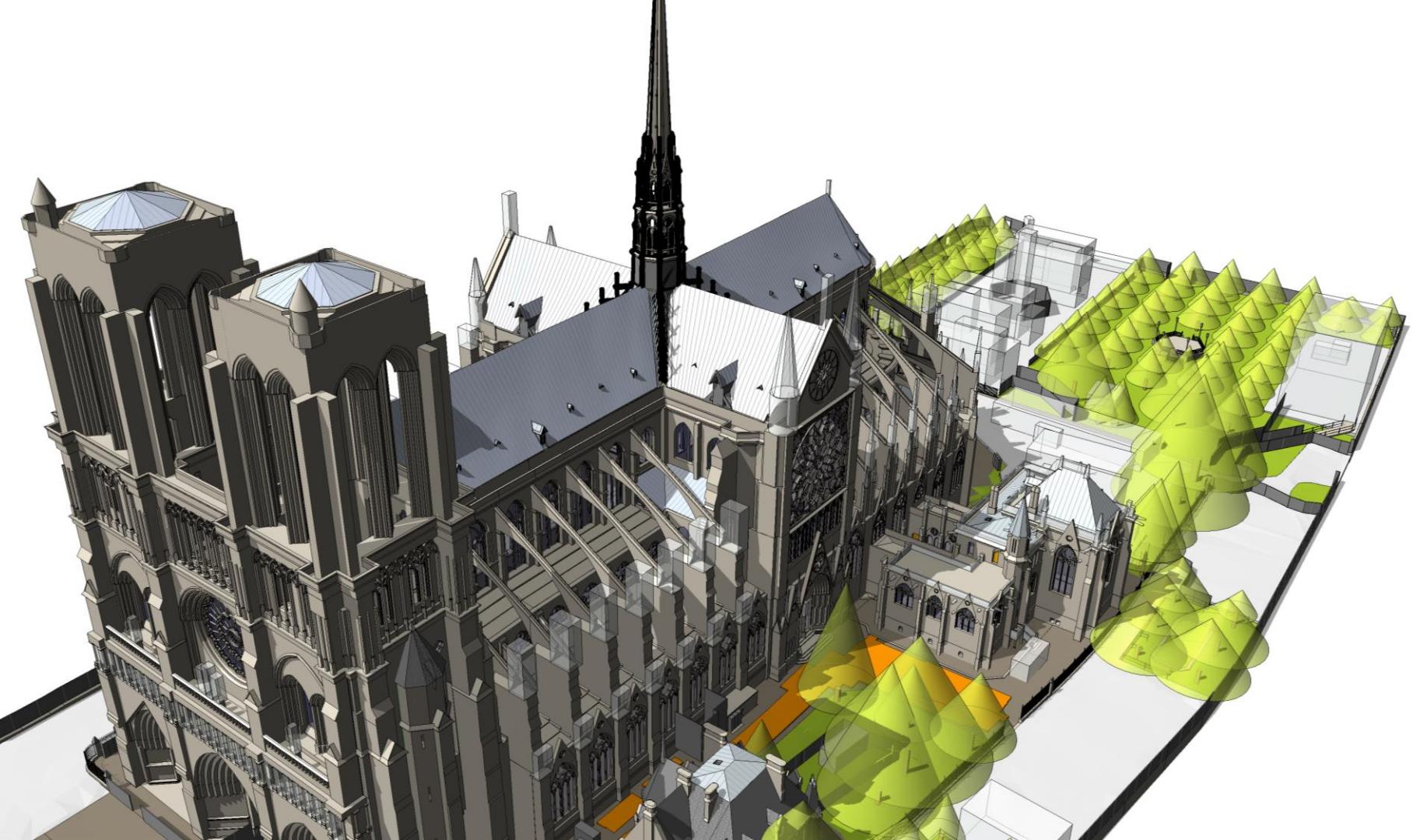
Transept nord



Usages BIM du futur pour le patrimoine

Les jumeaux numériques pour la GMAO, GTB, FM







A professional man and woman are standing in an industrial-style office space, looking intently at a tablet device held by the woman. They are both dressed formally; the man in a dark blue suit and the woman in a white blouse with black vertical stripes. The background features large windows and red structural beams.

Merci !



AUTODESK UNIVERSITY

Autodesk et le logo Autodesk sont des marques déposées ou des marques commerciales d'Autodesk, Inc., et/ou de ses filiales et/ou de ses sociétés affiliées, aux États-Unis et/ou dans d'autres pays. Tous les autres noms de marques, de produits ou marques commerciales appartiennent à leurs propriétaires respectifs. Autodesk se réserve le droit de modifier à tout moment et sans préavis l'offre sur ses produits et ses services, les spécifications de produits, ainsi que ses tarifs. Autodesk ne saurait être tenu responsable des erreurs typographiques ou graphiques susceptibles d'apparaître dans ce document.