

**Mémoire de fin d'études : "La production numérique d'éléments du patrimoine, conservateurs d'authenticité du monument restauré."**

**Auteur :** Heynen, Margot

**Promoteur(s) :** Hallot, Pierre

**Faculté :** Faculté d'Architecture

**Diplôme :** Master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme

**Année académique :** 2019-2020

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/9124>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



---

UNIVERSITÉ DE LIÈGE – FACULTÉ D'ARCHITECTURE

# LA PRODUCTION NUMÉRIQUE D'ÉLÉMENTS DU PATRIMOINE, CONSERVATEURS D'AUTHENTICITÉ DU MONUMENT RESTAURÉ

Travail de fin d'études présenté par Margot HEYNEN en vue de l'obtention du grade de  
Master en Architecture

Sous la direction de : Pierre HALLOT

Année académique 2019-2020

Axe(s) de recherche : NUM – Culture Numérique



LA PRODUCTION NUMÉRIQUE D'ÉLÉMENTS DU PATRIMOINE,  
CONSERVATEURS D'AUTHENTICITÉ DU MONUMENT RESTAURÉ

Margot Heynen

2019 - 2020



## REMERCIEMENTS

---

La réalisation de ce Travail de Fin d'Études a pu voir le jour grâce à l'intervention de nombreuses personnes.

Premièrement, je remercie Monsieur Pierre Hallot, chargé de cours à la Faculté d'Architecture de l'Université de Liège et promoteur de ce travail, lequel m'a encadrée, orientée et conseillée tout au long de ces deux années de recherches. Ses conseils et contacts m'ont permis de m'enrichir par la rencontre de plusieurs personnes tout autant passionnées les unes que les autres dans leur domaine.

J'exprime également ma plus grande gratitude à Messieurs Xavier Tonon, architecte du cabinet Architectes Associés et Phil White, sculpteur du Dominion au Canada, lesquels ont consacré de leur précieux temps afin de répondre à mes multiples sollicitations et me communiquer toutes les informations indispensables à l'élaboration du travail.

Une attention toute particulière est accordée à Messieurs Stéphane Dawans et Xavier Tonon, lecteurs et membres du jury, ainsi qu'à Messieurs Pierre Jouan, Ghislain Claerbout, Francis Tourneur, Stephen Fai et toutes les autres personnes ayant contribué de près ou de loin à mes recherches.

Un remerciement spécial à Monsieur Jean-Louis Joris, architecte et restaurateur, qui m'a gentiment partagé le fruit de son expérience et la passion de son métier.

De plus, je désire exprimer ma reconnaissance envers ma famille, mes proches qui m'ont soutenue durant cette période intense, et qui ont procédé à une relecture du travail.



# TABLE DES MATIERES

---

## REMERCIEMENTS

I.	INTRODUCTION.....	4
1.	Contexte.....	4
2.	Méthodologie.....	6
II.	ETAT DE L'ART.....	9
1.	Authenticité.....	9
1.1.	Notion de valeur et d'authenticité : normes.....	9
1.2.	Patrimoine culturel (matériel) : Évolution des concepts de patrimoine, de valeurs et d'authenticité au travers des grands documents.....	11
1.2.1.	Bref récapitulatif des grands personnages importants.....	11
1.2.2.	Charte de Venise (1964).....	17
1.2.3.	Diversités culturelles et naturelles naissantes : l'avant du Document de Nara.....	19
1.2.4.	Document de Nara sur l'authenticité (1994).....	20
1.2.4.1.	Et en pratique ?.....	20
1.2.4.2.	Nara +20, sur les pratiques du patrimoine, les valeurs culturelles, et le concept de l'authenticité (2014).....	22
1.2.5.	Convention du patrimoine mondial (1972) : Concept de Valeur Universelle Exceptionnelle (2005).....	24
1.2.5.1.	Critères de sélection.....	24
1.2.5.2.	Authenticité et/ou intégrité.....	26
1.3.	Un concept au centre des débats.....	27
1.3.1.	Charte de Burra : Charte des lieux d'importance culturelle (1989).....	27
1.3.2.	Charte de Nouvelle-Zélande pour la conservation des lieux de valeur du patrimoine culturel (2010).....	28
1.3.3.	Des qualificatifs qui évoluent.....	30
1.4.	Patrimoine numérique : une nouvelle manière de conserver.....	35
1.4.1.	Charte sur la conservation du patrimoine numérique (2003).....	35
2.	Production numérique.....	38
2.1.	Acquisition des données.....	38
2.1.1.	Lasergrammétrie / Balayage laser 3D.....	42
2.1.1.1.	Scanner laser à temps de vol ou à impulsions.....	43
2.1.1.2.	Scanner par triangulation optique.....	45
2.1.2.	Scanner par triangulation lumière structurée.....	46
2.1.3.	Scanner avec contact.....	47
2.1.4.	Photogrammétrie.....	48
2.1.5.	Station totale (tachéomètre).....	49
2.1.6.	Caméra TOF (Time of Flight).....	50
2.1.7.	SLAM (Simultaneous Localization And Mapping).....	51

2.2.	Traitement des données / Reconstruction 3D.....	52
2.2.1.	Consolidation du nuage de points.....	52
2.2.2.	Segmentation.....	53
2.2.3.	Maillage / Modélisation.....	53
2.2.4.	Exportation des données.....	54
2.3.	Différents modes de production et fabrication.....	56
2.3.1.	Fabrication additive (ou impression 3D).....	56
2.3.2.	Fabrication soustractive (ou usinage).....	57
2.3.2.1.	Fraiseuse conventionnelle.....	57
2.3.2.2.	« Digital carving » ou fraisage numérique..	58
2.3.2.2.1.	Axes d'une fraiseuse numérique..	58
<b>III.</b>	<b>QUESTION DE RECHERCHE.....</b>	<b>61</b>
1.	Développement de la question.....	61
2.	Méthodologie d'évaluation de la production numérique.....	63
<b>IV.</b>	<b>CAS D'ETUDE.....</b>	<b>68</b>
1.	Cathédrale Saint-Paul de Liège, Belgique – Europe Occidentale.....	68
1.1.	Historique de la Cathédrale.....	68
1.1.1.	Origines de la cathédrale.....	68
1.1.2.	Évolution architecturale.....	70
1.2.	Restauration des pinacles.....	76
1.2.1.	Plans/coupes/façades.....	76
1.2.2.	Composition d'un pinacle.....	82
1.2.3.	Restauration.....	83
1.2.3.1.	Scan 3D.....	84
1.2.3.2.	Volume capable / parallélépipède.....	85
1.2.3.3.	Dégrossissage / Épannelage.....	85
1.2.3.4.	Dégrossissage sous la fraiseuse 6 axes....	85
1.2.3.5.	Finition manuelle.....	86
2.	Parlement d'Ottawa, Canada – Amérique du Nord.....	90
2.1.	Historique du Parlement.....	90
2.2.	Restauration de la sculpture représentant un hibou.....	93
<b>V.</b>	<b>ANALYSE.....</b>	<b>97</b>
1.	Interviews structurées.....	97
1.1.	Production numérique d'un élément endommagé à restaurer.....	98
1.2.	Reproduction 3D d'un élément numérisé avant sa disparition....	101
1.3.	Reproduction 3D d'un élément disparu sans sources iconographiques.....	102
2.	Interprétation et avis.....	104
2.1.	Production numérique d'un élément endommagé à restaurer....	104
2.2.	Reproduction 3D d'un élément numérisé avant sa disparition....	110
2.3.	Reproduction 3D d'un élément disparu sans sources iconographiques.....	111
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>114</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>118</b>
<b>VIII.</b>	<b>TABLE DES FIGURES.....</b>	<b>125</b>



# I. INTRODUCTION

---

## 1. Contexte

De Viollet-le-Duc à la Charte de Venise, en passant par le Document de Nara et ce, jusqu'à aujourd'hui, le domaine de la restauration est passé par bien des événements. Depuis plus de deux siècles, certains principes fondateurs, tels que la notion de patrimoine et le concept d'authenticité, sont remis en cause.

La société, les mentalités, les modes de pensée, les cultures, étant des concepts mouvants, les valeurs attachées à la restauration du patrimoine ont évolué au fil du temps. Avec la restauration est associée l'idée de transmission des techniques, du savoir-faire de l'artisan, d'un témoin du passé.

L'arrivée de la robotique marque un tournant majeur dans la manière de concevoir, de percevoir le monde qui nous entoure, et, a eu des conséquences importantes dans de nombreux domaines dont la restauration du patrimoine.

La terme « robot » a été intégré dans le langage courant dans les années 60 avec l'apparition de l'électroménager, bien que le terme vit le jour déjà en 1920 avec Josef Capek. Le terme de « robotique » est quant à lui apparu vingt ans plus tard, en 1942.

Bien que le terme arriva seulement au XX<sup>e</sup>, les premiers essais datent d'il y a bien plus longtemps, avec les « automates ». L'Antiquité fut déjà l'objet de quelques expériences comme le pigeon volant d'Archytas de Tarente mais ce fut surtout le XVIII<sup>e</sup> qui fut considéré comme l'âge d'or des automates, avec le célèbre canard de Jacques de Vaucanson.

Ainsi, ce n'est qu'au début du XX<sup>e</sup> que les robots firent leur apparition. Parmi eux, les machines de Russell (1913) et de Stephens (1929), les tortues cybernétiques de Grey Walter (1950), le renard électronique de Ducrocq (1953), etc. Ce n'est qu'à partir de la moitié du siècle que les premières théories sur l'intelligence artificielle ont vu le jour (Futura Tech). Depuis lors, l'évolution s'est développée de manière exponentielle.

Aujourd'hui, la technologie fait partie intégrante de la société, de notre quotidien. Il serait naïf de croire le contraire.

Dans une interview sur la place des robots dans la société, Hakim El Karoui dénonce l'arrivée de la robotique et son impact sur l'organisation de la société, sur notre façon de travailler (FranceInfo). Nombreux sont les métiers en passe de subir cette automatisation, la présence de logiciels capables de réaliser le travail de l'homme, comme c'est déjà le cas dans le domaine de la comptabilité ou encore du journalisme, par exemple.

Certes, certaines professions seront remplacées par les robots mais de nouvelles verront également le jour. C'est à nous de suivre le rythme de l'évolution permanente, de la multiplicité de ces innovations.

Pour le moment, le recours à l'emploi de robots est surtout réalisé à des fins de reproduction des actions, tel est le cas dans le domaine de l'industrialisation. La technologie vise dans un premier temps à soulager les tâches répétitives et ardues.

L'emploi des robots, et l'automatisation qui l'accompagne, va continuer à se répandre, c'est inévitable. Les robots sont notre futur, bien qu'ils soient déjà fortement présents, comme par exemple dans le domaine de la médecine. En effet, tout ce qui relève du rationnel a du souci à se faire quant à sa durabilité.

Néanmoins, s'il y a bien une chose qu'un robot n'est pas capable de traiter, c'est de tout ce qui relève du sensible. Sensibilité, qui dans le processus de reproduction lors de la restauration d'un élément est un aspect qui n'est pas négligeable.

Ce qui nous amène à dire, qu'en est-il de la transmission des savoir-faire de l'artisan face à cette révolution ? Lors d'une reproduction numérique, le processus revient à, grossièrement, numériser l'objet, obtenir une copie numérique 3D de cet objet, et d'ensuite procéder à sa reproduction. Néanmoins, qu'y a-t-il de plus ou de moins comme information entre l'objet original et le nouvel objet ? Est-ce toujours le même ? Est-ce une copie ? L'intention est-elle de reproduire le même ou un nouveau ? Qu'en est-il de son authenticité ? Est-il une nouvelle strate à ajouter à l'histoire du bâtiment ?

La restauration est une discipline qui suit également les évolutions technologiques. Quel impact aura la robotique dans la question de conservation/restauration du patrimoine ? La robotique permet de produire toute une série d'éléments en masse, mais sont-ils encore authentiques ? Sont-ils des copies et aurions-nous à tort de les utiliser ? Quid ?

## 2. Méthodologie

Le travail sera composé de plusieurs parties telles qu'un état de l'art, lui-même divisé en deux chapitres : une partie concentrée sur le concept d'authenticité dans le patrimoine culturel et la seconde sur la production numérique.

Un voyage dans le temps sera effectué afin de comprendre au mieux les mentalités de l'époque et leur évolution jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle avec la « découverte » de la restauration jusqu'à aujourd'hui. Ainsi, la question de la vision de l'authenticité, de la notion de valeur, leur signification au fil des siècles, va pouvoir être éclairée. Tout est une question de point de vue, chaque cas étant un cas d'espèce.

Bien qu'aucune réponse à cette question ne pourra être formulée, un rapide passage à travers les siècles, et, le rôle important de certains personnages dans l'histoire de la conservation/restauration du patrimoine pourrait nous permettre d'apprécier l'évolution des mentalités et son impact sur l'architecture et sa conservation.

Cette évolution des mentalités sera également montrée au travers des grands documents qui ont vu le jour à la moitié du XX<sup>e</sup> siècle, et, bien qu'ils soient réinterprétés, réadaptés, etc. ; ils restent à l'heure actuelle des références en matière de restauration, à savoir :

- La célèbre Charte de Venise (1964) ;
- La Convention du patrimoine mondial culturel et naturel (1972), ainsi que le concept de valeur universelle exceptionnelle et les critères permettant l'intégration à la Liste du patrimoine mondial ;
- Le Document de Nara sur l'authenticité (1994) ;
- Le document de Nara +20 ;

Ensuite, une introduction au nouveau type de patrimoine, le patrimoine numérique, ainsi que sa charte adoptée en 2003, marquera le passage à la deuxième partie de l'État de l'Art.

Afin d'établir les bases de la production numérique, il sera nécessaire de développer les différentes étapes la précédant. Ainsi, les différentes techniques présentes sur le marché actuel permettant la numérisation et l'acquisition des données seront exposées.

Toute la phase concernant leur traitement sera également passée en revue. Certes, le fonctionnement de la numérisation de données ne fait pas l'objet du sujet du travail mais il s'agit d'une étape cruciale nécessaire à la production numérique de l'élément numérisé.

En ce qui concerne la reconstruction 3D, il s'agit de la dernière phase précédant la production. Le nuage de points, traité, nettoyé, modélisé, prêt à être exporté, sera inséré dans la machine-outil, appelée la fraiseuse numérique ou encore robot-tailleur.

La notion de fidélité de l'élément numérisé est remise en question qu'elle soit réalisée par les mains de l'homme ou par un robot. Certains reprocheront à l'élément produit de façon numérique ce manque d'imperfection dû à l'intensité variable du coup de massette du tailleur de pierre. D'autres alors, répondront que le numérique a aussi ses failles, et, qu'il est possible d'obtenir une certaine imperfection lors du résultat final si une erreur a été réalisée dans une des étapes précédentes.

À la suite de cet État de l'Art sera posée la question de recherche : la taille robotisée d'une pierre influence-t-elle l'authenticité de celle-ci ?

Partant de l'hypothèse que celle-ci n'est pas impactée, ou très peu, nous procéderons à une analyse de l'authenticité d'une production numérique suivant les méthodes d'évaluation mises en place actuellement.

Afin d'éclairer le sujet, nous procéderons à l'analyse de deux cas d'étude :

- dans un contexte européen : la Cathédrale Saint-Paul de Liège en Belgique ;
- dans un contexte nord-américain : le Parlement d'Ottawa au Canada.

Ces études de cas ont été réalisées sur base des interviews de l'architecte Xavier Tonon et le sculpteur du Dominion, Phil White.

Dans son article, James Hayes nous explique que cette technique est déjà utilisée au Canada (Amérique du Nord), même si cela fait toujours débat. Qu'en est-il dans le contexte européen ?

La confrontation de deux restaurations ayant utilisé la robotique pour la taille de pierres situées sur deux continents distincts pourrait permettre de cerner d'avantage l'évolution des mentalités dans le domaine de la restauration.

S'ensuivra une interprétation de ce qui aura été exposé concernant le recours à la taille robotisée d'éléments en pierre dans le cadre d'une restauration.

Cet avis ne sera pas à prendre comme étant une vérité absolue mais bien un complément à propos de la réflexion que suscite l'emploi de cette nouvelle technologie dans le domaine du patrimoine.



## II. ETAT DE L'ART

---

### 1. Authenticité

#### 1.1. Notion de valeur et d'authenticité : normes

Avant d'entamer l'histoire de l'évolution des notions de valeur et d'authenticité, il est intéressant de s'arrêter sur les définitions qui leur sont attribuées au travers de la Norme européenne EN 15898 de décembre de 2011 « Conservation de patrimoine culturel — Principaux termes généraux et définitions », modifiée en novembre 2019. Celle-ci est disponible en trois langues, anglais, français et allemand, et, « *définit les principaux termes généraux largement utilisés par les personnes travaillant dans le domaine de la conservation du patrimoine culturel.* » (EN 15898 : 2011).

Ci-dessous les définitions établies en 2011 des termes suivants : intérêt patrimonial, valeurs et authenticité.

**Intérêt patrimonial** (Norme européenne EN 15898 : 2011 (F) Terme 3.1.6)

*Intérêt patrimonial (fr), significance (en), Bedeutung (de)*

*Combinaison de toutes les valeurs assignées à un bien.*

**Valeurs** (Norme européenne EN 15898 : 2011 (F) Terme 3.1.5)

*Valeur (fr), value (en), Wert (de)*

*Indication de l'importance que des individus ou une société attribuent à un bien.*

*NOTE 1 : La valeur peut être de différents types, par exemple : artistique, symbolique, historique, sociale, économique, scientifique, technologique, etc.*

*NOTE 2 : La valeur assignée peut varier selon les circonstances, par exemple selon la méthode d'évaluation, le contexte et le moment où cette évaluation est réalisée. Quand elle est indiquée, il convient que le type de valeur considéré soit toujours précisé.*

*ICOMOS, déclaration d'engagement éthique des membres, Madrid, novembre 2002 :« On entend par valeurs les croyances qui ont de l'importance aux yeux d'un groupe culturel ou d'un individu. Elles incluent souvent des croyances spirituelles, politiques, religieuses et morales, sans toutefois se limiter à celles-ci. Les valeurs attachées à un lieu peuvent varier en fonction des individus ou des groupes et elles sont perpétuellement renégociées ». »*

**Authenticité** (Norme européenne EN 15898 : 2011 (F) Terme 3.1.7)

*Authenticité (fr), authenticity (en), Authentizität (de)*

*Degré selon lequel l'identité d'un bien correspond à celle qui lui est attribuée.*

*NOTE : Il convient de ne pas confondre le concept d'authenticité avec le concept d'originalité.*

*ICOMOS, déclaration d'engagement éthique des membres, Madrid, novembre 2002 :*

*« Comme l'authenticité dépend de la nature du patrimoine culturel et de son contexte culturel, les jugements d'authenticité peuvent être liés à la valeur d'un large éventail de sources d'informations. Ces dernières peuvent se présenter sous divers aspects, tels que : forme et conception, matériaux et substance, usage et fonction, traditions et techniques, situation emplacement, esprit et impression, et d'autres aspects extérieurs. L'utilisation de ces sources permet d'établir les dimensions spécifiques, artistiques, historiques, sociales et scientifiques du patrimoine culturel étudié ».*

*CMA, 2007 : Historiquement, le mot français authentique s'applique d'abord aux personnes dont l'autorité est reconnue et légitime, puis aux choses véridiques, indiscutables. Un bien culturel est jugé authentique quand son histoire, matérielle et culturelle, établit rigoureusement qu'il est bien ce que l'on prétend qu'il est. »*

## 1.2. Patrimoine culturel (matériel) : Évolution des concepts de patrimoine, de valeurs et d'authenticité au travers des grands documents

### 1.2.1. Bref récapitulatif des grands personnages importants

Pour savoir comment nous en sommes arrivés là, un résumé de l'histoire de la restauration et de l'évolution de la notion de patrimoine s'impose (Houbart, 2018-2019).

Tout d'abord, il est important de savoir que la théorie du patrimoine évolue avec le temps, et, a un impact sur la manière de l'appréhender. Les valeurs, y attachées, caractérisent la culture d'un peuple, ses traditions, les biens d'une famille, etc.

Ce patrimoine peut être matériel (mobilier, immobilier, subaquatique) ou immatériel.

Dans tous les cas, il y a cette idée de transmission : que veut-on transmettre aux générations futures ? C'est une notion essentielle dans la restauration.

Qu'est-ce qui fait qu'un bien se voit reconnaître le statut de patrimoine ? Certaines valeurs, projetées par un ou plusieurs individus à un certain moment, lui sont reconnues : artistique, historique, sociale, etc.

La Charte de Venise y fait référence dans son introduction sur les œuvres monumentales : « *Chargées d'un message spirituel du passé, les œuvres monumentales des peuples demeurent dans la vie présente le témoignage vivant de leurs traditions séculaires.*

*L'humanité, qui prend chaque jour conscience de l'unité des valeurs humaines, les considère comme un patrimoine commun, et, vis-à-vis des générations futures, se reconnaît solidairement responsable de leur sauvegarde. Elle se doit de les leur transmettre dans toute la richesse de leur authenticité.* » (Charte de Venise, 1964).

C'est au XIX<sup>e</sup> que l'idée de restauration apparaît ; avant, c'était la construction. Puis, l'Homme a pris conscience qu'il était en possession d'un patrimoine culturel représentant son identité.

Les trois grandes catégories de monuments historiques du XIX<sup>e</sup> étaient constituées par les restes de l'Antiquité, les édifices religieux du Moyen-Âge et quelques châteaux.

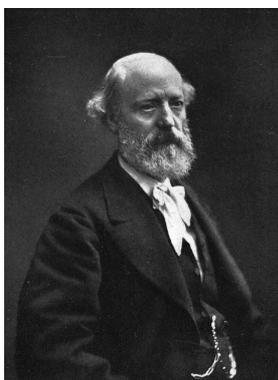


Fig. 1 - Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc (1814-1879)

A la restauration est associé le personnage de Eugène Viollet-le-Duc (Fig. 1), l'un des architectes français les plus célèbres du XIX<sup>e</sup> siècle. Il fut l'un des premiers à s'intéresser à nouveau aux édifices du Moyen-Âge.

Pour lui, chaque édifice doit être restauré dans le style qui lui appartient et non suivant le style de l'époque (restauration stylistique). Il veut retrouver une cohésion d'ensemble. Il accorde au bâtiment une valeur plutôt esthétique/artistique qu'historique.

Une bonne restauration doit donner l'impression qu'elle a toujours été là alors que, de nos jours, cette pratique est très mal perçue dans le domaine du patrimoine.

En effet, il y a cette volonté de garder les couches, les différentes strates du bâtiment qui font partie de son histoire.

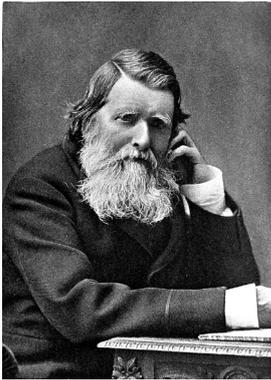


Fig. 2 - John Ruskin, 1882 (1819-1900)

Alors qu'Eugène Viollet-le-Duc s'attache à la valeur architecturale du Moyen-Âge, John Ruskin (Fig. 2), écrivain, poète, peintre et critique d'art britannique, le voit comme une époque perdue. Il y voit un idéal. Les bâtiments en ruine ou abîmés racontent leur propre histoire. C'est ce que toute la période du Moyen-Âge porte en elle, tout son vécu, ses valeurs qui ont mené les bâtiments à cet état-là. Les restaurer reviendrait à détruire un bâtiment mais cela constitue également un faux témoignage de celui-ci. La valeur historique du monument est enfin mise en avant.

Comme nous pouvons le remarquer, les idées véhiculées par ces deux personnages sont diamétralement opposées. L'un prône la restauration, retrouver un bâtiment comme s'il avait été construit la veille, sans aucun passage du temps ; l'autre prône la conservation, l'entretien du monument, et, attache l'importance de l'histoire, des valeurs véhiculées par les artisans. En rappelant que l'idée de la restauration signifie la transmission des valeurs parvenues jusqu'à nous à un moment précis de l'histoire, lequel a raison ?

Dans les deux visions, il convient de faire référence à l'expérience sur la notion d'identité évoquée dans le paradoxe du bateau de Thésée. Finalement, lequel est à considérer comme étant le vrai bateau de Thésée, « l'authentique » ? Celui qui a conservé la forme et dont les planches abîmées ont été continuellement remplacées au fil du temps ou celui réalisé au moyen de ces mêmes planches récupérées, et, donc avec la matière première d'origine ?



Fig. 3 - Camillo Boito (1836-1914)

Le XX<sup>e</sup> opère un grand tournant qui voit naître une théorie plus nuancée, plus moderne de la restauration. Nombreux sont ceux qui vont chercher un certain compromis dont Camillo Boito (Fig. 3), architecte et écrivain italien.

Il reproche à la restauration stylistique de falsifier l'œuvre. Il va développer la restauration philologique. Les restaurateurs vont avoir la particularité de considérer le bâtiment à restaurer non comme un modèle architectural mais comme un document, un témoignage historique. Camillo Boito proposera ainsi une série de solutions qui permettent à la restauration de ne pas être mensonge.



Fig. 4 - Alois Riegl, 1890 (1858-1905)

Alois Riegl (Fig. 4), historien de l'art autrichien, est le premier à s'intéresser à la valeur patrimoniale. Il se pose les questions fondamentales en matière de restauration et grâce à cette réflexion autour de la valeur, permet de dépasser les clivages appliqués. Il conclut qu'il n'y a pas une bonne solution pour tout. Il faut réfléchir au cas par cas en fonction de la valeur de chaque monument.

Il part du constat que tout monument a de toute façon deux types de valeurs : artistique et historique.

A côté de la valeur pour l'histoire de l'art que possèdent à nos yeux toutes les œuvres d'art (monuments) anciennes, sans exception, il existe manifestement une valeur purement artistique, indépendante de la place qu'occupe l'œuvre dans le développement de l'histoire.

La définition du concept de « valeur d'art » varie selon le point de vue adopté. Elle varie d'un individu à l'autre et d'un moment à l'autre.

Alois Riegl va créer toute une catégorie de valeurs attachées à un bâtiment/monument patrimoniale, qu'il soit intentionnel ou non.

Il y aura les valeurs de *remémoration* (passé de l'objet) constituées de :

- La valeur d'ancienneté : les valeurs qui peuvent nous toucher et qui peuvent être conférées à l'objet suivant qu'il est ancien. C'est un témoin du passé.
- La valeur historique : le monument représente un stade particulier dans le développement de l'activité urbaine.
- La remémoration intentionnelle : cette valeur n'est pas présente partout. Elle est insufflée au bâtiment dès sa création. Elle est plus naturellement préservée que les autres.

Plus le bâtiment est proche de son état initial, plus grande va être sa valeur historique et moins grande sa valeur d'ancienneté. Soit un bâtiment porte les traces du temps mais il est endommagé, soit il transmet son message original mais il passe à côté de cette valeur d'ancienneté. Aujourd'hui, il y a l'idée de respecter la patine du bâtiment. Il faut respecter le passage du temps. Dans une restauration, il est difficile de préserver toutes les valeurs car elles s'opposent entre elles. Il y a un choix à faire.

Et les valeurs de *contemporanéité* (attentes modernes), elles-mêmes composées de :

- La valeur d'usage : il s'agit d'un jugement à partir du moment présent, pas avec son passé. Cela requiert parfois un traitement particulier qui peut être contraire à d'autres valeurs.
- La valeur artistique : le jugement artistique évolue, il n'y a pas de valeur d'art absolue. Le vouloir artistique moderne transcrit le goût de l'époque, le goût du temps. La valeur de nouveauté, c'est le fait que l'objet paraît neuf, alors que la valeur artistique, elle, n'est pas intrinsèque à l'objet.

Finalement, quelles étaient les valeurs du bâtiment avant et après la restauration ?



Fig. 5 - Louis Cloquet, 1898 (1849-1920)

Louis Cloquet (Fig. 5), architecte belge adepte du style néo-gothique, est un restaurateur stylistique convaincu. Il a surtout restauré de vieilles abbayes en ruine. Pour fixer des règles en matière de restauration, il fait la distinction entre les *monuments morts*, qui appartiennent au passé et prétendent subsister (ex. : ruines).

Ils les considèrent comme document de l'art, souvenirs d'époques éteintes auxquelles il attribue une valeur historique.

Ainsi que les *monuments vivants* qui sont habités, occupés, utilisés. Ils ont une valeur d'usage. Louis Cloquet admet que pour ce type de monuments, c'est primordial que le bâtiment remplisse sa fonction actuelle et admette certaines adaptations.

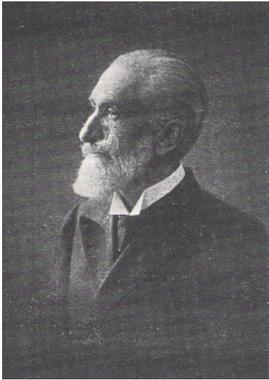


Fig. 6 - Charles Buls (1827-1914)

Charles Buls (Fig. 6), en théorie ruskinien, apporte une nuance dans les débats concernant les monuments morts/vivants. Contrairement à Cloquet, il a une position assez moderne par rapport à la restauration : faire œuvre de sincérité même si le style du monument est employé afin de ne pas tromper sur l'âge de la construction.

Raymond M. Lemaire (Fig. 7), le Chanoine, s'inspire très fort de Aloïs Riegl. Il opère une classification de ce qu'il appelle les tendances contemporaines et distingue deux catégories de personnes : les minimalistes (conservation pure) et les maximalistes (restauration stylistique). Il pose la question : qui a raison ? Afin d'analyser les éléments au cas par cas, il va s'appuyer sur la théorie des valeurs.



Fig. 7 - Raymond Lemaire (1921-1997)

La valeur d'un monument réside dans la totalisation des apports des siècles successifs. Il faut respecter l' « œuvre des siècles ». *Cela « revient donc à dire que nous ne pouvons pas, nous, abîmer, massacrer, supprimer ce que nos prédécesseurs ont créé ou ce qu'ils ont surajouté au travail de leurs prédécesseurs, mais cela signifie au même titre que là où eux-mêmes ont abîmé, massacré ou supprimé des productions positives antérieures, nous ne sommes tenus à aucun respect et que nous sommes en droit de réparer le mal, si c'est possible. »* (Lemaire, 1941 : 4).

Il exprime également son avis concernant l'apport d'un nouvel élément à un monument historique de la façon suivante : *« Toute ajoute a, en elle-même une certaine valeur, c'est entendu, et dans tous les cas, il faut sacrifier quelque chose. Mais si ce qu'on sacrifie est largement compensé par ce qu'on acquiert, l'opération se chiffre au total par un boni qu'il est de bonne administration d'encaissé. »* (Lemaire, 1941 : 6).

L'après Seconde Guerre mondiale fut un laboratoire riche dans le domaine de la restauration des œuvres d'art.

Selon Cesare Brandi (Fig. 8), historien de l'art et écrivain italien, la restauration d'une œuvre d'art pourrait se définir comme *« le moment méthodologique de la reconnaissance de l'œuvre d'art, dans sa consistance physique et sa double polarité esthétique et historique, en vue de sa transmission aux générations futures »* (Brandi, 1963 : axiome 1).



Fig. 8 - Cesare Brandi (1906-1988)

Le temps n'est pas réversible. L'œuvre d'art est créée à un certain moment, qui est passé et révolu. La restauration est un fait historique dans l'histoire de l'œuvre d'art. C'est une double historicité.

Le but de la restauration ne peut pas être de retrouver l'état initial. Il appartient définitivement au passé, cependant, le caractère artistique de l'œuvre doit persister.

Que faire de la « lacune » ? En effet, celle-ci peut empêcher de percevoir le caractère artistique de l'œuvre. Il faut trouver un moyen pour trouver un équilibre entre les deux. Quid de la transmission du message ?

*« La restauration doit viser à rétablir l'unité potentielle de l'œuvre d'art, à condition que cela soit possible sans commettre un faux artistique, ou un faux historique, et sans effacer aucune trace du passage de cette œuvre d'art dans le temps. »* (Brandi, 1963 : axiome 2).

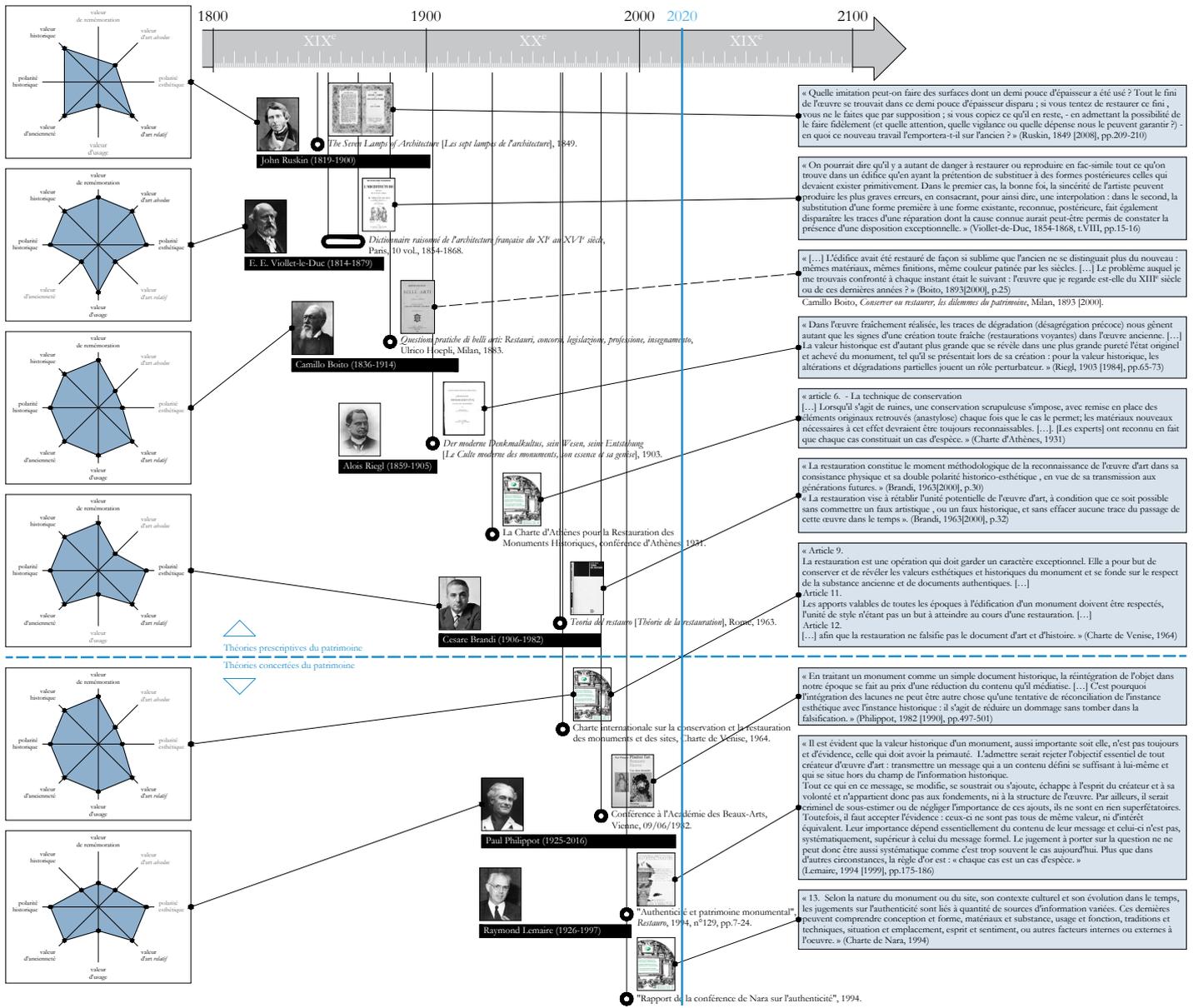
Le concept d'unité potentielle est la capacité d'une œuvre d'art à transmettre son message artistique. Il s'agit de rendre à l'œuvre sa capacité à s'exprimer, par toute une série de moyens. L'idée est que l'image apparaisse comme forme et la lacune comme fond.

Pour Brandi, l'œuvre d'art prime avant son histoire. Il va décider de réintégrer les lacunes sans que cela soit reconnaissable tout en permettant à l'œuvre d'art de conserver son aspect esthétique.

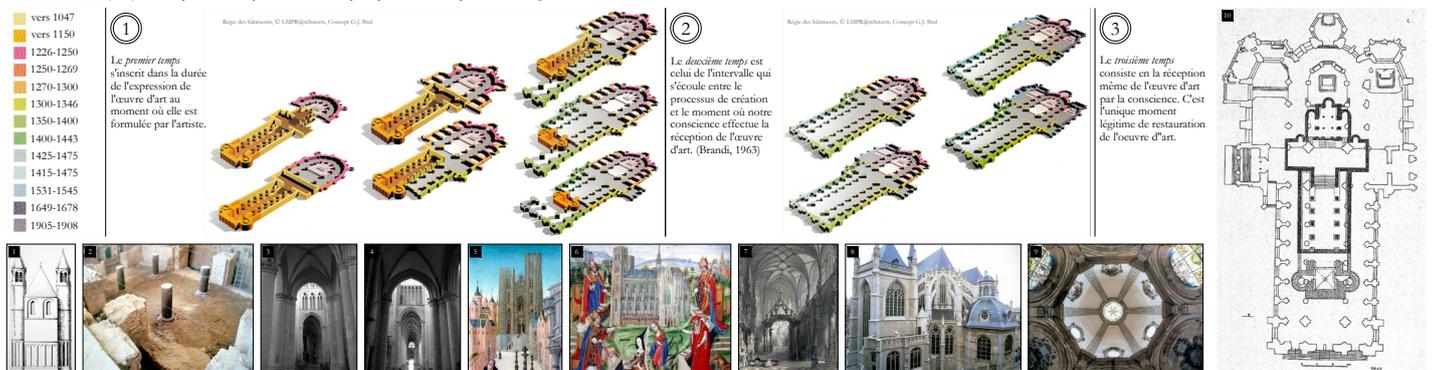
La définition du patrimoine culturel et les valeurs qui s'y rattachent ont continué à s'élargir au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (Fig. 9). La notion de valeur étant relative et propre à chacun, l'idée de la Charte de Venise de 1964 sera d'établir des principes communs à l'échelle internationale que chacun peut adapter. Cependant, les membres du Comité se rendront rapidement compte qu'il sera difficile d'arriver à une vision d'authenticité commune à tous.

# ENTRE RÉSISTANCE ET RÉSILIENCE : COMMENT DÉFINIR LE CONCEPT D'AUTHENTICITÉ ?

À partir du moment où le patrimoine bâti est considéré comme, à la fois, (1) une image dont la signification évolue avec le contexte socio-culturel (valeurs d'art et d'histoire - Riegl, 1903), (2) un artefact matériel soumis à l'érosion du temps (valeur d'ancienneté - Riegl, 1903) et (3) un espace fonctionnel confronté aux changements de programme (valeur d'usage - Riegl, 1903), il ne peut pas être considéré comme une structure statique traversant les âges avec résistance, mais comme un système dynamique dont la pérennité est liée à sa capacité de résilience. Paradoxalement, l'immuabilité du bâti en tant que patrimoine tiendrait dans sa capacité au changement. De là, l'authenticité d'un édifice ne se mesurerait pas seulement à partir de la quantité de matière restée intacte depuis sa construction, mais aussi d'après la richesse de l'histoire de ses actualisations.



La définition de ce qui fait l'authenticité d'un bien est un indispensable préalable à toute opération de conservation, de restauration et d'affectation de ce bien. Réussir à cerner cette notion d'authenticité qui est propre à chaque objet, peut consister en un point de départ, un outil décisionnel permettant d'établir quel il convient de conserver, de modifier, d'enlever, voire d'ajouter à ce bien, pour que le message dont il est porteur soit transmissible aux générations suivantes.



« Dans le domaine de la préservation et de la restauration du Patrimoine, la notion d'authenticité utilisée au sens dévoyé de la conformité matérielle et morphologique à des originaux fictifs ne peut fonctionner que de manière marginale et relative. Les édifices sont voués par essence à l'imperméabilité : réparés, adaptés, transformés au gré des demandes et des styles. Privilégier un moment de leur devenir comme authentique serait absurde » (Choay, 1994[2006])

Si l'acte de restauration est résolument contemporain du moment de la réception de l'œuvre d'art par la conscience, la notion d'authenticité qui en est le point de départ décisionnel et garant de la transmission du message dont elle est porteuse, intégre de manière critique les valeurs monumentales des apports du premier et du deuxième temps de l'œuvre afin que le message demeure transmissible aux générations suivantes.

Fig. 9 - Entre résilience et résistance, comment définir l'authenticité ?, 5 mars 2020

### 1.2.2. Charte de Venise, 1964

Dans son dictionnaire, la partie traitant de la définition de la « restauration », Viollet-le-Duc n'évoque pas la notion d'authenticité. Cependant, des évidences apparaissent, comme nous le montre l'extrait suivant :

*« On ne peut considérer le rétablissement du temple du Soleil, à Baalbek, comme une restauration, mais comme une reconstruction, suivant le mode admis au moment où cette reconstruction avait lieu. Les Ptolémées eux-mêmes, qui se piquaient d'archaïsme, ne respectaient pas absolument les formes des monuments des vieilles dynasties de l'Égypte, mais les restituaient suivant la mode de leur temps. »* (Viollet-le-Duc, 1854 : 14).

Il est déjà question d'un respect des matériaux, de la continuité de la forme, concepts toujours présents aujourd'hui.

Le mot « authenticité » fit son apparition pour la première fois dans la fameuse Charte de Venise, document de référence toujours d'actualité pour les conservateurs et restaurateurs. Celle-ci fut d'abord précédée par la Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques, adoptée lors du premier congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, en 1931. Y furent présentées sept résolutions importantes, appelées « Carta del Restauro » (Charte d'Athènes, 1931).

Le recours à un entretien continu afin de conserver au mieux les monuments au lieu d'une restitution intégrale, fut considéré comme la démarche à adopter. Cependant, il a été émis que : si une restauration s'avérait indispensable, celle-ci devait, par contre, « *respecter l'œuvre historique et artistique du passé, sans proscrire le style d'aucune époque.* » (Charte d'Athènes, 1931 : I – Doctrines. Principes généraux).

Néanmoins, le recours aux techniques modernes, plus particulièrement le ciment armé, pour la consolidation des édifices anciens était autorisé, mais uniquement si ces interventions pouvaient être dissimulées et ne pas altérer l'aspect esthétique du monument. Enfin, il a été reconnu que « *chaque cas constituait un cas d'espèce* » (sic) (La Charte d'Athènes, 1931 : VI – La technique de la conservation), c'est-à-dire, qu'avant toute intervention, une analyse fine du bâtiment devait être réalisée afin de convenir de la façon la plus respectueuse d'intervenir sur celui-ci.

Ainsi, créée lors du II<sup>e</sup> Congrès international des architectes et des techniciens des monuments historiques, la Charte Internationale sur la Conservation et la Restauration des Monuments et des Sites, plus communément appelée la Charte de Venise, a vu le jour en 1964, et, a été adoptée par l'ICOMOS en 1965. L'accent est essentiellement mis sur la conservation des valeurs historiques et artistiques des monuments dits « antiques ».

Cette notion d'authenticité est déjà énoncée dans le préambule.

*« Chargées d'un message spirituel du passé, les œuvres monumentales des peuples demeurent dans la vie présente le témoignage vivant de leurs traditions séculaires. L'humanité, qui prend chaque jour conscience de l'unité des valeurs humaines, les considère comme un patrimoine commun, et, vis-à-vis des générations futures, se reconnaît solidairement responsable de leur sauvegarde. Elle se doit de les leur transmettre dans toute la richesse de leur authenticité. »* (Charte de Venise, 1964 : Préambule).

Cependant, nous pouvons remarquer que cette notion d'authenticité reste fortement liée à la conservation du matériau en tant que tel de l'élément construit.

*« La restauration est une opération qui doit garder un caractère exceptionnel. Elle a pour but de conserver et de révéler les valeurs esthétiques et historiques du monument et se fonde sur le respect de la substance ancienne et de documents authentiques. Elle s'arrête là où commence l'hypothèse, sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps. La restauration sera toujours précédée et accompagnée d'une étude archéologique et historique du monument. »* (Charte de Venise, 1964 : art. 9).

De plus, *« Les éléments destinés à remplacer les parties manquantes doivent s'intégrer harmonieusement à l'ensemble, tout en se distinguant des parties originales, afin que la restauration ne falsifie pas le document d'art et d'histoire. »* (Charte de Venise, 1964 : art. 12).

Qu'il s'agisse d'être en accord ou de la juger obsolète, la Charte de Venise reste une référence dans le domaine de la restauration et la conservation des monuments et sites.

### 1.2.3. Diversités culturelles et naturelles naissantes : l'avant du Document de Nara

Entre la Charte de Venise et le Document de Nara, trente années se sont écoulées. Il est important de comprendre que depuis sa création, la Charte de Venise n'est pas restée intacte, elle a été retravaillée. Le Document de Nara n'a pas vu le jour de manière subite. Ce dernier répond à des besoins sociaux, à un changement des mentalités.

Alors que les années 60 laissaient croire encore à des principes universellement communs, les années 90, accompagnées d'un intérêt grandissant pour la notion de durabilité du patrimoine, virent l'intégration des diversités culturelles et naturelles. Néanmoins, la fin des années 70 et les années 80 firent déjà l'objet de réclamations de nombreuses parties de la communauté internationale afin d'intégrer la signification culturelle des biens. C'est dans cet esprit que le Document de Nara sur l'authenticité a été conçu afin d'interpréter l'authenticité différemment.

Les modes de pensée, les cultures étant des concepts changeants et évoluant au fil des années, nombreux sont les instruments ayant des effets normatifs qui se heurtent à ces difficultés de répondre à des besoins sociaux sans cesse fluctuants. Ainsi, la période qui précéda le Document de Nara fut une lutte permanente.

En effet (comme développé ultérieurement), la Convention du patrimoine mondial, culturel et naturel fut adoptée par la Conférence générale de l'UNESCO, le 16 novembre 1972. Lors de la 3<sup>ème</sup> session du Comité, en 1979, certains problèmes ont été relevés à propos du respect de l'application des différents critères auxquels sont soumis les bâtiments se présentant pour être inscrits sur la Liste.

Michel Parent, membre de l'ICOMOS, jugea lors d'une énième session en 1983, qu'une plus grande rigueur concernant l'interprétation des critères devait être garantie. Il décida que l'ICOMOS mette en place un système d'étude typologique préliminaire, elle-même basée sur des biens culturels repris déjà dans la Liste. Des groupes d'experts sont mis en place, des suggestions concernant l'interprétation de ces critères sont faites sur base des listes indicatives reçues. La notion d'authenticité fait déjà partie des différents domaines qui nécessitent une clarification. Malheureusement, aucune liste indicative n'a été soumise (Kono, 2014 : 439).

Un groupe de travail est établi trois années plus tard. Il passe en revue l'entièreté des biens constituant la Liste, et, recommande que ceux-ci possèdent une valeur universelle exceptionnelle. Bien que leurs recommandations furent acceptées, ce qui suit fut une série de luttes sans fin. C'est dans ces circonstances qu'un cadre a été proposé en 1992. Les experts en conclurent qu'ils n'avaient pu arriver à un consensus concernant cette approche. Cette étude se concluant sur un échec total.

Un rapport rédigé ultérieurement (1998) présenta cette étude comme basée sur un système de classifications historiques et esthétiques mais ne tenant aucunement compte de la diversité du patrimoine culturel ainsi que de l'évolution des cultures.

L'expansion des concepts patrimoniaux s'étend également aux aspects intangibles tels que les modes de vie, les traditions, etc. qui implique également la nécessité d'une nouvelle approche de l'authenticité.

#### 1.2.4. Document de Nara sur l'authenticité, 1994

Le Document de Nara vu le jour en 1994, dans le prolongement de « La Charte de Venise » de 1964, avec comme différence l'addition du contexte, du lieu et de la manière de faire les choses, alors qu'aujourd'hui des contraintes économiques viennent s'ajouter. En effet, il sera préféré de conserver un élément pour lequel les moyens financiers sont suffisants à un autre élément, dont le coût de l'entretien est trop élevé et qui engendre sa disparition.

Ainsi, lors de la conférence de Nara sur l'authenticité, les discussions abordé de nombreuses questions assez complexes associées à la définition et à l'évaluation de l'authenticité « *telle qu'elle est ainsi considérée et affirmée dans la « Charte de Venise », [elle] apparaît comme le facteur qualificatif essentiel quant à la crédibilité des sources d'informations disponibles.* » (Document de Nara, 1994 : art. 10).

Il est à noter, qu'aujourd'hui, la notion d'authenticité et son respect font encore débat dans le cadre de restauration de monuments. Nombreux sont les workshops, colloques ou autres événements organisés afin de répondre au mieux aux diverses questions concernant le concept d'authenticité.

Dans l'art. 4 du document, celui-ci stipule que nous vivons « *Dans un monde en proie aux forces de globalisation et de banalisation et au sein duquel la revendication de l'identité culturelle s'exprime parfois au travers d'un nationalisme agressif et de l'élimination des cultures minoritaires [et qu'ainsi] la contribution première de la prise en compte de l'authenticité consiste, aussi dans la conservation du patrimoine culturel, à respecter et mettre en lumière toutes les facettes de la mémoire collective de l'humanité.* » (Document de Nara, 1994 : art. 4).

##### 1.2.4.1. Et en pratique ?

Dans un débat animé par François Chaslin, il préface en ces termes « *... on s'aperçoit que les acquis, les conventions, telles que la charte de Venise ou la déclaration de Nara, sont sans cesse débordés par la réalité, par les sollicitations de l'opinion et qu'ils sont souvent impuissants, finalement, à endiguer les dérapages.* » (Monumental, 2010 : 101).

Ce qui nous amène à dire que, bien qu'il s'agisse de documents avec beaucoup d'ambitions, entre la théorie et la pratique, il y a tout un monde. Ils constituent des documents de base, certes, mais difficilement applicables tels quels. C'est pour cette raison qu'ils ont fait et font encore l'objet de réinterprétation, de débat, d'évolution pour être appliqués dans un contexte d'architecture.

Dans la conclusion du Document de Nara, la notion d'authenticité est définie comme un concept à considérer dans un contexte culturel donné.

« *Tant les jugements sur les valeurs reconnues au patrimoine que sur les facteurs de crédibilité des sources d'information peuvent différer de culture à culture, et même au sein d'une même culture. Il est donc exclu que les jugements de valeur et d'authenticité qui se rapportent à celles-ci se basent sur des critères uniques. Au contraire, le respect dû à ces cultures exige que chaque œuvre soit considérée et jugée par rapport aux critères qui caractérisent le contexte culturel auquel elle appartient.* » (Document de Nara, 1994 : art. 11).

Néanmoins, nombreuses sont les restaurations mettant de côté cette valeur au profit du tourisme. La société capitaliste dans laquelle nous vivons a un impact, parfois considérable, sur notre manière de restaurer et s'écarte des principes évoqués dans ces documents sur la restauration et la conservation de monuments et sites.

Dans la suite du débat, Pierre-André Lablaude exprime son avis sur les questions que soulèvent ces documents.

*« La doctrine, en réalité, est une façon de figer, à un moment donné, la réflexion issue de la pratique. La charte de Venise, c'est le milieu des architectes des monuments historiques français et des restaurateurs italiens, Gazzola et Lemaire, ce sont des praticiens de la restauration qui travaillent dans les années d'après-guerre. Mais la pratique, elle, continue, à évoluer, et la doctrine aussi. »*

*Et la déclaration de Nara qui vient quand même trente ans après la charte de Venise, c'est simplement la prise en compte des patrimoines extra-européens. Elle permet de reconnaître que des temples du VII<sup>e</sup> siècle, qui sont entièrement en matériaux de 1980, sont quand même des objets patrimoniaux. » (Monumental, 2010 : 101).*

La notion d'identité, souvent associée à celle d'authenticité, varie d'une culture à l'autre, et, permet à certains monuments, comme pour le Sanctuaire d'Ise au Japon, qui est reconstruit cycliquement tous les vingt ans, d'être pourtant considérés comme authentiques, construction après construction. Cette prise en considération d'un concept d'authenticité relié à un contexte culturel a permis un certain détachement par rapport au document original.

Suite au Document de Nara, un débat international a été lancé par l'ICOMOS afin que les différentes régions participantes puissent, sur base de leurs observations suivant le document de 1994, établir une série de remarques. En effet, bien que la conférence fut composée et rédigée par 45 représentants de 28 pays englobant un maximum de cultures différentes, il n'empêche que le document fut rédigé et signé dans un cadre européen, ce qui, à l'échelle du monde, est fort peu représentatif.

Ce fut le cas pour les Amériques. En effet, ces derniers sont connus pour leur diversités sociales, la multiplicité des cultures, les différences ethniques. De cette façon, ils rédigèrent, lors du Symposium interaméricain sur l'authenticité dans la conservation et la gestion du patrimoine culturel, afin de discuter de la signification de l'authenticité dans la préservation aux Amériques, la Déclaration de San Antonio, en 1996.

Celle-ci fut réalisée dans le but que chaque comité national des Amériques soumette un document de position nationale résumant les résultats de ses propres conclusions nationales ou régionales sur base du Document de Nara. Ainsi la notion d'authenticité fut abordée sous différents angles : l'authenticité, l'identité, l'histoire, les matériaux, la valeur sociale, dans les sites dynamiques et statiques, l'intendance, l'économie (Déclaration de San Antonio, 1996).

#### 1.2.4.2. Nara +20, sur les pratiques du patrimoine, les valeurs culturelles, et le concept de l'authenticité, 2014

L'inscription à la Liste du patrimoine mondial fut longtemps un parcours difficile pour les monuments, tel le sanctuaire d'Ise, à cause de la Charte de Venise qui n'était pas en faveur de la reconstruction. De cette façon, le Document de Nara sur l'authenticité intégra cette notion d'évolution du concept d'authenticité.

A l'occasion du 20ème anniversaire du Document de Nara, plusieurs réunions d'experts ont vu le jour ayant pour but d'établir un bilan récapitulatif de l'application du Document de Nara à l'identification et la gestion des sites de patrimoine. Cinq questions clés interdépendantes « *soulignent des actions priorisées qui doivent être développées et élargies dans un contexte global, national et local par la participation plus large des communautés et des parties prenantes* » (Nara +20, 2014) sont développées dans le texte de Nara +20.

Sont développés : la diversité des processus de patrimoine, les implications de l'évolution des valeurs culturelles, la participation des parties prenantes multiples, les demandes concurrentes et interprétations mais aussi la contribution du patrimoine culturel au développement durable.

De cette façon, nous pouvons lire dans l'extrait tiré du document de Nara +20 concernant la diversité des processus de patrimoine que « *... l'authenticité varie en fonction du contexte culturel, le concept du patrimoine culturel revêt des formes et des processus divers. Pendant les dernières 20 années, les pratiques de gestion et de conservation de patrimoine ont davantage tenu compte des processus sociaux selon lesquels le patrimoine culturel est produit, utilisé, interprété et sauvegardé. En outre, des processus et perceptions sociaux de l'authenticité ont été affectés par des modes et des technologies émergents pour accéder et faire l'expérience du patrimoine.* » (sic) (Nara +20, 2014).

Dans le Document de Nara, l'évolution continue du patrimoine culturel est reconnue. Cette reconnaissance a permis une autre gestion du patrimoine ainsi qu'une remise en question des principes universels de conservation, et, ce par les praticiens. De nouvelles valeurs sont apparues.

« *Ces changements exigent que l'identification des valeurs et la détermination de l'authenticité soient fondées sur des réévaluations périodiques qui satisfont des changements dans le temps dans les perceptions et les attitudes, plutôt qu'une seule évaluation.* » (Nara +20, 2014).

La notion de développement durable n'était pas évoquée dans le Document de Nara. Pourtant, ces dernières années ont montré ce besoin de considérer le patrimoine culturel dans un contexte de développement durable. Néanmoins, « *L'usage du patrimoine culturel dans les stratégies de développement doit tenir compte des valeurs culturelles, des processus, des préoccupations des communautés, et des pratiques administratives, en assurant la participation équitable aux bénéfices socio-économiques.* » (Nara +20, 2014).

En effet, il est considéré que cela fait partie de cette notion de durabilité que de trouver des compromis en ce qui concerne la conservation du patrimoine culturel et le développement économique. L'un ne devant pas être un obstacle pour l'autre.

Pour clôturer avec le Document de Nara, nombreux sont les pays, comme la Belgique, ayant souffert de cette crise d'identité, probablement au manque du gouvernement (Houbart et al., 2011). Cherchant alors à tout prix que l'on lui reconnaisse un certain patrimoine. Il n'est plus question d'une quête d'identité mais d'attirer les touristes lui conférant ainsi une valeur purement économique et non plus historique et/ou artistique.

### 1.2.5. Convention du patrimoine mondial, 1972 : Concept de Valeur Universelle Exceptionnelle, 2005

L'idée de créer un mouvement international pour protéger le patrimoine est née après la Première Guerre mondiale. Néanmoins, c'est l'élaboration du barrage d'Assouan en Egypte qui allait inonder la vallée où se trouvaient les temples d'Abou Simbel qui fit l'effet d'un électrochoc. C'est ainsi, qu'en 1959, l'UNESCO ouvrit une campagne afin que ces temples soient démontés, déplacés et réassemblés. Il en allait de leur protection. De cette campagne est née l'idée d'établir une convention sur la protection du patrimoine culturel (et naturel) (UNESCO, convention du patrimoine mondial).

Suite à une conférence à Washington en 1965 demandant la création d'une « Fondation du patrimoine mondial », à des propositions faites en 1968 et présentées ensuite en 1972 à la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement humain à Stockholm, la Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel fut adoptée par la Conférence générale de l'UNESCO, le 16 novembre 1972.

Le document des Orientations de la Convention du patrimoine mondial fut créé afin de guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial. En effet, au moyen d'une série de critères précis élaborés par le Comité du patrimoine mondial, certains biens répondant à ces critères et ayant ainsi une « valeur exceptionnelle » sont alors inscrits sur la Liste du patrimoine mondial. Ce document est régulièrement révisé. Sa dernière version date du 10/07/2019.

La définition de ce concept est établie comme suit :

*« La valeur universelle exceptionnelle signifie une importance culturelle et/ou naturelle tellement exceptionnelle qu'elle transcende les frontières nationales et qu'elle présente le même caractère inestimable pour les générations actuelles et futures de l'ensemble de l'humanité. A ce titre, la protection permanente de ce patrimoine est de la plus haute importance pour la communauté internationale toute entière. Le Comité définit les critères pour l'inscription des biens sur la Liste du patrimoine mondial. »* (Orientations, 2019 : 21, paragraphe 49).

Cette valeur permet de distinguer le patrimoine mondial du patrimoine national.

#### 1.2.5.1. Critères de sélection

Afin d'intégrer la fameuse Liste du patrimoine mondial, les sites se présentant doivent être conférés d'une Valeur Universelle Exceptionnelle, et répondre par l'affirmative à un des dix critères de sélection, cités plus bas. Ces derniers sont développés dans les « Orientations devant guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial ».

L'évolution permanente du concept de patrimoine mondial engendre une mise à jour régulière de ces critères par le Comité. Cependant, ils restent relativement constants.

Avant 2005, les critères étaient divisés en deux ensembles : les critères culturels et les critères naturels. Désormais, suite à la sixième session du Comité qui a révisé les Orientations, il existe un seul ensemble rassemblant les dix critères.

- « (i) *représenter un chef-d'œuvre du génie créateur humain ;*
- (ii) *témoigner d'un échange d'influences considérable pendant une période donnée ou dans une aire culturelle déterminée, sur le développement de l'architecture ou de la technologie, des arts monumentaux, de la planification des villes ou de la création de paysages ;*
- (iii) *apporter un témoignage unique ou du moins exceptionnel sur une tradition culturelle ou une civilisation vivante ou disparue ;*
- (iv) *offrir un exemple éminent d'un type de construction ou d'ensemble architectural ou technologique ou de paysage illustrant une ou des périodes significative(s) de l'histoire humaine ;*
- (v) *être un exemple éminent d'établissement humain traditionnel, de l'utilisation traditionnelle du territoire ou de la mer, qui soit représentatif d'une culture (ou de cultures), ou de l'interaction humaine avec l'environnement, spécialement quand celui-ci est devenu vulnérable sous l'impact d'une mutation irréversible ;*
- (vi) *être directement ou matériellement associé à des événements ou des traditions vivantes, des idées, des croyances ou des œuvres artistiques et littéraires ayant une signification universelle exceptionnelle (Le Comité considère que ce critère doit préférablement être utilisé en conjonction avec d'autres critères) ;*
- (vii) *représenter des phénomènes naturels ou des aires d'une beauté naturelle et d'une importance esthétique exceptionnelles ;*
- (viii) *être des exemples éminemment représentatifs des grands stades de l'histoire de la terre, y compris le témoignage de la vie, de processus géologiques en cours dans le développement des formes terrestres ou d'éléments géomorphiques ou physiographiques ayant une grande signification ;*
- (ix) *être des exemples éminemment représentatifs de processus écologiques et biologiques en cours dans l'évolution et le développement des écosystèmes et communautés de plantes et d'animaux terrestres, aquatiques, côtiers et marins ;*
- (x) *contenir les habitats naturels les plus représentatifs et les plus importants pour la conservation in situ de la diversité biologique, y compris ceux où survivent des espèces menacées ayant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation. »*

(Orientations, 2019 : 27)

### 1.2.5.2. Authenticité et/ou intégrité

L'évaluation de l'authenticité d'une œuvre d'art ou d'un monument n'est pas tâche aisée. Sont inscrits à la Liste du patrimoine mondial, les biens qui répondent aux conditions d'authenticité et d'intégrité.

Le test d'authenticité stipule que les biens répondent à un critère d'authenticité pour ce qui est de leur conception, matériaux, exécution et situation. L'idée d'authenticité ne se limite pas à des considérations de forme et de structure originelles, mais recouvre aussi toutes les modifications et additions ultérieures faites au cours du temps et qui ont en elles-mêmes une valeur artistique ou historique.

Pour ce faire, un système de grille a été créé, basé sur le document de Nara, qui permettrait d'aider à juger de l'authenticité d'un bien ainsi que de sa valeur patrimoniale afin de n'oublier aucun aspect.

« Selon le type de patrimoine culturel et son contexte culturel, on peut estimer que les biens satisfont aux conditions d'authenticité si leurs valeurs culturelles (telles que reconnues dans les critères de la proposition d'inscription) sont exprimées de manière véridique et crédible à travers une variété d'attributs, y compris :

- forme et conception ;
- matériaux et substance ;
- usage et fonction ;
- traditions, techniques et systèmes de gestion ;
- situation et cadre ;
- langue et autres formes de patrimoine immatériel ;
- esprit et impression ; et
- autres facteurs internes et externes. » (Orientations, 2019 : 28, § 82)

Les différents aspects de l'authenticité examinés peuvent être regroupés, selon Jukka Jokilehto (Jokilehto, 2005), en trois catégories :

- Authenticité par création : Elle fait référence au processus créatif que Paul Philippot définit de la sorte « *l'authenticité d'une œuvre d'art est dans l'unité interne du processus mental et de la réalisation matérielle de l'œuvre* » (Jokilehto, 2005 : 42).
- Authenticité historique et matérielle : C'est celle-ci que nous regardons en premier lors de l'évaluation de l'authenticité d'un bâtiment. Elle fait référence aux matériaux, à la substance, à l'emplacement et au cadre, mais les traditions et les techniques, l'utilisation et la fonction sont aussi envisageables sous une perspective historique.
- Authenticité socioculturelle : Cet aspect fait, quant à lui, référence aux aspects intangibles du patrimoine comme les traditions et les techniques, l'utilisation et la fonction, l'esprit et le sentiment, etc.

### 1.3. Un concept au centre des débats

#### 1.3.1. Charte de Burra : Charte des lieux d'importance culturelle, 1989

Bien qu'elle fut adoptée le 19 août 1979, que ce paradigme des valeurs a été admis par les conservateurs à partir du XXI<sup>e</sup> siècle. Ces valeurs justifient aujourd'hui les raisons pour lesquelles un patrimoine est conservé. Ce qu'une société n'estime pas ou ne valorise pas, a très peu de chance d'être conservé. Même si aujourd'hui, nous cherchons à attribuer de la valeur à tout ce qu'il y a autour de nous, ce qui reviendrait à prétendre que rien ne vaut rien.

Néanmoins, ces valeurs font partie de cultures, de constructions sociales sans cesse en évolution. C'est une des raisons pour laquelle la Charte de Burra a subi déjà quelques révisions en 1981, 1988, 1999 et 2013 (dernière version) afin d'être en accord avec les courants de pensée de l'époque. En effet, toutes les décisions de conservation sont la conséquence d'une série de jugements de valeur.

Quelles sont ces valeurs qui permettraient de qualifier un patrimoine ? Le Comité australien d'ICOMOS a tenté de formaliser au travers de la Charte de Burra, en fonction de leurs expériences et observations dans un contexte australien. Cependant, il y a deux éléments qui sont insuffisamment développés dans cette charte : le temps et le changement (Fredheim et al., 2016 : 470).

Par exemple, certaines valeurs sont identifiées à un bâtiment, et quelques années plus tard, quelques différenciations sont observées. Quelles valeurs doivent primer sur les autres ? Sont-elles complémentaires ?

Il est important que les valeurs relevées à une certaine époque, changeantes et subjectives, soient reconnues comme étant spécifiques au temps et au contexte.

*« L'importance culturelle signifie la valeur esthétique, historique, scientifique, sociale ou spirituelle pour les générations passées, présentes ou futures.*

*L'importance culturelle s'incarne dans le lieu lui-même, son tissu, son cadre, son utilisation, ses associations, ses significations, ses enregistrements, les lieux et objets qui s'y rapportent.*

*Les lieux peuvent avoir une gamme de valeurs pour différents individus ou groupes. »<sup>1</sup> (Charte de Burra, 2013 : 2, Définitions, art. 1.2)*

---

<sup>1</sup> "Cultural significance means aesthetic, historic, scientific, social or spiritual value for past, present or future generations. Cultural significance is embodied in the place itself, its fabric, setting, use, associations, meanings, records, related places and related objects.

Places may have a range of values for different individuals or groups." (traduction par DeepL)

### 1.3.2 Charte de Nouvelle-Zélande pour la conservation des lieux de valeur du patrimoine culturel, 2010

Une des particularités de la Nouvelle-Zélande est sa capacité d'entretenir une certaine relation avec son patrimoine culturel. Comme le reste de l'humanité, il en vient de sa responsabilité générale de sauvegarder les lieux de son patrimoine culturel pour les générations actuelles et futures. Néanmoins, la façon de percevoir leur patrimoine et la façon dont elle le conserve sont deux des caractéristiques de la population néo-zélandaise.

C'est dans cet esprit, dans la continuité de la Charte internationale pour la conservation et la restauration des monuments et des sites (Charte de Venise, 1964) que la Charte fut révisée et adoptée par la Comité de l'ICOMOS de Nouvelle-Zélande le 10 octobre 2010.

De cette façon, les termes tels que l'authenticité, l'intégrité, le patrimoine culturel, sa signification, des valeurs, matérielles, immatérielles et bien d'autres ont été définis. Il va de soi que les valeurs voient le jour dans un contexte néo-zélandais mais rien empêche qu'elles soient réinterprétées dans un contexte plus européen, tout en sachant que la base reste fondamentalement identique d'un document à un autre.

*« L'authenticité signifie la crédibilité ou la véracité des preuves qui subsistent et la connaissance de la valeur du patrimoine culturel d'un lieu. Les preuves pertinentes comprennent la forme et la conception, la substance et le tissu, la technologie et l'artisanat, le lieu et l'environnement, le contexte et le cadre, l'utilisation et la fonction, les traditions, l'essence spirituelle et le sens du lieu, et comprennent des valeurs matérielles et immatérielles. L'évaluation de l'authenticité est basée sur l'identification et l'analyse des preuves et des connaissances pertinentes, et sur le respect de son contexte culturel.*

(...)

*La signification du patrimoine culturel signifie la valeur patrimoniale culturelle d'un lieu par rapport à d'autres lieux similaires ou comparables, en reconnaissant le contexte culturel particulier du lieu.*

*Par valeur(s) du patrimoine culturel, on entend la possession de valeurs esthétiques, archéologiques, architecturales, commémoratives, fonctionnelles, historiques, paysagères, monumentales, scientifiques, sociales, spirituelles, symboliques, technologiques, traditionnelles ou autres valeurs matérielles ou immatérielles, associées à l'activité humaine.*

(...)

*Par valeur immatérielle, on entend la valeur patrimoniale culturelle abstraite des significations ou associations d'un lieu, y compris les valeurs commémoratives, historiques, sociales, spirituelles, symboliques ou traditionnelles.*

*L'intégrité signifie l'intégralité ou l'intégrité d'un lieu, y compris sa signification et son sens du lieu, ainsi que tous les attributs et éléments matériels et immatériels nécessaires pour exprimer sa valeur de patrimoine culturel.*

(...)

*Valeur matérielle : la valeur du patrimoine culturel physiquement observable d'un lieu, y compris les valeurs archéologiques, architecturales, paysagères, monumentales, scientifiques ou technologiques. »<sup>2</sup>*

(Charte de New Zealand, 2010 : 9-11, Definitions)

---

<sup>2</sup> *“Authenticity means the credibility or truthfulness of the surviving evidence and knowledge of the cultural heritage value of a place. Relevant evidence includes form and design, substance and fabric, technology and craftsmanship, location and surroundings, context and setting, use and function, traditions, spiritual essence, and sense of place, and includes tangible and intangible values. Assessment of authenticity is based on identification and analysis of relevant evidence and knowledge, and respect for its cultural context.*

*Cultural heritage significance means the cultural heritage value of a place relative to other similar or comparable places, recognising the particular cultural context of the place.*

*Cultural heritage value/s means possessing aesthetic, archaeological, architectural, commemorative, functional, historical, landscape, monumental, scientific, social, spiritual, symbolic, technological, traditional, or other tangible or intangible values, associated with human activity.*

*Intangible value means the abstract cultural heritage value of the meanings or associations of a place, including commemorative, historical, social, spiritual, symbolic, or traditional values.*

*Integrity means the wholeness or intactness of a place, including its meaning and sense of place, and all the tangible and intangible attributes and elements necessary to express its cultural heritage value.*

*Tangible value means the physically observable cultural heritage value of a place, including archaeological, architectural, landscape, monumental, scientific, or technological values.” (traduction par DeepL)*

### 1.3.3. Des qualificatifs qui évoluent

La valeur patrimoniale est un terme intéressant dans la conservation du patrimoine.

Pour qu'un bien immobilier soit classé comme ayant une valeur patrimoniale, qu'il présente un intérêt historique, archéologique, architectural, scientifique, artistique, social, etc., il doit répondre à au moins un de ces critères : la rareté, l'intégrité, la représentativité et l'authenticité (Protection du patrimoine, AWaP).

A ce patrimoine sont conférées certaines valeurs que la société lui attribue. Les valeurs artistique et historique sont celles perçues en premier mais il en existe bien d'autres (Fig. 10).

Parmi ces nombreuses valeurs, certaines ont déjà fait l'objet de recherche par Alois Riegl qui avait distingué deux catégories : les valeurs de remémoration (passé de l'objet) et celles de contemporanéité (attentes modernes).

Ainsi, dans la première catégorie, nous retrouvons la valeur d'âge qui peut elle-même être divisée en deux autres types : la valeur d'ancienneté et la valeur historique.

Plus le bâtiment sera proche de son état initial, plus grande sera sa valeur historique et moins grande sa valeur d'ancienneté. Soit un bâtiment porte les traces du temps mais il sera endommagé, soit il transmet son message original mais on passera à côté de cette valeur d'ancienneté. L'intérêt historique du monument provient de son statut de témoin du passé.

En ce qui concerne la valeur d'usage, celle-ci sera d'autant plus importante si la valeur d'origine est toujours maintenue. Cela requiert un traitement particulier parfois opposé à d'autres valeurs. Ainsi, l'édifice qui, en maintenant les dispositions anciennes, est encore utilisé aujourd'hui, constituerait la solution idéale.

Dans le rapport produit par la firme Patri-Arch concernant l'inventaire du patrimoine bâti de la Ville de Sutton au Québec, la notion de valeur architecturale est également soulevée et définie comme suit : « *Reflète d'un savoir-faire, l'architecture traduit également les préoccupations esthétiques d'une époque. Un bâtiment à l'architecture élaborée originale, signé d'un architecte émérite ou représentatif d'un courant architectural donné possède habituellement une bonne valeur d'architecture.* » (Patri-Arch, 2015 : Valeur d'architecture).

Si la matière de l' « œuvre » est trop abimée (intégrité physique), cela influe sur l'intégrité formelle de l'objet. Cette dernière ainsi que la valeur de l'âge influencent la valeur d'authenticité. Si le bien a été trop souvent restauré ou reconstruit, cette valeur d'authenticité diminuera aux yeux des gens. Ce qui nous renvoie au paradoxe du bateau de Thésée qui pose la notion d'identité. Le caractère réversible ou non d'une intervention joue également sur cette authenticité.

Dans une restauration, il est difficile préserver toutes les valeurs car certaines s'opposent entre elles. Il y a un choix à faire.

Comme nous l'avons remarqué, la définition donnée à la notion de patrimoine a complètement changé durant la seconde moitié du XXe siècle. Le patrimoine, qui se résumait à des valeurs purement matérielles, s'en est vu octroyer de nouvelles au fil des années de par la construction sociale mutable.

De plus, la notion d'authenticité possède désormais de nombreuses facettes. Le patrimoine culturel implique également la vie de personnes issues de cultures très diverses, il ne s'agit plus d'un concept isolé.

Dans son article 2, la Convention-cadre du Conseil de l'Europe sur la valeur du patrimoine culturel pour la société, ou plus connue sous le nom Convention de Faro (signée le 27 octobre 2005 à Faro, au Portugal) définit le patrimoine culturel comme un « ... ensemble de ressources héritées du passé que des personnes considèrent, par-delà le régime de propriété des biens, comme un reflet et une expression de leurs valeurs, croyances, savoirs et traditions en continuelle évolution. Cela inclut tous les aspects de l'environnement résultant de l'interaction dans le temps entre les personnes et les lieux ». (Convention Faro, 2005).

Ses objectifs étant qu'une responsabilité collective et individuelle des lieux où vivent les gens soit reconnue, que l'utilisation durable du patrimoine ait un impact positif sur la qualité de la vie et sur le développement de l'homme, que celui-ci ait le droit de participer à la vie culturelle.

Concernant la notion d'authenticité, dans son article « The Complexity of the authenticity », Jukka Jokilehto propose une solution qui « serait de permettre à chaque culture de fournir sa propre définition. Ainsi, les Européens pourraient conserver leurs définitions, tandis que les Africains, les Asiatiques et les Américains pourraient élaborer les leurs. » Et de rajouter à la suite « Cependant, cela aboutirait à une anarchie totale et détruirait toute la base de la collaboration internationale, qui a été acceptée comme faisant partie de notre culture actuelle. » (Jokilehto, 2009 : 135).

Même s'il s'agit d'un résumé condensé, il est, malgré tout possible, se rendre compte que ces notions de valeur, d'authenticité font l'objet de débat et d'évolution constante depuis de nombreuses décennies. Il serait naïf de croire qu'aujourd'hui, ces notions soient identiques pour tous. Elles sont le reflet des cultures, des modes de pensée, concepts mouvants et évoluant chaque jour.

Ainsi, dans leur article sur l'importance des valeurs, L. Harald Fredheim et Manal Khalaf ont réalisé un tableau récapitulatif (Fig. 10) des différentes typologies de valeurs du patrimoine culturel.

**Table 1. An overview of a selection of published value typologies for cultural heritage**

Riegl ([1902], 1982)	Australia ICOMOS (1979)	Lipe (1984)	Darvill (1995)	Carver (1996)
Age	Aesthetic	Economic	Use	Market
Historical	Historic	Aesthetic	Archaeological Research	Capital/Estate
Commemorative	Scientific	Associative/Symbolic	Scientific Research	Production
Use	Social	Informational	Creative Arts	Commercial
Newness			Education	Residential
			Recreation and Tourism	Community
			Symbolic Representation	Amenity
			Legitimation of Action	Political
			Social Solidarity and Integration	Minority/Disadvantaged/Descendant
			Monetary & Economic Gain	Local Style
			Option	Human
			Stability	Environmental
			Mystery & Enigma	Archaeological
			Existence	
			Cultural Identity	
			Resistance to Change	
Frey (1997)	Ashley-Smith ((1999)	Pye (2001)	Throsby (2001)	Mason (2002)
Monetary	Economic	Historic	Aesthetic	Historical
Option	Informational	Artistic	Spiritual	Cultural/Symbolic
Existence	Cultural	Scientific	Social	Social
Bequest	Emotional	Cultural	Historical	Spiritual/Religious
Prestige	Existence	Contextual	Symbolic	Aesthetic
Educational		Condition	Authenticity	Market
		Economic		Existence
				Option
				Bequest
Feilden (2003)	Keene (2005)	Appelbaum (2007)	English Heritage (2008)	Orbaşlı (2008)
Emotional	Social	Art	Evidential	Age and Rarity
Wonder	Aesthetic	Aesthetic	Historical	Architectural
Identity	Spiritual	Historical	Aesthetic	Artistic
Continuity	Historical	Use	Communal	Associative
Spiritual & Symbolic	Symbolic	Research		Cultural
Cultural	Authenticity	Educational		Economic
Documentary		Age		Educational
Historic		Newness		Emotional
Archaeological,		Sentimental		Historic
Age & Scarcity				
Aesthetic & Symbolic		Monetary		Landscape
Architectural		Associative		Local Distinctiveness
Townscape, Landscape & Ecological		Commemorative		Political
Technological & Scientific Use				
Functional		Rarity		Public
				Religious & Spiritual
				Scientific/Research/Knowledge
				Social
Economic				Symbolic
Social				Technical
Educational				Townscape
Political & Ethnic				Lertcharnrit (2010)
Stubbs (2009)	Gómez Robles (2010)	Szmelter (2010)	ICOMOS New Zealand (2010)	Informational
Universal	Typological	Cultural	Aesthetic	Educational
Associative	Structural	Identity, Emotive	Archaeological	Symbolic
Curiosity	Constructional	Artistic/Technical, Evidence	Architectural	
		Rarity, Administrative		
Artistic	Functional	Contemporary	Commemorative	Economic
Exemplary	Aesthetic	Socio-Economic	Functional	Entertaining/Recreational
		Economic, Resource		
Intangible	Architectural	Functional, Usefulness	Historical	
Use	Historical	Educational, Tourism	Landscape	
	Symbolic	Social, Awareness	Monumental	
		Political, Regime	Scientific	
			Social	
			Spiritual	
			Symbolic	
			Technological	
			Traditional	

Fig. 10 - An overview of a selection of published value typologies for cultural heritage, 2016

Plusieurs concepts tels que l'origine d'un objet, la notion d'intention, d'identité, font également l'objet de questionnements. Ces derniers sont exposés au travers de quelques exemples de restauration comme la toiture en béton armé de la Cathédrale Notre-Dame de Reims où la notion d'identité matérielle est développée. Il y aura également le caractère d'origine de l'œuvre et la notion d'intention qui seront explicités au travers des reconstructions cycliques du Sanctuaire d'Ise.

Ainsi, une histoire connue de tous est le paradoxe du bateau de Thésée où il s'agit de savoir lequel des deux bateaux est le « vrai » ? Celui dont les planches furent remplacées au fil des années et permit ainsi une continuité de la forme ou bien celui construit avec les planches récupérées et donc les matériaux d'origine ?

Dans cette histoire sont abordés la notion d'authenticité de la matière et la valeur historique d'un objet. Cependant, à cette notion d'authenticité limitée à la matière, ne devrions-nous pas ajouter celle relative à l'usage ?

Créée au début du Ve siècle, la première cathédrale rémoise subit multiples transformations et fut détruite par un incendie en 1210. Une toute nouvelle Cathédrale fut construite un an plus tard. Ne serait-ce pas à partir de cette période-là qu'il faudrait considérer si les interventions ultérieures altèrent ou non l'authenticité de la Cathédrale Notre-Dame de Reims ? Car de l'originelle, il ne reste désormais plus rien.

Restaurée au XIX<sup>e</sup> par Viollet-le-Duc, la Cathédrale Notre-Dame de Reims fut à nouveau touchée, en 1914, par un incendie qui réduit en cendres la charpente, ce qui lui valut son statut de martyr. Ainsi, pour des raisons principalement de sécurité, la nouvelle charpente fut réalisée en béton, matière ininflammable et, également, plus légère que le bois de l'ancienne charpente.

Dès lors, nous pouvons nous poser les questions suivantes : comment apprécier l'évolution ? Est-ce celle du XIII<sup>e</sup> ? Est-ce une question de style ? Doit-on répudier les interventions du XIX<sup>e</sup> ? Parce que c'est le XIX<sup>e</sup> siècle ou parce que c'est Viollet-le-Duc ? Finalement, ne sont-elles pas toutes des interventions matérielles et historiques (Colloque Mons, 2020 : Benjamin Mouton) ?

D'autres ont tenté de voir un peu plus loin que la simple matérialité de l'objet. Dans son article, Théodore Scaltsas pose la question du caractère essentiel de l'origine de l'objet. Cependant, il y a des cas où l'origine n'est pas essentielle à l'identité de celui-ci, comme dans le cas du Sanctuaire d'Ise. Il soulève alors une notion importante : « l'intention de la reconstruction peut faire toute la différence quand il s'agit de déterminer si le même objet est numériquement identique à l'ancien objet ou pas. » (Scaltsas, 1981 : 399).

Ainsi, reconstruit tous les 20 ans selon un rituel traditionnel, le Shikinen-Sengù, en gage de pureté, et, en utilisant des techniques de construction datant du Xe siècle, le Sanctuaire d'Ise montre que cette notion d'identité varie d'une culture à l'autre.

L'intention, ici, n'étant pas de reconstruire le même sanctuaire, mais d'en reconstruire un nouveau. Dans ce cas-ci, l'intention est une fin en soi. Il n'est pas question d'une pérennité de la forme mais bien d'une symbolique de l'éternité, élément très important dans la culture japonaise, de pureté qui se traduit par cette reconstruction cyclique.

Cette hiérarchie, balançant entre continuité spatio-temporelle et identité matérielle, renvoie à la question d'authenticité de l'objet, notion liée à celle d'identité.

Posons-nous la question suivante : pourquoi la condition de continuité de la forme devrait-elle l'emporter sur l'identité des pièces ?

Alors que cette reproduction périodique était en parfait désaccord avec la vision occidentale de l'époque (fin du XX<sup>e</sup>) qui prônait l'authenticité matérielle, et, qu'il s'agit là purement d'un rite datant d'un autre siècle, non de la philosophie de restauration japonaise, cette idée de reproduction à l'identique a été intégrée dans la vision occidentale de façon inappropriée.

Dans sa théorie de la restauration, Cesare Brandi soulève la question du « faux » où il observe qu' « *un faux n'est pas un faux tant qu'il n'est pas reconnu comme tel. En effet, la fausseté ne peut être considérée comme une propriété inhérente à l'objet. Même dans le cas extrême où la fausse pièce est principalement constituée d'une composition matérielle différente - comme pour les pièces de monnaie - il peut y avoir une fausseté par rapport à l'alliage utilisé pour les pièces authentiques, mais l'alliage différent n'est pas faux en soi : il est authentique. La fausseté est donc basée sur le jugement.* » (Brandi, 1963 : 87, Falsification).

Dans son texte traitant de la complexité de l'authenticité, Jukka Jokilehto résume les trois situations que Brandi expose afin d'opérer à la distinction entre copie, imitation et falsification qui n'est pas basée sur les méthodes de production, mais plutôt sur l'intention, comme évoqué avec le sanctuaire japonais.

Ainsi, « *il cite trois situations : 1) la production d'un objet similaire à un autre objet dans l'intention de documenter ; 2) la production d'un tel objet dans l'intention spécifique d'induire les autres en erreur quant à son époque, sa nature matérielle ou son créateur ; et 3) la commercialisation ou la circulation d'un objet en tant qu'œuvre authentique d'une époque, d'un matériau, d'une production ou d'un artiste qui diffèrent de ceux qui se rapportent à l'objet lui-même. (Brandi, 1963 : 87, Falsification). Cela montre que l'objet, en soi, n'est pas un faux. Il ne le devient que si quelqu'un veut le présenter comme tel.* » (Jokilehto, 2009 : 135).

Ces différents exemples de restauration illustrent quelques concepts rencontrés dans de nombreux textes, disons « plus philosophiques ». Traitant de ce concept complexe qu'est l'authenticité, ils ne sont bien entendu pas les seuls pouvant convenir. Les différents concepts exposés peuvent très bien être envisagés sous un autre angle.

Ces nombreux débats tentant de définir ce concept qu'est « l'authenticité » dans le domaine du patrimoine culturel ne sont pas prêts de se clôturer, ce travail, sans prétention aucune, pourrait apporter « sa petite pierre à l'édifice ».

L'objectif parcouru tout au long de cet état de l'art concernant le concept d'authenticité est de montrer que depuis le début, les définitions ont déjà fortement changé. Il s'agit de notions qui ne sont pas figées dans le marbre et qui évoluent au cours de l'histoire. Cela a évolué sur les 200 dernières années, pourquoi cela s'arrêterait-il maintenant ?

## 1.4. Patrimoine numérique : une nouvelle manière de conserver

### 1.4.1. Charte sur la conservation du patrimoine numérique, 2003

Le numérique, dans le domaine de la conservation du patrimoine, se présente en deux étapes.

La première concerne les documentations qui constituent la préservation d'un patrimoine dit numérique, comme une copie digitale d'un élément. La seconde consiste à utiliser cette copie pour réaliser une production numérique en tant que telle de l'élément. Très peu de travaux ont encore été réalisés concernant cette nouvelle façon de reproduire des éléments du patrimoine et l'impact sur l'authenticité de celui-ci, d'où l'intérêt de ce travail-ci.

Concernant le patrimoine numérique, une charte a été adoptée le 15 octobre 2003, lors de la 32<sup>e</sup> session de la Conférence générale de l'UNESCO.

De plus en plus, le support papier est délaissé pour sa version numérique. En effet, nombreuses sont les ressources, qu'elles soient culturelles ou même éducatives, qui sont produites, distribuées et consultées via l'ordinateur. Le patrimoine, sous forme numérique, s'inscrit tout simplement dans l'ère du temps. Il fait partie intégrante du patrimoine de l'humanité.

Malheureusement, d'un point de vue technique, tout n'est pas encore au point. La « Charte de l'UNESCO sur la conservation du patrimoine numérique » met en évidence une série de points, résumés dans son préambule, autour de la question du patrimoine numérique comme nouvel héritage. Elle évoque ses avantages mais aussi ses inconvénients dû à sa conservation qui pourrait être atteinte si les moyens techniques ne sont pas correctement mis en place, par exemple, l'instabilité d'Internet, son accessibilité par tous, etc.

*« La Conférence générale,*

*Considérant que la disparition du patrimoine, quelle qu'en soit la forme, constitue un appauvrissement du patrimoine de toutes les nations,*

*Rappelant que l'Acte constitutif de l'UNESCO stipule que l'Organisation aide au maintien, à l'avancement et à la diffusion du savoir en veillant à la conservation et protection du patrimoine universel de livres, d'œuvres d'art et d'autres monuments d'intérêt historique et scientifique, que son programme «Information pour tous» offre une plate-forme aux débats sur les politiques à adopter et les mesures à prendre en ce qui concerne l'information et la sauvegarde du savoir enregistré et que son programme «Mémoire du monde» vise à assurer la conservation du patrimoine documentaire mondial et son accessibilité universelle,*

*Reconnaissant que ces ressources en matière d'information et d'expression créatrice sont de plus en plus produites, diffusées, obtenues et conservées sous forme numérique, créant ainsi un nouvel héritage - le patrimoine numérique,*

*Consciente que l'accès à ce patrimoine offrira de plus larges possibilités de création, de communication et de partage des connaissances entre tous les peuples,  
Comprenant que ce patrimoine numérique risque de disparaître et que sa conservation dans l'intérêt des générations présentes et futures est une question urgente qui intéresse le monde entier,*

*Proclame les principes ci-après et adopte la présente Charte. » (Charte patrimoine numérique, 2003 : Préambule)*

L'objectif de la Charte étant qu'un accord international soit trouvé concernant les questions d'archivage, de préservation et de diffusion de ce patrimoine.

L'arrivée du numérique a transformé nos sociétés, et son évolution progressive ainsi que des mentalités ont eu un impact dans le domaine de la restauration et l'évolution du concept de l'authenticité.



## 2. Production numérique

### 2.1. Acquisition des données

Relevés manuels (Magri-Djenane et al., 2011)

Préalablement au développement des techniques d'acquisition numériques de données 3D, il est primordiale de décrire un bref récapitulatif des techniques traditionnelles employées lors d'un relevé à la main.

Primo, le relevé d'architecture est une représentation graphique d'un ouvrage existant. Il est réalisé dans le cadre de rénovation, de restauration, dans tout ce qui touche à une intervention sur un bâtiment existant.

Le but est de réaliser des relevés afin de remettre à jour la documentation fournie (plan/coupe/élévation) de par les transformations éventuellement subies par le bâtiment au cours du temps.

En général, les outils utilisés lors d'un relevé manuel sont :

- Un (double-)décamètre ;
- Un mètre ;
- Un fil à plomb ;
- Un télémètre laser ;
- Du matériel pour dessiner ;
- ...

Le processus de relevé se décompose en trois phases : l'esquisse, le relevé et le dessin.

L'étape de l'esquisse consiste à prendre connaissance du lieu en le parcourant. Les premières proportions du bâtiment sont esquissées au moyen d'éléments contenus sur place, comme le nombre de pavés, le nombre de pas, etc.

Secundo, viennent les relevés réalisés au moyen des outils cités précédemment en utilisant la technique de la triangulation. En effet, le triangle possède la particularité de pouvoir définir ses côtés sans avoir connaissance de ces angles. De cette façon, son utilisation permet le relevé de tous types de formes géométriques (sauf arrondies). Nous verront par la suite que l'emploi de la triangulation est reprise dans les nouvelles techniques d'acquisition des données.

Aujourd'hui, les relevés se font également au moyen d'un tachéomètre qui consiste pour l'opérateur à « viser » les points de repères préalablement définis et à les référencer correctement (Dubois et al., 2017 : 1).

Le jeu de plan/coupe/élévation, élément indispensable à quelque intervention, sera retranscrit sur papier, que ce soit à la main ou à l'ordinateur.

Le relevé manuel lui confère l'avantage d'employer très peu d'outils, une facilité très appréciée. Cependant, la précision de ces relevés dépend de l'opérateur. Les erreurs peuvent se cumuler et avoir de nombreuses conséquences pour la suite. De nouveaux relevés devraient dès lors être effectués en guise de vérification.

Cette non-rentabilité en terme de temps et travail produit est un des nombreux avantages que peut apporter le recours aux nouvelles technologies.

## Relevés « automatisés »

Dans certains domaines tels que l'art, la réalité augmentée, l'archéologie ainsi que le patrimoine, l'acquisition d'images uniquement 2D n'est pas suffisante. Ces applications exigent l'acquisition de données géométriques 3D, au moyen d'un scan 3D de l'élément mesuré, afin d'obtenir une vue d'ensemble de l'objet.

Le but n'est pas de démontrer par quelconques procédés que les relevés effectués au moyen des nouvelles techniques sont d'une qualité supérieure, négligeant ainsi les techniques traditionnelles. Il n'est pas question d'opposer les techniques car chacune est employée pour répondre à des besoins particuliers.

Chaque cas est un cas d'espèce. Il en est de même lorsqu'il s'agit d'avoir recours ou non aux techniques d'acquisition numériques.

De nos jours, ces nouvelles techniques de numérisation géométrique de l'existant jouent un rôle essentiel dans notre façon de réaliser un relevé d'un bâtiment. En effet, elles permettent de relever des millions de points géométriques sur la surface d'un bâtiment d'une précision plus qu'exemplaire, le tout créant un nuage de points. Chose qu'il n'était pas possible à réaliser lors des relevés effectués avec les techniques de relevé conventionnelles, telle que la station totale, instrument de prédilection des géomètres (Dubois et al., 2017).

Nombreux sont les outils permettant la numérisation 3D d'objets mais le plus répandu est le scanner laser 3D.

Un de ses principaux avantages est sa densité pouvant aller jusqu'à plusieurs milliers de mesures au centimètre carré. Le niveau de détail est ainsi très élevé. Ce n'est pas un hasard si cette technique est de plus en plus utilisée en archéologie, domaine où chaque aspérité de la matière doit être recensée et modélisée pour une numérisation la plus fidèle possible au vestige. Le but étant de documenter mais également de pouvoir avoir accès à toutes les particularités des pièces en cas de destruction matérielle de celles-ci.

De plus, le scanner laser 3D, sans contact, permet d'éviter toute dégradation du modèle du à une mauvaise manipulation ou à un objet trop fragile (ex. : pièce archéologique).

**Scan**    **→**    **Modèle 3D**    **→**    **Facilité de manipulation**

Cependant, comme toutes les technologies, celle-ci a ses limites.

Les surfaces brillantes, noires ou encore transparentes ne vont pas pouvoir réfléchir la lumière correctement et vont donc fournir de mauvaises informations sur l'objet scanné en 3D. Certaines méthodes existent, comme pour les objets brillants, où une poudre blanche est appliquée par-dessus l'objet afin qu'il puisse réfléchir correctement la lumière projetée.

Le champ d'application du scanner laser 3D est très vaste. Cependant, plusieurs technologies sont développées afin de répondre aux différentes attentes recherchées lors de la numérisation de l'objet. Certaines emploient la technologie du laser, d'autres de la photographie ou encore d'une projection de lumière. Toutes plus appropriées à une utilisation à petite portée ou à grande portée, la précision du relevé est ainsi impactée.

Nombreuses sont les techniques qui permettent l'acquisition de données de manière qualitative mais l'objectif n'est pas, ici, de présenter l'entièreté de ce qui est disponible sur le marché mais un résumé global de ce qui est déjà utilisé dans le domaine du patrimoine.

Les techniques de relevé 3D se distinguent en plusieurs grandes familles selon les dispositifs mis en œuvre.

### 2.1.1. Lasergrammétrie / Balayage laser 3D

Préalablement, il faut savoir que la méthode de la lasergrammétrie utilise le principe du LiDAR (Light Detection And Ranging) (Fig.11). Ce dernier utilise le principe de la télédétection laser par télémétrie, technique d'acquisition expliquée ultérieurement.

Lors d'un balayage laser, le LiDAR émet une impulsion lumineuse, des faisceaux laser, vers l'objet à relever. Après avoir percuter la surface de ce dernier, les faisceaux retournent vers la source. En connaissant la vitesse de la lumière, soit environ 299 800 km/s, c'est de cette façon que la distance est mesurée.

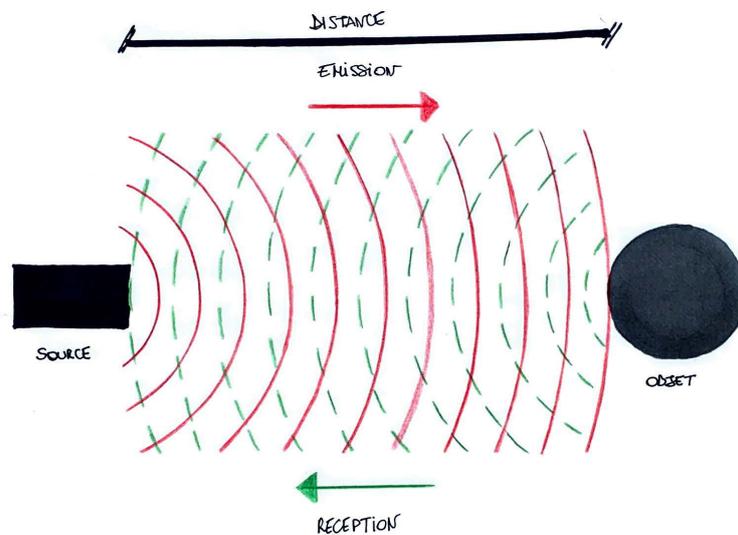


Fig. 11 – Principe du LiDAR

Aujourd'hui, les technologies permettent d'envoyer une multitude de faisceaux et de collecter les données de façon très rapide. Chaque point collecté est référencé avec une précision pouvant atteindre le millimètre.

La lasergrammétrie peut être réalisée selon deux techniques d'acquisition utilisant le laser : la télémétrie laser et la triangulation.

La télémétrie laser consiste à mesurer le temps que prend le rayon lumineux à parcourir la distance de la source jusqu'à l'objet mesuré.

La triangulation fonctionne au moyen d'un faisceau laser réfléchi par un miroir mobile. La réflexion de ce point sur l'objet mesuré, émis par le laser scanner, est relevé au moyen d'une caméra.

Les données relevées forment un « nuage de points ». Chacun de ces points est référencé dans l'espace tridimensionnel selon les coordonnées X, Y et Z (Fuchs et al., 2004).

### 2.1.1.1. Scanner laser à temps de vol (TOF – Time of Flight ) ou à impulsions

La technologie de scan laser à temps de vol regroupe deux types de scan 3D : le scan à impulsion laser (Fig. 12) et le scan à décalage de phase (Fig.13) (Héno et al., 2014). Tous deux reposent sur l'application du principe énoncé ci-avant, soit sur le calcul de la durée mise par un laser pour toucher une surface et à revenir sur un capteur.

Cependant, le scan 3D à décalage de phase, ou méthode dite « d'onde continue », en plus de moduler l'amplitude du faisceau laser servant à scanner en 3D, module également sa phase. Ce qui signifie, que, lorsque l'appareil projette son rayon laser, celui-ci revient par réflexion, mais selon un angle différent que celui émis. Ainsi, le capteur mesure la distance en analysant ce décalage de phase entre le rayon émis et celui renvoyé.

Le scanner à impulsion laser possède une longue portée et est ainsi régulièrement utilisé pour la numérisation des bâtiments, en extérieur, alors que le scanner à décalage de phase est plus adapté aux relevés intérieurs.

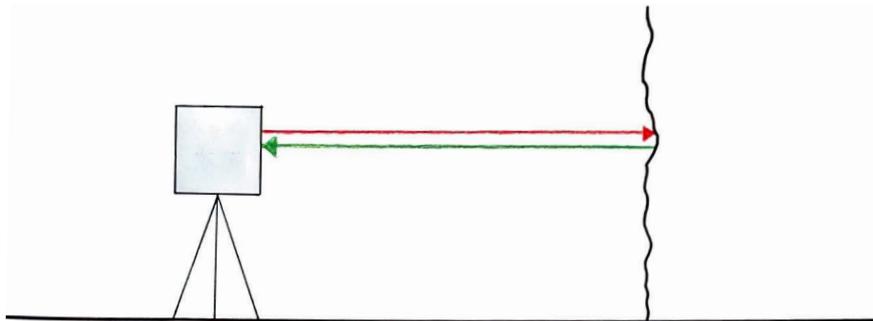


Fig. 12 - Scanner à impulsion laser

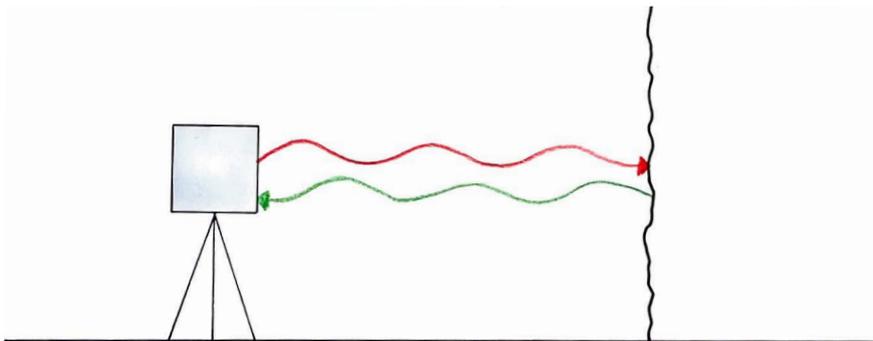


Fig. 13 - Scanner à décalage de phase

Un des principaux avantages des scanners laser à temps de vol est de scanner en 3D de grands objets et environnements. Sa précision est de l'ordre du millimètre, voire plus en fonction du matériel choisi. Cependant, son prix est très onéreux et peut atteindre jusqu'à 100 000€ (Billen, 2015).

D'ici quelques temps, son prix sera plus démocratique car la demande est forte (ex. : lidars intégrés dans une Tesla). Néanmoins, Il y a déjà un réel marché pour un mini lidar de maison. Des petits lidars sont déjà disponibles, pouvantt produire des nuages de points exploitables, directement pour 300€ (Fig. 12) (Carrieri, Formation OBS, 2019).



Fig. 14 - Scanner Laser 360° RPLIDAR A2M8

La quantité de données étant astronomique, son traitement nécessite une personne habituée à ce genre d'informations. Ce qui est compliqué, c'est la reconstruction du mesh, la connexion entre les différentes prises de vue, mais la précision est tellement meilleure qu'avec un système de triangulation à la main.

### 2.1.1.2. Scanner par triangulation optique

Le terme « triangulation » est dû au triangle formé par le point laser, l'appareil photo utilisé dans le but de situer le point créé par le rayon ou faisceau laser sur l'objet, ainsi que l'émetteur laser (Fig. 15). Les dimensions de ce triangle sont connues grâce à ces trois éléments.

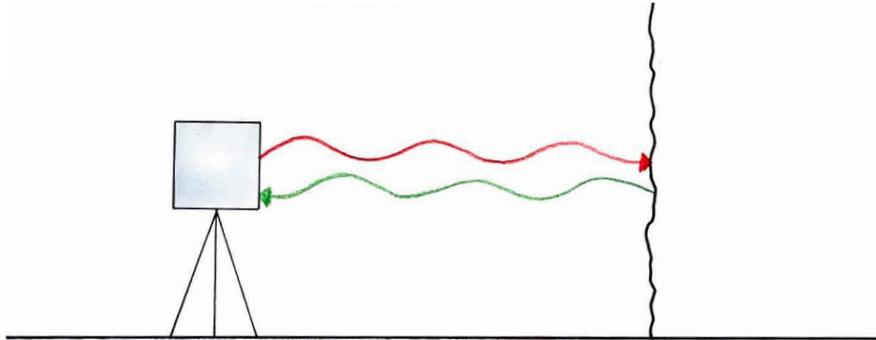


Fig. 15 - Scanner par triangulation optique

D'abord, le laser est projeté par le scanner 3D, comme dans le cas du scan laser à temps de vol. Ce laser est ensuite réfléchi par l'objet numérisé et la surface de celui-ci dévie la trajectoire du laser qui est enregistrée par un capteur (Fig. 16). Ce dernier, en calculant également la distance qui sépare le scanner 3D de la surface de l'objet, est suite au relevé d'une multitude de points de la surface de l'objet, est désormais capable d'en déduire sa surface avec précision.

Ce type de scanner est vraiment efficace pour les objets de petite taille. En effet, sa faible portée ne lui permet pas d'être adapté pour les relevés des grands édifices.

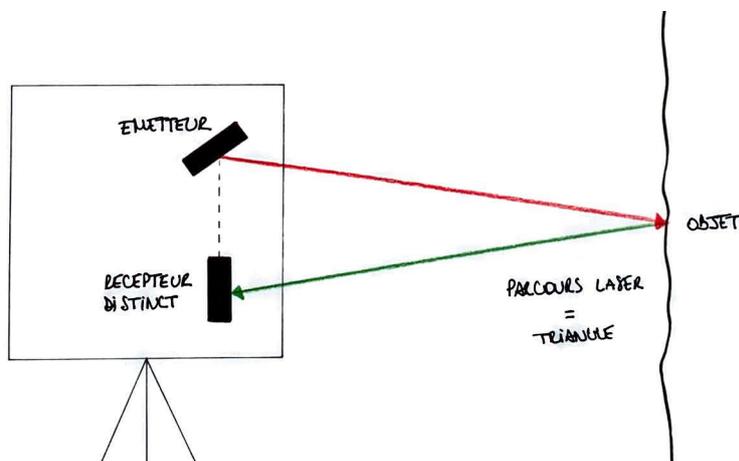


Fig. 16 - Système de triangulation

### 2.1.2. Scanner par triangulation lumière structurée

Dans ce cas-ci, ce qui est projeté par le scanner n'est pas un laser mais bien une lumière, dont les caractéristiques sont connues et avec un certain motif, en général une grille, d'où son nom « lumière structurée ». Cette lumière est alors projetée sur la surface à scanner. Les déformations que subit cette lumière au contact de la surface à scanner sont capturées par les capteurs qui peuvent alors déduire, au moyen du calcul du déplacement subi par le motif, les propriétés de la surface.

Les principaux avantages à l'utilisation de la technologie de lumière structurée sont sa vitesse et sa résolution.

Contrairement à la technique par laser qui scanne par point ou ligne, il est possible de scanner une surface importante, d'un seul passage.

Le modèle présent (Fig. 17) peut scanner une voiture (grand modèle) (Carrieri, Formation OBS, 2019). Cette technique permet également de procéder à un scan d'une personne.

Le procédé consiste à faire pivoter l'objet, ou la caméra, quand celui-ci ne permet pas d'être mobile et scanner en plusieurs fois pour avoir l'objet en entier.

Bon à savoir, c'est qu'il scanne à l'échelle, contrairement à la photogrammétrie où il faut redimensionner après scannage.

Cependant, sa sensibilité aux conditions d'éclairage rend plus difficile son utilisation en extérieur. La lumière ambiante est un facteur qu'il faut contrôler.

Les caractéristiques physiques de la surface sont également des facteurs pouvant influencer sur la qualité du scan.



Fig. 17 - Scanner par triangulation lumière structurée

### 2.1.3. Scanner avec contact

Le scan 3D par contact induit qu'une partie de ce scanner touche la surface de l'objet à scanner. Cette technique est réalisée au moyen d'un capteur de contact, également appelé sonde, relié au scanner, qui déduit ainsi les informations de la surface et crée un modèle 3D (Fig. 18).

Son principal avantage est, comme pour l'ensemble des scans 3D, sa précision. Cependant, avec le scan 3D avec contact, il est possible de scanner des surfaces réfléchissantes ou transparentes, chose qu'il n'est pas possible de réaliser avec les scanners laser.

Malheureusement, il est très peu employé dans les domaines de l'archéologie ou la restauration car, cette technique étant basée sur le contact avec l'objet scanné, celui-ci, ayant une valeur historique ou unique, est susceptible d'être altéré lors de l'opération.

Par ailleurs, il n'est pas recommandé dans le cadre du scan de formes organiques et complexes, sa vitesse d'exécution, étant assez lente, ne le place pas au premier rang. Néanmoins, il est très fortement utilisé dans le domaine des industries pour la vérification des pièces usinées, etc.



Fig. 18 - Scanner avec contact

#### 2.1.4. Photogrammétrie

Il s'agit d'une reconstruction photogrammétrique automatique sur base de multiples images. En effet, le modèle 3D est reproduit sur base des informations reconnues dans les photographies prises selon des points de vue différents. Le logiciel va comparer, pixel par pixel, les photos. Ces dernières sont repositionnées dans l'espace tridimensionnel, le scan 3D de l'objet également grâce à la reconnaissance des pixels considérés comme communs d'une image à l'autre (Fig.19) (Dubois et al., 2017 : 14).

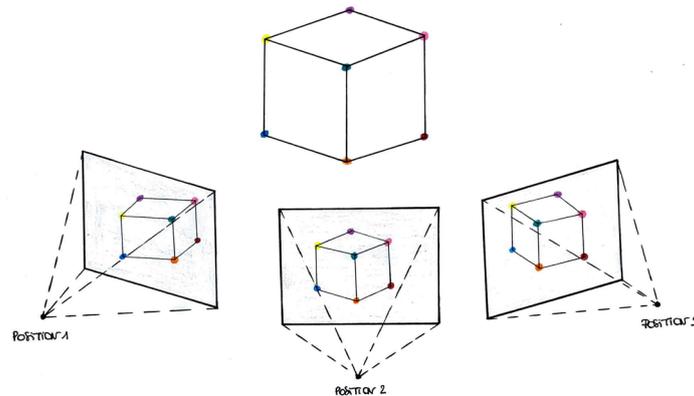


Fig. 19 - Reconstruction photogrammétrique automatique sur base de multiples images

Les principaux avantages de la photogrammétrie sont sa précision, sa rapidité d'acquisition vu que celle-ci se fait au moyen de photographies.

La photogrammétrie est possible sur tous types d'objets et le prix du matériel est plus attractif que pour les scans 3D LiDAR (Billen, 2015). Elle peut également être intégrée dans les VR.

Cependant, en ce qui concerne la phase de calcul pour créer la surface 3D, le nombre de photographies, la qualité de celles-ci, sont des paramètres susceptibles d'augmenter le temps de calcul nécessaire. Nécessitant l'emploi d'ordinateurs très puissants.

Un autre inconvénient, l'objet n'étant pas à l'échelle. Il faut calibrer l'image. Dans certains cas, il est préférable de décimer le maillage si nous voulons refaire une fracture d'un objet.

### 2.1.5. Station totale (tachéomètre)

Les méthodes de relevé tridimensionnel à l'aide scanner 3D ne cessent de se perfectionner de jour en jour. Cependant, ces technologies, certes variées, génèrent une quantité de données numériques assez importante qu'il est parfois difficile à gérer lorsque nous ne sommes pas experts dans le domaine.

Le relevé point à point par tachéomètre laser (Fig. 20) est une technique utilisée en général lors de relevés de façades en architecture. Elle permet un géoréférencement des données de manière précise et peut être couplé à un logiciel afin d'obtenir une visualisation en temps réel des points dans un espace tridimensionnel.



Fig. 20 - Leica TCRP1205 One Man Total Station

Dans leur article (Mora et al., 2007), consacré à l'utilisation de cette technique dans la numérisation de sites archéologiques, P. Mora et A. Vivier, précisent que cette technique ne prétend pas remplacer celle des scans 3D à grande portée, et, qu'elle peut consister à une solution 3D alternative aux scanners 3D, à un coût moindre et avec une quantité de données moins conséquentes également.

Cependant, il est important d'être conscient que le résultat obtenu sera moindre que de celui réalisé au moyen des scanners 3D. Il s'agit bien là, d'un relevé point par point et non d'un ensemble de points formant un nuage. En terme d'efficacité et surtout de temps, il va de soi que les scanners 3D sont plus performants et plus rapides lors d'un relevé d'un élément architectural.

Le but de ce travail étant de déterminer si la combinaison de toutes ces nouvelles technologies employées dans le domaine de la restauration, allant de l'acquisition des données à la production numérique de l'objet mesuré, permettent à l'objet produit de conserver l'authenticité du bâtiment. Certes, l'idéal serait qu'économiquement, ces nouvelles méthodes soient plus accessibles mais ce n'est pas le sujet du travail.

Il s'agit de confirmer que l'authenticité du monument restauré est conservée même avec l'intervention du numérique dans le processus de restauration des éléments.

### 2.1.6. Caméra TOF (Time of Flight)

La caméra ToF est un type de capteur assez récent qui permet d'obtenir des images tridimensionnelles à une fréquence d'images élevée, en fournissant simultanément des données d'intensité et des informations de portée pour chaque pixel (Fig. 21) (Foix et al. 2011).

Le fonctionnement d'une caméra ToF est basé sur le principe du temps de vol. Comme pour le scanner laser à temps de vol, celui-ci peut être mesuré en utilisant une modulation par impulsions ou par ondes continues (décalage de phase). Cette dernière est la plus couramment employée.

En ce qui concerne la caméra ToF à modulation par impulsions, celle-ci illumine l'objet au moyen d'une impulsion lumineuse et calcule le temps que cette lumière prend à parcourir la distance entre l'objet et la caméra.

Celle à décalage de phase mesure les différences de phase entre les signaux émis et reçus, une lumière infrarouge est émise par le système puis réfléchi vers le capteur. Chaque pixel du capteur échantillonne ainsi la quantité de lumière réfléchi par la scène et ce quatre fois à intervalles égaux pour chaque période.

Cette technique est comparable au système du LiDAR employé lors des scans laser 3D, sauf qu'il s'agit ici d'une lumière infrarouge et non d'un balayage laser (Fig. 22).

Elle a pour avantage d'acquérir la totalité des données contenues dans les images et d'ainsi créer en un temps réel très réduit l'objet en trois dimensions.

En effet, les caméras TOF permettent d'acquérir jusqu'à 50 images 3D/seconde des objets mesurés.

La gestion des données est plus aisée, que celle de la photogrammétrie, car elle ne nécessite pas d'algorithme spécifique. Cependant, cette méthode d'acquisition possède quelques inconvénients comme l'importance de la source lumineuse directe (ex. : le soleil) qui peut interférer avec les caméras TOF. Néanmoins, il est possible de passer outre au moyen de réglages de la quantité de lumière émise par les caméras, par l'utilisation d'un filtre à bande passante, et autres.



Fig. 21 - MESA Imaging SR4000 ToF camera

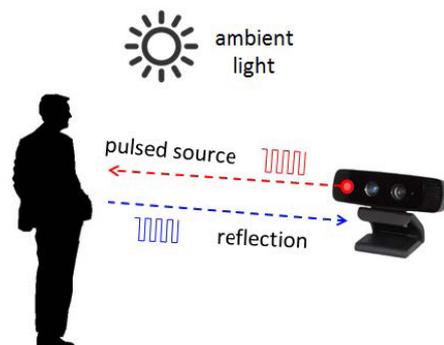


Fig. 22 - 3D time-of-flight camera operation

### 2.1.7. SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)

SLAM ou Simultaneous Localization And Mapping signifie localisation et cartographie simultanées. Trouvant ses origines dans la robotique, le SLAM est un processus par lequel un robot mobile peut construire une carte de l'environnement et utiliser cette même carte pour en déduire sa localisation (Fig. 23) (Durrant-Whyte et al., 2006).

Si l'humain peut se repérer facilement, même dans un nouvel environnement, pour le robot, c'est plus compliqué. Cette particularité lui confère le statut de « robot intelligent ».

Lorsqu'il est en mouvement, le robot se réfère à deux types d'information. Celles qui lui sont directement renvoyées par ses propres capteurs et celles provenant de capteurs et de systèmes dépendant de l'environnement et de sources extérieures (télémètres laser, caméras stéréoscopiques, GPS, accéléromètre, sonar, microphone, lidar, etc.). Cette technologie nécessite l'utilisation d'une multitude de capteurs.

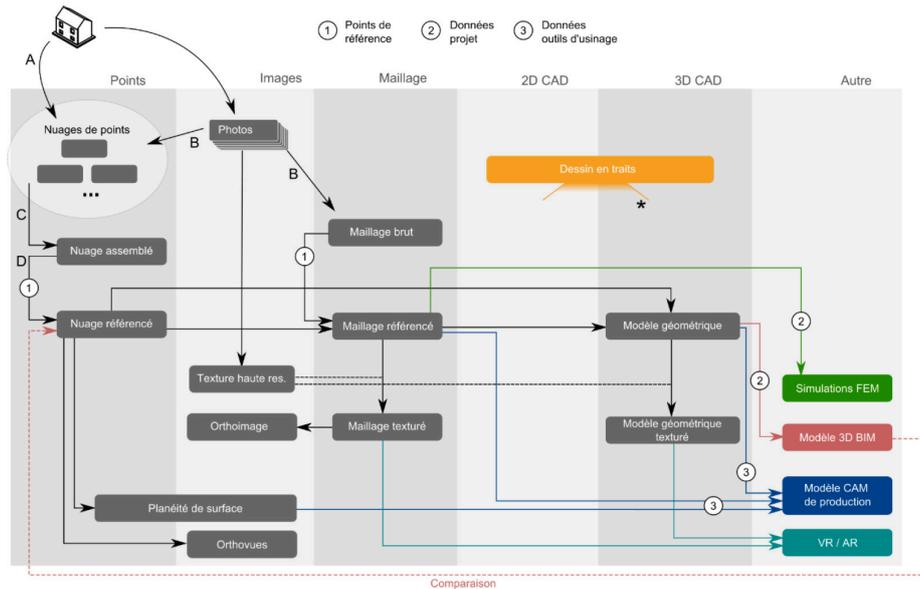
Ses avantages sont nombreux tels, sa rapidité à acquérir les données, leur vitesse d'acquisition, étant 10 à 15 fois plus rapide qu'un relevé réalisé par un scanner laser 3D classique sur trépied. Il peut être utilisé autant en intérieur qu'en extérieur et parvient même à capturer les différentes textures (couleurs) (Scanner3DSLAM).



Fig. 23 - Scanner laser 3D à technologie SLAM PX 80

## 2.2. Traitement des données / Reconstruction 3D

Après l'acquisition des données qui constitue la première étape du processus de modélisation s'ensuit une série d'opérations permettant aux nuages de points relevés d'être traités et ainsi être exploitables pour la production numérique de l'élément scanné (Fig. 24). Il est à préciser que, plus l'élément mesuré est grand, plus il sera nécessaire d'effectuer de prises de vue, plus le fichier généré sera volumineux et nécessitera un traitement des données plus conséquent.



À : Scanner laser ; B : Reconstruction photogrammétrique ; C : Calage des nuages ; D : Géoréférencement.

\* Les dessins en traits peuvent être réalisés à partir de n'importe quelle forme de modèle 3D ou encore à partir d'images

Fig. 24 - Cheminement de l'information 3D

### 2.2.1. Consolidation du nuage de points

Le traitement des données commence par l'importation des fichiers dits « bruts ». En effet, le résultat obtenu suite à l'acquisition des données n'est qu'un nuage de points et non une copie complète de l'objet.

Après vérification de la qualité de la numérisation, la première étape consiste à « consolider » les nuages de points. Les données contenues par l'orientation par rapport au capteur ainsi que la position des sous-points de vue lors du scan permettent, à ces derniers, de s'insérer dans un repère cartésien global (x,y,z).

Cette étape répond à deux opérations : primo, le recalage des points donnés dans un seul référentiel, secundo, la fusion de ceux-ci.

Le recalage des différents nuages de points est réalisable de deux manières : manuellement ou automatiquement. Afin de faciliter l'opération, des repères sont placés sur l'élément avant la numérisation. Ces repères permettent au logiciel de procéder à un premier recalage des nuages de points automatiquement. Cela ne retire pas l'obligation de l'opérateur à vérifier le bon recalage des nuages.

Dans les deux cas, procéder au recalage des nuages de points permet l'obtention d'un fichier dont les points de vues, tous repérés les uns par rapport aux autres sont compris.

Désormais, une vision complète de l'objet est fournie et, après un check-up du recalage, il est possible de procéder à la fusion des nuages de points dans un seul fichier.

Il est important de préciser, qu'à ce stade, l'objet numérisé est toujours sous la forme d'un nuage de points, dont les coordonnées sont référencées selon les axes X, Y et Z.

Ce nuage de points se caractérise par un ensemble important et désorganisé de points, une densité de points non homogène et un bruit sur les points.

### 2.2.2. Segmentation

La phase suivante consiste à traiter le nuage de points.

Un premier nettoyage est déjà opéré lors de la consolidation des nuages de points afin de retirer les éventuels points n'étant pas propres à l'objet numérisé. Cette action permet de diminuer le poids du fichier et ainsi faciliter sa manipulation, ce qui n'est pas négligeable, quand nous savons qu'un relevé peut être constitué de plus de 50 000 milles points.

L'étape de la segmentation est l'opération qui consiste à segmenter en sous-ensembles logiques le nuage de points, le tout classé dans un tableau hiérarchique.

Après cette opération, le volume du fichier reste important mais elle permet d'exporter, selon les sous-ensembles réalisés, les différentes données référencées géométriquement ainsi qu'une facilité accrue de l'application d'un maillage sur celles-ci.

Comme lors de l'étape de la consolidation, le fichier obtenu peut être préparé pour son exportation en modélisant les nuages de points, ou encore pour une représentation de l'objet en état, etc.

### 2.2.3. Maillage / Modélisation

Le maillage est également appelé facettisation ou polygonisation. Cette étape permet de transformer les points en une surface. Il existe plusieurs étapes dans la constitution d'un maillage complet.

Premièrement, les nuages de points sont prétraités de façon à ne conserver que les données nécessaires dans le fichier. Cette opération peut être réalisée manuellement ou de façon automatique.

Deuxièmement, le maillage consiste à relier les sommets de points par des polygones, le plus souvent des triangles. Leurs dimensions peuvent être modifiées par l'opérateur pour plus de précision de l'objet modélisé.

Plus la densité d'un maillage est importante, plus le modèle 3D sera défini mais aussi très lourd en quantité de données.

Le shader est l'algorithme qui va rendre à l'écran ce que le modèle 3D donne, certaines surfaces sont arrondies par le logiciel au lieu de surfaces planes.

Il reflète la lumière de manière différente et non uniforme sur les surfaces et les lignes de façon à donner une impression de courbe. C'est le lissage. C'est la manière de « montrer » qui change mais le fichier est identique. Dans tous ces triangles se cachent encore une série d'information.

Il est également possible d'ajouter une texture par-dessus ce maillage.

C'est une image en 2D projetée sur l'objet en 3D. Nous pouvons prendre n'importe quelle image trouvée dans moteur de recherche et l'insérer dans le programme pour en faire une texture (Substance Painter). Le logiciel est conçu de façon à permettre la reconnaissance des différents calques qui composent l'image. De cette façon, il est très aisé de rendre « réaliste » une texture bois projetée sur le modèle.

Par exemple, si un scan de notre tête est réalisé et que nous voulons lui ajouter une texture pour la rendre plus réaliste, il est nécessaire d'aplatir l'image, afin que lorsqu'elle est projetée sur le modèle 3D, elle épouse correctement le modèle. Cependant, la texture n'est pas nécessaire si le modèle est réalisé à des fins de production.

Troisièmement, vient l'optimisation de ce maillage qui correspond à une série d'opérations de post-traitement permettant de faire disparaître les éventuels parasites générés lors de la mesure ou lors de la création du maillage. En cas de « trous » dans le maillage, ceux-ci sont fermés manuellement ou automatiquement.

Les données générées lors du maillage correspondent à la quantité de points. Il est dès lors possible de procéder à une optimisation de celui-ci en fonction de sa destination, comme par exemple, dans le cadre de la production d'une maquette numérique dont l'objet est la représentation de l'élément. La forme de celui-ci peut être légèrement simplifiée.

En ce qui concerne la production numérique d'éléments, ces derniers se doivent d'être le plus fidèles possible à ceux d'origine car l'optimisation des maillages engendre une perte d'information et de précision.

Tous les travaux effectués sur les "mesh" sont des mathématiques.

Certaines opérations prennent beaucoup de temps, c'est la raison pour laquelle le choix de l'ordinateur utilisé est important. Il faut de la mémoire vive, une carte graphique dernière génération. Par exemple, le logiciel Photoscan (photogrammétrie) utilise énormément la carte graphique.

#### 2.2.4. Exportation des données

Après toutes ces opérations, nous allons demander au logiciel de sortir le fichier exploitable.

- Modèle Watertight : le fichier sera fermé même là où le scan n'a pas réussi à trouver de points afin qu'il soit usinable.
- Modèle Unwatertight : le fichier est ouvert. Certains préfèrent fermer le modèle via un autre logiciel, comme, Autodesk Meshmixer (Carrieri, Formation OBS, 2019).

L'étape de l'exportation est celle qui permet la modélisation numérique de l'objet et d'ainsi procéder, à sa reproduction selon les différents modes de fabrication cités plus bas. Il s'agit en quelque sorte de l'étape finale de tout ce processus de numérisation (Fig. 25).

Afin de constituer le modèle 3D, il convient d'exporter les données dans un logiciel de CAO (conception assistée par ordinateur)/DAO (dessin assisté par ordinateur) ou un modéleur 3D. Voici les différents formats disponibles pour l'exportation de nuages de points ou encore de maillage : .pdms ; .wavefront ; .slt ; etc.

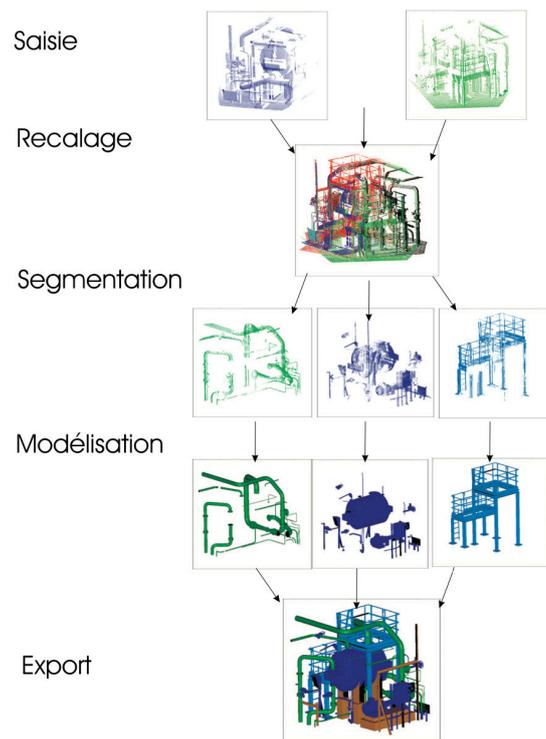


Fig. 25 - Étapes de la modélisation «tel que construit»

## 2.3. Différents modes de production et fabrication

Les techniques de fabrication digitales sont divisées en deux classes principales : la fabrication additive et la fabrication soustractive.

### 2.3.1. Fabrication additive (ou impression 3D)

La fabrication additive permet l'obtention de pièces 3D construites au moyen d'une addition de couches successives, le tout dirigé par un ordinateur (Fig. 26).



Fig. 26 - Impression 3D après scan 3D d'un élément en pierre

Bien qu'il soit plus communément connu sous le nom de « impression 3D », le terme de « fabrication additive » en regroupe bien d'autres tels que « prototypage rapide », « fabrication numérique directe » ou encore « fabrication par couche ».

En résumé, elle regroupe tous les procédés de fabrication ne fonctionnant pas par fabrication soustractive.

Même s'il existe plusieurs procédés de fabrication additive, le début du processus est semblable. A partir d'un modèle CAO, enregistré sous un format de fichier .SLT. Ce tout est envoyé sur une machine de fabrication additive. Celle-ci lit et découpe le modèle en une succession de couches afin de la produire par la suite. Le nombre de couches peut être réglé en fonction de la précision souhaitée.

Ses avantages sont nombreux : la réalisation de formes complexes avec des matériaux difficiles à exploiter en usinage, la production d'éléments en petites séries, la fabrication d'outillage industriel, etc. Cette technique ne produit que très peu de déchets, contrairement à la fabrication soustractive, ce qui constitue un sérieux avantage.

### 2.3.2. Fabrication soustractive (ou usinage)

Elle représente l'ensemble des procédés de fabrication où la forme désirée est obtenue par soustraction de matière (copeaux) d'un bloc de matériau solide.

Progressivement, la machine-outil vient retirer de la matière brute afin de modeler au fur et à mesure la pièce finale. Le recours à la machine-outil permet une très grande précision. Cette technique s'applique à tout type de matériaux (bois, plastique, métal, etc.).

Une des techniques la plus répandue est celle de l'usinage. En effet, il s'agit du procédé le plus utilisé par les industriels. Cette technique regroupe un grand nombre de procédés de fabrication comme l'alésage, le décolletage, le tournage, etc. mais également, celui qui nous intéresse le plus ici, le fraisage.

#### 2.3.2.1. Fraiseuse conventionnelle

Le fraisage est un procédé de fabrication où la matière soustraite est obtenue au moyen de la combinaison du mouvement de l'outil de coupe permettant le fraisage ainsi que celui de la pièce en elle-même. La fraiseuse, la machine-outil, est soit à commande manuelle, soit à commande numérique (CN).

En ce qui concerne la fraiseuse conventionnelle (Fig. 27), celle-ci peut être manuelle (l'opérateur dirige ses mouvements), ou bien à apprentissage. Dans ce cas, l'opérateur enregistre ses mouvements afin que la machine-outil les répète automatiquement.

Il existe trois types de fraiseuse conventionnelle : horizontale, verticale ou universelle (Sachot, 1995).

C'est l'inclinaison de la fraise qui définit son statut. En effet, la fraiseuse horizontale dispose d'un axe et d'une fraise parallèles à la table. Tandis que la fraiseuse verticale est équipée d'un axe et d'une fraise perpendiculaires à la table.

La fraiseuse universelle, quant à elle, dispose d'un axe réglable et de têtes obliques, bi-rotatives ou articulées. Elle permet plus de découpes différentes.

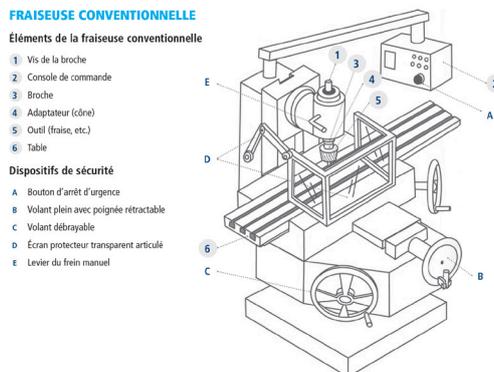


Fig. 27 - Fraiseuse conventionnelle

Bien que la fraiseuse conventionnelle soit connue pour être utilisée dans la cadre d'usinage de pièces par extraction de matière, elle effectue également d'autres opérations telles que le perçage, le taraudage et l'alésage.

Le recours aux techniques de fabrication industrielle tel le fraisage conventionnel, ne permet pas la réalisation d'objets dits complexes.

Plus la forme de l'objet est complexe, plus son processus de fabrication sera compliqué. Cette technique est abordable pour la production d'un objet donné d'une certaine taille. Lorsqu'il s'agit de créer un ou plusieurs prototypes, elle est considérée comme inefficace et trop coûteuse.

Pour répondre à ces besoins, de nouveaux dispositifs de fabrication ont vu le jour : la fabrication numérique (Scopigno et al., 2017).

### 2.3.2.2. « Digital carving » ou fraisage numérique

Les fraiseuses sont de plus en plus automatisées. Nous parlerons alors de fraisage numérique. La machine utilisée est appelée « machine-outil à commande numérique » ou « CN ». Si elle est contrôlée par un ordinateur, alors c'est une fraiseuse CNC (computer numerical control).

#### 2.3.2.2.1. Axes d'une fraiseuse numérique

Son champ d'application s'étend autant en 2D qu'en 3D.

La plupart des fraiseuses à commande numérique sont des machines à 3 axes (X-Y-Z). Il en existe deux types : horizontale et verticale. Ce qui les différencie, c'est l'orientation de l'axe Z qui, dans la première, sera parallèle à la table de la machine, et dans la seconde, perpendiculaire.

Bien que ça soit une machine devenue quasi indispensable dans certains domaines, la fraiseuse à 3 axes ne permet pas l'usinage des contre-dépouilles (Fig. 28, 29, 30). Elle permet les découpes, les gravures et la création de formes 3D seulement sans dépouille négative.

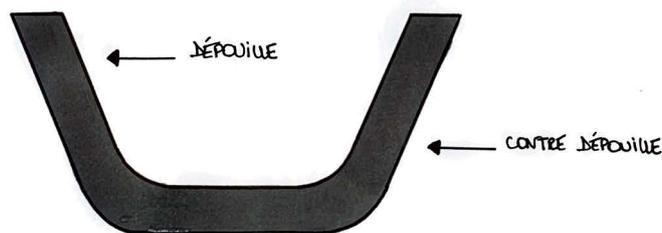


Fig. 28 - Dépouille / Contre-dépouille

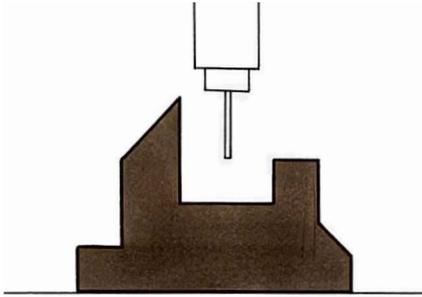


Fig. 29 - Zones possibles avec fraiseuse 3 axes

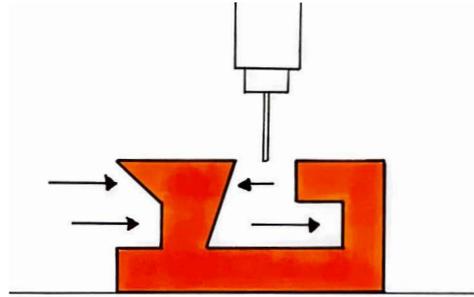


Fig. 30 - Zones impossibles avec fraiseuse 3 axes

Il existe également des fraiseuses permettant l'usinage multi-axes. Le nombre d'axes peut varier de 4 à 11.

Les machines multi-axes sont composées des axes X-Y-Z permettant les mouvements de translation, ainsi que d'un ou plusieurs axes de rotation. A partir de 5 axes, l'usinage de surfaces courbes en 3D est rendue possible.

Bien qu'elles permettent l'usinage de formes, auparavant inenvisageables, il est à noter que plus le nombre d'axes augmente plus ces machines sont onéreuses et complexes à utiliser.



### III. QUESTION DE RECHERCHE

---

#### 1. Développement de la question

Le concept de restauration est apparu, comme nombreuses des grandes inventions de l'histoire, dans le courant du 19<sup>e</sup> siècle avec Eugène Viollet-Le-Duc, qui « *est l'un des architectes français les plus célèbres du XIXe siècle, connu auprès du grand public pour ses restaurations de constructions médiévales, édifices religieux et châteaux. Un mouvement de restauration du patrimoine médiéval apparaît en France dans les années 1830, porté notamment par Prosper Mérimée qui devient inspecteur général des monuments historiques, et qui demande à Viollet-le-Duc d'entreprendre des restaurations. Celui-ci restaure donc de nombreux édifices, dont le mont Saint-Michel, la cathédrale Notre-Dame de Paris, la cité de Carcassonne et le château de Pierrefonds.* » (Wikipédia, Viollet-le-Duc).

Préalablement à cette période, qui marque un tournant important dans l'histoire du patrimoine, de la conservation des témoignages du passé, les monuments sont laissés à l'abandon, dans les bras du temps, lorsqu'ils ne servent plus. Ce n'est pas un hasard si le Moyen-Âge est vu comme une époque perdue qu'il faut sauver. Les bâtiments tombant en ruine sont reconstruits. Puis, la société prend conscience qu'elle est en possession d'un patrimoine culturel auquel il faut s'intéresser, que cela forge leur identité culturelle. Viollet-Le-Duc est ainsi devenu le synonyme même de la restauration (stylistique) (Houbart, 2018-2019).

La restauration est définie comme une évolution des mentalités. Avec elle, est associée l'idée de transmission du savoir-faire de l'artisan, des techniques, du monument restauré comme témoin du passé. Ces deux termes sont aujourd'hui indissociables.

L'arrivée de la robotique, l'évolution des techniques et technologies font prendre un nouveau tournant dans notre manière de vivre, de concevoir le monde et de le penser. Aujourd'hui, la technologie est partie intégrante de la société, de notre quotidien.

Les robots sont le futur, et peut-être y sommes-nous déjà. Dans certains cas, ils finiront par remplacer une grande partie de nos tâches grâce à, notamment, l'avènement de l'intelligence artificielle qui est de plus en plus performante. Deveniront-ils plus intelligents que l'Homme, « l'espèce la plus intelligente » ... ou peut-être pas ?

Qu'en est-il de la transmission des savoir-faire de l'artisan ? Pouvons-nous encore employer ces mots dans un monde régi par la technologie ? Ne faut-il pas vivre avec son temps ou évoluer ? Les techniques de restauration ne doivent-elles pas suivre ces mêmes « règles » ? Ou sont-elles contraintes à suivre celles du passé ?

De plus, dans l'article 9 de la Charte de Venise, il est stipulé que « *tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps* » (Charte de Venise, 1964).

Si l'évolution de la robotique nous amène à côtoyer, quotidiennement des robots, que ce soit au boulot ou même encore, chez soi, cela signifie qu'ils font partie de notre époque, de notre temps. Ils sont les témoins du progrès, des inventions réalisées jusqu'à ce jour. L'utilisation de la robotique dans le domaine de la restauration est une suite logique à l'évolution constante de la société, des cultures, des modes de pensée.

La question de recherche que nous posons suite à cette étude préalable est la suivante : « **L'authenticité d'un monument est-t-elle affectée lors d'une restauration par la production numérique d'éléments ?** ».

Certes, il y a une différence entre numériser, par exemple, les pinacles de la Cathédrale Saint-Paul, afin de reconstituer numériquement ces éléments fortement abimés, et, numériser de A à Z toute la cathédrale afin de la reproduire numériquement à l'identique. Nous sommes d'avis que cela se réduirait à une pâle copie de l'originale, et, ce n'est pas l'objet du travail.

Où sont les limites ? Comment utiliser les robots-tailleurs de telle façon à ce qu'ils conservent l'authenticité de l'œuvre, et, non la réduire à une « pâle copie » ?

L'objectif de ce travail n'est en aucun cas de vanter les mérites des nouvelles technologies et techniques employées dans le cadre d'une restauration, au détriment des techniques traditionnelles, chacune répond à des besoins différents. Il s'agit plutôt d'analyser l'impact que constitue l'emploi de ces nouvelles techniques sur ladite « authenticité » des éléments restaurés. Quelles conséquences engendre l'intervention de robots ou autres technologies dans la transmission des valeurs au fil des siècles ? Y a-t-il une altération du message initial ou est-ce considéré comme une énième couche faisant partie de l'histoire même du monument ?

A ce stade, il est nécessaire de soulever la question de la production numérique dans le cadre d'une restauration. La dualité du numérique se constitue, d'une part, des documentations permettant la préservation d'un patrimoine dit numérique, c'est-à-dire, une copie digitale d'un élément et, d'autre part, de l'utilisation de cette copie à des fins de production en tant que telle. Nombreux sont les articles traitant des nouvelles techniques d'acquisition des données, de la représentation de l'information, ainsi que du stockage et de la gestion de ces données. Cette distinction entre l'acquisition et la production est développée plus amplement dans ce qui constitue l'État de l'Art du travail.

Bien que la question première soit d'évaluer l'impact, que ce type de production engendre sur l'élément restauré ; la question suivante est de se demander si la production numérique n'induit pas une reproduction en série d'un objet. Dans ce cas précis, celui-ci est-il toujours authentique ?

En prenant en considération que ce type de production se démocratise, et, que la restauration est un domaine nécessitant des fonds importants, l'opportunité s'offre à nous de pouvoir conserver d'avantage ce patrimoine culturel, à le faire perdurer dans le temps.

Toutes ces questions soulevées cherchent à nourrir une certaine réflexion face à cette technique de production qui fait l'objet de nombreux débats.

## 2. Méthodologie d'évaluation de la production numérique

Ce travail consiste à vérifier l'hypothèse suivante : « La production numérique d'éléments du patrimoine conserve l'authenticité du monument ».

La production numérique modifie-t-elle, oui ou non, la définition ou la manière dont l'authenticité d'un bâtiment, d'un objet peut être évaluée ?

Cette partie consiste à définir les différents critères de base sur lesquels se repose l'analyse. Nous avons recensé divers documents utiles, à celle-ci. Ceux-ci permettent l'analyse des valeurs, de la rareté, de la singularité des éléments produits. Préalablement, nous posons les faits d'un point de vue purement théorique. Ensuite, en y insérant la notion du numérique. Nous nous sommes attardés à deux cas d'étude : les pinacles de la Cathédrale Saint-Paul de Liège, ainsi que la sculpture de l'aile est du Parlement d'Ottawa.

Entre la théorie et la pratique, comme nous l'avons observé dans la première partie du travail, lors de l'État de l'Art sur l'authenticité, il est souvent difficile d'appliquer les concepts tels quels, car « chaque cas est un cas d'espèce » (Charte d'Athènes, 1931).

De cette façon, l'analyse effectuée et les avis formulés sont, bien entendu, à considérer de façon subjective, sachant que les valeurs que nous allons relever nous sont personnelles. Il s'agit d'alimenter un débat, et, de montrer comment ce type d'intervention peut être perçue selon un certain point de vue.

Pour ce faire, nous nous appuyons, en terme d'authenticité, sur les différents documents cités dans l'État de l'Art, tels que la Charte de Venise, le Document de Nara, les principales références en terme de restauration, ainsi qu'une sélection de critères qui y ont été abordés. Les interviews réalisées auprès de Messieurs Xavier Tonon et Phil White vont également étayer nos recherches.

Ces différents éléments sont mis en corrélation avec le concept de production numérique, le niveau de définition, le détail de perception, etc.

Dans le débat animé par Francois Chaslin, retranscrit dans la revue scientifique et technique des monuments historiques « Monumental », Sabine Frommel, architecte et historienne de l'art, intervient sur la technique que constitue la reproduction d'un élément en précisant « (...) on peut tout reproduire techniquement, mais il y a un très grand risque parce que ce qui fait la qualité d'un édifice, ce qui donne l'âme, la spécificité, la caractère unique à un bâtiment, c'est précisément les moyens d'expression qu'ont les sculpteurs ou les exécutants. Enfin, un édifice a un passé, une histoire, et il y a un très grand risque, lors de la reproduction, de reproduire quelque chose de plutôt artificiel. ».

Et à Pierre-André Lablaude, architecte en chef des monuments historiques, de répondre : « Vous abordez là le débat sur le faux et le vrai. On reconnaît tous que le faux est moins bien que le vrai, mais ça ne veut pas dire que la copie n'est rien au niveau patrimonial. » (Monumental, 2010 : 101).

De cette façon, il est peut être nécessaire, en priorité, de comprendre ce que nous considérons comme « vrai », caractéristique associée à la notion d'authenticité. Comment jugeons-nous de la véracité d'un élément ? Est-ce que ces différences entre le « faux » et le « vrai » tiennent du physique ? Est-ce que c'est parce que nous savons lequel est celui authentique qui confère à l'autre le statut de copie ? Est-ce pour autant que, si l'élément s'avère être « copie », signifie qu'il soit sans intérêt ou artistiquement inférieur ? Pourquoi un pinacle reproduit numériquement n'aurait-il plus de valeur patrimoniale ou d'intérêt ?

Lorsque les termes « contrefaçon » ou encore « copie » sont prononcés, Nelson Goodman est souvent considéré comme la référence à ce sujet. En effet, dans « Langages de l'art » (1968), il s'interroge sur la différence entre œuvre originale et contrefaçon. Il opère également sur la distinction entre les arts autographiques et les arts allographiques. La reproduction des uns n'acquérant jamais un statut d'authenticité (ex. : peintures) et où pour les autres, ceux-ci servent d'exemples à de multiples réinterprétations. Cela fait également penser à la théorie de l'œuvre ouverte de Umberto Eco.

Comment justifier que de deux œuvres visuellement identiques, l'une ait plus d'intérêt que l'autre ? Qu'est-ce qui justifie qu'une puisse être considérée comme œuvre d'art et l'autre pas ? Le simple fait de savoir que l'une est authentique et l'autre une « contrefaçon » influe sur notre manière de regarder ces deux éléments.

Peut-être que la distinction se fait sur le plan technique ? Peut-être n'est-ce pas le résultat qui compte mais plutôt tout le processus en arrière ? Ce qui justifierait que l'œuvre d'art se verrait conférer ce statut par la valeur que lui influe le savoir-faire de l'artiste ? Certes, il y a l'âme mais il y a aussi la matière, et, prétendre que nous allons faire « comme avant », n'est-ce pas là aussi une falsification de l'œuvre (Monumental, 2010 : 102, Philippe Prost) ?

La dévaluation de la copie est-elle due au fait que la production de celle-ci soit réalisée dans un contexte et une période autre que l'originale ?

Est-ce la performance du tailleur qui confère au pinacle sa valeur, son originalité ? De plus, qu'entendons-nous par originalité ? Un pinacle reproduit par la combinaison des interventions du robot-tailleur et du tailleur de pierre ne lui confère-il pas un caractère original ?

Peut-être que ce qui confère à une œuvre d'art son statut tient du seul fait de la relation causale qu'elle entretient avec son auteur qui n'est peut-être pas aussi présente dans une copie, et qui sait, encore moins avec l'intervention des robots-tailleurs ?

Pour clôturer le débat de ce qui est considéré comme « vrai » ou « faux », il est aisé de comprendre que lorsque vient le moment d'évaluer l'authenticité d'un élément, qu'il s'agisse d'une œuvre d'art originale ou une « contrefaçon », une « copie », les qualités qui lui sont intrinsèques n'existent plus. Celles-ci disparaissent du simple fait que nous avons connaissance de l'existence d'une œuvre « authentique » et d'une « copie ».

L'évaluation de l'authenticité d'un élément diffère de l'analyste, du contexte et au moment où elle est réalisée... autre débat moral.

Ainsi, comme évoqué dans le Document de Nara sur l'authenticité, celle-ci « *apparaît comme le facteur qualificatif essentiel quant à la crédibilité des sources d'information disponibles.* » (Document de Nara, 1994 : art. 10). De plus, « *La conservation du patrimoine historique, sous toutes ses formes et de toutes les époques, trouve sa justification dans les valeurs qu'on attribue à ce patrimoine. La perception la plus exacte possible de ces valeurs dépend, entre autres, de la crédibilité des sources d'information à leur sujet.* » (Document de Nara, 1994 : art. 9).

Il va donc de soi que les sources d'information soient le plus fidèle possible à l'objet nécessitant une restauration. C'est dans ce cadre que l'intervention des technologies numériques est très intéressante, car elle permet un relevé géométrique à haute définition, soit une documentation fiable nécessaire à une bonne restauration. (numérisation 3D) (Dubois et al., 2017)

Bien qu'aucunement remise en cause, la technique de relevé traditionnelle est efficace, très fidèle à la réalité, lorsqu'il s'agit de relever quelques points d'un objet. Cela s'avère plus complexe lorsqu'une façade entière doit être mesurée, avec un niveau de détail plus élevé. Sans omettre que le temps, la durée jouent aussi.

Quand bien même la technique est précise, la qualité du relevé dépend fortement de l'utilisateur, de sa dextérité à manipuler la station totale et du référencement correct des différents points relevés. De nouvelles méthodes de mesure tridimensionnelle ont vu le jour afin de répondre à ces exigences.

Ces nouvelles techniques d'acquisition de données ont fortement évolué et un large éventail de dispositifs est désormais disponible, chacun permet de répondre à des besoins spécifiques.

La phase d'acquisition des données et les nouvelles techniques ont prouvé qu'elles permettent de relever un nombre bien plus important de points et ce, de manière encore plus précise et beaucoup plus rapide, qu'avec les techniques traditionnelles. De cette manière, les sources d'information obtenues étant fiables, servent de très bonne base pour la suite du processus.

Entre l'étape d'acquisition et celle de reproduction, il y a le traitement des données. Les données font l'objet d'un calibrage, d'un nettoyage, etc., des erreurs sont possibles ; nous parlons ici de mm.

Certes, la technologie n'est pas infaillible. Il est toujours préférable de procéder à une double vérification en faisant un second relevé. Nous faisons de même avec les relevés traditionnels, source d'erreurs possibles également.

D'un point de vue théorique, l'article 2 de la Charte de Venise ne semble pas être opposé au recours à de nouvelles techniques, du moment que celles-ci sont utilisées en faveur du patrimoine restauré, comme l'évoque l'article 2 de la Charte de Venise.

« La conservation et la restauration des monuments constituent une discipline qui fait appel à toutes les sciences et à toutes les techniques qui peuvent contribuer à l'étude et à la sauvegarde du patrimoine monumental. » (Charte de Venise, 1964 : Définitions, art. 2).

Nous vivons à l'ère du numérique. La société, son organisation et les valeurs qui la composent sont chamboulées. Ces évolutions des mentalités, et progressive du numérique qui font que c'est adopté partout en terme de transformation dans nos sociétés et la discipline que constitue la restauration est également impactée.

Nous assistons en permanence à une évolution de cette notion d'authenticité où deux techniques s'opposent, et/ou, se complètent : le savoir-faire des tailleurs de pierres et la technologie des robots.

Ainsi, aux valeurs telles que artistique, historique, symbolique, scientifique, sociale, économique, comme citées dans la définition de « valeurs » dans la Norme européenne EN 15898, est ajoutée la valeur technologique.

Les notions d'origine, d'intention, évoquées par Théodore Scaltsas, de matérialité et d'identité aussi, énoncées dans le texte du Paradoxe de Thésée, complètent l'analyse.

C'est sur base de ces différentes notions évoquées que nous évaluerons l'authenticité des éléments à restaurer, dans les cas d'étude choisis, au moyen des technologies numériques.



## IV. CAS D'ETUDE

---

Dans ce chapitre, sont abordées les cas d'étude suivants : la Cathédrale Saint-Paul à Liège et le Parlement d'Ottawa. Plus précisément, la restauration des pinacles de la cathédrale et la restauration de la sculpture du hibou pour l'aile est du parlement.

Les contextes analysés sont différents, l'un étant européen, l'autre nord-américain. Néanmoins, suite aux diverses interviews et aux informations récoltées, les idées concernant la production numérique semblent concorder d'un côté comme de l'autre. C'est l'hypothèse qui est émise. S'il s'agissait de comparer l'un de ces cas d'étude à un cas d'Extrême-Orient, ce genre d'hypothèse ne serait pas permise.

### 1. Cathédrale Saint-Paul de Liège, Belgique – Europe Occidentale

#### 1.1. Historique de la Cathédrale

##### 1.1.1. Origines de la cathédrale

La cathédrale Saint-Paul constitue l'actuel cœur du diocèse de Liège sous la responsabilité de l'Évêque Mgr Jean-Pierre Delville.

*« Ainsi, la cathédrale est l'église mère de toutes les églises du diocèse. Elle est desservie par le chapitre, un collège de douze prêtres qui assurent la liturgie quotidienne (eucharistie et prière des heures) aux intentions de tout le diocèse. »* (Cathédrale Saint-Paul)

Après que la ville de Liège soit devenue le siège épiscopal vers les années 800, l'évêque Eracle monte sur le trône de Saint Lambert dans le courant du Xe siècle.

Il décide de fonder, entre 965 et 971, la collégiale Saint-Paul, l'église romane originale, dont la construction sera terminée par Notger, son successeur. Elle fut la première église construite sur la dite « île », formée par les bras de la Meuse.

Suite à la décision de Notger, fin du X<sup>e</sup> siècle, d'achever et construire les différentes collégiales de la cité mosane, Liège compte, début du XI<sup>e</sup> siècle, sept collégiales : Saint-Paul, Saint-Pierre, Sainte-Croix, Saint-Martin, Saint Barthélemy, Saint-Denis et Saint-Jean. Elles sont les témoins de la naissance de la principauté de Liège. Viennent s'ajouter, par la suite, les abbayes bénédictines Saint-Jacques et Saint-Laurent, englobant ainsi la cathédrale Saint-Lambert d'un esprit religieux important.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, beaucoup d'édifices religieux périrent suite à la Révolution dont la fabuleuse cathédrale Notre-Dame-et-Saint-Lambert qui siégeait sur l'actuelle place Saint-Lambert. Sur cette dernière fut d'ailleurs érigées des colonnes métalliques symbolisant celles de l'ancienne cathédrale.

Durant cette période, la collégiale Saint-Paul connut également un passé peu glorieux la transformant en abattoir et boucherie suite à l'annexion de la principauté de Liège à la République française. Cependant, une pacification religieuse est établie entre Napoléon I<sup>er</sup> et Pie VII avec le Concordat, en 1804.

Ainsi, la collégiale Saint-Paul récupère ses chanoines et s'élève alors au rang de Cathédrale.

### 1.1.2. Évolution architecturale

Sur le plan cartographique, l'actuelle Cathédrale Saint-Paul est encadrée par la place de la Cathédrale au nord, à l'ouest la place Saint-Paul, la rue Bonne-Fortune au sud, et à l'est, la rue Saint-Paul.

Bien qu'elle subisse multiples interventions à des périodes différentes, l'architecture de la cathédrale reste d'une certaine homogénéité.

Elle s'étend sur une longueur totale (intérieure) de 82,75m, dont la longueur du transept équivaut à 33,50 m pour une hauteur de 24 m, ainsi qu'une largeur comprenant la nef et chœur valant 11 m.

Il s'agit d'une église de style gothique mosan, en pierre calcaire et tuffeau de sable. Néanmoins, l'église primitive d'Eracle et de Notger était de style roman et constituée de deux chœurs : la tour à deux étages s'ouvrant sur la nef et le chœur oriental s'élevant sur une crypte. C'est seulement entre 1230 et 1240 que l'église primitive laisse la place à une nouvelle église de style gothique dont les travaux s'achèvent au XVI<sup>e</sup>.

Aujourd'hui, l'église se compose d'une tour, de trois nefs bordées de chapelles, d'un transept et d'un chœur terminé par une simple abside. La cathédrale a donc subi de nombreuses interventions (Fig. 31).

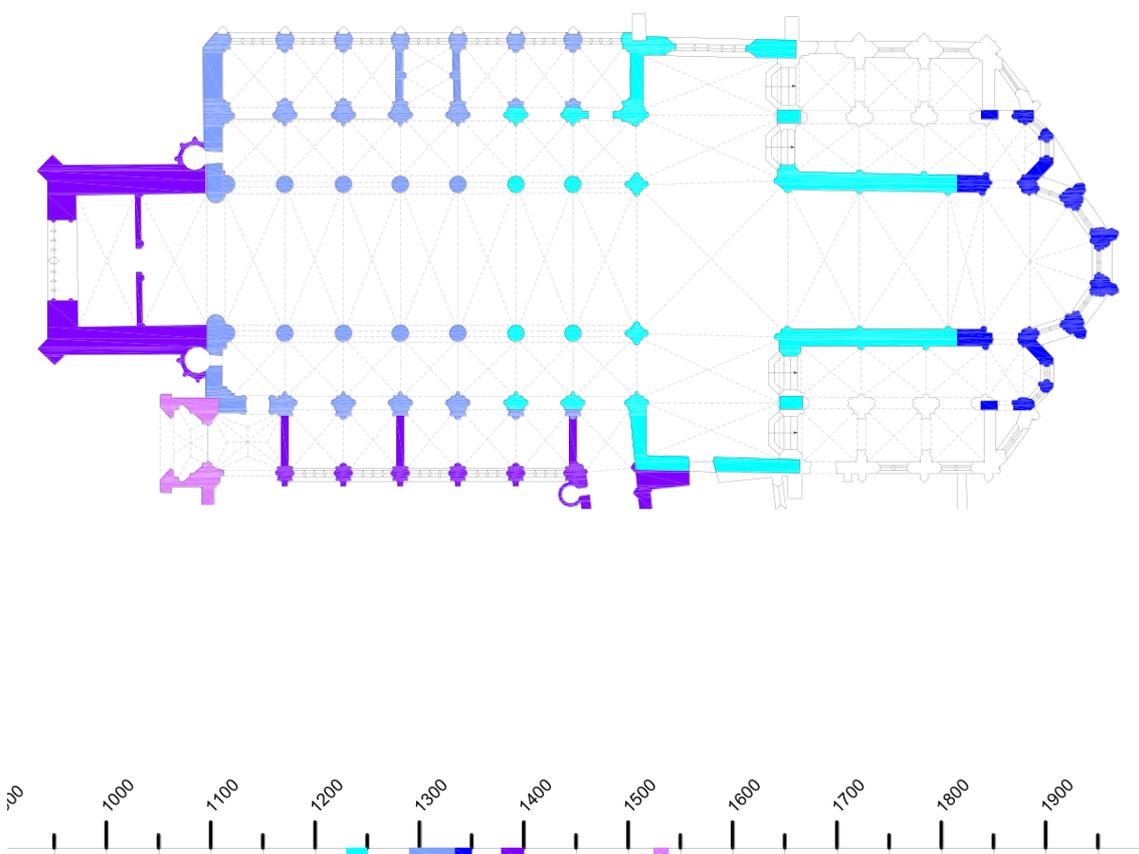


Fig. 31 - Approche historique, chronologie

La partie sud du chœur, le transept et les trois travées orientales des nefs datent du XIII<sup>e</sup>. Viennent ensuite les quatre travées occidentales des nefs, les chapelles et le bas de la tour début du XIV<sup>e</sup> siècle, et l'abside ensuite, à la moitié du siècle.

Le XV<sup>e</sup> siècle vit l'achèvement de la tour. Les cloches arriveront plus tard, au XIX<sup>e</sup>, ainsi que le voutement de toute l'église et la construction des galeries sud et est du cloître. Ce dernier, de style mosan, existait déjà et était composé de quatre ailes mais fut reconstruit en 1445. L'aile nord fut réaffectée au plan de l'église pour y accueillir les nouvelles chapelles. La galerie ouest du cloître et le portail situé du côté nord de l'édifice sont réalisés au XVI<sup>e</sup>.

La collégiale Saint-Paul monta au rang de cathédrale à la suite du Concordat en 1804. Ce statut lui permit, en 1811, d'achever la tour par la construction de l'étage des cloches et de la flèche.

En 1839, le Conseil de fabrique décide qu'il faut restaurer la cathédrale. Les travaux sont réalisés par l'architecte de la province, Jean-Charles Delsaux, entre 1850 et 1856. C'est d'ailleurs avec lui qu'apparaissent les premiers pinacles.



Fig. 32 - Vue de l'Église Collégiale de Saint-Paul à Liège en 1738 par R. le Loup

La gravure de Remacle le Loup (réalisée dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, 1738) montre la Collégiale dans son état avant l'intervention de Jean-Charles Delsaux (Fig. 32).

Étant convaincu que le projet médiéval de la cathédrale avec son architecture homogène, il avait pour ambition d'à la fois conserver ce qui pouvait l'être, et d'embellir, voire parachever l'œuvre du passé.

Sa politique pour la restauration de la cathédrale consiste d'homogénéiser un ensemble édifié à différentes époques, en s'inspirant des parties les plus récentes, celles les plus ornées de l'église.

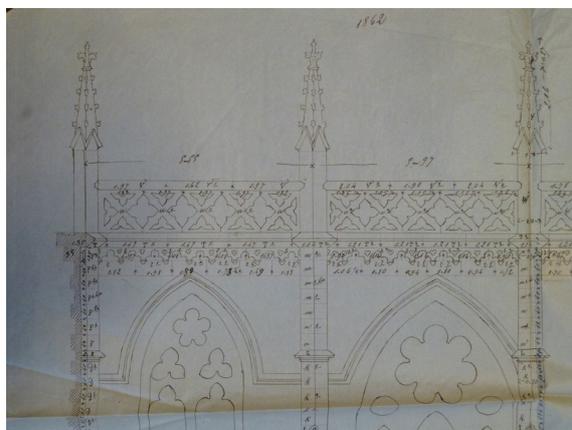


Fig. 33 - Façade (?) : balustrades et pinacles de la cathédrale en 1862 par J.-C. Delsaux

Il reconstruit ainsi les arcs-boutants de la nef centrale, les contreforts de toute la façade nord et la balustrade entourant l'abside. Il ajoute des éléments tels que des pinacles sur les contreforts (Fig. 33), une galerie sur les chapelles latérales, et, prolonge la galerie de l'abside sur la nef, ainsi que le transept.

Tandis que d'autres éléments sont supprimés, les estimant inutiles, comme l'arc boutant latéral qui soutient le mur oriental du transept.

En 1856, alors qu'il ne finit pas la façade nord, pour des raisons inconnues, ses plans sont utilisés par ses successeurs : l'architecte Jaminé et Eugène Halkin.

Bien que soutenu, depuis le début par la Commission royale, il s'avère que, plus de vingt années plus tard, le travail de Delsaux est fortement critiqué.

En effet, dans le rapport d'inspection du comité provincial de la C.R.M.S., celui-ci déclare que la partie nord de l'édifice est complètement renouvelée et non restaurée comme il l'a été demandé. Que Delsaux n'a pas hésité à modifier, dans ses éléments les plus essentiels, l'architecture de l'église primitive.

Nous pouvons voir, sur les plans ci-dessous, l'avant/après (Fig. 34) de la restauration de la cathédrale par Jean-Charles Delsaux.

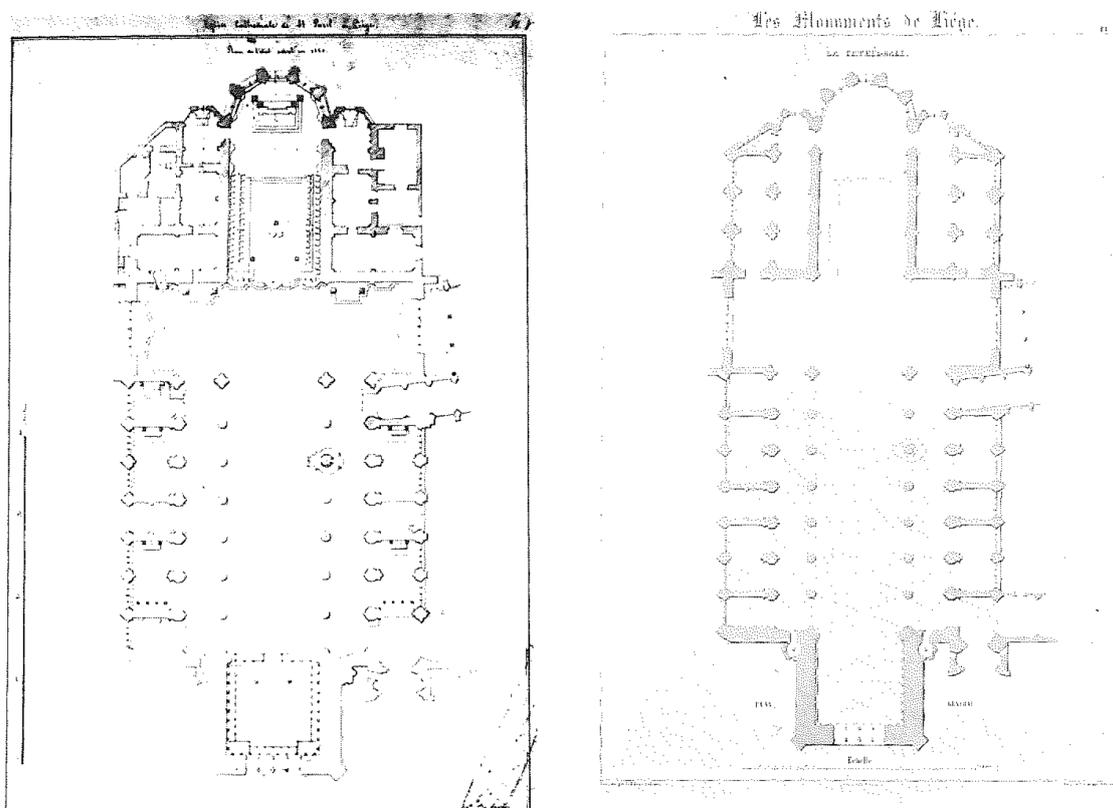


Fig. 34 - Plan terrier de la cathédrale avant (1850) et après (1858) les interventions de J.-C. Delsaux

C'est ainsi que la restauration de la façade sud, est réalisée par Eugène Halkin, de 1875 à 1877. Il effectue la reconstruction des collatéraux, ainsi que la restauration du tympan, des contreforts et des meneaux du transept.

Fin du XIX<sup>e</sup>, début du XX<sup>e</sup>, Auguste Van Assche entreprend la construction des sacristies, la reconstruction des dépendances : nouvelle salle capitulaire, sacristie, local du Musée diocésain, le remplacement de la grande fenêtre de la tour de style gothique rayonnant par une verrière plus travaillée, en style flamboyant. Les contreforts et les parements de la tour sont également restaurés à cette période-là.

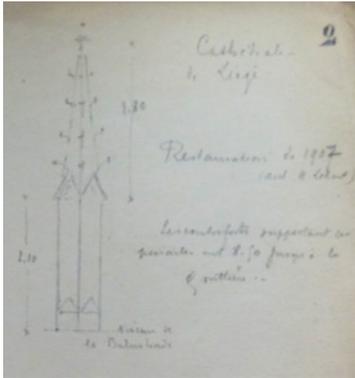


Fig. 35 - Restauration des pinacles de la cathédrale en 1907 par F. Lohest

Quelques années plus tard, en 1907, l'architecte Fernand Lohest est chargé de la restauration de la cathédrale, mais surtout de la façade sud, restaurée déjà trente ans auparavant par Eugène Halkin. Son travail consiste à renouveler une partie de la toiture de la grande nef, la partie supérieure des contreforts, les pinacles tombés (Fig. 35). Il répare également les fenêtres et reconstitue, dans son état primitif, une balustrade avec pinacle.

Voici, ci-dessous, la façade sud avant et après sa restauration par Fernand Lohest (Fig. 36).

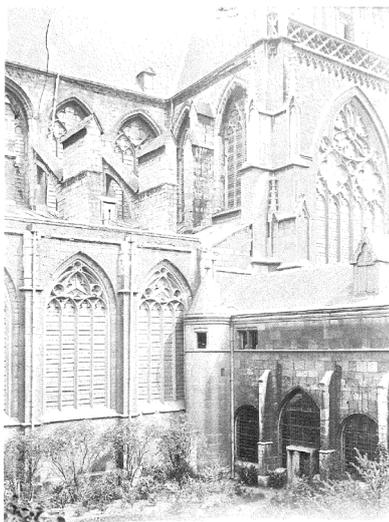


Fig. 36 - Façade sud et galerie du cloître de la cathédrale, avant et après 1907

La cathédrale Saint-Paul est classée le 24 juillet 1937, propriété de la Ville, par un Arrêté Royal.

En 1942, les pinacles sont restaurés par l'architecte C. Bourgault et les entreprises Foulon. Cependant, en 1945, suite à l'explosion d'une bombe sur la place devant la cathédrale, celle-ci subit de nombreux dégâts que C. Bourgault relèvera. Des ardoises sont arrachées, des poutres brisées, la toiture principale s'est disjointe au faîtage, les pinacles et meneaux restaurés quelques années plus tôt sont abîmés, les vitraux modernes, eux, détruits, etc. La cathédrale est restaurée et le chantier dure de nombreuses années (1984).

En 1967, l'architecte A. Dufays et l'ingénieur H.-F. Joway entreprennent alors des travaux de gros œuvre et de stabilisation. La façade nord est stabilisée et de nombreuses pierres en petit granit sont remplacées.



Depuis mai 2016, la cathédrale Saint-Paul de Liège subit à nouveau une grosse restauration (Fig. 38). Celle-ci se réalise à l'identique, même si certaines adaptations ont dû être apportées, notamment au niveau des charpentes ayant fait l'objet de « bricolage » au XIX<sup>e</sup>.



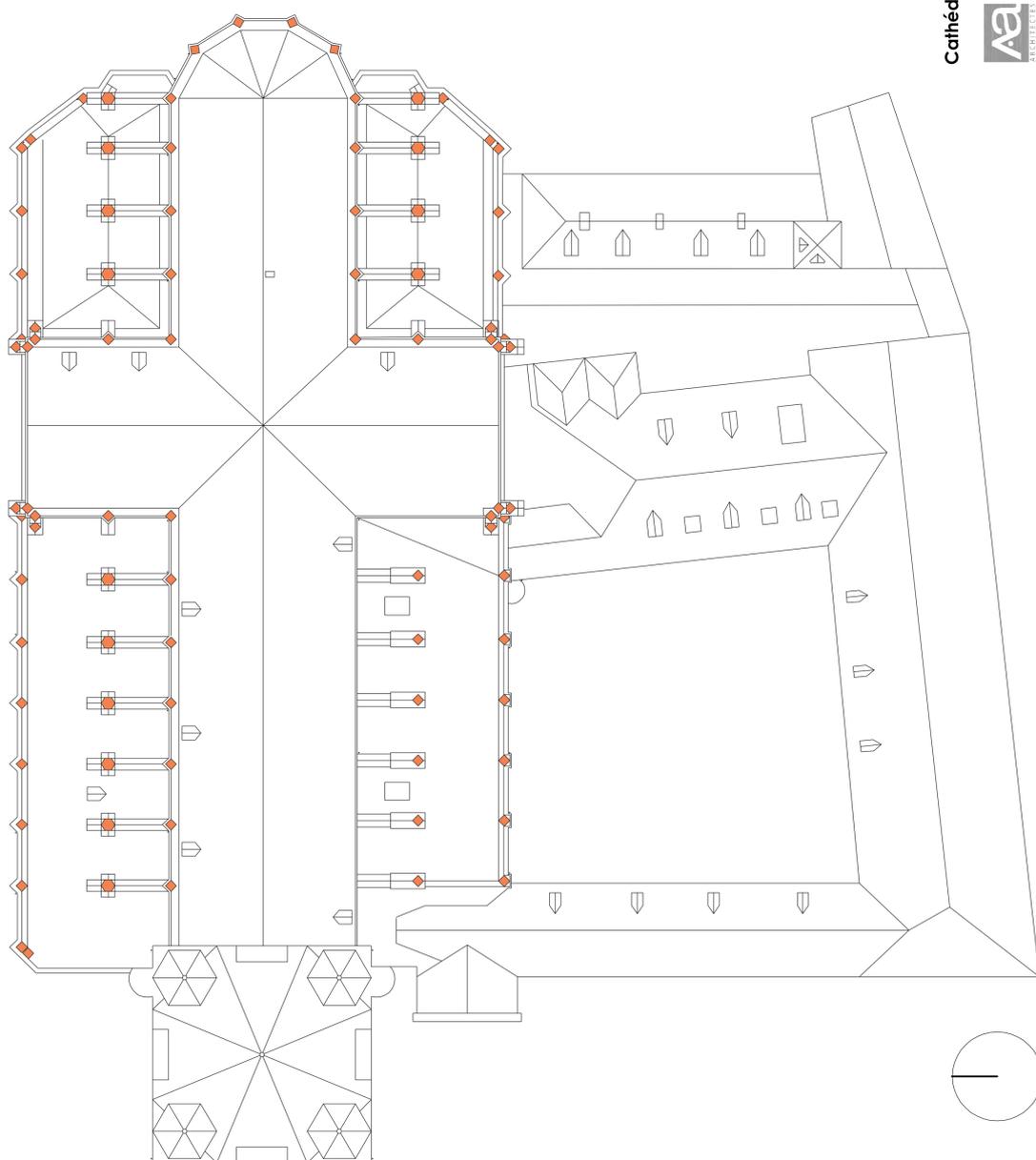
Fig. 38 - Façade sud et galerie du cloître de la cathédrale, restauration en 2019

Selon un extrait tiré d'un article de la RTBF, interviewant M. Xavier Tonon, architecte du cabinet Architectes Associés, celui-ci explique la façon de procéder dans le cadre d'une pierre ayant été remplacée sur une des façades.

*« On avait pas mal de pierres qui étaient dégradées, alors, en fonction du type de dégradation, on opte pour l'une ou l'autre intervention. Soit on fait un greffon, quand la pierre n'est pas totalement dégradée, ou bien, si la pierre ne peut pas être conservée, on la remplace alors intégralement par une nouvelle pierre de même origine géologique. Ici, on a du calcaire de Meuse, par exemple, donc on remplace par une pierre en calcaire de Meuse, avec une taille spécifique mais qui s'intègre quand même au parement existant. Ça permet pour les archéologues et pour les « spécialistes » de distinguer la pierre qui a été remplacée par rapport à celles qui se trouvent à côté. Ça doit se distinguer, mais de manière subtile pour que ce ne soit pas, comme on dit, un coup de poing dans l'œil. » (RTBF, article 2019).*

## 1.2. Restauration des pinacles

### 1.2.1. Plans/coupes/façades

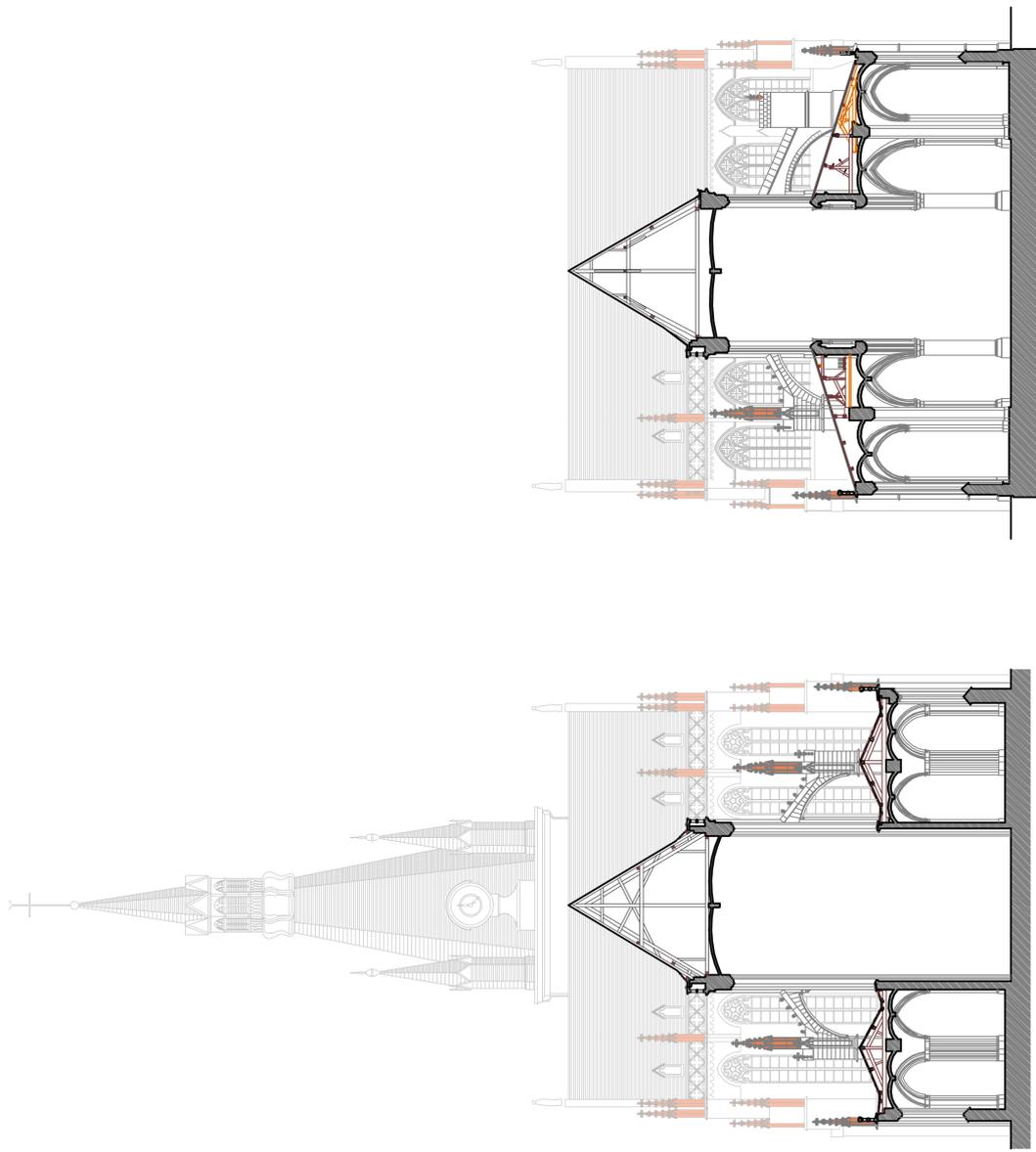


Cathédrale Saint-Paul à Liège

ARCHITECTES ASSOCIÉS :  
Société civile d'architectes  
C/ des Charmures, 13  
4000 LIEGE | tel : +32 4 382 26 63



Fig. 39 - Mise en évidence des pinacles de la cathédrale, plan 2014/2015



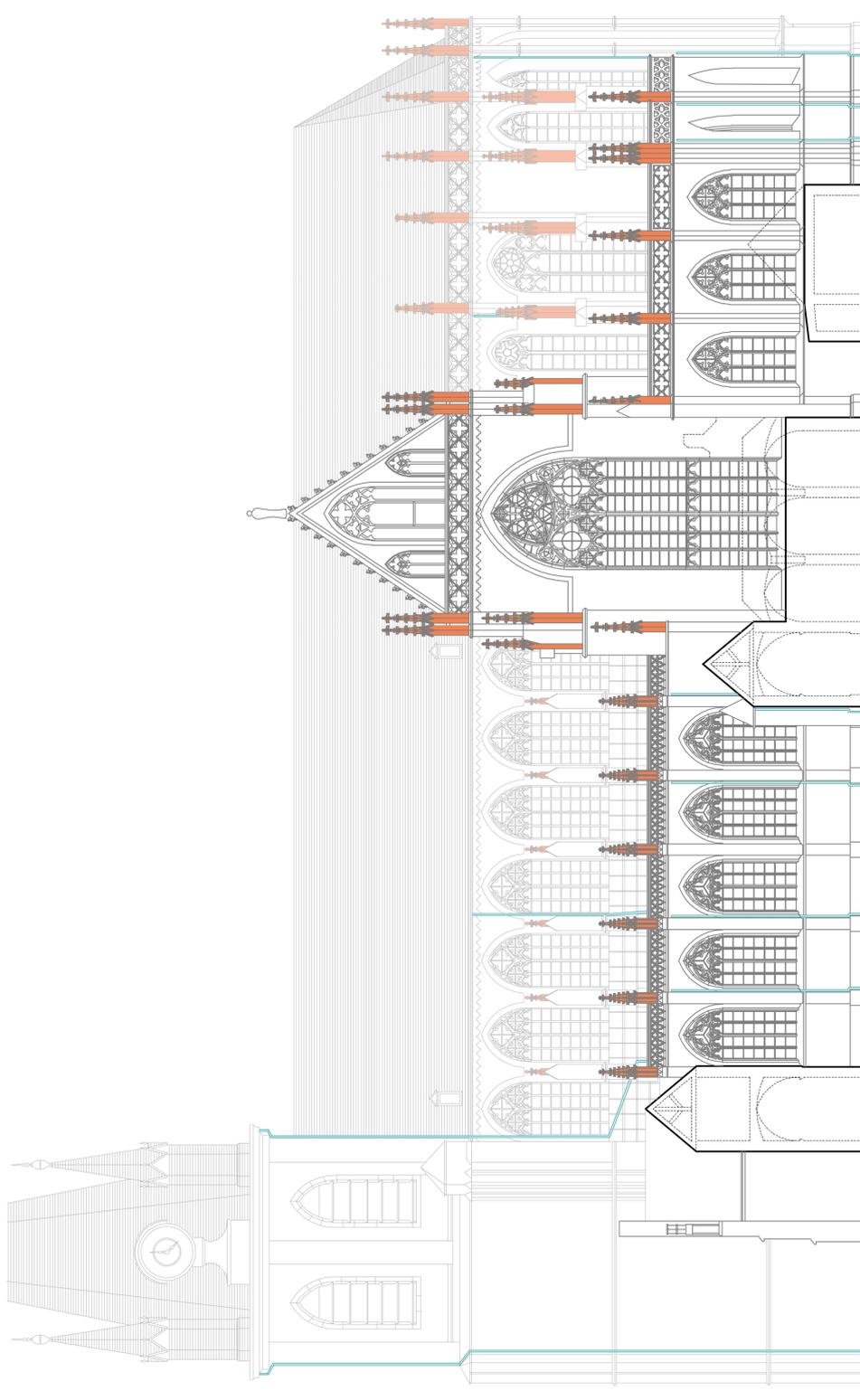
Coupe transversale vers le chœur

**Cathédrale Saint-Paul à Liège**



ARCHITECTES ASSOCIES :  
 Société civile d'architectes  
 Cirs Chamurly, 13  
 4000 LIEGE | tél : +32 4 382 29 63

Fig. 40 - Mise en évidence des pinacles de la cathédrale, coupes 2014/2015



Cathédrale Saint-Paul à Liège



ARCHITECTES ASSOCIES :  
Société civile d'architectes  
Clos Chamurly, 13  
4000 LIÈGE | tél : +32 4 382 29 63

Fig. 41 - Mise en évidence des pinacles de la cathédrale, façade sud 2014/2015

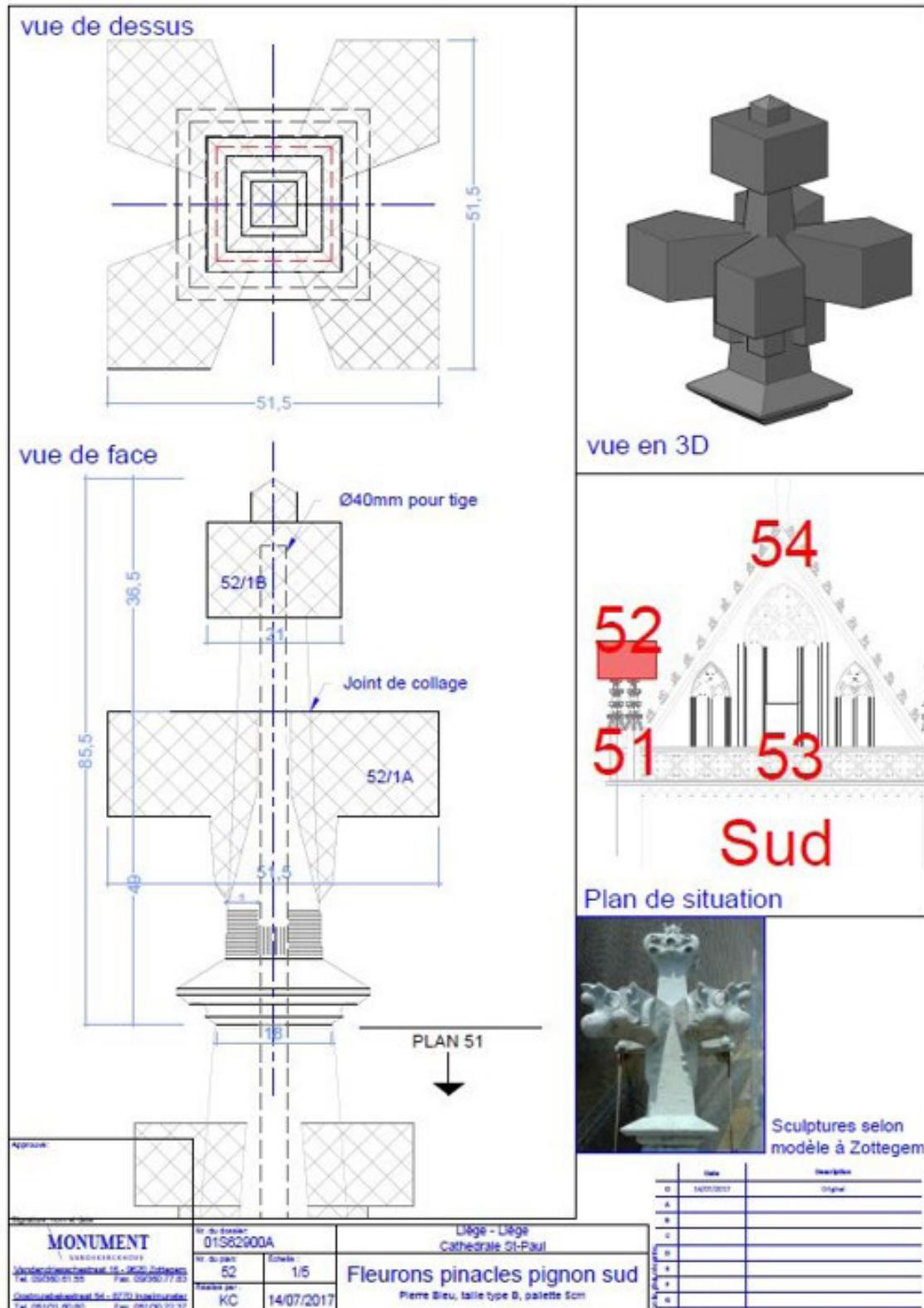
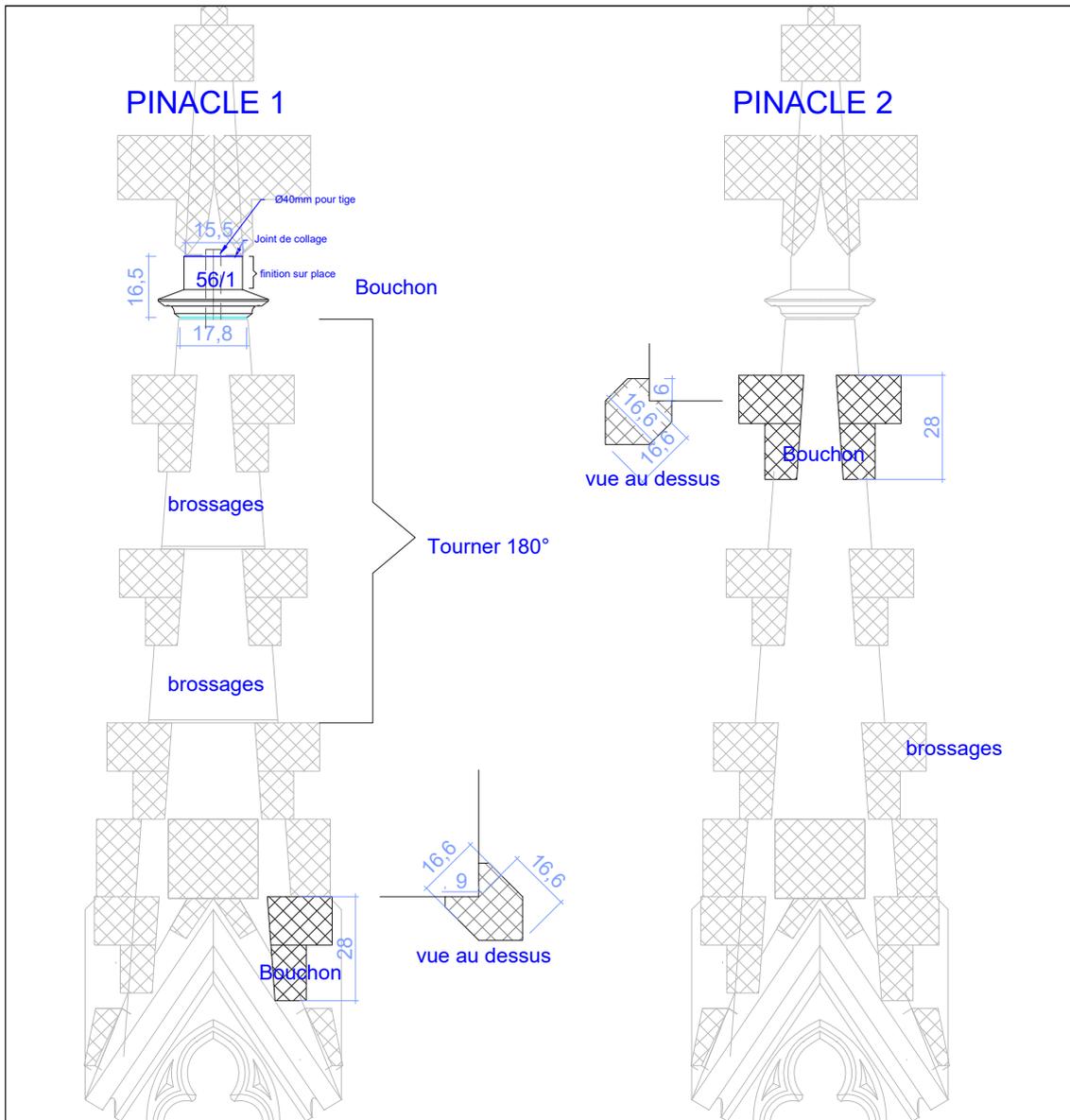


Fig. 42 - Fleurons des pinacles côté sud de la cathédrale, 2017



1 crochet à remplacer avec pièce de récup du plan 51.

2 crochets à remplacer avec pièces de récup du plan 51.

Approuvé:			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O 1/09/2017</td> <td>Original</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> <tr> <td>H</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Date	Description	O 1/09/2017	Original	A		B		C		D		E		F		G		H	
				Date	Description																		
O 1/09/2017	Original																						
A																							
B																							
C																							
D																							
E																							
F																							
G																							
H																							
Signature, nom et date	<p>Nr. du dossier: 01S62900A</p> <p>Nr. du plan: 56</p> <p>Réalisé par: KC</p>	<p>Liège - Liège</p> <p>Cathédrale Saint Paul</p> <p>Pinacles côté droit - pignon sud</p> <p>Petit Granit, Taille Type B, sculptures meulés</p>																					

Fig. 43 - Pinacles côté droit – pignon sud de la cathédrale, 2017



### 1.2.2. Composition d'un pinacle

Il s'agit d'un élément architectural de style gothique, souvent réalisé en pierre. Il constitue le couronnement des contreforts dans les églises (Fig. 45).

Sa forme peut être conique ou pyramidale, et, la majeure partie du temps, il est sculpté et orné de fleurons (Fig. 46).

Même s'il constitue un élément décoratif, son premier rôle est structurel. En effet, le pinacle a pour but de participer à la stabilité de l'ensemble architectural.

De par son poids, il permet d'assister le contrefort dans son rôle de soutien de l'arc-boutant, et évite ainsi l'éboulement de pierres.

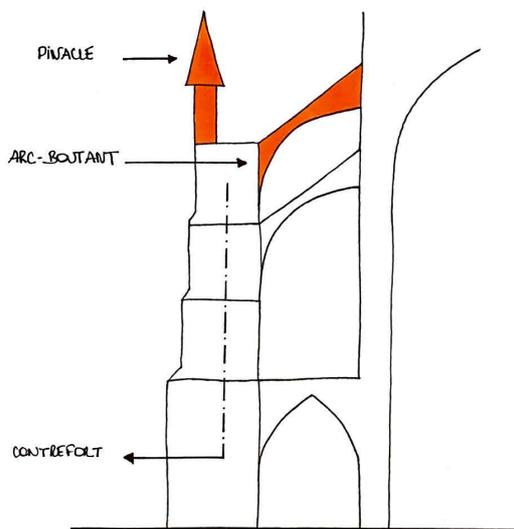


Fig. 45 - Principe structurel d'un pinacle

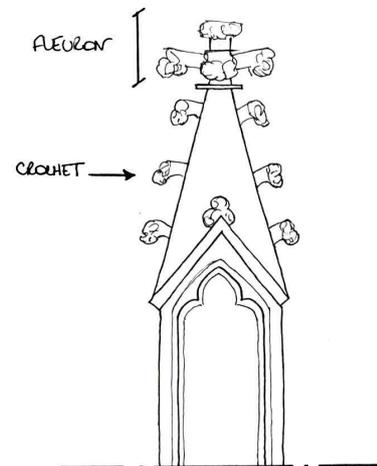


Fig. 46 - Éléments composant un pinacle (gothique)

Alors qu'il était simple et massif à l'époque romane, l'époque gothique lui apporte un fleuron à son sommet et des crochets sur ses rampants (Viollet-le-Duc, 1854 : 177, déf. pinacle).

### 1.2.3. Restauration

Les pinacles de la cathédrale ont déjà subi une très grosse restauration dans la deuxième moitié du 20e siècle avec Dufays et Joway.

Dans cette restauration-ci, beaucoup de pinacles ont également été refaits car il y avait un risque de chute (Fig. 47). Les anciens pinacles, trop abîmés pour rester en l'état, comme ceux du chœur qui ont tous été remplacés, seront conservés et exposés dans la Cathédrale, la cour (ou autre), en mémoire du passé.

Pour déplacer les éléments sur chantier, les ouvriers utilisent un système de crochets qu'ils forent dans la pierre, ou encore des sangles quand cela est possible, et transportent au moyen d'une grue.

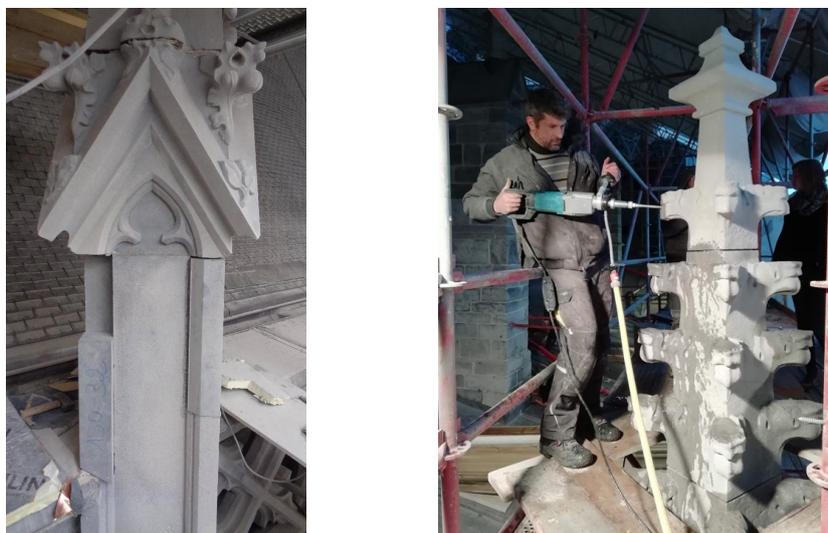


Fig. 47 - Restauration des pinacles de la cathédrale, 2019

Ces éléments architecturaux ont la particularité de devoir être restaurés tous les demi-siècles environ car ce sont des éléments très vulnérables et finement sculptés. Leur disposition en hauteur sur la Cathédrale les rend fort exposés aux conditions météorologiques.

C'est dans cette optique que la solution de la production numérique est intéressante. Il pourrait s'agir à terme d'une solution pour des éléments nécessitant une restauration fréquente. Ainsi le pinacle scanné, son modèle numérique 3D serait conservé dans la base de données.

*« L'entreprise Monument Hainaut a proposé tout au début du chantier d'utiliser des robot-tailleurs. Le sujet a été évoqué lors d'une réunion de chantier et personne ne s'y est opposé : l'architecte de l'AWaP, l'historienne de l'art et les autres participants ont donné leur accord (les auteurs de projets également).(...) Cette décision a été prise il y a 4 ans. »* (Entretien, Xavier Tonon).

La taille robotisée des pierres se fait à Zottegem dans les ateliers de l'entreprise Monument Hainaut, « entreprise de construction belge spécialisée dans la restauration, la rénovation et les projets complexes de nouvelle construction » (Monument Hainaut). Les pierres produites à l'atelier de Zottegem sont transportées en camion jusqu'au chantier.

Néanmoins, une grande partie des tâches réalisées sur place nécessite encore l'intervention d'artisan-tailleur de pierres, notamment pour réaliser les tailles sur pierre équarrie ou peu moulurée. Les techniques traditionnelles sont privilégiées : le relevé et la taille sont effectuées sur place.

### 1.2.3.1. Scan 3D

Après un repérage, un plan général avec l'architecte est réalisé sur place, pour définir les pièces qui doivent être remplacées. L'entreprise procède alors au scan 3D des différentes pièces existantes, des pinacles abimés, in situ (Fig.48). S'il est impossible de numériser et de produire en atelier, ils commandent des pierres et les taillent sur place.

Ensuite, le scan fait l'objet d'un plan qui est retravaillé. Les pièces, avec des éléments de sculpture dessus sont souvent retravaillées, complétées car elles sont endommagées.



Fig. 48 - Numérisation d'un pinacle de la cathédrale au moyen d'un scan 3D portable (Creaform), 2018

Il existe plusieurs solutions afin de compléter l'élément scanné :

- Sur le dessin : la modification et, les apports se font directement sur le scan, redonnant la géométrie à la pièce.
- Modélisation : c'est souvent le cas dans le cadre de la taille de sculpture. La pièce est remodelée au moyen de plâtre travaillé directement sur la pierre endommagée. La nouvelle forme obtenue est scannée à nouveau.
- Avec un moule : la partie endommagée est scannée. Sur base de ce scan, un moule de la pièce est réalisé (positif). Celui-ci est retravaillé, modifié par ajout de matière. Ensuite, un nouveau scan de ce positif est réalisé.

Parmi ces trois procédés, aucun ne fut privilégié par rapport aux autres dans le cadre de la restauration de la cathédrale. Le choix de l'utilisation d'une technique plutôt qu'une autre dépend du degré d'endommagement de la pièce.

Dans le cadre de pierres légèrement endommagées ou de pièces manquantes comme pour un crochet manquant à un pinacle, une des solutions employées est de prendre un autre crochet situé ailleurs sur le pinacle, de le modéliser et d'ainsi le mettre en place là où est celui manquant.

Le même procédé est employé si une des arrêtes du pinacle est dégradée. Celle-ci peut être facilement complétée directement sur le scan de celui-ci.

#### **1.2.3.2. Volume capable / parallélépipède**

Une fois que ce scan est réalisé, il s'agit de définir le calepin de la pierre. C'est un calepin classique. Il faut déterminer son volume capable, comme à l'ancienne, avec toutes les coupes nécessaires pour refaire la pierre.

La suite consiste à se rendre en carrière, comme cela se fait en général, et de faire débiter la pierre pour obtenir le volume capable. Ensuite, celle-ci est débitée en atelier afin de déterminer le parallélépipède qui comprend la totalité de la pierre à remplacer.

Dans le cadre de la restauration de la Cathédrale de Liège, il y a eu quelques problèmes, car pour avoir des hauteurs de lit assez haut, il a fallu coller des pierres les unes au-dessus des autres.

#### **1.2.3.3. Dégrossissage / Épannelage**

En général, la méthode consiste à épanneler la pierre, à dégrossir les pierres au moyen des robots-tailleurs. Dans le cadre d'un pinacle, il y a énormément de matière à retirer. Environ 2/3 du volume capable doit disparaître dû à sa forme pyramidale. Certaines machines permettent un épannelage jusqu'à un 1 cm du fini définitif.

#### **1.2.3.4. Dégrossissage sous la fraiseuse 6 axes**

Une fois ce gros épannelage réalisé, que le modèle numérique de la pièce est remis en langage « machine », cette dernière est montée sur la débiteuse 6 axes et le robot-tailleur peut ainsi la terminer.

A l'origine, les pinacles sont des éléments sculptés entièrement à la main. Lors de l'usinage, un traitement avec une surépaisseur de 5 mm, appelée un « gras » est laissée sur l'ensemble de la pièce. Ces 5 derniers mm sont enlevés par le tailleur qui laisse ainsi paraître dans le façonnage des pierres la trace de la main de l'homme.

### 1.2.3.5. Finition manuelle

Quand il s'agit d'une moulure, comme dans les remplages, ils laissent un jeu de 1 à 3 mm maximum. Dans le cadre d'une sculpture, là, ils laissent entre 5-6 mm de gras qui sont enlevés à la main et retravaillés par le tailleur.

Dans le cadre de sculpture, le robot ne fait pas tout le travail ; certaines parties sont mieux effectuées par le tailleur (Entretien, Ghislain Claerbout).

La machine peut tout faire, mais certains endroits sont plus inaccessibles et difficiles à usiner par le robot, et, prend donc trop de temps. Pour les pinacles, il est possible de prendre une fraise de 1 mm mais cela prend un temps infini. Alors il vaut mieux prendre une fraise de 5-6 mm, laisser un gras de 5 mm et terminer la pièce à la main.

Les finitions sont ainsi réalisées par le tailleur de pierre. Il façonne, au moyen de ses outils traditionnels, des irrégularités, ce jeu d'ombres et de lumières qui apportent de la profondeur à la pierre. Cette étape cruciale permet à la pierre d'acquiescer ce caractère sensible que les robots tailleurs ne parviennent pas (encore) à reproduire.

Il existe des ciselages mécaniques mais la texture finale est différente de celle obtenue manuellement.

Seuls les travaux d'épannelage et d'approche sont réalisés par les machines.

Cette méthode est fort critiquée, jugée « trop mécanique ». Cependant, l'entreprise Monument Hainaut insiste sur le fait que leur travail consiste à dégrossir et que la pièce est terminée manuellement. Il y a encore une touche finale manuelle et le robot, lui, ne fait que dégrossir le travail, le travail d'approche.



Fig. 49 - Ancien pinacle de la cathédrale en attente de sa nouvelle base, 2019



Fig. 50 - Ancienne / Nouvelle base d'un pinacle, 2019



Fig. 51 - Nouveaux crochet de pinacles de la cathédrale, 2019

La plupart des pierres ont déjà été restaurées/remplacées antérieurement. Parfois, seuls les crochets sont à remplacer. Pour ce faire, ils sont « collés » et fixés au moyen d'une tige métallique, une broche.

Dans le cadre des greffons, le travail de l'artisan reste très important. En effet, bien que l'élément remplaçant la pierre endommagée soit réalisée dans les ateliers de Monument, l'extraction de la partie destinée à être remplacée ainsi que la pose de la nouvelle pierre doivent être réalisées par l'artisan, sur site. Entre la nouvelle pierre placée et l'élément existant, le joint obtenu n'excède par les 1 à 2 mm d'épaisseur.

Certains greffons se font également à partir d'éléments provenant de pinacles remplacés pour cause de stabilité. C'est le cas pour le pinacle dans la Fig. 52 où nous pouvons voir que le greffon a été réalisé avec un crochet ancien, provenant d'un pinacle datant de la restauration de l'architecte Dufays.



Fig. 52 - Pinacles du XXe restaurés de la cathédrale, 2019



Fig. 53 - Nouveaux pinacles de la cathédrale reproduits à l'aide de robots-tailleurs, 2019

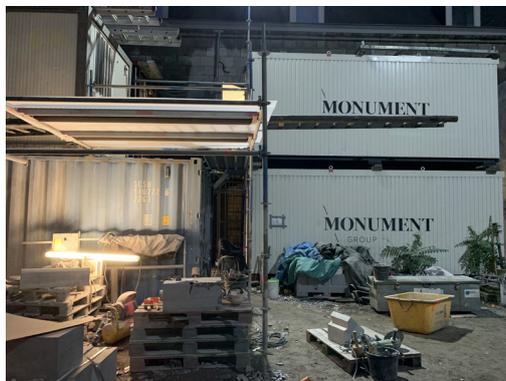


Fig. 54 - Atelier de taille de pierres sur le chantier de la cathédrale, cour du cloître, 2019



Fig. 55 - Stockage des matériaux dans la cour du cloître de la cathédrale, 2019 de robots-tailleurs, 2019



## 2. Parlement d'Ottawa, Canada – Amérique du Nord

### 2.1. Historique du Parlement

Ottawa se situe sur une ancienne falaise de calcaire au centre de la ville, nommée la « Colline ». Lorsque celle-ci devient officiellement la capitale du Canada le 17 février 1858, après de nombreuses années de partage entre les villes du Québec et de Toronto, les nouveaux édifices du Parlement, accueillant la nouvelle assemblée législative permanente sont érigés sur cette Colline.

En mai 1859, un an plus tard, le ministère des Travaux publics du gouvernement fédéral lance un concours dédié aux architectes dont le projet consiste à la construction de l'édifice du Centre, la résidence du gouverneur ainsi que des deux immeubles gérés par le Ministère, ceux que l'on nomme aujourd'hui « édifices de l'Est et de l'Ouest ».

En août de la même année, Thomas Fuller et Chilion Jones décrochent le concours pour la conception de l'édifice du Centre et Thomas Stent et Augustus Laver remportent le premier prix pour les édifices de l'Est et de l'Ouest. La superficie totale du Parlement étant de 10.200 m<sup>2</sup>.

Les premiers murs, faits de pierre de grès de la formation de Nepean, roche d'une couleur chaude ocre, extraite dans la région, sont élevés en 1860. Les matériaux utilisés pour les toitures, sont à base de grès rouge ainsi que de la pierre de taille grise de l'Ohio et de l'ardoise grise et verte.

Par manque d'argent, le budget total du projet étant plus de deux fois supérieur au montant initial, la construction des nouveaux édifices est suspendue mais reprend de plus belle en 1862. Le 1<sup>er</sup> juillet 1867 marque la constitution du Dominion du Canada.



Fig. 56 - Édifice du Centre d'origine, Parlement, environ 1914

Au total, moins de vingt années seront nécessaires pour construire les nouveaux édifices du Parlement, témoins d'une architecture néogothique de l'Empire britannique, remarquable (Fig. 56).

Début du XX<sup>e</sup>, des annexes sont ajoutées aux trois édifices de la Colline du Parlement. La Monnaie royale canadienne, les Archives publiques du Canada et le musée national s'installent dans de nouveaux édifices ne se trouvant pas sur la Colline, par manque de place. Doucement, la jeune capitale est sous l'influence de cette Colline.

En février 1916, en pleine période de guerre, un incendie se déclare et, en quelques minutes à peine, l'édifice du Centre se retrouve sous l'emprise des flammes. Certaines parties de l'édifice s'effondrent. La Bibliothèque est heureusement épargnée mais l'édifice du Centre doit être reconstruit.

Une assemblée législative temporaire est instituée et abritée dans le Musée commémoratif Victoria, aujourd'hui, le Musée canadien de la nature.



Fig. 57 - Nouvel édifice du Centre, en 1927

L'édifice du Centre reconstruit est plus grand et plus haut d'un étage que celui d'origine (Fig. 57). Comme dans le cas de la restauration de la Cathédrale Notre-Dame de Reims qui subit également un incendie en 1914 et dont la toiture est reconstruite avec une nouvelle structure en béton armé afin de plus être incendiée, les murs intérieurs sont construits en calcaire et les planchers en marbre, et non plus en bois, matériau inflammable.

Les couloirs sont repensés afin d'être mieux agencés en cas d'un éventuel incendie. La structure de la toiture est refaite en acier mais recouverte par le même grès de Nepean que celui utilisé dans les édifices d'origine, afin de conserver l'aspect extérieur d'origine.

Seulement quatre années après l'incendie, le nouvel édifice ouvre ses portes. Cependant, en 1952, un nouvel incendie se déclare, cette fois-ci dans la toiture de la Bibliothèque. Fortement ravagée, elle fait l'objet de nombreux débats sur la nécessité à reproduire une nouvelle bibliothèque plus grande et plus fonctionnelle. La décision finale est de réhabiliter celle existante, dernière partie originale de l'édifice du Centre d'origine. Un nouveau bâtiment est construit quelques années plus tard abritant la Bibliothèque nationale.

Alors qu'ils sont longtemps une fierté pour toute une nation, l'architecture d'avant-guerre des édifices du Parlement succombe à l'architecture moderniste montante. La démolition des édifices de l'Est et de l'Ouest est discutée afin d'être remplacés par de nouveaux immeubles modernes. Aucune décision n'est prise à ce sujet mais le bloc de l'Ouest subit une rénovation intérieure importante.

Depuis 2002, les édifices du Parlement sont en réhabilitation. En effet, la pierre de parement s'effrite, la toiture nécessite une réparation, etc.

Par ailleurs, leur réhabilitation consiste également à permettre une mise aux normes énergétiques actuelles : remplacement des fenêtres, la tuyauterie, le câblage électrique, la technologie de l'information, etc.

« *Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC) collabore étroitement avec des architectes protecteurs du patrimoine et d'autres spécialistes du domaine. Ensemble, ils veillent à ce que les édifices soient sécuritaires et répondent aux exigences techniques d'une démocratie du XXI<sup>e</sup> siècle. Les travaux doivent également respecter la nature patrimoniale des édifices. La Bibliothèque du Parlement est un exemple éloquent des travaux effectués sur la Colline du Parlement.* » (Gvt Canada, Réhabilitation).

Les édifices du Parlement font, périodiquement, l'objet de tests de résistance de ceux-ci suite à d'éventuels séismes. De cette façon, des mesures peuvent être prises afin de préserver au maximum les édifices patrimoniaux.

L'emploi des nouvelles techniques n'est pas écartés. En effet, les pierres de la façade ont été nettoyées au moyen de la technologie laser (Fig. 58). Les saletés de la pierre sont ainsi retirées et ce, sans aucun contact avec celle-ci. Le recours aux méthodes humides abrasives, si elles ne sont pas bien réalisées, peuvent laisser des résidus d'eau sale et de produits chimiques sur les pierres.

Étant considérée comme une technique plus pratique et meilleure que celle utilisée traditionnellement, au Canada, le laser fait désormais partie des outils dits standards du maçon.



Fig. 58 - Nettoyage au laser de la pierre d'une des façades du Parlement

Ces multiples recommandations feraient certainement débat, ici, en Belgique, mais au Canada, c'est une manière d'assurer la pérennité des édifices du Parlement.

Il est à noter que les travaux de restauration sur le bloc Ouest ont été réalisés en utilisant uniquement des techniques traditionnelles et qu'aucune technologie numérique n'a été utilisée.

## 2.2. Restauration de la sculpture représentant un hibou

La sculpture représente un hibou perché sur des branches de chardon croisées, sculpté dans le style néo-gothique. Elle se situe au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, utilisé par le Sénat du Canada.

Le matériau dans lequel fut sculptée la pièce est du grès de Berea, roche sédimentaire détritique obtenue par la consolidation du sable, qui s'est fortement dégradé avec l'écoulement de l'eau ainsi qu'en raison de la structure de la litière du grès. De nombreux détails de la sculpture se sont détériorés la rendant méconnaissable, surtout dans le coin inférieur droit de la sculpture (Fig. 59, 60). Il était plus que nécessaire de la restaurer s'ils ne voulaient pas la perdre complètement.



Fig. 59 - Sculpture du hibou de l'aile Est du Parlement, 1997



Fig. 60 - Sculpture du hibou de l'aile Est du Parlement, 2013

La décision fut prise d'avoir recours à la technologie numérique pour diverses raisons, évoquées ci-dessous, mais en combinaison avec les techniques de sculpture traditionnelles. Ils ont eu recours à une technique dite « hybride ».

L'utilisation de la technologie numérique est surtout avantageuse dans ce cas-ci pour la modélisation de la pièce. Qu'il s'agisse de la recréer numériquement ou traditionnellement, il faut réaliser une copie de l'œuvre originale servant de référence.

Ainsi, au lieu d'opérer à une modélisation, in situ, qui consiste à monter un échafaudage devant la sculpture, puis créer un moule en caoutchouc et en plâtre (ce qui aurait pris plusieurs jours et aurait mis hors service l'entrée de la cour), la solution fut d'avoir recours à la technologie numérique, qui a permis de scanner en 3D, depuis un ascenseur, et, ce en trente minutes seulement, l'entièreté de la sculpture.

L'utilisation de la technologie a permis un gain en temps et en argent, paramètres négligeables dans un domaine tel que la restauration du patrimoine.

La suite consiste à réaliser une copie en carton mousse de la sculpture grâce au scan 3D (Fig. 61) et à compléter les parties manquantes de la sculpture. Cette partie aurait pu être réalisée de façon numérique mais le parti est pris par le sculpteur, M. Phil White, de la compléter manuellement, au moyen des outils et techniques de modelage traditionnelles en argile (Fig. 62). En effet, pour lui, dans ce cas-ci, le recours au modelage numérique n'aurait pas été avantageux face au modelage traditionnel en argile.

« *En fait, l'utilisation d'outils de modelage en argile produit une ligne et une surface que je n'ai jamais vues égalées dans le modelage numérique.* »<sup>3</sup> (Entretien, Phil White).



Fig. 61 - Copie en mousse de la sculpture du hibou de l'aile Est du Parlement, 2014



Fig. 62 - Ajout de l'argile pour combler les zones manquantes de la sculpture du hibou de l'aile Est du Parlement, 2014

Une fois le modelage terminé, la sculpture a été scannée à nouveau et le fichier numérique 3D a été créé par les laboratoires du CIMS, à l'Université de Carleton.

Ainsi, la nouvelle pièce a pu être fraisée dans la pierre par une entreprise canadienne, New Age Robotics, et ce, sans aucune contre-dépouille et en laissant quelques millimètres de matériau en plus sur la surface à sculpter.

---

<sup>3</sup> "In fact, the actions of using modelling tools in clay produces a line and surface that I have not seen equalled in digital modelling." (traduction avec DeepL)

« Notez la différence de texture. La surface sculptée à la main a créé des différences dans la façon dont la lumière se reflète sur la surface, et des ombres dans les zones plus profondes en retrait. Les détails ont été affinés, et des contre-dépouilles ont également été ajoutées. La surface de droite est complètement dépourvue de textures de surface contrastées et de contre-dépouilles, et les détails ne sont pas bien définis, ce qui donne une forme qui semble plate. »<sup>4</sup> (Fig. 63, 64) (Entretien, Phil White)



Fig. 63 - M. Phil White en train de sculpter la pierre de la nouvelle sculpture, 2014



Fig. 64 - Avant / Après de la sculpture avec une finition à la main, 2014

---

<sup>4</sup> "Note the difference in texture. The hand carved surface has created differences in the way in which light reflects off the surface, and shadows in the deeper recessed areas. The details have been refined, and undercutting has also been added. The surface on the right is completely lacking in contrasting surface textures, and undercutting, and the details are not well defined, resulting in forma that look flat." (traduction avec DeepL)



## V. ANALYSE

---

### 1. Interviews structurées

Dans le cadre de ce travail, Xavier Tonon, architecte du cabinet Architectes Associés à Liège, et Phil White, sculpteur du Dominion au Canada ont accepté de s'exprimer concernant l'utilisation de la technologie numérique au travers de trois situations différentes, ainsi que son impact ou non sur l'authenticité d'un élément.

- La production numérique d'un élément endommagé que nous voulons restaurer (approche classique).
- La reproduction en 3D d'un élément qui n'existe plus, considérant qu'il a été entièrement numérisé avant sa démolition.
- La reproduction en 3D d'un élément qui n'existe plus et pour lequel on ne dispose que de sources écrites, de textes.

Nous sommes conscients que ces questions représentent trois cas extrêmes, et qu'elles auraient pu éventuellement être plus précises, mais il s'agit là de simples lignes directrices pour les interviews. Cette démarche a pour but de nous aider à comprendre la problématique du numérique en terme d'authenticité dans la production de pierres ornementales.

Il n'est pas question de considérer comme « paroles d'évangile » les réponses fournies aux différentes questions posées, mais plutôt d'exposer différents avis de personnes expérimentées dans le domaine de la restauration, et, qui sont amenés à devoir intégrer les nouvelles techniques de production dans leur travail. Il s'agit d'un retour d'expériences, tout simplement.

L'idée étant d'enrichir ce débat qui ne cesse d'animer nombreux colloques, workshops et autres : de soulever les points sensibles, les sujets qui suscitent un intérêt, un questionnement.

## 1.1. Production numérique d'un élément endommagé à restaurer

*En outre, nous aurions également souhaité avoir votre avis sur l'utilisation de la technologie numérique à travers trois situations différentes, et, par conséquent, leur impact ou non sur l'authenticité d'un élément :*

- La production numérique d'un élément endommagé que nous voulons restaurer (approche classique) ;

*Xavier TONON : « Je suis convaincu qu'il faut vivre avec son temps et qu'il est vain de s'opposer à la technologie. Par contre il est indispensable de fixer un cadre à son utilisation. Dans les cahiers des charges que nous rédigeons actuellement, nous avons tiré les enseignements de cette expérience car nous sommes convaincus qu'il est indispensable de trouver un équilibre entre haute technologie et transmission des savoir-faire. La transmission du patrimoine s'étend au-delà de la matière sensible et concerne également l'immatériel : le geste de l'artisan est indissociable de l'œuvre.*

*Un article provenant du journal Le Monde du 23/04/2018 et écrit par Tim Wu était intitulé « La tyrannie de la commodité » et je vous propose l'extrait suivant qui résume ma pensée sur ce sujet : « le culte de la commodité d'aujourd'hui ne reconnaît pas que la difficulté est une caractéristique constitutive de l'expérience humaine. La commodité est une destination sans aucun voyage. Mais monter une montagne est bien différent de prendre la télécabine jusqu'au sommet, même si vous vous retrouvez au même endroit. Nous devenons des gens qui se soucient principalement ou seulement des résultats. Au risque de faire de notre vie une série de promenade en tram ». »*

*« (...) je ne vois pas d'inconvénient à employer des robot-tailleurs pour exécuter des éléments « répétitifs » qui sont dans ce cas-ci (Cathédrale Saint-Paul) des ajouts du XIXe siècle. (..) notre volonté est de ne pas interdire l'emploi de ces robots mais de cadrer leur utilisation : nous proposons un épannelage mécanisé de la pierre mais une finition manuelle. »*

*Et concernant le gain de temps, « Si l'on compare une heure de production d'un artisan et du robot, ce dernier n'est pas plus rapide qu'une taille manuelle mais le robot peut travailler jour et nuit. »*

(Entretien, Xavier Tonon)

Phil WHITE : « *La production numérique d'un élément endommagé pour la restauration, pourrait être considérée comme un remplacement d'une pièce existante, comme la sculpture en relief d'un hibou, ou un élément manquant d'une sculpture. Dans les deux cas, le fraisage numérique présente peu d'avantages. Il pourrait être utilisé pour ébaucher une pièce, avant de la sculpter à la main, comme décrit ci-dessus, mais le véritable avantage se situe au stade du modelage. Par exemple, lorsqu'un élément d'une sculpture qui se trouve en hauteur sur un bâtiment a été cassé et doit être recréé. La sculpture peut être scannée et un modèle peut être fraisé, tout comme l'élément manquant. La pièce manquante peut alors être recréée sur le sol, sur le banc, en utilisant le modèle comme guide pour ajuster la pièce manquante, plutôt que de le faire in situ, dans des conditions peut-être moins qu'idéales. Une fois prête, la nouvelle pièce peut être montée et mise en place rapidement. La création d'un modèle 3D de la pièce à reproduire à l'aide de cette technologie peut être beaucoup moins invasive, moins envahissante pour les occupants d'un bâtiment et peut faire gagner du temps.* »

« *Le principal avantage de cette technologie est de faciliter la phase de modélisation, l'agrandissement ou la réduction d'un modèle existant et l'enregistrement numérique des sculptures. Il n'y a pas de réel avantage pratique à créer une sculpture exclusivement par fraisage numérique. On pense souvent que c'est plus rapide, mais en réalité, cela prend généralement à peu près le même temps, tout bien considéré.*

(...)

*Je peux dire, par expérience, que le travail manuel traditionnel est de loin supérieur pour reproduire des œuvres du patrimoine, dans tous les cas. Son principal avantage est d'aider à la production de nouvelles œuvres d'art conçues pour utiliser cette technologie et destinées à compléter un espace patrimonial en tant qu'élément moderne.* »

Pour lui, le recours à la robotique engendre la production d'une surface qu'il considère alors uniforme, sans variation de textures. L'œuvre apparaît comme plate, sans vie. Il manque ce jeu d'ombres et de lumières qui apportent cette profondeur à la pierre.

« *C'est la principale limite de cette technologie.* »

Il évoque, malgré tout, l'avantage que constitue le fraisage numérique pour ébaucher certaines pierres plus dures, qui ne sont pas facilement sculptées à la main.

Son expérience l'amène à exprimer également son point de vue sur l'authenticité d'une œuvre restaurée.

« *Je suppose que l'authenticité d'une œuvre d'art est relative au pourcentage d'originalité, d'un point de vue. D'un autre point de vue, elle peut être considérée comme préservant l'intention ou l'idée originale de l'artiste. Les œuvres les plus authentiques sont celles qui sont complètement originales et non altérées. Plus il y a d'altérations ou de réparations, moins elles sont authentiques. C'est pourquoi il est si important que les ajouts ou les réparations soient réversibles.*

[Ainsi,] *Si une adjonction est ajoutée à une sculpture, sur la base de photographies ou de scans de la forme originale, et qu'elle est fixée de manière à pouvoir être enlevée sans endommager le matériau d'origine, elle reste, à mon avis, totalement authentique.*

(...)

*L'idée d'authenticité pourrait également prendre en considération l'histoire de l'œuvre d'art. Si les dommages subis par une pièce sont historiquement importants, sa réparation pourrait la rendre moins authentique. Par exemple, il y a de nombreuses années, j'ai fait une reproduction d'une sculpture d'un navire qui avait été brûlé et coulé lors d'un conflit frontalier entre le Canada et les États-Unis dans les années 1830. La sculpture s'est détachée lorsque le navire a coulé, et a été récupérée sur le rivage. Environ 25 % de la surface a été brûlée, et il s'agissait d'une perte mineure pour quelques détails, mais la forme de base était toujours là. Le naufrage du navire était une partie importante de l'histoire du Canada, c'est pourquoi les dommages causés par le feu étaient une partie importante de la sculpture historique, et ne pouvaient pas être réparés sans perdre l'authenticité historique de la pièce. Le musée voulait montrer à quoi elle aurait ressemblé à l'origine, c'est pourquoi l'original a été conservé tel quel, et j'ai sculpté une reproduction, basée sur la forme qui était encore là. »*

(Entretien, Phil White)

## 1.2. Reproduction 3D d'un élément numérisé avant sa disparition

- La reproduction en 3D d'un élément qui n'existe plus, considérant qu'il a été entièrement numérisé avant sa démolition ;

Xavier TONON : « *Il est souhaitable de se référer aux réflexions qui ont été patiemment élaborées par nos prédécesseurs et je pense en particulier à charte de Venise (1964) ou à charte ICOMOS sur la restauration des structures (2003) [https://www.icomos.org/charters/structures\\_f.pdf](https://www.icomos.org/charters/structures_f.pdf).* »

*A mon sens, les recommandations qui s'y trouvent sont toujours d'actualité, notamment pour la charte de Venise l'article 9 : La restauration est une opération qui doit garder un caractère exceptionnel. Elle a pour but de conserver et de révéler les valeurs esthétiques et historiques du monument et se fonde sur le respect de la substance ancienne et de documents authentiques. Elle s'arrête là où commence l'hypothèse, sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps. La restauration sera toujours précédée et accompagnée d'une étude archéologique et historique du monument. » (sic)*

(Entretien, Xavier Tonon)

Phil WHITE : « *La reproduction en 3D d'un élément qui n'existe plus, mais qui a été numérisé, est un exemple de l'un des grands avantages de cette technologie. On peut utiliser l'image numérique pour fraiser un modèle copié à la main dans la pierre ou utiliser l'image pour ébaucher une nouvelle pièce. Les mêmes limitations que celles que j'ai mentionnées précédemment s'appliquent. Vous avez toujours besoin d'un modèle en main pour vous guider, que vous sculptiez la pièce à la main ou que vous utilisiez la fraiseuse pour l'ébaucher et que vous la sculptiez ensuite à la main.* »

(...)

*Si vous recréez une pièce entièrement, sur la base d'un scan ou d'une photographie (nous utilisons souvent la photogrammétrie), alors elle peut être considérée comme une reproduction authentique. »*

(Entretien, Phil White)

### 1.3. Reproduction 3D d'un élément disparu sans sources iconographiques

- La reproduction 3D d'un élément qui n'existe plus et pour lequel on ne dispose que de sources écrites, de textes ;

Xavier TONON : « Ici encore, il me semble indiqué de faire référence aux chartes existantes et notamment à celle de Venise, articles 12 et 13 :

*Article 12. Les éléments destinés à remplacer les parties manquantes doivent s'intégrer harmonieusement à l'ensemble, tout en se distinguant des parties originales, afin que la restauration ne falsifie pas le document d'art et d'histoire.*

*Article 13. Les adjonctions ne peuvent être tolérées que pour autant qu'elles respectent toutes les parties intéressantes de l'édifice, son cadre traditionnel, l'équilibre de sa composition et ses relations avec le milieu environnant. »*

(Entretien, Xavier Tonon)

Phil WHITE : « La reproduction en 3D d'un élément qui n'existe plus et pour lequel nous n'avons que des sources écrites, des textes, n'est pas une chose dont je peux parler par expérience, comme dans le cas ci-dessus. Dans ce cas, je ne vois pas vraiment en quoi la technologie numérique serait utile. Il pourrait s'agir de dessin et de modélisation numériques, ou de la création d'un modèle à la main, puis de l'utilisation de la technologie pour le reproduire, mais je ne vois aucune raison de faire l'un ou l'autre. Un cas similaire s'est présenté dans l'édifice de l'Ouest, où une pièce manquante mais non enregistrée était basée sur une sculpture existante d'une zone similaire sur une autre partie du bâtiment. Dans cette situation, le modèle a été réalisé rapidement à la main et copié traditionnellement en pierre. »

Pour lui, si la production est basée uniquement sur des textes écrits, sans images, l'authenticité est perdue.

(Entretien, Phil White)



## 2. Interprétation et avis

Les cas d'étude développés précédemment ont permis d'exposer une technique dite « hybride » qui permet la combinaison des nouvelles techniques de production avec les techniques traditionnelles.

Cette partie consiste, sur base de trois situations exposées lors d'interviews, de Messieurs Xavier Tonon et Phil White, à comprendre l'influence ou non de la mise en œuvre de la technique de production numérique exposée dans les cas d'étude sur l'authenticité de l'élément produit dans ces différents cas.

Néanmoins, nous nous attarderons plus spécifiquement à la production numérique d'un élément endommagé à restaurer.

### 2.1. Production numérique d'un élément endommagé à restaurer

L'hypothèse soutenue au départ est-elle réussie ? Une différence est-elle observée d'un point de vue authenticité du monument, que nous ayons recours au tailleur de pierre ou au robot-tailleur ?

Comme dirait M. Xavier Tonon, « *il est indispensable de trouver un équilibre entre haute technologie et transmission des savoir-faire. La transmission du patrimoine s'étend au-delà de la matière sensible et concerne également l'immatériel : le geste de l'artisan est indissociable de l'œuvre.* » (Entretien, Xavier Tonon, 2020).

Transmettre le patrimoine, c'est transmettre le monument et les métiers qui y sont attachés. Maintenant, la technologie en fait partie. Il faut trouver un juste milieu, être nuancé.

Le recours à une technique dite « hybride » permet à ce jour, selon nous, de conserver l'authenticité globale du monument. En effet, lorsque nous comparons les deux contextes nord-américain et européen, l'élément endommagé soit reproduit numériquement en utilisant la technique « hybride » développée dans les cas d'étude n'altère pas l'authenticité du bâtiment.

Pour rappel, il ne s'agit pas de reproduire numériquement l'entièreté du monument mais bien quelques éléments, en l'occurrence ici, les pinacles de la cathédrale et la sculpture du hibou du parlement.

Ce qui définit une contrefaçon, terme évoqué précédemment dans le cadre du débat sur ce qui est considéré comme vrai ou faux, est cette intention à vouloir tromper, falsifier les données. Or, dans les cas d'étude exposés précédemment, l'intention n'est pas de tromper sur l'œuvre, mais de la reconstituer car il en va de sa survie : comme la sculpture du hibou qui se désagrège à vue d'œil (2<sup>ème</sup> cas d'étude).

Il est peut-être adéquat d'évoquer brièvement la notion de fragilité, ou d'antifragilité (Nassim Nicholas Taleb, 2012), concept permettant aux éléments de tirer profit de ce désordre, des éventuels chocs, du temps. Comme c'est le cas, par exemple, pour les ruines de l'Abbaye de Villers-la-Ville, dans le Brabant-Wallon. Une situation assez paradoxale quand nous savons que la ruine, élément supposé fragile, ne supporte pas le temps et est vouée à disparaître.

Comme disait Cesare Brandi, le temps n'est pas réversible. Le bâtiment a été créé à une certaine période de l'histoire, passée, révolue, et, la restauration est un fait historique dans l'histoire de l'œuvre d'art. C'est une double historicité.

En ce qui concerne les pinacles de la Cathédrale, seuls les éléments qui constituent un risque de chute sont remplacés. Le temps, les pluies acides, la pollution ont rendu les éléments trop fragiles que pour rester en l'état. Néanmoins, ceux qui ne posaient pas de problème de sécurité ont été conservés et restaurés dans les règles de l'art, en ayant recours aux robots-tailleurs, notamment la reproduction des crochets ou fleurons. Pour toutes les autres pierres, équarries ou peu moulurées, les techniques traditionnelles sont privilégiées.

La décision est prise de les restaurer dans un but de conservation, comme convenu dans l'article 3.16 de la Charte sur les principes pour l'analyse, la conservation et la restauration des structures du patrimoine architectural, « *Les imperfections et altérations non réversibles devenues parties intégrantes de l'histoire de la structure doivent être maintenues lorsqu'elles ne compromettent pas les exigences de sécurité.* » (Charte / Principes de structure, 2003 : Les remèdes et le contrôle, art. 3.16.). Ici, ce n'était pas le cas.

Bien qu'elle ne soit pas évoquée clairement, les notions d'identité et d'origine de l'œuvre sont soulevées, comme dans le Paradoxe du bateau de Thésée. Entre la continuité de la forme et l'identité matérielle, laquelle des deux prime sur l'autre afin de permettre à un élément restauré d'être toujours qualifié d'authentique ? Qu'est-ce qui caractérise la Cathédrale Saint-Paul telle que nous la connaissons aujourd'hui ?

Si nous revenons brièvement sur l'historique de la cathédrale, celle-ci est encore composée d'éléments datant du XIII<sup>e</sup> siècle. La façade sud, notamment, est relativement bien préservée et fortement remaniée au XIX<sup>e</sup>. Si nous devons quantifier, il reste environ 60-70% des pierres du XIX<sup>e</sup>. Il y a également la restauration actuelle qui est assez importante où environ une trentaine de m<sup>3</sup> de pierres ont été remplacées (Entretien, Xavier Tonon, 2020).

Cependant, globalement la cathédrale reste du XIII<sup>e</sup> siècle, le chevet, lui, étant plus tardif, du XIV<sup>e</sup>/XV<sup>e</sup>. Nous pouvons affirmer qu'elle reste en grande partie authentique, le tout est-il encore de savoir ce qui se cache derrière ce mot.

Les pinacles sont apparus, quant à eux, à la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle suite à la restauration de Jean-Charles Delsaux. Un demi-siècle plus tard à peine, début du XX<sup>e</sup>, des pinacles, tombés, durent déjà être restaurés lors de la restauration de la cathédrale par l'architecte Fernand Lohest.

En 1942, ceux-ci furent à nouveau restaurés par Bourgault et l'entreprise Foulon. La guerre de 1945 a eu pour conséquence que les pinacles restaurés quelques années auparavant furent à nouveau abimés.

C'est ainsi, qu'en 1972, A. Dufays et H.-F. Joway opèrent une importante restauration des pinacles de la cathédrale. Au total, plus d'une trentaine de pinacles, soit la moitié, sont remplacés et plusieurs greffons réalisés.

Nous pouvons vite nous rendre compte qu'il ne reste plus beaucoup de pinacles d'origine du XIX<sup>e</sup>. Alors certes, en terme d'authenticité matérielle, il ne reste plus grand chose car ce ne sont plus les pinacles d'origine mais en terme d'authenticité formelle, ils reprennent les mêmes matériaux (calcaire de Meuse afin de s'intégrer au mieux dans le contexte existant) et la même apparence. Est-ce pour autant qu'ils n'ont plus un intérêt patrimonial ?

Bien qu'ayant fait l'objet de nombreuses restaurations, les pinacles sont des éléments très fragiles par les sculptures très fines qui les caractérisent et leur forte sollicitation dû à leur position sur la cathédrale. De prime abord, très esthétiques, les pinacles jouent également un rôle de stabilisation. De ce fait, ils nécessitent une restauration environ tous les demi-siècles. Ce qui représente à terme, il faut le dire, un certain budget.

Les divers éléments de ces pinacle abimés et considérés comme dangereux, sont conservés et exposés sur place un peu partout dans la cathédrale, leur valeur historique étant sauvegardée. Juchée de ses nouveaux atours, la cathédrale garde une valeur artistique certaine.

Prétendre vouloir conserver l'ensemble des valeurs est illusoire. Mettre en avant une valeur influe directement sur une autre. Comme dans un système de jauge, si l'un monte l'autre descend, il faut trouver le bon compromis.

Ainsi, les grandes chartes et documents tels que la Charte de Venise et le Document de Nara montrent que la notion d'évolution des mentalités, des cultures, de la définition des valeurs et du concept d'authenticité sont bel et bien prises en compte dans le domaine de la restauration. Le concept de patrimoine ne cesse également de se diversifier depuis plus de 200 ans. Pour quelles raisons cela s'arrêterait-il aujourd'hui ?

Le Document de Nara parle de la fiabilité des sources et nous savons que de mauvais relevés ont un impact, sur la production de l'élément à restaurer.

La question de la précision, de la qualité du relevé a une influence sur la production et par conséquent, sur l'authenticité de l'objet.

Ainsi, dans le chapitre « méthodologie » du point IV, il a pu être mis en évidence que les nouvelles techniques d'acquisition des données et leur traitement permettent un relevé d'une très grande qualité et précision, et, ne dépendent plus de l'utilisateur et son habileté à l'utilisation de la station de relevé. De plus, les points mesurés se comptent par million et ce, à une vitesse assez élevée.

Vue du sol, la dentelle formée par les crochets des pinacles de la cathédrale Saint-Paul est perceptible à l'œil. Le recours à leur reproduction numérique a permis la conservation et la réalisation de nouveaux pinacles, certains diront même qu'ils sont « trop parfaits ».

Dès le départ, l'intention est, ici, de numériser à des fins de production. Chacune des étapes, allant de l'acquisition des données, leur traitement, jusqu'à leur production, prend en considération cette notion d'authenticité de l'objet qui se doit d'être la moins affectée possible lors du résultat final. Ici, il s'agit d'assurer la continuité de la forme.

Si nous arrivons à copier un pinacle, qu'il est reproduit et que nous constatons qu'il n'affecte pas l'authenticité du bâtiment, c'est parce qu'il a été produit numériquement à partir d'un modèle qui est suffisamment précis, et qu'il faut avoir dans ce cadre-là une acquisition des données qui soit de l'ordre du mm ou demi-mm.

Pour le moment, tout le monde fantasme sur cette question de la production numérique, sur le fait qu'avec ce type de production, le bâtiment perde en authenticité, qu'il y aura des choses répétitives, etc. Il peut alors être soulevé la question de rareté qui est un des critères intégrants de la notion d'authenticité. En effet, lorsque sont reproduits numériquement à la chaîne, ces différents éléments, cette rareté est fortement affectée.

La robotique représente un réel avantage concernant la reproduction d'éléments identiques en série. Ainsi, si nous poussons le raisonnement plus loin en considérant qu'il ne s'agit pas d'une combinaison des techniques mais uniquement de l'emploi des robots-tailleurs : est-ce envisageable que les pinacles, éléments étant justement répétitifs, nécessitant des restaurations régulières, puissent être reproduits numériquement dans leur intégralité ?

L'éventualité de réaliser un pinacle de chaque type (il en existe 3-4 types sur la cathédrale) par le tailleur de pierre, et préserver ainsi son savoir-faire ; tous les autres pinacles de la même série seraient reproduits à l'aide de robots-tailleurs, par exemple.

En supposant que le(s) seul(s) pinacle(s) reproduit(s) à la main est (sont) trop abimé(s) et qu'il faut alors se référer à ceux réalisés numériquement, quand est-il de son (leur) authenticité ?

Comme précisé précédemment, les pinacles sont arrivés tard, en 1851. Si l'édifice d'origine gothique disposait dès le départ de pinacles, ce qui n'est pas le cas, la question aurait été toute autre.

L'idéal consisterait de les refaire de manière traditionnelle. Le contexte actuel, économique et social rend la tâche plus complexe. Faire valoir ses idées à tout prix, ses principes et lutter contre son époque relève de l'irréalisme.

Cependant, l'intervention de la robotique peut être cadrée comme dans les cas d'étude proposés où la technique employée dite « hybride » par la combinaison des nouvelles techniques de production avec les techniques traditionnelles permet de retrouver cette variation de texture sur lesquelles le sculpteur joue pour « donner vie » à la pierre et que chacune d'entre elles possède son propre façonnage.

D'ailleurs, en fonction des réparations à effectuer sur les pinacles, il a fallu s'assurer de la correspondance entre le modèle scanné et l'élément à restaurer. Ainsi, tous les pinacles n'ont pas été scannés mais bien chaque type de pinacles.

De cette manière, certes, la reproduction en série influe fortement sur la rareté d'un élément mais dans le cadre des pinacles de la cathédrale Saint-Paul, éléments nécessitant une restauration environ tous les demi-siècles, et, dont la reproduction se fait dans un contexte d'une société capitaliste, le recours de la technique hybride permet de trouver un compromis entre les anciennes et nouvelles valeurs qui composent la société.

La démocratisation des coûts de l'emploi de ces nouvelles techniques permettraient de restaurer d'avantage.

Néanmoins, les questions suivantes doivent se poser : d'où vient actuellement cette « uniformité » de la technique numérique ? Vient-elle du modèle 3D imprécis au départ ? A ce sujet, il a déjà été montré précédemment que le recours aux nouvelles technologies de haute qualité permet un relevé plus précis qu'un relevé « conventionnel ».

Est-ce la technique de production, non encore aboutie actuellement, qui ne fonctionne pas ? Dans le modèle numérique, les détails sont présents mais pas au fraisage.

Il est important de rappeler que dans les cas d'études exposés, les robots-tailleurs sont employés uniquement dans les phases d'approche, c'est-à-dire du dégrossissage de la pierre. Ils sont utilisés en tant qu'aide au pré-travail du tailleur. La taille réalisée par le robot-tailleur n'est pas définitive. Un « gras » de plusieurs millimètres est laissé afin de permettre au tailleur d'y mettre sa touche, d'y ajouter les contre-dépouilles, ce jeu d'ombre et de lumière qui caractérise son savoir-faire.

D'après l'interview de M. Phil White, sculpteur du Dominion au Canada, il précise qu'il y a visiblement une différence avec le recours aux robots-tailleurs, mais qu'en terme de production, cela ne l'a pas dérangé.

Pour résumer cette évaluation d'authenticité, effectivement, d'un point de vue identité matérielle, il ne s'agit plus de la matière d'origine, en ce qui concerne ceux qui ont dû être remplacés dans leur intégralité, pour des raisons structurelles. Indépendamment du fait qu'ils sont reproduits numériquement ou non.

Ainsi, si nous dézoomons et regardons la cathédrale dans son ensemble, car c'est de cette façon qu'il est possible d'évaluer son authenticité, cette dernière a perdu en authenticité matérielle au vu des éléments remplacés, en ce compris les pinacles, mais elle reste encore constituée de plus de 60 à 70 % de pierres du XIX<sup>e</sup>. Une telle restauration de la cathédrale dans son entièreté n'a plus été réalisée depuis 1850.

Son intégrité physique a diminué, et, c'est une des conséquences de la restauration. Par contre, la cathédrale asseoit son intégrité formelle pour quelques années encore. De plus, il ne serait pas faux de dire qu'avec cette restauration, les valeurs artistiques, historiques (opposée à la valeur d'ancienneté) ou encore symboliques de la cathédrale ont augmenté.

Au terme de l'analyse des deux études de cas, les pinacles de la Cathédrale Saint-Paul à Liège et la sculpture représentant un hibou sur l'aile Est du Parlement d'Ottawa, nous soutenons l'idée que des éléments endommagés reproduits de façon numérique dans le cadre d'une restauration, n'affectent pas l'authenticité du monument.

L'analyse des grands documents nous a montré que ces derniers partagent la notion d'évolution. L'intégration de nouvelles techniques peut ainsi être associée à cette notion de changement qui caractérise les cultures, les valeurs, etc.

Il a été soulevé que l'intégration progressive de la robotique dans les différents domaines, en commençant par l'électroménager dans nos cuisines, fait désormais partie de notre quotidien.

Au cours de ces dernières années la multiplicité de ses innovations lui a permis de se développer de façon exponentielle ces dernières années. Ainsi, nombreux sont les domaines ayant été impactés par l'arrivée de la robotique et celui de la restauration n'est qu'une suite logique de cette évolution constante.

La technique « hybride » employée dans les deux cas d'étude nous permet d'asseoir notre position. En effet, lorsque les différents éléments à reproduire sont numérisés, l'intention est qu'ils soient reproduits. Ainsi, au fil des étapes, il n'a jamais été omis que ceux-ci doivent être le plus fidèles possibles, d'un point de vue intégrité formelle, à ceux d'origine. Tout est mis en œuvre pour que la numérisation soit précise, que ça soit fiable afin que la reproduction soit juste.

La production numérique d'éléments à restaurer est considérée comme n'affectant pas l'authenticité du monument, à condition qu'elle soit réalisée selon la même technique employée dans les cas d'étude et que la numérisation soit réalisée à des fins de production.

Il est évident qu'à côté de cela, l'évaluation des monuments analysés est réalisée selon toutes une série de valeurs (artistique, historique, symbolique, sociale, etc.) qui leur sont attribuées dès leur création ou conférées avec le temps.

Ce travail consistait en l'évaluation d'éléments produit numériquement dans le cadre d'une restauration et non l'évaluation de l'authenticité du bâtiment dans son ensemble, même si la première induit forcément sur la deuxième.

Bien que la robotique soit intervenue dans leur restauration, ces deux monuments étudiés conservent leurs valeurs et leur authenticité. Le respect de l'œuvre, de son intégrité physique et formelle, de son architecture, du symbole – qu'ils continuent à être aux yeux du peuple qui les considèrent – sont respectés.

Bien qu'il s'agisse d'une restauration à l'identique, celle à laquelle nous assistons aujourd'hui pour la cathédrale Saint-Paul peut être définie comme contemporaine. Par exemple, les quatorze verrières de la nef centrale qui ont été détruites pendant la guerre sont recrées mais dans un style contemporain. L'ambiance à l'intérieure de la cathédrale est désormais toute autre.

L'artiste suisse ayant composé ces nouveaux vitraux, Gottfried Honegger, explique son œuvre en disant qu'il a « utilisé la géométrie du XV<sup>e</sup> siècle » pour ensuite, y « ajouté le XX<sup>e</sup> siècle, le XXI<sup>e</sup> siècle d'aujourd'hui » (RTBF, interview Gottfried Honegger).

De plus, le chœur ainsi que la tour également ont fait peau neuve en s'arborant d'une couleur jaune, rappelant la pierre calcaire de Lorraine qui y subsistait. Ce n'est que dans une suite logique que le recours à la nouvelle technologie des robots-tailleurs dans le cadre de la restauration des pinacles fut intégrée.

C'est une cathédrale qui se veut contemporaine, et se dresse désormais devant nous. Le peuple liégeois se réjouit de retrouver enfin sa belle cathédrale qu'il n'a jamais connue autrement qu'enfuie sous sa noirceur.

## 2.2. Reproduction 3D d'un élément numérisé avant sa disparition

L'emploi du numérique dans le cadre de la numérisation d'un bâtiment avant que celui-ci ne disparaisse, est un moyen d'en sauvegarder une copie numérique. Cependant, celle-ci est souvent réalisée dans l'urgence car son recours se fait lorsque le bâtiment va subir des travaux importants ou être démoli.

Ce fut le cas pour la Maison Rigo à Liège, près de la Gare des Guillemins. Le but premier est d'en assurer une copie numérique avant sa disparition.

Il n'est nullement question d'une reproduction par la suite. C'est une information importante car cela signifie que tout le processus de numérisation, de traitement des données collectées effectué en amont n'a pas été réalisé à des fins de (re)production.

Le souci du détail, de précision afin d'altérer le moins possible l'authenticité du bâtiment lors de sa reproduction numérique n'a pas été contrôlé. La fiabilité des sources, comme définie dans le Document de Nara, est remise en cause.

Prenons l'exemple de la Cathédrale Notre-Dame de Paris dont la charpente en bois, véritable œuvre d'art des XII<sup>e</sup> et XIII<sup>e</sup> siècles, a pris feu lors du violent incendie du 15 avril 2019 qui fit s'effondrer la flèche de la cathédrale (Fig. 65).



Fig. 65 - Incendie de la Cathédrale de Notre-Dame de Paris le 15 avril 2019

Nombreux sont les débats autour de la reconstruction ou non de la flèche, symbole fort de la cathédrale, de la charpente, des matériaux employés, etc.

Sera-t-il choisi de procéder à une réfection à l'identique, de la remettre en état afin d'en retrouver son intégralité formelle précédant l'incendie ou bien, est-ce qu'il va s'agir d'une « nouvelle cathédrale » ?

Dans les deux cas, comme il s'agit d'une reconstruction, l'identité matérielle sera toute autre.

Ainsi, imaginons que soit décidé de reproduire la célèbre charpente en bois au moyen de robots-tailleurs qui fraiserait les différents éléments qui auraient été scannés préalablement. La question de l'intention au moment de l'interprétation de la source serait plus douteuse sachant que le scan de la cathédrale n'a pas été réalisé en vue d'une reproduction mais bien d'une sauvegarde qui constitue le patrimoine numérique. Son authenticité s'en verrait ainsi affectée par la fiabilité des sources étant tangible.

### 2.3. Reproduction 3D d'un élément disparu sans sources iconographiques

Dans ce cas-ci, la source première utilisée afin de reproduire numériquement un bâtiment ou objet ne sera jamais l'objet réel. La production de l'élément se base sur une série de sources dont la fiabilité n'est pas certaine. Il n'est donc pas sûr que l'élément reproduit corresponde correctement à celui d'origine.

Il s'agira plutôt d'une hypothèse et comme le précise la Charte de Venise en parlant de la restauration, « *Elle s'arrête là où commence l'hypothèse, [et indique que] sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps.* » (Charte de Venise, 1964 : art. 9).

Dans ce cas-ci, bien que la volonté soit d'obtenir un produit fini, comme dans les deux cas exposés précédemment, il n'y qu'à la dernière étape que l'intention de produire un objet va être énoncée. Les sources utilisées pour la reproduction n'auront jamais été établies dans un but de post-production. Leur qualité est donc fortement remise en cause.

Une reconstruction, quelle qu'elle soit, ne sera jamais qualifiée d'authentique dans notre contexte européen. Néanmoins, dans un contexte asiatique, comme il est le cas pour la reconstruction périodique du Sanctuaire d'Ise au Japon (Fig. 66) développée précédemment dans la partie État de l'Art, la notion d'authenticité se définit plutôt sur le savoir-faire (techniques ancestrales).



Fig. 66 - Construction du nouveau sanctuaire naikū à côté de l'ancien (1953)

Reconstruire à l'identique (continuité de la forme) et ce, en employant de nouveaux matériaux (identité matérielle), est une manière pour eux de perpétuer les techniques de construction transmises depuis de nombreux siècles, d'en assurer leur pérennité, notion très importante dans la culture japonaise.

Il est possible de pousser notre raisonnement à l'extrême en considérant que le bâtiment entier a disparu et qu'il est reconstruit de A à Z à partir uniquement de sources toutes confondues (textes, photographies, copie numérique, etc.).

Même si la numérisation de celui-ci avait été réalisée dans l'objectif d'en réaliser une reproduction, et que le niveau de précision, de détail, en ferait une source très fiable, si le bâtiment tout entier est reproduit, il va de soi que ce dernier sera automatiquement considéré comme une copie et qu'en terme d'authenticité, autant historique, matérielle ou autre, il ne pourra lui être conféré la valeur d'être « authentique ».

Nous pouvons affirmer que, c'est dans l'intention de produire quelque chose que nous lui conférons une certaine valeur, tout en considérant que celle-ci soit la bonne.

Il n'existe pas de méthodologie afin de procéder à l'évaluation de l'authenticité d'un élément. Il ne s'agit pas d'une recette de cuisine où il suffit de suivre les étapes.

En fonction du moment où cette évaluation est réalisée, de la personne qui la réalise, le résultat obtenu est toujours différent. C'est ainsi que se retrouve d'un côté, des notions de production numérique de relevés parfaitement objectifs, quantitatifs, etc. et de l'autre, quelque chose de purement qualitatif et basée sur le bagage de la personne.

Les études de cas analysées dans ce travail, les pinacles de la cathédrale Saint-Paul et la sculpture de l'aile Est du Parlement d'Ottawa, ont permis d'exposer notre avis sur la production numérique dans le cadre d'un élément endommagé à restaurer.

Cependant, les cas de « reproduction 3D d'un élément numérisé avant sa disparition » et de « reproduction 3D d'un élément disparu sans sources iconographiques » méritent d'être plus amplement étudiés mais ils sortent du cadre de recherche de ce travail.



## VI. CONCLUSION

---

Prétendre vouloir apporter une réponse universelle serait naïf, tout en sachant que les concepts de valeur et d'authenticité sont eux-mêmes propres à chaque culture. L'idée du travail consiste à jeter une base de réflexion concernant un sujet au cœur des débats. Ainsi, il nous a permis de mettre en évidence plusieurs aspects.

De manière générale, le travail permet d'exposer ce qui se réalise dans le domaine du patrimoine, que ce soit en terme d'acquisition des données qu'en production, comment la robotique arrive petit à petit à intégrer cette discipline. Le but n'est pas d'opposer les techniques, lesquelles sont différentes mais souvent complémentaires, chacune répondant à des besoins spécifiques.

Ensuite, nous voudrions mettre en évidence que, ce qui est mis en place en vue d'évaluer l'authenticité d'un élément, devrait peut-être faire l'objet d'une réadaptation et d'intégrer un cadre concernant l'emploi des nouvelles techniques de production apparues ces dernières années dans le domaine de la restauration du patrimoine culturel.

Le caractère évolutif des valeurs, des mentalités est pris en considération. Le développement de nouvelles technologies, en particulier dans les cas d'étude développés et le recours à la robotique dans la phase de production, dans une discipline qui est tout sauf rationnelle, n'est pas encore rentré dans les mœurs. Il fait l'objet de nombreux débats.

Néanmoins, il est peut être utile de rappeler qu'il est reconnu qu'un nouveau type de patrimoine dit « numérique » a vu le jour, faisant l'objet d'une charte. Il constitue également une façon de perpétuer le patrimoine. C'est un premier pas dans le domaine de la restauration dans l'ère du numérique.

Dans les cas d'étude analysés, le recours aux robots-tailleurs est employé dans l'unique but de faciliter le travail du tailleur de pierre, et, non de le remplacer. Dans la restauration de la Cathédrale Saint-Paul, nombreuses sont encore les interventions nécessitant le recours aux tailleurs de pierres.

En ce qui concerne les greffons sur les pinacles, l'extraction de la partie destinée à être remplacée ainsi que la pose de la nouvelle pierre doivent être réalisées par l'artisan, sur site. Pour réaliser des interventions sur pierre équarrie ou peu moulurée, les techniques traditionnelles restent privilégiées.

Nous tenons également à préciser, qu'il n'est pas question de reproduire l'intégralité du bâtiment de façon numérique mais quelques pièces qui tombent en ruine. Si la reproduction portait sur l'ensemble de l'édifice, la situation serait différente.

La robotique se développe, et, l'ère du numérique dans laquelle nous vivons, évolue de façon exponentielle. Nombreuses sont les disciplines où l'impact du numérique a chamboulé les acquis présents depuis bon nombre d'années. La restauration en est une parmi tant d'autres. Il aurait été illusoire de croire le contraire.

C'est dans cet objectif que ce travail a été réalisé, afin de comprendre les limites de l'une et l'autre techniques, et ainsi d'évaluer leur éventuelle complémentarité.

Cependant, l'arrivée du numérique et son impact sur la société, ne doivent pas faire perdre le rôle principal de la restauration : la transmission d'un savoir-faire, de techniques, d'un témoin du passé et de son histoire. C'est pourquoi, le recours à une technique dite « hybride » pourrait être le début d'un compromis entre les techniques de production traditionnelle et numérique.

Ce type de production pourrait également être intéressant de la cadre de la production d'éléments répétitifs. C'est une piste qui serait à développer dans un autre travail.

Il serait peut être nécessaire de cadrer le recours à la robotique dans la restauration d'éléments afin d'anticiper toute utilisation abusive. Leur intervention devrait uniquement être recommandée dans les phases d'approche, c'est à dire lors du dégrossissage et épannelage de la pierre.

Techniquement, les robots d'aujourd'hui sont capables de reproduire les différentes cisures de finition mais leur exécution est jugée trop « parfaite ». C'est la différence de force, entre chaque coup du tailleur, avec ces irrégularités qui confèrent, à la pierre, cette profondeur, ce jeu d'ombre et de lumière qui lui font « prendre vie ». Il n'est pas exclu qu'un jour les robots puissent reproduire ces mêmes imperfections. Actuellement, la finition de cette dernière est laissée dans les mains du tailleur de pierre qui perpétue, par la même occasion, la transmission de son art.

En effet, l'idée est de démontrer qu'une combinaison des deux techniques est tout à fait envisageable. Contrairement à ce que de nombreux conservateurs redoutaient, les nouvelles pièces reproduites numériquement respectent l'œuvre, le monument.

Nous vivons dans une société de consommation, une société capitaliste où l'argent domine. Il est difficile d'aller à son encontre, et, le domaine de la restauration de patrimoine, comme beaucoup d'autres, nécessite des moyens financiers importants. D'un point de vue économique, le prix du recours aux robots-tailleurs dans la production d'éléments à restaurer se démocratise jour après jour.

Au travers des interviews, et, de notre entourage, nous nous apercevons que la perception de l'authenticité diffère de chacun. Il y a un conflit entre deux mondes, où certains voient l'authenticité, en fonction du résultat de ce qui est produit et l'intention qui y est mise, et ceux qui accordent l'importance sur le savoir-faire.

Dans le cas des pinacles de la Cathédrale Saint-Paul, seuls ceux dont la structure générale était remise en cause ont dû être remplacés entièrement. Pour les autres, seuls les fleurons ou crochets ont été restaurés.

Qu'ils soient reproduits de manière traditionnelle ou numérique, leur remplacement était indispensable, il en allait de la sécurité de tous ainsi que celle du bâtiment.

D'un point de vue de l'identité matérielle, le nouveau pignon n'est pas authentique. Sa forme et son matériau sont identiques à l'ancien afin que celui-ci s'intègre de la façon la plus harmonieuse dans l'ensemble de la cathédrale, ce qui permet à cette dernière de continuer à traverser les siècles dans son intégralité.

En tant qu'architectes, s'il nous était confié un chantier de restauration dans lequel le recours à la production numérique est autorisée, nous proposerions l'emploi d'une technique dite « hybride » alliant la rationalité des nouvelles techniques de production et la sensibilité délivrée grâce aux techniques traditionnelles de taille de pierres.

L'emploi de robots-tailleurs serait recommandé uniquement dans les phases d'approche, c'est à dire du dégrossissage et épannelage de la pierre. De cette façon, la taille obtenue de l'élément à restaurer ne serait pas définitive car un « gras » d'un peu plus de 5 mm serait laissé afin que le façonnage de la pierre puisse être réalisé par le tailleur de pierre.

Celui-ci ajouterait les contre-dépouilles, cette profondeur, ce jeu d'ombres et de lumières qui permettent à la pierre de « prendre vie ». Cela permettrait au tailleur de continuer à perpétuer son art qui fait partie des valeurs que le patrimoine doit continuer à transmettre.

Il est important que la numérisation soit réalisée en vue d'une production où chaque étape est conçue avec une précision et un niveau de détails élevé. C'est uniquement au moyen de sources fiables que l'authenticité de l'élément, produit numériquement, en sera le moins affectée.

Sur base de ces quelques critères, nous soutenons l'hypothèse énoncée en début de ce travail : la production numérique d'un élément à restaurer conserve l'authenticité d'un monument.

Ainsi, la production numérique n'est pas à concevoir comme la reproduction d'une copie de l'original mais plutôt comme une assistance à la bonne transmission du message initial de l'« œuvre ».

Finalement, n'est-ce pas l'un des objectifs d'une restauration réussie ?



## VII. BIBLIOGRAPHIE

---

### REFERENCES

Bille, Rolland (2015). *Le point sur les techniques de levé*. Paper presented at «Des levés, pourquoi ?» Levés et représentations du patrimoine, le visible et l'invisible, Namur, Belgique, <http://hdl.handle.net/2268/189016>

Billen, Roland ; Jonlet, Benoît ; Luczfalvy Jancsó, Andrea ; Neuville, Romain ; Nys, Gilles-Antoine ; Poux, Florent ; Van Ruymbeke, Muriel ; Piavaux, Mathieu ; Hallot, Pierre (2018). *La transition numérique dans le domaine du patrimoine bâti : un retour d'expériences*, [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228570/1/180906LR\\_CRMSFBulletin30\\_ssCP\\_TransNum.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228570/1/180906LR_CRMSFBulletin30_ssCP_TransNum.pdf)

Brandi, Cesare BRANDI (1963). *Teoria del restauro*

Chaperon, Thomas (2002). *Segmentation de nuage de points 3D pour la modélisation automatique d'environnements industriels numérisés*. Modélisation et simulation. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Français. NNT : 2002ENMP1090, tel-00009385, <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00009385/document>

Charles, Marie-Cécile (2006). *La cathédrale de Liège*. Carnets du Patrimoine n°41, Ed. Labor

COE (2005). *Convention-cadre du Conseil de l'Europe sur la valeur du patrimoine culturel pour la société*. Série des Traités du Conseil de l'Europe - n° 199, Faro, 27.X.2005, <https://rm.coe.int/1680083748>

Dubois, Samuel ; Vanhellefont, Yves ; de Bouw, Michael (2017). *Le relevé géométrique à haute définition: la numérisation 3D à l'heure du BIM*. Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC), Innovation Paper [https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=fr&dtype=innov\\_support&doc=InnovationPaper\\_Scanning\\_FR.pdf](https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=fr&dtype=innov_support&doc=InnovationPaper_Scanning_FR.pdf)

Durrant-Whyte, Hugh ; Bailey, Tim (2006). *Simultaneous Localization and Mapping : Part I*. IEEE Robotics & Automation Magazine 13, no 2 (juin 2006) : 99-110. <https://doi.org/10.1109/MRA.2006.1638022>.

Foix, Sergi ; Alenya, Guillem ; Torras, Carme (2011). *Lock-in Time-of-Flight (ToF) Cameras : A Survey*. IEEE Sensors Journal 11, no 9 (septembre 2011) : 1917-26. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2010.2101060>.

Fuchs, Alain (2006). *Outils numériques pour le relevé architectural et la restitution archéologique*. Modélisation et simulation. Université Henri Poincaré - Nancy I, 2006. Français. tel-00145277 [https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/145277/filename/Alain\\_FUCHS\\_-\\_These\\_Finale\\_090307.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/145277/filename/Alain_FUCHS_-_These_Finale_090307.pdf)

Fuchs, Alain ; Alby, Emmanuel ; Begriche, Réda ; Grussenmeyer, Pierre ; Perrin, Jean-Pierre (2004). *Confrontation du relevé laser 3D aux techniques de relevé conventionnelles et de développement d'outils numériques pour la restitution architecturale*. Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 2004, pp.36-47. halshs-00260671  
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00260671/document>

Fuentes-Pacheco, Jorge ; Ruiz-Ascencio, José ; Rendón-Mancha, Juan Manuel (2015). *Visual Simultaneous Localization and Mapping: A Survey*. Artificial Intelligence Review 43, no 1 (janvier 2015) : 55-81. <https://doi.org/10.1007/s10462-012-9365-8>.

ICOMOS (1931). *La Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments historiques*. <https://www.icomos.org/fr/ressources/chartes-et-normes/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/425-la-charte-dathenes-pour-la-restauration-des-monuments-historiques-1931>

ICOMOS (1964). *Charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites*, 11<sup>e</sup> Congrès international des architectes et des techniciens des monuments historiques. Venise, ICOMOS, 1964, [https://www.icomos.org/charters/venice\\_f.pdf](https://www.icomos.org/charters/venice_f.pdf)

ICOMOS (1994). *Document Nara sur l'authenticité*. Réunion d'experts tenue du 1<sup>er</sup> au 6 novembre 1994, [https://www.icomos.org/charters/nara\\_f.pdf](https://www.icomos.org/charters/nara_f.pdf)

ICOMOS (1996). *The Declaration of San Antonio*. <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/188-the-declaration-of-san-antonio>, traduction par DeepL

ICOMOS (2003). *Principes pour l'analyse, la conservation et la restauration des structures du patrimoine architectural*. Adoptés par la 14<sup>ème</sup> Assemblée Générale de l'ICOMOS à Victoria Falls, Zimbabwe, Octobre 2003, [https://www.icomos.org/charters/structures\\_f.pdf](https://www.icomos.org/charters/structures_f.pdf)

ICOMOS (2010). *Charter for the Conservation of Places of Cultural Heritage Value (ICOMOS New Zealand)*. Text revised and approved by the Executive Board of ICOMOS NZ on 4 September 2010  
[https://www.icomos.org/charters/ICOMOS\\_NZ\\_Charter\\_2010\\_FINAL\\_11\\_Oct\\_2010.pdf](https://www.icomos.org/charters/ICOMOS_NZ_Charter_2010_FINAL_11_Oct_2010.pdf)

ICOMOS (2013). *La Charte de Burra - Charte d'ICOMOS Australie pour la conservation de lieux et des biens patrimoniaux de valeur culturelle (ICOMOS Australie)*. 1981, mise à jour en 2013  
<http://australia.icomos.org/wp-content/uploads/The-Burra-Charter-2013-Adopted-31.10.2013.pdf>.

ICOMOS (2014). *Nara + 20: on heritage practices, cultural values, and the concept of authenticity*. ICOMOS Japan,  
[http://www.japan-icomos.org/pdf/nara20\\_final\\_eng.pdf](http://www.japan-icomos.org/pdf/nara20_final_eng.pdf),  
Traduction par Pauwels, Ruben (2015). *Nara +20: Sur les Pratiques du Patrimoine, les Valeurs Culturelles, et le Concept de L'authenticité*. Heritage & Society 8, no 2 (3 juillet 2015) : 152-155. <https://doi.org/10.1080/2159032X.2015.1126129>.

L. Harald Fredheim & Manal Khalaf (2016). *The significance of values : heritage value typologies re-examined*. International Journal of Heritage Studies, 22:6, 466-481, DOI: 10.1080/13527258.2016.1171247, <https://doi.org/10.1080/13527258.2016.1171247>

Hayes, James ; Fai, Stephen ; Kretz, Shawn ; Ouimet, Christian ; White, Phil (2015). *Digitally-Assisted Stone Carving of a Relief Sculpture for the Parliament Buildings National Historic Site of Canada*. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W3, 2015 25th International CIPA Symposium 2015, 31 August – 04 September 2015, Taipei, Taiwan

Héno, Raphaële ; Chandelier, Laure (2014). *Numérisation 3D de bâtiments, Cas des édifices remarquables*. Collection SIG et intelligence territoriale, Ed. ISTE Group, p.82-84

Houbart, Claudine (2018-2019). *Histoire et théories de la conservation-restauration*. Notes de cours non publiées, Ed. Université de Liège, 89

Houbart, Claudine ; Dawans, Stéphane (2011). *Identical Reconstruction and Heritage Authenticity*.

Jokilehto, Jukka (2005). *Considerations on Authenticity and Integrity in World Heritage Context*. New Views on Authenticity and Integrity in the World Heritage of the Americas, San Miguel de Allende, Guanajuato, August 24-26, 2005. ICOMOS Monuments and Sites XIII. Ed. F.J. López Morales. Paris, 2005, p. 35-48

Jokilehto, Jukka (2009). *The Complexity of Authenticity*. *Studies on Art and Architecture* (Kunstiteaduslikke Uurimusi), issue: 18 (34) / 2009, pages: 125-135, on [www.ceeol.com](http://www.ceeol.com)

Lacave, Mathieu (2019). *Mémoire de fin d'études : Les nouvelles technologies au service de l'architecture : comment passer de l'acquisition d'un nuage de points à une architecture paramétrique ?*. <http://hdl.handle.net/2268.2/7362>

Li, Larry (2014). *Time-of-Flight Camera – An Introduction*. Texas Instruments, Technical White Paper, SLOA190B – January 2014 Revised May 2014

Lemaire, Raymond (1941). *La restauration des monuments et « l'œuvre des siècles » par le chanoine Raymond Lemaire*. p.3-9

Monumental (2010). *Dossier Achèvement / Restitution / Reconstruction (1-2010)*. Revue scientifique et technique des monuments historiques. Centre des Monuments nationaux. Paris : Éditions du patrimoine, 1992-2011, p.101-107

Magri-Djenane, Sahar ; Madhoui, Meriem ; Belarbi, Samia (2011-2012). *Cours : Technique du relevé architectural*. Université Mohamed Khider Biskra, Département d'architecture, p.3-11

Ministère de la culture et de la communication, direction générale des patrimoines (2013). *Termes relatifs aux interventions sur les monuments historiques*. Glossaire <http://www.culturecommunication.gouv.fr/>

Mora, Pascal ; Vivier, Alain (2007). *Le levé tachéométrique et son utilisation dans la numérisation de sites archéologiques*. Virtual Retrospect 2007, Robert Vergnieux, Nov 2007, Pessac, France. pp.203-206. hal-01773840  
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01773840>

Norme européenne NBN EN 15898 : 2011. *Conservation of cultural heritage - Main general terms and definitions*. Remplacée par la norme homologuée NBN EN 15898 : 2019

Paquet, Pierre ; Graulich, Isabelle ; Defays, Michèle ; Di Matteo, Stella ; Schyns, Marie-Chantal ; Colman, Pierre (1986). *La restauration des monuments à Liège et dans sa province depuis 150 ans*. Collaborateur : Musée d'Architecture (Lüttich), Ed. : Min. de la Communauté Française de Belgique

Patri-Arch (2015). *Évaluation patrimoniale*, tiré du rapport produit par la firme Patri-Arch pour l'inventaire du patrimoine bâti de la Ville de Sutton. <https://sutton.ca/wp-content/uploads/2015/08/Évaluation-patrimoniale.pdf>

Sachot, Michel (1995). *Fraiseuses et Centres D'usinage*. Ed. Techniques Ingénieur

Scaltsas, Theodore (1981). *Identity, Origin and Spatiotemporal Continuity*. In *Philosophy*, Vol. 56, no. 217, pp. 395-402

Scopigno, Roberto ; Cignoni Paolo ; Pietroni Nico ; Callieri Marco ; Dellepiane Matteo (2017). *Digital Fabrication Techniques for Cultural Heritage : A Survey*. *Computer Graphics Forum* 36, no 1 (janvier 2017) : 6-21. <https://doi.org/10.1111/cgf.12781>.

Taleb, Nassim Nicholas (2012). *Antifragile : Things That Gain from Disorder*. New York, Random House

UNESCO (2003). *Charte sur la conservation du patrimoine numérique*. UNESCO, 15/10/2003, [http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL\\_ID=17721&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

UNESCO (2019). *Orientations devant guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial*. Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture ; Comité intergouvernemental pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel ; Centre du Patrimoine mondial, révision du 10/07/2019, p.27-31  
<https://whc.unesco.org/fr/orientations/>

Kono, Toshiyuki (2014). *Authenticity, principles and notions*. Kyushu University, Change over time, p.436-461

Viollet-le-Duc, Eugène (1854). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. 1854-1868, Tome 7 & 8, Paris : B. Bance

## SOURCES INTERNET

*Scanners 3D*, ANIWAA, <https://www.aniwaa.fr/guide/scanners-3d/les-technologies-de-scan-3d-et-le-processus-de-scan-3d/>, consulté le 4 avril 2020

*Protection du patrimoine*, AWaP, <https://agencewallonnedupatrimoine.be/protection-du-patrimoine/>, consulté le 19 avril 2020

*La cathédrale*, Saint-Paul Liège Cathédrale, <http://www.cathedraledeliege.be/visite/>, consulté le 8 avril 2020

*Qu'est-ce que la fabrication additive (FA) ?*, Farinia Group, Les techniques de la fabrication additive, <https://www.farinia.com/fr/fabrication-additive/techniques-fabrication-additive/qu-est-ce-que-la-fabrication-additive/>, consulté le 31 mars 2020

*Les robots et l'intelligence artificielle sont-ils un danger pour l'humanité ?*, Francetinfo, L'Angle éco, [https://www.francetvinfo.fr/societe/debats/les-robots-et-l-intelligence-artificielle-sont-ils-un-danger-pour-l-humanite\\_931259.html](https://www.francetvinfo.fr/societe/debats/les-robots-et-l-intelligence-artificielle-sont-ils-un-danger-pour-l-humanite_931259.html), consulté le 13 avril 2020

*Histoire de la robotique : des automates aux premiers robots*, Futura Tech, La robotique de A à Z, <https://www.futura-sciences.com/tech/dossiers/robotique-robotique-a-z-178/page/2/>, consulté le 13 avril 2020

*Techniques et outils de numérisation 3D*, Gamsau, Numérisation 3D, [http://www.gamsau.map.cnrs.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Numerisation\\_3D.html](http://www.gamsau.map.cnrs.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Numerisation_3D.html), consulté le 5 avril 2020

*Histoire de la Colline*, Gouvernement du Canada, Cité parlementaire du Canada, <https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/citeparlementaire-parliamentaryprecinct/histoire-history/index-fra.html#a3>, consulté le 7 avril 2020

*Réhabilitation des édifices du Parlement*, Gouvernement du Canada, Cité parlementaire du Canada, <https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/citeparlementaire-parliamentaryprecinct/rehabilitation/parlement-parliamentary-fra.html>, consulté le 7 avril 2020

*Chartes et autres textes doctrinaux*, ICOMOS, <https://www.icomos.org/fr/ressources/chartes-et-normes>, consulté le 23 mars 2020

*Fabrication additive VS fabrication soustractive*, KIMYA, <https://www.kimya.fr/fr/fabrication-additive-vs-fabrication-soustractive/>, consulté le 31 mars 2020

*Lossendiere, Les axes d'une fraiseuse CNC*, Makerslide Machines, <https://www.makerslide-machines.xyz/fr/2018/03/14/fr-les-axes-dune-fraiseuse-cnc/>, consulté le 1 avril 2020

*Techniques de numérisation*, Numérisation 3D et Construction, <https://numerisation3d.construction/techniques/?v=d3dcf429c679>, consulté le 4 avril 2020

Giot, Martial (12/08/2019), *Liège : le chantier de restauration de la cathédrale Saint-Paul avance très bien*, RTBF, régions, [https://www.rtb.be/info/regions/detail\\_liege-le-chantier-de-restauration-de-la-cathedrale-saint-paul-avance-tres-bien?id=10287516](https://www.rtb.be/info/regions/detail_liege-le-chantier-de-restauration-de-la-cathedrale-saint-paul-avance-tres-bien?id=10287516), consulté le 8 avril 2020

Destiné, Eric (11/02/19), *Des nouveaux vitraux pour la cathédrale Saint-Paul de Liège*, RTBF, interview de Gottfried Honegger, [http://www.vivreici.be/videos/detail\\_des-nouveaux-vitraux-pour-la-cathedrale-saint-paul-de-liege?videoid=403592](http://www.vivreici.be/videos/detail_des-nouveaux-vitraux-pour-la-cathedrale-saint-paul-de-liege?videoid=403592)

*PX80, On marche, on scanne en 3D*, Scanner3DSLAM, <http://www.scanner3d-slam.com>, consulté le 5 avril 2020

*Convention du patrimoine mondial*, UNESCO, <https://whc.unesco.org/fr/convention/>, consulté le 16 avril 2020

*Eugène Viollet-le-Duc*, Wikipédia, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Eugène\\_Viollet-le-Duc](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eugène_Viollet-le-Duc), consulté en avril 2019

## AUTRES

Colloque, *Patrimoine & Authenticité*, Conférence – Débat, UMons, Mons, 5 mars 2020

Carrieri, Fabrice (2019). *Formation OBS « Scan 3D et autres technologies numériques »*. Pôle de la Pierre à Soignies, 5 décembre

*Entretien avec M. Ghislain Claerbout*, administrateur délégué de Monument Hainaut SA, 10 avril 2020

*Entretien avec M. Xavier Tonon*, architecte du cabinet Architectes Associés, Liège, 3 et 26 février 2020, 9 avril 2020

*Entretien avec M. Phil White*, sculpteur du Dominion au Canada, par mail, traduction par DeepL, 3 février 2020



## VIII. TABLE DES FIGURES

---

Fig. 1 : Portrait d'Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc (27 janvier 1814 – 17 septembre 1879), par Nadar, <a href="https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=lib-005:1946:3:99#64">https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=lib-005:1946:3:99#64</a> .....	11
Fig. 2. : Portrait de John Ruskin en 1882 (8 février 1819 – 20 janvier 1900), par Herbert Rose Barraud (1845-1896), <a href="https://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0002303.html">https://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0002303.html</a> .....	12
Fig. 3 : Portrait de l'architecte Camillo Boito en 1906 (30 octobre 1836 – 28 juin 1914), de Varischi, Artico e C. — Da, <a href="https://ia801203.us.archive.org/BookReader/BookReaderImages.php?zip=/20/items/gri_33125012259038/gri_33125012259038_jp2.zip&amp;file=gri_33125012259038_jp2/gri_33125012259038_0061.jp2&amp;scale=1&amp;rotate=0">https://ia801203.us.archive.org/BookReader/BookReaderImages.php?zip=/20/items/gri_33125012259038/gri_33125012259038_jp2.zip&amp;file=gri_33125012259038_jp2/gri_33125012259038_0061.jp2&amp;scale=1&amp;rotate=0</a> in « Milano e l'Esposizione internazionale del Sempione 1906 », <a href="https://archive.org/details/gri_33125012259038">https://archive.org/details/gri_33125012259038</a> .....	12
Fig. 4 : Portrait d'Aloïs Riegl en 1890 (14 janvier 1858 – 17 juin 1905), auteur inconnu, <a href="http://aeiou.iicm.tugraz.at/aeiou.encyclop.data.image.r/r647058a.jpg">http://aeiou.iicm.tugraz.at/aeiou.encyclop.data.image.r/r647058a.jpg</a> .....	12
Fig. 5 : Portrait de l'architecte belge Louis Cloquet en 1898 (10 janvier 1849 – 11 janvier 1920), par Florimond Van Loo (1823-?) — Banque d'images de la bibliothèque universitaire de Gand, <a href="http://adore.ugent.be/view/archive.ugent.be:AFF4887A-2565-11E0-BEBB-CE-6BA2B3687C">http://adore.ugent.be/view/archive.ugent.be:AFF4887A-2565-11E0-BEBB-CE-6BA2B3687C</a> .....	13
Fig. 6 : Portrait de Charles Buls (13 octobre 1937 – 13 juillet 1914), <a href="https://150ans.ligue-enseignement.be/charles-buls-1837-1914/">https://150ans.ligue-enseignement.be/charles-buls-1837-1914/</a> .....	14
Fig. 7 : Portrait de Raymond Lemaire en 1984 (28 mai 1921-13 août 1997), Assemblée Générale de l'ICOMOS, Dresde, mai 1984, <a href="http://ip51.icomos.org/~fleblanc/in-memoriam/lemaire-raymond/im_lemaire-raymond.html">http://ip51.icomos.org/~fleblanc/in-memoriam/lemaire-raymond/im_lemaire-raymond.html</a> .....	14
Fig. 8 : Portrait de Cesare Brandi (8 avril 1906 – 19 janvier 1988), <a href="https://www.arlea.fr/Cesare-Brandi">https://www.arlea.fr/Cesare-Brandi</a> .....	14
Fig. 9 : D. Claeys & D. Vandenbroucke, Entre résistance et résilience : comment définir le concept d'authenticité, Poster à la conférence – débat « Patrimoine & authenticité », UMons, 5 mars 2020, <a href="https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A227963/datastream/PDF_01/view">https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A227963/datastream/PDF_01/view</a> .....	16
Fig. 10 : An overview of a selection of published value typologies for cultural heritage, d'après L. H. Fredheim & M. Khalaf (2016), "The significance of values : heritage value typologies re-examined. International Journal of Heritage Studies", p.468 <a href="https://doi.org/10.1080/13527258.2016.1171247">https://doi.org/10.1080/13527258.2016.1171247</a> .....	32
Fig. 11 : Principe du LiDAR, schéma par M. Heynen.....	42
Fig. 12 : Scanner à impulsion laser, schéma par M. Heynen.....	43

Fig. 13 : Scanner à décalage de phase, schéma par M. Heynen.....	43
Fig. 14 : Scanner Laser 360° RPLIDAR A2M8, <a href="https://www.robotshop.com/be/fr/scanner-laser-360-rplidar-a2m8.html">https://www.robotshop.com/be/fr/scanner-laser-360-rplidar-a2m8.html</a> , consulté le 5 avril 2020.....	44
Fig. 15 : Scanner par triangulation optique, schéma par M. Heynen.....	45
Fig. 16 : Système de triangulation, schéma par M. Heynen.....	45
Fig. 17 : Scanner par triangulation lumière structurée, photo de M. Heynen, Formation OBS « Scan 3D et autres technologies numériques », animé par F. Carrieri, Pôle de la Pierre à Soignies, le 5 décembre 2019.....	46
Fig. 18 : Scanner avec contact, <a href="http://www.automationtr.com/faro-quantumm-ile-yeni-nel-faroarmi-genisletiyor.html">http://www.automationtr.com/faro-quantumm-ile-yeni-nel-faroarmi-genisletiyor.html</a> , consulté le 4 avril 2020.....	47
Fig. 19 : Reconstruction photogrammétrique automatique sur base de multiples images, schéma par M. Heynen.....	48
Fig. 20 : Leica TCRP1205 One Man Total Station, <a href="https://www.usasurveyingsupplies.com/index.php?route=product/product&amp;product_id=79">https://www.usasurveyingsupplies.com/index.php?route=product/product&amp;product_id=79</a> , consulté le 3 avril 2020.....	49
Fig. 21 : MESA Imaging SR4000 ToF camera, <a href="https://www.analog.com/en/applications/technology/3d-time-of-flight.html#">https://www.analog.com/en/applications/technology/3d-time-of-flight.html#</a> , consulté le 4 avril 2020.....	50
Fig. 22 : 3D time-of-flight camera operation, d'après L. Li, "Time-of-Flight Camera – An Introduction" de Texas Instruments, Technical White Paper, SLOA190B – January 2014 Revised May 2014, np.....	50
Fig. 23: Scanner laser 3D à technologie SLAM PX 80, <a href="http://www.scanner3d-slam.com">http://www.scanner3d-slam.com</a> , consulté le 4 avril 2020.....	51
Fig. 24 : Cheminement de l'information 3D, d'après S. Dubois, Y. Vanhellemont, M. de Bouw (2017), « Le relevé géométrique à haute définition: la numérisation 3D à l'heure du BIM », Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC), Innovation Paper, p.51 <a href="https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=fr&amp;dtype=innov_support&amp;doc=InnovationPaper_Scanning_FR.pdf">https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=fr&amp;dtype=innov_support&amp;doc=InnovationPaper_Scanning_FR.pdf</a> .....	52
Fig. 25 : Étapes de la modélisation « tel que construit », d'après T. Chaperon (2002), « Segmentation de nuage de points 3D pour la modélisation automatique d'environnements industriels numérisés », Modélisation et simulation. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Français. NNT : 2002ENMP1090, p.8 <a href="https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00009385/document">https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00009385/document</a> .....	55
Fig. 26 : Impression 3D après scan 3D d'un élément en pierre, photo de M. Heynen, Formation OBS « Scan 3D et autres technologies numériques », animé par F. Carrieri, Pôle de la Pierre à Soignies, le 5 décembre 2019.....	56

Fig. 27 : Fraiseuse conventionnelle, <a href="https://multiprevention.org/wp-content/uploads/2015/11/multiprevention-fiche-action-machine-fraiseuses-conventionnelles.pdf">https://multiprevention.org/wp-content/uploads/2015/11/multiprevention-fiche-action-machine-fraiseuses-conventionnelles.pdf</a> , consulté le 5 avril 2020.....	57
Fig. 28 : Dépouille / Contre-dépouille, schéma par M. Heynen.....	58
Fig. 29 : Zones possibles avec fraiseuse 3 axes, schéma par M. Heynen.....	59
Fig. 30 : Zones impossibles avec fraiseuse 3 axes, schéma par M. Heynen.....	59
Fig. 31 : Plan, approche historique, chronologie de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, © Architectes associés s.a. société civile d'architectes, Liège.....	70
Fig. 32 : R. le Loup, Vue de l'Église Collégiale de Saint-Paul à Liège, 1738, <a href="http://www.chokier.com/IMAGES/STPAUL/ICONO/1738-St-Paul-Leloup.jpg">http://www.chokier.com/IMAGES/STPAUL/ICONO/1738-St-Paul-Leloup.jpg</a> .....	71
Fig. 33 : J.-C. Delsaux, Façade ( ? ) : balustrades et pinacles de la Cathédrale Saint-Paul, dessin, 1862, Archives de la Fabrique d'Église.....	71
Fig. 34 : M.C., Fonds Bourgault, Plan terrier de la Cathédrale Saint-Paul avant (1850) et après (1858) les interventions de J.-C. Delsaux, dessin (reproduction photographique), dossier Saint-Paul.....	72
Fig. 35 : F. Lohest, Restauration des pinacles, 1907, dessin, Archives de la Fabrique d'Église .....	73
Fig. 36 : M.C. Fonds Bourgault, Façade sud et galerie du cloître de la Cathédrale Saint-Paul, avant et après 1907, IRPA (site).....	73
Fig. 37 : J. et A. Dufays, Restauration de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, relevé des pinacles, juin 1971, Entreprises Foulon, Archives de la Fabrique d'Église.....	74
Fig. 38 : Restauration de la façade sud et galerie du cloître de la Cathédrale Saint-Paul, 2019, photo de M. Heynen.....	75
Fig. 39 : © Architectes associés s.a. société civile d'architectes, Mise en évidence des pinacles, plan général de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, relevés 2014/2015, Liège.....	76
Fig. 40 : © Architectes associés s.a. société civile d'architectes, Mise en évidence des pinacles, coupes de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, relevés 2014/2015, Liège.....	77
Fig. 41 : © Architectes associés s.a. société civile d'architectes, Mise en évidence des pinacles, façade sud de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, relevés 2014/2015, Liège.....	78
Fig. 42 : © Monument Vandekerckhove, Fleurons des pinacles côté sud, Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2017, Zottegem, plan n°52, dossier 01S62900A.....	79
Fig. 43 : © Monument Vandekerckhove, Pinacles côté droit – pignon sud, Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2017, Zottegem, plan n°56, dossier 01S62900A.....	80

Fig. 44 : © Monument Vandekerckhove, Culée 204 Nord, Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2017, Zottegem, plan n°204, dossier 01S62900A.....	81
Fig. 45 : Éléments composant un pinacle (gothique), schéma par M. Heynen.....	82
Fig. 46 : Principe structurel d'un pinacle, schéma par M. Heynen.....	82
Fig. 47 : © Architectes associés s.a. société civile d'architectes, Restauration des pinacles de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, Liège.....	83
Fig. 48 : © Architectes associés s.a. société civile d'architectes, Numérisation d'un pinacle au moyen d'un scan 3D portable (Creaform), Cathédrale Saint-Paul à Liège, 8 novembre 2018, Liège.....	84
Fig. 49 : Ancien pinacle en attente de sa nouvelle base de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, photo de M. Heynen.....	86
Fig. 50 : Ancienne / Nouvelle base d'un pinacle de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, photo de M. Heynen.....	87
Fig. 51 : Nouveaux crochets de pinacles de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, photo de M. Heynen.....	87
Fig. 52 : Pinacles du XXe (restauration de l'architecte Dufays) restaurés de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, photo de M. Heynen.....	88
Fig. 53 : Nouveaux pinacles de la Cathédrale Saint-Paul à Liège reproduits à l'aide de robots-tailleurs, 2019, photo de M. Heynen.....	88
Fig. 54 : Atelier de taille de pierre sur le chantier de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, dans la cour du cloître, 2019, photo de M. Heynen.....	88
Fig. 55 : Stockage des matériaux pour la restauration dans la cour du cloître de la Cathédrale Saint-Paul à Liège, 2019, photo de M. Heynen.....	88
Fig. 56 : Édifice du Centre d'origine du Parlement d'Ottawa, Canada, environ 1914, Gouvernement du Canada, <a href="https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/citeparlementaire-parliamentaryprecinct/histoire-history/index-fra.html#a3">https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/citeparlementaire-parliamentaryprecinct/histoire-history/index-fra.html#a3</a> .....	90
Fig. 57 : Nouvel édifice du Centre du Parlement d'Ottawa reconstruit en 1927, Canada, Bibliothèque et Archives Canada, dossier PA-027625.....	91
Fig. 58 : Nettoyage au laser de la pierre d'une des façades du Parlement d'Ottawa, Canada, extrait de la vidéo « nettoyage au laser », Gouvernement du Canada, <a href="https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/citeparlementaire-parliamentaryprecinct/rehabilitation/parlement-parliamentary-fra.html">https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/citeparlementaire-parliamentaryprecinct/rehabilitation/parlement-parliamentary-fra.html</a> .....	92
Fig. 59 : © P. White, Sculpture représentant un hibou perché sur des branches de chardon croisées, sculpté dans le style néo-gothique dans du grès de Berea, située au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, Parlement d'Ottawa, Canada, 1997.....	93

- Fig. 60 : © P. White, Sculpture représentant un hibou perché sur des branches de chardon croisées, sculpté dans le style néo-gothique dans du grès de Berea, située au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, Parlement d'Ottawa, Canada, 2013.....93
- Fig. 61 : © P. White, Copie en mousse de la sculpture représentant un hibou perché sur des branches de chardon croisées, sculpté dans le style néo-gothique dans du grès de Berea, située au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, Parlement d'Ottawa, Canada, 2014.....94
- Fig. 62 : © P. White, Ajout de l'argile pour combler les zones manquantes de la sculpture représentant un hibou perché sur des branches de chardon croisées, située au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, Parlement d'Ottawa, Canada, 2014.....94
- Fig. 63 : © P. White, M. Phil White en train de sculpter la pierre de la nouvelle sculpture représentant un hibou perché sur des branches de chardon croisées reproduite par un robot-tailleur, située au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, Parlement d'Ottawa, Canada, 10/08/2014.....95
- Fig. 64 : © P. White, Avant / Après de la nouvelle sculpture représentant un hibou perché sur des branches de chardon croisées avec une finition à la main, située au-dessus de l'entrée principale de la cour intérieure de l'édifice de l'Est, Parlement d'Ottawa, Canada, 10/08/2014.....95
- Fig. 65 : Incendie de la Cathédrale de Notre-Dame de Paris, 15 avril 2019, photo par Olivier Mabelli sur Flickr - Photos de galerie par Jean-Louis Wertz, [https://www.lqj.uliege.be/cms/c\\_11478548/fr/points-de-vue-d-experts](https://www.lqj.uliege.be/cms/c_11478548/fr/points-de-vue-d-experts).....110
- Fig. 66 : Ise Shrine Naiku (26 août 1953), Construction du nouveau sanctuaire naikū à côté de l'ancien en 1953 (au-dessus se trouve le nouveau bâtiment et en dessous l'ancien), Teruo Honda (scanné et édité par le contributeur) - Asahi Shimbun, Asahi Shimbun News Photo Masterpieces, 1954, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Sanctuaire\\_d%27Ise#/media/Fichier:Ise\\_Shrine\\_Naiku\\_1953-8-26\\_cropped.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sanctuaire_d%27Ise#/media/Fichier:Ise_Shrine_Naiku_1953-8-26_cropped.jpg).....111

